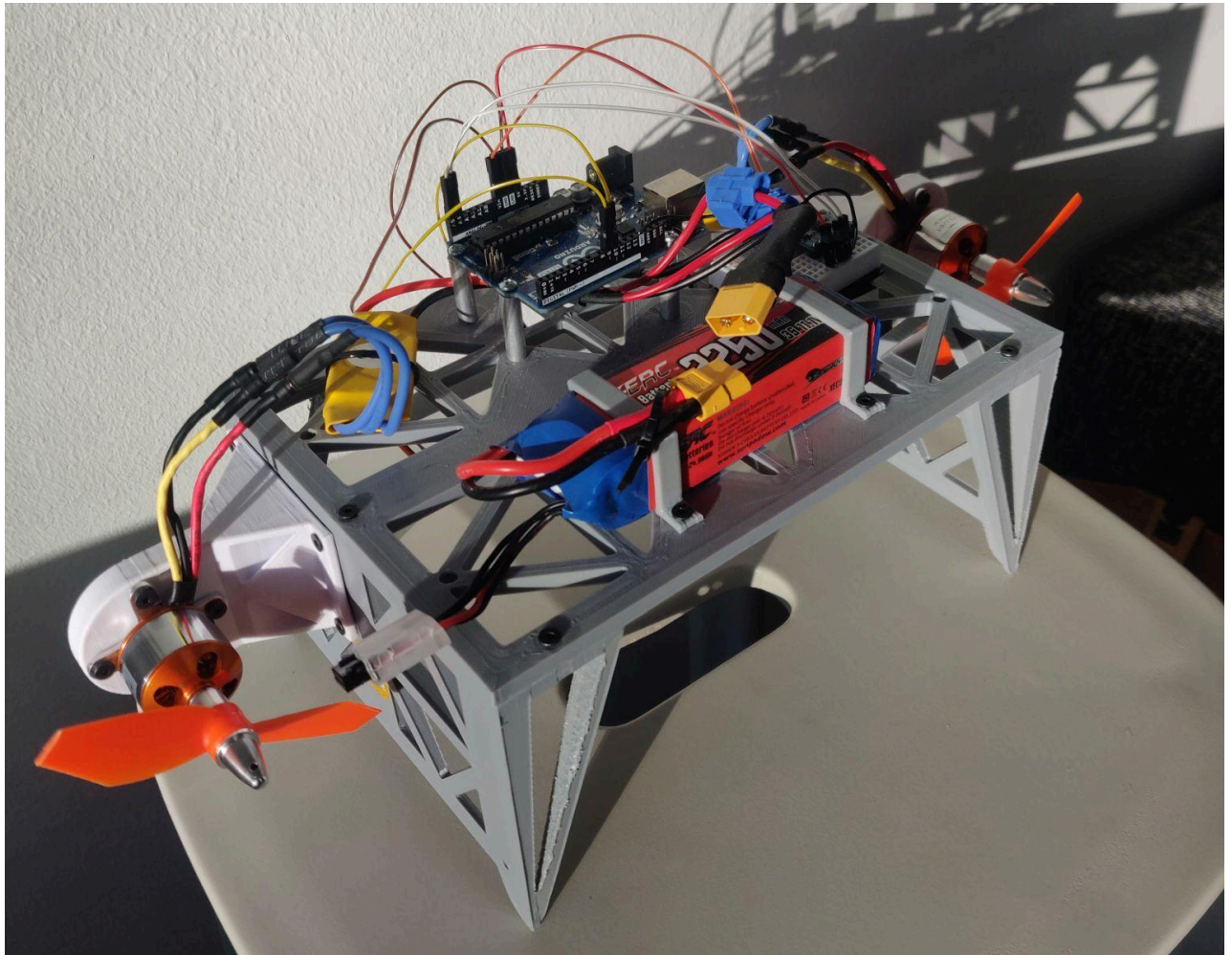




# CHALMERS

---



## Design av transportbehållare för sjöräddningsdrönare

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

Samuel Persson

Ted Ranbring

---

Institutionen för elektroteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024



Examensarbete 2024

**Design av transportbehållare för sjöräddningsdrönare**

Ted Ranbring

Samuel Persson



**CHALMERS**

Institutionen för elektroteknik  
*Svenska Sjöräddningssällskapet*  
Chalmers tekniska högskola  
Göteborg, Sverige 2024

Design av transportbehållare för sjöräddningsdrönare

Ted Ranbring

Samuel Persson

© Ted Ranbring, Samuel Persson, 2024.

Handledare: Fredrik Falkman, Svenska Sjärräddningssällskapet

Examinator: Bertil Thomas, Elektroteknik

Examensarbete 2024

Institutionen för elektroteknik

Avdelningen för system- och reglerteknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Prototyp utan kåpa.

Göteborg, Sverige 2024

# Förord

Rapporten *Design av transportbehållare för sjöräddningsdrönare* utgör resultatet av ett examensarbete som utfördes vid institutionen för elektroteknik under hösten och vintern 2024. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och utgör den avslutande delen av högskoleingenjörsprogrammet Mekanik. Uppdragsgivaren för detta arbete var Svenska sjöräddningssällskapet, och dess syfte var att utveckla en prototyp av en behållare för leveranser till havs med hjälp av en fixed wing drönare.

Vi skulle vilja ta tillfället att tacka vår handledare, Fredrik Falkman, på Svenska sjöräddningssällskapet för stöd, rådgivning och vägledning under hela arbetsprocessen samt möjligheten att utföra arbetet.

Denna rapport presenterar en översikt av projektet, dess mål, genomförande och resultat. Arbetet har varit utmanande och givande på många sätt, och vi hoppas att denna rapport ska ge en klar och detaljerad bild av arbetsprocessen och resultatet.

Ted Ranbring & Samuel Persson, Chalmers tekniska Högskola, Januari 2024

# Sammanfattning

I dagsläget tar en utryckning av svenska sjöräddningssällskapet från land till olycksplats i genomsnitt 40 minuter. För att förbättra hantering av situationer har Sjärräddningssällskapet utvecklat en fixed-wing drönare som på 10 minuter kan ta sig till olycksplatsen och skicka bilder som kan analyseras av räddningspersonal. Därför undersöks nu möjligheten att bestycka drönare med gods som kan underlätta vid räddningar. Examensarbetet vid Svenska Sjärräddningssällskapet går ut på att utveckla en behållare som kan vinschas ner från en fixed-wing drönare. Behållaren är utvecklad för att möjliggöra transport av föremål ut till havs, vid larm kan den lastas med uppdragsspecifikt gods och flyga till destinationen.

Inledningsvis utfördes en marknadsundersökning för att få en bättre förståelse för vilka befintliga lösningar och idéer som redan finns på marknaden. Utifrån detta framställdes det ett flertal olika koncept som sedan eliminerades till ett koncept kvarstod, vilket sedan realiserades och vidareutvecklades.

Resultatet av detta arbete var en fungerande prototyp för behållarstabilisering med drönare. Genom fortsatt arbete, omfattande tester och implementering med drönare finns potentialen att uppnå målet att effektivisera räddningsinsatser till havs. Denna framstegsmöjlighet öppnar upp för innovation och teknologi kan bidra avsevärt till att öka säkerheten och effektiviteten vid räddningsinsatser till sjöss.

# Abstract

Currently, a sea rescue operation by the Swedish Sea Rescue Society takes an average of 40 minutes from land to the accident site. To improve the handling of situations, the Sea Rescue Society has developed a fixed-wing drone that can reach the accident site in 10 minutes and send images that can be analysed by rescue personnel. Therefore, the possibility of equipping drones with cargo that can facilitate rescues is now being explored. The thesis at the Swedish Sea Rescue Society aims to develop a container that can be winched down from a fixed-wing drone. The container is designed to enable the transport of objects out to sea, in case of an alarm, it can be loaded with mission-specific cargo and flown to the destination.

Initially, a market survey was conducted to gain a better understanding of existing solutions and ideas already available on the market. Based on this, several different concepts were developed, and then narrowed down to one concept, which was then realized and further developed.

The result of this work was a functioning prototype for container stabilization with a drone. Through continued work, extensive testing, and implementation with drones, there is the potential to achieve the goal of streamlining sea rescue operations. This progress opportunity opens up for innovation, and technology can significantly contribute to increasing safety and efficiency in sea rescue operations.

# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	3
1.3 Precisering av frågeställning.....	3
1.4 Avgränsningar.....	3
<b>Teoretisk referensram</b> .....	<b>4</b>
2.1 Utrustning och verktyg.....	4
2.1.1 CATIA V5.....	4
2.2 Elektroniska komponenter.....	4
2.2.1 Mikrokontroller, Arduino.....	4
2.2.2 MPU6050.....	5
2.2.3 ESC.....	5
2.2.4 Borstlös motor.....	5
2.2.5 Fem volts spänningsregulator.....	5
<b>Metod</b> .....	<b>6</b>
3.1 Marknadsundersökning.....	6
3.1.1 Fixed-wing/Multirotor med behållare.....	6
3.1.2 Fixed-wing med fallskärm.....	7
3.2 Kravspecifikation.....	8
3.3 Funktionsanalys.....	9
3.4 Konceptgenerering.....	10
3.4.1 Eliminering av koncept.....	12
<b>Utveckling av koncept</b> .....	<b>14</b>
4.1 Initiell prototyp.....	15
4.2 Vidareutveckling av prototyp.....	18
<b>Resultat</b> .....	<b>20</b>
5.1 Givare.....	20
5.2 Motorer.....	20
5.3 Slutgiltigt resultat.....	21
<b>Slutsats och diskussion</b> .....	<b>22</b>
6.1 Vidareutveckling.....	22
<b>Referenser</b> .....	<b>23</b>
<b>Bilagor</b> .....	<b>25</b>

# 1

## Inledning

Kapitlet Inledning beskriver bakgrunden till examensarbetet, i kapitlet presenteras syftet samt en precisering av frågeställningen därtill hanteras även avgränsningarna som sätter ramarna för arbetet.

### 1.1 Bakgrund

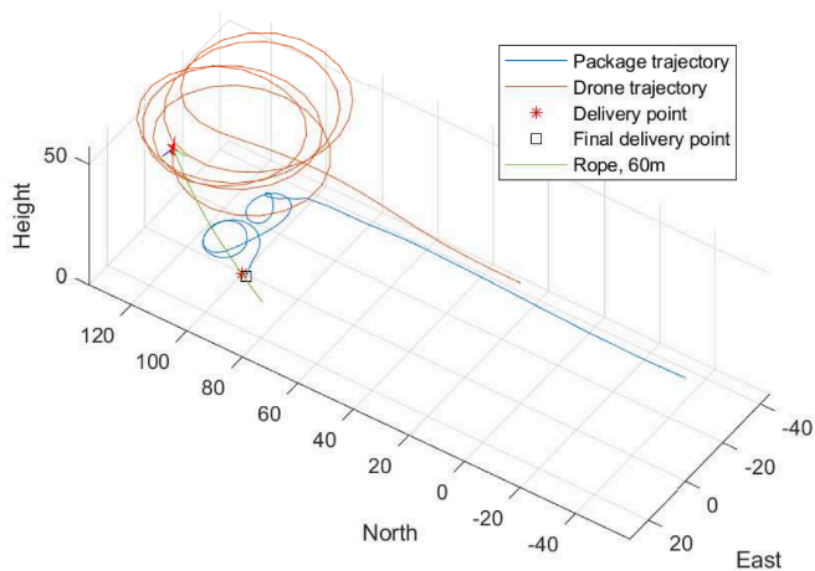
Svenska Sjöräddningssällskapet (SSRS) är en ideell organisation [1] i Sverige som är dedikerad till sjöräddningsverksamhet. De främsta målen för organisationen är att rädda liv till sjöss och främja sjösäkerhet. SSRS består av frivilliga sjöräddare och har ett nätverk av räddningsstationer längs Sveriges kuster samt de största sjöarna. Dessa stationer är bemannade och utrustade för att kunna agera vid nödsituationer till sjöss. I dagsläget tar en utryckning av sjöräddningssällskapet från land till olycksplats i genomsnitt 40 minuter. För att förbättra hantering av situationer har Sjöräddningssällskapet utvecklat en fixed-wing drönare som på 10 minuter kan ta sig till olycksplatsen och skicka bilder som kan analyseras av räddningspersonal. Därför undersöks nu möjligheten att bestycka drönare med gods som kan underlätta vid räddningar.

