



CHALMERS



Drönare med samhällsnytta

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Elektroingenjör

JIMMY ERIKSSON
KIM NORDQVIST

EXAMENSARBETE

Drönare med samhällsnytta

JIMMY ERIKSSON
KIM NORDQVIST

Institutionen för Signaler och System
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016

Drönare med samhällsnytta

Design av drönare
JIMMY ERIKSSON
KIM NORDQVIST

©JIMMY ERIKSSON, KIM NORDQVIST, 2016

Institutionen för Signaler och System

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

Sammanfattning

Drönare används idag i stor omfattning inom huvudsakligen militära applikationer och till viss del inom hobbyverksamhet. Kostnaden för att bygga egna drönarsystem har sjunkit drastiskt med åren vilket har lett till en ökad förekomst i samhället i form av olika hobbyverksamheter. Myndigheter och andra viktiga samhällsfunktioner har inte tagit åt sig vilka möjligheter som en modern drönare kan bidra med. Syftet med den här projektet är att undersöka möjligheten att designa och bygga en drönare som kan vara till nytta för samhället. Målet är att designa, bygga och testflyga en demo som kan leverera en nyttolast på 1.5 kg. Detta ska realiseras genom att använda en 3D-skrivare i så stor utsträckning som möjligt. Lastsystemet designas från grunden av teamet. Design av styrsystem och hållfasthetsberäkningar behandlas inte i den här rapporten.

Rapporten består av följande delar:

Teknisk bakgrund och teknikstudie, design och utskrift, montering och integration av komponenter, tester, utvärdering och förbättringar samt en slutsats.

Projektet lyckades med att testflyga demon och genomföra tester på de övriga systemen.

Abstract

Drones are used to a great extent, mainly for military application and to some extent as a hobby. The cost of building a drone system has dropped significantly in the recent years, which has led to an increase of these systems. Civilian authorities have not yet realized the possibilities and opportunities that modern drones can provide. The purpose of this report is to investigate the possibilities of designing and building a drone that can be of use to society. The goal is to design, construct and test a demo that can deliver a payload of 1.5 kg. This will be realized with the use of 3D printing technology to a great extent. The payload system will be designed from scratch by the team.

Design of flight control systems as well as mechanical load calculations are not part of this report.

The report is divided into the following sections: Technical background and study, design and print, assembly and integration of components, testing, evaluation and improvements, and finally, a conclusion.

The project was successful and several tests were performed, including a test flight of the demo.

Förord

Detta examenarbete för Elektroingenjörsprogrammet 180 hp utfördes under läsperiod 3 och 4 våren 2016. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng.

Arbetet genomfördes på institutionen Signaler och System, Chalmers tekniska högskola, tillsammans med Sigma Technology AB, Göteborg.

Manne Stenberg har agerat examinator och Sakib Sisteck har varit handledare.Handledning på Sigma Technology AB har utförts av Alixander Ansari.

Vi vill tacka våra handledare Sakib Sisteck, Chalmers och Alixander Ansari, Sigma Technology AB.

Ett stort tack till Jan Ellwoth som alltid fanns där för att svara på frågor och gav oss vägledning med tekniken.

Vi vill även tacka:

David Rydén, Sigma Technology

Klas Persson, Sigma Technology

Manne Stenberg, Chalmers

Olof Wranne, Chalmers

Sven Ekered, Chalmers

Sigma Technology AB

Chalmers tekniska högskola

Ordlista

GPS	Global Positioning System
VTOL	Vertical Take Off and Landing
CW	Clockwise
CCW	Counter Clockwise
FPV	First Person View
OSD	On Screen Display
RC	Remote Control
FC	Flight Controller
LiPo	Lithium Polymer
LOS	Line of Sight
ESC	Electronic Speed Controller
FPS	Frames per second
SSH	Secure Shell
FDM	Fused Desposition modeling
STL	Stereo Lithography

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Mål	1
1.3 Syfte	1
1.4 Avgränsningar	1
2. Teknisk bakgrund	2
2.1 Grundbegrepp i drönarvärlden.....	2
2.2 Faktorer som påverkar drönarens prestanda.....	3
2.3 En drönares komponenter	4
2.3.1 Flygkropp	4
2.3.2 Batterier.....	4
2.3.3 Motorer	5
2.3.4 Electronic speed controller	5
2.3.5 Propellrar	5
2.3.6 Flightcontroller	5
2.3.7 Radiolänk	5
2.3.8 First person view-system.....	5
2.3.9 On screen Display-system.....	6
2.3.10 Sammanfattning drönarkomponenter	6
2.3.11 eCalc.....	6
2.4 Konstruktionsmaterial	6
2.4.1 Kolfiber.....	6
2.4.2 Polylactic acid.....	6
2.4.3 Akrylbutadienstyren.....	7
2.5 3D-skrivare	7
2.5.1 Tekniska specifikationer för projektets 3D-skrivare.....	7
3. Metod.....	7
3.1 Från tanke till fysiskt objekt.....	8
3.2 Design av flygkroppen.....	8
4. Konstruktion.....	8
4.1 Val av drönartyp	8
4.2 Simulering.....	9
4.3 Val av komponenter	9
4.3.1 Batterier.....	10

4.3.2 Motorer	10
4.3.3. Electronic Speed Controller	10
4.3.4 Propellrar	10
4.3.5 Flightcontroller	10
4.3.6 First person view -system	10
4.3.7 Radiolänk	10
4.3.8 Flygkroppen	11
4.3.9 On-board Dator	12
4.3.10 On Screen Display.....	12
4.3.11 Gimbal - Feiyu Tech Mini 3D	12
4.3.12 FPV kamera 1/3 Sony	12
4.3.13 Kameramodul till Raspberry Pi 3.....	12
4.3.14 Elektromagneter och lastmodulen	12
4.3.15 IR-kamera.....	12
4.3.16 Spänningskonverterare	12
4.3.17 Övriga komponenter	12
5. Design.....	13
5.1 Bottenplatta.....	13
5.2 Elektronikplatta	13
5.3 Topplatta.....	14
5.4 Sidopaneler	14
5.5 Hylsa.....	14
5.6 Design av landningsställ	14
5.7 Design av motorfästen.....	15
5.8 Propellerskydd	16
5.9 Kamerasystem med gimbalsystem.....	16
5.10 Lastsystem med elektromagneter.....	16
5.11 Materialval kopplat till drönardesignen	17
6. Montering och integrering av komponenter.....	18
6.1 Fysisk och elektrisk konstruktion.....	18
6.1.1 Montering av flygkropp & armar	18
6.1.2 Montering av motorer	18
6.1.3 Montering av ESC och intern kabeldragning.....	19
6.1.4 Montering av landningsställ	19
6.1.5 Montering & installation av elektronik	19
6.1.6 Montering av batterier & GPS-antenn.....	20

6.2 Mjukvaruintegration	20
6.2.1 Inställningar FC.....	20
6.2.2 Kommunikation och installation av Raspberry Pi.....	21
7. Tester.....	23
7.1 Test av drönarens respons på styrkommandon.....	23
7.1.1 Resultat	24
7.1.2 Slutsats	24
7.2 Testflygning.....	24
7.2.1 Resultat	24
7.2.2 Slutsats	25
7.3 Test av lastmodul	25
7.3.1 Resultat	25
7.3.2 Slutsats	25
7.4 Test av kamera och gimbal	26
7.4.1 Resultat	26
7.4.2 Slutsats	26
7.5 Test av FPV via radio.....	26
7.5.1 Resultat	26
7.5.2 Slutsats	26
7.6 Test av Raspberry CAM (FPV) via 3G	26
7.6.1 Resultat	27
7.6.2 Slutsats	27
7.7 Test av GPS.....	27
7.7.1 Slutsats	27
8. Utvärdering & förbättringar	27
8.1 Design.....	27
8.1.1 Huvudkonstruktion.....	27
8.1.2 Motorblock	28
8.1.3 Landningsställ	29
8.1.4 Lasthantering systemet	29
8.2 Teknisk lösning	30
8.2.1 Flightcontroller	30
8.2.2 Programvara	30
8.2.3 Radiolänk	31
8.2.4 FPV-system.....	31
8.2.5 Motorer, ESC & Batterier.....	31

8.2.6 Propellrar	31
8.2.7 On screen display	31
8.2.8 Signal och kraftkablage.....	32
8.2.9 Transistor switch	32
8.3 Komplettering av nya system	32
8.3.1 Förslag på dockningsstation.....	32
8.3.2 Förbättringsrekommendationer.....	33
8.3.3 Enkel systemhantering av drönaruppdrag.....	33
9. Diskussion.....	33
10. Slutsats	36
11. Referenslista	38
Bilaga 1.1 - Komponenter	42
Bilaga 1.2 – Kostnad.....	44
Bilaga 1.3 - Kod	45
Bilaga 1.4 – Bilder	51
Bilaga 1.5 - Kopplingschema	53
Bilaga 1.6 - Mätdata latens	55
Bilaga 1.7 - Video av tester.....	55
Bilaga 1.8 - 3D skrivare Reprap prusa I3.....	56
Bilaga 1.9 – Skrivarinställningar.....	58

1. Inledning.

I detta avsett presenteras projektet med en kortfattad bakgrund kopplat till teknikens ursprung. Slutligen redogörs projektets målsättning samt syftet med projektet.

1.1 Bakgrund.

Drönare är inget nytt fenomen. De har funnits i olika former i flera decennier där ändamålen huvudsakligen har varit antingen militära eller för hobbybruk. Samhällsnyttan har tidigare således varit begränsad. Den snabba utvecklingen av drönarteknik de senaste åren har lett till kraftigt ökad prestanda och användningsområdena verkar numera obegränsade. Sigma Technology AB är ett företag med uppdrag inom flertalet stora branscher såsom industri, försvar, säkerhet, telekom med flera. Detta är områden som skulle kunna effektiviseras och förbättras med hjälp av drönarteknik. Att i ett tidigt skede kunna kartlägga möjligheter och brister med tekniken är således av vikt då nyttjandet av drönare inom dessa områden, potentiellt skulle kunna förändra arbetet radikalt.

1.2 Mål.

Huvudmål med projektet är att designa och bygga en drönare med samhällsnyttig funktion som följer de tekniska specifikationerna angivna i metoddelen. Drönaren ska ha möjlighet att bära och släppa nyttolast utan att utgöra en risk för nödställd, operatör och tredje part.

1.3 Syfte.

Begreppet drönare är brett. Syftet med detta projekt är att designa och bygga en drönare som kan användas för samhällsnyttiga ändamål. I projektet ingår också att kartlägga om och i sådana fall hur, drönare har en potentiellt samhällsnyttig funktion. Mer specifikt så är tanken med detta projekts drönare, att den ska kunna leverera utrustning eller ha utrustning monterad för att kunna utföra uppdrag.

Sammanfattningsvis ingår både att analysera framtida samhällsnyttiga möjligheter med drönare i allmänhet och att bygga en drönare och därmed visa upp ett exempel på detta.

Två uppdrag är specificerade för detta projekt:

- Leverera en defibrillator/material för akutsjukvård till en grupp nödställda i svårtillgänglig terräng.
- Med hjälp av en monterad värmekamera övervaka en skogsbrand och skicka information tillbaka till brandförsvaret för att på så vis underlätta brandbekämpning.

1.4 Avgränsningar.

Tanken är att fokusera på konstruktion av drönaren, val av komponenter och att bygga ett system för avlastning av utrustning.

Styrsystem ska inte behandlas utan kommer att utgå från en tidigare färdig produkt.

Detsamma gäller för systemen kommunikationen mellan drönare och operatör.

Beräkningar för hållfasthet på komponenter kommer inte att göras.

Projektet syftar till att skapa en demo för att visa möjligheterna med denna teknologi.

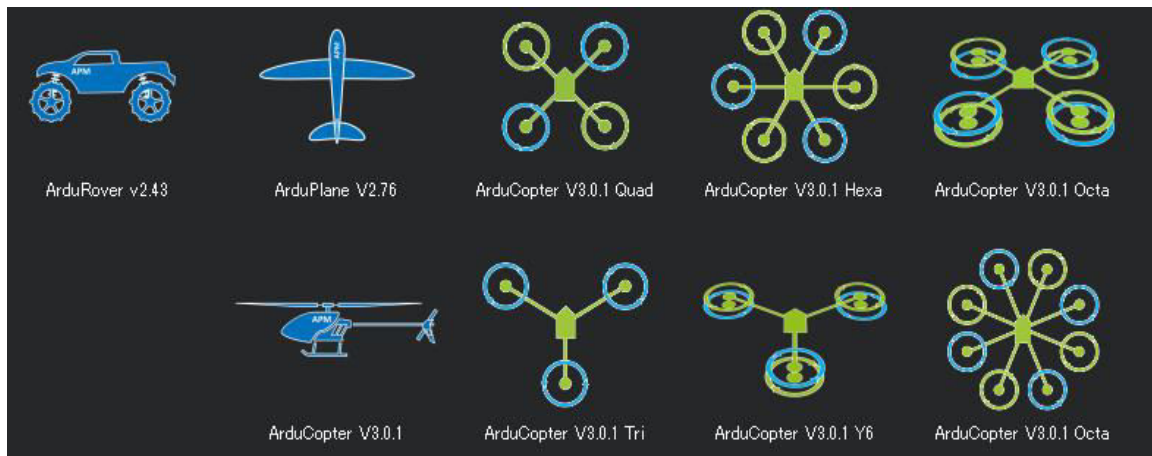
2. Teknisk bakgrund .

Den tekniska studien inleds med att kartlägga vilka delar som kommer att behövas för att konstruera en drönare som klarar uppsatta mål. Först skapas en grundläggande förståelse för hur drönare överlag fungerar med deras förmågor och begränsningar.

2.1 Grundbegrepp i drönarvärlden.

Begreppet drönare är ett brett sådant, där drönare kan vara allt från en ubåt till ett mindre flygplan som flyger på över 18 km höjd[1]. För att kallas drönare ska systemet kunna fungera autonomt, det vill säga till exempel kunna flyga och hålla höjd utan input från en operatör, exempelvis genom att flyga efter GPS-koordinater. Det här projektet siktar in sig på den typ av multicopter som kan starta och landa vertikalt. *Vertical take off and landing*, VTOL[2] är vanligt förekommande inom hobbyverksamhet. Multicopters kan se olika ut och ha olika typer av motorkonfiguration. Begreppet multicopter skiljer sig från begreppet drönare på så vis att multicopter ofta saknar förmåga att flyga autonomt.

Kort om olika versioner av multicopter kan ses i figur 1.

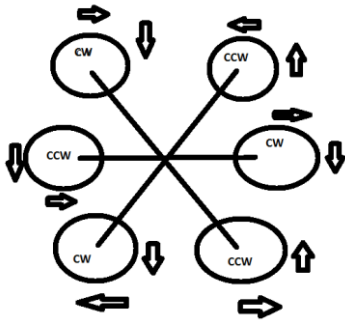


Figur 1: Olika typer av multicopters[3].

Helikopter: Klassisk helikopterkonfiguration med en huvudrotor monterad horisontellt som står för lyftkraften och en mindre rotör monterad vertikalt för att kontrollera maskinen.

Quadcopter: Fyra stycken horisontellt monterade motorer med en flygkropp i mitten. Genom att ha olika rotationsriktningar på motorerna, clockwise (cw), counter-clockwise (ccw), så styrs quadcoptern i olika riktningar.

Hexacopter[4]: Sex stycken motorer monterade horisontellt. En viss redundans kommer med denna konfiguration då en förlust av en motor inte behöver leda till kraschlandning. X6-konfigurationen är vanligt förekommande.



Figur 2: Typisk X6 konfiguration med propeller rotation[5].

Octocopter: Åtta stycken motorer monterade horisontellt, antingen i par (koaxial konfiguration) eller i en platt konfiguration av motorerna. Högre antal motorer bidrar till hög redundans som gör det möjligt att tappa en eller flera motorer utan kraschlandning som följd. Motorer monterade i parkonfiguration möjliggör en mindre drönare, då motorerna är monterade ovanpå varandra. Denna lösning behöver endast fyra armar till motorerna.

Följande termer för olika mått på drönarens kapacitet brukar användas:

- **Mixed flight time:** Mått på flygtid då drönaren gör aktiva manövrar.
- **Hover flight time:** Mått på hur lång flygtid drönaren har vid hovring.
- **Motor@ Maximum Current:** Mått på hur stor strömtoppen blir vid maximal motoreffekt. ESC väljs för att klara den strömtoppen.
- **Maximum speed:** Topphastighet.
- **With Rotor fail:** Avgör om konfigurationen klarar förlust av en propeller. Viktigt mått för att uppnå hög säkerhet.

2.2 Faktorer som påverkar drönarens prestanda.

Batteritid: Drönarens flygtid bestäms av dess batterikapacitet. Ett hexacopter-system har fler motorer, vilka generellt drar mer ström, med följderna att det krävs mer batterikraft för att flyga en längre stund. Batteritiden påverkas även av motorernas effektivitet vid en specifik last. För att optimera batteritiden så måste även propellrarnas egenskaper matchas med val av motorer.

Lyftkapacitet: Målvikten för projektet är 1,5 kg last vilket kräver att lyftkapaciteten utvärderas. Ökat antal motorer leder till ökad lyftkraft, dock så behövs inte en särskilt stor överkapacitet i lyftkraften.

Redundans: Detta handlar om drönarens förmåga att hantera eventuellt bortfall av en motor/propellrar under flygning. En quadcopter kan, till exempel, inte hålla sig i luften vid förlust av en enda motor medan hexacoptrar och octocoptrar klarar detta mycket bättre. Att ha den förmågan är en väldigt viktig faktor ur säkerhets synpunkt. Därav har den egenskapen fått hög viktning i detta projekt.

Hastighet: Ändamålet för drönaren är bland annat att den ska kunna leverera sin värdefulla last på så kort tid som möjligt varför hastigheten är en viktig faktor. Hastigheten bestäms av många olika faktorer men beror framförallt på motorvarvtal, propellerpitch -och storlek samt själva drönarens vikt.

Vindpåverkan/tålighet: Detta är ett mått på hur känslig drönaren kommer att vara och beror på "thrust/weight-ratio" som är en viktig faktor för vår drönare. Är ration för låg samtidigt som drönaren är stor så kan det leda till instabil flygning i svåra vindförhållanden vilket får anses kontraproduktivt med tanke på drönarens planerade användningsområden.

Storlek: Drönarens storlek avgörs av flera faktorer. Det här projektet kräver hög användarvänlighet vilket utesluter alldeles för stora drönare. En flat octocopter med stora motorer blir alldeles för stor ur praktisk synvinkel. En diameter över en meter skulle vara olämpligt för det här projektet.

Kostnad: Projektet har en given budget som tagits fram med Sigma Technology. De olika systemen får utvärderas även utifrån kostnad. Ju fler och större motorer, desto högre kostnad. Även drönarkroppen är en av de större kostnaderna liksom batterierna.

2.3 En drönares komponenter.

Drönaren består av flertalet olika delar som har olika funktioner för att tillsammans skapa ett användbart system.

2.3.1 Flygkropp.

Består av ett chassi som är en central knutpunkt där armar från motorer möts. I chassit placeras elektronik, batterier, antenner för radiolänk och även kamerautrustning. Här ingår även ett landningsställ. Flygkroppen ska vara en lätt och samtidigt stark konstruktion.

2.3.2 Batterier.

Utgör strömkälla till hela systemet. Märkning med Ah, S och C-rate (Charge rate). Batterier tillverkas i olika material och olika tekniker. Ah: Ett mått på batteriets laddningsmängd.

Lithium Polymer(LiPo)[6] är en typ av batteri som är populärt inom modellflyg på grund av låg vikt och hög kapacitet. En LiPo-cells nominella spänning är 3.7 V och vid full laddning 4.2 V.

En cell har märkningen "1S", 2 celler har märkningen "2S" och så vidare. Cellerna är seriekopplade. 2S får vid laddat tillstånd $2 \times 3.7 = 7.4$ V, 3S: $3 \times 3.7 = 11.1$ V och så vidare.

"C-rate"[7] är ett mått på hur snabbt ett batteri kan laddas eller urladdas. Ett batteri med 1000 mAh och "1C" betyder att det batteriet kan laddas ur med strömmen 1000 mA på en timme. "2C" med samma batteri betyder att batteriet kan laddas ur med strömmen 2000 mA under 30 minuter.

Batterier väger relativt mycket. Det är inte ovanligt att batteriet är den tyngsta komponenten i drönarsystem för hobbybruk. En konsekvens av detta är att det inte alltid ger bättre flygtid med fler batterier.

2.3.3 Motorer.

Det finns en uppsjö av olika elmotorer som är lämpliga för en multicopter. Den vanligaste typen av motor för VTOL-drönare är Brushless DC electric motor (BLDC)[8]: Permanentmagneter är monterade i motorns rotor. Statorn elektrifieras och skapar ett roterande magnetfält. DC-strömmen switchas i ESC(Electronic Speed Controller) för att skapa AC-ström som i sin tur roterar det magnetiska fältet. Detta är en lämplig typ av motor för multicopter på grund av litet behov av underhåll, vilket leder till lägre vikt samt hög effektivitet.

Motorer för rc-flyg klassificeras med hjälp av ett Kv-värde som är mått på antal spunna varv per minut per volt. 320 Kv[9] betyder till exempel att motorn spinner 320 varv per minut vid 1 volt.

2.3.4 Electronic speed controller.

ESC är en krets som kontrollerar och reglerar strömmen som går till motorerna från batterierna. ESC switchar DC till AC[10]. Från FC till ESC skickas en PWM-signal, vilken är i direkt proportion till motorns tänkta rotationshastighet. Beroende på vilken PWM-signal som sänds ut så kommer ESC att tillåta olika stora strömmar att passera.

