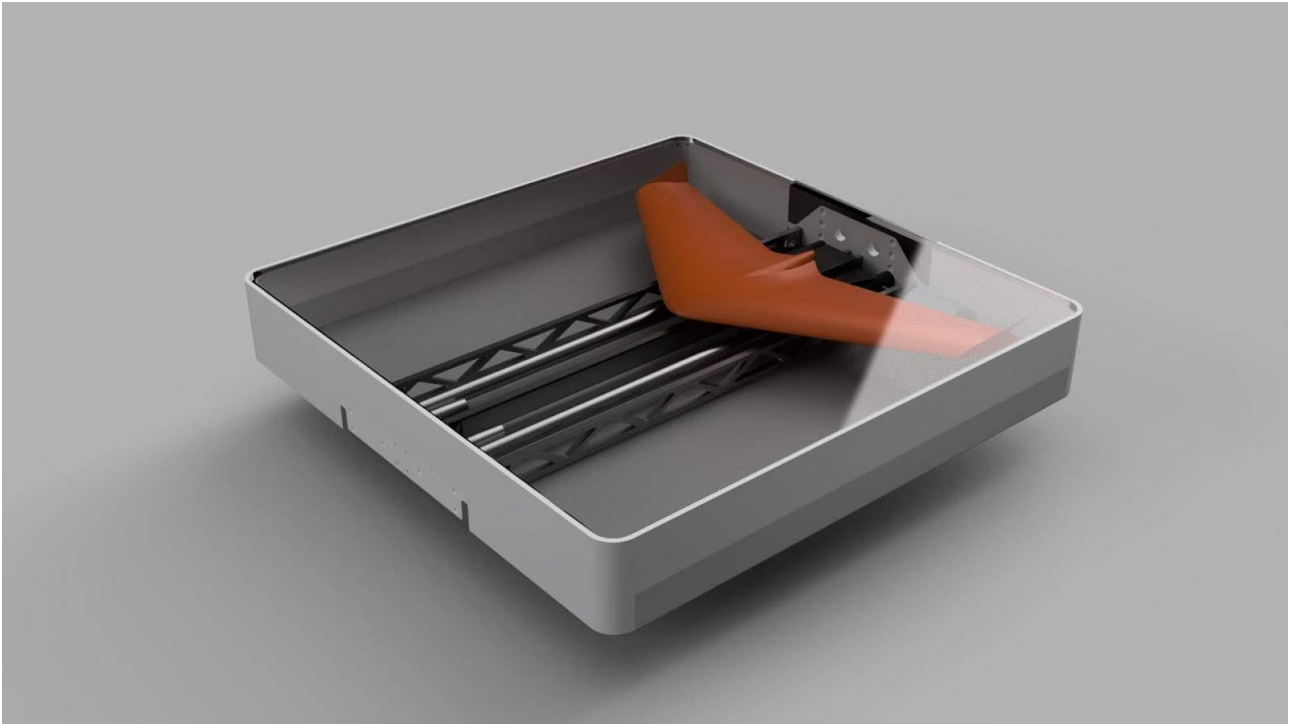




CHALMERS



Detaljkonstruktion och test av drönarhus

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

EDWARD BERGEN
MATTHIAS PREUSS

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 20200527
www.chalmers.se

Detaljkonstruktion och test av drönarhus

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik, IMSX20

© Edward Bergen, Matthias Preuss

Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsfoto: Edward Bergen
Tryck: Chalmers digitaltryck

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete är del av ett utvecklingsprojekt drivet av Sjöräddningssällskapet (SSRS). Projektets mål är att med hjälp av en drönarstation när som helst fjärrstyrt kunna skjuta iväg en drönare. Drönaren ska sedan cirkulera och direktströmma bilder över en eventuell olycksplats till sjöss för att underlätta räddningsstyrkans arbete.

I detta examensarbete ligger fokus på detaljkonstruktion och test av drönarstationens övre del drönarhuset. Drönarhusets funktion är att skydda och ladda drönaren samt medge plats för en avfyrningsramp. Tidigare arbeten har resulterat i en prototyp av drönaren och även delar av drönarstationen, men det fanns ännu inget drönarhus. Med utgångspunkt i befintlig CAD-modell skulle öppningsfunktion, prototyp och test göras.

Vid initiala möten och informationssökning av tidigare arbeten skapades tidigt förståelse för projektet. Genom beräkningar validerades en föreslagen öppningsanordning och sedan konstruerades en ny. Den nya öppningsanordningen krävde två ställdon med axiell kapacitet på 300 N. Efter undersökning av denna typ av motorer kom gruppen fram till två möjliga motorleverantörer. På grund av den stora prisskillnaden gjordes en beställning från en kinesisk leverantör.

Därefter dimensionerades drönarhusets skruvförband för att säkerställa dess infästning i drönarstationen.

Nästa steg var att tillverka prototypen. Prototypen skulle enligt överenskommelser byggas utifrån den befintliga CAD-modell som tidigare skapats av Sjöräddningssällskapet. För att få förståelse för modellen och hur den skulle tillverkas spenderades mycket tid med studera CAD-modellen. Därefter gjordes förändringar för att möjliggöra efterfrågade funktioner. Vissa delar kunde tillverkas direkt av råmaterial från Chalmers prototypplabb, medan andra delar fick beställas och modifieras för att överensstämja med modellen.

Drönarhuset monterades sedan på den befintliga prototypen av uppskjutningsstationen. Med hjälp av en annan examensarbetsgrupp som styrde motorerna kunde öppningsfunktionen testas. Vid ett senare tillfälle genomfördes en provskjutning med drönaren. Det visade sig att den detaljkonstruktion tillsammans med de prototypbygge som gruppen har gjort lyckligtvis mynnade ut i en funktionell prototyp.

Den sista delen av projektet bestod av en konceptgenereringsfas för att ge uppdragsgivaren förslag på framtida förbättringsalternativ. Dessa förbättringar bestod av dränering- och ventilationsalternativ, som sedan bearbetades vidare med hjälp av metoder som Kesselring- och morfologisk matris. Tio olika koncept genererades och sedan eliminerades ett vinnande fram.

Det slutgiltiga konceptet består av två draperi på sidorna som ska förhindra läckage under avfyrning. Längst bak vid gångjärnen finns det ett hål som stängs och öppnas med hjälp av två luckor. Eftersom konceptgenereringen inte är något som kommer appliceras på prototypen är dock alla koncept intressanta för uppdragsgivaren.

ABSTRACT

This bachelor thesis is part of a drone launcher project run by the Swedish Sea Rescue Society (SSRS). The objective is to be able to remotely launch a drone at any given moment to secure and ease the sea rescue mission done by SSRS's volunteers. The drone will be able to support this by livestreaming video from a rescue scene directly to a screen monitored by SSRS.

This part of the project is focusing on detail design and test of a drone container, which is the upper part of the drone launcher. The function of the drone house is to protect and charge the drone as well as to allow space for a firing ramp. Previous work had resulted in a prototype of the drone and also parts of the launch station, but there was no prototype of the drone container yet.

By initial meetings and information retrieval of previous work the group got a broad understanding of the project. Through calculations a given opening design alternative was validated and a new was developed. Our opening alternative required two motors with a axial capacity of 300 N.

To ensure the attachment of the container to the launcher a screw joint was dimensioned.

The next step was to make the prototype. It was built on the basis of an existing CAD model created by SSRS. Subsequently, changes were made to enable the requested functions. Some parts of the prototype were manufactured directly from raw materials from the Chalmers prototype lab, while other parts were ordered and then modified to fit.

The drone container was then mounted on the existing prototype of the launch station. With the help of two Chalmers students that controlled the engines, the opening function was tested. At a later date, a test launch was conducted with the drone. It showed that the prototype the group had made was a success and all the functionality we were after could be demonstrated.

The last part of the project consisted of a concept generation phase to give the client suggestions for future improvement alternatives. These improvements consisted of drainage and ventilation solutions, which were then further processed using methods such as Kesselring and morphological matrix.

Ten different concepts were generated and then a winner was chosen. The final concept consists of two drapes on the sides to prevent leakage during launch. At the back of the drone container there is supposed to be two holes that closes and opens with the help of two doors. The concept generation is not something that will be applied to prototypes, which make all concepts interesting to the client.

FÖRORD

Till att börja med vill vi tacka Jenny Grolin, Maria Broberg och företaget Infotiv som erbjudit oss möjligheten att arbeta med detta spännande projekt. Ett stort tack till Fredrik Falkman från Sjöräddningssällskapet som länge drivit detta projekt framåt och oavsett tid och rum hjälpt till om vi haft frågor eller problem. Utan Quentin Demory och Abdulrahman Alsamel från examensarbetsgruppen SSRS IES hade det inte varit möjligt att realisera öppningsfunktionen. Vi vill även tacka Carl Thunberg för hjälp med svetsning. Sist men inte minst vill vi tacka vår handledare professor Johan Malmqvist för hans goda råd, och bemötande.

Innehåll

Sammanfattning	i
Abstract	ii
Förord	iii
Symbollista	vi
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Uppdragsbeskrivning	2
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Avgränsningar	3
1.5 Rapportens disposition	3
2. Metod	4
2.1 Metodbeskrivning	4
2.2 Detaljkonstruktion	5
2.2.1 Lyftannordning	5
2.2.2 Skruvförband	5
2.3 Prototyp tillverkning	5
2.3.1 Svarvning	6
2.3.2 Fräsning	7
2.3.3 Vattenskarvning	7
2.3.4 Svetsning	8
2.4 Test av drönarhus	8
2.5 Konceptgenerering	8
2.5.1 Kravspecifikation	8
2.5.2 Patentsökning	8
2.5.3 Brainstorming	9
2.5.4 Morfologisk matris	9
2.5.5 Elimineringssmatris	9
2.5.6 Kesselringmatris	9
3. Resultat	11
3.1 Kravspecifikation	11
3.2 Detaljkonstruktion	12

3.2.1 Lyftanordning	12
3.2.2 Skruvgrupp	16
3.3 Prototyp	18
3.3.1 Modifikation av existerande prototyp	18
3.3.2 Ram.....	19
3.3.3 Vattenskräring och metallbearbetning.....	21
3.3.4 Svetsning	22
3.3.5 Transparent skiva och täcklock	23
3.4 Test	24
3.4.1 Test 1	24
3.4.2 Test 2	24
3.4.3 Test 3	25
3.5 Koncept för framtida utveckling	25
3.5.1 Patentsökning	26
3.5.2 Brainstorming	27
3.5.3 Morfologisk matris	28
3.5.4 Konceptkatalog.....	28
3.5.5 Elimineringsmatris	32
3.5.6 Kesselringmatris	33
3.5.7 Slutgiltigt koncept	34
4. Diskussion	36
4.1 Prototyp	36
4.2 Koncept.....	36
5. Slutsatser och rekommendationer för fortsatt arbete	38
5.1 Verifiering av frågeställningar	38
5.2 Rekommendation till fortsatt arbete	38
Referenser	40
Bilagor	A1
Bilaga A – Detaljritningar	A1
Bilaga B – Symmetrisk öppning	B1
Bilaga C – MatLab-kod för vinklad öppning	C1
Bilaga D – MatLab-kod för symmetrisk öppning	D1
Bilaga E – Del- och Assembly	E1

SYMBOLLISTA

α	Öppningsvinkel av drönarhusets övre del
θ	Motorvinkel
σ	Spänning i skruv
σ_S	Sträckgräns för skruv
φ	Avfyrningsvinkel för avfyrningsramp
A	Infästningspunkt av drönarhus i drönarstation
A_{ekv}	Ekvivalent tvärsnittsarea för klämda delar
A_S	Skruvens tvärsnittsarea
C_K	Styvhetskonstant för klämt gods
C_S	Styvhetskonstant för skruv
d_w	Skruvhuvudets anliggande diameter
E_S	Elasticitetsmodulen för skruvmaterialet
F	Motorkraft
F_0	Förspänningskraft för skruv
F_N	Yttre last
F_S	Skruvkraft
F_x	Motorkraft i x-led
F_y	Motorkraft i y-led
g	Gravitationskonstanten
L	Drönarhusets längd och bredd
$L_{F,x}$	Hävstångslängd för motorkraft i x-led
$L_{F,y}$	Hävstångslängd för motorkraft i y-led
L_K	Klämlängd
$L_{mg,x}$	Hävstångslängd för tyngdkraft i x-led
$L_{mg,y}$	Hävstångslängd för tyngdkraft i y-led
L_S	Belastad del av skruvlängd
M	Massa av drönarhusets övre del
M_A	Moment kring infästningspunkt A
m	Halva massan av drönarhusets övre del
m_{hus}	Drönarhusets massa
R_x	Radiell lagerkraft
R_y	Axiell lagerkraft

1.INLEDNING

Kapitlet inleder rapporten genom bakgrund, uppdragsbeskrivning, frågeställningar, avgränsningar och avslutningsvis rapportens disposition.

1.1 Bakgrund

Olyckor sker alltid och det är inget undantag till sjöss. Här är det kanske ännu svårare att hjälpa till och undvika detta på grund av väderförhållanden och svåråtkomlighet. ”Efter några tuffa stormar i början på 1900-talet gjorde kustbor på västkusten uppror mot statens ointresse att handha sjöräddning och 1907 bildades Svenska Sällskapet för Räddning af Skeppsbrutne” (Sjöräddningssällskapet [SSRS], 2020).

Sjöräddningssällskapet, som på engelska förkortas SSRS, är en ideell organisation som står för 70% av all sjöräddning på svenskt vatten. De får inga statliga bidrag och är därför helt beroende av donationer och frivilligt arbete.

SSRS har, under sitt extremt viktiga arbete, stött på diverse svårigheter. Ett problem är att det är svårt att i förväg förutse vad som hänt, vilka redskap och hur stor räddningsstyrka som behövs innan de beger sig ut på ett uppdrag. För att effektivisera och säkra de frivilligas arbete driver SSRS flertalet utvecklingsprojekt, där ett av dessa projekt handlar om införandet av en sjöräddningsdrönare som ska underlätta planeringsarbetet.

Drönaren ska vid larm skjutas upp i luften, flyga till olycksplatsen, cirkulera över denna och direktströmma video. Dessa bilder ska projiceras på en skärm på den plats som räddningsstyrkan utgår ifrån och därmed ge en bild av olycksplatsen. Tidigare arbete av drönarprojektet har resulterat i prototyper av drönaren och delar av uppskjutningsstationen, se Figur 1.1.



Figur 1.1: Isometrisk bild av uppskjutningsstation med drönare (Egen bild).

Tidigare arbeten av drönarprojektet och slutsatser som dragits från dessa har legat som grund för detta examensarbete. Tillgängligt material från SSRS har studerats och följande är direkt kopplat till detaljkonstruktionen av drönarhuset.

Koncept av drönarbehållarens form och öppningsfunktion har behandlats i ett kandidatarbete (Ola Delfin et al., 2015). Här framkommer krav som att behållaren ska skydda drönaren från skadegörelse och nederbörd samt möjliggöra enkel återmontering av drönaren efter avslutat uppdrag. Dessa krav kommer upprätthållas under detta examensarbete. De skriver även att drönare ofta förknippas med militär användning vilket leder till negativ publicitet, och detta bör tas hänsyn till i projektet.

Från masterarbetet *Design and mechatronic integration of a drone launcher* framförs följande information av Valero Beltrá (2018): Containern får inte väga mer än 100 kg för att säkerställa att pelaren har tillräcklig lyftkapacitet. Komponenterna i detta examensarbete bör arbeta under 24 V för att underlätta installation med resterande existerande delar. Valero Beltrás arbete är gjort med antagandet att drönaren väger 0,5 kg vilket inte längre är ett aktuellt värde. Utveckling av drönaren pågick parallellt och drönaren uppskattades väga mer än tidigare antagande. Containern och dess öppningsmekanism är fundamental för drönarstationen, den skyddar drönaren men fungerar också som reklam för SSRS. Materialet måste väljas noggrant då det behöver vara hållbart men skyddande.

1.2 Uppdragsbeskrivning

Examensarbetet behandlar maskinkonstruktion och produktutveckling av ett drönarhus som ska skydda drönaren när den inte är aktiv. Husets funktion är att skydda drönaren från stöld och vatten samt kunna öppnas när drönaren ska skjutas iväg. Hela uppskjutningsstationen ska finansieras via donationer, vilket leder till att den behöver vara estetiskt tilltalande. Huvudmomenten i projektet är detaljkonstruktion, prototyptillverkning och till sist testning.

Fokus i detaljkonstruktionen ligger på öppningsfunktion, dimensionering av förband och förbättringsalternativ. Genom beräkningar ska den befintliga öppningsanordningen utvärderas och eventuellt en ny tas fram. Dimensionering av skruvförband kommer göras för att säkerställa infästningen av drönarhuset i uppskjutningsstationen. Därefter ska konceptgenerering av förbättringsalternativ genomföras för att ge uppdragsgivaren en förståelse av vad som skulle kunna förbättras på den nuvarande modellen.

Slutligen kommer en prototyp av drönarhuset tillverkas och monteras på den befintliga prototypen av uppskjutningsstationen. Vid lyckad montering ska öppningsfunktion testas och utvärderas. Genom en provskjutning den 7e maj ska gruppen säkerställa att uppskjutningsstationen och drönaren håller den standard som krävs för att få flyga i svenskt flygrum. Även ett test för att utvärdera stöldskyddsförmågan på behållaren kommer utformas.

1.3 Frågeställningar

Några frågeställningar som ska besvaras under arbetets gång är följande.

- Hur utformas och dimensioneras förbanden för att säkerställa drönarhusets infästning?
- Hur ska en prototyp tillverkas för att genomföra en provskjutning?
- Vad resulterade test av funktionerna i?
- Hur tillämpas dränering och stöldskydd av behållaren?

1.4 Avgränsningar

Avgränsningar kommer behövas göras på grund av tidsbegränsning och även parallella studier på Chalmers tekniska högskola. Styrningen av motorer är en avgränsning, men eftersom en annan examensarbetsgrupp från Chalmers på Infotiv kommer ansvara för detta är det inget som påverkar resultatet.

För prototypen finns avgränsningar i form av uppvärmning och eventuell kondensation. Detta då krav på prototypen är att den bara ska verka under sommarmånaderna maj till september. Kondensation kommer dock beaktas i konceptgenereringsfasen för förslag av vidare utveckling. Dimensionering av förband på drönarhuset kommer avgränsas till infästningen av behållare på uppskjutningsstationen och inte till hela stationens infästning i marken.

Materialval av behållaren och förbättringsalternativ som exempelvis dränering är inte en avgränsning men kommer anses som en faktor för framtida utveckling. Alltså kommer prototypen inte nödvändigtvis tillverkas i ett optimalt material för en slutgiltig produkt som kommer produceras i ett tiotal exemplar.

1.5 Rapportens disposition

Detta kapitel avser att kapitel för kapitel förklara rapportens disposition. Rapporten börjar med två basbyggande kapitel: Inledning och metod. Här beskrivs bakgrund och en förståelse för hela syftet med projektet skapas. Metodkapitlet avser att redogöra för vilka metoder som tillämpats genom projektets gång. Först metoder som berör prototyp tillverkning, sedan konceptgenerering och detaljkonstruktion.

Därefter fortsätter rapporten med ett resultatkapitel som avser att redovisa konkreta resultat utan att diskutera dessa. Kravspecifikation och detaljkonstruktion presenteras i form av beräkningar och analyser. Kapitlet avslutas med redogörelse för prototyp tillverkningen samt konceptgenereringen.

Slutligen följer de sista två kapitlen diskussion och slutsats. I diskussionskapitlet problematiserar och ifrågasätter de tidigare resultatkapitlet. Slutsatskapitlet avser att svara om syftet och frågeställningarna blivit uppfyllda. Det ges även tydliga rekommendationer till fortsatt utveckling av drönarhuset.

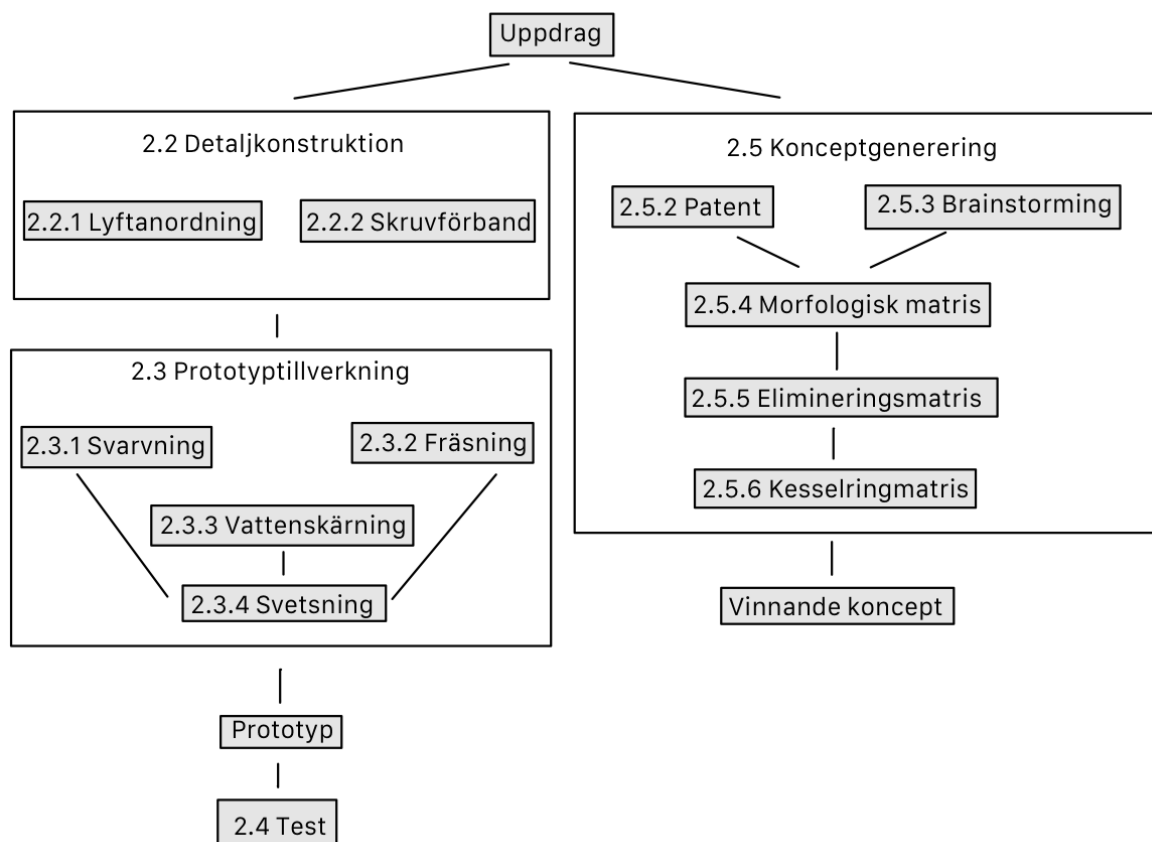
Rapporten avslutas med bilagor som hänvisats till tidigare i texten. Först redovisas detaljritningar från CAD-modellen sedan beskrivning samt beräkningar av det föreslagna öppningsalternativet symmetrisk öppning och avslutningsvis MatLab-kod.

2.METOD

Kapitlet redovisar samtliga metoder som använts i projektet, vad de innebär och kortfattat vad gruppen fått ut av dem. Först redovisas de metoder som använts vid prototypstillverkningen och sedan de vid konceptgenerering.

2.1 Metodbeskrivning

I Figur 2.1 visas ett flödesschema hur de olika metoderna hör samman. Uppdraget började med att göra detaljkonstruktionen då det tidskrävande bygget av prototypen krävde att ett motorval var gjort innan start.



Figur 2.1: Flödesschema av metoder (Egen bild).

Samtidigt som prototypbygget var igång ägnade gruppen tid åt deluppgiften *Koncept för framtida utveckling*. När idegenerering hade gjorts med brainstorming och morfologiskmatris gjordes konceptelemenering med elemenering- och Kessleringmatris.