Examensarbetet vid Svenska Sjöräddningssällskapet går ut på att utveckla en behållare som kan vinschas ner från en fixed-wing drönare, se figur 1.1. Behållaren är utvecklad för att möjliggöra transport av föremål ut till havs, vid larm kan den lastas med uppdragsspecifikt gods och flyga till destinationen.



**Figur 1.1:** Exempelbild på en fixed-wing drönare. [2]

Därefter ska drönaren cirkulera kring en avlastningszon och samtidigt vinscha ner lasten som lossas automatiskt när behållaren intagit marknivå, detta illustreras i figur 1.2 .



**Figur 1.2:** Drönare cirkulerar kring avlastningszon, stabilisering endast med reglering från drönar. [3]

Tidigare arbeten har undersökt om stabilisering endast kan ske med reglering från drönaren, resultatet av detta blev att detta går till viss del men att godset behöver ytterligare stabilisering för att få en mer precis landning.

## 1.2 Syfte

Projektet syftar huvudsakligen på att utveckla ett fungerande system för att vinscha ner och stabilisera en behållare från en fixed-wing drönare. Stabilisering skall motverka en cirkulär rörelse som skapas av drönarens flygbana. Prototypen som utvecklas i detta projekt har som syfte att vidare stabilisera denna rörelse med framdrivning av behållaren samt givare som känner av den aktuella positionen. Syftet med detta är att minimera tiden det tar för livsnödvändiga hjälpmedel som hjärtstartare och flytvästar att nå en olycksplats, detta underlättar i sin tur när sjöräddningen anländer till platsen.

## 1.3 Precisering av frågeställning

För att uppnå det önskade resultatet måste ett antal frågor besvaras. En av de centrala frågorna i detta arbete är att identifiera vilken typ av givare som kommer att ge optimal styrning. En annan avgörande aspekt som måste klargöras är valet av komponenter för framdrivning som propellrar och motorer, och hur dessa påverkar stabiliseringen av behållaren. För att säkerställa drönarens prestanda och hållbarhet är det viktigt att överväga vilka material som är mest lämpade för användningsområdet. Detta inkluderar faktorer som vikt, hållbarhet och korrosionsbeständighet, då drönaren skall användas till havs. Slutligen, när det gäller drönarens motorer, skall både antalet motorer och deras optimala placering på drönaren bestämmas. Genom att fokusera på dessa frågeställningar kommer resultatet att uppnås.

## 1.4 Avgränsningar

Projektet är avgränsat till att endast innefatta design av behållaren som vinschas ner från drönaren. Inledningsvis kommer en fungerande prototyp framtas. Detta innebär att alla komponenter för att reglering ska kunna ske skall finnas på plats. Därefter kommer andra aspekter som aerodynamik, vikt, kostnad samt hållbarhet att behandlas. Design av drönare, vinschsystem och programmering av behållaren kommer inte att ingå i projektet.

# 2

## Teoretisk referensram

I detta kapitel beskrivs utrustningen, verktygen samt komponenter som har använts under arbetsprocessen. En kort beskrivning av vad tidigare arbeten har kommit fram till hanteras även. Detta för att ge grundläggande kunskap gällande ämnesspecifika begrepp.

### 2.1 Utrustning och verktyg

Här presenteras även viktiga verktyg som används i projektet för att uppnå det slutgiltiga resultatet.

#### 2.1.1 CATIA V5

CATIA V5 är ett programpaket för computer aided design [4], förkortat CAD, som används för att skapa 3D modeller. I programmet skapas delar som sedan går att assemblera. Det används för att visualisera och testa produkter virtuellt innan det testas i verkligheten.

### 2.2 Elektroniska komponenter

I detta avsnitt presenteras de olika elektroniska komponenter som implementeras i projektet med en beskrivning av deras funktion och roll inom systemet

#### 2.2.1 Mikrokontroller, Arduino

Arduino är ett enkelt och kostnadseffektivt styrsystem som används för att koppla samman och programmera elektriska komponenter. Arduino-modulen består av en mikrokontroller [5] samt tillhörande mjukvara eller IDE (Integrated Development Environment). Programmet styr ett antal in och utgångar där olika elektriska komponenter kan kopplas in. Ingångarna kan ta emot både analoga och digitala signaler, utgångarna från Arduinon är endast digitala. Dessa in- och utgångar är sammankopplade med mikrokontrollern vilket medför att programmet kan kopplas till de fysiska komponenterna. Arduino är ett fem volts system vilket betyder att de digitala signalerna är noll eller fem volt. De analoga signalerna har ett spann mellan fem och noll volt. Matningsspänningen till systemet är också fem volt.

### **2.2.2 MPU6050**

MPU-6050 är en typ av "Motion Processing Unit" som utgör en integrerad lösning för sex-axlad rörelsehantering[6]. Den kombinerar ett tre-axlat gyroskop och en tre-axlad accelerometer på samma enhet, vilket möjliggör en omfattande uppföljning av enhetens rörelser, lutningar och rotationer i realtid.

### **2.2.3 ESC**

ESC eller electronic speed controller är en grundläggande komponent i ett system som använder elektrisk framdrift [7]. Den funkar som hjärnan bakom ett system genom att behandla PWM-signaler från styrenheten för att bestämma hur fort en motor ska rotera. Beroende på PWM-signalen regleras spänningen som motorn förses med och därmed bestämmer dess hastighet.

### **2.2.4 Borstlös motor**

En borstlös motor är en elektrisk motor som drivs genom likström [8] och använder elektronisk kommunikation istället för mekaniska borstar som ofta används i vanliga borstade motorer. Den består av en statisk del med spol-lindningar och en roterande del med permanenta magneter. Den kontrolleras av ESC för att vara effektiv och pålitlig, och används ofta i radiostyrda fordon, drönare och industriell maskinering.

### **2.2.5 Fem volts spänningsregulator**

En fem volts spänningsregulator är en elektronisk komponent eller krets [9] som används för att omvandla, hålla och stabilisera en utgångsspänning på fem volt, oavsett variation i ingående spänningen. Detta kan bland annat användas i applikationer där batterier används tillsammans med spänningskänsliga komponenter, då batteriets utgångsspänning varierar under användning.

# 3

## Metod

Metodkapitlet beskriver de metoder, verktyg och tillvägagångssätt som använts under arbetsprocessen för att uppnå resultatet.

### 3.1 Marknadsundersökning

Inledningsvis utfördes en marknadsundersökning för att få en bättre förståelse för vilka befintliga lösningar och idéer som redan finns på marknaden. Ett företag som är ledande inom leverans med drönare är Zipline.

#### 3.1.1 Fixed-wing/Multirotor med behållare

Zipline har tagit fram ett koncept för paketleverans med drönare där en behållare vinschas ner från drönare [10], se figur 3.1, behållaren använder framdrivning och styrning för att få en precis landing. Men till skillnad från drönaren som används i detta examensarbete har zipline utvecklat en drönare som både är en multirotor och en fixed wing drönare.



**Figur 3.1:** Ziplines fixed-wing/multirotor drönare med ned vinschad behållare[10].

Ziplines design medför att drönaren kan flyga effektivt till destinationen som en fixed-wing drönare sedan när drönaren anlant till platsen, stanna flyga på stället som en multirotor drönare och sedan sänka ner behållaren för att leverera paketet.

### 3.1.2 Fixed-wing med fallskärm

Zipline har även utvecklat en fixed-wing drönare för leverans av medicin till sjukhus på platser med dålig framkomlighet eller långa sträckor, se figur 3.2.



**Figur 3.2:** Ziplines fixed-wing drönare med öppnat fack och släppt gods [10].

Som visas i figur 3.2 har drönaren i detta utförande ett fack undertill som lastas med godset, drönaren flyger sedan till sjukhusområdet och släpper godset som är bestyckat med en fallskärm för säker landning.

## 3.2 Kravspecifikation

Kravspecifikationen presenterar en sammanställning av nödvändiga prestanda, dimensionerings- och viktmål för utvecklingen av en specialiserad drönare. Genom att definiera parametrar som prestanda, kompatibilitet med olika enheter, samt dimensionerings- och viktkrav, syftar kraven till att fastställa riktlinjer för den önskade funktionaliteten för behållaren.

Kravet "Kompatibel med vinsch" syftar på den tidigare nämnda vinschen som används för att sänka ner transportbehållaren vid ankomst till olycksplats. Denna vinschs anslutningspunkt till transportbehållaren är en krok som hakar fast i en godtycklig punkt på behållaren.

**Tabell 3.1:** Översikt för de krav och specifikationer för projektet.

Krav	Mål	Vikt
		1-5
<b>1. Prestanda</b>		
1.1 Kompatibel med fixed-wing drönare <i>Kravet ställs då SSRS vill undersöka om det är möjligt att använda en sådan drönare för ändamålet.</i>	Uppnå kravet	5
1.2 Stabilisera behållaren ytterligare från 1.5m cirkelröre <i>Från det som tidigare examensarbete uppnått med endast reglering från drönaren.</i>	<0,3m	4
1.3 Kompatibel med vinsh <i>Skall kunna sänkas ner med vinsh från tidigare examensarbete</i>	Uppnå kravet	5
1.4 Drifttid <i>Förutsatt fulladdat batteri</i>	30 min	3
1.5 Antal motorer <i>Minimera vikt och komplexitet</i>	< 3 st	
<b>2. Dimensioner</b>		
2.1 Volym	~2 liter	4
2.2 Längd	~200mm	2
2.3 Bredd	~140mm	2
2.4 Höjd	~70mm	2
2.5 Lastkapacitet <i>Dimensioner för lastrymmet</i>	~2kg	4
2.6 Totalvikt <i>Vikt för behållaren med samtliga komponenter (utan gods)</i>	~1kg	3

### 3.3 Funktionsanalys

För att få en bättre förståelse till vilka delar som ingår i projektet gjordes en funktionsanalys. Funktionsanalysen syftar till att klargöra hur processen där drönaren används ser ut och vilka delmoment som behandlas i detta projekt. Detta visualiserades med ett flödesschema.