2.3.5 Propellrar.

Propellrarna skapar lyftkraften[11] i drönaren och monteras direkt på motorerna antingen clockwise (medurs) eller counter clockwise (moturs)[12] i en specifik ordning. Ordningen beror på vilken konfiguration som drönaren har. Tillverkningsmaterial varierar beroende på applikation. I drönarbranschen är propellrar som är gjorda av plast eller kolfiber vanliga. Propellrar beskrivs med diameter samt pitch. Diameter och pitch mäts i tum. Pitch är ett mått på hur långt propellern kommer att drivas fram under ett varv[13]. Till exempel så betyder 15x5 att propellern har en diameter på 15 tum och en pitch 5 tum.

2.3.6 Flightcontroller.

Flightcontrollern är en mikrokontroller som hanterar balansering av motorer och styrteknik som gör det möjligt att styra och flyga drönaren i önskad riktning. Det finns flera kommersiella alternativ och även flera "open source"-plattformar som är populära. FC får kommandon från operatören via en radiolänk, som behandlas och leder till önskad åtgärd. I FC finns olika sensorer som till exempel gyro, accelerometer, barometer och även kompass.

2.3.7 Radiolänk.

Det krävs en radiolänk för att skicka styrkommandon till drönare från operatör. Systemet består av en sändare (Tx) och en mottagare (Rx). Sändaren är en bärbar handkontroll som operatören håller i. Mottagaren är monterad på flygkroppen och kopplad till FC. Radiolänken använder ofta frekvensen 2.4 GHz. Antalet kanaler som kan brukas skiljer sig från fabrikat till fabrikat.

2.3.8 First person view-system.

En kamera monteras på flygkroppen och skickar en videoström via sändaren (Tx) till operatören (Rx) för att underlätta flygning av drönaren[14]. Operatören har en skärm där mottagen video visas. En vanligt förekommande frekvens för FPV-system är 5.8 GHz.

För att undvika störningar såsom interferens, bör radiolänk -och FPV-system inte arbeta på samma frekvens. Med ett FPV-system underlättas flygningen då piloten lättare kan orientera sig i drönarens omgivning även på stora avstånd. Som tillval kan man ha ett Gimbal-system. Det säkerhetsställer att monterad kamera hålls stabil och i horisontellt läge under flygning. För att kunna ta bra bilder är denna typ av system nödvändig.

2.3.9 On screen Display-system.

OSD(On Screen Display) hämtar telemetridata från FC. Detta kombinerat med videoströmmen i FPV-systemet ger operatören aktuell flygdata som till exempel hastighet, höjd och batterikapacitet.

2.3.10 Sammanfattning drönarkomponenter.

Sammanfattningsvis består drönaren av flera komponenter. För att kunna flyga krävs flygkropp, motorer, ESC, FC, radiolänk och batterier. Ytterligare komponenter som till exempel FPV-video ökar funktionalitet men samtidigt även vikten på drönaren. Varje extra gram kostar mer energi att lyfta vilket ger en kortare flygtid. En dubbling av batterikapacitet ger inte alltid en dubbling av flygtid. Detta beror på att andra faktorer spelar in såsom motorernas karaktäristika och hur de är optimerade för bestämda laster.

2.3.11 eCalc.

Val av konfiguration och komponenter beror mest på drönarens tänkta användningsområde.

Det finns verktyg för att simulera och beräkna olika flygdata. En populär tjänst heter eCalc. eCalc är ett webbaserat verktyg som erbjuder simuleringar, kalkyleringar och utvärderingar för eldrivna, radiostyrda modeller[15]. Verktöget har en stor databas med olika motorer och batterier som kan utvärderas innan ett inköp.

2.4 Konstruktionsmaterial.

Drönare kan byggas i många olika material. Det är viktigt att det är tåliga men gärna så lätta som möjligt. Exempel på denna typ av material är kolfiber, aluminium och olika sorters plast. Plasterna som används är PLA (Polylactic acid) och ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene).

2.4.1 Kolfiber.

Kolfiber är idealiskt för flygande konstruktioner eftersom det både är lätt och hållbart[16]. Dock är det svårarbetet eftersom materialet är mycket hårt och dammet som uppstår vid bearbetning är skadligt att andas in.

2.4.2 Polylactic acid.

PLA är en plast som är mycket vanlig vid 3D-skrivning. Plasten blir mycket hård förutsatt att rätt temperatur används vid skrivning. Om fel temperatur används riskerar lagren att inte vidhäftas med varandra. Om PLA utsätts för alltför hög belastning så tenderar den att brytas itu[17]. Ur ett miljöperspektiv är PLA ett bra val då det till stor del tillverkas av stärkelse som extraheras från växter vilket gör det biologiskt nedbrytbart[18].

2.4.3 Akrylbutadienstyren.

Den andra typen av plast som är mycket vanligt förekommande i 3D-sammanhang är ABS. ABS är inte lika hård som PLA men har däremot bättre töjningsegenskaper vilket gör att plasten snarare böjs istället för att brytas av vid hård belastning[19].

2.5 3D-skrivare.

3D-skrivare blir alltmer vanliga vilket sänker kostnaderna och ökar tillgängligheten för den breda massan. En 3D-skrivare ger helt nya möjligheter för gemene man att arbeta i hela nya material utan alltför dyr och otymplig utrustning.

I detta projekt har 2 olika skrivare använts som båda bygger på principen Fused deposition modeling (FDM). FDM-principen innebär att skrivaren bygger plastdelarna lager för lager. Plastfilament hettas upp till en temperatur på ca 190 - 210 °C för att sedan extrudera plasten. (Plasten stelnar omgående).

2.5.1 Tekniska specifikationer för projektets 3D-skrivare.

Skrivare nummer ett är en kraftigt modifierad variant på den välkända skrivarmodellen I3 Prusa. Skrivarmodellen tillhör familjen Reprap vilken bygger på öppen källkod. Skrivaren har en upplösning på 0.2 mm i sidled och 0.4 mm i höjddled. Se bilaga 1.8 för bilder. Den andra är Chalmers FDM-printer som är av modellen Stratasys dimension 1200 es[20]. Chalmers skrivare var tvungen att nyttjas då skrivaren har en större byggyta.

3. Metod.

Då projektet syftade till att utveckla en produkt kom projektet således vara av typen utvecklingsprojekt. Metoderna som kommer användas var därför inte inledningsvis definierade utan togs fram under projektets gång. Detta tillvägagångsätt kompletteras med en gemensam målbild där de olika utvecklingsproblemen samt frågeställningarna bröts ned i syfte att konkretisera utmaningar som projektet kantades av. Målbilden och utvecklingsproblemen/frågeställningarna kom sedan att jämföras med de erhållna resultaten under projektets fortlöpande. Detta för att säkerställa projektets kvalitet samt att projektet fortskred mot det uppsatta målet.

Arbetsgången lades upp på följande vis:

eCalc användes för att utvärdera olika drönatyper. Detta klargjorde för och nackdelar med de olika systemen och underlättade det slutgiltiga valet. När den slutgiltiga simuleringen var tillfredställande bestämdes den aktuella designen. Då började en process där lämpliga delar beställdes. När detta var gjort började designfasen av delar som inte gick att beställa.

Delarna designades och plast detaljer till drönaren skrevs ut. När alla delar var levererade och alla plastdelar var färdiga började monteringen av komponenterna. Monteringen skedde i olika faser där mekaniska och elektriska komponenter monterades i den ordning som krävdes på grund av drönarens konstruktion.

Därefter gjordes tester på systemet som helhet.

3.1 Från tanke till fysiskt objekt.

Processen för att skapa de olika delarna börjar med att respektive del designas i ett CAD-program. Inom ramen för projektet används FreeCAD (öppen källkod). Delen designas för att sedan exporteras till formatet STL (STereoLithography). STL-formatet kan inte läsas av skrivaren utan måste behandlas och göras om till maskinkod. Den maskinkod som Reprap-skrivaren använder kallas Gcode. För att skapa maskinkoden behöver modellen behandlas med programvaran Slic3r (öppen källkod). Slic3r programmeras med de parametrar som önskas för att skapa objektet. Här ingår inställningar som: Upplösning, stödmaterial, utskrivningstemperatur, infill (%), infillmönster och mycket annat. Slutligen skivar programvaran upp STL filen och skapar maskinkoden. Koden överförs sedan med SD-kort till skrivaren för utskrift.

3.2 Design av flygkroppen.

En viktig del och ständigt återkommande detalj i drönarens design är dess vikt. Varje gram kostar energi att lyfta och ju lättare en drönare är desto bättre. Flygkroppen planeras bestå av plast utskriven med 3D-skrivare. På så vis fås en lätt och stark konstruktion som är optimerad för drönaren i fråga. Flygkroppen kombineras med armar i kolfiber för att hålla nere vikten. Möjligheten att designa flygkroppen ger stort utrymme för olika modifikationer med korta ledtider. För detaljer kring skrivarinställningar för varje enskild modell se bilaga 1.9.

4. Konstruktion.

Som tidigare nämnts så har verktyget eCalc använts för att välja komponenter till drönaren. Flertalet simuleringar genomförs med olika typer av konfigurationer i syfte att identifiera vilken typ av drönare som är bäst lämpad för detta projekt. Slutligen inhandlas de olika delarna.

För drönare som behöver kunna hantera tunga laster, så är tendensen att mer lyftkraft fås av fler motorer som går relativt långsamt med relativt stora propellrar. Ska drönaren istället vara snabb och smidig så krävs istället relativt små propellrar som roterar fort.

Flygtid beror bland annat på batterikapacitet och hur effektiva propellrarna faktiskt är. Hur effektiva propellrarna är beror på material, balansering och kvalitet. Varvtal kan också påverka effektiviteten.

I samråd med Sigma Technology AB har kriterier för drönaren tagits fram. De är enligt följande:

- >25min flygtid.
- >1500 g nyttolast.
- Autonom flygning möjlig.
- 1-2 operatörer (pilot/operator alt. pilot och operatör).
- >1000 m räckvidd.
- FPV med live video-streaming.

4.1 Val av drönartyp.

Processen att välja rätt typ av drönare för detta projekt har krävt noggranna överväganden. Fyra olika typer av drönare har utvärderats genom simuleringar i eCalc,

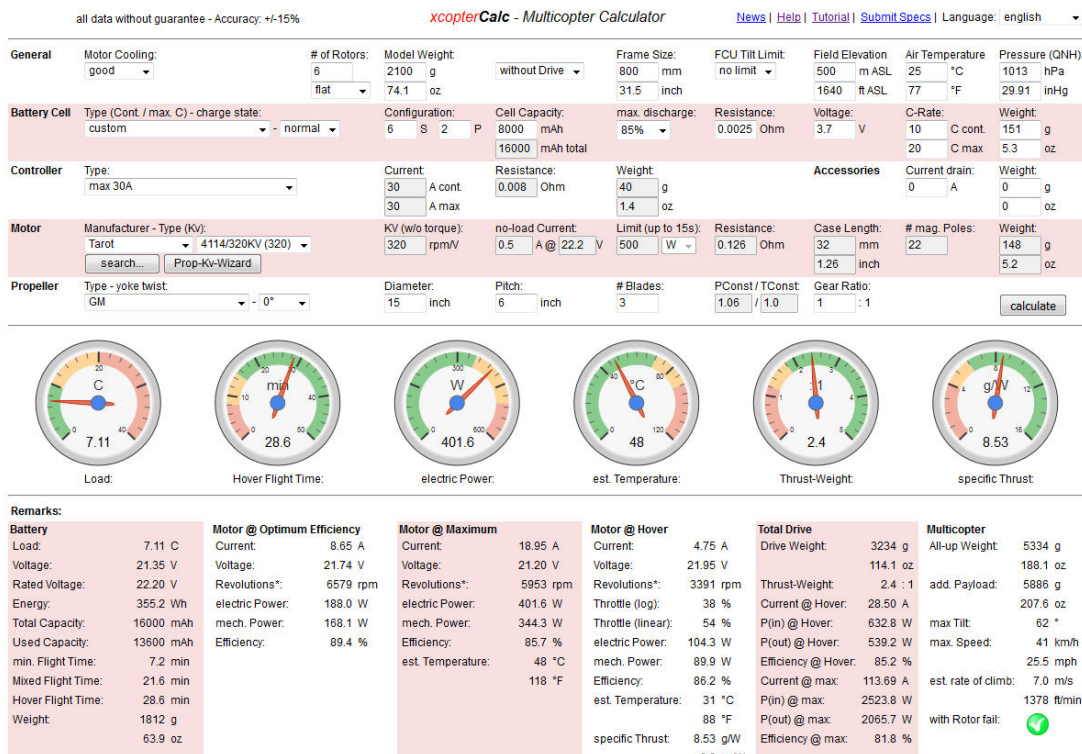
där för - och nackdelar har jämförts. Flertalet olika kriterier har värderats inför valet (se 2.1.12 för närmare beskrivning).

Kriterium:	Vikting:	Quadcopter(Referens)	Hexacopter (flat)	Hexacopter (Coax)	Octocopter(flat)	octocopter (Coax)
Batteritid		4 REF	-1	-2	-1	-2
Lyftkapacitet		2 REF	1	1	2	1
Redundance		5 REF	2	2	2	2
Hastighet		2 REF	0	-1	-2	-2
Vind påverkan tålighet		3 REF	1	0	2	1
Storlek		3 REF	-1	1	-2	0
Kostnad		2 REF	-1	-1	-2	-2
Summa:			1	6	3	2

Figur 3: Simuleringar visar att de fyra olika typerna av drönare har olika förutsättningar.[21]

4.2 Simulering.

Med hjälp av verktyget eCalc gjordes flera simuleringar för att hitta den kombination av flygkropp, batterier, motorer och ESC som bäst passar detta projekt.



Figur 4: Simulering med hexacopter, 2 st 8000mAh batterier, 30 A ESC och Tarot 4114 320 Kv motorer. Simuleringen förutsäger en mixed flight time på 21 minuter. I startvikten har en last på 1,5 kg tagits med i beräkningarna[22].

Bild: Simulering med hexacopter, 2 st 8000mAh batterier, 30 A ESC och Tarot 4114 320 Kv motorer. Simuleringen förutsäger en mixed flight time på 21 minuter. I startvikten har en last på 1,5 kg tagits med i beräkningarna.

4.3 Val av komponenter.

Med stöd av simuleringar i eCalc har val av komponenter gjorts. Låg vikt och låg kostnad har även eftersträvat. För ytterligare produktparametrar se bilaga 1.1 Komponenter

4.3.1 Batterier.

För det här projektet används två stycken Zippy 8000 mAh, totalt 16000 mAh. Zippy är ett märke på en typ av LiPo-batteri. Vikten är 1220 g per batteri. 6S med 30C discharge rate och 5C charge rate[23].

4.3.2 Motorer.

Till projektet används sex stycken Tarot 4114-320 Kv. Valet av motorer är komplicerat då varje motor är designad för vissa förhållanden. Det krävdes många simuleringar för att hitta rätt. Med hjälp av simuleringar gjorda i eCalc utvärderas olika motorer och valet faller på Tarot 4114 320 Kv. Denna motor väger 148 g[24] och är prisvärd. Motorn är designad för propellrar med 15-16 tum i diameter.

4.3.3. Electronic Speed Controller.

Valet faller på Turnigy 30 A Slim ESC[25]. Detta motiveras av simuleringar i eCalc där beräknad strömtopp till varje motor är runt 19 A. Med krav på en säker marginal valdes ESC som är designad för 30 A. Produkten väger 32 g och har måtten 40x17 mm vilket möjliggör montering inuti kolfiberrör.

4.3.4 Propellrar.

Val av storlek på propellrar görs främst för att matcha den aktuella motorn. Två olika fabrikat köps in för att utvärdera dess egenskaper.

APC 16x5,5 tum plast. Produkten väger 40 g per styck[26], vilket anses tungt. Även en uppsättning av propellrar i kolfiber köps in på grund av deras låga vikt. Quantum Carbon Fiber 16x5.5 propellrar väger endast 20 g per styck[27].

4.3.5 Flightcontroller.

Valet faller på FC APM 2.8, med GPS-kompatibilitet, en Open source-lösning med frekventa mjukvaru-uppdateringar och även mjukvara till PC. APM är en populär och vanlig produkt vilket motiverar valet. Vid inköpet införskaffas en GPS-modul och även en extern kompass.

4.3.6 First person view – system.

Systemet som bedöms passa bäst är Boscam TS351Tx och RC805 Rx[28] eftersom den sänder på vald frekvensen 5.8 GHz, har en passande effekt på 200 mW samt för att den är lätt (väger endast 25 g med antenn). RC805 Rx-mottagaren kombineras med en portabel LCD-skärm för att visa FPV-video.

4.3.7 Radiolänk.

Vid val av radiolänk utvärderas olika frekvenser för att få en bild av de olika för- och nackdelarna. Detta görs med en matris för att få en bra överblick.

Frekvens för Radio					
Kriterium:	Viktning:	2.4 GHz (Referens)	433 MHz UHF	5.8 GHz	
Räckvidd		3 REF	2	-2	
Line of sight- LOS		2 REF	2	-2	
Datahastighet		2 REF	-2	2	
Kostnad		2 REF	-1	-1	
Installation		2 REF	-1	-1	
Känslig för störningar		3 REF	1	-2	
Summa:			1	5	-16

Figur 5: Pugh-diagram. För -och nackdelar med olika typer av radiofrekvenser[29].

Olika faktorer är av olika betydelse för projektet varför de viktas enligt det som redovisas i ovanstående diagram.

Räckvidd: Hur långt drönaren kan flyga från sändaren utan att förlora kontakten.

Line of sight (LOS): Detta är ett begrepp som indikerar om sändaren måste ha visuell kontakt med mottagaren. Om LOS behövs så kan drönaren till exempel inte flyga runt en byggnad utan att kontakten bryts. Negativt värde i den här raden indikerar att LOS behövs för kontakt. Positivt värde indikerar att LOS inte behövs.

Datahastighet: Är ett mått på mängden data som kan skickas på given frekvens. Högre frekvens ger högre datahastighet. Dock så behöver inte radiolänken för drönarkontroll särskilt höga datahastigheter.

Kostnad: Extra utrustning behövs för att modifiera standardlösningen på 2.4 GHz. Detta medför en extra kostnad.

Installation: Ett mått på om det behövs extra jobb på integrering & installation av modifikationer.

Känslig för störningar: Med högre frekvenser kommer en ökad känslighet för atmosfäriska störningar, till exempel luftfuktighet. Ett annat störningsmoment kan vara strålningskällor så som Wifi-hotspots.

Ur matrisen framgår att det finns fler fördelar med att radiolänken använder frekvensen 433 MHz jämfört med 2.4 GHz och 5.8 GHz. 5.8 GHz är inget alternativ för radiolänken då räckvidden minskar kraftigt med ökad känslighet för störningar.

Frekvensen 433 MHz lämpar sig för vidareutveckling av drönaren om längre räckvidd behövs, men för det här projektet uppfyller frekvensen 2.4 GHz kraven. Valet faller på Futaba T14SG för Radiolänk Tx. Systemet använder frekvensen 2.4 GHz med upp till 14 olika kanaler[30]. Till radiolänk Rx väljs Futaba R7008SB.

4.3.8 Flygkroppen.

Flygkropp: En kombination av plast och kolfiber för att hålla nere vikt men bibehålla hög styrka. Flygkroppen byggs av teamet i kolfiber, PLA & ABS plast. Designen utförs i FreeCAD.

4.3.9 On-board Dator.

Raspberry Pi 3b är den senaste versionen av Raspberry Pi med en processhastighet på 1.2 GHz och 1024 MB RAM-minne. Datorn har stöd för Bluetooth, trådlöst nätverk och fyra stycken USB 2.0-portar[31]. Den bedöms uppfylla samtliga kriterier för projektet.

4.3.10 On Screen Display .

Valet faller på en OSD i mikroformat som stöder APM FC. Denna variant drivs med 5 V[32]. Produkten är billig och har låg vikt.

4.3.11 Gimbal - Feiyu Tech Mini 3D.

Gimbal är ett system som med låg vikt om 149 g utan kamera och drivs med 7-17 V[33] vilket betyder att även denna del kan köras på 12V, vilket andra system i drönaren också använder.

4.3.12 FPV kamera ⅓ Sony.

Till drönaren behövs en liten och lätt kamera. Kamerans storlek är av betydelse då konstruktionen skall vara lätt. Kameran monteras i flygriktning framåt på drönaren. Valet faller på en kamera från Sony som är vanlig inom RC- världen. Kameran i fråga har måtten 32x30x30 mm och väger 14 g[34]. Kameraupplösningen är 600 TVL och den drivs med 12 V.

4.3.13 Kameramodul till Raspberry Pi 3.

Kameran ska vara kompatibel med Raspberry Pi 3b. Valet faller på en kameramodul med 5 MP webbkamera som stöder upp till 1080P[35]. Kamerans mått är 25x20x9 mm och den väger 3 g. Kameran har stöd för det senaste operativsystemet till Raspberry Pi.

4.3.14 Elektromagneter och lastmodulen.

För att hålla lasten på plats inhandlades elektromagneter. Elektromagneterna drivs med 12 V, 0,33 A[36]. De kan bära upp till 5 kg i last, vilket innebär en god marginal. Till den här lastanordningen används två stycken magneter. Detta är bland annat för att skapa redundans och för att kunna släppa en last på ett "säkert" vis. Raspberry Pi är on-board-datorn som sköter kommunikation mellan drönare och en bas-dator över 3G-nätet. Den tar emot och skickar signaler för att släppa last.

4.3.15 IR-kamera.

IR-kamera väljs bort i detta projekt på grund av den höga kostnaden.

