



**LUNDS**  
UNIVERSITET

**LTH**

**LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA**

## UAS som nationell resurs

---

En studie av UAS-teknik, dess användning i svenska myndigheter och möjligheter till samverkan

Examensarbete för Kandidat

Johan Eldh, Industriell ekonomi

LTH, Lunds universitet

# Executive summary

Drones have been used by the military<sup>1</sup> since mid-1970 but the development of autonomous systems from the turn of the millennium and onward has opened the area of UAV to civil service and the public immensely.

Today UAV technology saves lives in Search And Rescue operations, complements and supports full scale vehicles at the Police force and assists in surveys and documentation of ground and forests. UAS contributes in areas where manned aircraft can't reach, is too expensive and where the noise from full scale crafts would drown the scream in a search operation.

From an environmental point of view UAS is far ahead of manned flight in electrification and its smaller size and lower maintenance saves scarce resources.

The development of drones covers a wide area of expertise from traditional aeronautics, electronics, control theory, software development, air law and Artificial Intelligence. There are a few organizations and companies that dominate the field but as a new science UAS is not established such as computer science and has few research authorities among universities.

This paper is an explorative research of UAS use within Swedish civil service. Interviews based on a selection of authorities, picked from an expert group at Lund University, have made the foundation of this qualitative study.

This research covers: How UAS is implemented, legal aspects, collaboration and vision.

To ensure a structured and systematic analysis, established organizational theory with Value-chain, Power-Interest-matrix and Strategic Capability have been used. Key factors of UAS history & development, open control systems and aeronautic culture are also covered. With added support from UAS-lawyer and Transportstyrelsen an introduction of drone law finalize the chapter of theory.

Workshops at Ljungbyhed have been held during a week in spring 2022, covering Human Factors and SAR UAS. Numerous presentations from leading Swedish UAS authorities contributed with additional views to ensure data integrity of this study. The week ended with a presentation of this paper and its compilation of interviews. The feedback increased the base of data for cross validation.

The second half of the paper presents an overview of UAS use in Sweden and potential clusters. Finally a conclusion is presented with scenarios of how UAS-activities could thrive by increased collaboration.

Keywords: UAS, UAV, RPAS, Drone, DJI, Unmanned, Pixhawk, Open Source, ArduPilot, PX4, Linux, BSD, GPL, SDK, API, EASA, U-Space, FLARM, ADS-B, SAR

---

<sup>1</sup>Tadiran Mastiff used by Israeli forces from 1973

# Förord

Examensarbetet som skrivs för institutionen Produktionsekonomi, LTH i samarbete med TFHS Ljungbyhed sammanfogar författarens erfarenheter, intresse och nätverkande i UAS-branschen med akademiska färdigheter som tillgodogjorts under utbildningen i Industriell ekonomi.

Under arbetets gång har flertalet personer bidragit. Nedan nämns ett urval som varit av speciell betydelse:

- ★ Handledare Ola Alexanderson, LTH: Har genom erfarenhet och generös handledning stöttat med kunskap i organisation, ledning och helhetssyn. Ola har därmed varit en positiv drivkraft genom hela arbetsprocessen.
- ★ Rikard Tyllström & Joel Sköld, TFHS: Bidragit med idé, metod och delat med sig av kontakter, expertkunskap i regelverk och på ett inspirerande sätt introducerat Ljungbyhed klustret med dess medarbetare.
- ★ Mårten Wadenbäck: Har alltid ställt upp med objektiv klarsynthet och sinne för detaljer.
- ★ Åsa Eldh: För att du finns där för mig.

Jag vill också tacka alla medverkande myndigheter och organisationer som bidragit med inspirerande, informativa och spännande samtal som möjliggjort denna explorativa studie.

Lund, Juni 2022

# Innehållsförteckning

<b>Begreppslista</b>	<b>6</b>
<b>1 Introduktion</b>	<b>7</b>
1.1 Historia	9
1.1.1 Bemannat vs Obemannat	9
1.1.2 Vägen mot automation	10
1.1.3 UAS-Pionjärer	11
1.1.4 Ett urval UAS-Företag & Organisationer	11
1.2 Tillämpningar & Aktörer	12
1.2.1 Entusiaster	12
1.2.2 Kommersiellt	12
1.2.3 Försvarsmakt	13
1.2.4 Civila myndigheter	13
1.3 Syfte & Frågeställning	14
1.4 Avgränsning	14
<b>2 Teori</b>	<b>14</b>
2.1 Porters värdekedja	15
2.2 Intresse–Makt-matris	16
2.3 Strategisk förmåga	17
2.4 Samverkansformer	18
2.5 Farkoster	19
2.5.1 Traditionell Fixed Wing	19
2.5.2 Deltavinge & Elevon	20
2.5.3 Tradheli & Multirotor	21
2.5.4 VTOL	23
2.6 Strömförsörjning	24
2.7 Styrsystem	25
2.7.1 Luftbaserad	25
2.7.2 Markbaserad	25
2.7.3 Öppenhet, Insyn & Integritet	26
2.7.4 Slutna	26
2.7.5 Öppna –MavLink-baserade	27
2.7.6 ArduPilot	28
2.7.7 PX4 & Dronecode	28
2.7.8 Skillnaderna mellan öppna MavLink-systemen	28
2.7.9 Licensiering	28
2.8 Externa sensorer	29
2.9 Radiolänkar	30
2.10 Risker	31
2.11 Regelverk	32
2.11.1 Klassning	32
2.11.2 Civila tillstånd	33
2.11.3 1:1-regeln	34

<b>3 Metod</b>	<b>35</b>
3.1 Förförståelse	35
3.2 Intervjuer	35
3.3 Urval	35
3.4 Litteraturstudie	35
<b>4 Empiri</b>	<b>36</b>
4.1 Utryckningsverksamhet	36
4.1.1 Polisen	36
4.1.2 SSBF	38
4.1.3 Sjöfartsverket	39
4.1.4 Kustbevakningen	40
4.2 Planerad verksamhet	41
4.2.1 SGU	41
4.2.2 SGI	43
4.2.3 Skogsstyrelsen	44
4.3 Ej operativa	45
4.3.1 FOI	45
4.3.2 Transportstyrelsen	46
4.3.3 MSB	48
4.4 Övriga aktörer	48
<b>5 Sammanställning &amp; Analys</b>	<b>49</b>
5.1 Funktion	51
5.2 Etablering	51
5.2.1 Interest Power Matrix	52
5.3 Teknik	52
5.3.1 Behov	52
5.3.2 DJI –Den kinesiska UAS-jätten	52
5.3.3 Uppskattade egenskaper hos DJI	53
5.3.4 Upplevda brister hos DJI	53
5.4 Utbildning & Regelverk	54
5.5 Vision & Önskemål	54
5.6 Kultur	54
5.7 Samverkan	55
5.7.1 Aktiviteter	55
5.7.2 Teknik	55
5.7.3 Nulägesbild	56
5.7.4 Platsanalys	56
<b>6 Diskussion &amp; Slutsats</b>	<b>57</b>
6.1 Samverkansscenarier	58
6.2 Utvecklingspotential	59
6.3 Fortsatta studier	59
<b>Referenser</b>	<b>60</b>

<b>Appendix A: Delkomponenter UAS</b>	<b>61</b>
A1 Öppna FC & dess sensorer	61
A1.1 IMU	62
A1.2 Barometer	62
A1.3 Satellitpositionering	62
A1.4 Magnetometer / Kompass	62
A2 Companion Computer	63
<b>Appendix B: TFHS &amp; Ljungbyhed</b>	<b>64</b>
<b>Appendix C: Frågeformulär</b>	<b>65</b>
<b>Appendix D: ArduPilot divorce with DroneCode</b>	<b>66</b>

# Begreppslista

Förkortning	Förklaring
<b>UAV / UAS</b>	Unmanned Aerial Vehicle / Unmanned Aerial System
<b>UAM</b>	Urban Air Mobility - Autonom flygning för varor och persontransport
<b>e VTOL</b>	(electrical) Vertikal Take Off and Landing
<b>Vingbelastning</b>	Relaterat till Fixed Wing: Anger förhållande mellan vingarea och vikt. Kan beräknas som kvadratisk eller kubisk.
<b>EASA</b>	European Union Aviation Safety Agency - EU Regelverk för luftfart
<b>PDRA</b>	Tillståndstyp som gäller för en särskild typ av verksamhet eller flygning
<b>LUC</b>	Light UAS operator Certificate - Tillstånd för organisation eller företag att flyga enligt PDRA med rättighet att själv besluta om godkännande.
<b>SORA</b>	Specific Operation Risk Assessment. En riskanalys för tillstånd i den specifika kategorin, som inte omfattas av en PDRA eller LUC.
<b>U-Space</b>	Dynamisk luftrumstilldelning för att möjliggöra säker och effektiv nyttjande.
<b>NDA</b>	National Defense Authorization Act - USAs försvarsdepartementets lagar.
<b>GCS</b>	Ground Control Station - Laptop eller iPad med karta och HUD
<b>HUD</b>	Heads-Up Display - En virtuell imitation av vad som skulle ses från styrhytt
<b>OSD</b>	On Screen Display - Teknik för att väva in telemetridata i video
<b>FPV</b>	First Person View - Kamera på UAV som strömmar video till markoperatör
<b>FoU</b>	Forskning och Utveckling - Bedrivs av universitet, företag, organisationer och myndigheter
<b>AI / ML / DL</b>	Artificiell Intelligens / Machine Learning / Deep Learning
<b>SDK</b>	Software Development Kit - Utvecklingsverktyg för applikationer Ofta ett sätt för företag med slutna system att tillåta viss utveckling
<b>API</b>	Application Programming Interface - Likt ett protokoll datorer emellan
<b>GIS</b>	Geografiskt InformationsSystem - datorbaserat system för geografiska data
<b>ADS-B</b>	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast. -Delar position mellan flygfarkoster
<b>FLARM</b>	FLight aARM - Liknande funktion som ADS-B
<b>SAR</b>	Search And Rescue

# 1 Introduktion

Drönare, UAV, UAS & RPAS är benämningar med snarlik definition av obemannade flygfarkoster. I uppsatsen kommer akronymen UAS användas då hela systemet, inklusive styrutrustning på mark åsyftas. I de fall endast luftfarkosten avses används UAV. Området UAS är brett sett till vilka discipliner som innefattas; Farkostens teknik med elektronik, reglersystem och aerodynamik är ofta det som initialt åsyftas men lufttrum, säkerhet, regelverk, samverkan, mänskliga faktorer och kultur är förutsättningar som behöver beaktas vid användandet av UAS. Områdets bredd och tvärvetenskapliga natur medför en komplexitet som överskrider ingenjörens traditionella områden. I syftet att få en helhetsyn har både universitet och myndigheter involverats för att kartlägga den civila användningen av UAS i Sverige.

För att validera studien har intervjuer kompletterats med seminarier i Ljungbyhed<sup>2</sup> under fyra dagar med organisationerna; Search And Rescue UAS (SAR UAS) & Human Factors Network (HFN). Ansvarig personal från UAS-relaterade myndigheter bistod under dagarna med komplettering och validering av tidigare genomförda intervjuer från nya, oberoende tjänstemän. Under seminariets fjärde dag genomfördes en presentation av intervjuresultaten för ansvarig myndighetspersonal. Påföljande diskussion gav en fördjupad bild av användning, vision, problematik och möjlighet till samordning i UAS Sverige.

Utöver de tio civila myndigheterna som var föremål för intervju bidrog ytterligare en handfull myndigheter med återkoppling vilket ökat omfattningen på datamaterialet och grunden för evidens i studien. Se avsnitt 4.4

Författarens tidigare erfarenheter från tjänst som CTO på NordLuft Automation med fokus på FoU av UAS och öppna system har bidragit med en övergripande teknisk förståelse som sammanfattas i 2.5 - 2.9 och Appendix A.