**Figur 3.3:** Flödesschemat visar processen från lastning av gods till färdigt uppdrag.

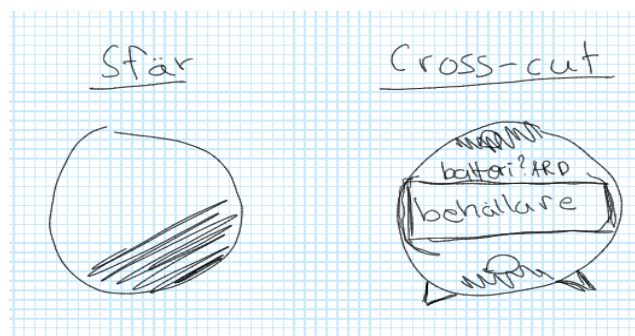
Delområdet som behandlas i detta projekt visas i figur 3.3 och är markerad i orange. För att uppnå korrekt stabilisering bestyckas behållaren med olika funktioner och komponenter. Dessa komponenter kan delas upp i tre olika grupperingar, framdrivning, givare och styrning.

Framdrivningssystemet består av motorer, ESC (Electronic speed controller) och batteri. Dessa komponenter riktar behållaren åt rätt håll samt att driva behållaren mot avlastningsområdet. Givaren, MPU6050, är ett gyroskop som känner av vilka krafter som verkar på behållaren och därmed fungerar som systemets positionsgivare. Styrenheten är en mikrokontroller av typen Arduino-UNO, styrenheten får information från givaren som används för att reglera framdrivningen.

### 3.4 Konceptgenerering

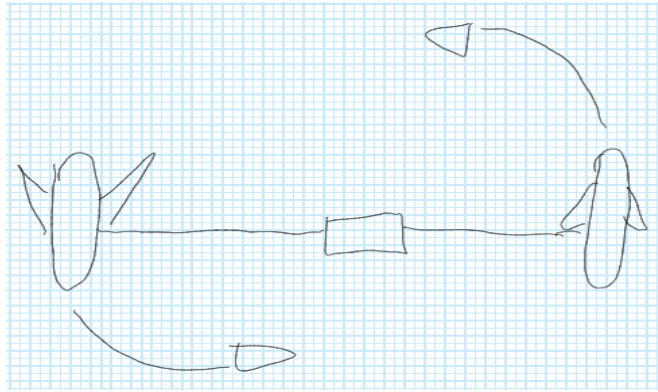
För att framställa möjliga koncept utifrån kravspecifikationerna samt de fria variablerna såsom form och “teknisk lösning” började konceptgenereringen med att samla information kring olika typer av drönare och dess transportmetoder. Efter extensiv undersökning användes den nya kunskapen i samband med 2 olika brainstorming sessioner varav båda varade 15 minuter. Under dessa sessioner användes även brainwriting-metoden då medlemmarna tecknade sina idéer samt skrev ner tankar om dessa för extra klarhet. Detta gynnar idégenerering då gruppen inte fastnar i ett första koncept utan fritt kan utveckla. Konceptgenereringen resulterade i 4 st olika slutgiltiga idéer.

Koncept 1 bestod av en sfär som hängde i änden av vajern från fixed-wing drönaren. Utöver detta utnyttjade den 2 propellrar som var positionerade på under- och ovansidan av modellen för reglering. Transportkammaren var positionerad i mitten av sfären och kunde nås genom en återfjädrande lucka och för att underlätta landning fanns även 4 ben på undersidan.



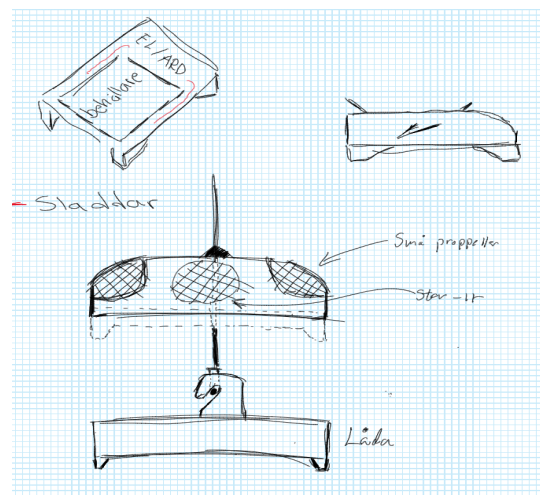
Figur 3.4: Koncept 1

Koncept 2 innefattade att ändra hela grundidén av transporten och implementera två stycken fixed wing drönare som bar på transporten. Funktionen var att tillsammans cirkulera målplatsen i en och samma omloppsbanan. Planen var även bestyckade med en vajer var till transportlådan. Genom att planen åker parallellt i samma omloppsbanan kommer vajrarna att spännas och transporten positioneras i mitten av omloppsbanan.



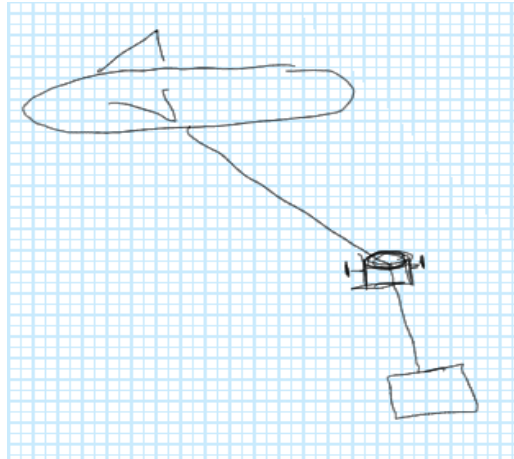
**Figur 3.5:** Koncept 2

Koncept 3 utnyttjade en lådform i änden på vajern från fixed-wing drönaren samt 3 stycken propeller för att reglera position. Lådan var ihålig i syfte att bestyckas med en extern transportlåda inuti. Alltså fungerade detta koncept mer som en regleringsenhet ovanpå transportgodset.



**Figur 3.6:** Koncept 3

Det sista konceptet använde sig av en reglerande styrenhet i mitten av vajern från fixed-wing drönaren. Med hjälp av denna reglerades positionen av transportkammaren.



Figur 3.7: Koncept 4

### 3.4.1 Eliminering av koncept

För att uppnå ett slutgiltigt koncept vilket skulle utvecklas framtogs en elimineringsmatris. En elimineringsmatris innebär att varje koncept ställs inför frågan om de uppnår kravspecifikationerna. Ju mer krav ett koncept uppnår, desto mer gynnsam design. I elimineringsmatrisen ingår endast prestandakraven för transportbehållaren. Dimensionskraven för behållaren ingår i senare skeden av arbetet då dessa är lätta att hålla sig efter.

Tabell 3.2: Elimineringmatris

	KRAVSPEC				
	Kompatibel med fixed-wing drönare	Stabilisera behållare ytterligare	Kompatibel med vinsch	Drifttid 30 min	Antal motorer < 3 st
Koncept 1	JA	JA	NEJ	JA	JA
Koncept 2	NEJ	JA	NEJ	JA	JA
Koncept 3	JA	JA	JA	JA	JA
Koncept 4	JA	JA	JA	JA	NEJ

Eftersom vissa krav i detta arbete är viktigare än andra, väger vissa tyngre i eliminerings processen. Initialt sågs koncept 1 som mycket lovande då den var aerodynamisk och endast krävde 2 motorer. Det visade sig dock att integrering av vinsch-kompatibilitet var mycket svår vilket ledde till beslutet att förkasta detta koncept. Koncept två, vilket innefattade implementation av en till liknande fixed wing drönare var möjligt men eftersom det skulle blivit ett för stort arbete, samt inte låg inom expertisområdet, valdes detta bort. Koncept 3 och

4 var mycket liknande. Det som skilde dem åt var vart på linan "styrenheten" skulle sitta. Antingen på godset eller någonstans på vinschlinan. Efter närmare eftertanke fattades beslutet att koncept 4 inte passade då det skulle kräva fler än 3 st motorer. Det slutgiltiga konceptet som kommer vidareutvecklas blev därför koncept 3.

# 4

## Utveckling av koncept

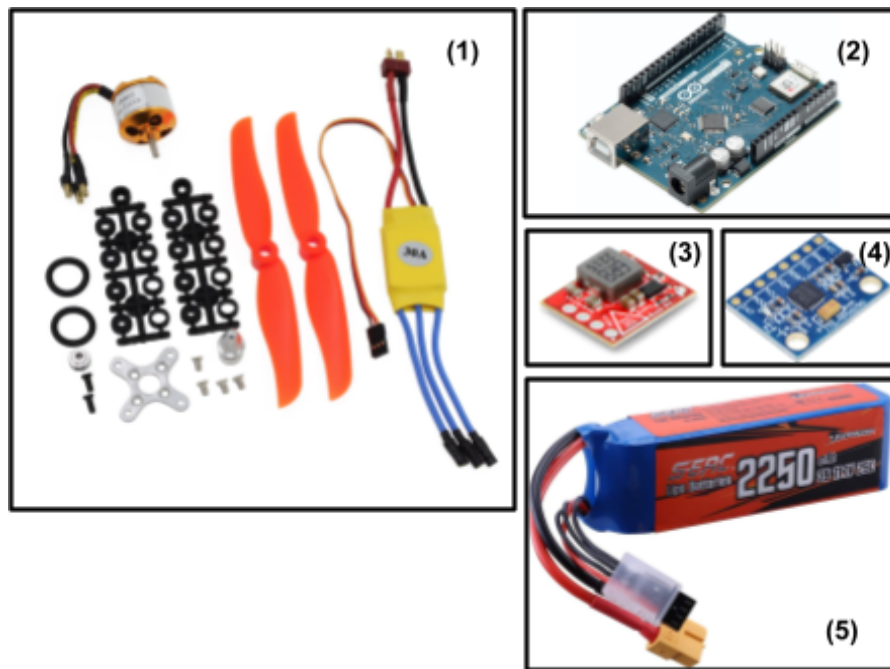
Det initiala stadiet innefattade konceptualiseringen. Utvecklingsarbetet påbörjades med en undersökning för att fastställa nödvändiga komponenter för konstruktion av en fysisk modell. För att realisera en prototyp krävdes två motorer med tillhörande ESC-enheter. Valet av dessa motorer genomfördes genom att studera liknande drönarsystem. Eftersom transportbehållarens funktion innefattar reglering av position i sidled och inte “flygning” behövs inte speciellt kraftfulla motorer. Med detta som grund valdes två stycken A2212 borstlösa motorer med tillhörande ESC-enheter.

För att välja ett tillfredsställande batteri för kravspecifikationerna gjordes ett flertal antaganden. Då transportenheten inte sätts i bruk förens drönaren kommer till räddningplatsen börjar batteriet först då verka. I och med tidigare nämnd regleringsfunktion kommer motorerna inte behöva utnyttja sin fulla effekt på 30 A utan endast en bråkdel av detta. Databladet för motorerna styrker även denna slutsats då maximal effektiva ström för motorerna är 6-12 ampere [11]. Slutligen anses att en strömtillförsel på 3-5 A är tillräckligt för reglering. För att räkna ut effektiv drifttid för drönaren används formeln som presenteras i ekvation 4.1 nedan [12].

$$\text{Batteritid (H)} = \frac{\text{Batterikapacitet (Ah)}}{\text{Strömförbrukning(A)}} \quad (4.1)$$

Enligt strömtillförsel specifikationerna samt en önskad drifttid på 30 min behövdes ett batteri som hade mellan 1500 mAh och 2500 mAh. Batteriet SERCA 11.1 V 2250 mAh var det slutgiltiga valet, batteriet ligger i överkant av kraven på specifikt 2250 mAh vilket ger en ungefärlig batteritid på 33,75 minuter.