4.3.16 Spänningskonverterare.

För att se till att samtliga system erhåller den spänning som systemet efterfrågar används spänningskonverterare. Modellen som används i detta projekt bygger på LM2596 och har en inspanning på mellan 4.5 - 40 V och utspänning mellan 1.25 - 30 V[37]. Vidare är kretsen specificerad för att klara en ström på upp till 3 A.

4.3.17 Övriga komponenter.

Förutom tidigare angivna komponenter behövs även ett nätaggregat och en lämplig laddare. Vid val av dessa komponenter har mycket fokus lagts på säkerhet vid laddning av batterier. Batterier är känsliga för felbehandling och därför har kvalitet på produkter prioriterats över pris.

Val av nätaggregat föll på SKYRC EFUEL 30A Switching DC Power Supply. Nätaggregatet kan leverera 0-30 A vid 12-18 V[38]. Valet motiveras med att nätaggregatet kan leverera 540 W vilket stödjer en 2C charge rate på valda batterier. Produkten är av hög kvalitet men har även en relativt hög kostnad. Laddaren som väljs är iCharger 306B. Den kan ladda LiPo batterier för 1S-6S[39]. Laddaren är av "intelligent" typ. Det innebär att laddaren kan balansera batteriets celler och även utföra diagnostik på batteriet. Charge rate kan ställas in efter önskemål och stödjer en ladd ström på upp till 30A. Produkten är av hög kvalitet men relativt dyr.

5. Design.

Detta stycke behandlar varför de olika delarna ser ut som de gör samt hur designprocessen har fortlöpt.

5.1 Bottenplatta.

Bottenplattan utgör grundstommen i konstruktionen och är den del som ska sammanfoga drönarens sex motorer och armar med kroppen. Detta medför att konstruktionen utsätts för, i sammanhanget, tämligen höga belastningar och vridande moment från motorerna. Plattan är en hexagon med en genomföring i centrum för kabeldragning. Runt centrum finns en förhöjd hexagon med mindre diameter än bottenplattan. Denna hexagon har sex stycken genomföringar med 22.1 mm i diameter där kolfiberrör monteras. Genomföringarnas passform är såpass exakt att eventuellt glapp förhindras. I den yttre hexagonens kanter fästs kolfiberrören ytterligare med hjälp av klämmor som monteras med skruv och mutter (M3). Tanken är att den inre hexagonen upptar de största krafterna med stöd från klämmorna. De försänkningarna som kolfiberrören är placerade i är till för att öka friktionen mellan kolfiberrör och drönarkropp. Försänkningarna ökar även kraftupptagningen i bottenplattan. För förtydligande se bilaga 1.4 figur 24.

För att hålla nere vikten görs symmetriska utskärningar runt den yttre hexagonen. Bottenplattan skrivs ut i ABS-plast för hög hållfasthet.

Plattans mått: 200x208x40 mm.

Plattans yttre tjocklek är 15 mm.

Vikt bottenplatta: 211 g.

Vikt klämma: 12 g per styck.

5.2 Elektronikplatta.

Elektronikplattans funktion är att möjliggöra montering av elektronikkomponenter. Plattan har en genomföring i mitten avsedd för kabeldragning. Plattan monteras ovanpå bottenplattan med tre stycken gängstavar (M3) och fästs på undersidan med låsmutter (M3). Elektronikplattan behöver inte ha samma vridstyvhet som bottenplattan då det endast är elektronikens vikt som ska bäras upp. Därför görs plattan tunnare och lättare än bottenplattan. Försänkningar görs för att hålla nere vikten ytterligare. Då elektroniken skall monteras på plattan görs inga urskärningar, då det skulle möjliggöra att vatten kan tränga sig in och riskera att förstöra elektroniken. Plattan tillverkas i ABS-plast. För förtydligande se bilaga 1.4 figur 25.

Plattans mått: 200x208x8 mm.
Vikt: 118 g.

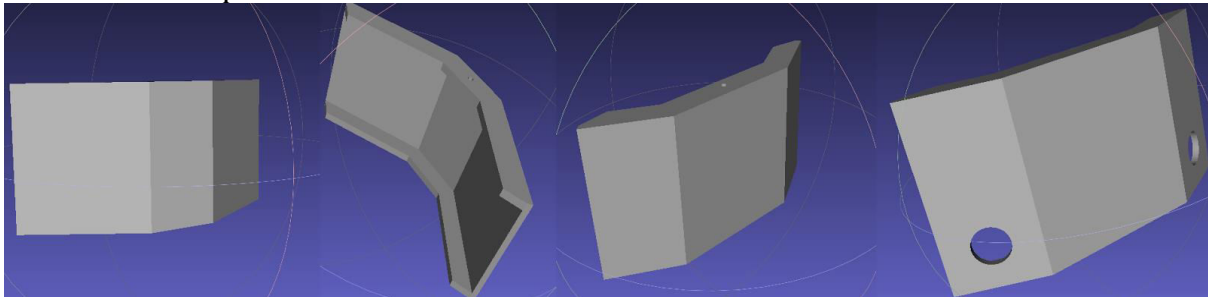
5.3 Topplatta.

På topplattan monteras batterier och GPS-antennen. Själva plattan monteras ovanpå hylsan för kabeldragning med tre stycken gängstavar (M3). Topplattan har en genomföring i centrum för kabeldragning och är den sista delen som monteras på flygkroppen. Den håller ihop hela konstruktionen. Plattan behöver inte vara lika vridstyv som bottenplattan och designas för låg vikt. Plattan tillverkas i ABS-plast. För förtydligande se bilaga 1.4 figur 26.

Plattans mått: 200x208x7 mm.
Plattans vikt: 101 g.

5.4 Sidopaneler.

För att minimera väderkänsligheten hos drönaren konstrueras sidopaneler. Sidopanelerna innesluter elektronikdelen av drönaren. Panelerna fästs i topplattan med skruv (M3). En av sidopanelerna har två stycken antenn-genomföringar. Sidopanelerna tillverkas i PLA-plast.



Figur 6: Första och andra modellen från vänster är fram och baksida på en av modellerna [40].

5.5 Hylsa.

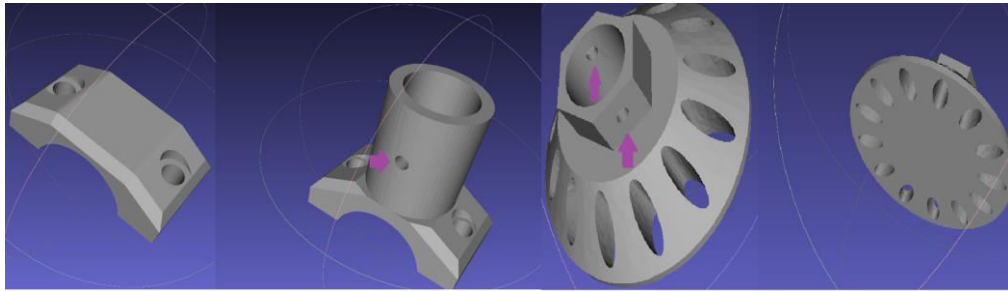
En hylsa används för att skapa en distans mellan topplatta och elektronikplatta. Hylsan ger plats åt kabeldragning horisontellt och vertikalt samt håller ihop plattorna. Montering sker med gängstav (M3). Hylsan är tillverkad i PLA-plast och designas för låg vikt. För förtydligande se bilaga 1.4 figur 27.

Vikt hylsa: 45 g.

5.6 Design av landningsställ.

Landningsstället är en relativt enkel lösning med fyra ben som ska hålla upp systemet. Det konstrueras av kolfiberrör som förses med fötter i ena änden för att öka kontaktytan som drönaren kommer att vila på (fötterna ses i figur 7). Den andra änden på kolfiberrören monteras på länkarmar som förbinder motorerna med drönarkroppen. För att montera rören på länkarmarna har ett fäste designats (se figur 7). Fötterna och fästena är utskrivna i plast med en ifyllnadsgrad på 20% för fästet samt 15% för fötterna. Samtliga fästhål är designade för skruv (M3).

Vikt hållare landningsställ: 13 g.
Vikt landningsfot: 14 g.



Figur 7:Hållare & fot till landningsställ. Lila pil markerar hål för sprint till kolfiberröret[41].

5.7 Design av motorfästen.

För att fästa motorerna till drönaren så krävs en vridstyv och stark plattform. Motorerna har fästen för tre skruvar. Se bilden nedan.

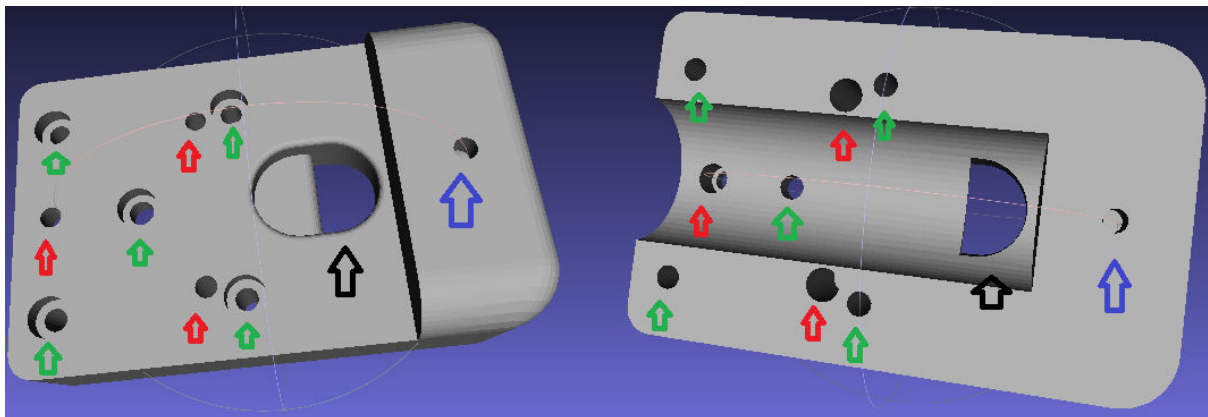
Motorfästet består av två delar som kläms ihop runt kolfiberröret. Detta görs med fyra stycken skruvar (gröna pilar) samt en sprint (blå pil). Motorn fästs sedan med tre stycken skruvar i motorfästet (röda pilar). Motorfästet har även i uppgift att ansluta propellerskyddet till drönaren. Motorfästet är designat så att vikten stöds underifrån av kolfiberröret, detta för bära upp mekaniska moment som uppstår vid till exempel landning.

Vikt motorfäste: 27 g.

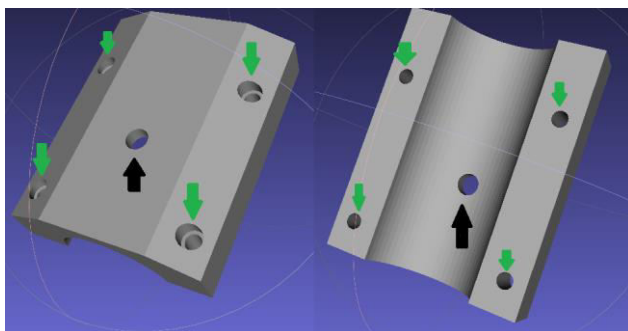
Vikt klämma till motorfäste: 8 g.

Vikt motor: 156 g.

Vikt kolfiberrör: 49 g.



Figur 8: Motorfäste V3[42].



Figur 9: Övre del till motorfästet[43].

Bilden ovan visar motorfästets undre del. Fästet kläms runt kolfiberröret med skruv (gröna pilar). Svart pil markerar hålet för en genomgående skruv. Detta görs för att undvika att motorfästet ska kunna vrida sig. Hålen markerade med röda pilar är genomgående för att underlätta åtkomst till motorskruvar.

5.8 Propellerskydd.

När motorerna roterar med hög hastighet kan det bli svårt att se propellrarnas räckvidd. Detta kan innebära en säkerhetsrisk. För att undvika sådan problematik designas ett propellerskydd. För förtydligande se bilaga 1.4 figur 29.

Propellerskyddet är ett band som tydligt markerar gränsen för propellrarnas räckvidd. Bandet är sträckt mellan de sex propellerskydden. Lösningen är enkel, effektiv och vikten blir låg. Propellerskyddet monteras på motorfästen.

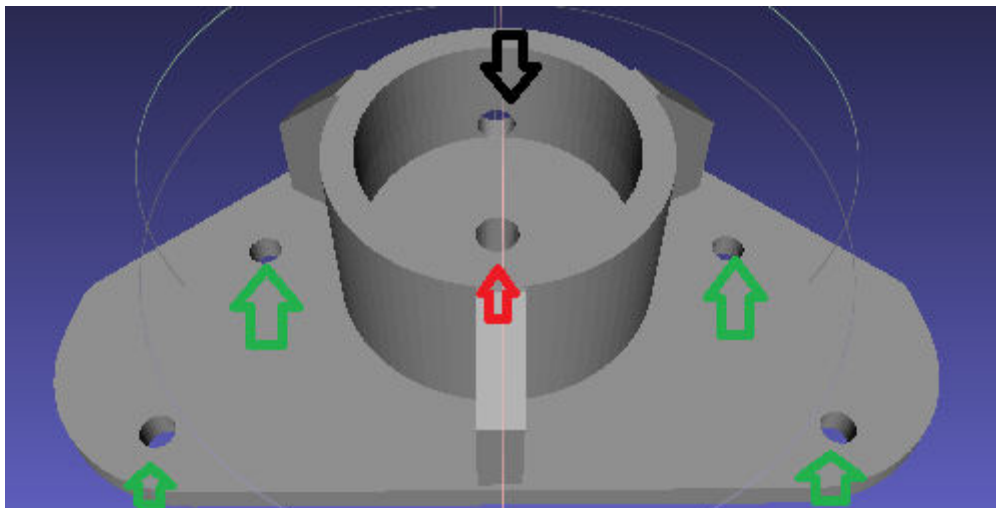
Vikt propellerskydd: 17 g.

5.9 Kameran med gimbalssystem.

Kameran monteras på ett gimbalssystem. Gimbalssystemet monteras enkelt på flygkroppens undersida.

5.10 Lastsystem med elektromagneter.

Lastsystemet består av en flexibel anordning för att fästa lasten, där lasten ska kunna ha olika former. Lasten hålls fast av två stycken elektromagneter tillsammans som i sin tur kopplas till anslutningsblock som är fästa i lasten. När magneterna släpper så svingas lasten att svingas från ena till andra sidan för att sedan släppas helt. Last om cirka 1.5 kg testas.



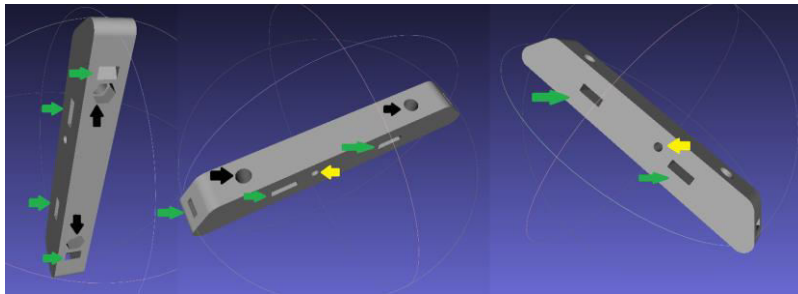
Figur 10: Koppar till elektro magneterna, monteras på flygkroppen[44].

Lastsystemet består av fyra stycken delar som monteras på flygkroppens undersida. Två stycken fästen för elektromagneterna monteras mot drönarens underrede (se gröna pilar). I elektromagnetens centrum går det en skruv rakt igenom flygkroppen för att fixera elektromagneten (röd pil). Elektromagneterna drivs med 12 V, med en förbrukning på cirka 4 W (kabelgenomföring svart pil). Elektromagneterna har

diametern 10 mm och höjden 23 mm.

Fästansordningen består av två block. Ett av blocken är utrustat med järnplattor som ansluts till elektromagneterna (se figur 11). Svarta pilar markerar var järnplattorna monteras. Blocket ansluts sedan till lasten med hjälp av ett snöre/band.

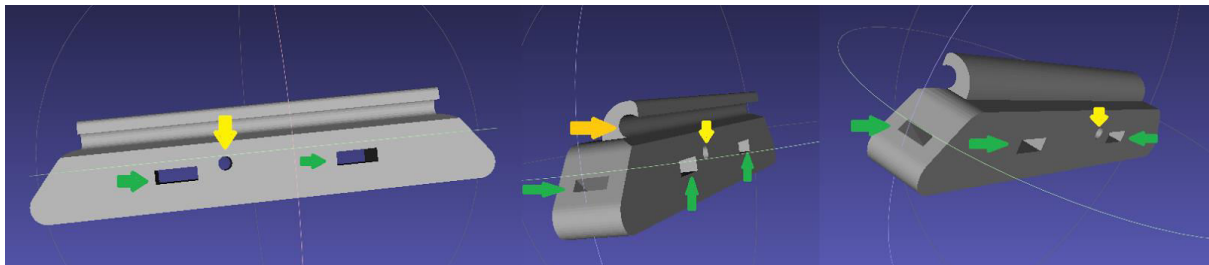
Genomföringarna som används för detta är markerade med gröna pilar. För att stabilisera de två blocken som utgör fästansordningen används en gängstav (M4) som fästs vid gul pil. Gängstavens uppgift är att stabilisera blocken sinsemellan.



Figur 11: Lasthållare med järnplattor, ska kopplas till elektromagneterna. Samma del sedd från tre olika vyer[45].

På motsatt sidan monteras två stöd med skruv. Stöden håller en gängstav horisontellt.

Under gängstaven sitter en "gripklo" (se gul pil figur 12) som griper tag i gängstaven och håller lasten på plats. Gripklon släpper taget om gängstaven om den vrids 90 grader, vilket sker då elektromagneterna släpper lasten.



Figur 12: Del som kopplas till last och gängstav[46].

För samtliga delar utom botten, elektronik och topplatta används den hemmabyggda 3D-skrivaren. För utskrift av botten, elektronik och topplatta används däremot 3D-skriven från Chalmers.

5.11 Materialval kopplat till drönardesignen.

PLA används på alla delar förutom drönarkroppen. Detta då den modifierade I3 Prusa skrivaren enbart skriver PLA och för att Chalmers skrivare enbart skriver i ABS. Detta är en begränsning vad gäller materialval. PLA används vid motorerna som förbinds med kolfiber vilket blir en mycket styv konstruktion som i sin tur ansluts till drönarkroppen (ABS-plast). Drönarkroppen upptar vibrationerna som uppstår vid motorerna för att fungera som en typ av vibrationsabsorbent. Kolfiberrör används till drönarens armar som sammanfogar motorerna med drönarens kropp. Dock så används inte kolfiber till drönarkroppen då det är mycket svårarbetat Detta projekt saknar även nödvändiga verktyg för att bearbeta kolfiber på ett smidigt sätt.

6. Montering och integrering av komponenter.

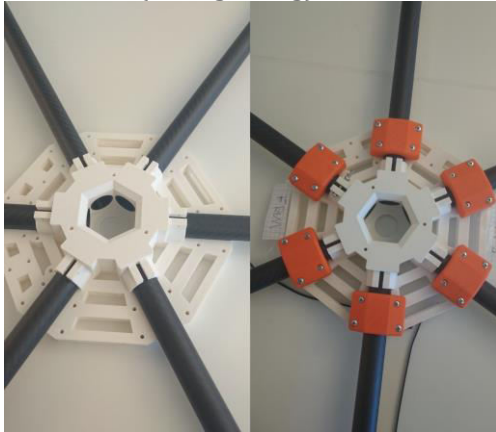
Nedan följer en beskrivning av hur drönaren byggs ihop med hjälp av de utskrivna delarna samt hur elektroniken och mjukvaran hänger samman. Beskrivningen är uppdelad i två huvudkategorier: "Fysisk och elektrisk konstruktion" samt "Mjukvaruintegration". Ett färdigställt kopplingschema kan ses i bilaga 1.5.

6.1 Fysisk och elektrisk konstruktion.

Avsnittet behandlar hopsättningen av drönarkroppen samt kabeldragning och hopsättning av de elektriska komponenterna kopplade till drönarens flygsystem.

6.1.1 Montering av flygkropp & armar.

Monteringen börjar med att fästa sex stycken 500 mm långa kolfiberrör i bottenplattan av flygkroppen. Rörens ytterdiameter är 22 mm och innerdiametern är 20 mm. Rörens passning är väldigt exakt. Med lite tvång kan rören drivas in. Rören fästs sedan med klämmor (orange färg) och låses med skruv (M3) och mutter.



Figur 13: Drönarkropp med klämmor[47].

6.1.2 Montering av motorer.

Motorerna fästs med 3 stycken skruvar (M2) från undersidan på motorfästena. Kablarna till motorerna ansluts till en ESC. Motorernas rotationsriktning beror på i vilken ordning kablarna kopplas.



Figur 14: Motor monterad på motorfäste[48].

6.1.3 Montering av ESC och intern kabeldragning.

ESC placeras friliggande i varje kolfiberrör med tillhörande strömförsörjningskabel och servokabel (kommunikation, styrning). Kablar dras sedan ut ur centrum på bottenplattan och servokablar ansluts till FC. Strömförsörjning ansluts till 22.2 V.



Figur 15: Drönare med kablage installerat[49].

6.1.4 Montering av landningsställ.

Landningsstället monteras med skruv (M3) och låsmutter. Landningsstället består av fyra ben som är 250 mm långa rör i kolfiber med en ytterdiameter om 16 mm och innerdiameter om 14 mm. För ökad friktion fästs ett varv eltejp runt kolfiberrören.



Figur 16: Lastställ montera[50].

6.1.5 Montering & installation av elektronik.

Kablar för kommunikation och strömförsörjning dras genom centrum i flygkroppen. Elektroniken fästs med kardborreband och buntband. FC, DC/DC konvertering, lastswitch, on board dator, radiolänk Rx och FPV Rx monteras på elektronikplattan. DC/DC konvertering krävs för att mata olika elektroniksystem. 22.2 V konverteras till 12 V respektive 5 V.