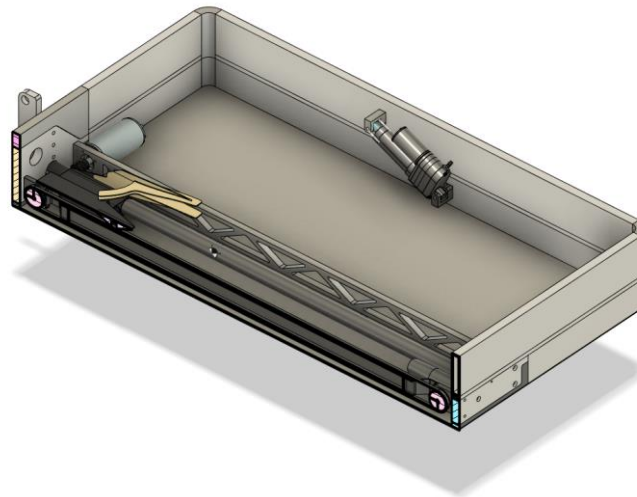
Prototypen mynnade ut i ett test där fokus låg på att validera öppningsfunktionen, men samtidigt även se ifall en avskjutning av en drönare är möjligt.

2.2 Detaljkonstruktion

Vid detaljkonstruktionen av drönarhuset gjordes först beräkningar för att säkerställa motorens kraft och skruvförbanden. Nedan beskrivs metoderna som använts vid dessa beräkningar samt vid test av prototypen.

2.2.1 Lyftannordning

Friläggningar av drönarhuset möjliggjorde beräkning av lagerkrafter och nödvändig axiell motorkraft med avseende på motorvinkel, θ och öppningsvinkel, α . På grund av symmetrisk geometri kunde ett snitt på hälften av drönarhuset göras för att förenkla beräkningar, se Figur 2.2.



Figur 2.2: Förtydning av snitt på drönarhuset på grund av symmetrisk geometri (Egen bild).

Därefter gjordes friläggningar och jämviktsekvationer med given avfyrningsvinkel mellan 0 och 30 grader enligt uppdragsgivare. Resultatet av detta redovisas i kapitel 3.2.1 Lyftannordning.

2.2.2 Skruvförband

Val av litteratur till detaljkonstruktionen kring skruvförband blev kurslitteraturen som använts i två kurser i konstruktion. Boken som har använts är Mägi, M. Melkersson, K. Evertsson, M. (2017) Lärobok i maskinelement (2:a upplagan). Den täcker allt som behövdes och har ett helt kapitel ägnat åt förband.

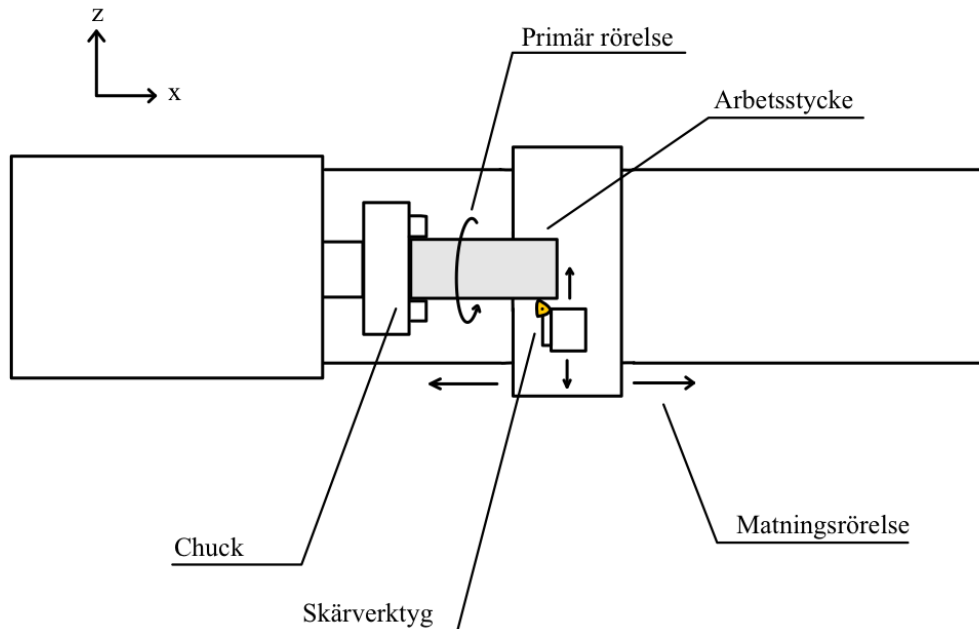
Uppgiften var att kunna beräkna om de skruvförband som håller upp drönarhuset är dimensionerade för att klara hålla upp den last som drönarhuset har. Det som skulle göras var att omvandla en okänd kraft till en skruvkraft och sedan göra om det till en spänning i skruven. För att slutligen se om det finns en säkerhetsmarginal mot sträckgränsen.

2.3 Prototyp tillverkning

I detta delkapitel görs en kort förklaring om vilka metallbearbetningsmetoder som använts i tillverkningen av prototypen med en motivering till varför dessa valts.

2.3.1 Svarvning

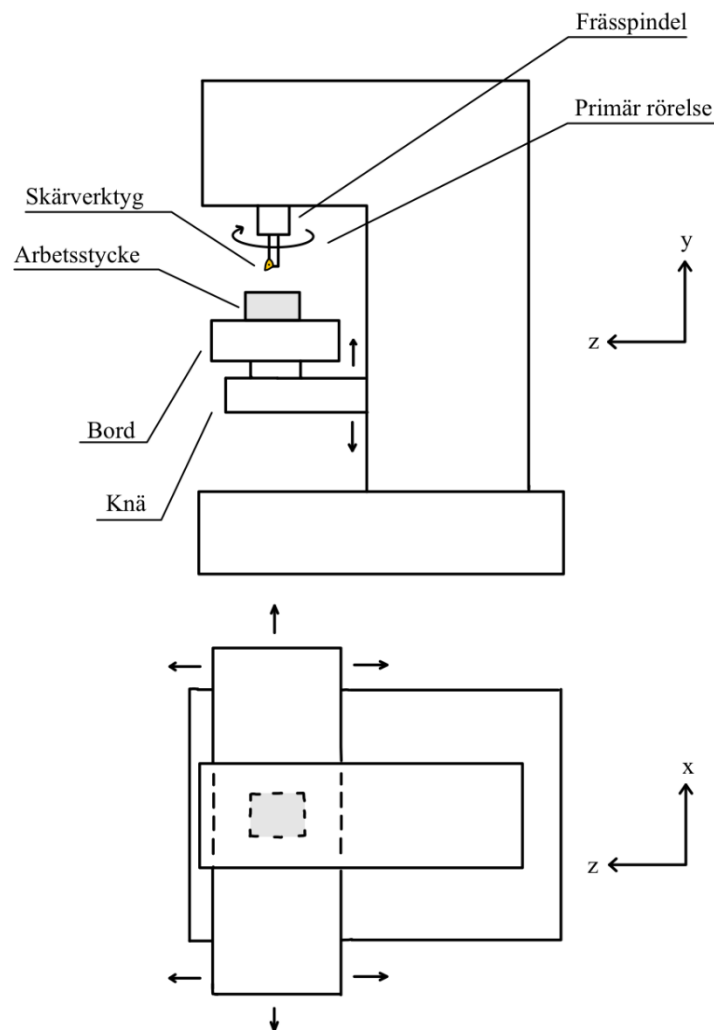
En svarv är ett metallbearbetningsverktyg som med hjälp av ett skär avverkar metall, så kallat spån, från ett arbetsstycke. Arbetsstycket hålls fast av chucken som utför primärrörelsen i svarven, se Figur 2.3. Skärverktyget sitter fast i maskinverktyget och där emellan skapas en relativ rörelse. Verktyget kan endast röra sig i i XZ-planet vilket gör att svarvning tillämpar sig bäst till att tillverka cylindriska delar. Den svarvningsmetod som kommer användas på prototypen är invändg bearbetning.



Figur 2.3: Topvy (XZ-planet) av en förenklad svarv under utvändig bearbetning (Egen bild).

Invändig bearbetning är motsatsen till utvändig bearbetning. Den här typen används när en inre diameter ska skapas på sitt arbetsstycke. Detta kan göras på många olika sätt, men börjar oftast med ett borrarat hål innan andra skärverktyg kan användas för att öppna upp diametern ytterligare. (Boothroyd & Knight, 1989)

2.3.2 Fräsning



Figur 2.4: Sido – och topvy av en förenklad fräs (Egen bild).

Det finns två typer av fräsmaskiner, horisontell fräs och vertikal fräs. I detta projekt kommer en vertikal fräs att användas och således lämnas den horisontella fräsen utanför i detta kapitel.

Som namnet antyder har den vertikala fräsen sin frässpindel i vertikalt led. Ett flertal olika maskinoperationer går att utföra på en vertikal fräs. Planfräsning, spårfräsning och hörnfräsning är tre vanliga operationer. Vid planfräsning, blir arbetsstyckets ovansida fräst för att skapa en plan yta. Spårfräsning används för att skapa ett spår i arbetsstycket och hörnfräsning är fräsning av arbetsstyckets kanter.

På fräsen sitter den primära rörelsen i frässpindeln vilket i sin tur håller fast verktyget. För att skapa relativrörelser mellan verktyget och arbetsstycket används olika matningsriktningar. Enligt figur 2.4 går det att se hur arbetsstycket sitter monterat på bordet. (Boothroyd & Knight, 1989)

2.3.3 Vattenskärning

Vattenskärning valdes som metod då en del av delarna i modellen hade komplicerade geometrier som skulle ta väldigt lång tid att skapa med metallbearbetning, som med till exempel fräsning. Vattenskärning erhåller också en hög precision och snabba ledtiden. Detta tillsammans gör att

gruppen kan ägna tiden åt annat då dessa delar skapas hos en firma. Det vattenskrädda delarna kräver också i och med den höga precisionen knappt någon bearbetning (Water Jet Sweden [WJS], 2020).

2.3.4 Svetsning

Metodvalet för svetsningen var enkelt att bestämma. Allt som ska sammanfogas med hjälp av svets är gjort av aluminium och den bästa metoden för aluminium är AC-Tig. Tungsten Inert Gas med växelström (AC) lämpar sig bäst för att sammanfoga aluminium då växelströmen bryter oxidskiktet som kontinuerligt skapas på ytan bättre än DC. Detta är den dyraste metoden då en sånär kvalitets svetsmaskin kostar uppemot 40 000 kr men finns också tillgänglig där prototypen byggs (ESAB, 2020).

2.4 Test av drönarhus

Tre tester planeras att utföras. Ett första test i laborationsmiljö där öppningsfunktionen skulle valideras. Därefter ska drönaren monteras på ett stativ för att genomföra test nummer två och tre.

Första testet går ut på att prova öppningsfunktionen som har detaljkonstruerats. För att göra detta så ska gruppen först prova vinkelöppningen genom att placera drönarhuset på marken, och därefter genom programvara som en annan examensgrupp har utvecklat se ifall motorerna kan utföra det som har konstruerats.

I andra testet ska drönarhuset monteras på ett stativ enligt Figur 1.1. Även då ska öppningsfunktionen provas, men först behöver drönarhuset fällas ner till en avfyringsvinkel. Vid detta test kontrolleras även drönarhusets infästning och om beräkningarna kring skruvgrupper är korrekta.

Test nummer tre är en påbyggnad av tvåan. Det är ett systemtest där drönarprojektet i helhet ska testas. Här ska en provskjutning av drönaren göras från drönarhuset. Detta är för att ge ett helhetsintryck och att visa vad som har levererats till uppdragsgivaren.

2.5 Konceptgenerering

Efter skruvförbandsdimensionering, motorval och prototyp tillverkning kunde gruppen ägna sig åt konceptgenerering för framtida förbättringar av drönarhusprototypen. Nedan följer de metoder som använts för att ta fram så bra koncept som möjligt.

2.5.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation är en lista där funktionella krav och önskemål som produkten ska uppnå fastslås. Krav och önskemål är sådana som uppkommit i samband med diskussion med uppdragsgivare och de ska om möjligt definieras på ett mätbart sätt. Kravspecifikationen är en levande informationsmängd som utvecklas och uppdateras under processens gång efter hand som kunskapen om produkten ökar. Detta gör att den används som grund under produktutvecklingen, elimineringsfasen och i slutändan även i valideringsfasen. (Johannesson, et al., 2013)

2.5.2 Patentsökning

Innan idegenereringsfasen av dränering- och ventilationsförbättringar påbörjades genomfördes en extern lösningssökning. För att undersöka om det redan fanns befintliga lösningar på liknande problem genomfördes en patentsökning. De datorbaser som användes var *Google Patents* och *Espacnet*.

2.5.3 Brainstorming

Brainstorming är en så kallad kreativ metod för att generera idéer till koncept. Den ska användas i en grupp om 5-15 personer med en ledare. Alla i gruppen sitter ner och, utan att bedöma framkomna resultat, försöka åstadkomma så många idéer som möjligt. Här går kvantitet före kvalitet och det ska leda till att gruppen sporrar varandra till att utveckla nya idéer genom varandras associationer. (Johannesson, et al., 2013)

2.5.4 Morfologisk matris

En morfologisk matris är en metod där en matris bestående av samtliga delfunktioner listas i den första kolumnen och i rader listas så många dellösningalternativ som uppfyller delfunktionen som möjligt (Johannesson, et al., 2013, s. 174). Efter dellösningarna är listade så kombineras de med varandra för att uppnå maximalt totallösningalternativ. Teoretiskt sett är antalet totallösningalternativ antalet dellösningalternativ per rad multiplicerat med varandra. I verkligheten finns det dock alltid dellösningalternativ som inte är kompatibla med varandra.

I denna matris användes bearbetade resultat från brainstormingen och genom att dela upp dessa i delfunktioner samt dellösningargenom skapades en matris. Därefter parades alla kompatibla dellösningar per delfunktion ihop; vilket resulterade i en grafisk tydlig morfologisk matris. Resultatet av denna beskrivs tydligare i kapitel 3.5.3.

2.5.5 Elimineringsmatris

Med en stor lösningsrymd efter den morfologiska matrisen användes en elimineringsmatris för att effektivt eliminera lösningar som inte uppfyllde uppenbara kriterium. Om de möter kriteriet så betygsätts det med (+), om inte får det ett (-). Bara de lösningar med endast (+) går vidare i elimineringsfasen, och de som får underkänt elimineras direkt.

2.5.6 Kesselringmatris

I en Kesselringmatris viktas konceptens olika framtagna kriterier (Johannesson, et al., 2013). Viktningen sker genom att jämföra med en teoretisk ideal lösning som har det högsta möjliga betyget. De koncept som i betygsättningen kommer närmast den ideala lösningen går vidare i elimineringsfasen.

Betygen i matrisen bestod av en skala 1 till 5, där siffrorna symboliserar följande:

- 1 - Obetydlig önskvärdhet
- 2 - Liten önskvärdhet
- 3 - Stor önskvärdhet
- 4 - Mycket önskvärd
- 5 - Mycket stor önskvärdhet

Kriteriet tillverkningskostnad valdes till vikt 2 på grund av att det är svårt att uppskatta denna i ett konceptstadium. Det påverkar inte heller projektet, eftersom det rimligtvis hade varit en liten del av totalsumman för hela prototypen.

Enkelheten att tillämpa är viktigare med tanke på önskemål som att prototypen ska kunna tillverkas i upp till 500 exemplar. Detta betyder att en speciallösning som är svår att tillämpa på en prototyp påverkar en eventuell massproduktion ännu mer, vilket resulterade i en viktning på 4 av 5.

Medge dränering vid låg avfyrningsvinkel gavs viktning 5 och är alltså av mycket stor önskvärdhet. Drönarens avfyrning optimeras och dräneringen är då oberoende av en hög avfyrningsvinkel.

För att förhindra sabotage och att insekter ska ta sig in sattes ett kriterium upp med vikt 4. Det är mycket önskvärt då detta kan påverka hela avfyrningen av drönaren, vilket i sin tur kan påverka människors liv.

Att drönarhuset passivt ska kunna dränera vätska är mycket önskvärt då drönarhuset inte planeras öppnas särskilt ofta. Genom passiv dränering förhindras att något går sönder på grund av stora mängder vätska i huset, och därav en viktning 4.

Viktigt att poängtera är att kriteriernas olika uppfyllningsgrad inte tagits i beaktning vid Kesselringsmatrisen på grund av tidsbrist. Detta betyder att alla kriterier anses vara linjärt beroende vid jämförelse av uppfyllningsgrad och betyg.

3.RESULTAT

Resultatkapitlet avser att i detalj redogöra vad som har gjorts i projektet samt presentera vad detta resulterat i. Detta görs genom att först presentera kravspecifikation och detaljkonstruktion i form av beräkningar och analyser. Kapitlet avslutas med redogörelse för prototypstillverkningen samt konceptgenereringen.

3.1 Kravspecifikation

I ett tidigt stadiet av projektet påbörjades en kravspecifikation för att tydliggöra vad projektet ska resultera i. Krav och önskemål som uppkommit vid diskussion med uppdragsgivare har listats på ett mätbart sätt enligt Tabell 3.1. Den består av 10 krav och 5 önskemål, där kraven måste vara uppfyllda för en godkänd produkt.

Tabell 3.1: Kravspecifikation (Egen bild).

Chalmers		Dokumenttyp: Kravspecifikation				
		Projekt: Detaljkonstruktion och test av drönarhus				
	Kriterier	Målvärde	Krav/Önskemål	Viktning (1-5)	Verifieringsmetod	Kravställare
1.	Prestanda					
	1.1	Skydda drönare från vatten	Krav		Test	SSRS
	1.2	Medge 150 mm öppning för drönare	Krav		Mätning vid provuppskjutning	SSRS
	1.3	Tillräckligt starka skruvförband vid infästning	Krav		Beräkning och montering	Eget
	1.4	Kunna dränera eventuell vätska i framtiden	Önskemål	2	Test	SSRS
	1.5	Fungerande vid provuppskjutning	Önskemål	5	Provuppskjutning	Infotiv
2.	Miljö					
	2.1	Användaren och allmänheten ska se drönaren	Krav		Observation efter montering	SSRS
	2.2	Drönarhuset ska vara självförsörjande	Önskemål	4	Test	SSRS
3.	Dimensioner					
	3.1	Medge plats för avfyrningsramp	Krav		Montering	SSRS
	3.2	Medge plats för drönare	Krav			SSRS
	3.3	Väga under 100 kg	Krav		Viktuppskattning i CAD	Projektgrupp
	3.4	Medge förflyttning med släp eller lastbil	Önskemål	3	Mätning	SSRS
4.	Kvantitet					
	4.1	Kunna tillverkas i 70 exemplar	Krav		Kostnads kalkyl	SSRS
	4.2	Kunna tillverkas upp till 500 stycken	Önskemål	2	Kostnads kalkyl	SSRS
5.	Säkerhet					
	5.1	Skydda drönare från stöld utan verktyg	Krav		Test	Projektgrupp
	5.2	Tåligt mot viss skadegörelse	Krav		Test	SSRS

Krav på drönarhusets prestanda var att skydda drönare från vatten, medge 150 mm öppning och ha tillräckligt starka skruvförband. Genom att skydda drönaren från vatten skadas inte laddningskomponenterna som ska finnas i huset. För att drönaren ska kunna avfyras och även skyddas så måste huset medge en större öppning än drönarens höjd med hjälp av en öppningsanordning. Som tidigare nämt måste dimensionering av skruvgrupper göras för att säkerställa infästningen av drönarhuset i uppskjutningsstationen.

Därefter listades krav och önskemål som rör drönarhusets miljö. Det enda kravet här var att användaren och allmänheten ska ha möjlighet att se drönaren i dess hus. Detta då SSRS är en ideell förening och måste uppmuntra donationer. Önskemål att drönarhuset ska vara självförsörjande med hjälp av batteri framfördes av Fredrik Falkman från SSRS vid ett möte.

Storleken av huset var starkt styrt av tidigare arbeten, som exempelvis Design and mechatronic integration of a drone launcher (Valero Beltrá, D, 2018). Eftersom en prototyp av avfyrningsrampen redan finns, var drönarhuset tvunget att medge plats för detta. Att medge plats för en prototyp av drönaren var ett självklart krav. För att drönarstationens pelare ska kunna lyftas har ett viktkrav på 100 kg bestämt enligt Valero Beltrá, D (2018). Ett önskemål som SSRS framfördes var att huset skulle kunna förflyttas.

Krav och önskemål på drönarhusets möjlighet att tillverkas i flera exemplar framgick enligt Delfin et al., (2015). Detta är något som är mycket svårt att uppskatta och därför används kostnad av prototypen som verifieringsmetod.

Angående säkerheten specificerades två krav, skydda drönare från stöld utan verktyg och tålig mot viss skadegörelse. Det förstnämnda beslutades vid möte med ledningsgruppen på Infotiv och definierades på ett verifierbart sätt, samtidigt som det inte försvårade prototyp tillverkningen. Att drönarhuset ska vara tåligt mot viss skadegörelse var ett självklart krav, med tanke på hur dyr och viktig hela uppskjutningsstationen är.

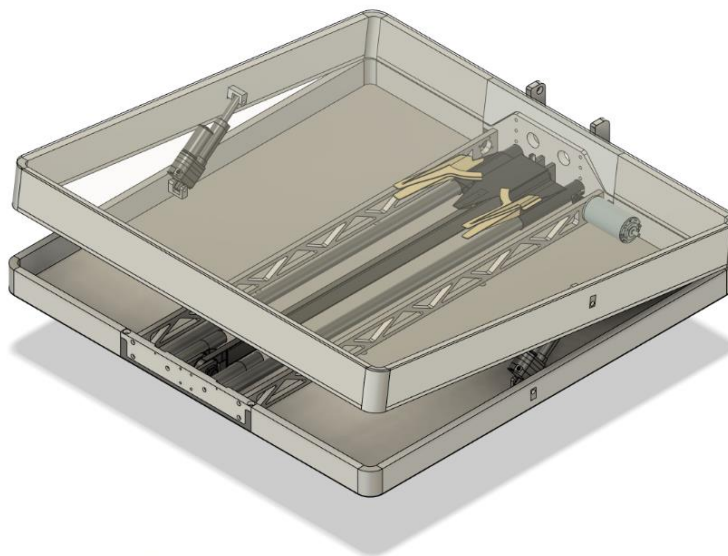
3.2 Detaljkonstruktion

I detta kapitel redovisas resultatet av detaljkonstruktionen. I den befintliga CAD-modellen fanns ett initialt förslag på en lyftanordning och sedan togs ett alternativ fram. Endast alternativet beskrivs här och det första förslaget går att läsa om i Bilaga B – Symmetrisk öppning. Valet styrdes med beräkningar och professionell hjälp.

3.2.1 Lyftanordning

Vid avfyrning behövs en lyftanordning för att lyfta drönarhusets övre del så drönaren har möjlighet att skjutas ur huset.

Efter analys av den symmetriska öppningsanordningen arbetades en alternativ fram. Vid nära diskussioner och möten med de som arbetat med CAD:en genererades öppningsanordningen som kom att kallas vinklad öppning. Denna skulle med hjälp av två linjära ställdon och gångjärn öppna drönarhuset längst fram, se Figur 3.1.

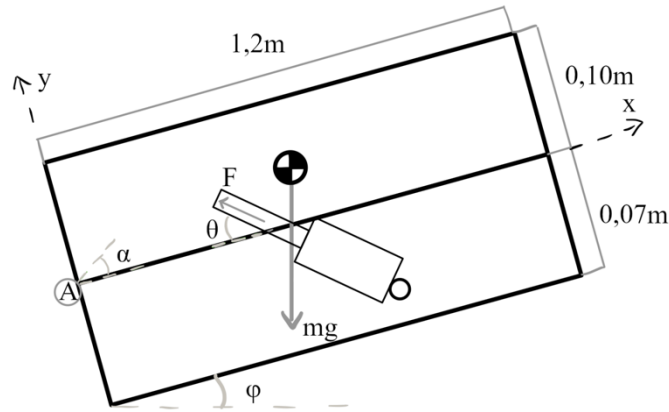


Figur 3.1: Isometrisk bild av drönarhuset vid vinkelöppning (Egen bild).