Ett Arduino-UNO kort och en MPU-6050 gyroenhet implementerades även. För att sammankoppla dessa komponenter användes en fem volts spänningsregulator, ett sortiment av olika sladdar och en kopplingsplatta. Samtliga komponenter kan ses i figur 4.1.

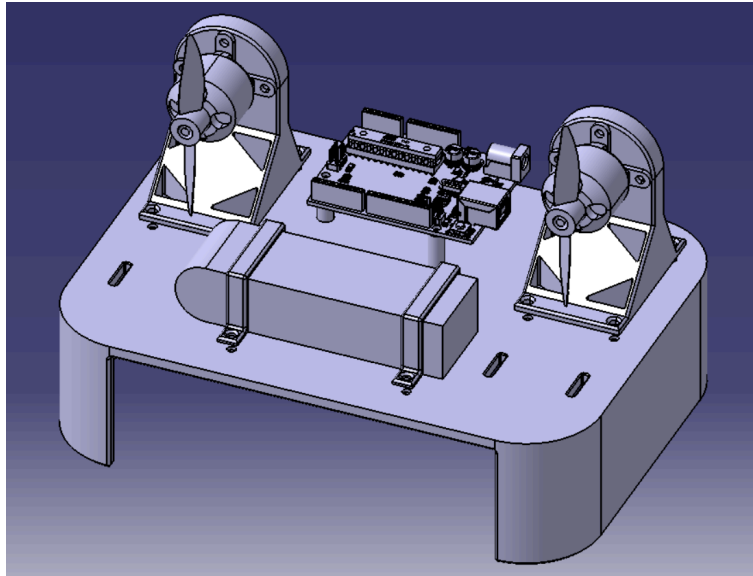


**Figur 4.1:** Översikt av komponenter. (1) Motor med tillhörande ESC-enhet [13], (2) Arduino-UNO kort [14], (3) spänningsregulator [15], (4) MPU-6050 gyroenhet [16], (5) LIPO batteri [17].

Efter val av passande komponenter, användes CAD-verktyget CATIA V5 för att skapa 3D-modeller av komponenterna som sedan användes för att skapa en initiell prototyp.

## 4.1 Initiell prototyp

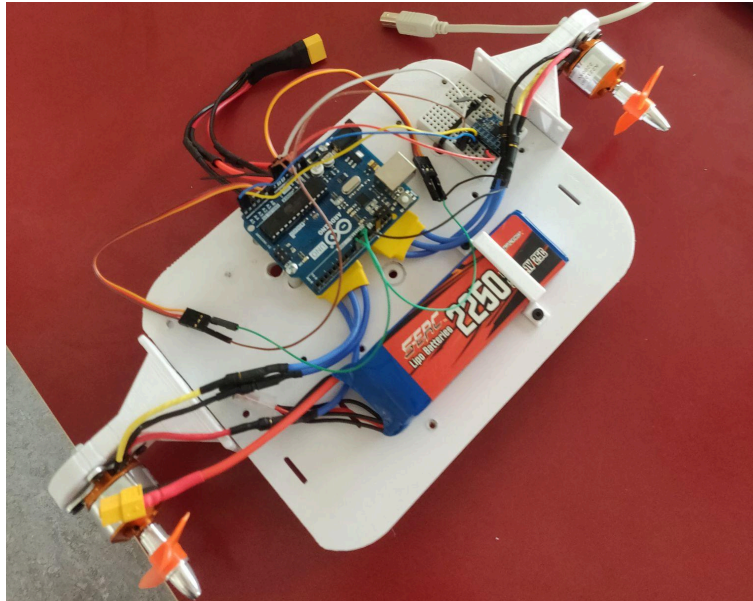
Den initiala prototypen skapades i CATIA, där tre modeller framställdes för montering av komponenter. En basplatta, fästpunkter för batteriet och motorarmar. Efter detta skapades en sammanställning, se figur 4.2, detta för att visualisera den färdiga prototypen.



**Figur 4.2:** CAD sammanställning av prototypen i CATIA .

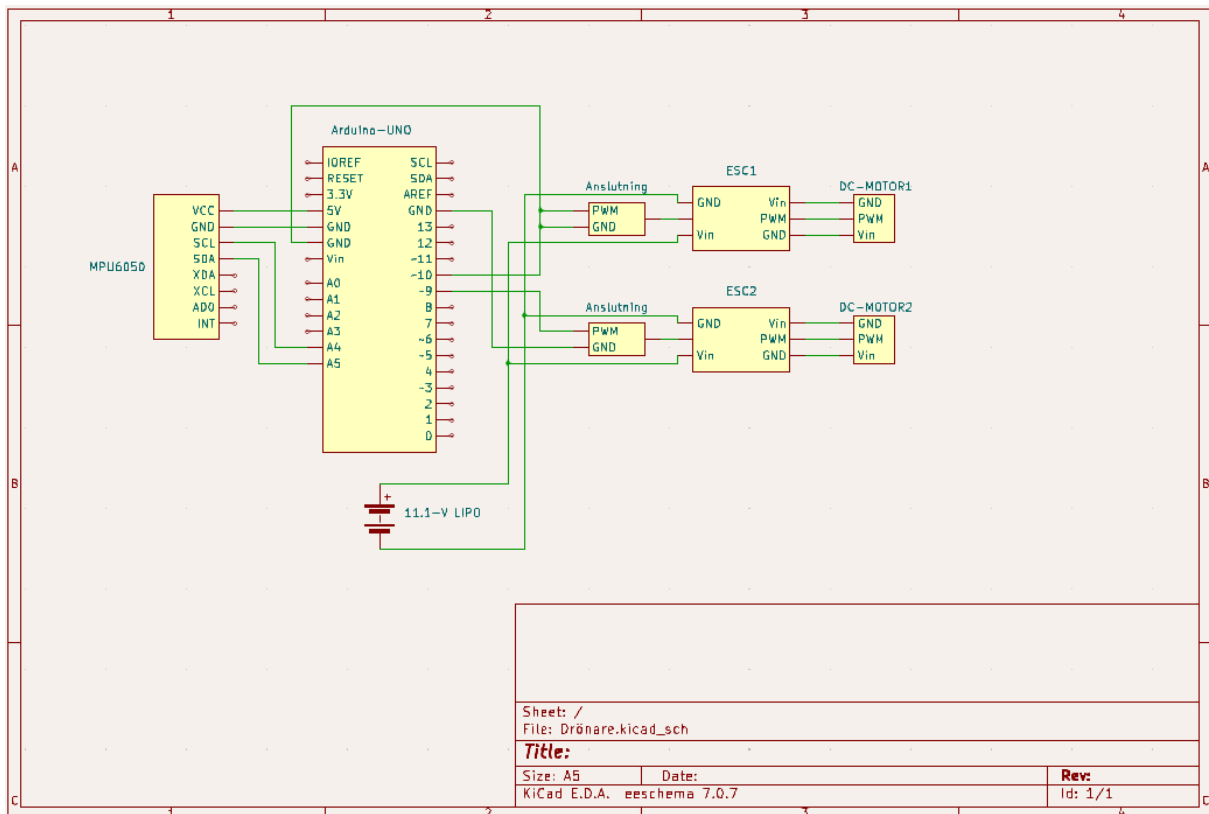
I sammanställningen finns alla komponenter på plats med fästpunkter och förband. Sammanställningen användes även för att analysera tyngdpunkten genom att justera placeringar av komponenter.

Nästa steg fokuserade på att förverkliga konceptet. Inledningsvis 3D-printades CAD-modeller av basplattan, fästpunkter för batteriet och motorarmarna. Därefter påbörjades monteringen. Under detta steg uppenbarades ett problem, tidigare hade inte hänsyn tagits till kablage och dess placering vilket resulterade i platsbrist bland övriga komponenter. För att möjliggöra vidare montering och test av prototypen applicerades en temporär lösning, se figur 4.3, genom att placera motorarmarna på sidorna av basplattan.



**Figur 4.3:** Temporär lösning för testkörning.

Komponenterna sammankopplas enligt kopplingschemat i figur 4.4 för testkörning. Ett testprogram implementerades för att utvärdera styrningen av motorerna.



**Figur 4.4:** Kopplingschema för testkörning.

Ett testprogram implementerades för att utvärdera styrningen av motorerna. Detta testprogram innefattade elementär kod som kalibrerade motorerna för att sedan långsamt öka varvtalet och därefter minska varvtalet, se figur 4.5. Testet fungerade felfritt vilket försäkrar en optimal anslutning av komponenterna samt optimal prestanda hos motorerna.

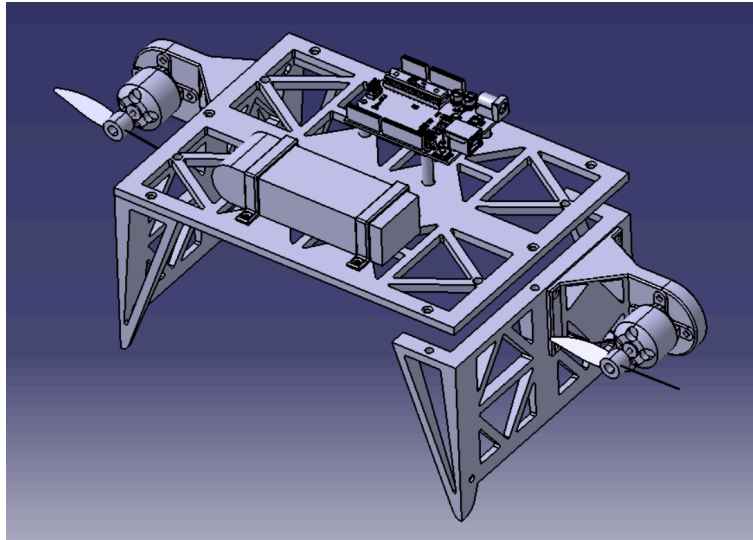
```
void loop() {  
  
  for(i=1000, i <= 1500, i += 2)  
    motor1.writeMicroseconds(i);  
    motor2.writeMicroseconds(i);  
    delay(100);  
  
  for(i=1500, i >= 1000, i -= 2)  
    motor1.writeMicroseconds(i);  
    motor2.writeMicroseconds(i);  
    delay(100);  
  
}
```

**Figur 4.5:** Varvtalsjustering testprogram..

Under den första testkörningen användes datorn med USB-anslutning som matningsspänning till Arduino-kortet. Detta reviderades senare med implementering av en 5V spänningsregulator, för att göra prototypen helt oberoende av extern ström under drift.

## 4.2 Vidareutveckling av prototyp

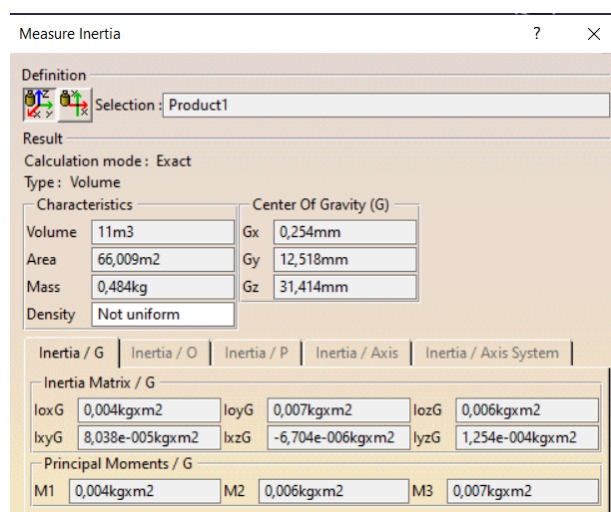
Nästkommande steg innebar förbättring av den bristfälliga basplattan. Istället för en solid basplatta, delades den upp i tre delar med två separata ben på vardera sida, se figur 4.6. Denna design innebar enklare utskrivning och viktreduktion.