Raspberry Pi ansluts till separat 5 V-matning från en av DC/DC konverterarna. Spänningen ansluts till Pin 4 samt Pin 6 på PI kretskortet. FC ansluts till 5 V via PM kontakt. Radiolänken Rx ansluts till FC för att få korrekt matning 5V. På FC input 1-7 ansluts radiolänk kanal 1-7 för styrkommandon. Radiolänk Rx matning 5 V samt GND ansluts på FC. Se bilaga 1.5 för detaljerat kopplingschema.

FPV Tx-modulen monteras och kopplas till 12 V. FPV Tx GND kopplas till OSD GND. FPV-kameran monteras och ansluts in på FPV Tx. Kamerans video-signal ansluts till OSD. OSD ansluts till FC för 5 V och telemetry data.

FPV Rx ansluts till 12 V och videosignal ansluts till LCD-skärm. FPV Rx och LCD-skärm är separerade från drönaren och är en portabel enhet på markplan. se bilaga 1.5
Kopplingsschema för detaljerat kopplingsschema

6.1.6 Montering av batterier & GPS-antenn.

Batterierna monteras på topplattan med kardborreband och buntband. Lösningen är enkel och praktisk. GPS-antennen monteras på topplattan. Kabel dras ned till FC på elektronikplattan.

6.2 Mjukvaruintegration.

Avsnittet behandlar kalibreringsparametrar i flightdatorn men även uppbyggnad och integrering av Raspberry Pi-systemet.

6.2.1 Inställningar FC.

För att installera mjukvara i APM FC används programvaran Mission Planner. Mission planner har funktioner för att kalibrera grundfunktionerna i multicopter och flera mer avancerade funktioner. Via en USB 2.0 -kabel länkas FC till PC. FC uppdateras till senaste mjukvara.

6.2.1.1 Frame type.

I Mission planner väljs lämplig drönarkonfiguration utifrån vilken typ av drönare som ska byggas. "X", "Y6A" alternativet väljs. Konstruktionen är en klassisk X6-typ.

6.2.1.2 Compass calibration.

Arducopter FC-kompass konfigureras genom att drönarkroppen roteras runt i alla riktningar. Arducopter 2.8 har en extern kompass monterad i GPS-antennen. Då väljs alternativet "Apm 2.xx with external compass" i Mission planner.

6.2.1.3 Radio control calibration.

I Mission Planner verifieras radiolänkens maximum och minimum för dess PWM-signal. Detta görs genom att synkronisera FC med radiolänken. Flygradions ändlägen testas genom att föra reglagen till maxläge respektive minläge.

6.2.1.4 Accelerometer calibration.

FC-accelerometrar verifieras och testas genom att rotera hexacoptern i olika riktningar. FC är under detta moment monterad på flygkroppen.

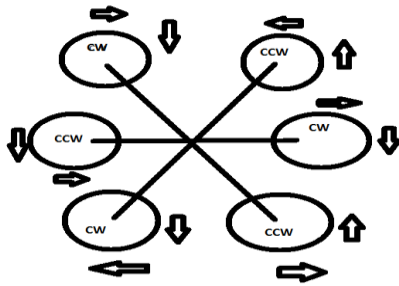
6.2.1.5 RC Transmitter mode setup.

I RC transmitter mode-setup väljs inställningar för flight mode. På radiolänk Tx finns en switch där olika flyglägen kan väljas. Poängen med det här är att under flygning kunna välja ett förinställt program genom att ställa om switchen i olika lägen. Val av flightmode faller på "stabilize" och "altitude hold". "Stabilize" är ett grundläge som syftar på att stabilisera drönaren under flygning, där throttle kan användas för att reglera höjd. "Altitude hold" syftar till att hålla en bestämd höjd när switch aktiveras.

6.2.1.6 ESC Calibration.

Varje ESC kalibreras var för sig, där FC undersöker och verifierar ESC-karaktäristika. Vid kalibrering får varje ESC ett maximalt och minimalt PWM-värde som ESC kan förväntas

få från FC. Detta behövs för att reglera utsignal till motorer. Samtidigt kontrolleras rotationsriktningen för samtliga motorer. Målet är att motorerna ska rotera enligt figur 23.



Figur 17: Propellrarnas rotationsriktning[51].

6.2.2 Kommunikation och installation av Raspberry Pi.

Drönaren nyttjar ett 3G-modem som är kopplat till en Raspberry Pi för att skapa en möjlighet att kommunicera med drönaren över stora avstånd. De primära målen med kommunikationen är dels att öppna en videolänk från drönaren och dels att ha möjlighet till att släppa lasten.

6.2.2.1 Kamera till lastmodul.

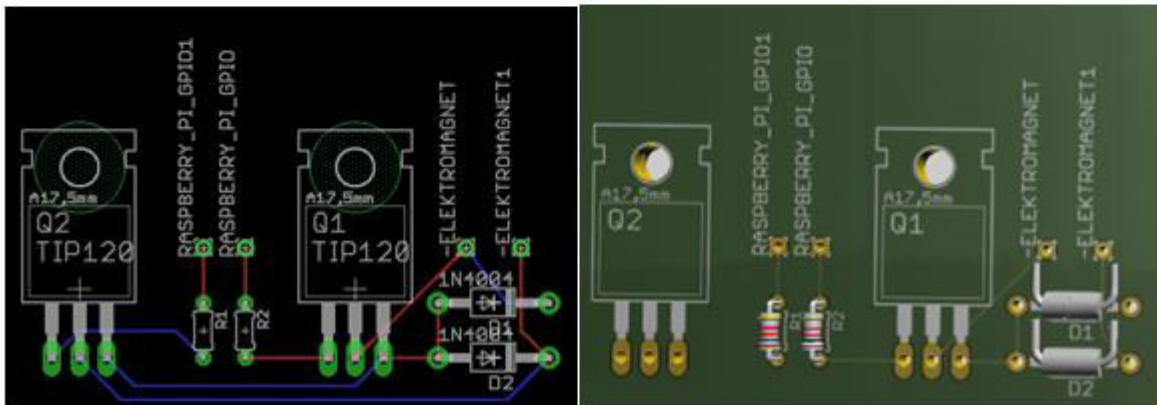
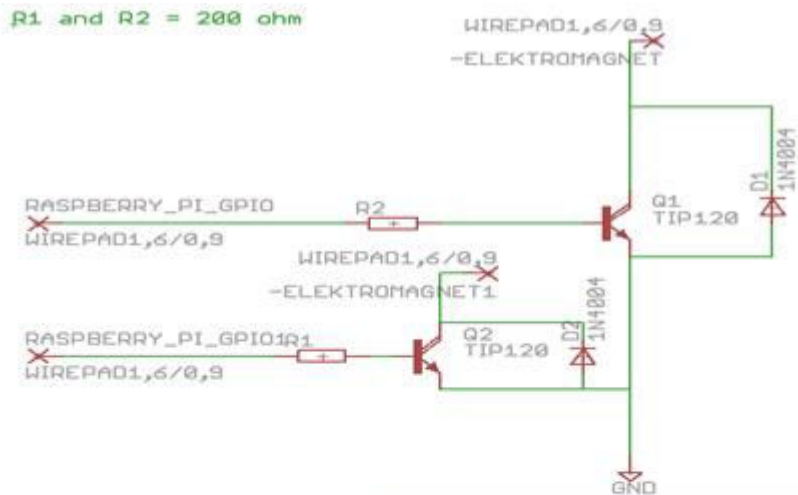
Kameran kopplas in med hjälp av en flatkabel direkt på Pi-kretskortet. För att kunna använda kameran behöver denna aktiveras i Linux. Detta görs med hjälp av kommandot "sudo raspi-config". För att kunna bruka kameran behövs ett Pythonbiblotek installeras. Detta görs med kommandoraden "sudo apt-get install python3-picamera" [52]. När detta är gjort är kameran redo att brukas.

6.2.2.2 Elektromagneter.

Två stycken elektromagneter monteras på undersidan av drönaren i syfte att låsa och släppa lasten. För att magneterna skall uppnå sin fulla hållkraft ska spänningen till magneterna vara 12 V till respektive magnet. Raspberry Pi-kretskortet levererar 3.3 V ut från GPIO-pinnarna[53]. För att kunna styra magneterna används transistor-switchar. Båda elektromagneterna får var sin transistor-switch då detta ökar redundansen i systemet.

6.2.2.3 Transistor switch.

Denna är uppbyggd kring en TIP120 Darlington-transistor. (NPN). Se figur 24. Transistor -switchen ska triggas på en 3.3 V-signal från Raspberry Pi[54]. När det sker ska kretsen slutas och spänningen till elektromagneterna är 12 V. Om signalen är låg (0 V) ska kretsen vara sluten vilket resulterar i att spänningen till elektromagneterna är 12 V. Ett kretskort designas i Eagle CAD men på grund av brist på tid hinner inget kretskort framställas. Kretsen realiseras på prototypkort.



Figur 18: Uptill: Kretsschema, Nere vänster: Kretskortslayout Nere Höger: Renderat kretskort[55].

6.2.2.4 GUI och Programkod.

För att erhålla funktionalitet i systemet skapas programkod för att styra de olika funktionerna. Sammantaget har sex olika program tagits fram. Programmen är skrivna i tre olika typer av språk: C, Python samt Bash script. För kod i helhet se bilaga 1.3.

GUI och styrprogram – (Filnamn: Main.cc)

Denna del är skriven i C och är tänkt att användas på datorn på marken.

Styrprogrammet hanterar funktionerna: Starta videoström på värddator, visa videoström från värddator, armera lastning samt släppa last. Styrprogrammet är skapat med GTK-bibliotek vilket ger möjlighet att skapa tryckknappar[56][57].

Tryckknapparna är kopplade till funktioner som i sin tur anropar programvara på Raspberry Pi-enheten, sittandes på drönaren[58]. Anropen sker via en SSH-tunnel vilket leder till god säkerhet.

Magnetstyrning – (Filnamn: active_magnet.sh, Inactive_magnet.sh, superscript.py, MagnetDrop_v1.py, MagnetDrop_on_boot.py)

Bash skripten (*.sh) startas från styrprogrammet och den startar i sin tur de olika Pythonprogrammen samt stänger ner de program som inte ska vara aktiva. Det Pythonprogrammen gör är att sätta GPIO-portarna kopplade till Switchkretsen till hög respektive låg.

Videoströmstyrning – (Filnamn: start_stream.sh)

Bashskriptet start_stream.sh skriver till terminalen på värddatorn vilken initierar videoströmmen. I denna kommandorad framgår vilken ip-adress samt vilken port som skall används, samt parametrar för videokvalitet.

6.2.2.5 SSH tunnel och Midnight commander.

Styrprogrammet sköter sin kommunikation genom en SSH-tunnel. Dock är styrprogrammet begränsat till ett fåtal kommandon. Om ytterligare kommandon och fininställningar efterfrågas kan dessa genomföras genom att öppna en terminal med SSH-stöd och styra Pi. Vidare har basstationen möjlighet att tanka hem sparad flygdata och videomaterial från Pi genom att använda programvaran Midnight commander. Detta kan även ske under flygning.

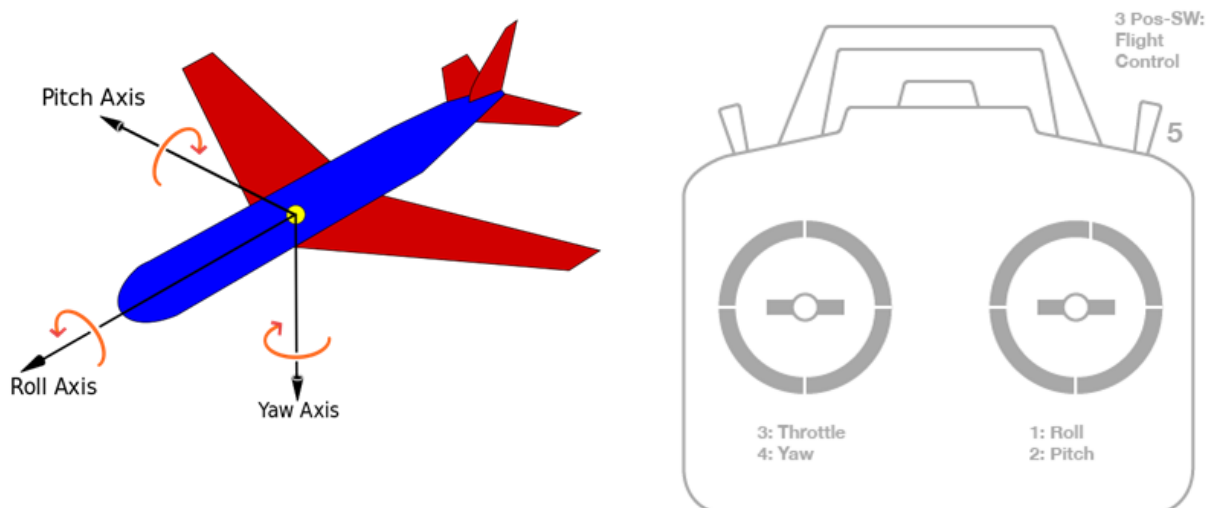
Funktionen att kunna tanka ned videomaterial från drönaren möjliggör att högupplöst material snabbt kan nå basstationen för en noggrann analys.

7. Tester.

Drönarsystemet som sådant är ett relativt komplext system och för att säkerställa systemets funktioner genomförs olika tester. Testerna delas upp i olika delar för att underlätta testning såväl som utvärdering. Testerna är viktiga och blir underlag för slutsatsen.

7.1 Test av drönarens respons på styrkommandon.

Vid diskussion av drönarens flygförmåga används olika termer för att beskriva manövrar. Drönarens nos är definierad för färdriktning framåt. Termen "Pitch" syftar på att lyfta nosen uppåt eller nedåt. Termen "Roll" syftar på att höja respektive sänka styrbord respektive babord sida av drönaren för att ändra drönarens färdriktning. Termen "Yaw" syftar på att rotera nosen runt drönarens egen axel. Termen "Throttle" syftar på gasreglage och reglerar hastigheten på motorerna[59].



Figur 19: Till vänster: bild som förklarar Yaw, Roll, Pitch Till Höger: Flygradio kontroller[60] [61].

Första testet genomförs på marken för att verifiera att radiolänk och styrsystem fungerar som tänkt. Batterier ansluts för att starta drönarens system.



Figur 20: Mission planner när FC anslutits[62].

7.1.1 Resultat.

Varje ESC indikerar kontakt med en tydlig ljudsignal. Radiolänk Tx startas och börjar sända. Därefter verifieras att radiolänken har synkroniserat mellan radiolänk Tx och Rx. Grön LED på Radiolänk Rx indikerar detta. I nästa steg testas apteringfunktionen av drönaren. På radiolänk Tx hålls Throttle i minimumändläge tillsammans med Yaw i maximum ändläge. Efter tre sekunder startas samtliga motorer, varvid visuell kontroll av rotationsriktning på varje motor görs. Avstängning av drönaren sker genom att hålla Throttle i minimum ändläge tillsammans med Yaw minimumändläge i två sekunder. Denna funktion fungerar korrekt.

Vidare testas att drönaren reagerar med olika utslag på Roll, Pitch och Yaw. Drönaren reagerar på input från radiolänk Tx, dock är det svårt att verifiera hur exakt utslagen blir i förhållande till drönarens reaktion.

FC kopplas upp mot Mission planner för att kontrollera status på drönaren. Drönarens plats i rummet kontrolleras. Tester på Pitch, Roll och Yaw genomförs genom att manuellt lyfta drönaren från marken och luta den i olika plan.

7.1.2 Slutsats.

Radiolänken fungerar som avsett. Styrsystemet fungerar som avsett. Det elektriska systemet såsom motorer, ESC och batterier fungerar som avsett.

7.2 Testflygning.

Testet görs för kontroll av drönarens grundfunktioner såsom stigning och landning. Under testet används ett batteri och ingen nyttolast är monterad. Testen är det första av många planerade testflygningar där många små steg görs för att testa alla system.

7.2.1 Resultat.

Drönaren startas med kommandon från radiolänk Tx. I detta läge står drönaren på tomgång och propellrar roterar med låg hastighet. Långsamt ökas Throttle för att öka lyftkraften upp till den nivå där drönaren nästan lyfter. På detta vis görs en visuell kontroll för att se om drönaren ser stabil ut och samtliga motorer ger samma lyftkraft. Därefter tas beslutet att öka Throttle till den nivå där drönaren lyfter. Drönaren lyfter oväntat snabbt och stiger till en höjd på cirka 10 meter på någon sekund. Den snabba stigningen regleras med nerdragning av Throttle för att landa drönaren. Nerdragningen

av Throttle är en aning för hastig vilket korrigeras återigen. Problemet löses inte utan förvärras för varje korrigerings vilket slutligen resulterar i att drönarens höjd sjunker för snabbt och landningen blir hårdare än planerat.

Konsekvensen av den hårda landningen blir att skador på drönaren uppstår.

Landningsstället skadas svårt med flera brott på plastdelar. Två stycken motorfästen bryts av vid den hårda stöten vid landningen. Även skador på propellrar uppstår i detta läge. Video av test, se bilaga 1.7.

7.2.2 Slutsats.

Analys av testflygningen visar att det mest uppenbara problemet är att teamet inte har erfarenhet av flyga en drönare. Att drönaren endast flögs med ett batteri och utan nyttolast gör att drönaren har mer kraft än väntat på grund av undervikt. Tillsammans med brist på erfarenhet leder detta till den hårda landningen. Bristen på flygerfarenhet belyser ett problem där vidare testflygningar skulle medföra för hög risk för skador på drönaren. Tiden är också en faktor vilket gör att framtida potentiellt tidskrävande reparationer blev ett stort bekymmer.

Tillsammans med projektets handledare togs beslutet att testa övriga system på marken för att kunna leverera drönaren i god tid. I och med att drönarens flygfunktion är bevisad så uppfyller det ett av de grundläggande kraven som därmed inte behöver testas ytterligare då "proof of concept" existerar.

Flera nackdelar kommer med detta beslut. Intressanta tester av hover time, mixed flight time och allmänna flygegenskaper får helt enkelt skjutas upp till ett senare tillfälle. Detta sker förslagsvis med en erfaren pilot.

7.3 Test av lastmodul.

Lastmodulen testas med hjälp av en vikt på 1,5 kg som fästs med hjälp av fästansordningen på undersidan av drönaren. Systemet styrs sedan med Raspberry Pi och dess programvara. Testerna som görs kan delas in i två testsekvenser. Den ena där drönaren inte är utsatt för yttre påverkan och den andra med yttre påverkan. Den yttre påverkan ska simulera de ryck och kast som drönaren utsätts för under färd. Detta test blir tämligen godtyckligt då de moment som drönaren utsätts för är svåra förutse och varje testomgång skiljer sig från tidigare utförda tester.

7.3.1 Resultat.

Testsekvensen utan yttre påverkan utförs tio gånger och samtliga testfall visar att systemet fungerar som tänkt. Testsekvensen med yttre påverkan utförs fem gånger med gott resultat. Lasten tappas ofrivilligt vid ett av testtillfällena vid kraftig påverkan. Detta då momentet överskred magneternas hållkraft och troligen också på grund av att lasten inte var optimalt fastsatt. Video av test, se bilaga 1.7.

7.3.2 Slutsats.

Systemet fungerar enligt de specifikationer som fastställts inom ramen för projektet. Det föreligger dock en liten risk att tappa lasten särskilt om denna överskrider de 1.5 kg som systemet designats för eller om drönaren utsätts för mycket kraftfulla kast. Systemet skulle kunna kompletteras med starkare elektromagneter och/eller bättre infästningar mot magneterna för att erhålla större säkerhetsmarginaler.

7.4 Test av kamera och gimbal.

Kamera med tillhörande gimbal testas monterad på bottenplattans undersida. Kameran som används är en Gopro Hero 2 som ersätter för en IR-kamera. Gimbal monteras på avsedd plats med skruv (M3) och mutter. Gimbalsystemet ansluts till 12 V. Kameran ansluts inte till spänning utan agerar endast som vikt. Därefter lyfts drönaren och vinklas i olika riktningar för att fastställa gimbalreaktion. Gimbalsystemets funktion med styrning via radiolänk testas ej på grund av tidsbrist.

7.4.1 Resultat.

Gimbal reagerar på drönarens rörelser som förväntat genom att hålla kameran horisontellt. Gimbal reagerar med god kontroll utan att vara ryckig eller stor överkoregering.

7.4.2 Slutsats.

Gimbalsystemet fungerar som avsett och resultatet från testet är positivt. Det Gimbalsystem som är införskaffat är av god kvalitet. Dock har inte systemets alla funktioner testats.

7.5 Test av FPV via radio.

FPV-systemet testas med systemet omonterat (av praktiska skäl). FPV Tx-sändare matas från drönarens batteri och FPV Rx matas från mobilt batteri. Test utförs från Lindholmospiren till Stenpiren med ett avstånd på 1 km. Av praktiska skäl kan inte längre tester utföras.

7.5.1 Resultat.

Den erhållna videoströmmen som visas på LCD-skärmen är god. Väderförhållanden under den rådande testdagen är goda.

7.5.2 Slutsats.

Systemet torde ha längre räckvidd än det testet återspeglar. Värt att ha i åtanke är att räckvidden begränsas vid nederbörd. För att systemet ska fungera tillfredsställande måste fri sikt mellan sändare och mottagare tillgodoses. Detta är ett problem särskilt i storstäder vilket är det tilltänkta aktionsområdet som drönaren har designats för.