Här går det att se hur de två motorerna sitter placerade i mitten på drönarhusets sidprofiler. Detta för att få motorerna symmetriskt placerade och således estetiskt tilltalande. Ett försök att optimera motorinfästningsplaceringen gjordes, men utan framgång då det var för komplicerat.

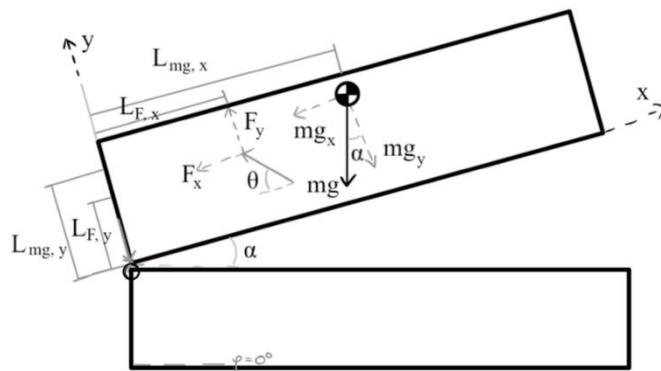
Genom en motorinfästning sitter motorerna ledade och roterar således samtidigt som de extruderar. Med den symmetriska placeringen och 50 mm slaglängd åstakommer motorerna en öppningsvinkel på 8° , vilket resulterar i en öppning vid fronten på 150 mm.

På grund av symmetri kunde förenklingar göras enligt kapitel 2.2.1 och detta resulterade i en friläggning där det illustreras hur hela drönarhuset och ekvationerna påverkas av avfyrningsvinkeln φ , enligt Figur 3.2 nedan.



Figur 3.2: Friläggning av hela drönarhuset vid vinkelöppning (Egen bild).

Eftersom de största krafterna uppstår vid en avfyrningsvinkel på 0° så infördes komponenter till kraften F och tyngkraften mg för den övre delen av drönarhuset. Därefter infördes hävstångslängder för dessa. Se Figur 3.3 nedan för friläggningen som ligger till grund för kommande jämviktsekvationer.



Figur 3.3: Friläggning av drönarhusets övre del vid vinkelöppning (Egen bild).

Statisk jämviktsekvation i y-led beräknades för att få ett uttryck av lagerkraften R_y som funktion av öppningsvinkel α och motorvinkel θ . Se ekvation (5) och (6).

$$F \cdot \sin(\theta) - mg \cdot \cos(\alpha) - R_y = 0 \quad (5)$$

$$R_y(\alpha, \theta) = F \cdot \sin(\theta) - mg \cdot \cos(\alpha) \quad (6)$$

Därefter gjordes liknande beräkningar för lagerkraften R_x , vilket ledde till ekvation (7) och (8).

$$-F \cdot \cos(\theta) - mg \cdot \sin(\alpha) + R_x = 0 \quad (7)$$

$$R_x(\alpha, \theta) = F \cdot \cos(\theta) + mg \cdot \sin(\alpha) \quad (8)$$

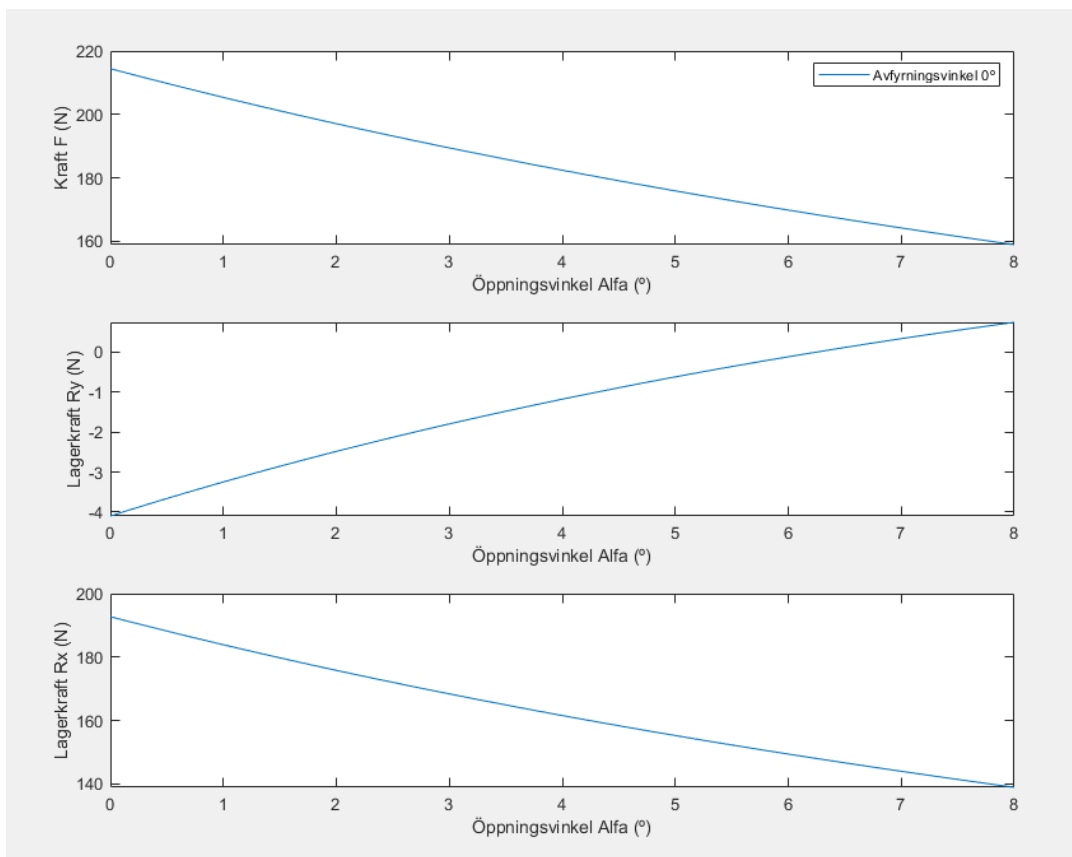
För att beräkna axiell kraft på motorn beräknades momentjämviktsekvationer kring punkten A, se Figur 3.3 ovan. Detta resulterade i ekvation (9).

$$-F \cdot \sin(\theta) \cdot L_{F,y} + F \cdot \cos(\theta) \cdot L_{F,x} - mg \cdot \cos(\alpha) \cdot L_{mg,y} + mg \cdot \sin(\alpha) = 0 \quad (9)$$

Denna ekvation resulterade i ett uttryck för motorns axiella kraft som funktion av öppningsvinkel α och motorvinkel θ , se ekvation (10).

$$F(\alpha, \theta) = \frac{mg(\cos(\alpha) \cdot L_{mg,x} - \sin(\alpha) \cdot L_{mg,y})}{\sin(\theta) \cdot L_{F,y} + \cos(\theta) \cdot L_{F,x}} \quad (10)$$

Dessa ekvationer fördes in i MatLab och ritades sedan upp enligt Figur 3.4. Se Bilaga C för MatLab-kod av vinkelöppning.



Figur 3.4: Graf av axiell motorkraft och lagerkrafter som beror på öppningsvinkel och motorvinkel.

Beräkning i MatLab gav följande maximala, dimensionerande, krafter:

- Axiell motorkraft, F var 214 N
- Axiell motorkraft vid vila, F_{vila} var -30 N
- Lagerkraft i y-led, R_y var -4 N
- Lagerkraft i x-led, R_x var 193 N

Detta ledde till mätbara krav på motorerna som sammanställdes och sedan användes vid eftersökning på internet, se Tabell 3.2.

Tabell 3.2: Krav för linjära ställdon.

Egenskap	Värde	Kommentar
Spänning	24 V DC	Underlättar styrning
Låskraft	30 N	Förhindrar öppning i viloläge
Axiell kraft	160 till 300 N	Beroende på avfyrnings- och motorvinkel
Temperaturintervall	0 till 50 °C	Fungerande under sommarmånaderna
Slaglängd	50 mm	Medger en öppning på 150 mm

Eftersökningen på internet resulterade i ett motoralternativ SKF Linear Actuator CAHB-10 på RS Components och flertalet olika på den kinesiska hemsidan Alibaba. På Alibaba kontaktades olika återförsäljare för att få tillgång till motorernas fullständiga specifikationer och CAD-modeller.

Efter en professionell konversation med återförsäljaren DailyMag tilldelades en CAD-modell och en offert. Kostnaden för ST-05-2-50-158-E-02-2-B-01 från DailyMag var 760 kr styck, och alltså 1520 kr för båda motorerna. Detta var den återförsäljare som gav bäst intryck, hade snabbast leveransalternativ och rimlig kostnad av de på Alibaba. Se Figur 3.5 nedan för bild på motorerna.

Motoralternativet CAHB-10 från RS Components kostade 3 163 kr, och alltså 6324 kr för två. Detta är mer än fyra gånger så mycket som motorerna från DailyMag trots att de båda har samma tekniska specifikationer.

Efter diskussioner under Exjobbs- och forskningsprojektsuppföljningsmöten med ledningsgruppen och projektansvarig från Sjöräddningssällskapet bestämdes att beställningen av motorerna skulle göras genom DailyMag. Detta på grund av den markanta prisskillnaden och det faktum att kraften som efterfrågas för att öppna luckan på drönarhuset är långt lägre än vad ställdonet maximalt kan klara av.

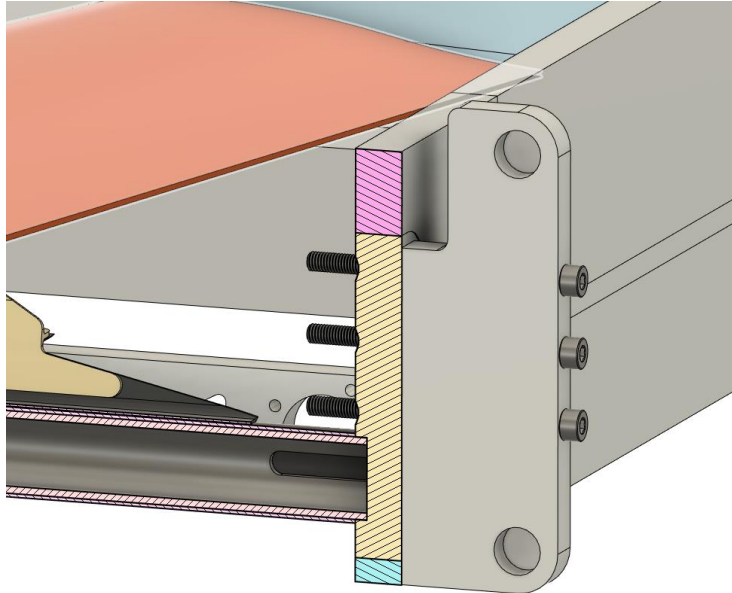


Figur 3.5: Isometrisk bild av ett linjärt ställdon från DailyMag.

3.2.2 Skruvgrupp

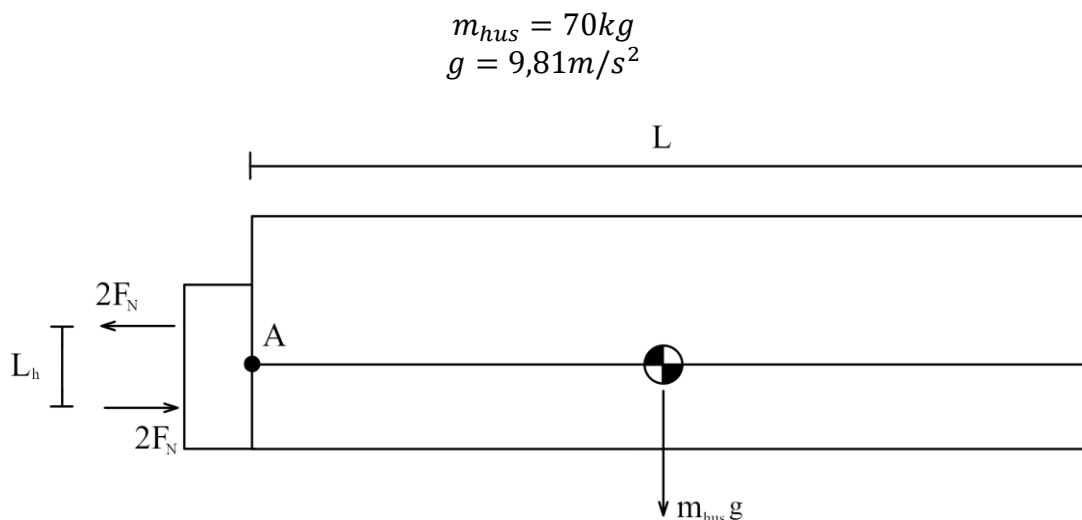
Osäkerheter dök upp kring infästningen av drönarhuset från tidigare arbete. I arbetet Design and mechatronic integration of a drone launcher tidigare gjort av Daniel Valero Beltrá, specificeras vikten som drönarehuset uppskattas vara till 100 kg. Det redovisas dock aldrig beräkningar i på att detta skulle hålla.

De två försänkta hålen i delarna Pitch Yoke är till för att montera två axlar som sedan sammankopplar drönarhuset mot stativet, se Figur 3.6.



Figur 3.6: Isometrisk bild av snitt i drönarhus för att förtydliga skruvgruppens positionering (Egen bild).

För att säkerställa drönarhusets infästning gjordes beräkningar på skruvgrupperna på de två delarna Pitch Yoke höger och vänster. Första steget var en friläggning av drönarhuset med F_N , m_{hus} , L och g . Se Figur 3.7.



Figur 3.7: Tvådimensionell friläggning av drönarhus med den totala massan, m_{hus} (Egen bild).

$$L = 1,2 m$$

$$L_h = 0,06m$$

En okänd kraft F_N . Momentjämvikt medurs kring punkten A används för att få fram den. Värt att nämna är att det är tre skruvar per sida enligt Figur 3.6, men endast översta och understa ligger i drag och tryck och således är skruvförbandet i mitten obelastat.

$$m_{hus} \cdot g \cdot \frac{L}{2} - 4F_N \cdot \frac{L_h}{2} = 0$$

$$70 \cdot 9,81 \cdot 0,6 - 4F_N \cdot 0,03 = 0$$

$$F_N = 3433,5 \dots \approx 3434N$$

För dimensionering av skruvgruppen behövs F_N omvandlas till skruvkraft F_S . Enligt Mägi, et al., (2013, s. 13) framförs en ekvation vars syfte är just detta. Se ekvation (11) nedan.

$$F_S = F_O + \frac{C_S}{C_S + C_K} \cdot F_N \quad (11)$$

C_S och C_K är styvheten i skruven respektive klämda delar och kan beräknas med ekvation (12) och (13) enligt nedan förklarar Mägi et al.: (2013).

$$C_S = \frac{A_S \cdot E_S}{L_S} = \frac{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot E_S}{L_S} = \frac{3,47 \cdot 10^{-5} \cdot 210 \cdot 10^9}{0,088} \approx 82,8 MN/m^2 \quad (12)$$

$$C_K = \frac{A_{ekv} \cdot E_K}{L_K} \quad (13)$$

För uträkningen av A_{ekv} finns tre olika fall av typ ekvivalent cylinder för klämda delar enligt VDI 2230. Fall A används i detta fallet, enligt ekvation (14).

$$\begin{aligned} A_{ekv} &= \frac{\pi}{4} (d_w^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} L_K \cdot d_w \left(\left(\left[\frac{L_K \cdot d_w}{(L_K + d_w)^2} \right]^{\frac{1}{3}} + 1 \right)^2 - 1 \right) \\ &= \frac{\pi}{4} (0,013^2 - 0,008^2) + \frac{\pi}{8} 0,088 \cdot 0,013 \left(\left(\left[\frac{0,088 \cdot 0,013}{(0,088 + 0,013)^2} \right]^{\frac{1}{3}} + 1 \right)^2 - 1 \right) \\ &\approx 0,62 \cdot 10^{-3} m^2 \quad (14) \end{aligned}$$

$$C_K = \frac{0,62 \cdot 10^{-3} \cdot 70 \cdot 10^9}{0,088} \approx 491 MN/m^2 \quad (15)$$

Förspänningskraften är 65-90% av skruvens sträckgräns skriver Mägi et al.: (2013). Skruvdata för skruven (M8-1,25x100 12,9) ger en sträckgräns på 34,3kN. Enligt diskussioner med Kjell Melkersson (2020) har han rekommenderat att använda 70%.

En skruvkraft kan nu beräknas enligt ekvation (16).

$$F_S = 34300 \cdot 0,7 + \frac{82,8 \cdot 10^6}{(82,8+491) \cdot 10^6} \cdot 3434 \approx 24\,505,5N \quad (16)$$

Spänningen som skruven utsätts för, som bland annat ligger till grund för dimensionering av skruvförband, och i detta fallet används för att säkerställa en rimlig säkerhetsmarginal, uttrycks enligt ekvation (17).

$$\sigma = \frac{F_S}{A_S} = \frac{24505,5}{3,47 \cdot 10^{-5}} \approx 700\,GPa \quad (17)$$

Sträckgränsen på skruven uttryckt i enheten Pascal går att få fram från hållfasthetsklassen på skruven. Skruven i detta fallet är av hållfasthetsklass 12.9. Det betyder att sträckgränsen är 90% av 1200 MPa. Säkerhetsmarginalen för skruven beskrivs då enligt ekvation (18) nedan.

$$\frac{\sigma_S}{\sigma} = \frac{1200 \cdot 10^6 \cdot 0,9}{0,7 \cdot 10^9} = 1,54 \quad (18)$$

Görs en väldigt konservativ beräkning av F_S kan kvoten $C_S C_K$ uttryckas som 100%, alltså 1. Då fås skruvkraften till 27 464 N vilket resulterar i en säkerhetsmarginal på 1,37. Med denna kunskapen går det att försäkra sig att den ekvivalenta arean i uträkningen av C_K är av tillräckligt god kvalitet för att använda vid beräkningen av säkerhetsmarginalen.

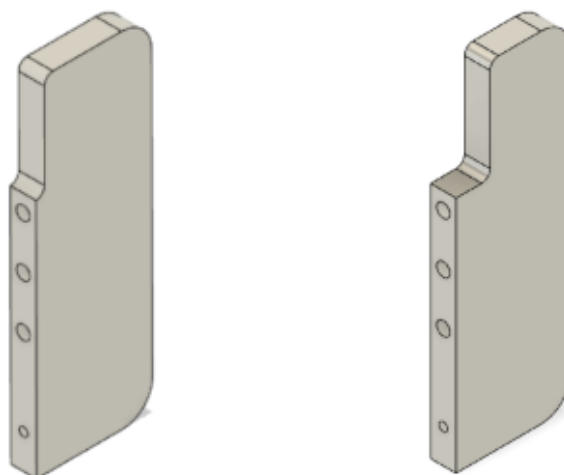
3.3 Prototyp

Prototypen gjordes enligt bestämmelse utifrån den modell som fanns tillgänglig från Sjöräddningssällskapet sedan tidigare. Denna modell skulle sedan förfinas och detaljkonstrueras med ingenjörskonst och beräkningar.

3.3.1 Modifikation av existerande prototyp

För att möjliggöra den nya öppningsanordningen, vinkelöppning, behövdes den befintliga delen pitch yoke förändras. Denna tillhör prototypen av uppskjutningsstationens pelare och fungerar som infästningspunkt av drönarhuset. Se kapitel 3.2.2 för beräkningar av skruvförbanden på just denna del.

Tidigare var det tänkt att drönarhuset skulle öppna locket vertikalt, men med den så kallade vinkelöppningen är detta inte möjligt. För att få efterfrågad öppning på 150 mm vid fronten krävs en öppningsvinkel på 8° och då behövdes 15 mm fräsas ner enligt Figur 3.8.



Figur 3.8: Modifikation av pitch yoke (Egen bild).

Genom att göra genomgående hål för skruvförbanden i delen pitch yoke ökades säkerheten i fästelementet. Tidigare var hålen gängade i aluminiumgodset vilket inte är att föredra av olika anledningar. Framför allt på grund av aluminiums låga sträckgräns och att huset är tänkt att kunna bli demonterat. Vid upprepade återmonteringar blir aluminiumgängorna påfrestade mycket, vilket kan resultera i slitage i form av plasticering vilket i värsta fall leder till deformerade gängor.

En del förändringar fick göras på ramen innan beställning på grund av ny modell av drönaren med nya dimensioner. Fyrkantsprofilernas dimensioner i modellen var inte tillräckligt stora för att husera den nya återgivningen av drönaren.

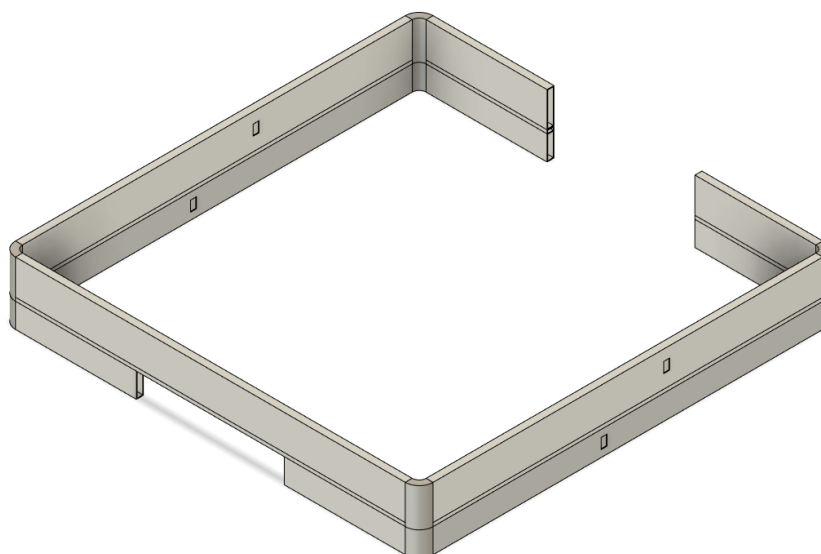
Monteringselement för den valda lyftmekanismen behövde fästas i ramen, så hål för fyra motorfästen behövdes fräsas ur.

Det flesta ändringar som behövde göras på modellen kommer ursprungligen från den nya öppningsanordningen. Exempel på detta är gångjärn som behövs för att medge en vinkelöppning, vilket ledde till att sex stycken hål per gångjärn behövde borraras i ramen.

3.3.2 Ram

Ramen som är fundamentet för prototypen var det första av prototypen som bearbetades. Enligt CAD-modellen består ramen av aluminiumfyrkantströr med olika dimensioner, runda hörn av aluminiumkuts och vattenskurna delar av olika dimensioner för att koppla samman alla komponenter. De vattenskurna delarna användes också för att montera avskjutningsmekanismen på och för att montera hela drönarhuset mot stativet. Detta val har med all säkerhet gjorts tidigare av SSRS för att de vattenskurna delarna är av solid 20 mm aluminiumplåt med större styvhet och bearbetbarhet än profilerna. Dessa delar och dess bearbetning beskrivs senare i kapitlet 3.3.2 Vattenskarvning och metallbearbetning.

Ramen delas in i två olika delar, övre och undre. Den övre delen har, bortsett från sin transparenta ovansida, även funktionen som lucka. Den undre delen, förutom att innesluta drönaren, sitter fast med avskjutningsanordningen och i sin tur även fast med resten av uppskjutningstationens pelare som tillverkats tidigare.



Figur 3.9: Isometrisk vy av både övre och undre del av ramen (Egen bild).

En beställning av aluminiumprofiler gjordes på företaget Alumeco enligt Tabell 3.3.

Tabell 3.3: Beställning av aluminiumprofiler.