**Figur 4.6:** CAD sammanställning av reviderad prototyp i CATIA. I figuren är höger ben avmonterat

Följden av denna revidering var att de återstående komponenterna kunde placeras på bottenplattan samt att kablaget inte längre utgjorde hinder för propellrarna.

Vidare gjordes en tyngdpunktsanalys i CATIA, se figur 4.7. Detta för att säkerställa att prototypen är balanserad vilket underlättar regleringen.

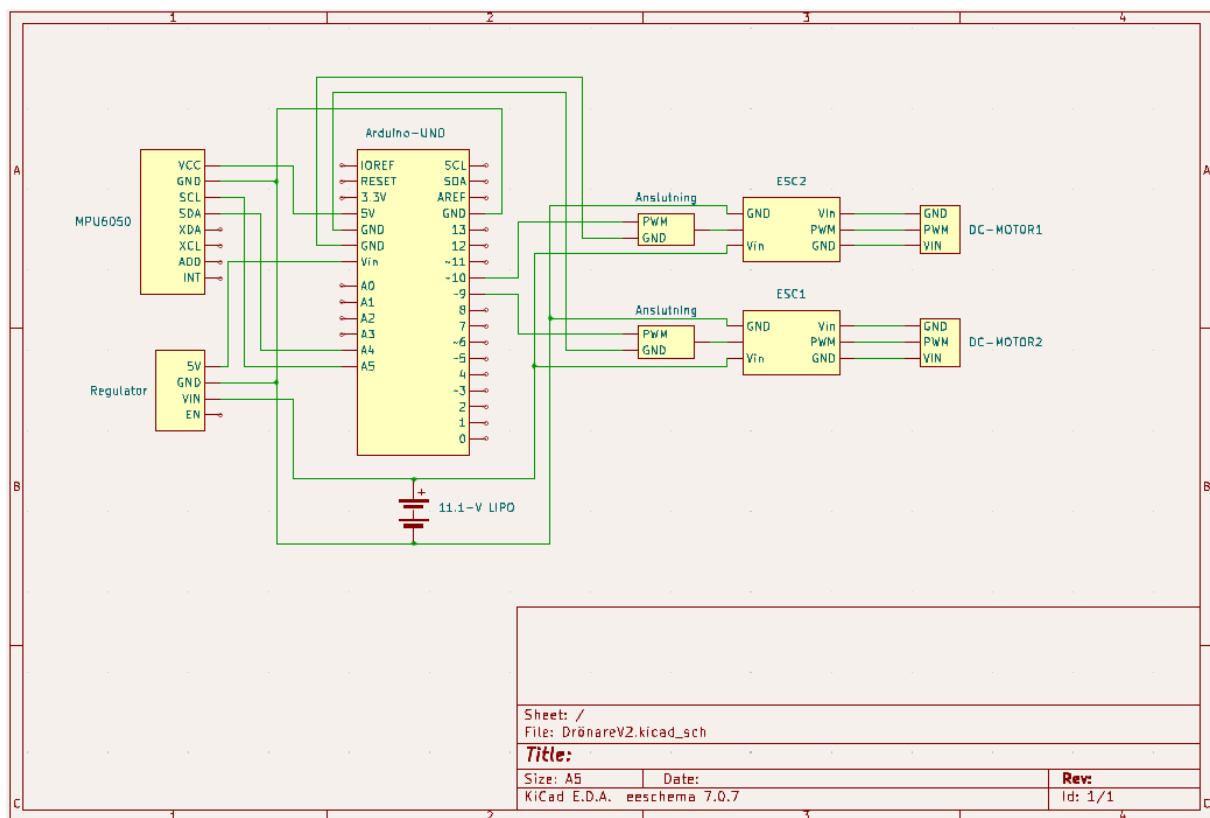


**Figur 4.7:** Tyngdpunktsanalys i CATIA.

I analysen av tyngdpunkten inkluderades varken kablage, ESC-enheter, gyroskop eller spänningsregulatorer. Dessa komponenter kunde anpassas och placerades flexibelt för att finjustera tyngdpunkten på den fysiska prototypen. Vikten vid sammanställningen i CATIA uppgick till 484 gram.

Vid detta stadium av utvecklingen ansågs även att vinschanordningen som har i uppgift att vira ner behållaren, olämplig. Detta på grund av dess opålitliga anslutning. Som tidigare nämnt består anslutningen endast av en krok som hakas fast någonstans i transportbehållaren. Vid plötsliga rörelser eller tuffa vädersammanhang finns en risk att drönaren hakar ur kroken och faller ner i havet, vilket tillintetgör dess funktion.

Det avslutande steget var att implementera en spänningsregulator, se figur 4.8, för att göra prototypen helt oberoende av extern ström under drift. Detta gjordes på samma kopplingsplatta som gyroenheten.



**Figur 4.8:** Kopplingschema för färdig prototyp.

Till sist implementerades ett nytt testprogram för att säkerställa att alla komponenter fungerade tillsammans. I detta program sammankopplades gyroskopet och motorerna digitalt för att åstadkomma styrning av motorerna genom fysisk rörelse av prototypen. Gyroskopet

levererade positionsdata till Arduinon. Arduino-UNO kortet omvandlade denna data för att användas till justering av varvtalet hos motorerna beroende på kortets vinkel och acceleration.

# 5

## Resultat

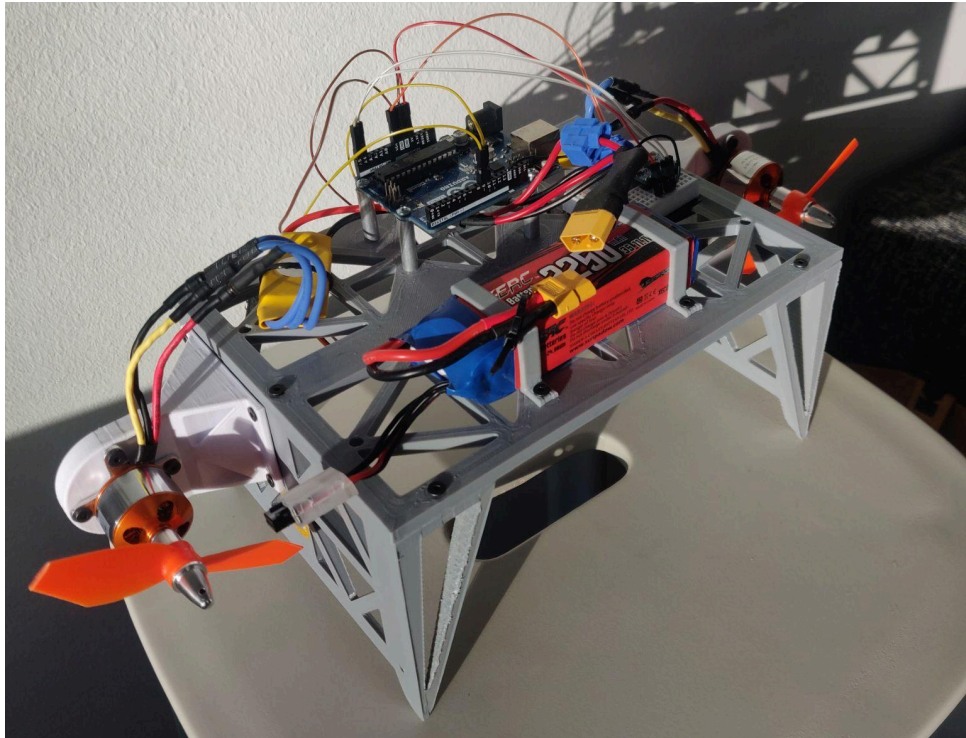
För att utvärdera resultatet återblickas till syftet och frågeställningen som formulerades i början av projektet. Huvudmålet var att utveckla ett system för att stabilisera en behållare från en fixed-wing drönare. Detta uppnåddes genom att fokusera på centrala frågor som val av givare, komponenter för framdrivning samt placering av dessa komponenter och materialval. Utifrån dessa frågor togs även kravspecifikation fram, dessa krav användes också för att utvärdera resultatet. Det slutgiltiga resultatet strävade efter att minimera leveranstiden för livsviktiga hjälpmedel till olycksplatser, detta för att underlätta arbetet vid sjöräddningar.

### 5.1 Givare

Första steget för att uppnå målet var att välja lämpliga givare för att konstruera prototypen. Vid övervägandet av olika alternativ, såsom GPS-enhet och wi-fi-koppling mellan fixed-wing-drönaren och behållaren, bedömdes gyroskopet MPU6050 som det mest ändamålsenliga valet. Detta beslut grundade sig främst på dess förmåga att avläsa position och överföra den till styrenheten utan extern uppkoppling. Det vill säga att kommunikation mellan drönare och behållare inte behövde implementeras vilket minskar komplexiteten och gör systemet mer tillförlitligt. Val av givare möjliggjorde vidare utveckling och konceptgenereringen kunde påbörjas.

### 5.2 Motorer

Vid valet av koncept besvarades frågor om vilka komponenter som skulle användas, samt deras optimala placering. Detta resulterade i att endast två motorer var nödvändiga, och dessa behövde inte vara särskilt kraftfulla. Detta innebar att det fanns en bred variation av drönarmotorer att välja mellan. De utvalda motorerna var två stycken A2212 borstlösa motorer med tillhörande ESC-enheter . Utifrån dessa val kunde det slutgiltiga prototypen framtas vilket syns i figur 5.1.



**Figur 5.1:** Slutgiltiga prototypen.

När prototypen var färdigställd implementerades ett testprogram som säkerställde att alla komponenter fungerade tillsammans samt att dataöverföring fungerade. Prototypen vägdes även för att verifiera att viktkravet uppfylldes, vikten uppmättes till 750 gram.

### **5.3 Slutgiltigt resultat**

Det slutgiltiga resultatet medgjorde att fem av sju krav uppfylldes. De krav som inte uppfylldes var kravet att stabilisera behållaren ytterligare från 1,5 meters cirkelrörelse. Detta då resurser i form av tid eller testtriggar inte var tillgängliga. Det är viktigt att notera att denna avvikelse inte nödvändigtvis indikerar en bristande kapacitet hos systemet som helhet, utan snarare reflekterar de praktiska begränsningarna av tillgängliga resurser vid den givna tidpunkten. Det andra kravet som inte uppfylldes var kompatibilitet med vinsch, detta då den befintliga lösningen för vinsch ansågs olämplig.

# 6

## Slutsats och diskussion

Examensarbetet vid Svenska Sjöräddningssällskapet hade som huvudsyfte att utveckla ett system för att stabilisera en behållare från en fixed-wing drönare. Genom konceptgenerering och utveckling av resulterande prototyp har detta syfte uppnåtts. Prototypen uppnådde 5 av 7 krav som ställdes. De krav som inte uppnåddes var att ytterligare stabilisera behållaren från 1.5 m radie och kompatibilitet med vinschanordningen.