7.6 Test av Raspberry CAM (FPV) via 3G.

FPV-systemet kopplas till Raspberry Pi-bestyckat med en 3G-USB-dongel. Syftet med testet är att kontrollera latensen mellan mottagare och sändare. Räckvidden kontrolleras inte då systemet har möjlighet att skicka den erhållna datan runt hela världen. Latenstestet utförs med ett avstånd på 11km mellan sändare och mottagare. Avstånd mellan sändare och mottagare är av vikt då detta avgör hur många 3G-master som signalen kommer att gå igenom (vilket givetvis påverkar latensen). Vidare är mottagarnas uppkoppling trådbunden mot ett fiber-koaxial nät. Sändarenheten använder 3G-modem. Slutligen görs tester för att uppskatta latensen. Detta görs med hjälp av telefonnätet där gester i kombination med talade kommandon och tidtagarur medför att en ungefärlig latens kan uppmätas. Som komplettering till detta test utförs även ett enkelt pingtest av mottagaren. För mätserie med tidtagarur, se bilaga 1.6.

7.6.1 Resultat.

En märkbar eftersläpning av videoströmmen noteras. Latensen uppmäts till ca 640 ms. Pingtiden bestäms till 350-400 ms.

7.6.2 Slutsats.

Systemet lider av viss fördröjning. Fördröjningen kan vara en begränsning vid vissa typer av uppdrag. Att navigera efter systemet torde fungera under vissa särskilda förhållanden, förslagsvis ovanför hustaken där navigationen inte är lika tidskritisk som nedanför hustaken. Vidare kan tilläggas att systemet troligen skulle erhålla bättre latenstider om mottagarstationen varit uppkopplad till en fiber-LAN-anslutning och om drönaren nyttjat 4G-modem.

7.7 Test av GPS.

Vid test av GPS-modul framgår det att FC inte får kontakt med satelliter. FC visar felmeddelandet NO FIX/ NO GPS i Mission Planner.

7.7.1 Slutsats.

GPS-modulens kompatibilitet med APM 2.8 verkar inte fungera. Detta är märkligt då de köptes i paket tillsammans. De åtgärder som görs för att få systemet att fungera är bland annat att uppgradera firmware på GPS-modulen. Detta görs med en hemmabyggt FTDI-enhet. Firmware-uppgraderingen lyckas men utan att lösa problemet. Efter indicier på internet framkommer att en brygga på undersidan av APM ska lödas ihop för att GPS-modulen ska kännas igen i programvaran. Detta görs men även i detta fall misslyckas GPS-modulen med att synkronisera mot APM.

8. Utvärdering & förbättringar.

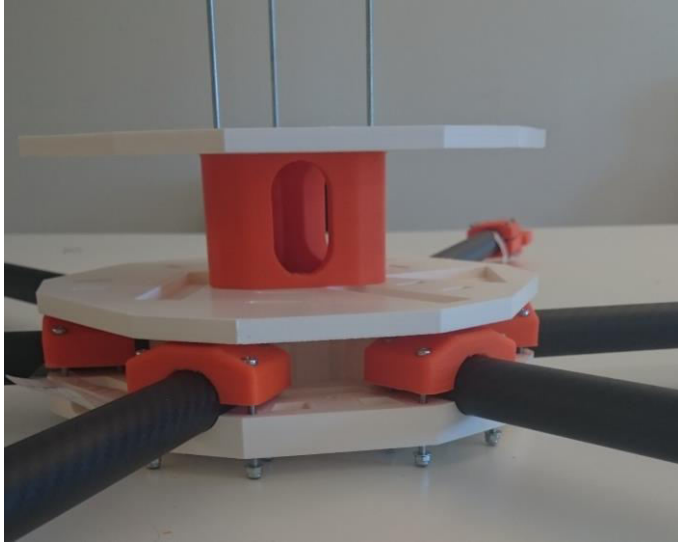
Projektet har varit mycket omfattande och berör hela kedjan från design, konstruktion till teknisk lösning. Detta medför att mer eller mindre inget område som projektet berört är optimalt bearbetat utan samtliga områden kan förbättras. Projektet delas här in i tre områden för att utvärdera arbetet. Områdena är Design, Teknisk lösning och Helhet.

8.1 Design.

Sammantaget har sexton olika delar/modeller designats och satts ihop till en drönare. Drönarens konstruktion har visat sig fungera så till vida att drönaren har lyft. Genomgående för samtliga plastmodellerna är att dessa kan förbättras.

8.1.1 Huvudkonstruktion.

Huvudkonstruktionen innefattar bottenplatta, elektronikplatta, distans, topplatta samt rörfästen. Bottenplattan är mycket styv vilket resulterar i att huvudkonstruktionen även den upplevs som styv och stabil. Samtliga kolfiberrör har mycket god passform. De krafter som uppstår i kolfiberrören upptas mycket väl i bottenplattan och bottenplattan har inte uppvisat några symptom på att vara underdimensionerad.

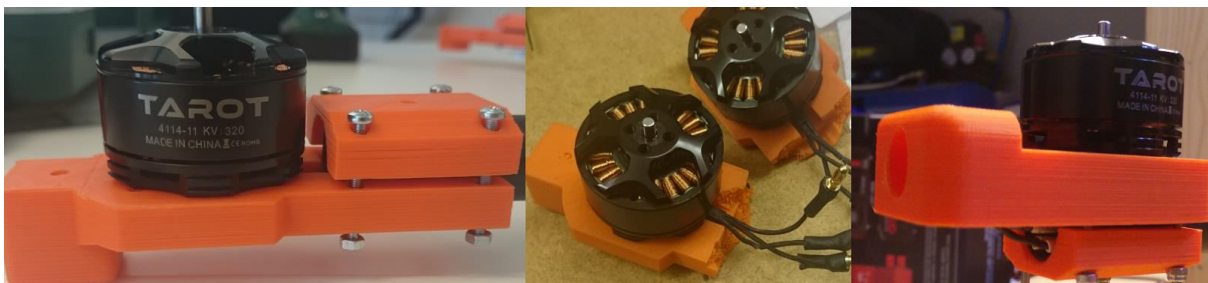


Figur 21: Drönarkropp[63].

Plattorna som bygger upp drönarens mitt kan göras lättare genom att sänka ifyllnadsgraden. Utifrån ett vikt/hållbarhetsperspektiv så borde plattorna ha blivit utskrivna med bikupemönster istället för rektangulärt mönster. Denna möjlighet fanns dock inte att tillgå med Chalmers skrivare. För att ytterligare minska vikten skulle plattorna kunnat designas med en något tunnare bas, vilket drastiskt skulle ha minskat vikten. Elektronikplattans utrymme upplevs begränsad efter att elektroniken monterats. Detta skulle kunna avhjälpas med en något större platta. Slutligen skulle en väderskyddande kupol på toppplattan både göra drönaren mer estetiskt tilltalande samt förbättra vädertåligheten.

8.1.2 Motorblock.

Tre olika versioner av motorblock har tagits fram. De två första versionerna har motorn utanför kolfiberröret vilket visar sig vara mindre lämpligt vid kraschlandningar (se figur 28). Momentet på motorblocket vid infästningen mot kolfiberröret blir mycket högt vilket resulterar i att motorblocket går av. Detta konstrueras om för att istället placera motorn över kolfiberröret vilket medför att momentet minskar vid infästningspunkt mot kolfiberröret.

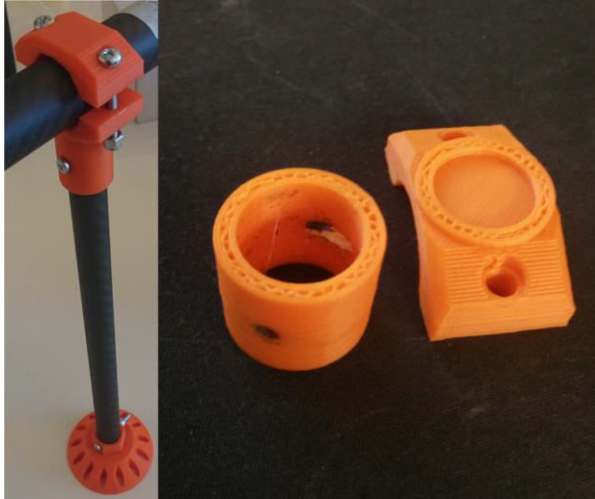


Figur 22: Till vänster: Motorblock V2. Mitten: Motorblock efter krasch. till höger: Motorblock V3[64].

Slutligen kan motorblock v3 designas tunnare i syfte att minska vikten.

8.1.3 Landningsställ.

För att tillse att underhängande utrustning inte tar i marken vid landning designas ett landningsställ. Landningsstället är den del i systemet som visar sig vara svårast att designa. Detta eftersom landningsstället behöver en längd på ca 28 cm för att underhängande utrustning inte ska ta i marken. Längden gör att momentet vid fötterna på landningsstället blir väldigt stort, särskilt om landningen inte är perfekt.



Figur 23: Landningsställ efter hårdlandning[65].

Som figur 29 visar sker brottet vid anslutningen till kolfiberröret. Detta kan avhjälpas med en bredare bas på landningsstället i kombination med att undvika skarpa 90 graders vinklar.

Landningsstället upplevs inte så stabilt som önskat. För att avhjälpa detta problem skulle korsstag kunna nyttjas mellan benen i syfte att få en starkare konstruktion.

8.1.4 Lasthantering systemet.

Systemdesignen fungerar mycket väl och tester (4.3) visar att designen fungerar enligt specifikationerna. Före testerna var en av farhågorna att systemet under vibrationer skulle släppa last. De magneter som används har en hållkraft på 10 kg tillsammans. Hypotesen var att små men kraftfulla vibrationer skulle skapa sådant moment att magneterna inte orkade hålla emot och således tappade lasten. Detta visar sig inte vara ett problem då lasthanteringssystemets design gör att enbart cirka 50 % av lastens vikt ligger på magneterna. Resterande 50 % ligger på vippgångstaven. Detta gör att momentet som skapas vid magneterna halveras vilket resulterar i att systemet klarar att hålla last under vibrationer och ryck.

Ett initialt problem med lasthanteringssystemet är att magneternas hållkraft är kraftigt beroende av att kopplingen mot magneterna är plan och att kraften som magneterna håller upp är vinkelrätt mot magnetens yta. Om en kraft drar objektet som fästs på magneterna rakt utåt så är hållkraften mycket stark. Om objektet som är fäst på magneterna däremot vinklas bort från magneten i ena kanten för att sedan dras utåt så minskar hållkraften kraftigt. Detta motverkas genom att designa magnetfästet plant med en i förhållandevis bred bas vilket ökar kontaktytan mellan last och magnet. Initialt används skruv (M8) för att ansluta skruvens skalle mot magnetfästet. Detta visar sig vara en dålig idé då texten på skallen gör att ytan mot magneten inte är plan. Vidare är skallens yta för liten vilket även det påverkar magneternas hållkraft. Detta avhjälpas

genom att kapa begagnade bågfilmsblad och limma dito på det 3D-utskrivna magnetfästet. Funktionen för lastsystemet kan ses i bilaga 1.7.

8.2 Teknisk lösning.

Flertalet system används för att drönaren ska erhålla önskad funktion. Överlag fungerar samtliga system som tänkt.

8.2.1 Flightcontroller.

Styrsystemet som används för att kontrollera drönaren fungerar men inte utan problem. Till att börja med inhandlas en inofficiell version av styrsystemet, APM version 2.8. APM Version 2.8 köps tillsammans med en extern kompass-modul kombinerad med GPS. Kompassen integreras med vissa svårigheter. Tyvärr accepterar FC inte GPS-modulen utan larmar för NO FIX/ NO GPS. GPS-modulen kontrolleras mot annan hårdvara och får kontakt med satelliter. Felsökningen går vidare med att kontrollera kopplingschema och detta är korrekt. FC förses med en ny mjukvara (Copter V3.3.3 Hexa) utan lyckad integrering med GPS-modulen. FC förses då med en äldre version av mjukvara (Copter V3.2.1 Hexa) utan lyckade resultat. Efterforskningar ger en bild av APM version 2.8 som lite oberäknelig och svårhanterlig. Då det är en inofficiell version finns inte samma stödfunktioner som för en officiell version. Orsaken till den misslyckade integreringen misstänks ligga i dålig kompatibilitet mellan GPS-modulen och FC. Konsekvensen av detta är att GPS-modulen inte integreras i drönarsystemet. Detta är olyckligt då flera viktiga funktioner som FC erbjuder bygger på GPS-koordinater. Detta är en tydlig begränsning för drönaren. Egenskaper som att till exempel hålla höjd eller flyga efter förutbestämd rutt är inte möjliga i detta läge.

FC integreras utan svårigheter med radiolänk.

8.2.2 Programvara.

Programvaran som brukas för att styra lasthanteringssystemet samt videoströmningsfunktionerna fungerar mycket bra. GUI-interfacet förenklar och effektiviserar kommunikationen avsevärt och fungerar under projektets gång klanderfritt. Programvaran är mycket responsiv. Med det sagt, kan givetvis interfacet förbättras. Som tidigare nämnt använder programvaran en SSH-tunnel för att kommunicera med drönaren. Tunneln öppnas varje gång en funktion aktiveras. Detta medför att operatören måste skriva in ett lösenord inför varje funktionsanrop. Detta är något som skulle kunna förbättras genom att använda sig av en tunnel som är öppen under hela programcykeln. Detta visar sig dock vara mycket svårt realisera i kod. Vidare skulle problemet kunna åtgärdas genom att nyttja TCP/IP-protokoll för att sända funktionsanrop. Detta är ett sätt som är tämligen enkelt att använda sig av. Dock medför lösningen att säkerheten minskar drastiskt då trafiken inte är krypterad.

För att förbättra videoströmningsfunktionen ytterligare skulle videokvalitetsparametrarna kunna ställas in på basstationen. Detta skulle medföra att kameran på drönaren skulle kunna skifta användningsområde under en flygning. Det vill säga, om kameran är tänkt att användas som FPV-kamera så bör/måste videokvalitetsparametrarna vara nedställda för att minimera latenstiderna. Om det sedan visar sig under uppdragets gång att uppdraget kräver detaljerade bilder över ett område så skulle detta kunna ändras i interfacet genom ett knapptryck. Detta förfarande är möjligt att göra i den befintliga programvaran. Dock så behöver vissa parametrar i programvaran förändras vilket genererar onödig tidsåtgång.

8.2.3 Radiolänk.

Radiolänksystemen integreras framgångsrikt. Systemet som sådant är påkostat och stödjer upp till fjorton kanaler. I detta system används endast sju kanaler. Detta ger utrymme för ytterligare funktioner såsom integration av gimbalsystemet. Under testerna upptäckts inga problem med interferens och räckvidden anses god.

8.2.4 FPV-system.

Systemet integreras väl utan större problem. Störningar relaterade till EMC påverkar videoströmmen och detta löses genom att tvätta signalkablarna. Systemets arbetsfrekvens på 5.8 GHz är känslig för interferens och yttre påverkningar. Exempel på detta är att systemet begränsas av krav på LOS. Utan detta försämras signalen kraftigt. Integreringen med OSD fungerar väl.

8.2.5 Motorer, ESC & Batterier.

Motorerna fungerar som förväntat, de lyckas lyfta drönaren som avsett. ESC fungerar som förväntat. Batterierna levererar önskad spänning och driver motorerna som tänkt. Gemensamt för dessa är att systemen inte testas till max på grund av endast en testflygning. Verifiering av simuleringsdata kräver att systemet testflygs ytterligare.

8.2.6 Propellrar.

APC-propeller testflygs med blandat resultat. Propellern visar sig flexa lite och den relativt stora vikten på 40 g per propeller har negativ påverkan på drönarens övriga lyftkapacitet. Detta påverkar även i slutändan flygtiden. Vid testflygningen skadas flera propellrar, men de splittras ej. Detta kan tolkas som en ökad säkerhetsmarginal för användaren och även för omgivningen som drönaren verkar i.

Propellern i kolfiber väger endast hälften av en APC-propeller som väger 40 g. Detta leder till en viktbesparing på $6 \times 20 = 120$ g. Ytterligare viktbesparingar med bytet från APC-propellrar till kolfiber görs då adaptorn som behövs vid användning av APC-propellrarna inte är nödvändig. Adaptorn väger 14.2 g vilket ger en viktbesparing på $4 \times 14,2 \text{ g} = 85,2 \text{ g}$. Detta ger en total viktbesparing på 205.2g vilket får anses vara mycket i sammanhanget. Propellern testflygs ej med konsekvensen att ytterligare utvärdering inte är möjligt. Efterforskningar har dock visat att propellrar gjorda av kolfiber har en tendens att splittras i många delar då de kommer i kontakt med marken eller annat föremål. Detta ger en minskad säkerhet då fragment kan skada människor och omgivning.

8.2.7 On screen display.

Integrering av OSD tar mer tid än förväntat. Tillgänglig dokumentation är klart begränsad och mycket tid läggs på efterforskningar. Uppdatering av mjukvara krävs. Inkoppling med FPV-system och tillhörande kamera fungerar väl. Vid start av drönarsystem startas OSD men flygdata matas inte in i FPV-systemets videoström. OSD måste startas om för att mata in flygdata vilket inte är som tänkt och är en tydlig nackdel. Omstart genomförs med strömavbrott från FC +5V.

Ett förslag på förbättring är att bygga in en brytare på +5 V från FC och på så vis möjliggöra en snabb och enkel omstart. Denna brytare bör monteras lättåtkomligt på utsidan av drönaren.

8.2.8 Signal och kraftkablage.

Kablaget som används vållar en del huvudbry. Stora EMC-problem uppstår, särskilt med hänsyn tagen till signalkablaget. Detta löses genom att tvinna kablaget för att på sådant vis minska de elektromagnetiska fält som skapas runt kablaget.

Den ström som går genom kablaget till motorerna är förhållandevis stor. Detta medför att kablaget väger en del. Vikten skulle kunna minimeras med aluminiumkabel. Detta då aluminiumkabel klarar mer ström per viktenhet än kopparkabel. För att ytterligare förbättra och förenkla installationen av kabelsystemet i drönaren bör ett kablage med fler kardeler användas. Detta skulle ge en mer följsam kabel som är enklare att arbeta med. Raspberryn är kopplad med Dupontkablar vilket inte är optimalt då drönarens vibrationer medför en risk att kablarna släpper från sina stift. Detta kan avhjälpas med att löda kablaget på Raspberryn. Detta har dock inte gjorts då det försvårar framtida tester och framtida utveckling av plattformen.

8.2.9 Transistor switch.

Kretsen utför sin uppgift. Farhågan var att kretsen skulle kunna utveckla en del värme vilket skulle smälta eltejpen som utgör skyddshöljet. I preventivt syfte löds kylflänsen tillhörande TIP-120-transistorn fast mot prototypkretskortet. Detta för att få en bättre värmespridning. Dock visar det sig i slutändan att det inte är ett problem utan kretsen håller låg temperatur.

8.3 Komplettering av nya system.

Ovan nämns hur de befintliga systemen fungerar samt hur de kan utvecklas för att bli bättre. Denna del tittar på de områden som inte konstruerats men som skulle kunna förbättra drönarens funktion.

8.3.1 Förslag på dockningsstation.

För att förbättra drönarens förmåga och användarvänlighet bör systemet utvecklas mot att bli mer autonomt. Merparten av drönarens livslängd kommer den inte att vara på uppdrag. När väl ett flyguppslag ska utföras bör drönaren också vara redo för uppdrag. Detta innebär att drönarens batterier måste vara fulladdade och att drönaren ska ha möjlighet att lyfta från platsen som den är placerad på. Ett sätt att möjliggöra detta är genom att placera drönaren i en dockningsstation. Dockningsstationen skulle kunna väderskydda drönaren och samtidigt ladda batterierna. Dockningsstationens väderskydd skulle kunna bestå av en plastkupol som på kommando öppnas och låter drönaren påbörja sitt uppdrag. För att ytterligare förbättra dockningsstationen kan den kompletteras med laserinledning av drönare vilket skulle medföra att drönaren autonomt har möjlighet att landa i dockningsstationen. Att använda en dockningsstation skulle sannolikt minska underhållskostnader och samtidigt minska den tid det tar för drönaren att sättas in i uppdrag.

8.3.2 Förbättringsrekommendationer.

För att ha möjlighet att snabbt byta utrustning på drönaren kan ett skensystem nyttjas. Skenorna skulle fästas mot drönarens undersida och de applikationer som snabbt ska kunna sättas på. För att förse applikationerna med styr signaler och/eller spänning bör skensystemet kompletteras med snabbanslutningar för dessa. Detta kan göra med fjärderspända sprintar som, när fästet är i rätt läge, skjuts in mot en kontaktyta som förbinder signaler och spänningskablar med utrustningen.

8.3.3 Enkel systemhantering av drönaruppdrag.

De operatörer som flyger drönaren är troligen inte ingenjörer vilket ställer krav på att systemet är mycket enkelt att använda. I dagsläget kan ruttplanering ske i programvaran Mission planer. Nackdelen med programvaran är att denna inte är anpassad till drönarens uppgift vilket medför att flera programvaror måste användas med följd att styrningen blir mer komplex.

Det mest optimala skulle vara om drönarens programvara mottager uppdragsposition och sedan jämför positionen mot ett eget bibliotek med rutter och kopplar ruttdatan mot väderinformation för att på så vis beräkna bästa rutt, för det specifika uppdraget, under rådande väderförhållanden.

9. Diskussion.

Huvudsyftet med detta projekt, att designa och bygga en drönare med samhällsnyttig funktion, i detta fall ett system med en lastkapacitet på 1.5 kg har uppnåtts.

Konstruktionen av drönaren har lyckats ur de flesta aspekter. Flygkroppen blev stabil och stadig om man bortser från landningsstället. Svårigheter att bedöma krafter under landning ledde till att landningsstället blev underdimensionerat och behöver designas om för att fungera optimalt.