*Under rådande säkerhetsläge sommaren 2022 med konflikten mellan Ryssland och Ukraina där drönare har en betydande roll har hänsyn tagits för att dokumentet inte ska säkerhetsklassas som skyddsvärt. Detta på uppmaning av FOI som informerat om att individuella intervjuer inte behöver vara säkerhetsklassade men en sammanställning kan medföra att skyddsvärd nivå uppnås.*

*Av hänsyn till personlig integritet har persondata hos intervjuobjekt anonymiserats.*

---

<sup>2</sup> Se Appendix B för info om TFHS Ljungbyhed



## 1.1 Historia

Obemannade luftfarkoster har en lång historia driven av nyfikenhet och ingenjörskonst. De första obemannade farkosterna hade begränsad kontroll. *Aerodyner* som friflygande modellflygplan och aerostater som ballongfartyg hade endast viss kontroll över flygtid.

Under 1400-talet experimenterade Leonardo da Vinci med flygfarkoster i Italien och med ökad kunskap och utveckling av storlek och last möjliggjordes kontroll genom bemannade ballongflygningar i Frankrike sent 1700-tal. Tidigt 1900-tal var en milstolpe i flyghistorien då de första bemannade och kontrollerade flygningarna genomfördes av bland annat bröderna Wright.

### 1.1.1 Bemannat vs Obemannat

Kontrollerade flygningar görs numera inte bara genom traditionell bemanning av pilot ombord men också med UAV där fjärrpiloten på distans övervakar och kontrollerar via radiolänkar för kontroll och video, även kallat *First Person View (FPV)*. Utvecklingen leds i segmentet öppna system som beskrivs i avsnitt 2.7.3 och går mot att kontrollen av UAS delegeras till styrdatorer, autonoma system och *Artificiell Intelligens (AI)*

Man kan anta att bemannat flyg kommer fortsätta fylla en funktion för persontransport, om än i konkurrens med miljövänligare alternativ. I Sverige står fossildrivet flyg årligen för utsläpp om 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Det är lika mycket utsläpp som Sveriges totala personbilstrafik<sup>3</sup>. Utvecklingen av elflyg och zeppelinare spås en framtid men dessa tekniker har begränsningar i prestanda. Tåg uppfattas därför ofta som ett konkurrenskraftigt transportmedel ur miljösynpunkt. Då en luftfarkost inte har persontransport som primär funktion kan man ifrågasätta om farkosten behöver vara bemannad. Med inspiration och data från HFN sammanfattas hänsynstaganden att beakta i nedanstående matris:

HFN	Säkerhet	Närvaro	Human Kompetens
<b>Bemannat,</b> (Lägre grad av automation)	Mänskliga faktorn kan fylla en funktion med sunt förnuft men också vara begränsande med hunger, sömn och en dålig dag.	Mänsklig närvaro tar beslut utifrån fler sinnen än vad en radiolänk kan förmedla.	En utbildad pilot har en hög lägstanivå i kompetens men kompetensen har ett pris.
<b>Obemannat,</b> (Högre grad av automation)	UAS utsätter inte en besättning för risk & kan därför lockas att ta obefogade risker. Ansvarsfrågan kan bli komplex då styrning & funktion delegeras till ett autonomt AI system.	Standarduppdrag kan effektiviseras men kreativitet & anpassning vid ändrade förutsättningar begränsas.	Hög tillgänglighet och lågt pris på UAS medför en låg lägstanivå på kompetens. Kombination av låg kompetens med avancerad teknik kan bli problematisk.

<sup>3</sup><https://www.naturvardsverket.se/arnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-konsumtionen/flygets-klimatpaverkan>

Utifrån matrisen kan man identifiera både för- och nackdelar då UAS jämförs med bemannat flyg. Några uppenbara fördelar med UAS är kostnad, miljöpåverkan och tillgänglighet. Säkerhetsaspekter är svåra att bedöma, obemannat har ingen besättning som utsätts för risk men tekniken är inte lika mogen som bemannat flyg och kan därmed orsaka säkerhetsrisker för övrigt, bemannat flyg då luftrum behöver delas. Frågan utreds vidare i avsnitt 2.10 & 2.11.

### 1.1.2 Vägen mot automation

För att UAS ska kunna verka professionellt och som komplement till bemannat flyg behövs funktioner för automation och Artificiell Intelligens. Utvecklingen av reglersystem för UAS inleddes kring år 2010 på flera fronter där universitet, DIY-utvecklare och företag arbetade med parallella spår. Då aerodynamik och flygmekanik med kropp, propeller och drivlina var etablerad teknik låg utmaningen i de styrsystemen som krävdes för kontroll och automation, en utveckling som idag är på väg mot AI.

Utvecklingen av styrsystem har likt GNU/Linux i datorvärlden drivits av öppen källkod och öppna skisser för styrsystem<sup>4</sup> vilket möjliggjort att man inte behöver ‘uppfinna hjulet på nytt’ varje gång en ny produkt ska utvecklas.

Den öppna strukturen har också medfört problematik där individers egenintressen kombinerat med okunskap om licensiering för öppen källkod har skapat dispyter där både utvecklare och företag beskylls för att inte följa mjukvarulicenser, se avsnitt 2.10.

MultiRotor (MR) är beroende av ett reglersystem för basala funktioner till skillnad från FixedWing (FW) som kan hantera enkel förflyttning utan avancerade reglersystem. Det har gjort att MR ofta lett utvecklingen och systemen som har autonoma funktioner har ofta senare utökats till FW (Multiwii Airplane, Patrik Emilsson, 2012).

Kring millennieskiftet lades grunden för viss autonom UAV-funktion med PID-stabilisering och bearbetning av sensordata men det var under åren 2010 – 2015 som utvecklingen tog fart. Om man bortser från förmodad utveckling inom försvar och rymdindustri drevs utvecklingen av DIY-entusiaster och universitetsforskning från bland annat ETH Zurich<sup>5</sup>, The Australian National University<sup>6</sup>, Caltech<sup>7</sup> & MIT<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> <https://ardupilot.org> , <https://px4.io>

<sup>5</sup> <https://auterion.com/company/the-history-of-pixhawk/>

<sup>6</sup> <http://aerialrobotics.com.au>

<sup>7</sup><https://www.caltech.edu/about/news/rapid-adaptation-of-deep-learning-teaches-drones-to-survive-any-weather>

<sup>8</sup> <https://news.mit.edu/2021/drones-speed-route-system-0810>

### 1.1.3 UAS-Pionjärer

Utvecklingen av automation inom området UAS har skett gradvis och det finns inte en enskild individ som kan ta åt sig äran. Nedan är ett urval som undertecknad anser ha bidragit. Flera av nämnda nedan har delat med sig av sina projekt på sidor som:

<https://www.rcgroups.com/> och <https://diydrones.com>

- ❖ Fransmannen **Pascal Brisset** grundade 2003 det öppna **Paparazzi UAV**<sup>9</sup> under sin Ph.D i Rennes. Pascal dog 2010 i en klättringsolycka.
- ❖ Norrmannen **Rolf Bakke** designade 2009 **Reglersystemet KK** som med display kunde programmeras utan dator för att med PI-reglering kontrollera en multirotor<sup>10</sup>.
- ❖ Fransmannen **Alexandre Dubus**<sup>11</sup> konstruerade 2010 styrkortet **MultiWii** för MR med delar från spelkonsolen Nintendo Wii. Sensorer inklusive barometer, kompass & GPS stöds. Programvaran vidareutvecklades senare för FW av svensken **Patrik Emilsson**. Protokollet MSP används fortfarande inom *FPV*.
- ❖ **OpenPilot**<sup>12</sup> med CopterControl (CC3D) bildades 2010 av **Angus Peart, David Ankers & Vassilis Varveropoulos**. Projektet övergick till **LibrePilot** därefter till **TauLabs** och sedan **dRonin** som numera lever en tynande tillvaro.
- ❖ Svensken **David Windestål**<sup>13</sup> En pionjär som i samarbete med amerikanska **FliteTest** delat med sig av UAS erfarenheter i sociala media.
- ❖ **Raphael Pirker**<sup>14</sup> började experimentera med FPV & BVLOS år 2008. Han grundade företaget **TeamBlackSheep** (TBS) som utvecklar teknik för video och RC kontroll..

### 1.1.4 Ett urval UAS-Företag & Organisationer

- ❖ 1999 släpper Kanadensiska **Draganfly** en quadkopter Draganflyer<sup>15</sup>
- ❖ Kanadensiska **MicroPilot** har producerat flygdatorer för UAS sedan 2003.
- ❖ Tyska **Mikrokopter**<sup>16</sup> bildades 2006. Under 2007 utvecklades en MR prototyp.
- ❖ **ArduPilot**: Autonomt styrsystem – Skapades av **Jordi Munoz** 2009, se avsnitt 2.7.6
- ❖ **Dronecode & PX4**: Autonomt styrsystem från 2012, se avsnitt 2.7.7 & Appendix D.
- ❖ **diyDrones.com**: En plattform för UAV utveckling startad av **Chris Anderson**.
- ❖ **3DRobotics**<sup>17</sup> grundades 2009 av **Chris Anderson & Jordi Munoz**. Företaget inledde utvecklingen av **ArduPilot** som idag är det ledande öppna styrsystemet. År 2014 släppte 3DR maskinerna **IRIS+ & Solo** men konkurrensen från **DJIs Phantom** fick 3DR att ändra fokus från hårdvara till tjänster. Flertalet företag som **mRo & HEX technologies** knoppade av och fortsatte utvecklingen av flygdatorer (FC).
- ❖ Kinesiska **DJI** som med sin **Phantom 1** år **2013** inledde sin dominans med enkla, funktionella och billiga UAV.
- ❖ Hackflight Ett styrsystem från 2015 för ingenjörer och forskare.

---

<sup>9</sup> <https://wiki.paparazziuav.org/wiki/Hecto>

<sup>10</sup> <https://shop.makekit.no/blogs/news/intervju-med-rolf-bakk-selvbyggerdronens-gudfar>

<sup>11</sup> <https://github.com/wertarbyte/multiwii-firmware-original/blob/master/MultiWii.ino>

<sup>12</sup> <https://reefwing.medium.com/a-review-of-open-source-flight-control-systems-2fe37239c9b6>

<sup>13</sup> <https://www.currykitten.co.uk/the-history-of-fpv/>

<sup>14</sup> <https://www.dronethusiast.com/faa-v-fpv-pirker/>

<sup>15</sup> <https://dronedj.com/2019/12/07/draganfly-first-company-to-commercialize-drone/>

<sup>16</sup> <https://wiki.mikrokopter.de/en/Mikrokopter-Get-started>

<sup>17</sup> <https://www.forbes.com/sites/ryanmac/2016/10/05/3d-robotics-solo-crash-chris-anderson/?sh=598f468d3ff5>

## 1.2 Tillämpningar & Aktörer

UAS-teknik har i dagsläget begränsningar, dessa sätts inte bara av tekniken men också av regelverket som styr bland annat vikt, visibilitet och sedan de nya reglerna 2016, också användandet av kamera. Det sker en balansgång mellan funktion och säkerhet samt integritet. Dessa begränsningar ger ett ramverk för hur UAS kan och får användas.

Området där UAS främst uppnått popularitet är som en luftburen kamera. Funktioner för automation har gjort tekniken enkel att hantera och ses i vissa avseenden som ett relativt billigt verktyg som idag inte bara nyttjas av utvecklare och ingenjörer utan också av glada amatörer.