Aluminium fyrkantsprofil 100x20x2 [mm]	6 [m]
Aluminium fyrkantsprofil 70x20x2 [mm]	6 [m]
Aluminium U-profil 20x10x10x2 [mm]	6 [m]

Dessa sågades till rätt längd enligt ritningar från CAD-modell och därefter var den enda bearbetningen som behövdes göras att fräsa ur hål för motorfästen. I Figur 3.10 blir det tydligt hur motorfästet sitter i fyrkantsprofilen efter bearbetning.



Figur 3.10: Urfräst hål i övre delens aluminiumprofil med monterat motorfäste (Egen bild).

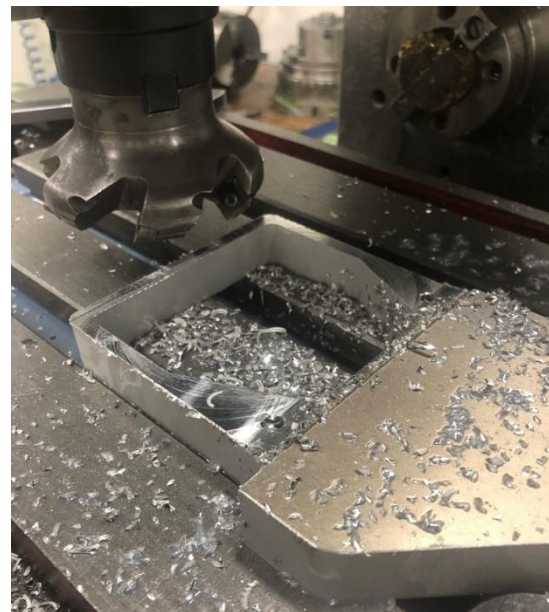
Vid bearbetning av hörnbitarna användes två olika svarvämnen i aluminium med passande yttre diameter. På både övre och undre hörnbitarna genomfördes invändig svarvning. Därefter användes ett rundmatningsbord på fräsen för att göra ett spår i det röret som skulle bilda hörnen för övre delen. Detta spår gjordes för att stämma överens med den U-profil som går längs med hela ramen på den övre delen, som ska ge plats för en gummilist för att undvika läckage. Slutligen sågades båda rörbitarna som skapats till fyra lika delar var och således var alla åtta hörn tillverkade.

3.3.3 Vattenskärning och metallbearbetning

Nästa steg i prototyp tillverkningen var att skapa detaljritningar för de delar som skulle skäras med hjälp av vatten. Det var totalt sju stycken delar, för ritningar se Bilaga A.4, A.5, A.6, A.13, A.14. Dessa delarna behövdes senare bearbejtas med planfräsning, borrning och gängning. Som tidigare nämnts används dessa delarna för att koppla ihop ramen från tidigare delkapitel med resterande delar av drönarhuset.

För att göra detta, planfrästes sidorna för att kunna föra över fyrkantsprofilerna över tjockplåten, se Bilaga A.5 och A.6. På så sätt har nu ramen kopplats samman med de vattenskurna delarna. De hål som sedan borrats och gängats används senare för att montera fast avskjutningsanordningen mot drönarhuset.

Den sista delen som behövde göras med metallbearbetning är fästena för motorerna. Motorerna är placerade på sidorna av ramen och sitter fast med hjälp av fästen fastsvetsade på både övre och undre del. Enligt kapitel 3.3.2 framförs att detta resulterar i att aluminiumprofilerna behöver metallbearbetas för att göra utrymme för fästena att sitta fast. Motorfästena skapades av aluminiumämne och frästes till fyra rätblock.



Figur 3.11: Planfräsning av vattenskuren detalj (Egen bild).



Figur 3.12: Från rätblock till motorfäste (Egen bild).

Dessa rätblock behövdes borrar och försänkas med pinnfärs för att husera axeln som håller fast motorn. Därefter användes spårfräsning som metod för att göra utrymmet där kolven och undre fästet på motorn skulle skjutas in.

3.3.4 Svetsning

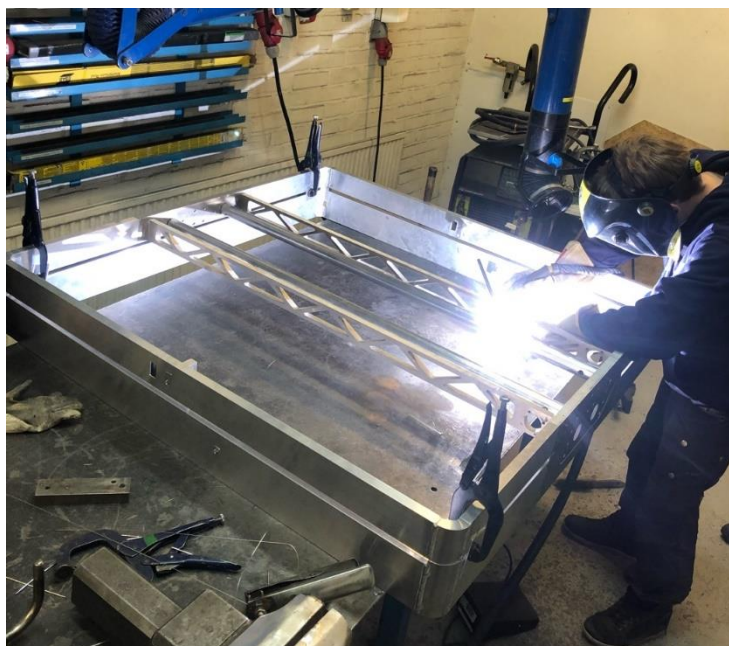
Allt som skulle svetsas på prototypen var av aluminium och således används AC-Tig för att sammanfoga hörnbitarna mot aluminiumprofilerna. Den övre respektive undre ramen svetsades enskilt och sedan svetsades motorfästena fast i tillhörande hål.



Figur 3.13: Svetsning av undre ram (Egen bild).

Hög ström fick användas för att få en bra smälta då hörnbitarna är av tjockt solid aluminium. Detta fick göras med försiktighet då profilerna var tunn. Risken är att svetsen springer iväg och att hål bildas i profilerna. Till slut lyckades både övre och undre delen av ramen svetsas ihop och resultatet blev godkänt.

Svetsarna på insidan av ramen svetsades sist när både övre och undre del kunde klämmas ihop. Detta bestämde gruppen sig för att göra för att minska risken för att ramen ska slå sig och att delarna ska ha en bra passform.



Figur 3.14: Svetsning av inre sidor (Egen bild).

3.3.5 Transparent skiva och täcklock

Fram och baksida av prototypen består av en polykarbonatskiva och aluminiumplåt. Den transparenta plasten ska fästas på ovansidan för att ge möjligheten att kunna se vad som finns inne i huset. Det är viktigt för Sjöräddningssällskapet att drönaren ska kunna ses av allmänheten, för att locka donationer.

En beställning från leverantören plastmästar'n i Göteborg gjordes med givna dimensioner utifrån CAD-modellen. Det som levererades från dem var en plastskiva med tjockleken 5 mm och dimensionerna 1200 x 1200 mm med avrundade hörn med radien 40 mm precis som ramen.

Undersidan som är av aluminiumplåt beställdes av Alumeco, precis som fyrkantsprofilerna. Det var en plåt med dimensionerna 1250 x 2500 mm som fick klippas till längd i en stor plåtsax. Även denna ska stämma överens med ramen och därför fick hörnen rundas av manuellt med bågfil och fil.

Tillslut monterades dessa två delar på ramens övre- och undersida med dubbelhäftande tejp. Efter detta var drönarhuset färdigtillverkat, se Figur 3.15 nedan.



Figur 3.15: Färdigt drönarhus monterat på pelare (Egen bild).

3.4 Test

I detta delkapitel redovisas resultat från de tre tester som skulle genomföras. Det första testet skedde i laborationsmiljö på Infotivs kontor i Göteborg. Det två andra testen utfördes inomhus på Långedrag i Göteborg hos Sjöräddningssällskapet.

3.4.1 Test 1

Första testet gick precis som planerat och visade att funktionaliteten på motorerna fungerade felfritt. Den hade inga problem med den last som övre lådan hade varken med att öppna eller stänga. Se Figur 3.16 för bild på drönarhuset vid detta test.



Figur 3.16: Motortest på mark i laborationsmiljö (Egen bild).

3.4.2 Test 2

För att göra andra testet behövde drönarhuset vara monterat mot stativet. Detta var första gången som prototypen monterades. Det var ett spännande ögonblick att se om de modeller som gruppen har tagit del av i början av projektet höll den precision som krävdes. Se Figur 3.17 nedan.



Figur 3.17: Drönarhus monterat på stativ i nedfällt läge med öppnad låda (Egen bild).

I Figur 3.17 går det att se hur test nummer två utfördes. Här är drönarhuset monterat mot stativet enligt testmetod. Efter att ha sett drönarhus och stativ röra sig med olika avfyrningsvinklar så gjordes bedömningen att skruvförbanden var tillräckligt starka enligt beräkningar tidigare i resultatkapitlet.

3.4.3 Test 3

Sista testet gjordes direkt efter test nummer två. Planen var att utföra en avfyrning med en attrapp-drönare då Sjöräddningssällskapet inte var färdiga med den verkliga versionen.

Följande steg görs vid en avfyrning:

1. Kolumnen i stativet höjer upp drönarhuset till en höjd på 1,2 m.
2. Drönarhuset lutar ner till en avfyrningsvinkel mellan 0–30°.
3. Luckan på drönarhuset öppnas.
4. Drönaren skjuts iväg.

Det enda av dessa steg som ingår i detta examensarbetet är den mekaniska öppningen av luckan. Denna funktion kunde verifieras redan i test nummer 1. När denna sekvens ovan skulle provas tillsammans med de andra examensgrupperna som varit inblandade i Sjöräddningssällskapetets drönarprojekt funkade tyvärr inte steg 4. Den examensgruppen som ansvarade för systemet (embedded system) fick tyvärr inte några variabler i deras kod att funka tillsammans med motorstyrning för avskjutningsmotorn och således kunde inte testet helt genomföras.

3.5 Koncept för framtida utveckling

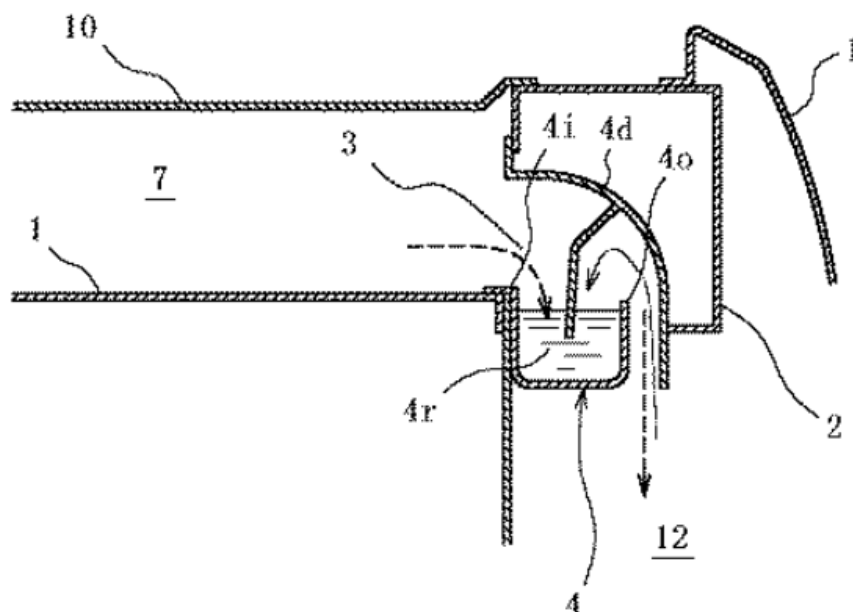
Detta kapitel avser att redovisa resultat från de metoder som använts vid konceptgenereringen för framtida utveckling. Först redovisas resultat från patentsökningen och brainstorming följt av skisser

i form av en konceptkatalog. Kapitlet avslutas sedan med elimineringsfasen som består av morfologisk- och Kesselringmatris.

3.5.1 Patentsökning

Vid patentsökningen försöktes redan befintliga lösningar på liknande problem hittas. Detta visade sig vara något som var väldigt svårt, men två patent hittades som skulle kunna fungera som ett startskott till brainstormingen.

Det första patentet heter DRAINAGE STRUCTURE OF AIR BOX (Japan Patentnr. JP2004359163A, 2005). Det handlar om att förhindra ljud och luft att passera in i en låda men samtidigt dränera vätska. Denna lösning var speciellt intressant på grund av den sortens slussning som har använts för att få vätskan att ta sig genom, se Figur 3.18.



Figur 3.18: Bild från patent DRAINAGE STRUCTURE OF AIR BOX (Japan Patentnr. JP2004359163A, 2005)..

Det andra intressanta patentet var Negative pressure drainage device som beskriver en dräneringsanordning med undertryck (Kina Patentnr. CN207545533U, 2017). Det består av en styrlåda som kontrollerar trycket i lådan som ska dräneras, se Figur 3.19.

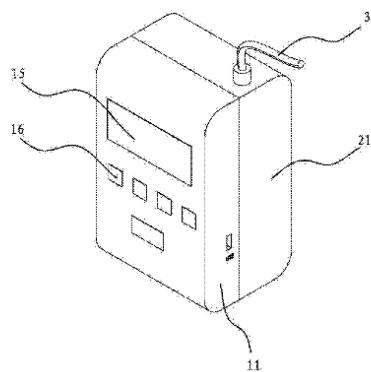


图1

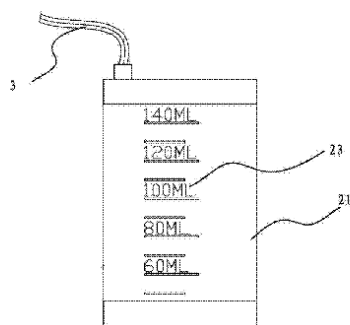


图2

Figur 3.19: Bild från patent Negative pressure drainage device (Kina Patentnr. CN207545533U, 2017).

Detta är något som skulle kunna användas i detta projekt för att förhindra smuts och insekter att ta sig in på grund av tryckskillnad.

3.5.2 Brainstorming

Efter patentsökningen påbörjades brainstormingen där olika ideér antecknades på en tankekarta, se Figur 3.20.



Figur 3.20: Tankekarta med ideér på dränring och ventilation från brainstorming (Egen bild).

Detta resulterade i olika ideér på lösningar som behandlar både dränering och ventilation. Främst låg fokus på dränering med tanke på att vätska kan äventyra hela drönarhusets funktion genom att exempelvis förstöra drönarens eller motorens batterier.

De huvudideér som denna metod ledde till var öppet hål, lucka, användning av glipa, avdunstning och förhindring av läckage. Därefter antecknades olika lösningar av dessa, där vissa skissades.

3.5.3 Morfologisk matris

Med hjälp av tankekartan från brainstormingen användes en morfologisk matris för att öka lösningsrymden, se Tabell 3.4.

Tabell 3.4: Morfologisk matris med färger som representerar olika lösningsalternativ

Delfunktioner	Dellösningar			
Förhindra läckage	Draperi	Tätning längs sidor		
Dräneringsalternativ	Konstant hål	Lucka	Använda glipa	Avdunstning
Positionering dränering	Bakre ram	Underplåt		

Denna består av huvudfunktionen förhindra läckage och två delfunktioner, dräneringsalternativ samt positionering av dränering. Denna matris ska i praktiken resultera i 16 lösningsalternativ, men på grund av olika orsaker eliminerades sex. Exempelvis är det inte möjligt att använda glipa vid positionering på underram, eftersom glipan finns vid den bakre ramen.

Resultatet blev 10 totallösningar som var en kombination av antingen draperi eller tätning längs sidor.

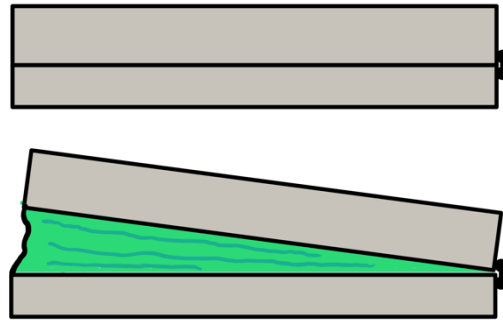
3.5.4 Konceptkatalog

För att förtydliga resultatet av den morfologiska matrisen skapades en konceptkatalog som redogör för vilka dellösningar som ingår i de 10 olika totallösningarna. Se Figur 3.21.

1. Draperi	Konstant hål	Bakre ram
2. Draperi	Konstant hål	Underplåt
3. Draperi	Lucka	Bakre ram
4. Draperi	Använda glipa	Bakre ram
5. Draperi	Avdunstning	Underplåt
6. Tätning längs sidor	Konstant hål	Bakre ram
7. Tätning längs sidor	Konstant hål	Underplåt
8. Tätning längs sidor	Lucka	Bakre ram
9. Tätning längs sidor	Använda glipa	Bakre ram
10. Tätning längs sidor	Avdunstning	Underplåt

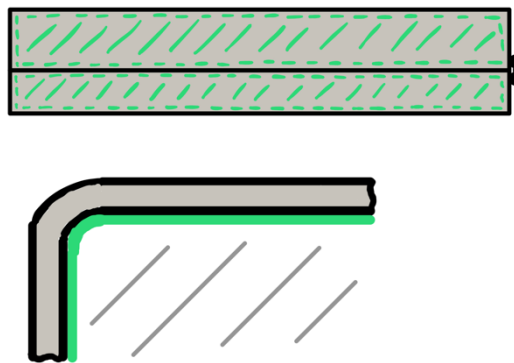
Figur 3.21: Konceptkatalog med 10 totallösningar (Egen bild).

Lösningarna med draperi som ska förhindra läckage bygger på att fast satt draperi på sidan av drönarhusets övre och undre ram. När drönarhuset öppnas med hjälp av motorena bildas en glipa och draperiet ska då förhindra läckage, se Figur 3.22.



Figur 3.22: Skiss av draperi, grön färg, vid öppning av drönarhuset.

Den andra lösningen på huvudfunktionen var tätning längs ramen och detta ska förhindra läckage, även i viloläget. Eftersom ramen består av olika sammansatta delar kan inte en helt tät ram garanteras och då skulle en inre tätning lösa detta problem, se Figur 3.23.

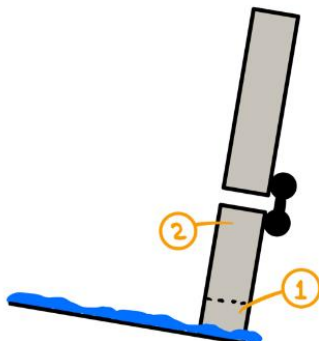


Figur 3.23: Skiss av tätning längs sidor, grön färg.

De två huvudlösningarna kombinerades sedan med olika dräneringsalternativ och bildade 10 totallösningar. Dessa beskrivs utförligt nedan.

Koncept 1

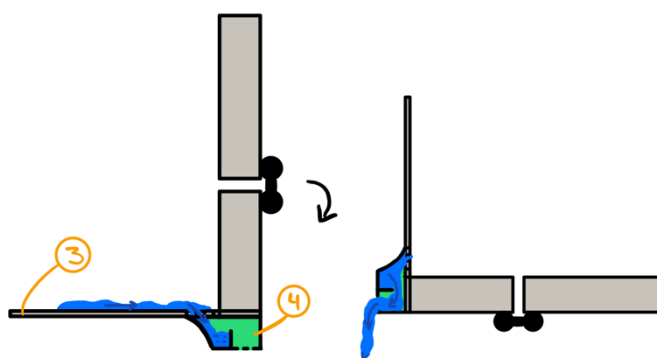
Det första konceptet består av draperi mellan ramernas sidor och konstant hål (1) i bakre nederramen (2), se Figur 3.24. Hålet medger passiv dränering och ventilation av drönarhuset på grund av hålets positionering. Problemet med detta koncept är att förhindra sabotage och att insekter kommer in eftersom hålet alltid är öppet.



Figur 3.24: Dränering och ventilation genom konstant hål.

Koncept 2

Detta koncept är i stort sett samma som koncept 1, men hålets positionering är i underplåten (3). Alltså en kombination med draperi och konstant hål (4) i underplåten, se Figur 3.25.

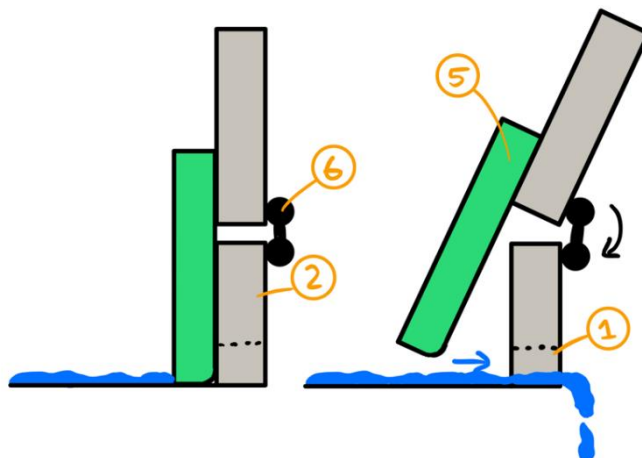


Figur 3.25: Dränering och ventilation genom underplåt.

Detta medger mycket bättre dränering vid avfyrning och det är då risken är som störst för läckage in i drönarhuset. Dock blir den passiva dräneringen sämre på grund av drönarhusets position. Slussningsfunktionen, som inspirerats från DRAINAGE STRUCTURE OF AIR BOX, förhindrar sabotage då det är svårare att ta sig hela vägen in till drönarhuset. Det förhindrar även visst ljud och luft att ta sig in.

Koncept 3

Koncept 3 består av draperi och lucka (5) för ett dränerings/ventilationshål (1) i bakre nederramen (2). Det ska finnas två luckor som öppnas med hjälp av vinkelöppningen enligt Figur 3.26.

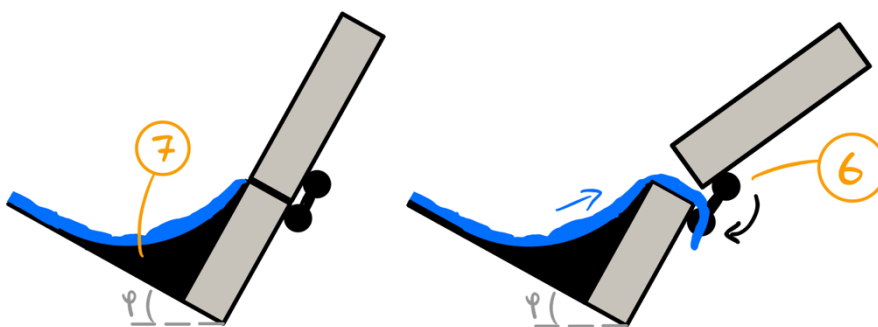


Figur 3.26: Lucka i bakre nederram (2) som öppnas samtidigt som drönarhuset roterar med gångjärn (6).

Eftersom hålen endast är öppna samtidigt som drönarhuset så medger detta endast dränering och ventilation vid avfyrning. Här är det svårt att sabotera eller komma in i drönarhuset och det blir även svårt för insekter att ta sig in.

Koncept 4

Detta koncept tar också vara på rotationen med hjälp av gångjärn (6) vid öppning av drönarhuset för att förhindra ett öppet hål i viloläge. Här används en ramp (7) för att förflytta vätska till glipan se Figur 3.27.

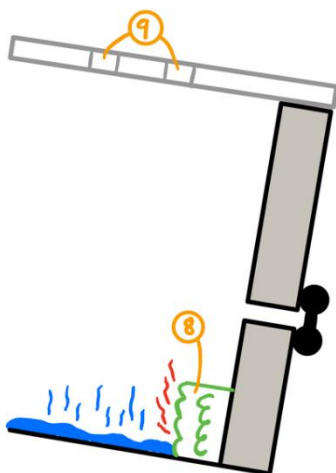


Figur 3.27: Dränering vid glipa med hjälp av ramp (7).