Signal -och kraftkablage har fungerat som tänkt och mött förväntningarna. Utvärdering av kablage visar att det går att förbättra kablage genom användning av aluminiumkabel istället för kopparkabel[66]. Detta ger en viktbesparing. Kablaget kan även kortas lite för att ge ytterligare viktbesparing.

Drönaren har testflugits med bra resultat men resulterade i att vidare praktiska tester inte har genomförts på grund av tidsbrist i kombination med brist på flygerfarenhet. Testflygningen visar att drönaren är flygduglig men inte är testad under vissa förutsättningar. Drönarens kraftfullhet kunde dokumenteras vilket bådär gott för att den ska klara uppställda mål. Däremot innebär det faktum att drönaren testades med halva batterikapaciteten och ingen nyttolast att man inte helt har kunnat styrka detta.

Framtida testflygningar kan genomföras med relativt små medel och görs förslagsvis tillsammans med en erfaren pilot.

Simulering ger en uppskattad flygtid mellan 21-28 minuter vilket anses möta riktmärket 25 minuter.

Design och konstruktion av lastsystemet blev lyckad. Konstruktionens lyftkapacitet på 1.5 kg har verifierats med praktiska tester där det framgår att lasten hålls på plats under

förhållanden med skakningar och vibrationer. För att verifiera drönarens förmåga att leverera en nyttolast i form av en defibrillator behöver drönaren testflygas ytterligare.

Lastsystemets förmåga att via mobilnätet släppa lasten ses som en stor framgång och är lovande för vidare utveckling i framtiden. Målsättningen med att designa ett lastsystem som ska kunna leverera en last på 1.5 kg anses har uppnåtts, om än inte testflugits.

Drönaren är designad för att kunna bära en kamera med tillhörande gimbalssystem för att möjliggöra en stabil bild under flygning. Förutsatt att en kamera inte väger mer än 1.5 kg kommer drönaren att ha samma förutsättningar att flyga som när det skulle flyga med en nyttolast på 1.5 kg. Tester med värmekamera har inte gjorts på grund av höga kostnader.

Autonom flygning är teoretiskt möjligt men inte testad i praktiken på grund av att integreringen av GPS-modulen inte var framgångsrik. Detta är olyckligt då avsaknad av denna funktion begränsar drönarens förmåga att utföra komplicerade manövrar och flygplaner. Utvärdering av den misslyckade integreringen pekar på att FC inte är kompatibel med den aktuella GPS-modulen.

FPV-system med live videoström har testats framgångsrikt. Video har skickats trådlöst över frekvensen 5.8 GHz från drönaren till en mottagande LCD-skärm där video av god kvalitet uppnås tillsammans med telemetri från drönarens FC. Videoström har även skickats över 3G-nätet med goda resultat. Detta anses vara mycket framgångsrikt då utvecklingsmöjligheterna är stora med ett system som förlitar sig på mobilnät i bebyggelse.

Räckvidd på 1000 meter har testats med FPV-system framgångsrikt. Under detta test användes frekvensen 5.8 GHz vilket har en begränsning. Systemet är känsligt för störningar i form av visuella hinder.

Räckvidden med FPV där videoström skickas över mobilnätet har testats och anses vara lång. Tekniken behöver förfinas för att minska problem med latens men har stora utvecklingsmöjligheter och till synes obegränsad räckvidd.

Radiolänkens räckvidd har inte testats utöver den enkla testflygningen. Dess maximala räckvidd föreslås testas vid framtida testflygningar.

Styrning av drönare sker med en operatör via radiolänken. Via en terminal kan en andra operatör se videoström från drönaren och släppa nyttolast vid lämpligt tillfälle. Detta är ett lyckat resultat och faller inom ramen för den uppsatta målbilden. Tillsammans med kamera och tillhörande gimbal kan systemet vidareutvecklas så att kameran kan styras av operatören som sitter vid en terminal. Denna möjlighet är intressant ur flera perspektiv. Den ena operatören kan fokusera på flygning av drönaren och den andra kan fokusera på hantering av kameran. Detta är ett möjligt utvecklingsområde som är intressant vid ytterligare utveckling av kamerasytemet.

Med projektets delsyfte i åtanke kan det utifrån projektets resultat styrkas att drönare har en framtid inom samhällstjänster. Människors syn på drönare kan i framtiden komma att skifta från "militära system" till "civila system" om samhället tar åt sig

tekniken. Med lite fantasi framgår det att drönarens civila applikationer är näst intill oändliga. Projektet har lyckats med uppgiften att bygga en drönare som, trots att den inte är helt färdigtestad, med största sannolikhet, kan leverera en nyttolast, till exempel en defibrillator.

Detta banar väg för stora möjligheter för samhällsnyttan. Med ett antal drönare strategiskt utplacerade på höga byggnader kan ett stort område täckas. Drönarens räckvidd och hastighet gör aktionsradien effektiv och kostnadseffektiv. Potentialen är stor då den ökade tillgängligheten på defibrillatorer kan ge ökad trygghet med snabb hjälp vid eventuella hjärtstopp. Om drönarens möjlighet att flyga autonomt utvecklas så kan ett fungerande system erhålla koordinater att flyga till för att leverera sin last. Ett sådant system kan hantera sig själv och behöver endast programmeras med koordinater och grundläggande instruktioner. Detta skulle minimera kostnaderna för handhavandet. Drönaren kan även utrustas med ett kommunikationssystem så att en operatör kan kommunicera med en nödställd. En riskanalys bör göras för att fastställa risker för allmänheten där drönaren får anpassas för ökad trygghet.

Om drönarsystemet utvecklas till den punkt där drönare kan lyfta i dåligt väder och alltid vara tillgänglig ökas den potentiella nyttan. Kostnaden för ett sådant system kan mycket väl bli kostnadseffektivt då kostnaden vägt mot nyttan blir låg. Jämfört med en ambulanshelikopter som har stora kostnader och inte nödvändigtvis kan åka på alla larm relaterade till hjärtsjukdom eller andra situationer så medicinsk utrustning måste levereras så har drönaren flera fördelar. En drönare kan ta sig till platser som inte är tillgängliga för en helikopter då en stor och fri yta krävs för att landa en helikopter. Drönarens kostnad per flygtimme är också låg jämfört med en helikopter.

För brandförsvaret finns det flera fina möjligheter med att ha en drönare i sin arsenal. Baserat på projektets tester med Gimbal och tillhörande kamera kan följande bild målas:

Med en monterad IR-kamera kan till exempel en skogsbrands omfattning kartläggas snabbt. Beroende på kamerans egenskaper kan glödbäddar och värmemönster kartläggas och hanteras därefter för att förhindra spridning och underlätta släckningsarbetet. Drönare kan även användas till att undersöka byggnader som brinner, en överflygning med IR-kamera kan snabbt ge en bild av situation. Farliga föremål och människor i nöd kan snabbt kartläggas utan att riskera brandmännens liv. Designas drönaren så att den kan monteras på en brandbil och sitter i en dockningsstation, vilket föreslås i rapporten, så skapas hög användarvänlighet och korta led till beslutsfattande befäl.

Eftersök av försvunna personer eller vid drunkningstillbud kan en drönare göra stor nytta då en snabb överblick av aktuellt sökområde kan genomföras. Även kustbevakningen skulle kunna ta vara på dessa egenskaper då landets kuster och hav ska övervakas.

Drönare har historiskt sett använts för militära syften. Den stämpeln har varit svår att tvätta bort. Detta är en bidragande orsak till att det kan komma att ta lång tid att få allmänheten att acceptera drönare.

Drönare anses ha en relativt liten negativ påverkan på miljön. Utvinning av råmaterial till batterier, motorer och elektronik har visserligen en påverkan på miljön men drönaren har potential att ersätta maskiner som drivs av kolväten. Dessa maskiner är ofta tunga och den besparing av drivmedel som drönaren kan bidra med är potentiellt stor.

Drönare i drift medför missljud som kan störa allmänhet samt djurliv. Jämfört med en helikopter så är denna påverkan dock tämligen låg.

Teknikutvecklingen är snabb och förbättringar inom batteriteknik, konstruktionsmaterial och motorer kommer att driva utveckling framåt i en rasande takt. Energitätheten i batterierna kommer öka, vilket leder till ökad flygtid och räckvidd. Just räckvidden är ett intressant område där styrning kan ske på långa avstånd. Resultat från rapporten gällande möjligheten att koppla upp drönaren mot 3G-nätet är ur utvecklingssynpunkt väldigt intressant. I projektet testas det att skicka FPV-video över mobilnätet med lyckat resultat. Detta öppnar upp för möjligheten att skicka data över väldigt långa distanser. Om drönaren kan konverteras så att styrning sker via mobilnätet istället för en radiosändare så öppnas möjligheten för i princip oändlig räckvidd med avseende på styrning. Detta kan utvecklas till att ha en nationell kommandocentral där olika typer av drönaruppdrag kan utföras. Utvecklingen av mobilnätets överföringskapacitet bådär väl för utveckling, där 5G kommer att leda till allt högre överföringskapacitet av data. Med ökad överföringskapacitet kan högre krav ställas på videoströmmens kvalitet och övriga system.

10. Slutsats.

Ett problem som uppstod under projektets gång var tidspress, framförallt mot slutet. En högre växel borde lagts i till en början för bakgrundsarbete och val av delar, med tanke på långa leveranstider. Vid inköp av komponenter till drönare borde mer fokus lagts på användarvänlighet och inte dess kostnad. Valet föll ofta på billiga komponenter, många av dem fungerade utmärkt men i backspegeln så lades mycket tid på integrera enskilda system. Komponenter av högre kvalitet kan mycket väl ha underlättat integreringen och sparat tid och ett par gråa hår.

Testflygningen gick inte som planerat utan avslutades, som bekant, med en kraschlandning. Dock visar den att det finns hög tillgänglig motoreffekt. Detta, i förhållanden till drönarens tillfälliga undervikt, gjorde den svår att manövrera. Denna höga effekt indikerar att drönaren har kapacitet att lyfta ytterligare vikt. Detta är positivt och ligger som grund för att fler tester kan göras i framtiden för att utreda drönarens fulla kapacitet.

Konsekvensen av att drönaren skadades vid landningen blev att det, i samråd med handledare, beslutades vidare testflygningar sköts på framtiden och andra test av systemen gjordes istället på marken. Detta fick flera negativa konsekvenser då utvärderingen av drönarens flygegenskaper inte blev klar inom tidsramen för detta projekt. Ur en retrospektiv synvinkel så borde man ha startat med att bygga en mindre drönar demo. Detta hade förenklats mycket och ökat chanserna för större antal och mer lyckade testflygningar. Att transportera och manövrera en drönare av den här storleken kan, så här i efterhand, anses alltför avancerat att starta med som nybörjare på drönarområdet.

Om man hade förutsett svårigheterna med att manövrera drönaren så skulle studiebesök på flygklubbar och närmare stöd samt instruktioner från erfarna piloter prioriterats, vilket troligen hade bidragit till stabilare och mer lyckade testflygningar.

En av de delar som inte haft möjlighet att bli testad upprepade gånger är landningsstället. Det kunde dock konstateras att det var underdimensionerat och instabilt. Ett sätt att förbättra landningsställets funktion skulle vara att använda korsstag.

En annan viktig aspekt som skapat väldigt mycket frustration och försvårat arbetet är avsaknaden av ett välutrustat labb med bra verktyg. Många gånger saknades korrekt verktyg eller så var verktygen av låg kvalitet. Detta tog mycket tid i anspråk att åtgärda eller jobba sig runt. Särskilt behövs en bra lödstation och precisionsverktyg vara av ytterst vikt.

Sammantaget anser gruppen att mål och syfte med projektet har uppnåtts. Dock har gruppen underskattat en rad potentiella komplikationer när man med hobbyverktyg och nybörjarkunskap tar sig an ett projekt av den här kalibern. Gruppen är därför nöjd att, utifrån sina förutsättningar ha kunnat påvisa möjliga samhällsnyttiga funktioner med drönare och att bygga en demo som exempel på detta.

11. Referenslista.

- [1]: *U.S Air force*, "RQ-4 Global Hawk", Tillgänglig: <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104516/rq-4-global-hawk.aspx>, 2014, (Acc 2016-05-25)
- [2]: *Wikipedia*, "Electronic speed control", Tillgänglig: <https://en.wikipedia.org/wiki/VTOL>, 2008, (Acc 2016-05-25)
- [3]: *ArduPilot Dev Team*, "Chopper home", Tillgänglig: <http://ardupilot.org/copter/index.html>, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [4]: *Multicoptersarefun*, "There are several popular frame layouts for multicopters", <http://multicoptersarefun.com/MulticopterOverview.html>, (Acc 2016-05-25)
- [5]: *Kim Nordqvist*, "Hexacopter med propeller riktning", 2016
- [6]: *Wikipedia*, "Lithium polymer battery", Tillgänglig: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_polymer_battery, 2010, (Acc 2016-05-25)
- [7]: *MIT Electric Vehicle Team*, "A guide to understanding battery specifications", Tillgänglig: http://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf, 2008, (Acc 2016-05-25)
- [8]: *Jon Titus*, "Careful designers get the most from brushless DC motors, ECN (Electronic Communication Network)", Tillgänglig: <http://www.ecnmag.com/article/2012/08/careful-designers-get-most-brushless-dc-motors>, 2012, (Acc 2016-05-25)
- [9]: *Wikipedia*, "Motor constants", Tillgänglig: https://en.wikipedia.org/wiki/Motor_constants, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [10]: *ArduPilot Dev Team*, "Connect ESCs and Motors", Tillgänglig: <http://ardupilot.org/copter/docs/connect-escs-and-motors.html>, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [11]: *Wikipedia*, "Propeller (aeronautics)", Tillgänglig: [https://en.wikipedia.org/wiki/Propeller_\(aeronautics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Propeller_(aeronautics)), 2011, (Acc 2016-05-25) [11]:
- [12]: *ArduPilot Dev Team*, "Attach propellers", Tillgänglig: <http://ardupilot.org/copter/docs/connect-escs-and-motors.html#attach-propellers>, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [13]: *Pilotfriend*, Fixed wing flight training, Tillgänglig: http://www.pilotfriend.com/training/flight_training/fixd_wing/props.htm, (Acc 2016-05-25)
- [14]: *David Windestål*, "FPV Starting guide ,RCExplorer", Tillgänglig: <http://rcexplorer.se/educational/2009/09/fpv-starting-guide/>, 2009, (Acc 2016-05-25)
- [15]: *Ecalc 2009*, "Simuleringsverktyg", Tillgänglig: <http://www.ecalc.ch/xcoptercalc.php?ecalc&lang=en>, (Acc 2016-05-25)
- [16]: *US Department of energy*, "Top 9 Things you didn't know about carbon fiber", Tillgänglig: <http://energy.gov/articles/top-9-things-you-didn-t-know-about-carbon-fiber>, 2013, (Acc 2016-05-25)
- [17]: *The Prospector, Underwriters Laboratories (UL)*, "Polylactic Acid (PLA) Typical Properties", Tillgänglig: <http://plastics.ulprospector.com/generics/34/c/t/polylactic-acid-pla-properties-processing>, (Acc 2016-05-25)
- [18]: *Wikipedia*, "Polylactic acid", Tillgänglig: https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid#cite_note-3, 2015, (Acc 2016-05-25)
- [19]: *The Prospector, Underwriters Laboratories (UL)*, "Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Typical Properties generic ABS", Tillgänglig: <http://plastics.ulprospector.com/generics/1/c/t/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-properties-processing>, (Acc 2016-05-25)

- [20]: *Stratasys*, "Dimension 1200es", Tillgänglig: <http://www.stratasys.com/3d-printers/design-series/dimension-1200es>, (Acc 2016-05-25)
- [21]: *Jimmy Eriksson*, "Pugh-matris drönarkonfigurationer", 2016
- [22]: *Ecalc 2009*, "Simuleringsverktyg", Tillgänglig: <http://www.ecalc.ch/xcoptercalc.php?ecalc&lang=en>, (Acc 2016-05-25)
- [23]: *Hobby King*, "Zippy Flightmax 8000 mAH", Tillgänglig: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_16228_ZIPPY_Flightmax_8000mAh_6_S1P_30C.html, (Acc 2016-05-25)
- [24]: *Tarot*, "Tarot 4114/320Kv", Tillgänglig: http://www.tarot-rc.com/index.php?main_page=product_info&products_id=248, (Acc 2016-05-25)
- [25]: *Hobby King*, "ESC Turnigy Multistar 30A", Tillgänglig: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_65156_Turnigy_Multistar_30A_Slim_V_2_ESC_With_BLHeli_OPTO_2_6S.html, (Acc 2016-05-25)
- [26]: *Hobby King*, "APC Propeller 16", Tillgänglig: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_84407_APC_Style_Propeller_16x5_5_Grey_CW_CCW_2pcs_.html, (Acc 2016-05-25)
- [27]: *Hobby King*, "Carbon fiber propeller 16", Tillgänglig: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_66709_Quantum_Carbon_Fiber_T_Style_Propeller_16x5_5_CW_CCW_2pcs_.html?strSearch=quantum%20carbon%20fiber%2016, (Acc 2016-05-25)
- [28]: *Ebay*, "FPV TX/RX kit", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/5-8G-FPV-200mW-AV-Transmitter-TX-5-8GHz-Rx-Receiver-TS351-RC805-Kit-Black-/251932398372?hash=item3aa8575324:g:cwAAAOSwcvhVN1k5>, (Acc 2016-05-25)
- [29]: *Kim Nordqvist*, "Pugh-matris olika radiofrekvenser", 2016
- [30]: *Futaba*, "14SG", Tillgänglig: <http://www.futabarc.com/systems/futk9410-14sg/>, (Acc 2016-05-25)
- [31]: *Raspberry PI foundation*, "Raspberry PI 3 model B", Tillgänglig: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [32]: *Ebay*, "Mini OSD micro", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/Soldered-Mini-OSD-MICRO-Minim-OSD-W-KV-TEAM-MOD-For-APM-Pixhawk-Naze32-OD010-/131743211200?hash=item1eac81dec0:g:4~AAAOSwyjBW2YIY>, (Acc 2016-05-25)
- [33]: *Feiyu-tech*, "Gimbal MiNI 3d", Tillgänglig: <http://www.feiyu-tech.com/products/10/prm/>, (Acc 2016-05-25)
- [34]: *Ebay*, "Kamera 600TVL", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/Mini-600TVL-Plastic-Housing-FPV-30-30mm-Camera-with-SONY-CCD-for-RC-Hot-/291289716293?hash=item43d2385645:g:EuIAAOSwmUdUXEKh>, (Acc 2016-05-25)
- [35]: *Ebay*, "Raspberry PI CAM", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/New-1-3-Camera-Module-Board-5MP-Webcam-Video-1080p-720p-Fast-for-Raspberry-Pi-/301734878391?hash=item4640ccdb7:g:MjQAAOSwQTVV7rVG>, (Acc 2016-05-25)
- [36]: *Ebay*, "12V DC elektromagnet", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/DC-12V-Electric-Lifting-Magnet-Electromagnet-Lift-Solenoid-Holding-5Kg-11LB-/121173865564?hash=item1c3686745c:g:LTkAAOxyNa9SIL3R>, (Acc 2016-05-25)
- [37]: *Ebay*, "Step down converter", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/161833990353?trksid=p2060353.m2749.l2649&ssPageName=STRK%3AMEBIDX%3AIT>, (Acc 2016-05-25)

- [38]: Sky RC, "Efuler 30A Power supply", Tillgänglig:
http://www.skyrc.com/index.php?route=product/product&product_id=167, 2015, (Acc 2016-05-25)
- [39]: iCharger 306B Overview, iCharger NZ, 2011,
<http://www.icharger.co.nz/Products/306B.aspx>, (Acc 2016-05-25)
- [40]: Jimmy Eriksson, Design och bild, 2016
- [41]:Ibid
- [42]:Ibid
- [43]:Ibid
- [44]:Ibid
- [45]:Ibid
- [46]: Ibid
- [47]: Ibid
- [48]: Ibid
- [49]: Ibid
- [50]: Ibid
- [51]: Kim Nordqvist, Hexacopter med propellriktning, 2016
- [52]: Raspberry PI foundation, "Python Picamera", Tillgänglig:
<https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/camera/python/README.md>,
2016, (Acc 2016-05-25)
- [53]: Raspberry PI foundation, "GPIO: Model a+, b+, raspberry pi 2b and raspberry pi 3b", Tillgänglig: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio-plus-and-raspi2/>, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [54]:Darlington Transistors, "Basic Electronics Tutorials", Tillgänglig:
<http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/darlington-transistor.html>, 2010, (Acc 2016-05-25)
- [55]: Jimmy Eriksson Design och bild , 2016
- [56]: GNOME Foundation, "GtkButton" Tillgänglig:
<https://developer.gnome.org/gtk3/stable/GtkButton.html>, (Acc 2016-05-25)
- [57]: GNU operating system, "The Button widget", Tillgänglig:
http://www.gtk.org/tutorial1.2/gtk_tut-6.html, (Acc 2016-05-25)
- [58]: GNOME Foundation, "Packing", Tillgänglig:
<https://developer.gnome.org/gtk3/stable/ch01s02.html>, (Acc 2016-05-25)
- [59]: Wikipedia, "Flight dynamics",Tillgänglig:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_dynamics_\(fixed-wing_aircraft\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_dynamics_(fixed-wing_aircraft)), 2009, (Acc 2016-05-25)
- [60]: Wikipedia, (Bild) Yaw, Pitch, roll,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yaw_Axis_Corrected.svg, (Acc 2016-05-25)
- [61]: ArduPilot Dev Team, (Bild) Transmitter mode2 setup,
http://ardupilot.org/copter/images/rc_transmitter_mode2_setup.png, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [62]: Kim Nordqvist, bild från mission planner, 2016
- [63]: Kim Nordqvist, Foto. Drönarplattan, 2016
- [64]:Ibid
- [65]:Ibid
- [66]: Ge Industrial: Larry Pryor, Rick Schlobohm, Bill Brownell: "A comparison of aluminium vs copper as used in electrical equipment", Tillgänglig:
<http://apps.geindustrial.com/publibrary/checkout/Alum-Copper?TNR=White%20Papers|Alum-Copper|generic>, (Acc 2016-05-25)