### 1.2.1 Entusiaster

Utvecklingen i området UAS har till stor del gjorts på obetald tid av entusiaster. Teknik utvecklade av DIY-entusiaster har spritt sig till professionellt bruk vilket resulterat i att gränsen mellan hobby och professionell utveckling suddats ut. Ett område inom UAS som är förbehållet entusiaster är modellflyg och FPV-drönarhobby där fokus läggs på manuell styrning och kan grovt delas in två grupper:

- Acrobatikflygning, ofta med FPV-teknik där UAV flygs utan stabilisering, även kallat rate eller acro.
- Stabiliserad flygning för foto & video med färdiga system typ DJI.

### 1.2.2 Kommersiellt

Kommersiell sektor ser på produkten UAS utefter den verkan och mervärde tekniken har för organisationen och har därmed inte samma förståelse och acceptans för begränsningar och kunskapströsklar. Det har medfört att "off the shelf"-produkter från kinesiska DJI blivit populära i företag som inte önskar vara delaktiga i utvecklingen och har ett behov av en flygande kamera. Exempel på den typ av företag är fastighetsmäklare och bröllopsfotografer.

Hos företag med mer specifikt behov ökar acceptansen för en högre kunskapströskel och att ta del av teknisk utveckling. Här dominerar UAS som är anpassningsbara med öppna system som ArduPilot. Exempel: Inspektion av ledningar, skogsbruk, växtskydd, gödsling och transport av hjärtstartare.

### 1.2.3 Försvarsmakt

Försvarsmakten har höga krav på självständighet och integritet, därför undviker militär i Sverige och internationellt system beroende av främmande makt, speciellt tekniska system där kontroll delegeras utanför landets gränser eller där bild och geodata inte hanteras med integritet.

Prestandabehov i form av räckvidd och flygtid i kombination med ett regelverk skiljt från civilt möjliggör Fixed Wing system i BVLOS. Slutna system som DJI undviks likt NDAA<sup>18</sup> i USA till fördel för öppen teknik med möjlighet till anpassning och modifikation.

### 1.2.4 Civila myndigheter

Myndigheter har ett tydligt definierat ansvar, arbetsområde och uppgift som styrs av regeringsbeslut i regleringsbrev<sup>19</sup>. För att verka effektivt nyttjas UAS som verktyg för att skapa mervärde och utöka funktion, både enskilt och som komplement till bemannat flyg.

Som UAS-intressent har gruppen myndigheter flera roller. Förutom UAS-användning ansvarar de också för luftrum, utbildning, utveckling, regelverk och uppföljning. Därmed täcks mycket av den kompetens som krävs för att UAS-verksamhet ska genomföras säkert och med avsedd verkan.

Till skillnad från entusiaster och kommersiell verksamhet har myndigheter ekonomisk trygghet från staten vilket medför en långsiktighet i dess utövande. Myndigheter har därmed en unik roll där närheten till regelverk i kombination med bredd på kompetenser och möjlighet till långsiktig utveckling möjliggör att en spetskompetens kan skapas om gruppen samordnas.

---

<sup>18</sup>

<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2706082/departments-statement-on-dji-systems/>

<sup>19</sup> <https://www.regeringen.se/lattlast-information-om-regeringen-och-regeringskansliet/myndigheter/>

## 1.3 Syfte & Frågeställning

UAS är en relativt ny och i många avseenden komplex teknik under utveckling. På kort tid har UAS väckt stort intresse inom svenska myndigheter.

Det finns anledning att tro att det inom respektive myndighet finns begränsad "inhouse"-kompetens likt en IT-avdelning. Samverkan myndigheter emellan skulle kunna möjliggöra delning av information och erfarenheter med vinster i verkan och ekonomi.

**Syftet med studien är att identifiera hur UAS-teknik används i svenska myndigheter och vilka möjligheter som föreligger för samverkan.**

**För att uppnå huvudsyftet formuleras följande frågeställningar:**

- Vad är myndighetens uppgift relaterat till UAS och hur används denna resurs idag?
- Vad använder organisationen för teknik och vilka resurser och kompetenser finns?
  
- Vem utbildar i UAS teknik och inom vilka tillstånd verkar organisationen?
- Vem samverkar de med och vem tar UAS-relaterade beslut?
  
- Hur verkar UAS med bemannat flyg och vilka hinder och begränsningar finns?
- Hur samverkan myndigheter? Kan samverkan utvecklas, och vilka former föredras?

## 1.4 Avgränsning

För att möjliggöra öppen hantering av information har studien begränsats till svenska civila myndigheters användning av UAS. Försvarmakten och Försvarets Materielverk (FMV) har därmed inte varit föremål för formella intervjuer.

UAS-ansvariga från tio myndigheter har valts ut i kategorierna: Utryckning, Planerad och 'Ej operativa'. Utöver de tio har diskussioner under seminarier skett med ytterligare en handfull myndigheter och forskningsorganisationer inom UAS.

Teknik täcks med litteraturstudie och tidigare erfarenheter med fördjupningar i appendix A. Regelverk introduceras i avsnitt 2.13 mha Joel Sköld, jurist och oberoende expert. Luftrum nämns i empirin då främst i intervju med Transportstyrelsen med fokus på U-Space. Det bör påpekas att luftrum är ett omfattande område som ligger utanför arbetets omfattning.

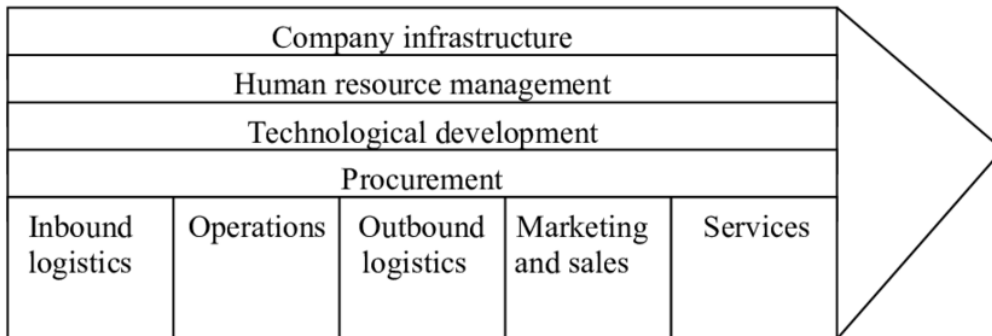
## 2 Teori

För att på ett strukturerat sätt svara på frågeställningen behövs modeller i organisationsteori, en begreppsapparat för UAS teknik och en översikt av risker och regelverk. I Metod, Empiri och Analys hänvisas till nedanstående modeller och teorier för att uppnå underbyggda slutsatser.

## 2.1 Porters värdekedja

Under strategisk planering och analys av en organisation är det värdefullt att visualisera relationen mellan aktiviteter som skapar mervärde. I modellen nedan representerar de fem boxarna nedtill diskreta aktiviteter. De tre horisontella funktionerna representerar kontinuerligt engagemang vilka beaktas i samtliga aktiviteter.

### Secondary (supportive) activities



### Primary activities

Porters värdekedja från 80-talet är anpassad till producerande företag. Flera varianter på värdekedjan finns för att passa avsedd organisation. En variant anpassad för UAS utvecklades av konsult- och analysföretaget McKinsey&Co, 2017<sup>20</sup>:

	Aircraft hardware		Operations			Services			
	Components	Original equipment manufacturing	Physical infrastructure	Navigation/traffic/UTM <sup>1</sup>	Operators	UAV <sup>3</sup> mitigation	Support services	Data management	Multi-segment
Description	Components used on a UAS <sup>1</sup> platform	Full UAS platform manufacturing or integration	Physical infrastructure for UAS takeoff, landing, recharging	Systems designed to navigate airspace	Professional operation of UAS	Threat prevention and mitigation	Services supporting the UAS ecosystem	Software and analytics to digitize the information collected by UAS	Organizations with multiple value-chain offerings
What's included	<ul style="list-style-type: none"> <li>Batteries</li> <li>Gimbals</li> <li>Payloads</li> <li>Sensors</li> <li>Motors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumer UAS</li> <li>Commercial UAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Landing pads</li> <li>UAS stations</li> <li>Vertical ports</li> <li>Chargers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Artificial intelligence software</li> <li>Route planning</li> <li>GPS devices</li> <li>UTM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Photography</li> <li>Mapping</li> <li>Inspections</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UAS guns</li> <li>Shields</li> <li>Nets</li> <li>Lasers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pilot marketplaces</li> <li>UAS law</li> <li>Insurance</li> <li>Retail and distributors</li> <li>Consulting</li> <li>Training</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UAS mapping software</li> <li>Image-processing software</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manufacturers with a data-analysis platform</li> </ul>

<sup>1</sup>Unmanned aerial systems.

<sup>2</sup>Unmanned traffic management.

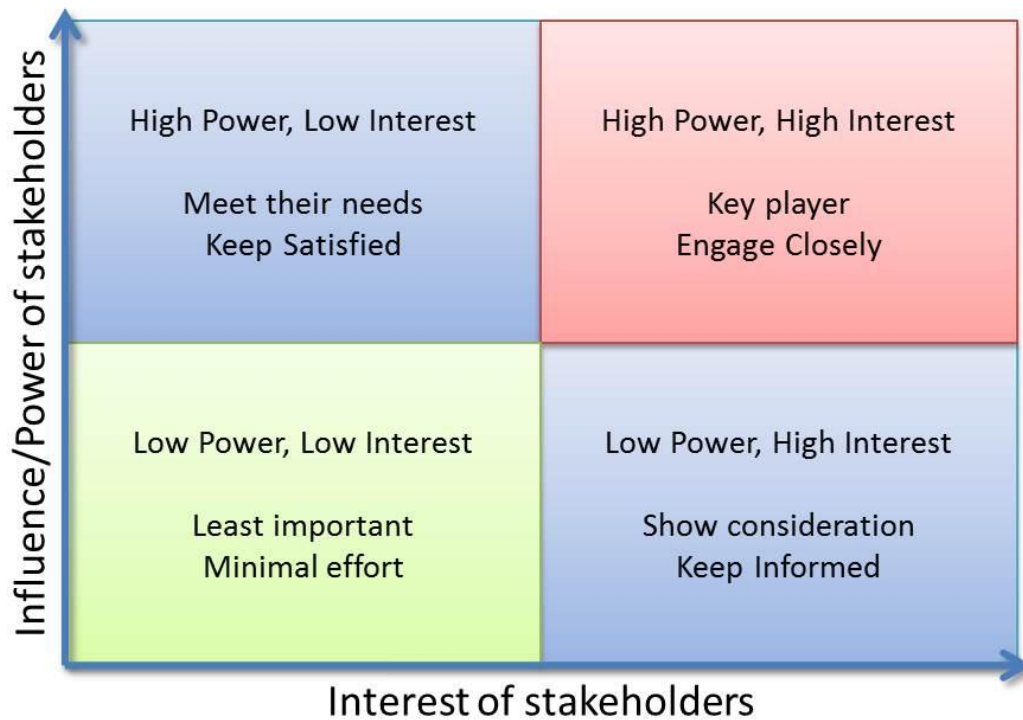
<sup>3</sup>Unmanned aerial vehicles.

McKinsey&Company

<sup>20</sup><https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems>

## 2.2 Intresse–Makt-matris

För att identifiera möjligheter till samordning behöver man identifiera enskilda myndigheters intressen, inflytande, specifika kompetenser och engagemang samt eventuella brister i nämnda områden. Intresse–Makt-matrisen är användbar för att visualisera var myndigheter befinner sig och är på väg:



(Fundamentals of strategy, upplaga 3, Gerry Johnson, Richard Whittington, Evan Scholes, Duncan Angwin & Patrick Regner)



## 2.3 Strategisk förmåga

För att beskriva och analysera förmågor som respektive organisation har tillgång till eller byggt upp används en modell där förmågor kan identifieras:

- **Resurser:** Personal, materiel, maskiner, IT-system och finansiering.
- **Kompetenser:** Förmågan och kunskapen att använda resurserna.
- **Dynamisk:** Förmåga att förändra och utveckla nya resurser och kompetenser.