Även här är det bara möjligt för dränering vid avfyrning. Det kan även vara svårt för vätskan att ta sig upp för rampen vid en låg avfyrningsvinkel φ .

Koncept 5

Sista konceptet med draperi är med element (8) som ska avdunsta vätskan. Detta koncept behöver dock hål i övre delen av drönarhuset (9) för att dränera ångan, se Figur 3.28. Detta är något som blir svårt att realiseras för att förhindra läckage.



Figur 3.28: Dränering genom avdunstning.

De sista fem koncepten består av samma kombinationer som koncept 1 till 5. Skillnaden är endast draperi eller tätning längs sidor och därför beskrivs inte de sista koncepten ingående.

3.5.5 Elimineringssmatris

Första steget av elimineringstadiet var att infoga alla koncept från konceptkatalogen till en elimineringssmatris, se Tabell 3.5. Här blir det tydligt vilka koncept som exempelvis inte uppfyller kraven eller helt enkelt är för svåra att realisera av olika anledningar.

Tabell 3.5: Elimineringssmatris med olika kriterier, beslut och kommentarer.

Lösning	Löser huvudproblemet	Uppfyller krav	Inbrotts- och sabotagesäker	Rimlig komplexitet	Beslut	Kommentar
1	+	+	+	+	+	Enkel tillverkning
2	-	+	+	+	-	Svårt med dränering i viloläge
3	+	+	+	+	+	Dräneringsluckan kan öppnas mha vinkelöppning
4	+	+	+	+	+	Enkel tillämpning
5	+	+	+	-	-	Svårt och dyrt att realisera avdunstning
6	+	+	+	+	+	Måste integrera hål i tätning samt ram
7	-	+	+	+	-	Svårt med dränering i viloläge
8	+	+	+	+	+	Lucka och tätning, modulärt
9	+	+	+	+	+	Relativ enkel tillämpning, förutom tätningen
10	+	+	+	-	-	Svårt och dyrt att realisera avdunstning

Koncept 2, 5, 7 och 10 eliminerades i denna matris och det var på grund av kriterierna "löser huvudproblem" samt "rimlig komplexitet". De koncept som återstår var alltså nummer, 1, 3, 4, 6, 8 och 9.

3.5.6 Kesselringmatrix

Efter elimineringen av fyra koncept med hjälp av elimineringsmatrisen togs en Kesselringmatrix fram, se Tabell 3.6.

Tabell 3.6: Kesselringmatrix av 6 stycken återstående koncept.

CTH		Kesselringsmatrix															
Kriterium ↓	Koncept →	w	Ideal		1		3		4		6		8		9		
	v		t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t		
Tillverkningskostnad		2	5	10	4	8	3	6	5	10	3	6	2	4	4	8	
Enkel att tillämpa		4	5	20	4	16	3	12	5	20	3	12	2	8	5	20	
Medge dränering vid låg avfyrningsvinkel		5	5	25	5	25	4	20	1	5	5	25	4	20	1	5	
Inbrotts- och sabotagesäker		4	5	20	1	4	5	20	5	20	1	4	5	20	5	20	
Medge passiv dränering		4	5	20	4	16	3	12	1	4	5	20	4	16	2	8	
V = Σvi			25		18		18		17		17		17		17		
V/Videal			1		0,72		0,72		0,68		0,68		0,68		0,68		
T = Σti			95		69		70		59		67		68		61		
T/Tideal			1		0,726315789		0,736842105		0,621052632		0,705263158		0,715789474		0,642105263		
Rangordning			-		2		1		6		4		3		5		

Här jämfördes koncept 1, 3, 4, 6, 8 och 9 med ett idealt koncept.

De kriterium som lade grunden för matrisen var tillverkningskostnad, enkelhet att tillämpa, medge dränering vid låg avfyrningsvinkel, inbrotts- och sabotagesäker samt medge passiv dränering. Hur kriteriernas olika viktning bestämts beskrivs utförligt i metodkapitlet 2.5.5 Kesselringmatrix.

Detta resulterade i en rangordning av koncepten där koncept 3 vann, 1 kom tvåa och 8 trea. Värt att notera i denna matris är att resultaten är väldigt lika på grund av konceptens utformning. Koncepten är som tidigare nämnt olika kombinationer av dellösningar.

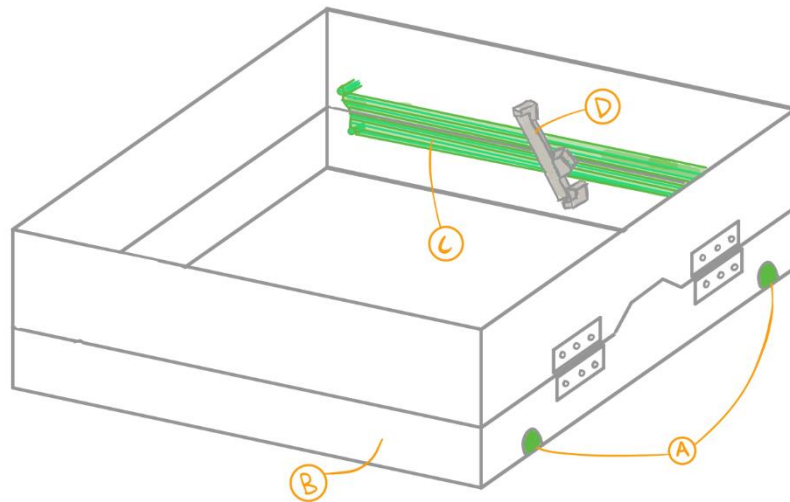
Koncept 3 hade värdering tre på tillverkningskostnad och enkel att tillämpa på grund av att det är rätt mycket som behövs tillverkas för en fullständig lösning. Dels måste två hål i nedre ramen göras för att släppa igenom vätskan, sedan måste två luckor tillverkas och sedan rundas av för att möjliggöra öppningen med hjälp av rotation. Uppskattningsvis kommer tillverkningskostnaden för detta koncept vara högre än exempelvis koncept 1 på grund av tillverkningstid snarare än materialkostnad.

På kriterierna medge dränering vid låg avfyrningsvinkel och inbrotts- och sabotagesäker värderades koncept 3 till fyra. Detta eftersom vattnet enkelt kan rinna ut längs underplåten och genom hålet i underramen vid lite större vinkel än 0°. Eftersom det inte går för just 0°, så fick den inte en femma. Luckorna gör att det inte är ett öppet hål in i drönarhuset och således är konceptet motståndskraftigt mot sabotage som att någon skulle stoppa in något i huset.

3.5.7 Slutgiltigt koncept

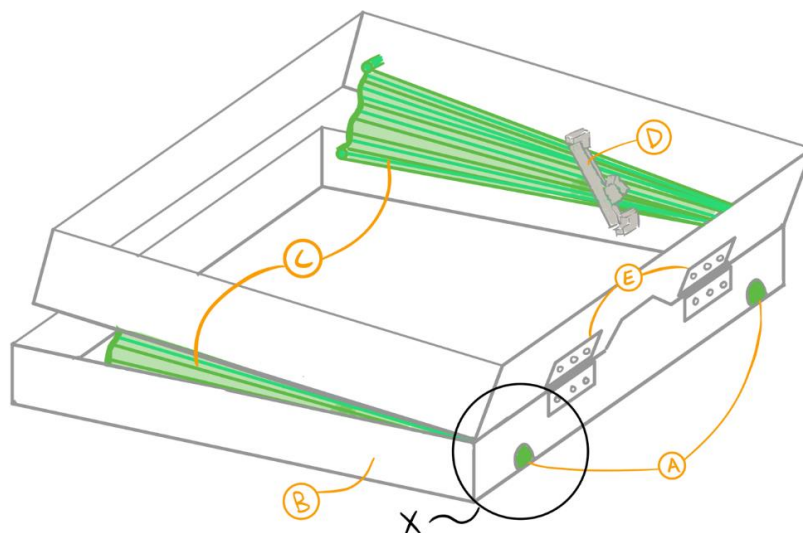
Det vinnande konceptet värderades bara med tre på medge passiv dränering, vilket beror på att drönarhuset måste öppnas för att dränera eventuell vätska.

En slutgiltig skiss av konceptet gjordes och ser ut enligt Figur 3.29. Här blir det tydligt med de två genomgående hålen (A) i underramen (B) och draperiet (C) som sitter placerat mellan ram och motor (D).



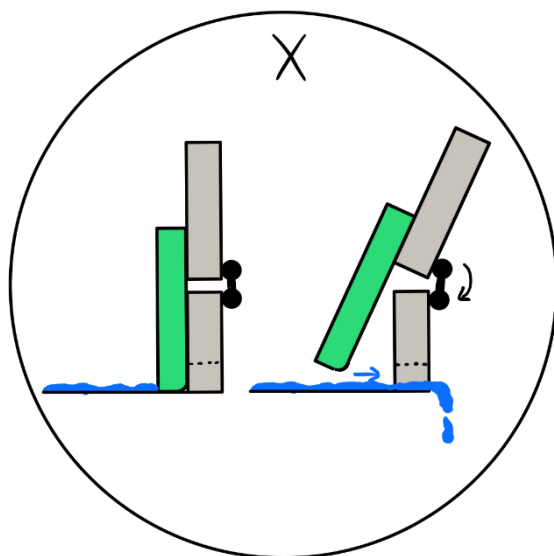
Figur 3.29: Skiss av koncept 3 vid stängt läge.

Vid öppning fungerar draperierna enligt Figur 3.30, där vinkelöppningen roterar kring gångjärnen (C). Här blir det tydligt hur draperierna (C) utvidgas enligt dragspelsprincip. Eftersom motorerna (D) utvidgas vid öppning medger detta att draperiernas bredd kan öka för att skydda glipan mot vätska.



Figur 3.30: Skiss av koncept 3 vid öppet läge.

Vid en närmare skiss av område X kan luckornas funktion tydliggöras, se Figur 3.31. Med hjälp av vinkelöppningen roterar luckorna med den övre ramen och bildar då ett mellanrum för vätska och luft att passera genom. Som tidigare nämt finns en avrundning på luckorna för att medge denna rörelse.



Figur 3.31: Skiss av luckor vid öppet läge.

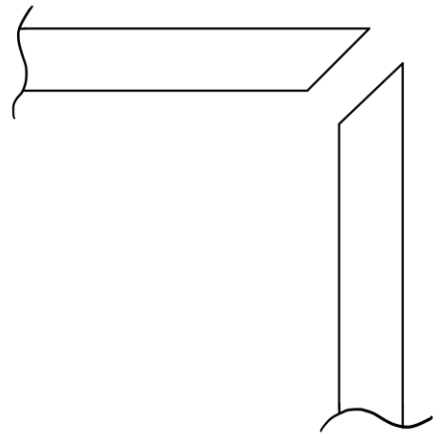
4.DISKUSSION

Detta kapitel används för att göra motivera, bedöma, och ifrågasätta projektets resultat.

4.1 Prototyp

För ett bättre resultat av drönarhuset skulle hela ramen ha svetsats i en styv rigg. Då skulle den bättre stå emot de påfrestningar som uppstår i materialet när ramen värms upp och kyls ner under de timmar som det tar att svetsa. Förhoppningsvis hade detta resulterat i en ram som är betydligt rakare och jämnare. Det fanns tyvärr ingen tid att göra detta och således slog sig ramen lite.

Designval som SSRS har gjort under processen med skapandet av CAD-modellen har mynnat ut i några problem på prototypen. Det största hindret gruppen har stött på är att ramen ska ha runda hörn. Precis som nämnt i delkapitlet om svetsning ställer detta designval höga krav på svetskvaliteten. Den höga värmen som behövs för att foga ihop dessa delar med helt olika tjocklekar gör också att ramen slår sig lättare. Hade istället en fyrkantig låda valts med hörnen sammanfogade enligt Figur 4.1 hade godset på de två delarna som ska sammanfogats varit identiska och ingen del skulle kräva mer värme än den andra.



Figur 4.1: Alternativt hörn (Egen bild).

Efter justeringar har gjort på utförandet av skruvförbandet som håller fast drönarhuset och efter att ha provat den under test nummer två känner gruppen stort förtroende för att denna metod håller. Däremot finns det lite frågetecken om detta är bästa metoden för fastsättning av drönarhuset mot stativet. Det krävs stor koncentration och minst två personer för att kunna montera fast den på stativet och även då måste stativet vara i sitt viloläge, alltså att drönarhuset pekar uppåt. Vid stativet i nerfällt läge skulle detta vara ännu svårare. En lösning på detta problemet hade varit att bygga de axlarna som nämns i början av kapitel 3.2.2 längre och genomgående i delen Pitch Yoke med gängade ändar som sedan fixeras axiellt med en mutter och bricka på varje sida likt en axel från en svingarm på en motorcykel.

Motorernas placering i huset var baserat på en idé av symmetri. Uppdragsgivare Fredrik Falkman gjorde hela den här modellen med en tanke av design före funktion. Därför fortsatte gruppen designen med de i åtanke och placerades motorerna i mitten av lådan. Motorns erforderliga slaglängd valdes efter det. För att få de två delarna, övre och undre-låda, att klämma till hårdare runt tätningen skulle motorerna med fördel placeras längre fram mot öppningen med en större slaglängd för att få en lika stor öppning.

4.2 Koncept

Frågeställningen som rör konceptgenereringen var, hur tillämpas dränering och stöldsdydd av behållaren? Detta är något som tydligt besvarats genom idégenerering och koncepteliminering. Det vinnande konceptet 3 ansågs vara det bästa vid diverse metroder. Som tidigare nämnt bygger denna på ett draperi vid sidorna för att förhindra läckage vid avfyrning och även hål i ramen, som med hjälp av luckor öppnas och stängs.

Vid eliminering har projektgruppen främst haft dränering i åtanke och inte ventilation. Detta är på grund av att vätska utgör det främsta hotet för funktionaliteten av drönarhusets motorer samt drönaren. Om mer tid fanns tillgängligt hade eventuellt dessa funktioner delats upp i två olika konceptgenereringar för optimalt resultat.

Resultatet av konceptgenereringen kunde eventuellt påverkats genom att vid idégenereringen vara fler än en person. Detta var ett aktivt val där den andra projektmedlemmen arbetade på prototypen. Genom att vara fler vid exempelvis brainstormingen hade lösningsrymden ökat och tillsammans kunnat jobba vidare på varandras idéer. Trots detta togs ett i teorin ett fungerande koncept fram som enligt Kesselringmatrisen möter de uppsatta kriterierna bäst.

Att använda tillverkningskostnad i Kesselringmatrisen är diskuterbart, då det inte alltid behöver vara något negativt med hög kostnad om exempelvis kvalitén är mycket bra. Det hade eventuellt inte behövt vara med i matrisen men eftersom SSRS är en ideell förening med begränsad ekonomi så ansågs det trots allt vara ett rimligt kriterium.

Generellt anses metoderna under konceptgenereringen vara relevanta för resultatet. De som eventuellt kunde utelämnats var patentsökningen samt elimineringsmatrisen. Patentsökningen var inte avgörande för idégenereringen, men kan dock undermedvetet bidragit till slusslösningen av koncept 2 och 7. Elimineringsmatrisen bidrog endast till eliminering av koncepten med avdunstning som dräneringslösning. Om denna metod inte använts hade förmodligen resultatet blivit detsamma då avdunstningskoncepten hade fått låga poäng i Kesselringmatrisen vid kriterierna enkel att tillämpa och tillverkningskostnad.

Metoderna anses även ha använts i rätt och logisk ordning för ett så bra resultat som möjligt. Det finns dock alltid förbättringspotential. Exempelvis hade fler metoder kunnat användas vid eliminering, som pughmatrisen. Här jämförs koncepten med varandra med krav och önskemål från kravspecifikationen som kriterier. Därefter ges en bedömning hur bra de olika koncepten uppfyller kriterierna i förhållande till ett referenskoncept. Detta hade eventuellt gett ett alternativt resultat till Kesselringmatrisen.

Värt att nämna är även att eftersom koncepten av dränering och ventilation inte kommer appliceras på prototypen så är alla koncept intressanta för uppdragsgivaren. Med hjälp av konceptkatalogen kan då SSRS göra sin egen uppfattning om vilket som passar bäst.

5.SLUTSATSER OCH REKOMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE

Rapportens sista kapitel redogör gruppens erfarenheter och slutsatser samt verifiering av frågeställningar.

5.1 Verifiering av frågeställningar

Nedan verifieras varje frågeställning som sattes upp i början av projektet.

- Hur utformas och dimensioneras förbanden för att säkerställa drönarhusets infästning?
Förband ska utformas utifrån förnuft och funderingar med underlag av beräkningar från en bra källa. I detta projektet hade gruppen turen att kunna hålla diskussioner med någon så inbiten i problemen som skulle lösas. Med Kjell Melkerssons hjälp tillsammans med den kurslitteratur är drönarhusets infästning säkerställd.
- Hur ska en prototyp tillverkas för att genomföra en provskjutning?
Prototypen som har byggts har en god funktionalitet och fungerar utmärkt till att prova uppskjutningar och testa det interna systemet tillsammans med de alla motorer som verkar tillsammans på detta drönarprojekt. För att följa den väg ordningsgång som gruppen har valt att bygga läs kapitel 2.3 och 3.3.
- Vad resulterade test av funktionerna i?
Testerna som genomfördes visade på att den detaljkonstruktion som har genomförts tillsammans med den prototyp som byggts är korrekt gjorda och att alla funktioner funkade precis som tänkt.
- Hur tillämpas dränering och stöldskydd av behållaren?
Det koncept som gruppen har tagit fram har stora möjligheter att förbättra drönarhuset efter en detaljkonstruktion. Vad som är viktigt att tänka på vid detaljkonstruktionen nämns i kapitel 5.2 nedan.

5.2 Rekommendation till fortsatt arbete

Rekommendationerna gruppen har för framtiden är kopplat till det som lyfts fram i diskussionen. Detta är problem och detaljer som har vuxit fram allt eftersom bygget fortgick. Om dessa problem tas i tur med i nästa version av Sjöräddningssällskapet drönarhus tillsammans med de koncept som gruppen har tagit fram för dränering kommer det resultera i en allt mer stabil och funktionell låda.

- Fundera på om designen i helhet måste vara precis som den är eller om de finns utrymme för er att ändra. Det kanske kommer mynna ut i ett mindre estetiskt tilltalande drönarhus, men gruppen anser att det häftiga i detta projektet är att drönaren faktiskt flyger ut och hjälper Sjöräddningssällskapet på plats. Med de sagt menas att folk kommer vilja donera mot detta projekt även om utseendet är lite enklare. Det kommer göra drönarhuset blir betydligt enklare, både i antal delar men även bygget av den.

- Fundera på om det kan fungera att ha motorerna längre fram. Den axiella kraften som krävs av motorerna kommer vara högre och masscentrum kommer flytta sig lite utåt med motorerna med längre slaglängd. Men här kommer stängningen kännas mer redigen.
- Detaljkonstruktion av koncept där dimensioner och material bestäms. Vid val av det vinnande konceptet 3 är det viktigt med dimensionering för att säkerställa att draperiet inte påverkar motorernas rotation. Hur draperiets dragspelsfunktion ska fungera måste även arbeta vidare på.
- Test av koncepten är viktigt att genomföra innan applikation på prototyp för att säkerställa att de fungerar. Exempelvis skulle en 3D-printad miniatyrmodell av drönarhuset göras och sedan utsätta det för vätska.
- För att uppfylla krav att producera dessa drönarstationer i tiotal så är det viktigt att fundera på tillverkningsmetod och materialval. Detta var något gruppen avgränsade sig från då endast en prototyp skulle tillverkas.

REFERENSER

Boothroyd, G., Knight A.W. (1989) Fundamentals of machining and machine tools (2:a upplagan). Kingston, Rhode Island: Marcel Dekker, Inc.

Delfin, O., Nathorst-Westfelt, A., Riedel, L., Svalander, F., Waller, T. (2015). Utveckling av avfyringshus för drönare (Examensarbete, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för produkt- och produktionsutveckling). Hämtad från <https://hdl.handle.net/20.500.12380/221163>

ESAB. (2020). TIG (Tungsten Inert Gas) svetsning. Hämtad 2020-04-28 från <https://www.esab.se/se/se/education/blog/tig-svetsning.cfm>

Johannesson, H., Persson, J.-G. & Pettersson, D. (2013). Produktutveckling: effektiva metoder för konstruktion och design, Stockholm: Liber.

Melkersson, K. (2020) Privat kommunikation, Chalmers Tekniska Högskola, 2020-02-21.