### 6.1 Vidareutveckling

Att göra drönaren kompatibel med vinschanordning sågs till en början som möjligt. Efter vidareutveckling av konceptet ansågs dock anslutningen mellan drönaren och vinschen som opålitlig. Anslutningen syftar på kroken som drönaren då skulle hänga i. I fall då drönaren används vid tuffa väderförhållanden erbjuder inte anslutningen tillräcklig tillförlitlighet, vilket innebär att behållaren riskerar att lossna. Genom att implementera en låsningsfunktion i vinschanslutningen kan detta problem elimineras.

Eftersom detta arbete fokuserar på att utveckla en prototyp för att förbättra regleringen och skapa en föreställning om den slutgiltiga modellen är det inte lämpligt för tester till havs i dess nuvarande form. Innan prototypen kan användas i verkliga havs tester krävs utveckling av flera komponenter. Första komponenten som föreslås är en skyddande kåpa. Denna kåpa, placerad på ovansidan av drönaren, omsluter både elektroniken och motorerna och fungerar som ett skyddslager. En sådan kåpa är nödvändig för att säkerställa långvarig prestanda och skydda mot de utmaningar och påfrestningar som kan uppstå under användning till havs.

En till utveckling av prototypen är att framställa behållaren som bär på godset. Idén kring behållaren var att konstruera en låda som passade kravspecifikationsdimensionerna, dock med lite lägre höjd än drönarens ben. Behållaren skulle sedan vara ansluten med ett rep genom bottenplattan på drönaren vilket medförde att när behållaren lyftes, lyftes även drönaren. Detta innebär även att när drönaren landar skapas ett hål mellan drönaren och behållaren vilket man kan använda för att ta ut godset.

# Referenser

- [1] *VÅRT UPPDRAG*, Sjöräddningssällskapet. Okt. 12, 2023 [Online] Tillgänglig:  
<https://www.sjoraddning.se/om-oss/vart-uppdrag> (hämtad: 2023-06-06)
- [2] *BETTER DATA, FASTER*, Applied Aeronautics. Okt. 18, 2023 [Online] Tillgänglig:  
<https://www.appliaeronautics.com> (hämtad: 2023-06-06)
- [3] *Spiral Drone Delivery*, Chalmers. 2022 [Online] Tillgänglig:  
<https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/238d6295-789a-415d-8505-0ece76016ed6/content> (hämtad: 2023-06-06)
- [4] A. Patel, *What is CATIA?*, Technia. [Online], Tillgänglig:  
<https://www.technia.com/blog/what-is-catia/> (hämtad: 2023-06-23).
- [5] *What is arduino?*, Arduino. Maj. 19, 2021 [Online] Tillgänglig:  
<https://www.arduino.cc/en/guide/introduction> (hämtad: 2023-06-23)
- [6] *MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.0*, sparkfun. sep. 03, 2012 [Online] Tillgänglig:  
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometers/RM-MPU-6000A.pdf> (hämtad: 2023-06-26)
- [7] *What is an Electronic Speed Controller & How Does an ESC Work*, TYTO robotics. aug. 15, 2023 [Online] Tillgänglig:  
<https://www.tytorobotics.com/blogs/articles/what-is-an-esc-how-does-an-esc-work> (hämtad: 2023-06-26)
- [8] *How Brushless DC Motor Works? BLDC and ESC Explained*, how to mechatronics. jan. 15, 2024 [Online] Tillgänglig:  
[https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-brushless-motor-and-esc-work/?utm\\_content=cmp-true](https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-brushless-motor-and-esc-work/?utm_content=cmp-true) (hämtad: 2023-06-26)

[9] *Voltage Regulators for Power Management*, Analog dialogue. oct. 1996 [Online]

Tillgänglig:

<https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/voltage-regulators-for-power-manageme-nt.html> (hämtad: 2023-08-12)

[10] *Welcome to the best delivery experience not on earth*, Zipline. Okt. 20, 2023 [Online]

Tillgänglig: <https://www.flyzipline.com> (hämtad: 2023-08-12)

[11] *A2212 1400KV Brushless Motors*, [Online]. Tillgänglig:

<https://5.imimg.com/data5/UD/SA/CS/SELLER-1833510/a2212-brushless-motor.pdf>

(hämtad: 2024-02-24)

[12] *Batteritidsräknare*, Digikey. [Online]. Tillgänglig:

<https://www.digikey.se/sv/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life>

(hämtad: 2024-02-24)

[13] *Premium RC A2212 2200KV Brushless Motor*, Amazon. [Online]. Tillgänglig:

<https://shorturl.at/mvwBH> (hämtad: 2023-11-18)

[14] *Arduino Uno REV3 [A000066]*, Amazon. [Online]. Tillgänglig:

<https://shorturl.at/qxCHN> (hämtad: 2023-11-18)

[15] *SparkFun BabyBuck Regulator 5V*, elektrokit. [Online]. Tillgänglig:

<https://www.electrokit.com/sparkfun-babybuck-regulator-5v> (hämtad: 2023-11-18)

[16] *GY-521 MPU6050 6-Axis Sensor Module*, Amazon. [Online]. Tillgänglig:

<https://shorturl.at/hjt79> (hämtad: 2023-11-18)

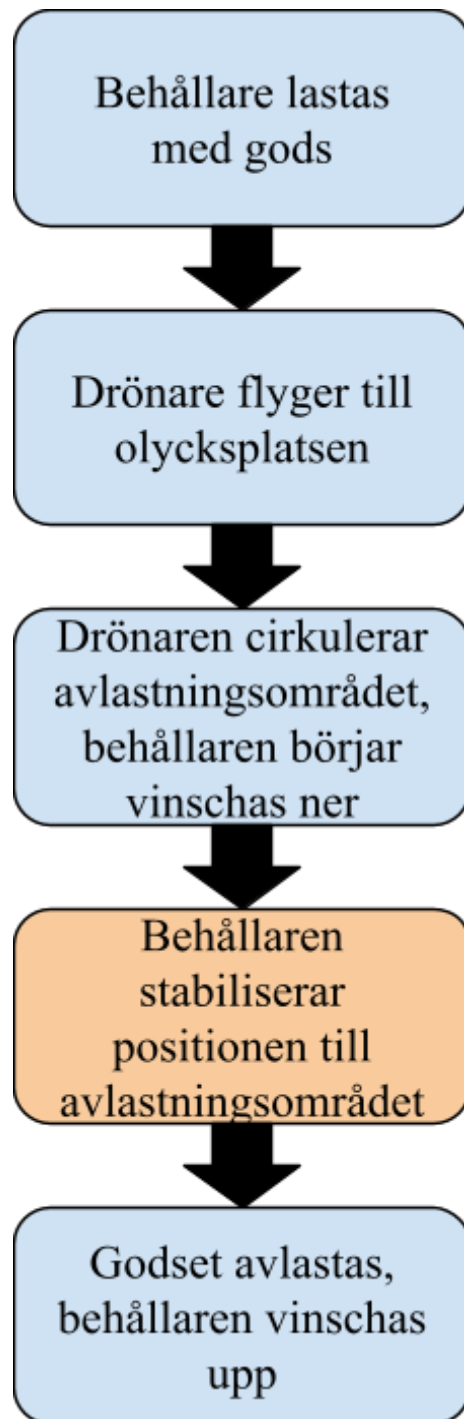
[17] *Sunpadow 3S 11,1 V Lipo-batteri 25C 2250 mAh med XT60-kontakt för RC Airplane Quadcopter Helicopter Drone FPV Racing Model*, Amazon. [Online]. Tillgänglig:

<https://shorturl.at/vyACK> (hämtad: 2023-11-18)

# Bilagor

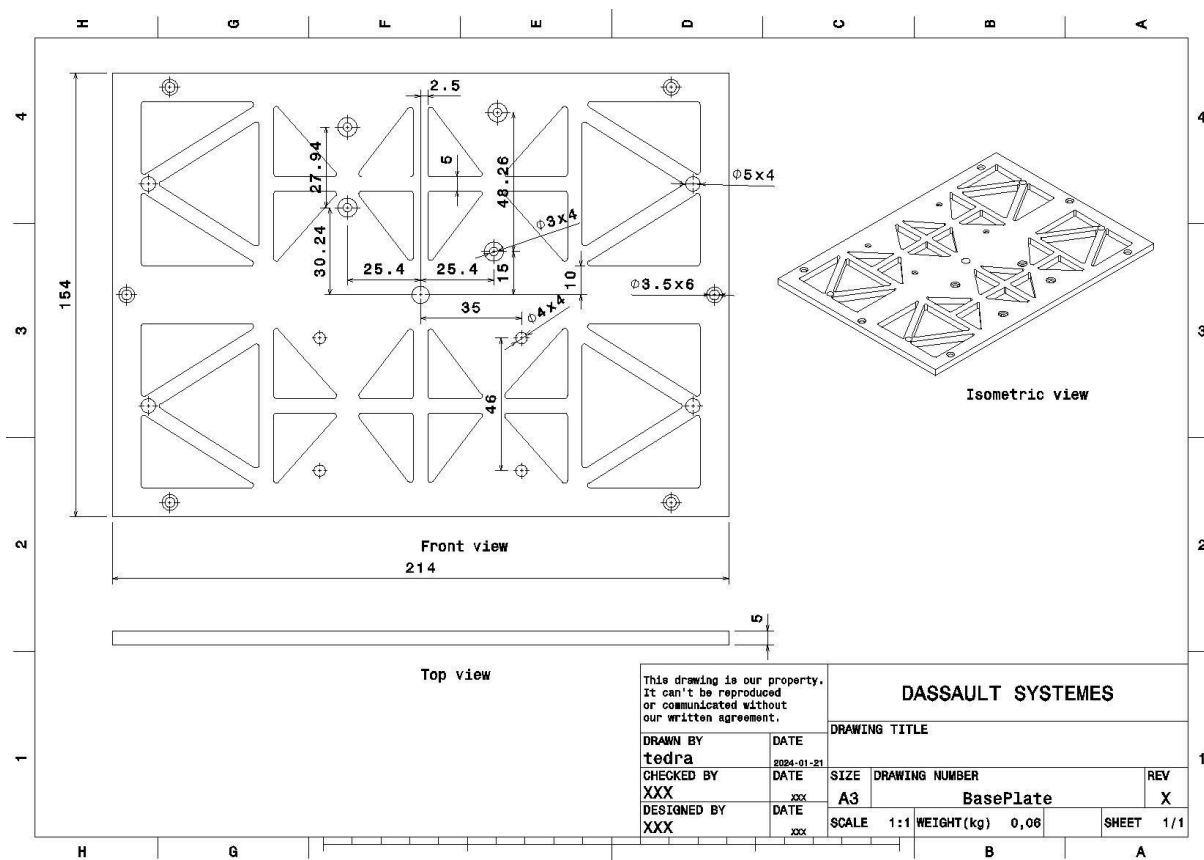
	Krav	Mål	Vikt
			1-5
<b>1.</b>	<b>Prestanda</b>		
1.1	Kompatibel med fixed-wing drönare <i>Kravet ställs då SSRS vill undersöka om det är möjligt att använda en sådan drönare för ändamålet.</i>	Uppnå kravet	5
1.2	Stabilisera behållaren ytterligare från 1.5m cirkelröre <i>Från det som tidigare examensarbete uppnått med endast reglering från drönaren.</i>	<0,3m	4
1.3	Kompatibel med vinsh <i>Skall kunna sänkas ner med vinsh från tidigare examensarbete</i>	Uppnå kravet	5
1.4	Drifftid <i>Förutsatt fulladdat batteri</i>	30 min	3
1.5	Antal motorer <i>Minimera vikt och komplexitet</i>	< 3 st	
<b>2.</b>	<b>Dimensioner</b>		
2.1	Volym	~2 liter	4
2.2	Längd	~200mm	2
2.3	Bredd	~140mm	2
2.4	Höjd	~70mm	2
2.5	Lastkapacitet <i>Dimensioner för lastrymmet</i>	~2kg	4
2.6	Totalvikt <i>Vikt för behållaren med samtliga komponenter (utan gods)</i>	~1kg	3