Alla förmågor är inte lika utmanande att anskaffa men kan ändå vara nödvändiga.

**Tröskelresurser:** De minimikrav på resurser och kompetenser en organisation måste ha för att kunna möta behov.

**Kritiska resurser** (även kallat kärnkompetenser): Påverkar hur väl uppgiften kan genomföras.

Strategic capability		
Resources: what we have, e.g.		Competences: what we do well, e.g.
Machines, buildings, raw materials, products, patents, data bases, computer systems	Physical	Ways of achieving utilisation of plant, efficiency, productivity, flexibility, marketing
Balance sheet, cash flow, suppliers of funds	Financial	Ability to raise funds and manage cash flows, debtors, creditors etc.
Managers, employees, partners, suppliers, customers	Human	How people gain and use experience, skills, knowledge, build relationships, motivate others and innovate

Long-term survival and competitive advantage

Med en uppfattning om organisationernas värdekedja, Intresse-Makt-förhållande samt vilka resurser och kompetenser som besitts finns en god grund för att analysera möjligheter till samverkan.

## 2.4 Samverkansformer

Utvecklingen går mot att teknologier och förmågor blir alltmer specialiserade och kostsamma att upprätthålla varför incitament till samverkan ökar. Förmågor som är kritiska för verksamhetens genomförande eller behövs kontinuerligt är viktiga att själv besitta, men andra kan man delegera eller köpa in. Mellan dessa ytterligheter finns också möjligheten att dela en förmåga med en annan organisation för att öka effektiviteten. Organiserad samverkan kan ske genom ägarbaserad struktur (Nätverksorganisationer – outsourcing, partnerskap och nya organisationsformer, Jan Edgren & Per-Hugo Skärvad) Exempel:

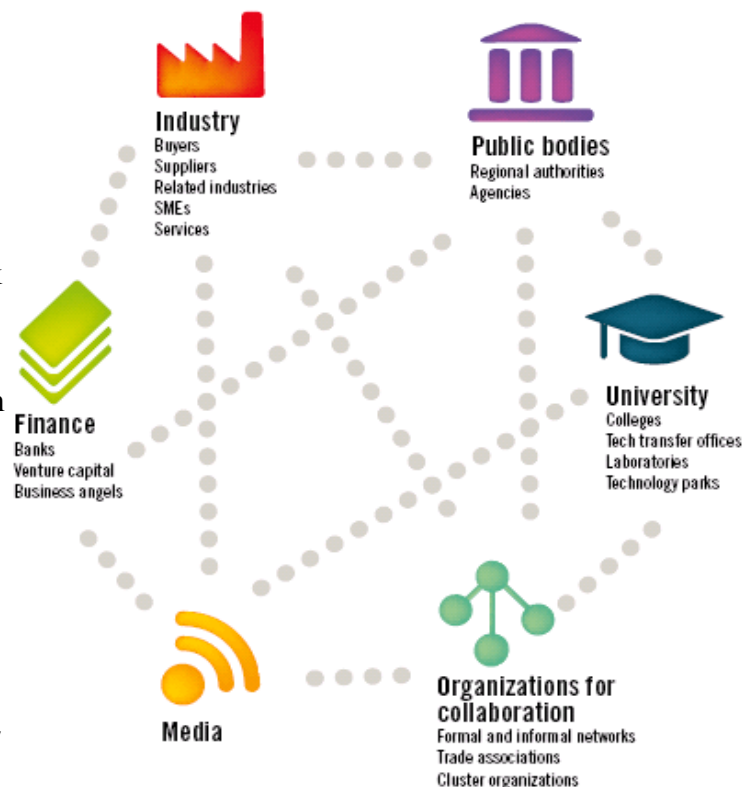
- **Merger and acquisitions:** (organisation avskiljs eller förvärvs)
- **Joint venture (JV):** Skapande av organisation med delat ägande och gemensamt ekonomisk mål. Ex. Sony Ericsson.
- **Konsortium:** Liknar JV men organisation har lösare ekonomisk struktur än JV. Omfattar ofta flera parter än JV. Ex. Öresundskonsortiet.

Samverkansformer kan också etableras i lösare former där varje deltagande organisation bevarar sin särart och integritet. Det kan handla om standardisering av teknologi, dela resurser vid behov eller gemensam utveckling, inköp eller utbyte av erfarenheter inom ett givet område. Några exempel på samverkan med låg grad av formalisering:

- **Konferenser:** Ex HFN & SAR UAS
- **Allianser:** Parter arbetar autonomt men samverkar via kontrakt. Ex Star Alliance med bland annat SAS & Lufthansa.
- **Linking-pin:** I områden där överlappning och gemensamma intressen föreligger initieras överenskommelse om arbetsgrupper med ömsesidigt etablerade kommunikationsformer.

När samverkan blir varaktig och omfattande formas en gemensam nätverksorganisation eller en klusterbildning där roller etableras och värdeskapande sker. Geografisk samlokalisering genom agglomeration kan ske i anslutning till en viktig resurs, större aktör som universitet eller etablerat större företag som då agerar *lokomotivföretag* och drar med sig relaterade mindre verksamheter. Exempel: Odense robotics & Silicon Valley, Kalifornien.

(Företag och geografi- Ulf Silbersky & Ola Alexanderson)

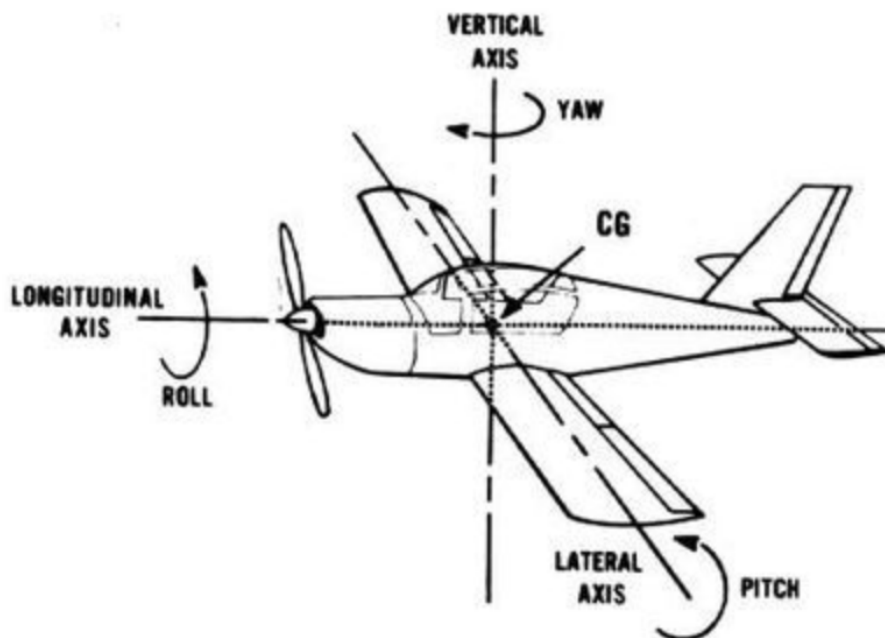


## 2.5 Farkoster

Området UAS-teknik är omfattande och därför görs här avgränsningar i djup för att uppnå en bredd med ambition att ge en övergripande förståelse. Inledningsvis beskrivs teknikerna utifrån de vanligaste farkost-typerna. Därefter beskrivs styrelektroniken som ligger till grund för automation och AI.

### 2.5.1 Traditionell Fixed Wing

Traditionell Fixed Wing (FW) lägger grunden för den terminologi som används för all UAV-teknik. En flygplanskropp med fyra kanaler/basroder: höjd (pitch), sid (yaw), skev (ail) och gas. Flygdatorer kan med återkopplad sensordata bidra med allt från enkel gyrostabilisering till full autonomi men är inte nödvändigt om en utbildad pilot har kontrollen.



Vid design, konstruktion och modifikation av Fixed Wing UAV finns ett antal områden inom klassisk aeronautik att beakta:

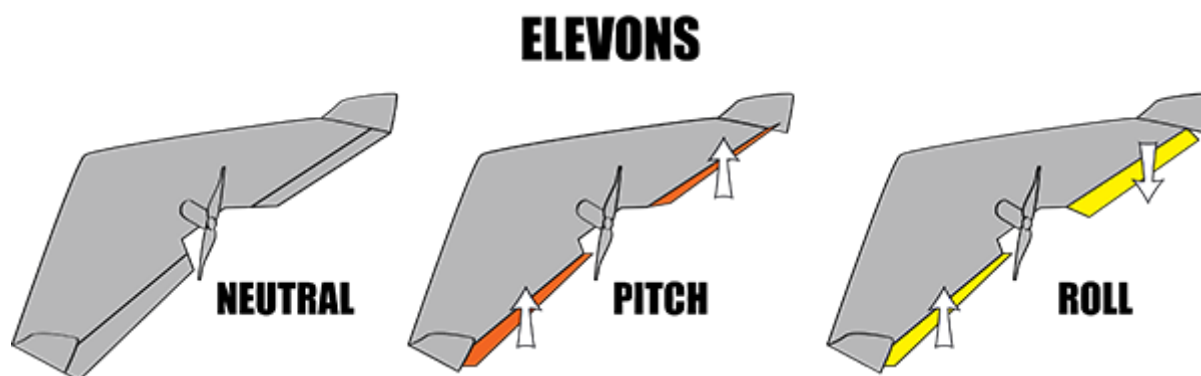
- **Tyngdpunkt (TP):** Mäts utmed longitudinal axel och påverkar stabilitet. På ett klassiskt flygplan som i bilden ovan ligger TP ( $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ ) bakom framkant av vingkorda men varierar mellan maskiner och beror av styrsystem och önskade egenskaper.
- **Vingbelastning:** Förhållande mellan *AUW* (All Up Weight) och vingarea:  $[ AUW(kg) / yta (m^2) ]$
- **Stallhastighet:** Lägsta hastighet för att vingens lyftkraft ska överstiga tyngdkraften. Hastighet beror på design, vingprofil, vikt och luftrum. Egenskaper för stall kan anpassas genom varierande anfallsvinkel för att undvika att vingpetsar stallar före centralt vingparti, [*skränkning*].



Segelmodell med 3.5m vingspann autonomt kontrollerad med ArduPlane. Solceller ger en flygtid på <11h, räckvidd >500km.

## 2.5.2 Deltavinge & Elevon

En vanligt förekommande variant av FW är deltavinge där vingen är formad likt en triangel och påminner om den grekiska bokstaven delta ("Δ"). Konstruktionen kallas även Elevon-vinge, eller bara Elevon, då **Elevator** och **Aileron** slås samman med styrelektronik från tre roderytor till två. Denna konstruktion minskar farkostens akrobatiska egenskaper, ex är knife-edge<sup>21</sup> ej möjlig, men enkelhet, aerodynamik och effektivitet har gjort denna teknik populär. Färre roder innebär färre servon och i en elevon-vinge ger hela konstruktionen lyftkraft. Här kan man tänka i kubisk vingbelastning<sup>22</sup> som när den beräknas inte tar hänsyn till stabilisatorn i en traditionell FW.