Mägi, M. Melkersson, K. Evertsson, M. (2017) Lärobok i maskinelement (2:a upplagan). Göteborg: Ecodev international AB

Sjöräddningssällskapet. (2020). Vår historia. Hämtad 2020-01-29 från <https://www.sjoraddning.se/om-oss/var-historia>

Valero Beltrá, D., (2018). Design and mechatronic integration of a drone launcher, (Examensarbete, Chalmers University of Technology, Systems, Control and Mechatronics). Hämtad från <https://hdl.handle.net/20.500.12380/256061>

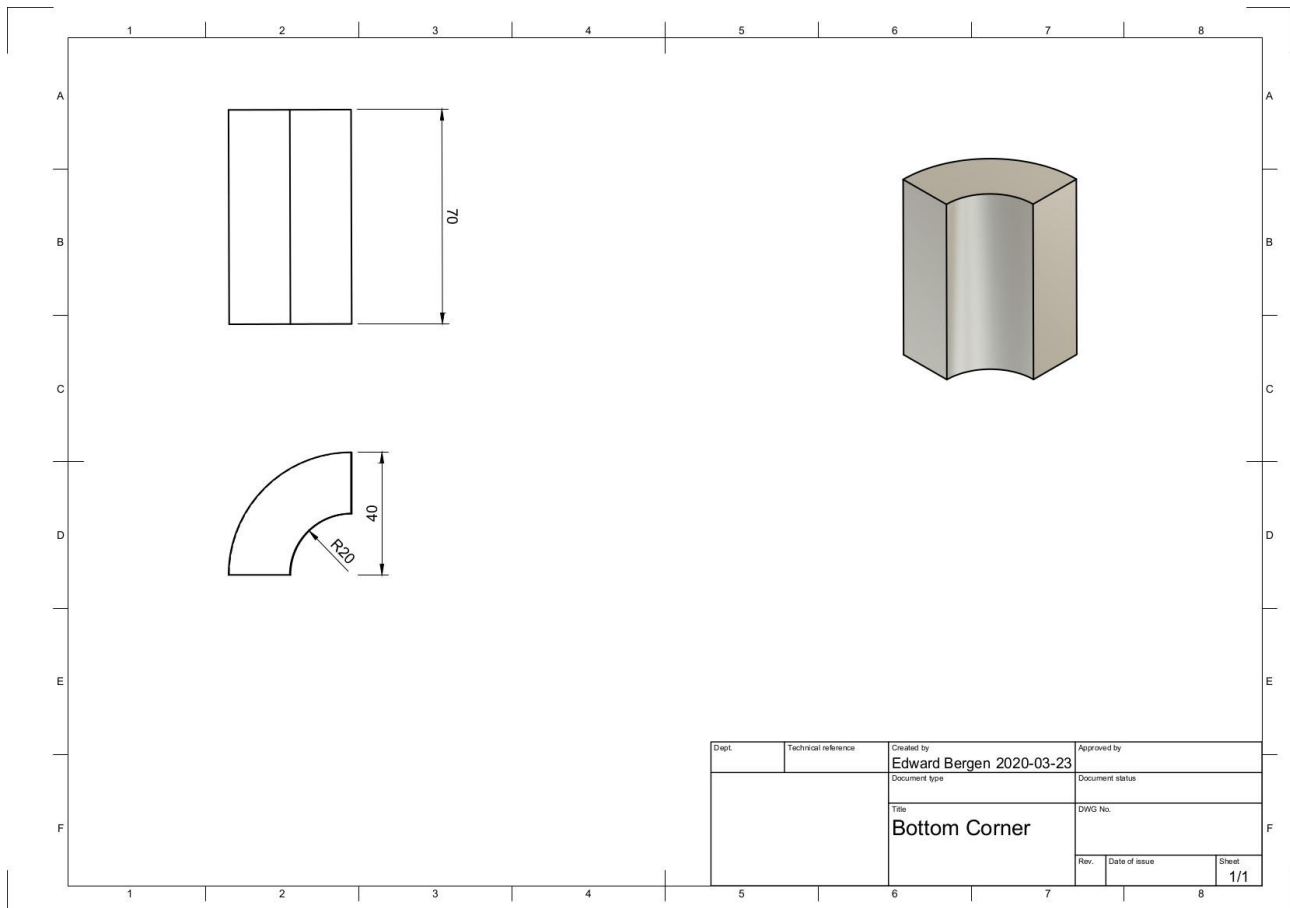
Water Jet Sweden. (2020). Lär dig mer om vattenskärning. Hämtad 2020-04-28 från <https://www.waterjetsweden.com/sv/om-vattenskarning>

CHE H., LI Z., LU J. (2017). Negative pressure drainage device (Kina Patentnr. CN207545533U). <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN207545533U>

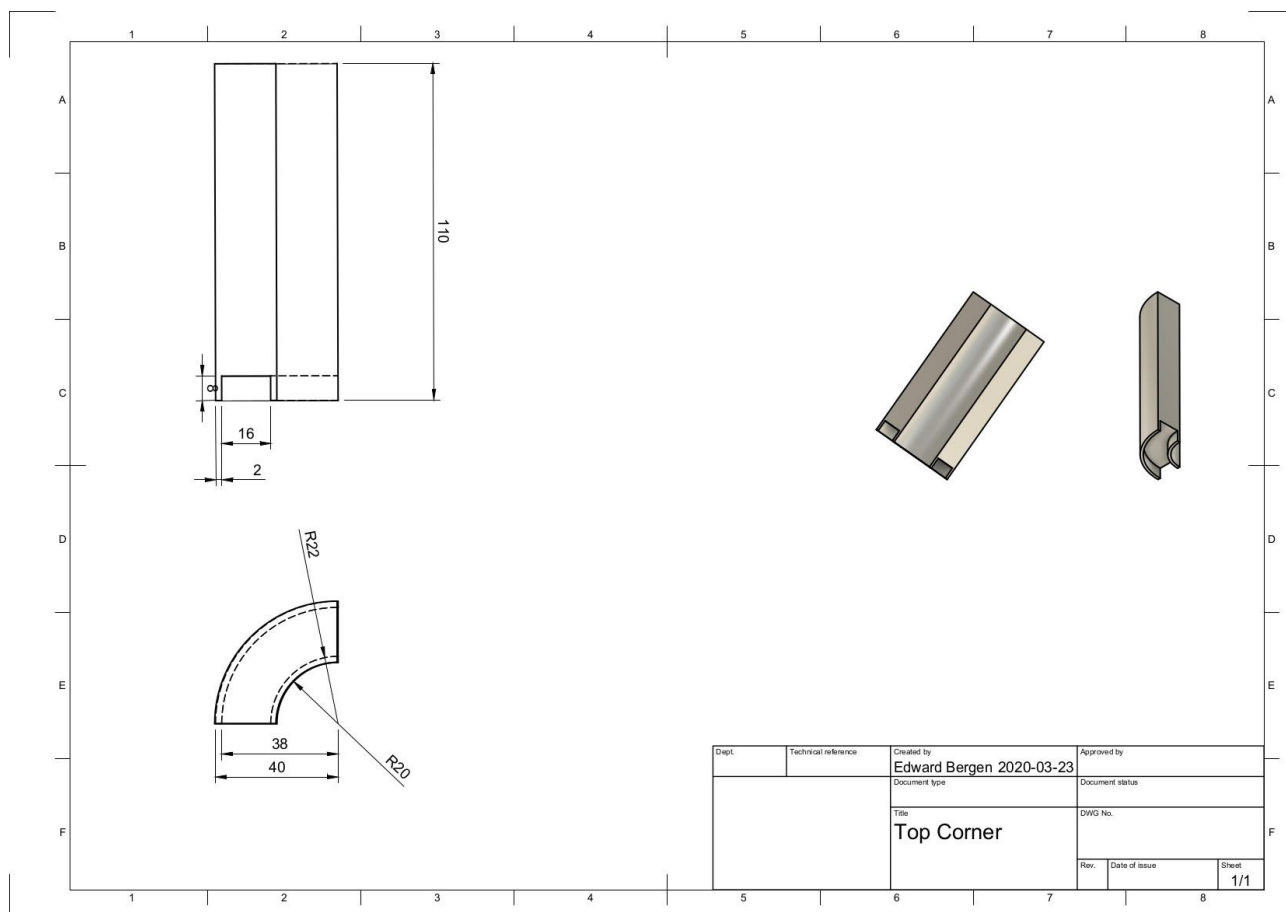
ICHIKAWA K., MIYASHITA K., YAMAMOTO, N. (2005). DRAINAGE STRUCTURE OF AIR BOX (Japan Patentnr. JP2004359163A). <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DJP2004359163A>

BILAGOR

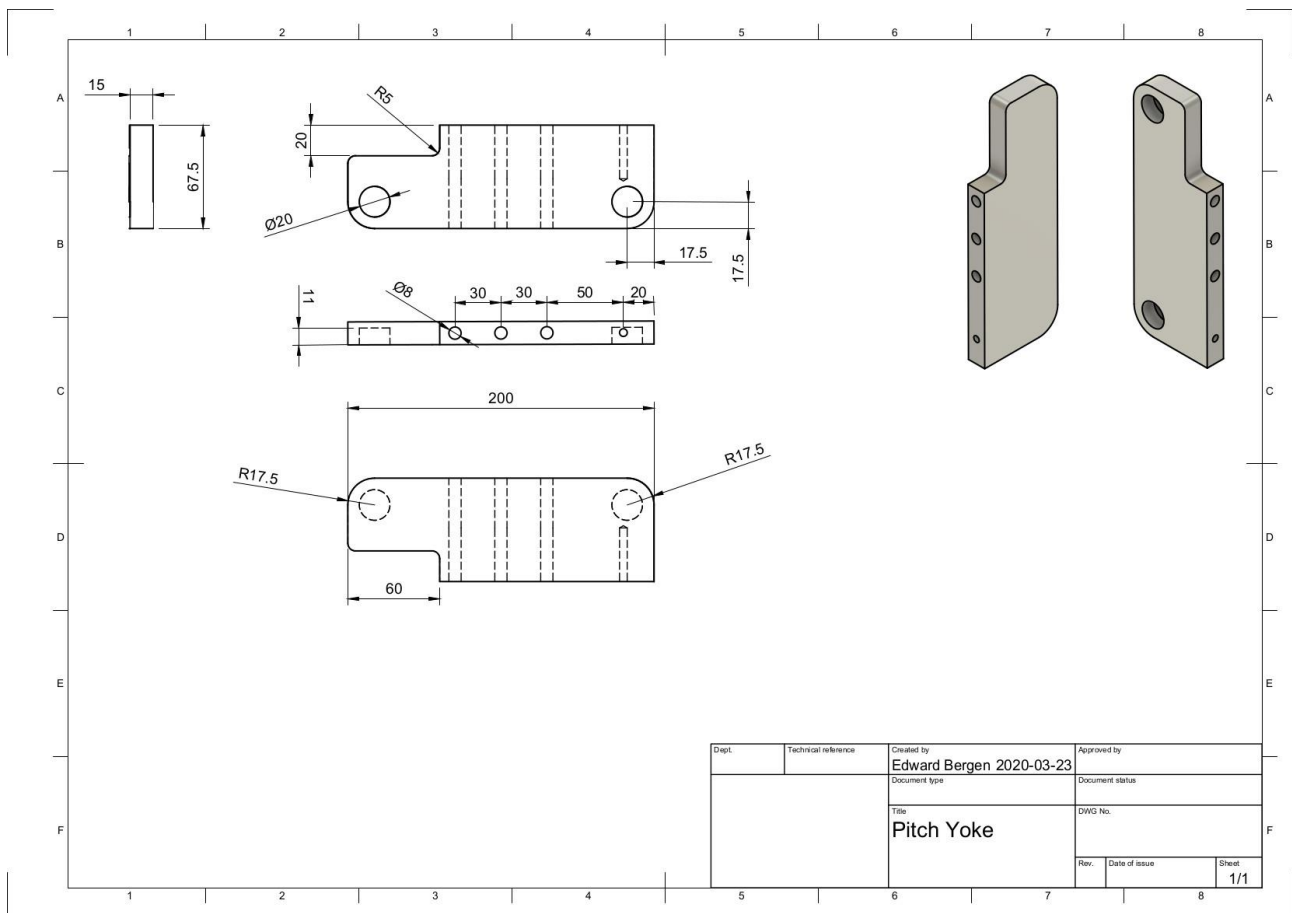
Bilaga A – Detaljritningar



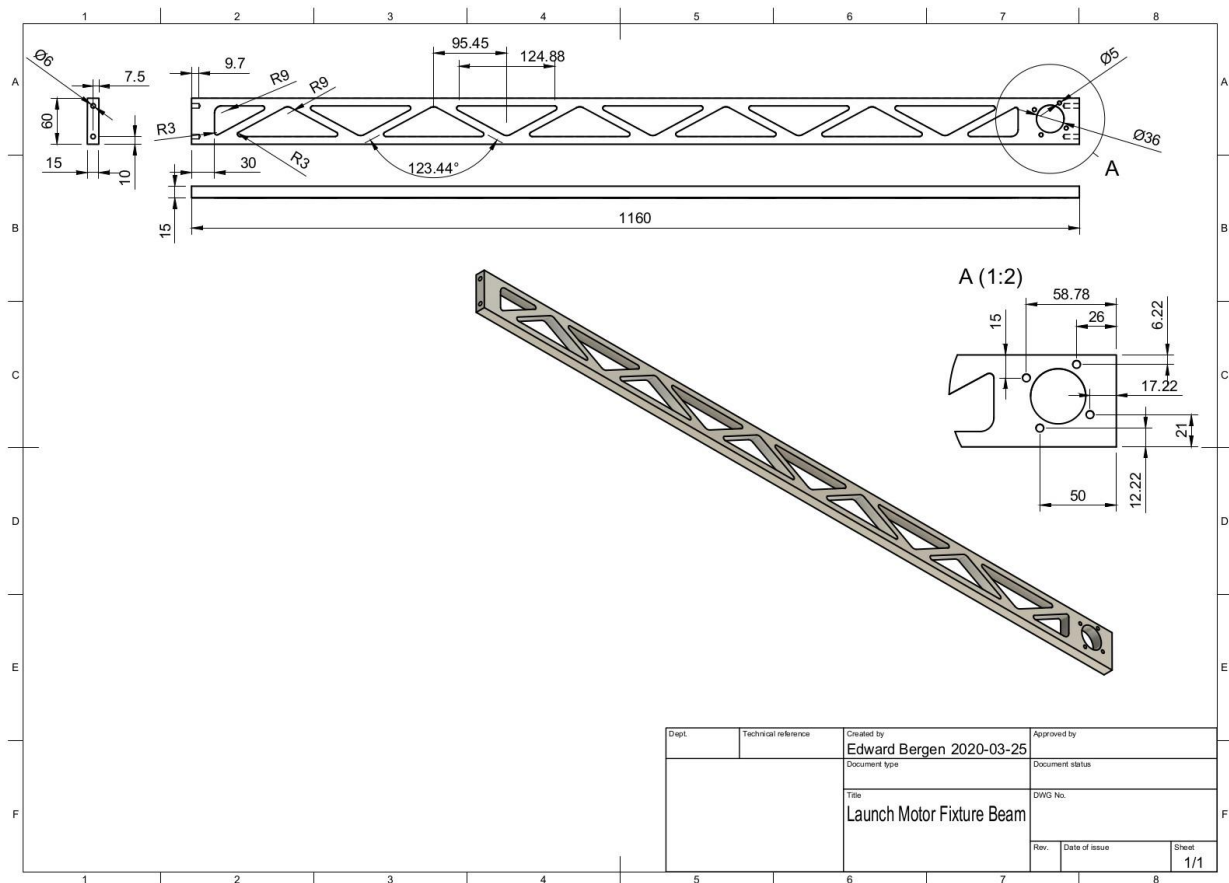
Figur A.1: Bottom Corner (Egen bild).



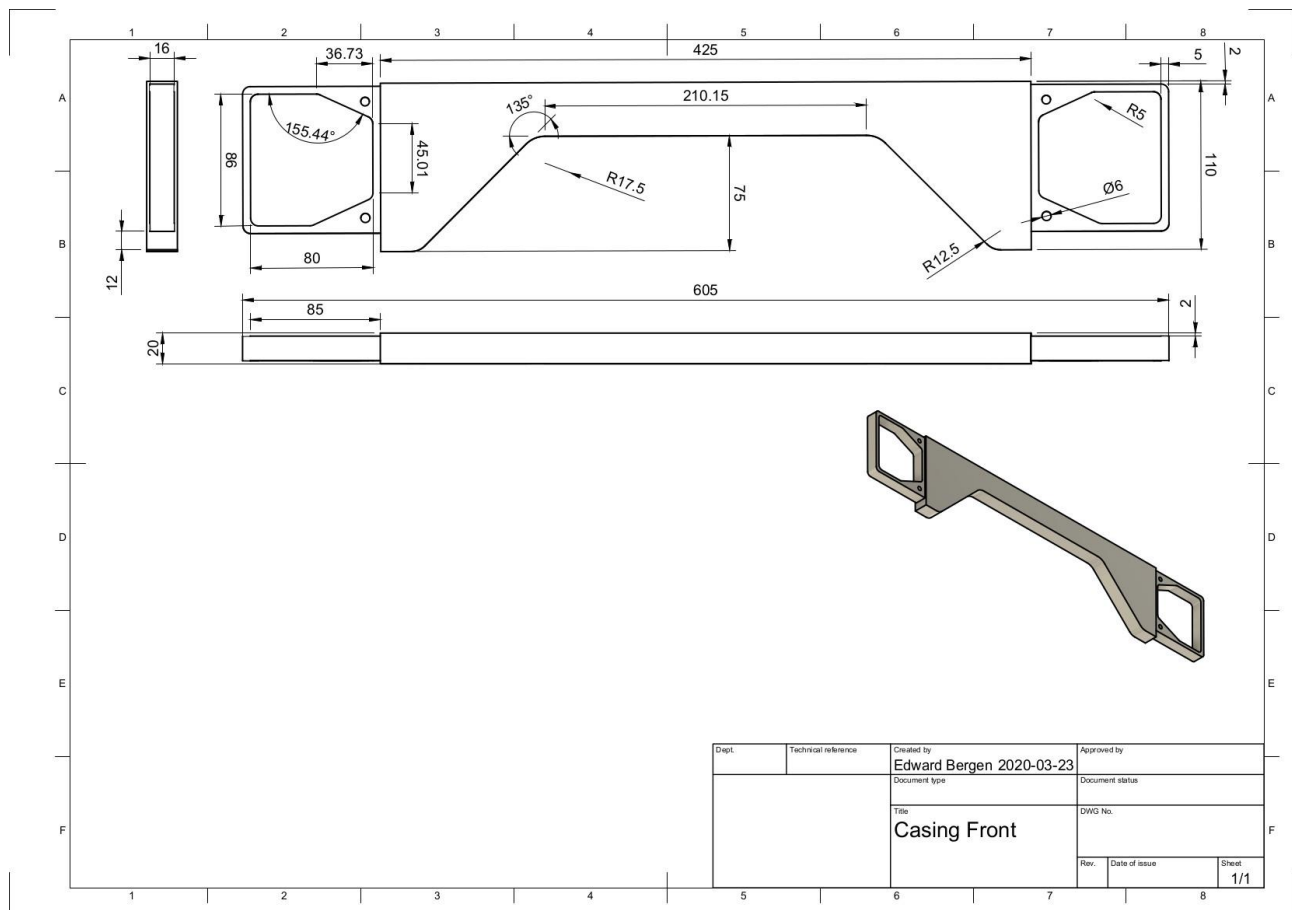
Figur A.2: Top Corner (Egen bild).



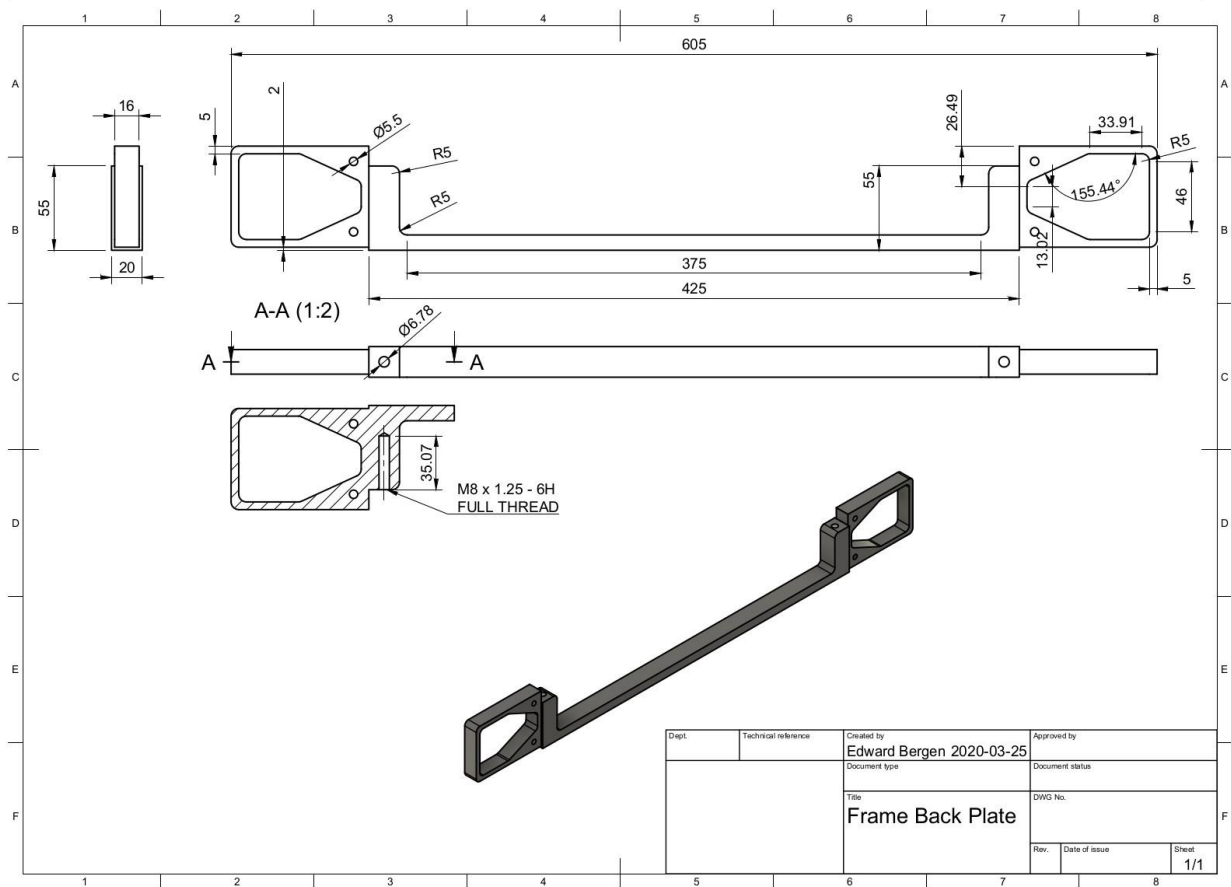
Figur A.3: Pitch Yoke (Egen bild).



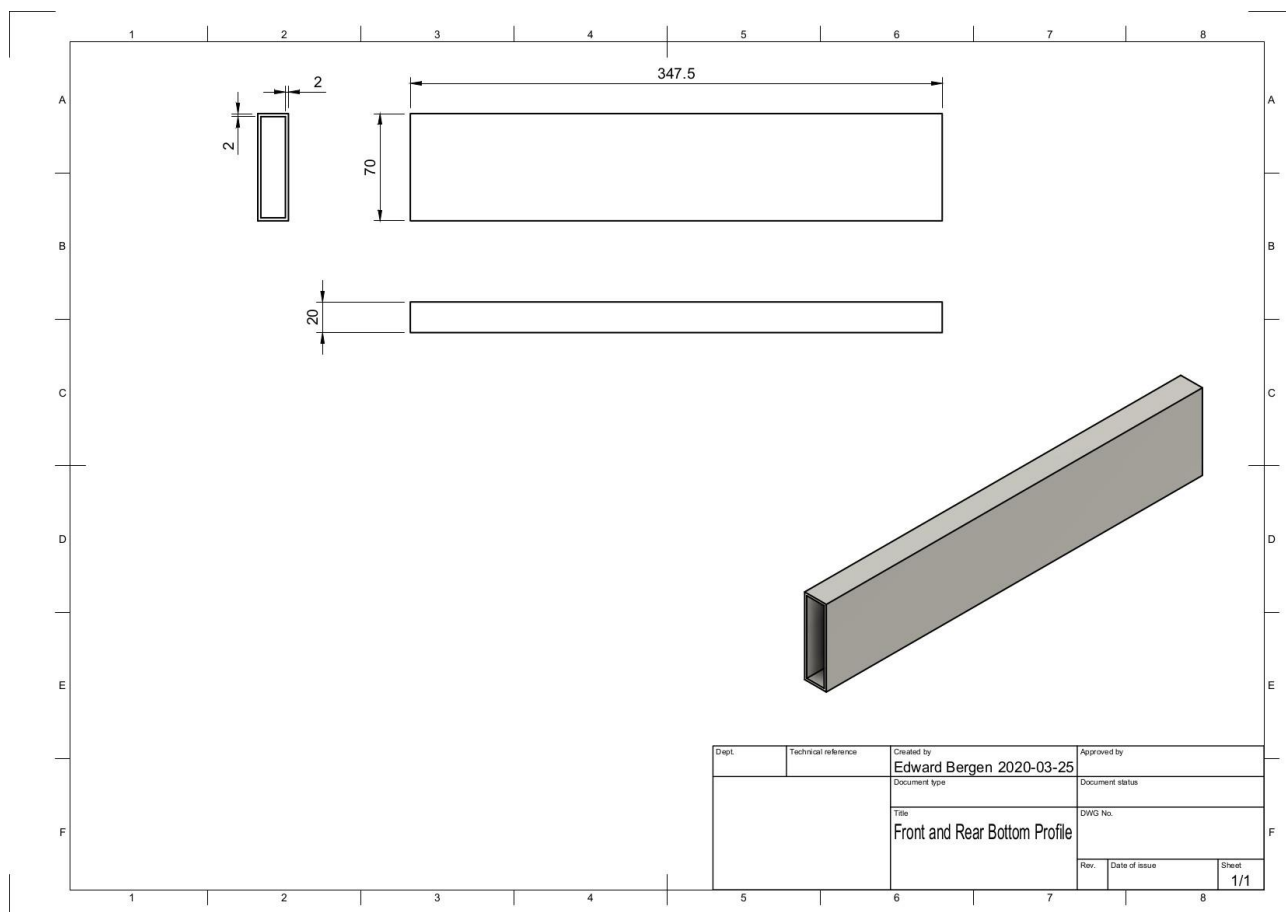
Figur A.4: Launch Motor Fixture Beam (Egen bild).