Bilaga 1: Kravspecifikation

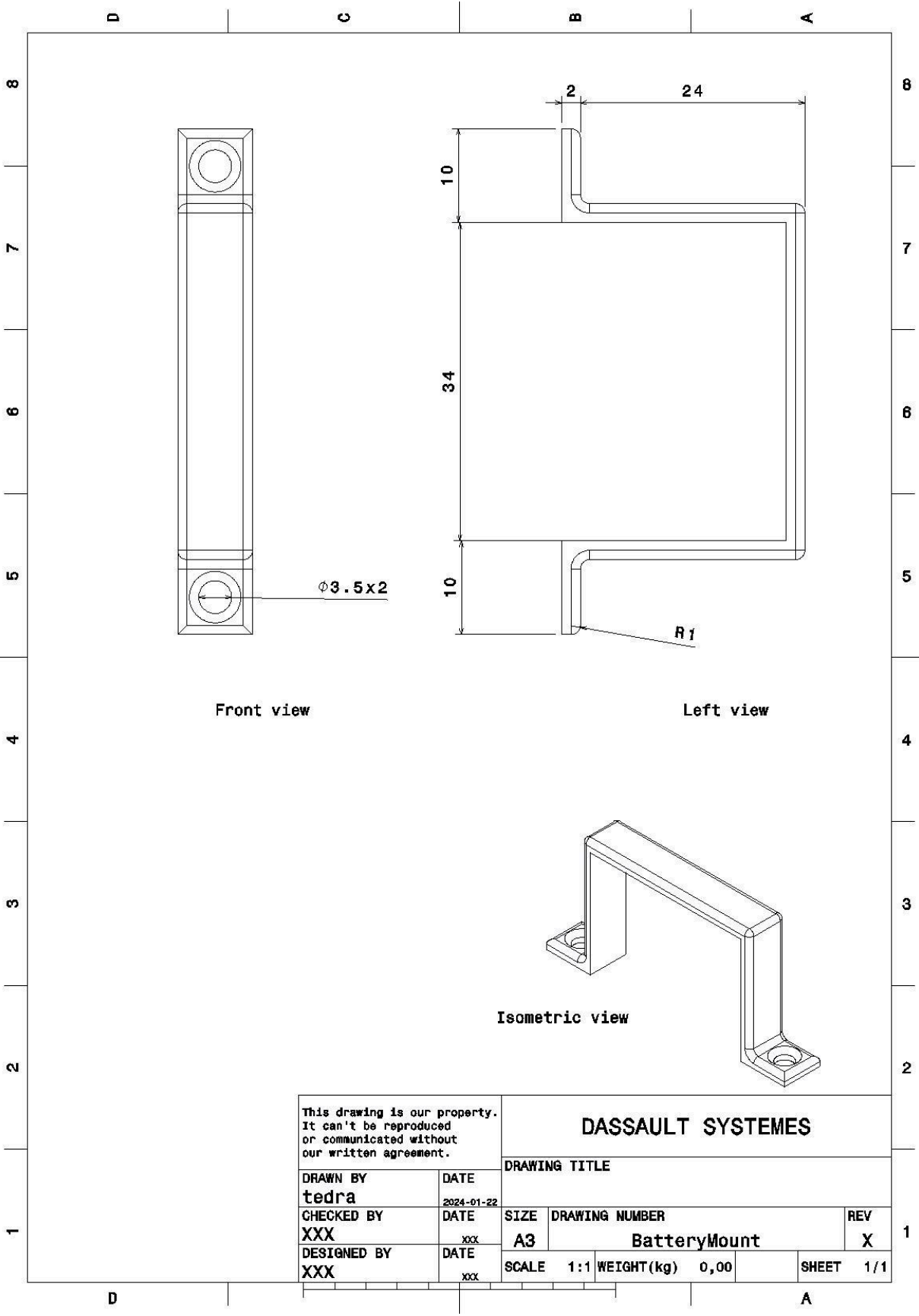


	KRAVSPEC				
	Kompatibel med fixed-wing drönare	Stabilisera behållare ytterligare	Kompatibel med vinsch	Drifttid 30 min	Antal motorer < 3 st
Koncept 1	JA	JA	NEJ	JA	JA
Koncept 2	NEJ	JA	NEJ	JA	JA
Koncept 3	JA	JA	JA	JA	JA
Koncept 4	JA	JA	JA	JA	NEJ