<sup>21</sup> <https://www.modelairplanenews.com/5-steps-to-fly-the-knife-edge-spin/>

<sup>22</sup>

<https://www.longdom.org/open-access-pdfs/effects-of-cubic-wing-loading-parameter-on-airplane-wing-sizing-and-parasitic-drag.pdf>

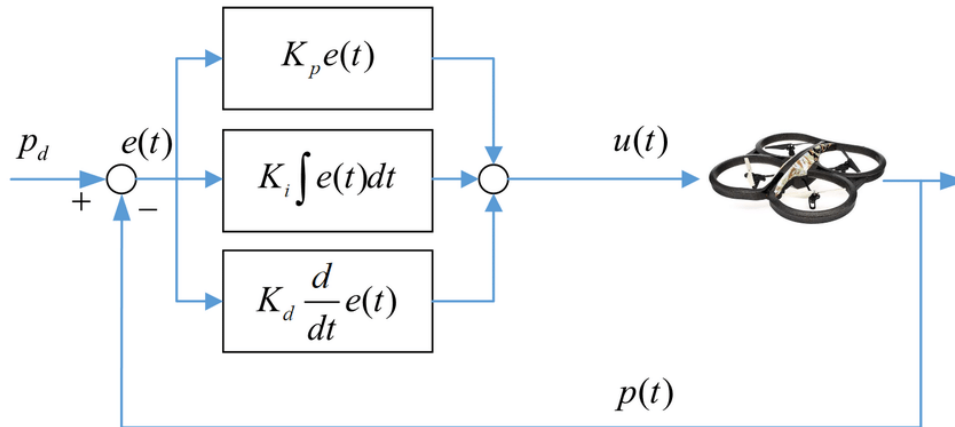
### 2.5.3 Tradheli & Multirotor

I UAS sammanhang kategoriseras ofta traditionell helikopterteknik (horisontell plus vertikal rotor) tillsammans med Multirotor (bara horisontella rotorer). Gemensamt för de två är att lyftkraft genereras av horisontella rotorer som likt roterande flygplansvingar skapar lyftkraft. Tradheli finns med både mekanisk stabilisering (fly-bar) och modernare gyrostabiliserad horisontell huvudrotor. Den vertikala stjärtrotorn som styr riktning (yaw) är gyrostabiliserad för att hålla riktning. Både varvtal och bladvinkel på rotorerna kan justeras för kontroll.



Black Hornet nano, utvecklad 2014 av norska Prox Dynamics för övervakning och rekognisering. Vikt 17 gram, flygtid 20min, räckvidd 1.6km. Pris ca 0.7Mkr

UAV av MultiRotor (MR) typ har blivit mycket populära sedan de tillgängliggjorts för privatpersoner kring år 2015. Vanligaste varianterna av MR har till skillnad från tradheli 4–8 horisontellt placerade rotorerna som är om vartannat höger/vänster roterande. För att ändra riktning (yaw) ökar varvtalet på en uppsättning samtidigt som övriga sänker varvtalet.



MR-teknik förlitar sig på reglerande styrsystem där en Flight Controller<sup>23</sup> (FC) med PID-reglering kontrollerar riktning & horisontell stabilisering genom justering av varvtalet på rotorerna som med återkoppling från IMU<sup>24</sup> ger önskad position.



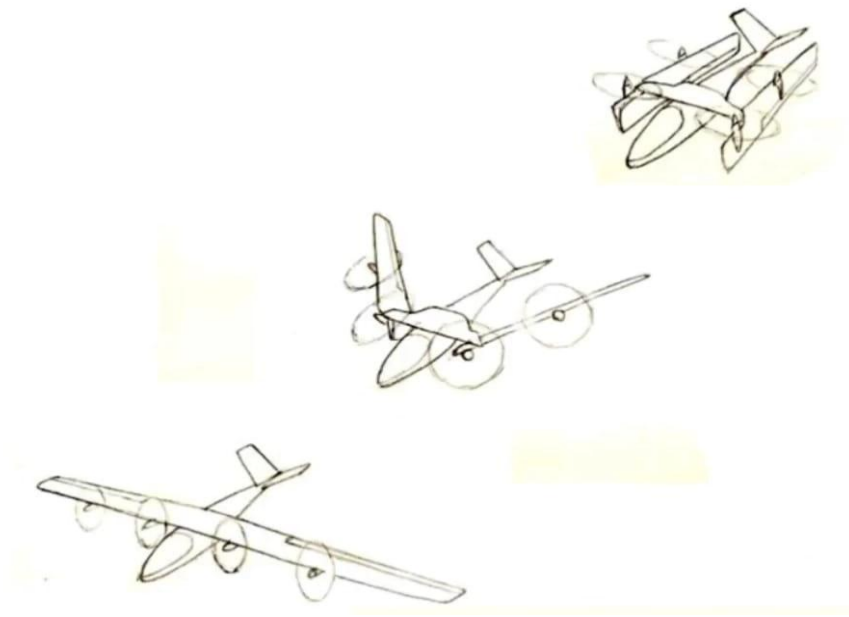
“Bläckfisken”: Konceptmodell för gödsling av skogar i svärm. Undertecknad ledde utvecklingen som CTO på NordLuft Automation AB, Stockholm & Lund 2019. NordluftGroundControl (NGC) skrevs från grunden i Python och kommunicerade med MavLink mot ArduCopter för full autonom kontroll. Flygtid: 30min med 40kg last.

<sup>23</sup> Se avsnitt 2.7

<sup>24</sup> Se Appendix A1

## 2.5.4 VTOL

För att uppnå önskade egenskaper från FW med flygtid och nyttolast i kombination med egenskaper för manövrering för MR forskas det på olika kombinationstekniker av typen Vertikal Take Off and Landing. VTOL ställer högre krav på styrsystem och i denna kategori dominerar öppna system.



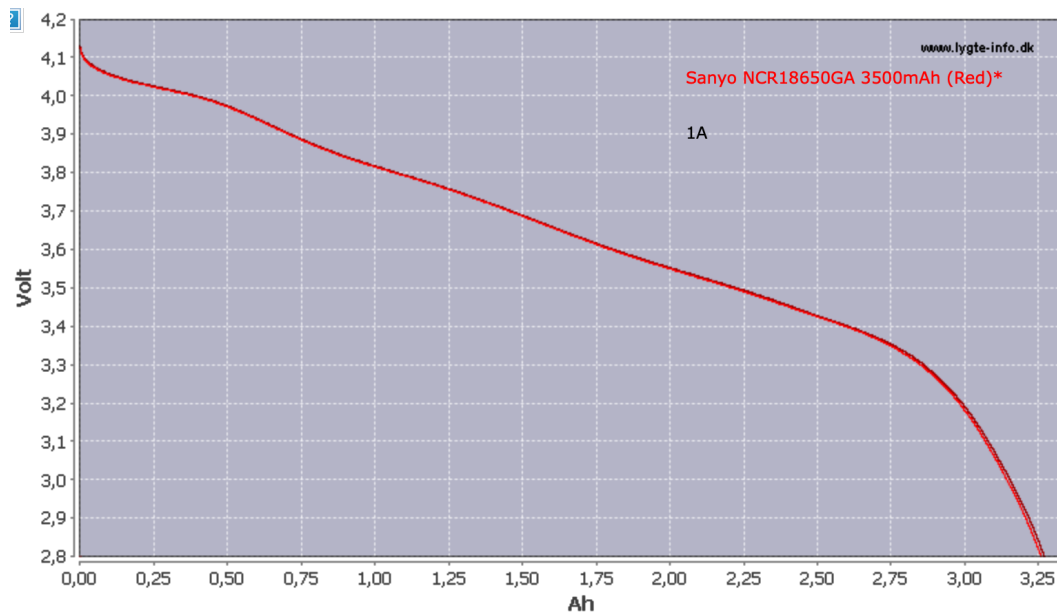
Konceptskiss av VTOL teknik där dödvikt från motorer undviks då samtliga fyra motorer nyttjas i båda MR och FW läge.

## 2.6 Strömförsörjning

All UAV-teknik är beroende av energilagring där batterier av Litiumteknik för närvarande är vanligast. I en UAV driver batteripaketet i huvudsak två system:

**1, Styrelektronik:** Driver med låg spänning, vanligtvis 3.3V & 5V, spänning regleras strikt med BEC för att undvika 'brownout', där elektroniken slutar fungera vid spänningsfall.

**2, Framdrivning:** Ersätter traditionell förbränningsmotor med borstlös elmotor vilka drivs med 10–40V beroende på UAV-storlek. Här är initiala spänningen 4.2V per cell i serie och sjunker via nominella spänningen på 3.8V ner till ca 3.2V beroende på batterityp. Se graf över urladdningskurva från Sanyo Li-Ion cell på bild nedan:



Vid design anpassas batteripaketet med seriekoppling för att uppnå önskad drivspänning för framdrivning, därefter anpassas kapaciteten i Ah genom att addera multiplar parallellt. För en given UAV beräknas en maximal matningsspänning som inte ska överskridas utan att anpassa lasten.

År 2019 tilldelades Nobelpriset i kemi till John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham and Akira Yoshino för teorier som ligger till grund för litiumbatterier. Se nedan:



Li-Ion: Sanyo 18650GA <225Wh/kg



Li-Po: <190Wh/kg



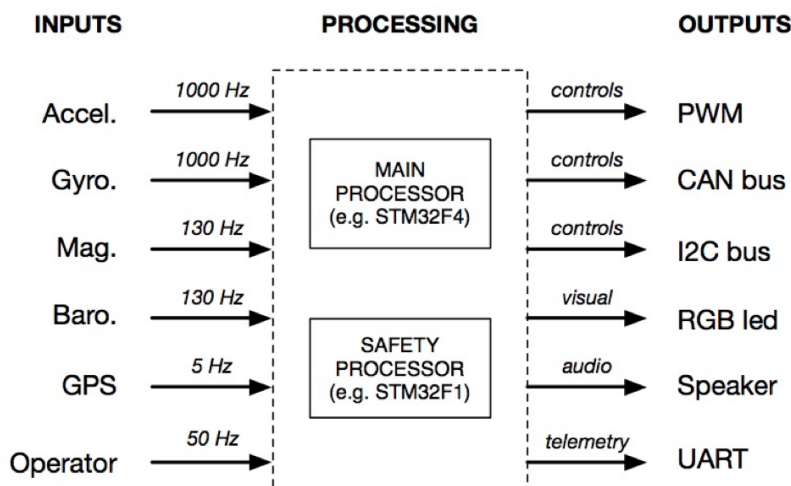
## 2.7 Styrssystem

För att uppnå autonoma funktioner behövs ett styrsystem med hårdvara och mjukvara. En jämförelse med PC kan göras där hårdvaran behöver kompletteras med operativsystem som Linux, BSD eller MS Windows. UAS styrsystem kan delas upp i ett kontrollsystem från marken och ett ombord på UAV'n.

### 2.7.1 Luftbaserad

UAV'n har en primär styrdator, här kallad Flight Controller (FC), eller Flight Management Unit (FMU). På FC installeras en mjukvara, kallad firmware som kontrollerar hur indata från sensorer bearbetas till utdata för att uppnå automation. Bilden nedan visualiserar en FC där de två nedersta inputs; "GPS" och "Operator" hämtas utanför FC, övriga inputs är vanligen placerade i FC. Styrsystemets firmware kodas i Main Processor, se bild nedan:

#### Input/Processing/Output



Styrdatorer hanterar en UAVs automation och finns i en mängder varianter med snarlika funktioner, exempel Pixhawk som är den i folkmun mest kända FC. För vidare studier av sensorer, inputs och outputs se Appendix A.