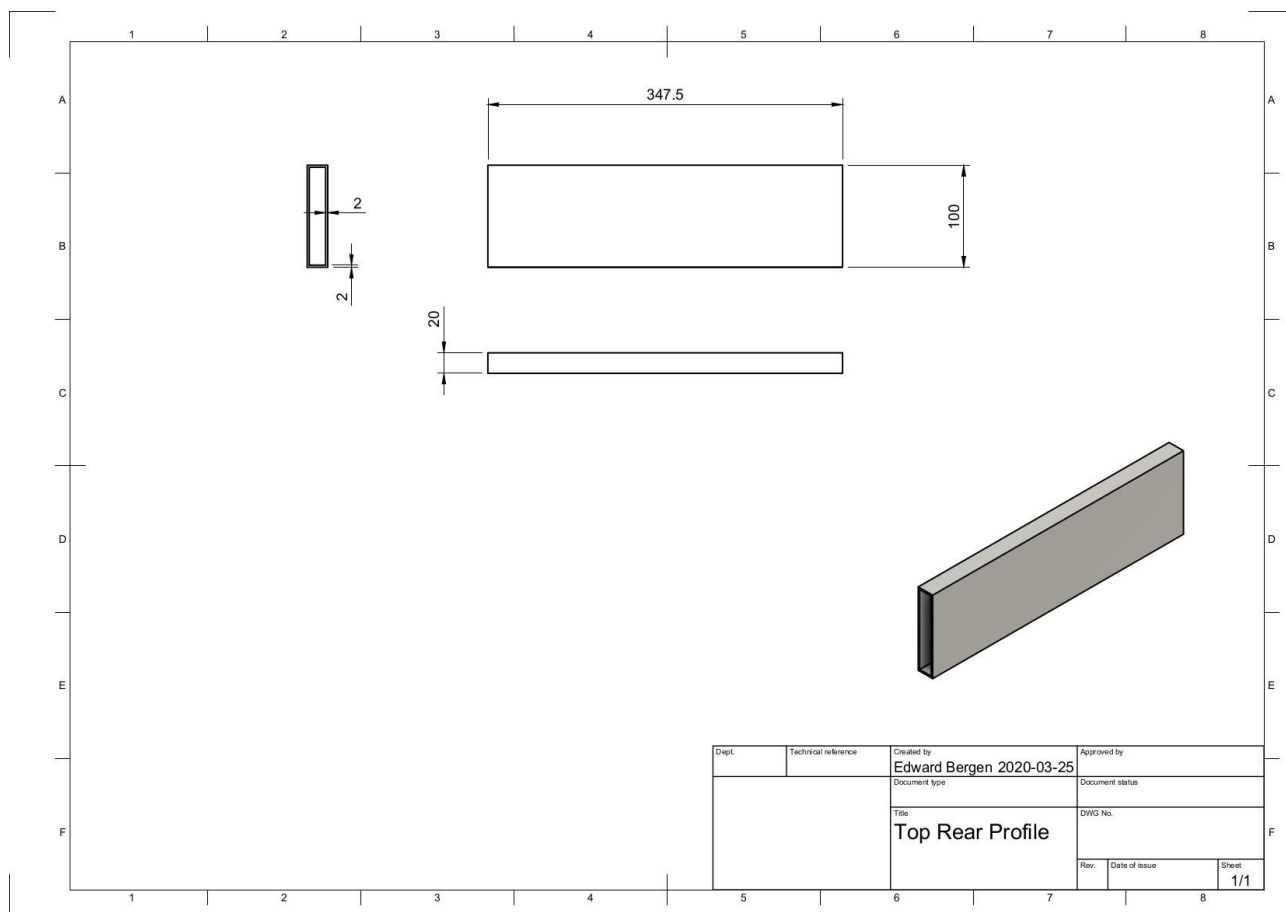
Figur A.5: Casing Front (Egen bild).



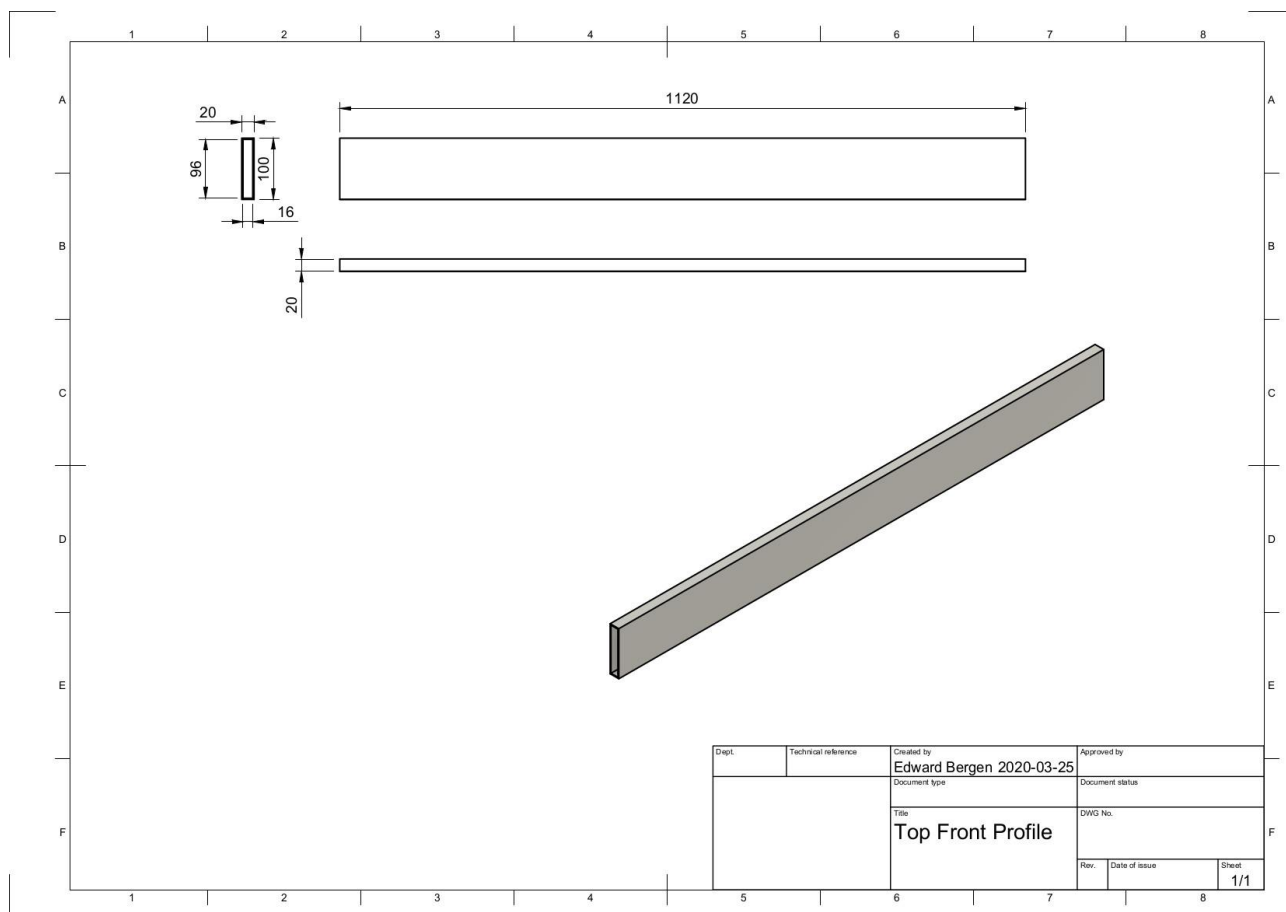
Figur A.6: Frame Back Plate (Egen bild).



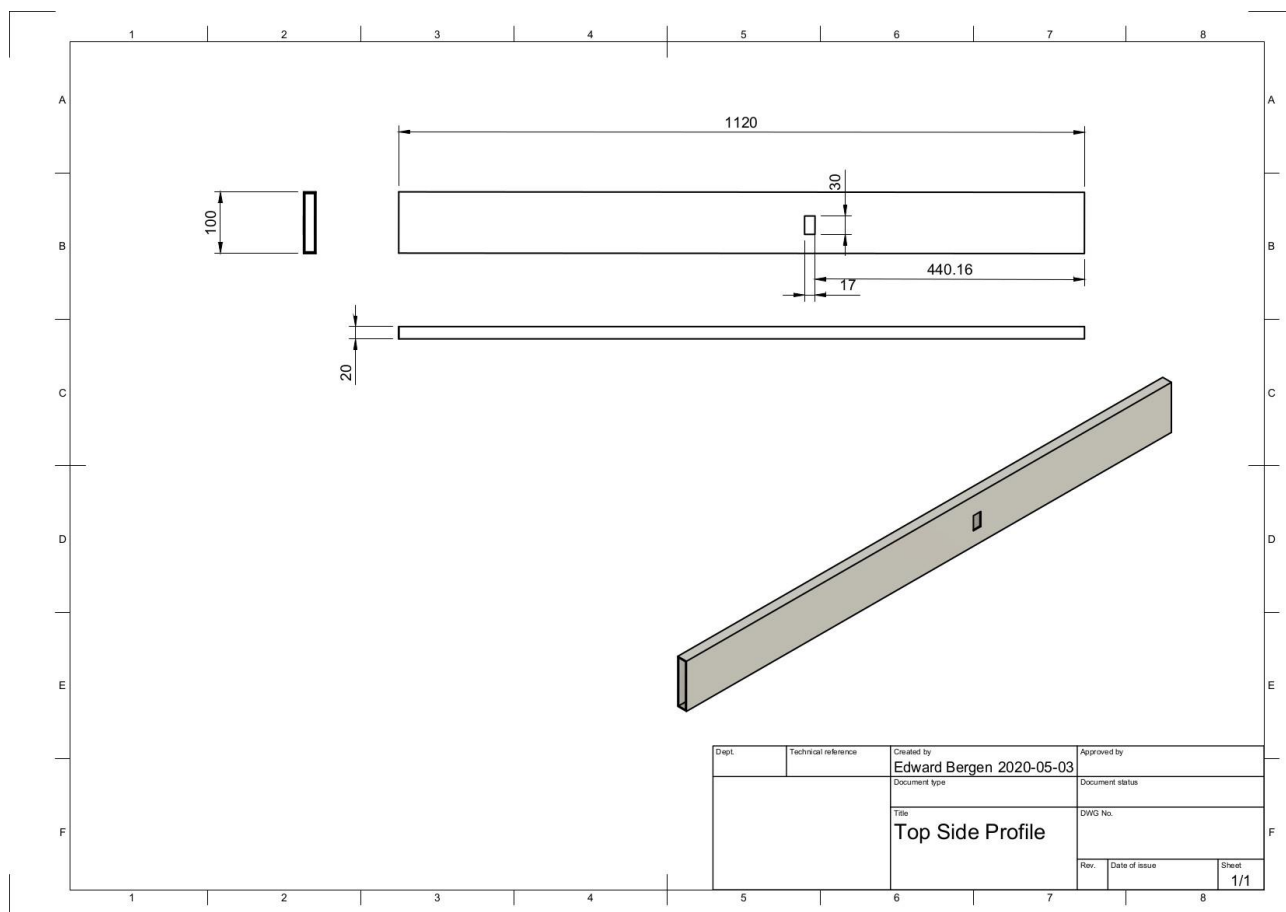
Figur A.7: Front and Rear Bottom Profile (Egen bild).



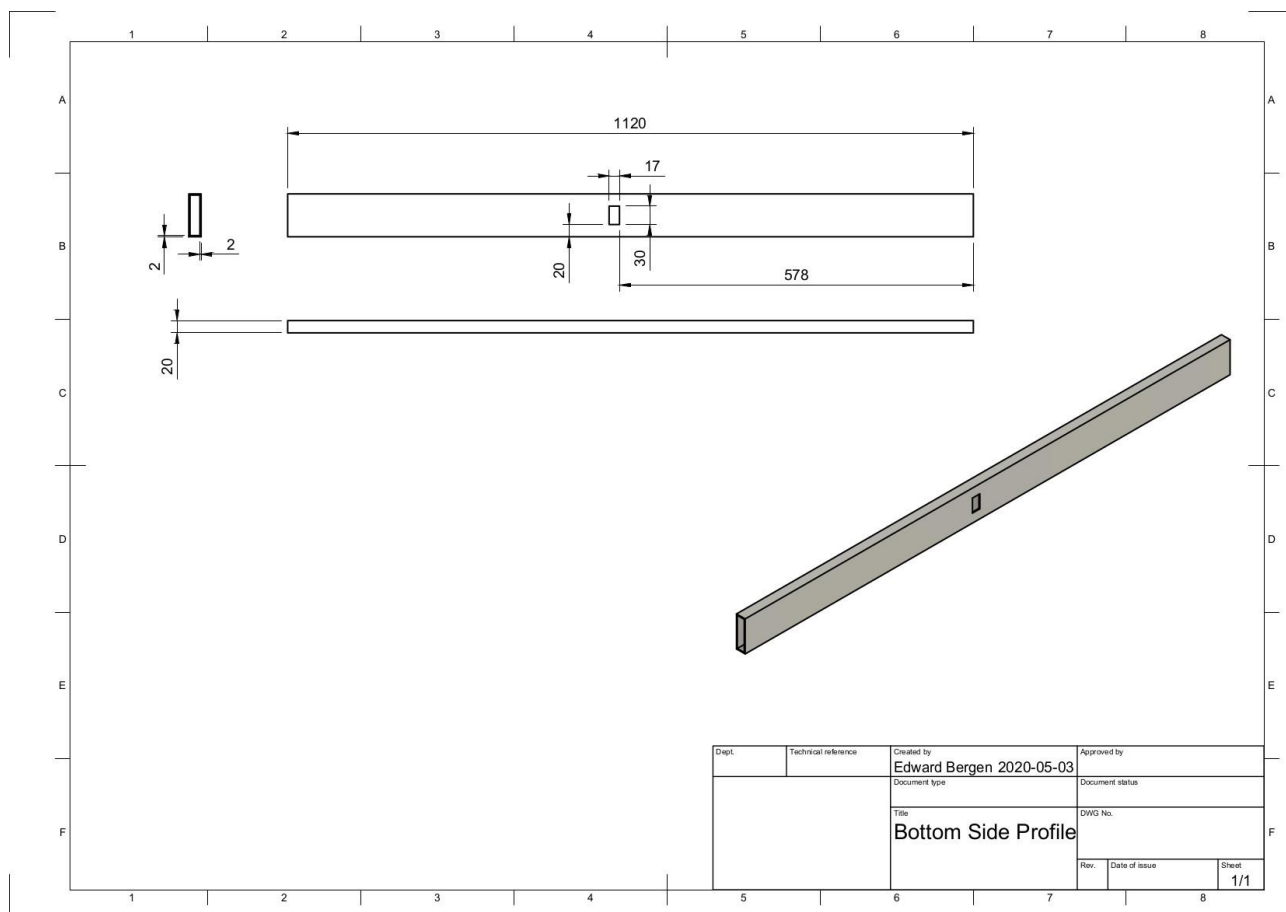
Figur A.8: Top Rear Profile (Egen bild).



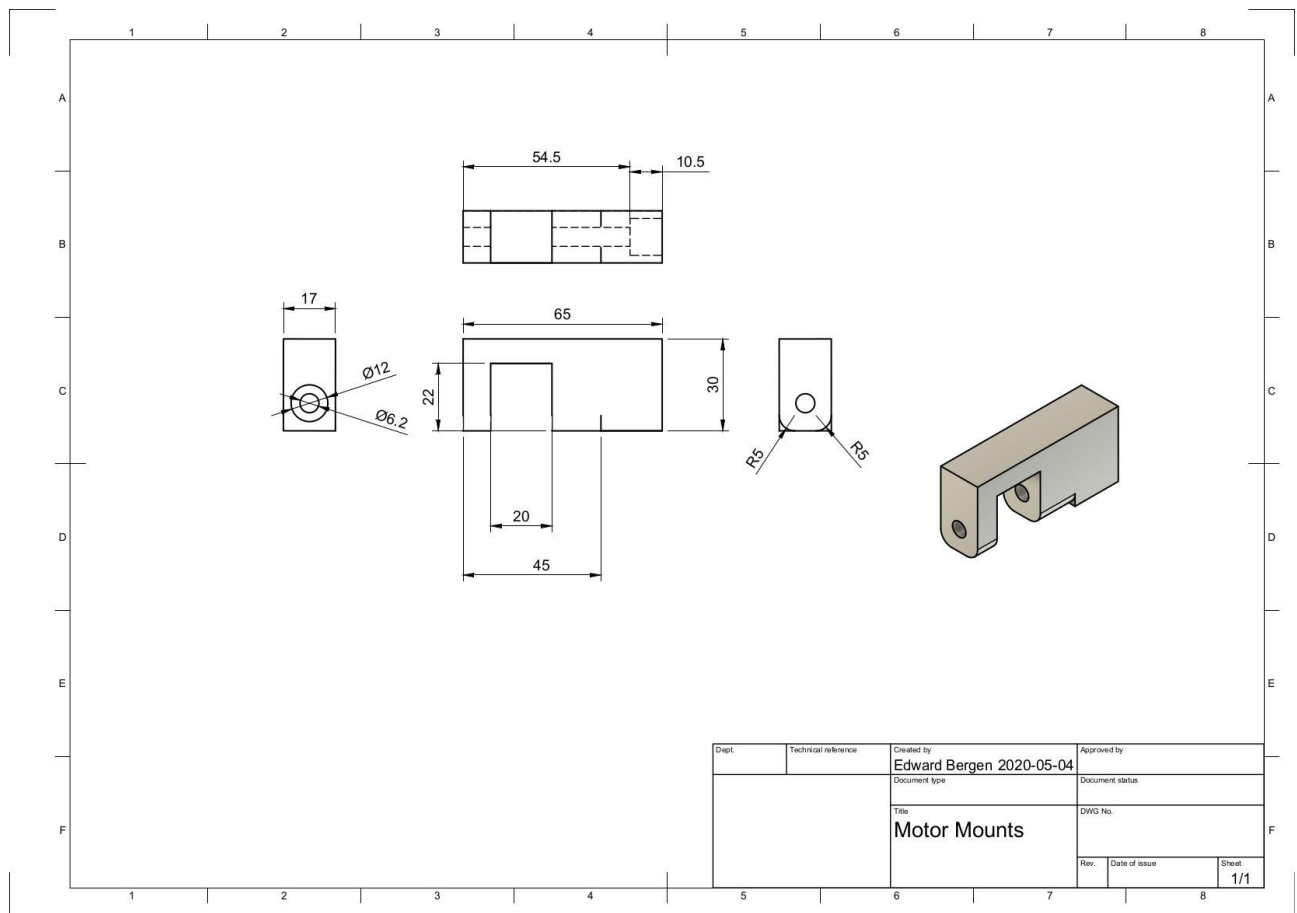
Figur A.9: Top Front Profile (Egen bild).



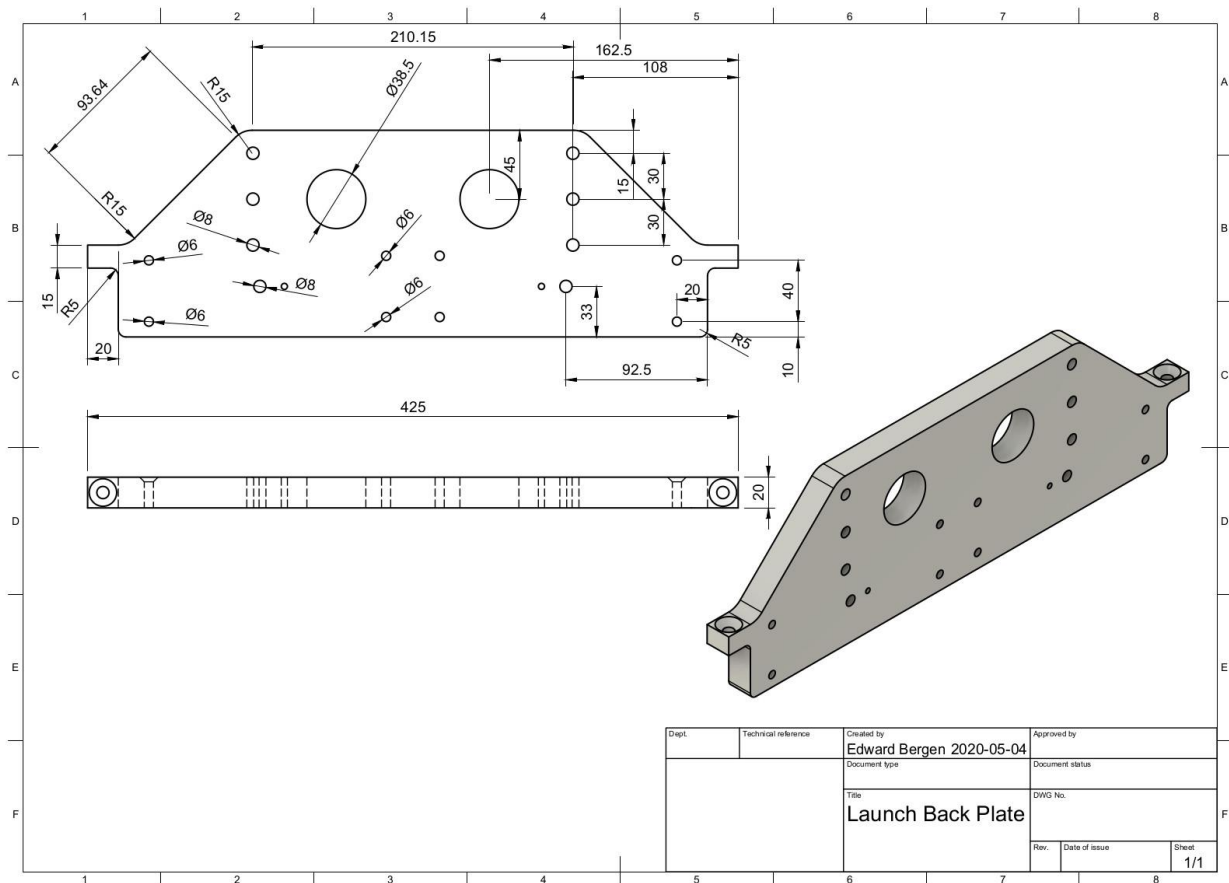
Figur A.10: Top Side Profile (Egen bild).



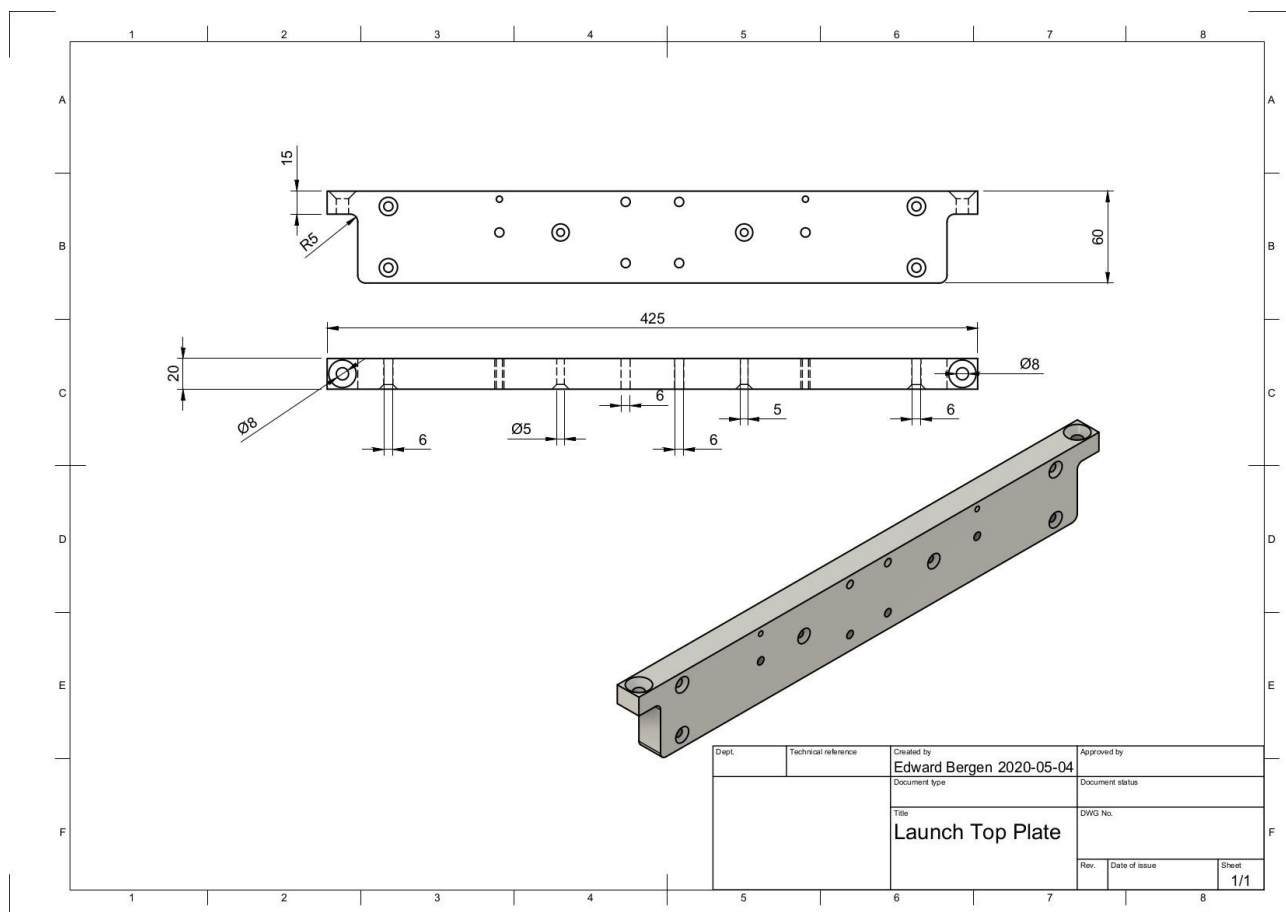
Figur A.11: Bottom Side Profile (Egen bild).