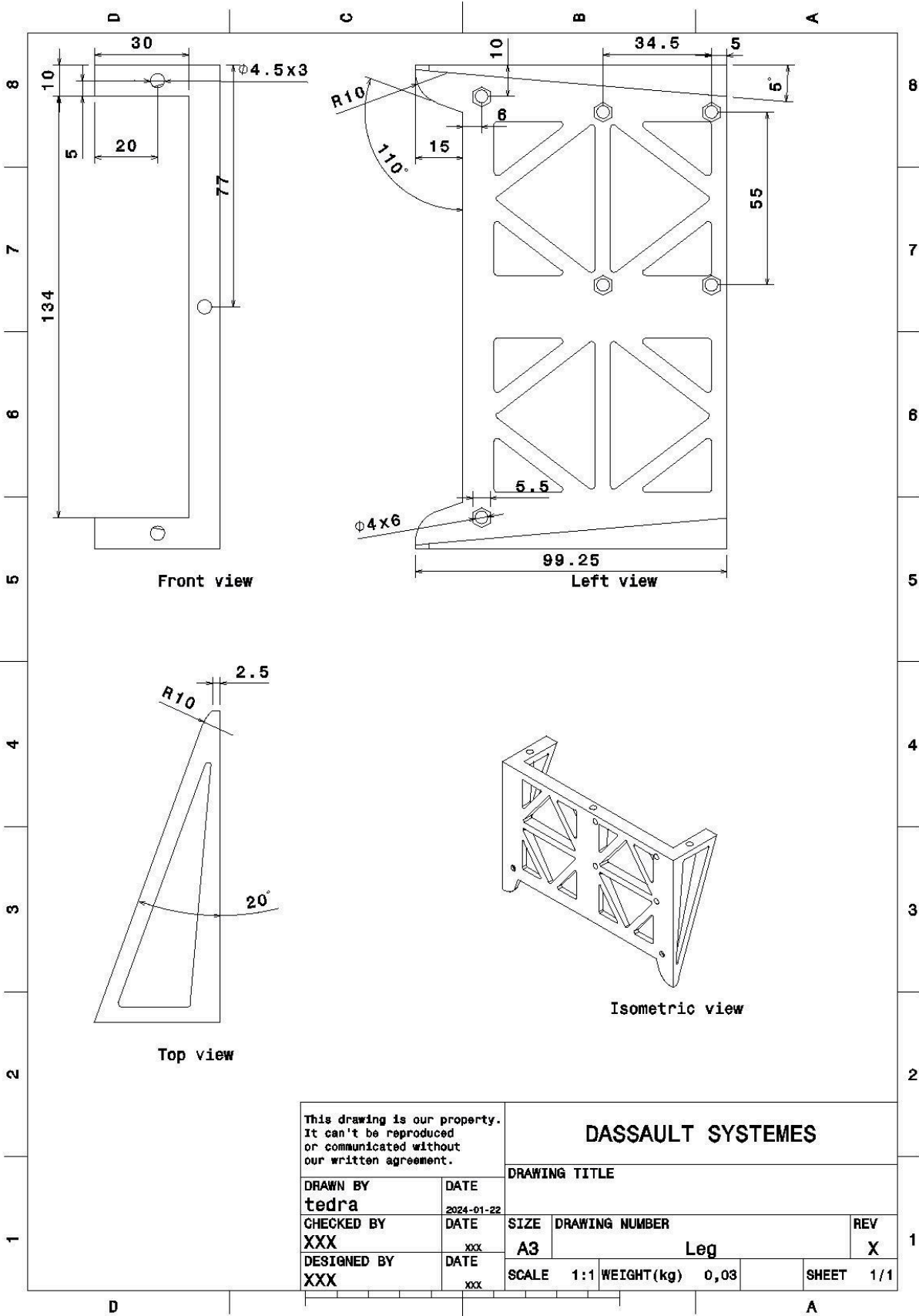
**Bilaga 3:** Elimineringssmatris



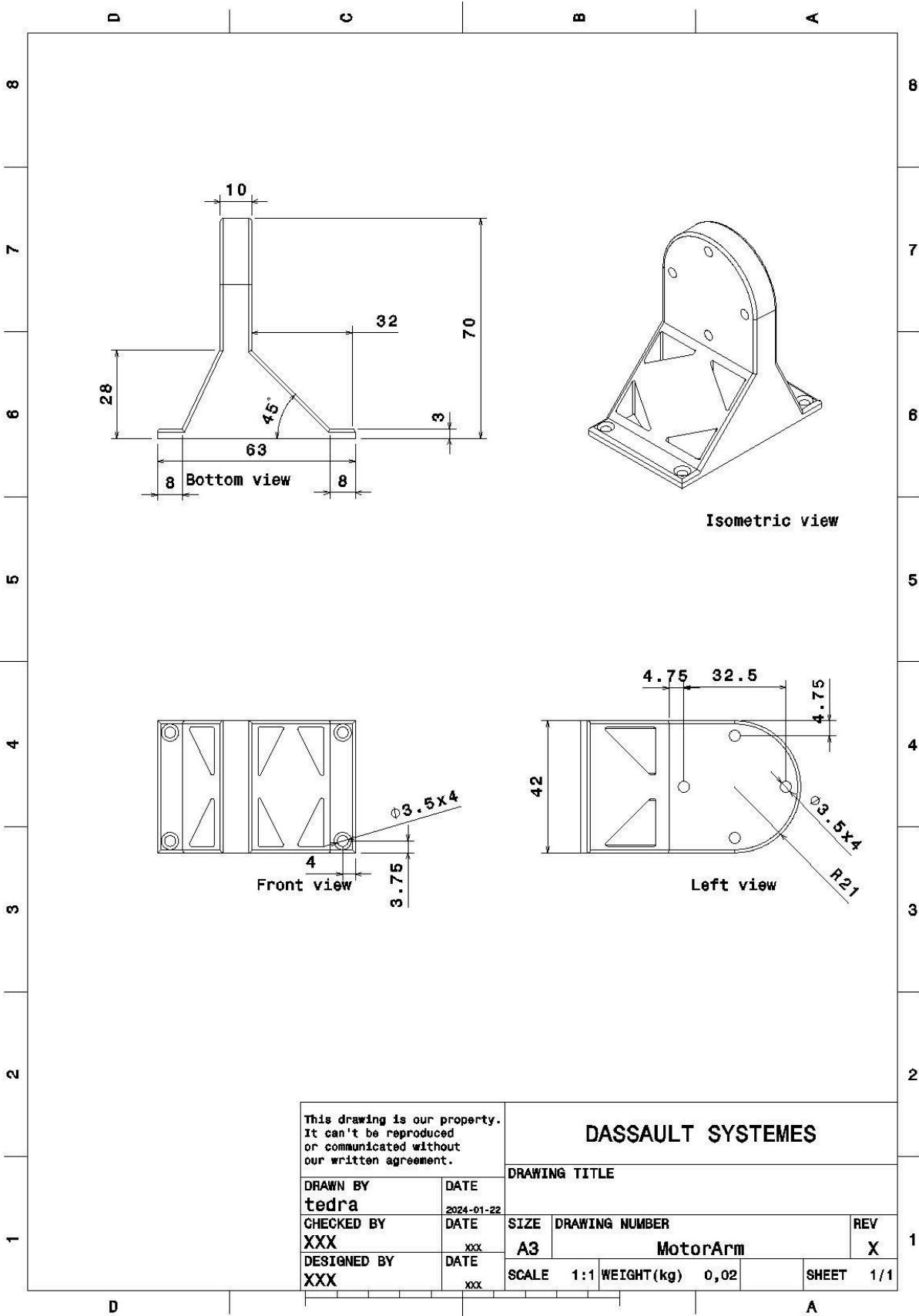
**Bilaga 4: Base plate**



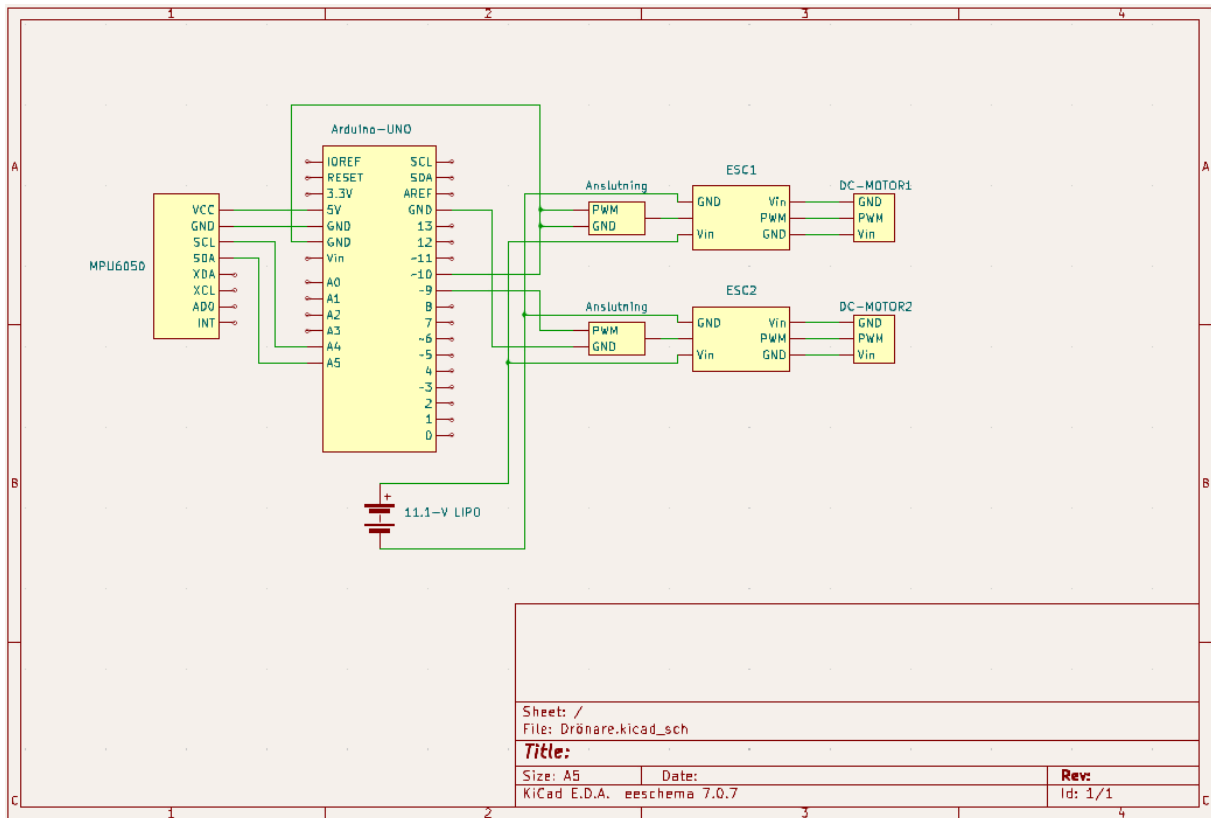
Bilaga 5: Battery mount



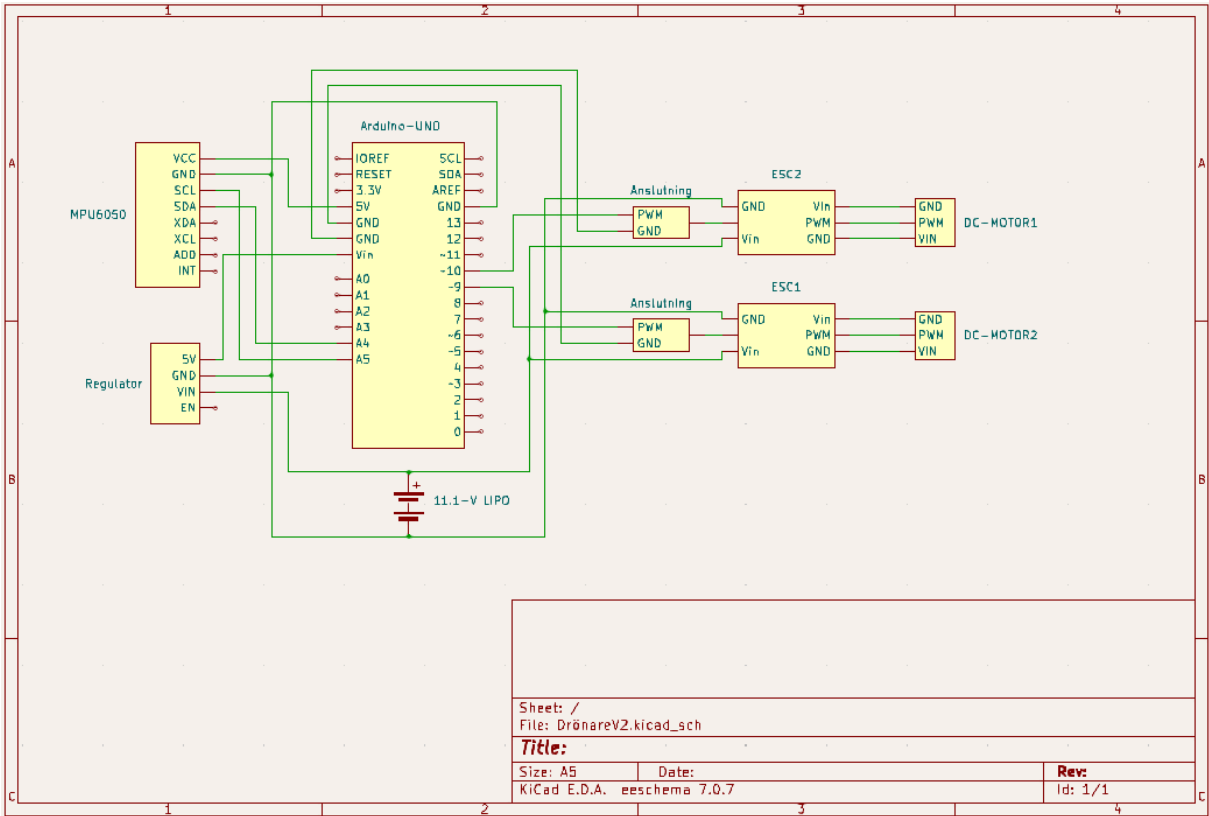
Bilaga 6: Leg



Bilaga 7: Motor arm



**Bilaga 8:** Kopplingsschema för testkörning.



Bilaga 9: Kopplingsschema för färdig prototyp.

```

#include <Wire.h>
#include <MPU6050.h>
#include <Servo.h>

Servo motor1;
Servo motor2;

int throttlePin1 = 9;
int throttlePin2 = 10;

MPU6050 mpu;

const int gyroChangeThreshold = 200; // Gränsen för när gyrovärden får motorer att snurra
const int filterSamples = 10;
const int resetThreshold = 300; // Gränsen för att gyron skall resetta på platt yta
const int resetTime = 1000; // Millisekunder innan gyron resettar

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  Wire.begin();

  motor1.attach(throttlePin1);
  motor2.attach(throttlePin2);

  delay(2000);

  motor1.writeMicroseconds(2000);
  motor2.writeMicroseconds(2000);

  delay(2000);

  motor1.writeMicroseconds(1000);
  motor2.writeMicroseconds(1000);
}

```

**Bilaga 10:** ⅓ testkod

```

delay(2000);

mpu.initialize();

// Verifiera anslutning
if (mpu.testConnection()) {
    Serial.println("MPU6050 connection successful");
} else {
    Serial.println("MPU6050 connection failed");
    while (1); // Stoppa programmet ifall den inte kopplar
}
}

int16_t applyMovingAverageFilter(int16_t *samples, int numSamples, int16_t newValue) {
    for (int i = 1; i < numSamples; i++) {
        samples[i - 1] = samples[i];
    }
    samples[numSamples - 1] = newValue;

    int32_t sum = 0;
    for (int i = 0; i < numSamples; i++) {
        sum += samples[i];
    }

    return sum / numSamples;
}

```

**Bilaga 10:** 2/3 testkod

```

void loop() {
  static int16_t prevGyroX = 0;
  static int16_t gyroXSamples[filterSamples] = {0};
  static unsigned long resetStartTime = 0;

  // Läs gyrodata
  int16_t gyroX, gyroY, gyroZ;
  mpu.getRotation(&gyroX, &gyroY, &gyroZ);

  // Använd "MovingAverageFilter" för att läsa av position
  gyroX = applyMovingAverageFilter(gyroXSamples, filterSamples, gyroX);

  // Skriv ut gyroXvärden i monitorn
  Serial.print("Filtered Gyro X: ");
  Serial.println(gyroX);

  // Kolla ifall värdena från gyron har ändrats till det man vill
  if (millis() - resetStartTime > resetTime && abs(gyroX - prevGyroX) > gyroChangeThreshold) {
    // Om det är fallet, sätt igång motorerna
    int throttleValue = map(gyroX, -32768, 32767, 1000, 2000);
    motor1.writeMicroseconds(throttleValue);
    motor2.writeMicroseconds(throttleValue);
  } else {
    // Om inte, stoppa motorerna
    motor1.writeMicroseconds(1000);
    motor2.writeMicroseconds(1000);
  }

  // Kolla ifall gyron står still (på en platt yta)
  if (abs(gyroX) < resetThreshold && abs(gyroY) < resetThreshold && abs(gyroZ) < resetThreshold) {
    resetStartTime = millis();
  }

  // Udatera gyrovärdet
  prevGyroX = gyroX;

  delay(100); // Ändra beroende på hur snabb ändring man vill ha
}

```

---

**Bilaga 10:** 3/3 testkod