### 2.7.2 Markbaserad

För övervakning, kontroll och videolänk används en markstation även kallad Ground Control Station (GCS). Anslutningen omfattar tre länkar som kan vara separerade i varsitt frekvensband: Exempel 2.4GHz för RC, 868MHz / 433MHz för telemetry och 5.8GHz för video. Flera funktioner kan också vara integrerade på en radiolänk, ex OpenHD<sup>25</sup> :

- **Radio Control (RC):** Styr manuell input eller aktivering av autonomt läge. Ofta en separat handburen enhet med 2 spakar samt switchar. Ansluts till UAV med radiolänk via FC.
- **Telemetri:** En seriell länk likt en trådlös USB kabel. Med dubbelriktad telemetry utförs konfiguration och flygdata visualiseras i HUD och på karta i laptop, iOS eller Android. Telemetri kan omfatta RC och vid automation ersätter telemetry RC.
- **Videolänk:** Strömmande bilddata där telemetry ofta är integrerad via OSD.

<sup>25</sup> <https://openhd.gitbook.io/open-hd/>

### 2.7.3 Öppenhet, Insyn & Integritet

FC, GCS och firmware kan utvecklas slutet eller öppet. Företag som vakar över sina intellektuella rättigheter väljer vanligtvis att hålla skisser över hårdvara och programkod slutna för att kontrollera utveckling och undvika insyn. Slutna system kan likt operativsystem ses som en säkerhetsrisk då användaren har mycket liten kontroll över hur indata hanteras.

### 2.7.4 Slutna

Information om slutna system är av sin natur begränsad. Nedan ges en överblick i respektive UAS kategori:

**MultiRotor:** Dominansen av kinesiska DJI gör att liten konkurrens finns.

- DJI – Se avsnitt 5.3.2
- MikroKopter<sup>26</sup> – Tyskt UAS företag som varit aktivt sedan 2010

**FixedWing:** Dominansen av de öppna systemen i kategorin FW gör att nedanstående riktar sig främst mot hobbybruk med funktioner som ofta begränsas till stabilisering och Return To Home (RTH).

- LeFeiRC SN-L: Kinesisk FC med fokus på FPV och hobbybruk
- ZOHD Kopilot: Kinesisk enkel FC
- Arkbird: Enkel FC med OnScreenDisplay (OSD)

**MR & FW:** Nedanstående styrsystem hanterar likt ArduPilot och PX4 flera typer av UAV.

- EagleTree Vector: Ett uppskattat system med FC & OSD för avancerad hobbybruk. Gick i konkurs 2018 efter 18 år i branschen.
- MicroPilot<sup>27</sup>
- Piccolo<sup>28</sup>

För att få en överblick av UAS styrsystem refereras i fortsättningen till öppna system. Öppenhet är att föredra av pedagogiska skäl då dessa kan analyseras och inte har lika stark koppling till ett individuellt företag med egenintresse.

---

<sup>26</sup> <https://www.mikrokoetter.de/en/home>

<sup>27</sup> <https://www.micropilot.com>

<sup>28</sup> <https://www.collinsaerospace.com/what-we-do/Industries/military-and-defense/avionics/autopilot/piccolo-flight-management-systems/>

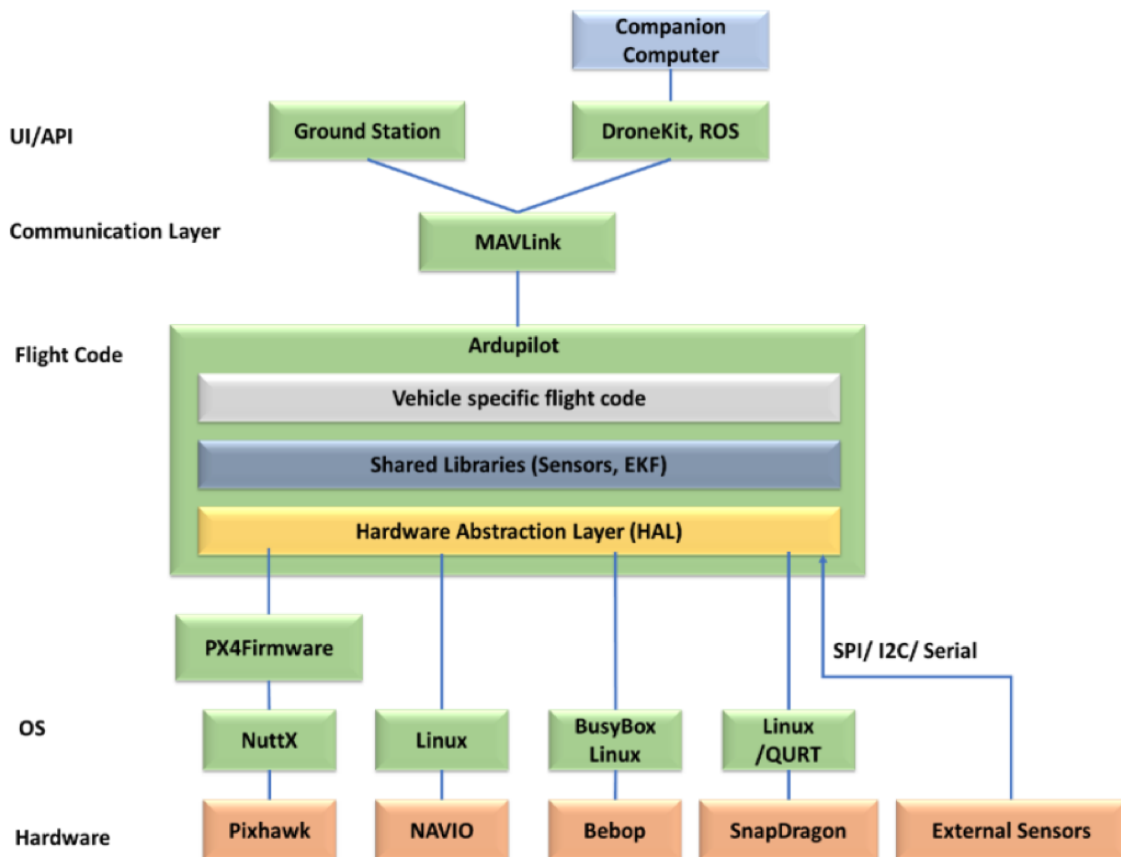
## 2.7.5 Öppna –MavLink-baserade

Utvecklingen av UAS drivs i segmentet öppna system som medger mer kontroll av användare och utvecklare med möjlighet att möta krav på automation och AI. Möjligheterna sker på bekostnad av högre kompetenskrav och brantare inlärningskurva.

Det finns ett antal öppna system för entusiaster; här kan nämnas Betaflight och iNav. Dessa system är populära inom hobby men har begränsad autonom förmåga och avsaknaden av MavLink för anslutning mot GCS gör att de inte beaktas för professionellt bruk.

Likt TCP/IP för datorer är MavLink det dominerande protokoll som används vid kommunikation mellan *FC*, *CC*, *GCS* & *OSD*. Protokollet är öppet och täcker både kontroll samt telemetri och gör olika system kompatibla med varandra då data paketeras i ett standardiserat format.

ArduPilot och PX4 är de två öppna systemen som dominerar för automation och AI. Sedan 2013 använder de samma hårdvara av typ Pixhawk eller liknande. Öppna system har en stark koppling FoU och de universitet där delar av utveckling sker, se 1.1.2.



Bilden ovan visualiserar ekosystemet i abstraktionslager för öppna MavLink baserade styrsystem. Från botten med FC, moduler och sensorer, via operativsystem till flight stack och MavLink protokoll för kommunikation med CC styrdator för AI och marksystem.

## 2.7.6 ArduPilot

År 2009 initierades **ArduPilot** för hårdvaruplattformen Arduino med ArduPilotMega(APM) vilken baserades på 8-bitarschipet ATmega2560 från Atmegas AVR serie.

År 2013 portades **ArduPilot till 32-bitarschip** tillverkade av STMicroelectronics (STM32). Den nya arkitekturen mynnade ut i FC:n Pixhawk och dess kloner och uppföljare.

## 2.7.7 PX4 & Dronecode

Organisationen DroneCode initierades 2014 och utvecklade då PX4 och QGroundControl som alternativ till ArduPilot och MissionPlanner. ArduPilot och PX4 har mycket gemensamt och båda systemen hanterar alla typer av UAS.

## 2.7.8 Skillnaderna mellan öppna MavLink-systemen

	Firmware	Hardware	Ground Station (GCS)	License
<b>ArduPilot</b>	<b>ArduCopter</b> (<3.2.1 för APM 2.x)  <b>ArduPlane</b> (<3.4 för APM 2.x)	År 2012–2015: Atmel AVR - (ATmega2560 Arduino APM2)  Från år 2015: STM32	<b>MissionPlanner</b> APM Planner  <i>(Kompatibel med QGroundControl (QGC) &amp; JAGcs)</i>	<b>GPLv3</b>
<b>Dronecode</b>	PX4	Endast STM32	<b>QGroundControl</b> (QGC)	<b>BSD 3-clause</b>

Se **Appendix D** för utvecklingen av relationen mellan Dronecode och ArduPilot

## 2.7.9 Licensiering

Öppen kod är inte helt utan restriktioner vilka regleras i licensavtal. Två vanligt förekommande licenser är GPLv3 och BSD. Dessa skiljer sig bland annat i hur man ska hantera en Fork, dvs en variant med befintlig kod som bas. Koden relaterat till ArduPilot organisationen är licensierad enligt GPLv3 där modifikationer, varianter och vidareutvecklingar också måste följa GPLv3 och därmed hållas öppna. Dronecode med dess firmware PX4 och GCS QGC delas under licensen BSD som tillåter att modifikationer, varianter och vidareutvecklingar hålls slutna.

Skillnaderna i licensiering mellan GPLv3 och BSD medför att PX4 uppfattas som mer attraktivt för företag som vill vidareutveckla och skapa mervärde och intellektuella rättigheter som inte kan kopieras. ArduPilot med dess krav på öppna modifikationer föredras ofta bland universitet. Att modifikationer delas ger en snabbare utveckling där nya funktioner först introduceras i ArduPilot.

## 2.8 Externa sensorer

För att utöka funktioner för UAS kan sensorer anslutas efter behov. Sensorer ger input till FC eller Companion Computer om det gäller bilddata för AI. Förutom de interna sensorerna som listas i 2.7.1 och beskrivs i Appendix A kan man utöka med externa sensorer som ansluts till FC via dess interface.

### De fyra vanligaste interfacen beskrivs kort nedan:

- **SPI (Serial Peripheral Interface):** Det snabbaste interfacet. Används främst av interna sensorer som kräver hög uppdateringsfrekvens som IMU men också av SD-kort för loggning och för extern display kopplad till FC. De 4 anslutningarna för porten är: MOSI, MISO, SCLK & CS. Interfacet saknar Ack och error check.
- **UART (Universal Asynchronous Reception and Transmission):** Samma teknik som en serieport på en äldre PC. Använder Rx & Tx som korskopplas mellan två enheter. Flow control används av tidskritiska enheter och då utökas Rx & Tx med RTS & CTS (Request To Send & Clear To Send). GPS och telemetridata mot OSD, CC eller via radiolänk mot CGS är de vanligaste tillämpningarna.
- **i2c (inter-integrated-circuit):** Ett seriellt interface som liknar UART. Upp till 128 enheter kan anslutas till samma bus men anslutningen är känslig för *ElektroMagnetisk* (EM) störning. Barometer, kompass, IMU, display och air speed sensor är vanliga tillämpningar.
- **CAN (Controller Area Network):** Ett relativt nytt interface i UAV världen men har använts i bilindustrin i över 20år. CAN används när höga krav ställs på snabbhet och tålighet. Inom UAV används CAN till GPS, *Electronic Speed Controller* (ESC) och servon men användningen av CAN förväntas öka.