Figur A.12: Motor Mounts (Egen bild).



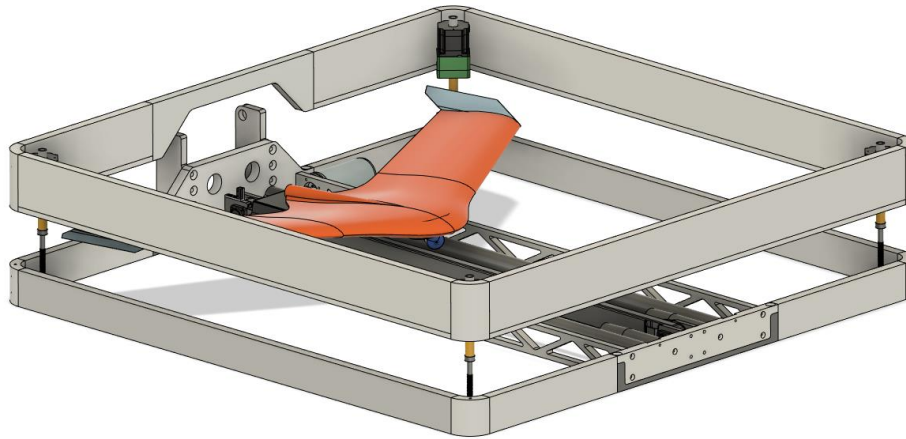
Figur A.13: Launch Back Plate (Egen bild).



Figur A.14: Launch Top Plate (Egen bild).

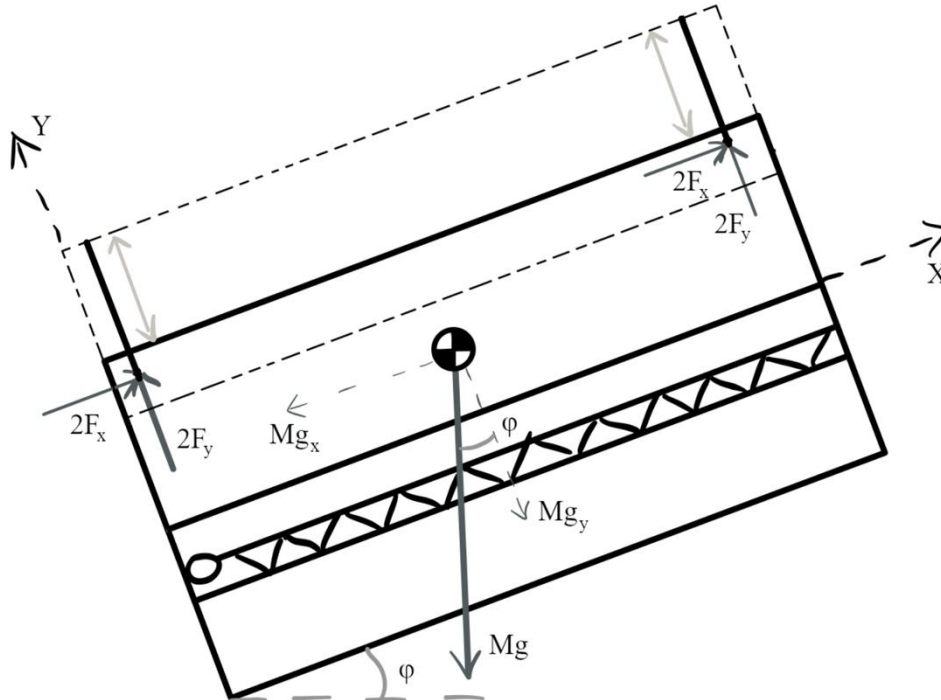
Bilaga B – Symmetrisk öppning

Vid projektets start var det denna öppningsanordning som var föreslagen. Den består av fyra stegsmotorer som samtidigt lyfter den övre delen i vertikalled. Detta bidrar till en symmetrisk öppning runt hela drönarhuset, se Figur B.1.



Figur B.1: Isometrisk bild av drönarhuset vid symmetrisk öppning.

För dimensionering av motorer vid symmetrisk öppning beräknades axiell och radiell kraft fram med hjälp av statiska jämviktsekvationer. Det första steget i beräkningarna var att frilägga drönarhuset med en motor i varje hörn, se Figur B.2. Här är M den totala massan av drönarhusets övre del.



Figur B.2: Friläggning av hela drönarhuset vid symmetrisk öppning.

Efter friläggning beräknades en statisk jämviktsekvation i y-led enligt ekvation (1).

$$4 \cdot F_y - Mg \cdot \cos(\varphi) = 0 \quad (1)$$

Resultatet blir en ekvation som beskriver den axiella kraften som funktion av avfyrningsvinkel φ , se ekvation (2).

$$F_y(\varphi) = \frac{Mg \cdot \cos(\varphi)}{4} \quad (2)$$

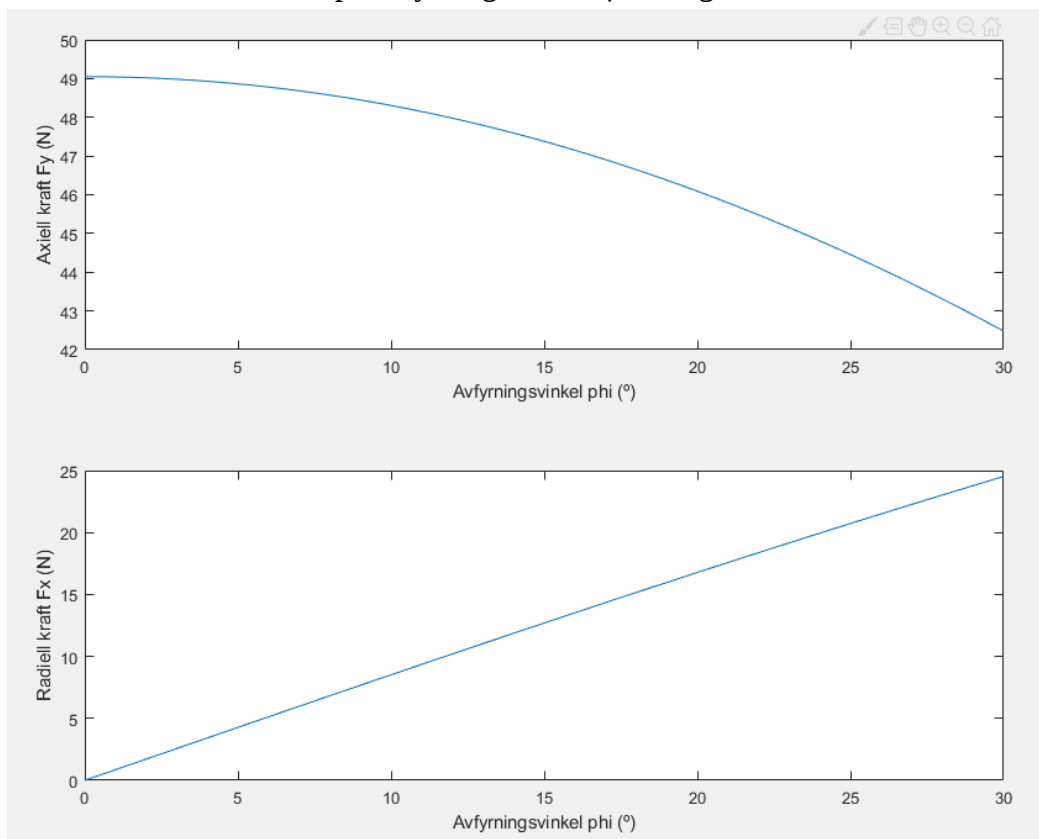
Därefter beräknades en jämviktsekvation i x-led enligt ekvation (3).

$$4 \cdot F_x - Mg \cdot \sin(\varphi) = 0 \quad (3)$$

Den radiella kraften som funktion av avfyrningsvinkeln φ , som motorn måste klara av beskrivs av sambandet enligt ekvation (4).

$$F_x(\varphi) = \frac{Mg \cdot \sin(\varphi)}{4} \quad (4)$$

Insättning av formlerna och konstanter i MatLab resulterade i en graf där man ser hur axiella- och radiella kraften varierar beroende på avfyrningsvinkel φ , se Figur B.3.



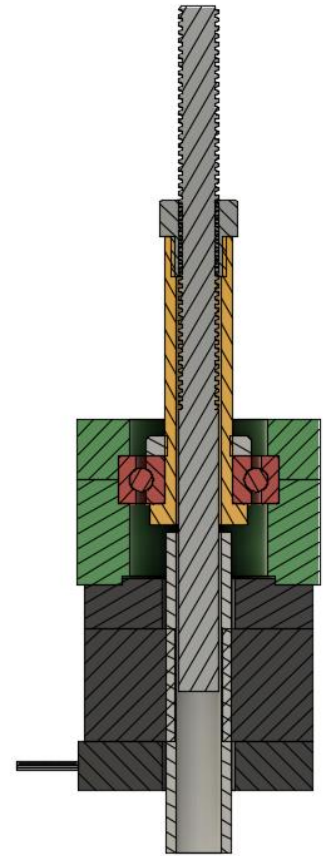
Figur B.3: Graf av F_y och F_x som funktion av avfyrningsvinkel vid symmetrisk öppning.

Detta ger en maximal axiell kraft 45 N vid avfyrningsvinkel 0° och en maximal radiell kraft 25 N vid 30° . MatLab-koden för den symmetriska öppningen finns att läsa i Bilaga D.

Det var huvudsakligen två problem med denna lyftmekanism. Motorerna kan ej lyfta den övre delen högre än sin egen längd. En erforderlig lyfthöjd på 150 mm söktes, men denna lösningen hade endast en kapacitet på 100 mm. Den bör heller inte utsättas för radiella krafter och därför hade det varit nödvändigt med ett specialtillverkat lagerhus.

Ursprungligen kommer lösningen ifrån modellen som överlämnades av Fredrik Falkman på SSRS. Han hade som önskemål att denna lyftanordning skulle valideras.

Motorerna skulle då vara uppbyggda av stegmotorer (svart) med ihålig axel. På motorn fästs ett lagerhus med tillhörande lager (grönt och rött). På lagrets inre ring skulle en hylsa (gul) klämas på som överför moment från hållaxeln på stegmotorn till en mutter på toppen av hylsan. Fast på mutterns inre gänga genom hylsan och hållaxeln ligger en ledskruv. När motorn överför ett moment till hylsan kommer ledskruvan som är förhindrad att rotera att föras upp och ner beroende på rotationsriktningen på stegmotorn. På så vis skapas den lyftande kraften. Detta specialtillverkade lagerhus skulle varit tidskrävande och dyrt så gruppen funderade på ytterligare alternativ av öppningsanordningar.



Figur B.4: Snitt av symmetrisk teleskopsmotor

Bilaga C – MatLab-kod för vinklad öppning

```
% Statiskt obestämt axiell kraft med avseende på öppningsvinkel (alfa) och
motorvinkel (theta)
% Vinklad öppning
clc, clf, clear, format compact

% Motorkraft F som funktion av alfa och theta
theta=linspace(26,38); alfa=linspace(0,8);
M=20; m=M/2; g=9.81;
Lmy=0.08; Lmx=0.565; LFy=0.052; LFx=0.483;

F=@(alfa,theta) (m*g*(cosd(alfa)*Lmx-
sind(alfa)*Lmy))./(sind(theta)*LFx+cosd(theta)*LFy);
figure(1)
subplot(3,1,1), plot(alfa,F(alfa,theta))
xlabel('Öppningsvinkel Alfa (°)'), ylabel('Kraft F (N)')
legend('Avfyrningsvinkel 0°')

% Lagerkrafter R som funktion av alfa och theta
Ry=@(alfa,theta) F(alfa,theta).*sind(theta)-m*g*cosd(alfa);
subplot(3,1,2), plot(alfa,Ry(alfa,theta))
xlabel('Öppningsvinkel Alfa (°)'), ylabel('Lagerkraft Ry (N)')

Rx=@(alfa,theta) F(alfa,theta).*cosd(theta)+m*g*sind(alfa);
subplot(3,1,3), plot(alfa,Rx(alfa,theta))
xlabel('Öppningsvinkel Alfa (°)'), ylabel('Lagerkraft Rx (N)')

% Dimensionerande krafter
Fmax=F(alfa(1),theta(1)), Fvila=F(90,theta(1))
Rymax=Ry(alfa(1),theta(1)), Rxmax=Rx(alfa(1),theta(1))
```

Bilaga D – MatLab-kod för symmetrisk öppning

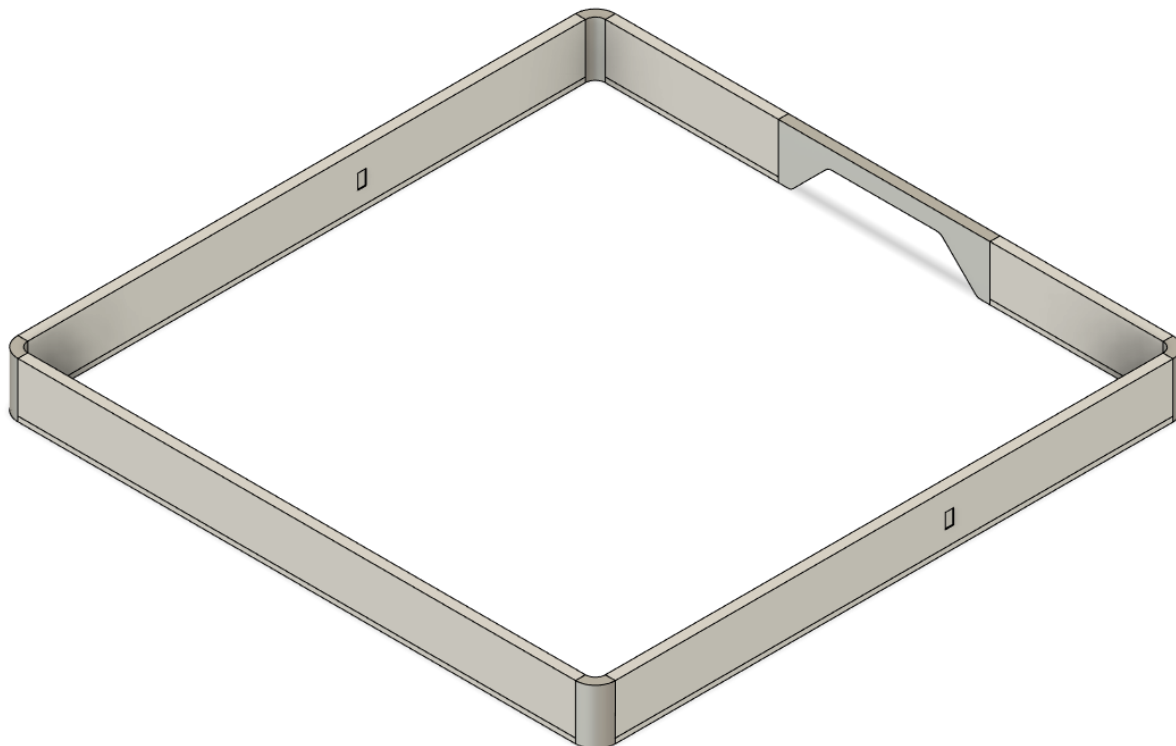
```
% Statiskt obestämt axiell kraft med avseende på avfyrningsvinkel (phi)
% Symmetrisk öppning
clc, clf, clear, format compact

phi=linspace(0,30); M=20; g=9.81;
% Axiell motorkraft som funktion av phi
Fy=@(phi) (M*g*cosd(phi))/4;
subplot(2,1,1), plot(phi,Fy(phi))
xlabel('Avfyrningsvinkel phi (°)'), ylabel('Axiell kraft Fy (N)')

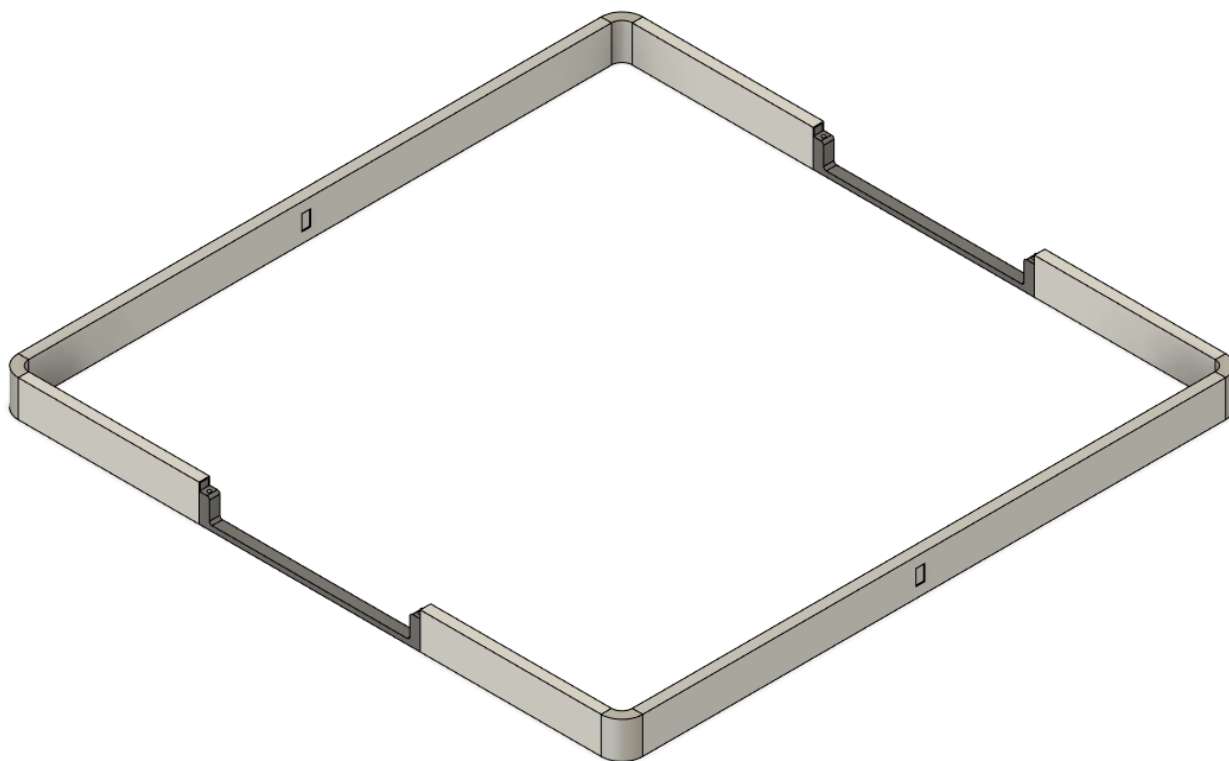
Fx=@(phi) (M*g*sind(phi))/4;
subplot(2,1,2), plot(phi,Fx(phi))
xlabel('Avfyrningsvinkel phi (°)'), ylabel('Radiell kraft Fx (N)')

% Dimensionerande krafter
Fymax=Fy(0)
Fxmax=Fx(30)
```

Bilaga E – Del- och Assembly



Figur E.1: Övre (Egen bild).



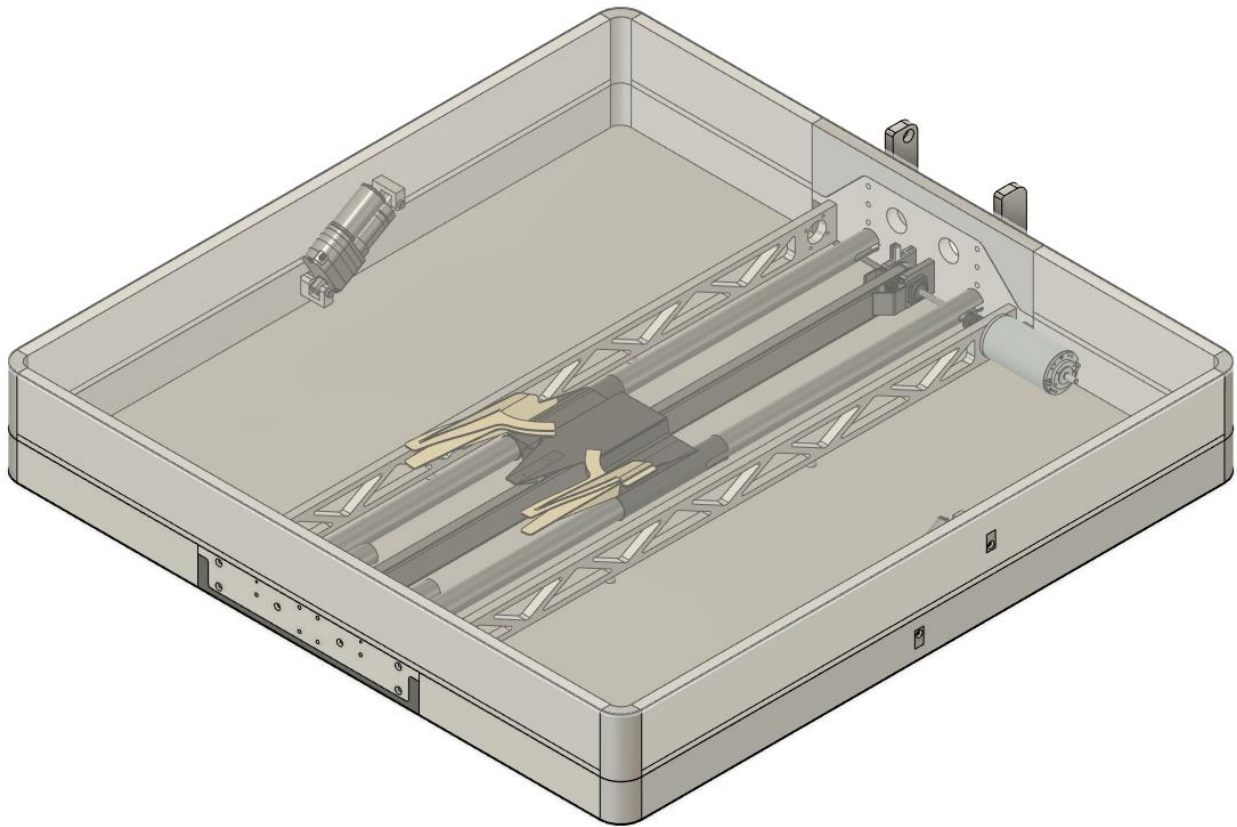
Figur E.2: Undre (Egen bild).



Figur E.3: Avskjutningsmekanismen (Egen bild).



Figur E.4: Motor och fästen (Egen bild).



Figur E.5: Fullständig assembly (Egen bild).



CHALMERS