- [67]: *Hobby King*, "Zippy Flightmax 8000 mAH", Tillgänglig: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_16228_ZIPPY_Flightmax_8000mAh_6_S1P_30C.html, (Acc 2016-05-25)
- [68]: *Tarot*, "Tarot 4114/320Kv", Tillgänglig: http://www.tarot-rc.com/index.php?main_page=product_info&products_id=248, (Acc 2016-05-25)
- [69]: *Hobby King*, "ESC Turnigy Multistar 30A", Tillgänglig: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_65156_Turnigy_Multistar_30A_Slim_V_2_ESC_With_BLHeli_OPTO_2_6S.html, (Acc 2016-05-25)
- [70]: *Ebay*, "FPV TX/RX kit", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/5-8G-FPV-200mW-AV-Transmitter-TX-5-8GHz-Rx-Receiver-TS351-RC805-Kit-Black-/251932398372?hash=item3aa8575324:g:cwAAAOSwcwhVN1k5>, (Acc 2016-05-25)
- [71]: *Futaba*, "14SG", Tillgänglig: <http://www.futabarc.com/systems/futk9410-14sg/>, (Acc 2016-05-25)
- [72]: *Ebay*, "Kamera 600TVL", Tillgänglig: <http://www.ebay.com/itm/Mini-600TVL-Plastic-Housing-FPV-30-30mm-Camera-with-SONY-CCD-for-RC-Hot-/291289716293?hash=item43d2385645:g:EuIAAOSwmUdUXEKh>, (Acc 2016-05-25)
- [73]: *Raspberry PI foundation*, "GPIO: Model a+, b+, raspberry pi 2b and raspberry pi 3b", Tillgänglig: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio-plus-and-raspi2/>, 2016, (Acc 2016-05-25)
- [74]: *Sky RC*, "Efuler 30A Power supply", Tillgänglig: http://www.skyrc.com/index.php?route=product/product&product_id=167, 2015, (Acc 2016-05-25)
- [75]: *iCharger 306B Overview*, *iCharger NZ*, 2011, <http://www.icharger.co.nz/Products/306B.aspx>, (Acc 2016-05-25)
- [76]: *Kim Nordqvist*, Foto. Drönarplattan, 2016
- [77]: *Ibid*
- [78]: *Ibid*
- [79]: *Ibid*
- [80]: *Ibid*
- [81]: *Ibid*
- [82]: *Ibid*
- [83]: *Kim Nordqvist*, Design och bild 2016
- [84]: *Ibid*
- [85]: *Ibid*
- [86]: *Jimmy Eriksson* foto 2016
- [87]: *Ibid*

Bilaga 1.1 - Komponenter

Batterier[67]:

Capacity(mAh)	8000
Config (s)	6
Discharge (c)	30
Weight (g)	1220
Max Charge Rate (C)	5
Length-A(mm)	165
Height-B(mm)	69
Width-C(mm)	52

Motor[68]:

Motor peripheral diameter: 46.00mm
Stator diameter: 41.0 mm
Stator end thickness: 14.0 mm
Stator end: 24N
Motor number of poles: 22P
Diameter: 0.31mm
Per volt speed: 320 RPM / Volt
Of 22.2V empty annexed current: 0.5 Amps
Motor internal resistance: 126 mΩ
Motor Weight: 148 Grams
Gear shaft mounting diameter: \varnothing 4.0 mm
Motor Length: 32.0 mm
Motor shaft total length: 37.0 mm

ESC[69]:

Specs:

Constant Current: 30A

Input Voltage: 2-6 cell Lipoly

BEC: No, OPTO

PWM: 8 KHz

Max RPM: 240,000rpm for 2 Pole Brushless Motor

PCB Size: 40mm x 17mm

Discharge Plugs: Male 3.5 Bullet Connector

Motor Plugs: Female 3.5mm Bullet Connector

Weight: 32g

Källa: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_65156_Turnigy_Multistar_30A_Slim_V2_ESC_With_BLHeli_OPTO_2_6S.html

FPV-System[70]:

Wireless transmitter	
Model no.	TS351 5.8G 200mW 8 channel AV transmitter
Modulation	Wideband FM modulation
Video format	NTSC / PAL

Output impedance	500hm
Output power	22dBm (21~23dBm)
Channel frequency	CH1 5705/ CH2 5685/ CH3 5665/ CH4 5645 CH5 5885/ CH6 5905/ CH7 5925/ CH8 5945 MHz
Operating voltage	12V (7.0-15V)
Supply current	150mA
Operating temperature	-10 ~ +85°C
Video band width	8.0MHz
Audio carrier frequency	6.5MHz
Video input level	1.0Vp-p (0.8~1.2Vp-p)
Video input impedance	75ohm
Audio input level	0.5~2.0Vp-p
Audio input impedance	10Kohm
Antenna connector	SMA
Product size	Approx. 5.5 * 2.6 * 1.7cm / 2.2 * 1.0 * 0.7in (No including antenna)
Product net weight	Approx. 25g / 0.88oz (No including antenna)
Wireless receiver	
Model no.	RC805
Receiving frequency	5725 ~ 5865MHz; 8 Channels
Receiving sensitivity	-90dBm
Frequency control	Built-in frequency and phrase lock loop
Double lines AV output	Analog AV signal output
Antenna connectors	Inside the needle
Power supply voltage	6.5V ~ 12V
Supply current	150mA
Operating temperature	-10 ~ +50°C / +14 ~ +122°F
Storage temperature	-20 ~ +60°C / -4 ~ +140°F
Operating humidity	85% RH
Housing color	Black
Product size	Approx.7.5 * 5.4 * 1.6cm / 3.0 * 2.1 * 0.6in(No including antenna)
Product net weight	Approx. 42g / 1.47oz (No including antenna)
Total information	
Package size	Approx. 13.6 * 6.7 * 7.2cm / 5.4 * 2.6 * 2.8in
Package weight	Approx. 177g / 6.24oz

Radiolänk[71]:
Futaba t14SG

Sony 1/3 600TVL kamera[72]:

Specifications:

Item: Camera
Image sensor: 1/3 SONY CCD
Resolution: 600TVL
TV system: PAL:753(H) * 582(V)
Operating voltage: DC-12V
Current consumption: 70mA or less
Synchronization: Internal
S / N ratio: More than 48dB
Illumination: 0.5Lux
Video output: VBS 1.0P-P.75oms
Digital noise reduction: 2 DNR
White balance: ATW1/ATW2/MANUAL

Working temperature: -10 C ~ +60 C
Storage temperature: -20 C ~ +80 C
Item size: Approx. 3.2 * 3.0 * 3.0cm / 1.3 * 1.2 * 1.2in
Item weight: 14g / 0.5oz
Package size: 9.6 * 6.7 * 5.7cm / 3.8 * 2.6 * 2.2in
Package weight: 65g / 2.3oz

Raspberry 3b[73]:

Nättaggregat [74]:

Laddare[75]:

Bilaga 1.2 – Kostnad

Kostnad för inköp av komponenter

Vid val av komponenter sker prioriteringen utifrån följande parametrar i följande ordning: funktion, vikt och kostnad. Produkterna måste uppfylla de tekniska funktioner som systemet designas för. Låg vikt har hög prioritet då vikt har stor påverkan på systemets flygtid. Kostnaden för produkterna måste hållas låg med tanke på budget. Den totala kostnaden för det här projektet delas upp i två poster: kostnader för själva drönaren och kostnader för stödsystem. Posten stödsystem innehåller kostnad för till exempel nättaggregat och batteriladdare.

Kostnad drönare: 13640 kr

Kostnad stödsystem: 2500 kr

Slutsats inköp och simulering av drönarsystemet.

Med hjälp av simuleringar och resonemang kring drönarens uppgift har en hexacopter-konfiguration valts ut. Flygdatoren är av typen APM och tillåter GPS-navigering. Drönarkroppen designas för att möta kravspecifikationen. Vidare används 320Kv motorer med 16"-propellrar då dessa, anpassat till projektets tänkta lastvikt, ger den längsta flygtiden. Drönaren utrustas med två FPV-system. Ett analogt som sänder över 5.8 GHz och ett digitalt som använder 3G-nätet (TCP/IP). Anledningen till att två system väljs är för att det digitala systemet inte säkert fungerar då latenstiden för ett sådant system är okänd, detta upplägg är inte särskilt välstuderat. IR-kamera används inte då inköp av en blir för dyrt.

Lasten är att vara kopplad till ett system som bygger på att två elektromagneter håller uppe lasten tills dess att lasten ska släppas. Magneterna ska kunna styras från en Raspberry Pi 3b. Kommunikationen till drönaren, med avseende på flyginput, sker över 2.4GHz och sänds från en radiokontroll.

Kostnad för drönare:

Komponent:	Namn:	Antal:	Ca pris/st(kr*)	Totalt:
Motor	Tarot 4114	6	325	1950

ESC	Turnigy Multistar 30 A Slim	6	120	720
Batteri	Zippy Flightmax 8000 mAh	2	510	1020
Kolfiberrör	22x20x500 matt	6	140	840
Kolfiberrör	16x14x500 matt	4	105	420
Propeller	APC 15.5.5	4	110	440
Propeller	Quanum 16x5.5	5	120	600
Kablage & tillbehör		1	200	200
On board dator	Raspberry pi 3b+ minneskort	1	700	700
Radiolänk	Futaba t14SG +r7008 sb	1	3400	3400
FC	APM 2.8	1	400	400
FPV TX RX	Boscam	1	250	250
OSD	OSD	1	100	100
FPV kamera	Sony 600 tvl	1	200	200
Gimbal	Feiyu tech mini 3d	1	1400	1400
Övrigt:	Reservdelar,diverse mm	1	1000	1000

Summa kr: 13640

Komponent:		Antal:	Ca pris/st(kr*)	Totalt:
Nättag	SKYRC Efuel 30 A	1	1100	1100
Batteri laddare	iCharger 306 b	1	1400	1400

Summa kr: 2500

*: Pris är baserat på växlingkurs SEK- Euro, 2016-05-27

Bilaga 1.3 - Kod

Programkod Main.CC

```
#include <gtk/gtk.h> // Importerar bibliotek. gtk.h är biblioteket som hanterar GUI koden.
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
```

```
//Funktioner som nyttjas vid knapp tryck.
static void Active_magnet (GtkWidget *widget, gpointer data) // När knappen "Activate loading lock" blir triggad skall denna funktion anropas.
{
```

```

system("ssh pi@bouncingbetty2.chickenkiller.com sh ./c_program/active_magnet.sh &"); //
Skriver det inom "" till terminalen. Detta gör att en SSH tunnell öppnas mot värddatorn
(raspberryn)
// När tunneln mot värddatorn är öppen skall bash scriptet active_magnet.sh öppnas. & betyder
att vi ej väntar på svar på scriptet
}
static void Inactive_magnet (GtkWidget *widget, gpointer data) // När knappen "Drop cargo"
blir triggad skall denna funktion anropas.
{

system("ssh pi@bouncingbetty2.chickenkiller.com sh ./c_program/Inactive_magnet.sh &"); //
Skriver det inom "" till terminalen. Detta gör att en SSH tunnell öppnas mot värddatorn
(raspberryn)
// När tunneln mot värddatorn är öppen skall bash scriptet INactive_magnet.sh öppnas. &
betyder att vi ej väntar på svar på scriptet

}
static void START_STREAM (GtkWidget *widget, gpointer data) // När knappen "Start video-
stream" blir triggad skall denna funktion anropas.
{

system("ssh pi@bouncingbetty2.chickenkiller.com sh ./c_program/START_STREAM.sh &"); //
Skriver det inom "" till terminalen. Detta gör att en SSH tunnell öppnas mot värddatorn
(raspberryn)
// När tunneln mot värddatorn är öppen skall bash scriptet START_STREAM.sh öppnas. &
betyder att vi ej väntar på svar på scriptet

}

static void View_stream (GtkWidget *widget, gpointer data) // När knappen "View steam" blir
triggad skall denna funktion anropas.
{
// Skriver det inom "" till terminalen. Kommandot öppnar GST-Viewer. Vidare öppnas
videolänken mot ddns adressen bouncingbetty2.chickenkiller.com på port 5000.
system("gst-launch-1.0 -v tcpclientsrc host= bouncingbetty2.chickenkiller.com port=5000 !
gdpdepay ! rtpH264depay ! avdec_h264 ! videoconvert ! autovideosink sync=false &");

}

static void Pkill (GtkWidget *widget, gpointer data) // När knappen "Kill video steam" blir
triggad skall denna funktion anropas.
{
system("ssh pi@bouncingbetty2.chickenkiller.com pkill -f raspivid"); //Kopplar upp mot PI med
ssh och stänger stream servern.

}

static void //Funktion där knappar länkas och definieras.
activate (GtkApplication *app, gpointer user_data)
{
GtkWindow *window; //Fönster initiering
GtkWidget *grid; //Rutmönster initiering
GtkWidget *button; //knapp initiering

```

```
window = gtk_application_window_new (app); //Skapar Fönstret
gtk_window_set_title (GTK_WINDOW (window), "HexaPI Controller"); //Döper Fönstret
gtk_container_set_border_width (GTK_CONTAINER (window), 10);
```

```
//skapar kontainern där knappar ska fästas emot.
grid = gtk_grid_new ();
gtk_container_add (GTK_CONTAINER (window), grid);
```

```
button = gtk_button_new_with_label ("Start video-stream "); //skapar knappen "Start video-
stream "
g_signal_connect (button, "clicked", G_CALLBACK (START_STREAM), NULL); //Knyter
knapptryck till ett event. I detta fall skall funktionen START_STREAM köras.
```

```
gtk_grid_attach (GTK_GRID (grid), button, 0, 0, 1, 1); // bestämmer knappens storlek och
placering.
```

```
button = gtk_button_new_with_label ("View stream"); //skapar knappen "View stream
g_signal_connect (button, "clicked", G_CALLBACK (View_stream), NULL); //Knyter knapptryck
till ett event. I detta fall skall funktionen View_streamköras.
gtk_grid_attach (GTK_GRID (grid), button, 1, 0, 1, 1); / bestämmer knappens storlek och
placering.
```

```
button = gtk_button_new_with_label ("Activate loading lock"); //skapar knappen "Activate
loading lock"
g_signal_connect_swapped (button, "clicked", G_CALLBACK (Active_magnet), window); //Knyter
knapptryck till ett event. I detta fall skall funktionen Active_magnet köras.
gtk_grid_attach (GTK_GRID (grid), button, 2, 1, 1, 1); // bestämmer knappens storlek och
placering.
```

```
button = gtk_button_new_with_label ("Drop cargo"); //skapar knappen "Drop cargo"
g_signal_connect_swapped (button, "clicked", G_CALLBACK (Inactive_magnet), window);
//Knyter knapptryck till ett event. I detta fall skall funktionen Inactive_magnet köras.
gtk_grid_attach (GTK_GRID (grid), button, 2, 0, 1, 1); // bestämmer knappens storlek och
placering.
```

```
button = gtk_button_new_with_label ("Kill video stream"); //skapar knappen "Kill video stream"
g_signal_connect_swapped (button, "clicked", G_CALLBACK (Pkill), window); //Knyter
knapptryck till ett event. I detta fall skall funktionen Pkill köras.
gtk_grid_attach (GTK_GRID (grid), button, 1, 1, 1, 1); // bestämmer knappens storlek och
placering.
```

```
button = gtk_button_new_with_label ("Quit"); //skapar knappen "Kill video stream"
```

```

g_signal_connect_swapped (button, "clicked", G_CALLBACK (gtk_widget_destroy), window);
//Knyter knapptryck till ett event. I detta fall skall funktionen gtk_widget_destroy köras.
gtk_grid_attach (GTK_GRID (grid), button, 0, 2, 4, 1); // bestämmer knappens storlek och
placering.

```

```

gtk_widget_show_all (window); //Visar alla knappar samtidigt på det öppnade frönstret.

```

```

}

```

```

int
main (int argc,
char **argv)
{
GtkApplication *app;
int status;

```

```

app = gtk_application_new ("org.gtk.example", G_APPLICATION_FLAGS_NONE); //
programsnutten som startar "activate" funktionen: Detta sätter igång knapp och fönster
hanteringen.

```

```

g_signal_connect (app, "activate", G_CALLBACK (activate), NULL);
status = g_application_run (G_APPLICATION (app), argc, argv);
g_object_unref (app);

```

```

return status;

```

```

}

```

```

// https://developer.gnome.org/gtk3/stable/gtk-getting-started.html har nyttjats för att förstå
och ha möjlighet att skapa detta program

```

Programkod superscript.py

```

#Denna kod nyttjas för att sätta Raspberry pi utgångarna till ett fast värde när PIn startas. Detta
"program" anropas ac ett bash script som körs direkt vid boot up.

```

```

import os
import time
import RPi.GPIO as GPIO #Importerar GPIO bibliotek
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(13,GPIO.OUT) # Sätter pin 18 till ingång
GPIO.setup(11,GPIO.OUT) # Sätter pin 16 till ingång

```

```
GPIO.output(13,GPIO.LOW) #Sätter utgångarna lågt.  
GPIO.output(11,GPIO.LOW)
```

```
GPIO.cleanup()
```

Programkod Magnet_drop_v1.py

```
import os  
import time #importerar tid bibliotek  
import RPi.GPIO as GPIO #Hämtar biblioteket som möjliggör hantering av GPIO portar  
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) #aktiverar GPIO portarna på kretskortet.  
GPIO.setwarnings(False)  
GPIO.setup(13,GPIO.OUT) #Sätter pin 13 till utgång  
GPIO.setup(11,GPIO.OUT) #Sätter pin 11 till utgång  
GPIO.setup(16,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN) # Sätter 16 till ingång.  
GPIO.setup(18,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN) # sätter 17 till ingång.  
  
input = GPIO.input(16) and GPIO.input(18) #skapar variabeln input. Input beror på ingångarna  
pin 16 och 18  
  
var = 1 #skapar variabel var med konstant värde 1.  
print "Welcome"  
#os.system('clear')  
while var == 1 : # kollar vilket värde variabeln var är. (alltid 1) vilket gör att programmet  
kommer att köras i en oändlig loop.  
  
if input: #om input är sann kommer GPIO 13 och 11 att läggas låga. Detta gör att spänningen till  
magneterna bryts och lasten släpps.  
    GPIO.output(13,GPIO.LOW)  
    GPIO.output(11,GPIO.LOW)  
    time.sleep(3) #gör att portarna är låga i 3 sekunder.  
else:  
    GPIO.output(13,GPIO.HIGH) #om inte input är sann skall GPIO 13 och 11 vara höga. dvs  
magneterna är spänningssatta.  
    GPIO.output(11,GPIO.HIGH)  
  
GPIO.cleanup()
```

Programkod MagnetDrop_on_boot.py

```
import os  
import time #importerar tid bibliotek  
import RPi.GPIO as GPIO #Hämtar biblioteket som möjliggör hantering av GPIO portar  
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) #aktiverar GPIO portarna på kretskortet.
```

```

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(13,GPIO.OUT) #Sätter pin 13 till utgång
GPIO.setup(11,GPIO.OUT) #Sätter pin 11 till utgång

var = 1 #skapar variabel var med konstant värde 1.

while var == 1 : # kollar vilket värde variabeln var är. (alltid 1) vilket gör att programmet
kommer att köras i en oändlig loop.

    GPIO.output(13,GPIO.LOW) # Sätter GPIO pin 13 och 11 lågt -> Lasten släpps ty spänningen
bryts
    GPIO.output(11,GPIO.LOW)

GPIO.cleanup()

```

BASH – Script active_magnet.sh

```

pkill -f MagnetDrop_on_boot.py #Dödar programet MagnetDrop_on_boot.py
python ./c_program/MagnetDrop_v1.py #Öppnar Magnetdrop_v1.py

```

BASH – Script Inactive_magnet.sh

```

pkill -f MagnetDrop_v1
python ./c_program/MagnetDrop_on_boot.py

```

BASH – Script Inactive_magnet.sh

```

pkill -f MagnetDrop_v1
python ./c_program/MagnetDrop_on_boot.py

```

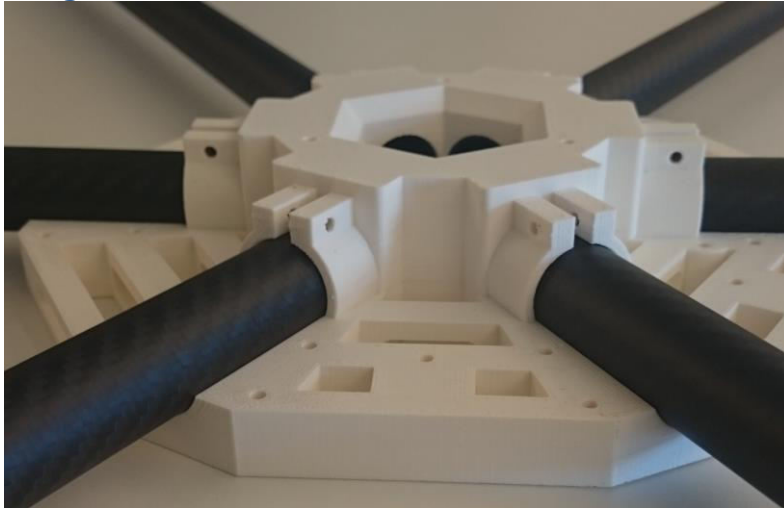
BASH – Script START_STREAM.sh

```

// Kommando rad för att starta video ström på PI. -h och -w avgör upplösningen på strömmen. -
Fps uppdateringsfrekvensen. Strömmen läggs på dnss servern bouncingbetty2.chickenkiller.com
port=5000
raspivid -t 999999 -h 480 -w 640 -fps 25 -fps 10 -hf -b 2000000 -o - | gst-launch-1.0 -v fdsrc !
h264parse ! rtph264pay config-interval=1 pt=96 ! gdppay ! tcpserversink
host=bouncingbetty2.chickenkiller.com port=5000

```

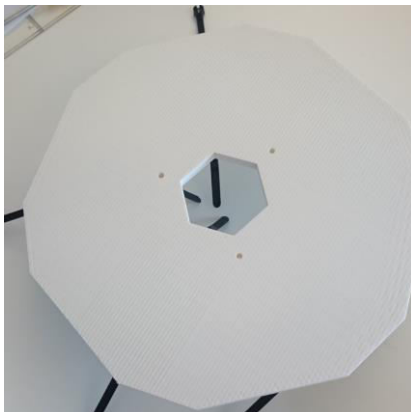
Bilaga 1.4 – Bilder



Figur 24: Bilden visar försänkning och genomföringar[76].