### De vanligaste sensorerna:

- **Lidar (Light detection and ranging):** Mäter avståndet till och/eller andra egenskaper hos ett avlägset föremål. Används vanligen till Object Avoidance. Ansluts med i2c.
- **IR-LOCK:** Sensor för att MR ska kunna landa med hög precision mot sensorutrustat markmål. Ansluts med i2c.
- **ADS-B:** Radiosystem för att identifiera andra närliggande flygfarkoster. Mottagare är vanligast för UAV men sändarmoduler finns. Ansluts med UART.
- **Air Speed:** Till FW UAV används denna sensor för att mäta relativa lufthastigheten. Ansluts med i2c eller CAN
- **FLIR, eller annan IR kamera:** Dessa kan med begränsad funktion anslutas till UART. För mer avancerad datorseende krävs en Companion Computer.

## 2.9 Radiolänkar

Radiolänkar används för **styrkontroll (RC), telemetri och video** enligt avsnitt 2.7.2 ovan. Prestandan på en radiolänk brukar mätas i räckvidd och fördröjning. Här varierar kravet mellan de tre kategorierna där telemetri inte har lika höga krav på låg fördröjning som RC och video.

### Frekvenser

Tillåtna frekvensband varierar mellan världsdelar. I Sverige reglerar **Post och Telestyrelsen (PTS)**<sup>29</sup> vilka frekvenser och effekter som är tillåtna och när tillstånd krävs. 2.4GHz bandet är detsamma som äldre WiFi utrustning använder och är det mest etablerade och tillåtande världen över. 2.4GHz kan användas till alla tre kategorier men är vanligast för RC. 1.2GHz används primärt för analog video. För telemetri används ofta 868MHz eller 433MHz i EU.

Allt annat lika ger högre frekvens, högre bandbredd men till priset av minskad räckvidd. Räckvidden beror dock på mer än effekt, frekvens och antenn. Ett exempel är RC länk som med samma antenn, effekt och frekvens kan variera i räckvidd mellan 1–30km beroende på teknik som ex LoRa från Semtech och implementering av protokoll<sup>30</sup>.

### Sammanställande tabell över radiolänkar

	Krav på fördröjning	Bandbredd	Varianter av teknik	Vanligt förekommande Frekvenser	Exempelsystem
<b>RC</b>	höga krav	låg	Analog: PPM / PWM Digital: UART (CRSF/sBus)	<b>2.4GHz</b> , 900MHz, <b>868MHz</b> , <b>433MHz</b>	DragonLink, ULRS <sup>31</sup> , QLRS <sup>32</sup> , ELRS, Crossfire
<b>Telemetri</b>	låga krav	mellan	Downlink only / bi-directional	<b>2.4GHz</b> , 900MHz, <b>868MHz</b> , <b>433MHz</b>	SiK, RFD, ULRS, QLRS, Crossfire
<b>Video</b>	höga krav	hög	Analog / Digital	1.2GHz, 2.4GHz, <b>5.8GHz</b>	DJI Lightbridge DJI OcuSync Open HD Ruby HD Analog

Beroende på vilka frekvenser, effekter, tekniker och antenner som nyttjas brukar direktlänkar mellan UAV och GCS ha en begränsning <50km, ofta lägre. Önskas räckvidder >50km duger inte ovan nämnda system utan man hänvisas till exempelvis befintliga telesystem typ 3G eller 4G. Dessa kan ha näst intill obegränsad räckvidd över land men det sker till priset av högre fördröjning och att UAS operatören blir beroende av tredje part.

<sup>29</sup> <https://www.pts.se/sv/bransch/radio/frekvensplanen/>

<sup>30</sup> <https://www.expresslrs.org/2.0/info/long-range/>

<sup>31</sup> <http://www.itluxembourg.lu/site/ultimate-lrs-or-3dr-radio/>

<sup>32</sup> <https://qczek.beyondrc.com/qczek-lrs-433mhz-1w-lora-rc-link/qczek-lrs-sport-telemetry/>

## 2.10 Risker

Utifrån användning listas nedan scenarios vilka kan bero på teknik eller handhavande:

- **UAV flyger okontrollerat bort (Fly-Away)**

Orsaker:

- Fel i elektronik eller programvara som styr autonom funktion. Exempel: fel relaterat till sensorer som barometer, kompass och GPS.
- Fail-Safe kan triggas av flera orsaker. Ofta är UAV inställd på att återgå till startposition (RTL) autonomt. Felaktig RTL position i kombination med Fail-Safe orsakar Fly-Away.

- **UAV krockar med bemannat flyg eller annan UAV**

Orsaker:

- Fly-Away, se ovan.
- Oförsiktig eller dåligt planerad flygning.

- **Fallande UAV**

Orsaker:

- Misstag från operatör. Exempel: Disarm under flygning eller kollision.
- UAV tappar radiolänk till operatör eller marksystem och sätts i Fail-Safe med inställt motorstopp som konsekvens.
- Oplanerad flygning kan leda till att batteri plötsligt tar slut.
- Mekaniskt eller elektroniskt fel; Fixed wing kan ofta nödlända medans multirotor har större behov av styrelektronik.

- **UAV skadar personer eller material med sina roterande blad.**

Redan mindre UAV under 500g kan ha motorer kraftiga nog att skada händer och ansikte med bestående men som följd. Då roterande blad är tillverkade av hårda material som kolfiber och med mer kinetisk energi som följd av vikt och rotationshastighet finns ingen övre gräns för den personskada ett roterande blad kan medföra.

Orsaker: Alla tillfällen då strömsatt UAV är inom räckhåll för personer medför risk

- Start - Arm Sekvens
- Landning - DisArm Sekvens
- Justering/mekande - Avmonterade propellrar samt ej strömsatt UAV är av betydelse

### **Avgörande riskfaktorer**

**Plats:** Avstånd till människor och bebyggelse.

**Höjd:** Påverkar potentiell energi och närhet till bemannat flyg.

**Vikt & Storlek:** Påverkar levande energi och utbredning.

**Form:** Vassa kanter samt val av material på UAV är avgörande för skada.

**Funktion:** GeoFence och fallskärm är exempel på säkerhetsfunktioner som minskar risk.

## 2.11 Regelverk

Ett tydligt, relevant och modernt regelverk är avgörande för säkerhet vid UAS användning. Myndigheter, vilka ofta är delaktiga i utformning av regelverket bör vara ett föredöme för entusiaster och företag.

Transportstyrelsen är den myndighet som utifrån europeiska EASA-regelverket hanterar majoriteten av UAS regelverk med klassning av maskiner, registrering av operatörer, utbildning och bruk. Andra myndigheter som också hanterar UAS-relaterade frågor är Luftfartsverket som reglerar luftrum, Lantmäteriet som beslutar om spridningstillstånd av foto över land samt Sjöfartsverket som reglerar spridningstillstånd till havs.

Vid ökad risk krävs ansökan om särskilda villkor i samråd med Transportstyrelsen och Luftfartsverket. Nedan är exempel på förutsättningar som kräver särskilda villkor:

- Flygningar > 120m höjd
- Släppa föremål från luften
- Transport av farligt gods
- UAV > 25kg
- Flygning över folksamlingar

Särskilda villkor har givits till ett fåtal myndigheter och företag. Efterfrågan på dessa villkor spås öka med behov relaterat till transporter, Search And Rescue (SAR) och FixedWing flygningar över större områden.

Nedan följer en överblick av regelverket med fokus på civilt bruk som ej kräver särskilt villkor från Transportstyrelsen. För uppdaterat regelverk hänvisas till Transportstyrelsen.

### 2.11.1 Klassning

Den klassningen som finns specificerad enligt Transportstyrelsen är definierad i sju klasser kallade C0–C6. När detta dokument skapas 2022 finns ännu inga godkända UAV enligt denna C-standard och befintliga maskiner täcks av övergångsregler som gäller till december 2022. Nedan är en sammanställning av ett urval jämförbara faktorer i kategori C0–C3:

UAV Klass	Max Vikt (g) ink nyttolast	Max hastighet (m/s)	Max höjd (m)	Övrigt
C0	250	19	120	
C1	900	19	120	Anslagsenergi: <80J
C2	4000		120	
C3	25 000		120	Storlek: <3m



## 2.11.2 Civila tillstånd

TS delar in nyttjandet av drönare i tre huvudkategorier utifrån risk.

Behörighet uppnås genom teoriprov och erläggande av avgift. **Specifik kategori är intressant för organisationer som behöver flyga BVLOS eller på höjd >120m.**

Kategori	Underkategorier	Exempel
<p><b>Öppen:</b> Låg risk</p> <p>Inget särskilt tillstånd från Transportstyrelsen vid respektive flygning</p> <p>Flyghöjd &lt;120m Flygvikt &lt;25kg</p>	<p><b>A1:</b> Flygning nära människor med C0 &amp; C1 UAV</p> <p><b>A2:</b> &gt;30 meter från människor med C0, C1 &amp; C2 UAV eller med 5m avstånd i låg hastighet</p> <p><b>A3:</b> &gt;150 meter i sidled från bostads-, affärs-, industri- eller rekreationsområden. Gäller samtliga klasser (C1–C4).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hobby, samt viss kommersiell verksamhet</li> <li>• A1 i stadsmiljö</li> <li>• A2 i glesbygd</li> <li>• A3 över skog och hav</li> </ul>
<p><b>Specifik:</b></p> <p>Standard Scenarion enligt fördefinierade riskbedömningar kallade PDRA används vid relativt låg risk.</p>	<p>➤ PDRA: &lt;3m UAS storlek, &lt;34 kJ kinetisk energi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ G01: Avgränsat luftrum <ul style="list-style-type: none"> <li>■ BVLOS med FPV</li> <li>■ &lt;120m höjd</li> </ul> </li> <li>○ G02: Avgränsat luftrum <ul style="list-style-type: none"> <li>■ BVLOS ej FPV krav</li> <li>■ &gt;120m höjd</li> </ul> </li> <li>○ S01: Endast LOS <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Över ett kontrollerat markområde / inom tätbebyggelse</li> </ul> </li> <li>○ S02: BVLOS med FPV <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Över kontrollerat markområde / inom glest befolkat område</li> </ul> </li> </ul> <p>➤ SORA: För verksamhet som ej täcks in av de fyra PDRA kategorierna behöver en SORA upprättas.</p> <p>➤ LUC: Ett tillstånd som ges till en organisation eller företag där innehavaren får flyga enligt en egenupprättad PDRA utan att först ansöka hos Transportstyrelsen.</p>	<p>Om inte kraven i öppen kategori kan uppfyllas, exempel vid BVLOS flygning hänvisas man till kategori Specifik.</p>
<p><b>Certifierad:</b> Högst risk</p> <p>Högsta kravklass. Kräver certifierad UAV.</p> <p>Utbildning är under uppbyggnad av EASA</p>	<p>Certifierad kategori saknar underkategorier och särskilda bestämmelser.</p> <p>UAS i kategori certifierad behöver därför följa regler som finns för bemannad luftfart tills vidare.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UAV&gt;3m</li> <li>• Flygning över folksamlingar</li> <li>• Persontransport</li> <li>• Transport av farligt gods</li> </ul>

### 2.11.3 1:1-regeln

I det nya regelverket ska operatören ta hänsyn till 1:1-regeln. Regeln styr horisontellt avstånd till icke-involverade personer. Drönaren bör hållas på ett horisontellt avstånd som är mindre än flyghöjden. 1:1-regeln blir främst aktuell i underkategori A2, se nedan.

## 3 Metod

Om man jämför med exempelvis datorvetenskap är UAS inte etablerat som disciplin inom akademien. Sedan 2010 har tekniska utvecklingen av UAS gått fort. Tillgången på oberoende information är begränsad och för att kartlägga UAS som vetenskap och dess användning hos svenska myndigheter genomförs en explorativ intervjustudie av kvalitativ typ. För att validera studien har en veckas seminarier i Ljungbyhed med ett dussin myndigheter genomförts april 2022.