Figur 25: Bild visar elektronikplattan med buntband[77].



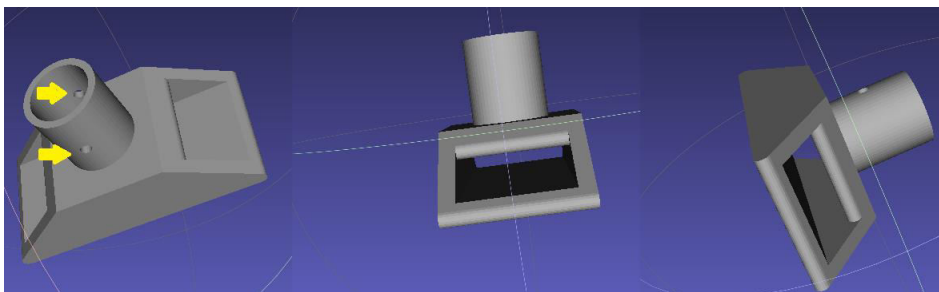
Figur 26: Bild visar topplattan[78].



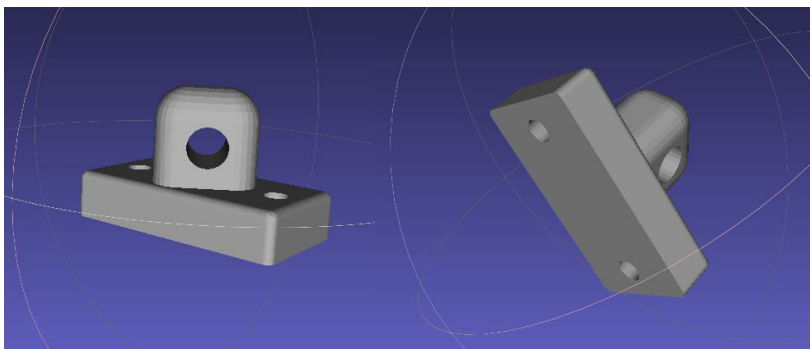
Figur 27: Bild visar distanshylsa[79].



Figur 28: Bild på motor med fästhål markerade med röd pil[80].

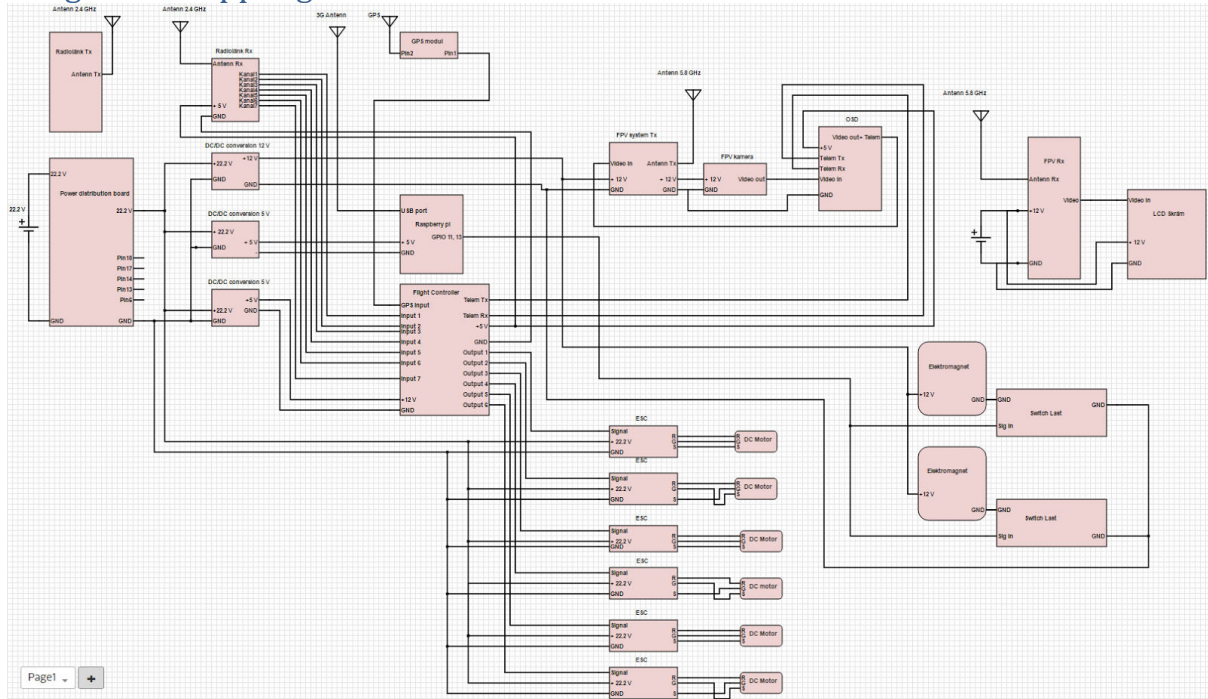


Figur 29: Fästen för bandet som ska markera var gränsen går. Gul pil markerar hål för sprint till rör[81].

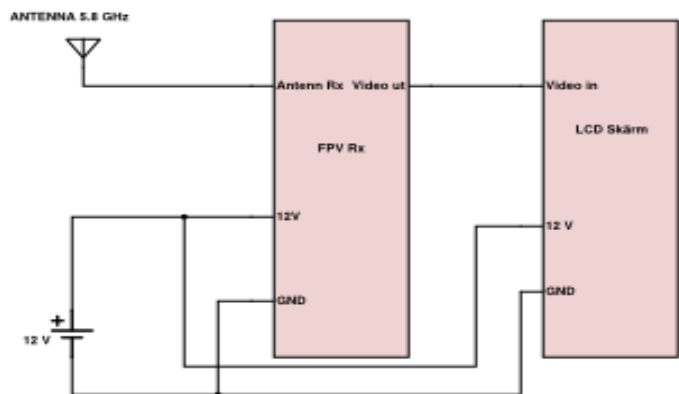
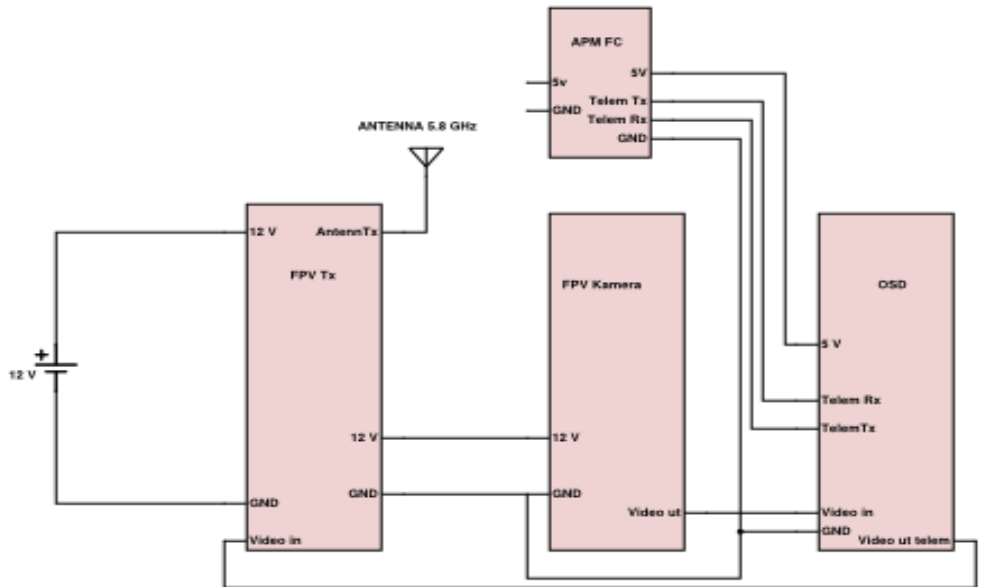


Figur 30: Hållare för gängstav, monteras på flygkroppen[82].

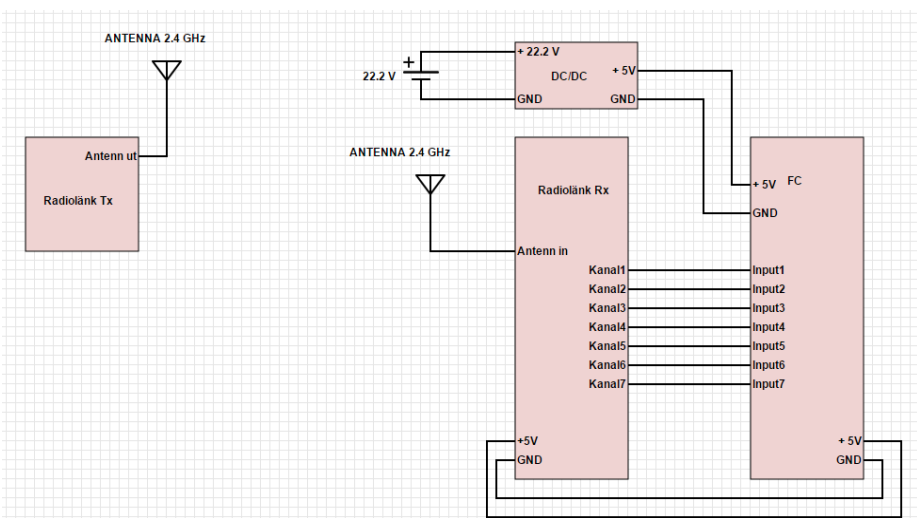
Bilaga 1.5 - Kopplingschema



Figur 31: Kopplingschema drönar system[83].



Figur 32: kopplingschema FPV-system[84].



Figur 33: Kopplingschema Radiolänk[85].

Bilaga 1.6 - Mätdata latens

Test av latens med tärsur	
Test nr:	Uppmätt tid:
1	0,69
2	0,58
3	0,61
4	0,62
5	0,64
6	0,68
7	0,67
8	0,65
9	0,62
10	0,63
Snitt tid:	0,639

Bilaga 1.7 - Video av tester

Filmad testflygning, video är upplagd på youtube.com

<https://www.youtube.com/watch?v=aMzSFhbv-WM>

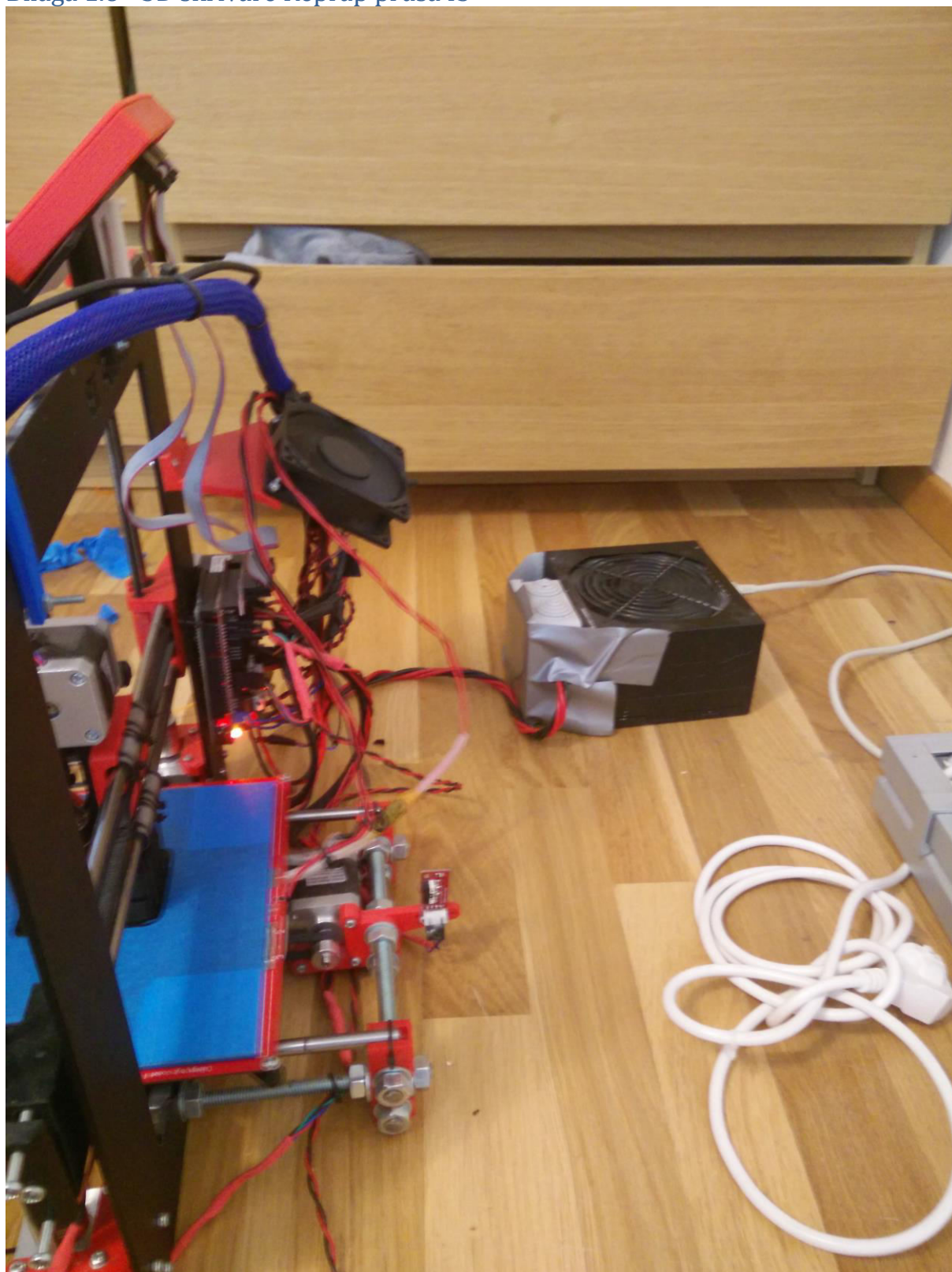
Filmad test av lastsystem, visar hur en last på 1.5 kg monteras och släpps. Video är upplagd på youtube.com

<https://www.youtube.com/watch?v=-6nUBhiq8VQ>

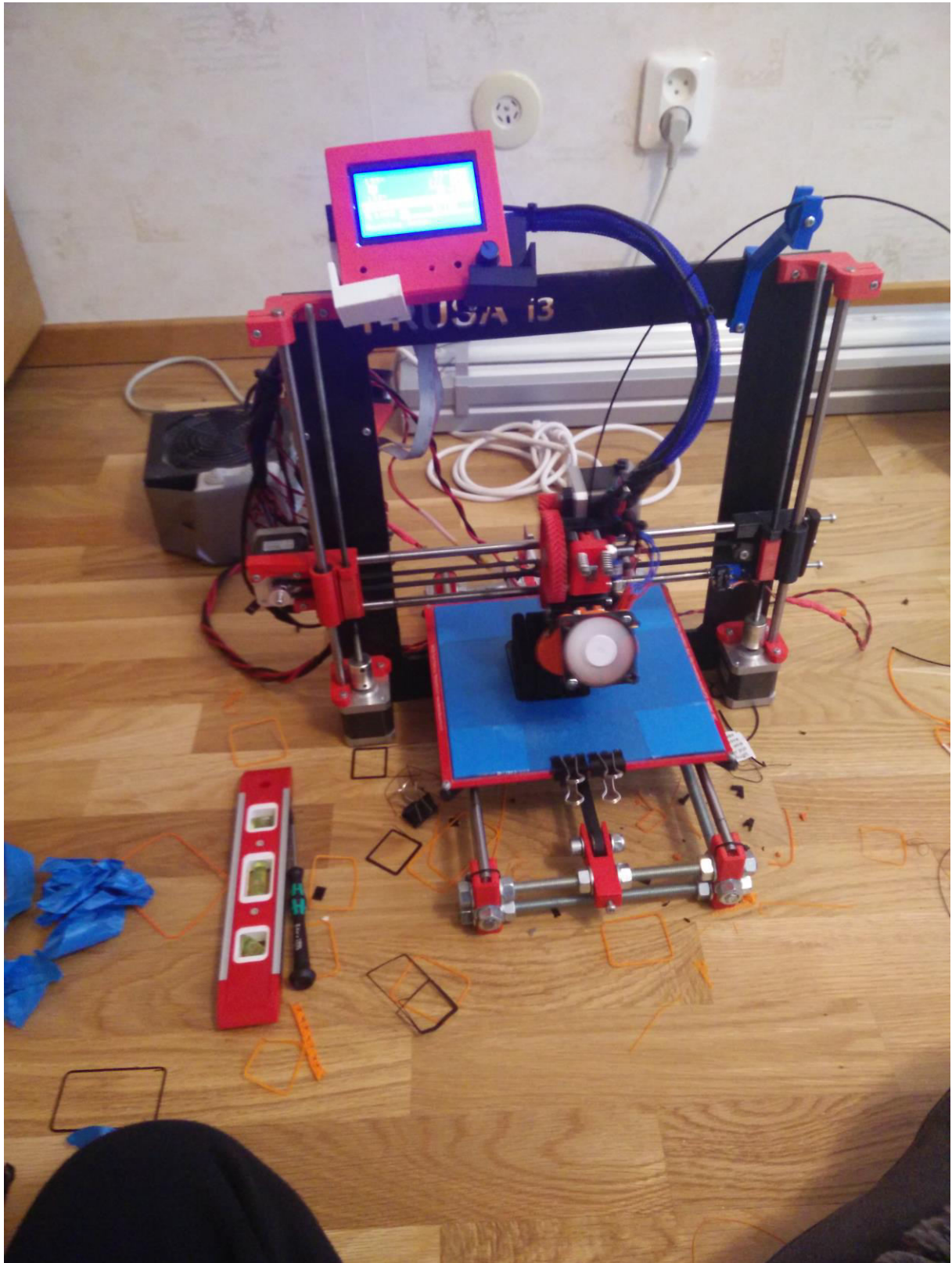
Filmad test av lastsystem. Testet visar skak och vibrationstest på en 1.5 kg tung last.

<https://www.youtube.com/watch?v=TSM0ID-j63w>

Bilaga 1.8 - 3D skrivare Reprap prusa I3



Figur 34: i3 Prusa nättag & elektronik[86].



Figur 35: i3 Prusa under utskrivning[87].

Bilaga 1.9 - Skrivarinställningar

	3D modell	Infill pattern	Infill %	Print ok?	Part ok?	Antal	Utskrivna	Klar	Kommentarer
1									
2	Drone_arm_holder_PART_2	Honeycomb	30%?			4	4		Sticker ut ca 3 mm framför ethäl. Påverkar enbart det estetiska. Älgardas om tid medger dela
3	DRONE_BODY_V4_electromagnet	Redilinear	N/A			1	1		Chalmers skrivare
4	DRONE_TOP_BODY	Redilinear	N/A			1	1		Chalmers skrivare
5	DRONE_TOP_TOP_BODY	Redilinear	N/A			1	1		Chalmers skrivare
6	DRONE_TOP_TOP_DISTANCE_BODY	Honeycomb	30%			1	1		Uppstäckas kuma skrivas 15% infill
7	ELECTROMAGNET_HOLDER_DOWNSIDE_V3	Honeycomb	30%			2	2		
8	LANDING_GEAR	Honeycomb	30%			4	4		
9	LANDING_GEAR_FOOT	Honeycomb	15,00%			4	4		
10	MOTOR_MOUNT_V1_part_2	Honeycomb	25%			6	6		ok, några små skönhets missar
11	MOTOR_MOUNT_V4_PART1	Redilinear	30%			6	6		25%skestad. Utdär gjomodell med samma printinställningar har skrivits ut
12	PROP_GUARD_V1	Honeycomb	30%			6	0		utgår - modifierat motorblock/kompletter
13	PROP_GUARD_V1_part2	Honeycomb	15%			6	6		
14	RELEASE_CARGO_HOLDER_part2_V_electromagnet_V2	Honeycomb	20%			1	1		
15	RELEASE_CARGO_HOLDER_V_electromagnet	Honeycomb	20%			1	1		
16	RELEASE_CARGO_ROD_HOLDER	Honeycomb	20%			2	2		Tält passform! Delarna lunkar dock bra när de väl är på plats.
17	Side_panel_part1_V2	Redilinear	15%			1	1		Bättre passform kan erhållas. Delen uppfyller dock sin uppgift
18	Side_panel_part1_V2_ANTENNA	Redilinear	15%			1	1		Bättre passform kan erhållas. Delen uppfyller dock sin uppgift
19	Side_panel_part2_V1	Redilinear	15%			2	1		Bättre passform kan erhållas. Delen uppfyller dock sin uppgift
20	Tube_holder_21	Honeycomb	20%			6	6		
21									
22						56			