### 3.1 Förförståelse

Författarens erfarenheter från tjänst som CTO på NordLuft Automation med fokus på FoU av UAV inom design, konstruktion, handhavande samt öppna system. En övergripande presentation av teknik sammanfattas i 2.5–2.9 och Appendix A.

### 3.2 Intervjuer

Valet av myndigheter utgick initialt från referenser från TFHS där Rikard Tyllström & Joel Sköld bidrog med kontaktnät för att inleda studien. Intervjuobjekten delade ytterligare kontakter där representanter från tio civila myndigheter valdes ut för att uppnå avsedd kartläggning. För att göra studien heltäckande kompletterades med tre intervjuer med geografisk täckning och uppdrag från myndigheter med planerad verksamhet.

### 3.3 Urval

Urvalet av intervjuobjekt baserades på ambitionen att täcka civila myndigheter med en bredd av användningsområden. För att underlätta inhämtande och delning av information lades fokus på civilt snarare än militär användning. Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) var intervjun som närmast angränsande militär verksamhet.

**Totalt genomfördes 10 intervjuer i kategorierna:**

- **4 Utryckningsverksamhet:** Polisen, SSBF, Sjöfartsverket & Kustbevakningen
- **3 Planerad verksamhet:** Sveriges Geologiska Undersökning, Statens Geotekniska Institut & Skogsstyrelsen
- **3 Ej operativa aktörer:** Transportstyrelsen, MSB & FOI<sup>33</sup>
- **Övriga:** LFV, Försvarmakten, FMV & RISE medverkade under seminarier på Ljungbyhed och tog del av presentationen och bidrog med värdefull återkoppling.

### 3.4 Litteraturstudie

Sekundärdata från utredningar av FOI, TS & MSB. Öppen UAS teknik och dess utveckling studerades genom dokumenterade intervjuer och från organisationernas hemsidor. Förundersökning om UAS samverkan utfördes inom ramen för projektet SAR UAS samt sökning efter artiklar i LUBsearch.

---

<sup>33</sup> MSB & FOI har operatörstillstånd men UAS används främst för att utvärdera åt andra organisationer.

## 4 Empiri

Intervjuerna gjordes över Zoom med en eller två representanter med UAS ansvar och insikt i användning från berörd myndighet. Intervjuerna delades därefter upp i tre kategorier:

**Utryckning, Planerad och 'Ej Operativ'.**

### 4.1 Utryckningsverksamhet

Utryckningsverksamhet omfattar blåljusverksamhet och havsrelaterade myndigheter. Vid olyckor, brottsplatser, sökoperationer, bränder och bevakning initieras aktiviteter av larm från 112 eller från intern källa. Det medför att behoven på UAS är tidskritisk där enkel funktion och pålitlighet efterfrågas.

Svenska myndigheter i kategorin utryckningsverksamhet har uppgifter som traditionellt sett tillgodosetts av bemannade fordon som inhandlas som färdiga, "off the shelf"-produkter med tydliga manualer. Det finns ingen, eller liten, tradition av egen forskning och utveckling för att tillgodose behov kring beredskapsförmåga.

#### **Särskilda villkor**

Utryckningsverksamhet nyttjar inte UAS inom det civila EASA-regelverket utan med särskilda villkor där LUC och egenupprättad PDRA är en förebild som leder till en operativ manual att arbeta utefter. Polisen och SSBF har redan implementerat särskilda villkor. Kustbevakningen & Sjöfartsverket är på väg. Särskilda villkoret från Transportstyrelsen kostar 10 000kr/år.

#### 4.1.1 Polisen

2013 inleddes en förstudie av hur UAS teknik kunde bistå Polisen som metodförstärkande förmåga och 2018 infördes UAS i samtliga regioner. Polisen var därmed en av de första svenska civila myndigheterna att påbörja implementeringen av UAS. År 2022 nyttjar Polisen >600 UAS och har >300 fjärrpiloter i landets nio distrikt. Varje polisregion som önskar använda sig av UAS tar beslut om inköp och resurstillsättning (personal) för att täcka den aktuella regionens behov.

#### **Användningsområde**

Polisen har både traditionella bemannade helikoptrar samt UAS. Bemannade helikoptrar är en begränsad och dyr resurs som mha. UAV kan frigöras för sökuppdrag över stora områden eller då personer eller material behöver transporteras. Obemannade farkoster ses som ett komplement och används dagligen för att höja den operativa förmågan. UAS används med framgång i stadsmiljö där de kan observera utan att störa. Några områden där UAS visat sig betyda speciellt mycket är:

- Förebygga, utreda, ingripa och lagföra brott
- Leda operativ verksamhet
- Minska riskerna för polispersonal på marken

UAS förhöjer Polisens operativa förmåga vilket i slutändan räddar liv.

## **Teknik, Behov och Vision**

Polisen har ingen egen utveckling av UAS system. Inköp av UAV sker enligt lagen om offentlig upphandling och då beaktas endast "off the shelf"-system där Kinesiska DJI är i särklass den dominerande tillverkaren vilket avspeglas i polisens arsenal. Nyligen har Sky-Hero Loki MK2 införts, en taktisk maskin främst ämnad för inomhusbruk. Polisen har en vision att likt försvarsmakten få tillgång och tillstånd till FixedWing UAV i BVLOS för att överbrygga de begränsningar som befintliga DJI system har i flygtid, räckvidd och vädertålighet.

## **Utbildning**

För att bli en certifierad fjärrpilot inom Polisen går kandidaten först A2-utbildningen hos TS. Efter godkänd A2-utbildning vidareutbildas operatören 60h internt hos Polisen. Utbildningen tillhandahålls som en kombination av nätbaserad och praktisk. För att upprätthålla kompetens finns ett flygtidskrav om minst 4 dagar per månad samt 16h fortbildning per år.

## **Samverkan**

Polisen är delaktig i en skandinavisk UAS-samarbetsgrupp och vid upphandling har Polisen samarbete med Norge. Då Polisen kommit längre än de flesta andra myndigheter i implementering, rutiner och utbildning har dessa erfarenheter delats med bland annat Kustbevakningen och SSBF.

## **Övrigt**

Trots ett regelverk som kan sätta begränsningar relaterat till luftrum, BVLOS och spridning av bilder ser Polisen mycket positivt på UAS. Stora fördelar med UAS uppmärksammas i exempelvis sök av försvunnen person, ingripande mot farlig person samt allmänt brottsförebyggande verksamhet.

## 4.1.2 SSBF

StorStockholmsBrandFörsvaret är ett kommunalförbund som omfattar 10 kommuner, 16 brandstationer och 10 räddningsvårn i StorStockholm. SSBF assisterar i insatsarbete och vid larm, exempel brand, personsök, hot om suicid, drunkning och oljespill.

SSBF använder liksom Polisen och KB inte tillstånd utan särskilda villkor där organisationen själv beskriver sin organisation och förvaltar den.

### **Användningsområde**

UAS har nyttjats sedan 2018 och används idag vid de flesta räddningsinsatser och är där ett uppskattat verktyg då en lägesbild från luften ofta är till stor hjälp. Vid 25% av uppdragen där UAS är involverad har den en avgörande effekt för insatsen. UAS för inte lika mycket oljud och kan också flyga närmare målobjekt än bemannat flyg. Ljudet av skrik kan vara avgörande vid personsök.

### **Teknik, Behov och Vision**

SSBF använder uteslutande Kinesiska DJI och har drygt 10st, allt från mindre mini till de lite större Mavic med IR-kamera. Ekonomi är en begränsande faktor, alltför dyra maskiner gör att man i vissa lägen undviker att riskera maskinen och därmed begränsas användandet. Till skillnad från Polisen saknar SSBF IP-klassade maskiner som kan stå emot väta och regn vilket begränsar ca 20% av insatserna. UAV teknik som saknas är IR-Kamera med bättre upplösning samt Laserpekare för att dirigera markpersonal.

SSBF är i stort tillfreds med tekniken men ser utmaningar i det nya regelverket som ännu inte är etablerat. Regler respekteras inte fullt ut av privatpersoner och journalister som tyvärr stör räddningsinsatser. Om okänd UAS aktivitet finns där insats utförs ska inte SSBF verka med UAS.

### **Utbildning**

SSBF har ett egenutvecklat kursmaterial baserat på polisens som används både av den egna organisationen samt räddningstjänster i övriga landet. SSBF har en heltidstjänst som koordinerar UAS verksamhet, ca 20 personer är utbildade UAS operatörer.

### **Samverkan**

SSBF har ett välutvecklat samarbete med Polis, Kustbevakningen, LFV-Bromma, JRCC-Helikoptrar, TS-Luftrum, MSB och Sveriges övriga 36 räddningstjänster. SSBF har inte eget bemannat flyg men samarbetar regelbundet med andra myndigheter som nyttjar bemannat flyg. SSBF önskar en ökad samverkan mellan myndigheter, gärna där TS och MSB tar ledning för samordning kring UAS-användning. SSBF har erbjudit sig hjälpa till som remissinstans.

I Finland och Norge har man kommit mycket längre kring luftrumsfrågorna, där sker också en tightare samverkan mellan motsvarigheterna till LFV och TS.

### **Övrigt**

SSBF påtalar Polisen som en förebild som kommit långt i ett helhetskoncept kring UAS. Inställningen inom SSBF är generellt positiv men som med all ny teknik är inte hela organisationen övertygad.

### 4.1.3 Sjöfartsverket

SjöV skiljer sig från övriga myndigheter i att det är ett affärsverk där finansiering sker med en kombination av anslag och avgifter. SjöV verkar för sjöfartens förutsättningar med ansvar för farleder med fyrar, prickar, lotsning, isbrytning, sjömätning, produktion av sjökort, sjötrafikinformation samt sjö- och flygräddning. För att utföra sin uppgift har SjöV eget rederi med lotsar och isbrytare.

Sjö- och flygräddningstjänstens arbetssätt och uppbyggnad styrs av internationella konventioner genom FN:s sjöfartsorgan: International Maritime Organization (IMO), respektive luftfartsorgan: International Civil Aviation Organization (ICAO) och av svensk lagstiftning enligt lagen om Skydd mot Olyckor, LSO (2003:778).

I området SAR (Search And Rescue) har Sjöfartsverket en övergripande och samordnande roll. JRCC (Joint Rescue Coordination Centre) är den centrala dit larmen inkommer via 112, VHF-radio eller satellit. Årligen tar JRCC hand om ca 7000 ärenden varav ca 1100 gäller sjöräddning och 600 flygräddning. Övriga inkluderar Polis, räddningstjänst och försvunna personer. SjöV räddningshelikoptrar får över 500 insatslarm per år varav 65% leder till start av helikopter. Dagtid är det 5 räddningsledare på JRCC som täcker landet.

SjöV har räddningsledaransvar över hav samt Väner, Vättern och Mälaren. Över land eller kommunal sjö övergår ledningsansvar till kommunal räddningstjänst. Polis ansvarar för fjällräddning.

#### **Användningsområde**

Sedan ett par år tillbaka görs undersökningar för hur UAS kan implementeras och vilka tillstånd som skulle krävas. I nuläget har SjöV enbart ett fåtal UAS-piloter som genomför metodförsök inom sjögeografi med översikt och kontroll av prickar/bojar.

Ett Vinnova-finansierat projekt har inletts för att använda UAS för rekognosering. Trafikverket finansierar ett 24mån projekt där SjöV i samarbete med en handfull myndigheter utvärderar och utvecklar UAS för att stötta SAR räddningsinsatser.

#### **Teknik, Behov och Vision**

Flygningar över vatten, vind, fukt och kyla är förhållanden som UAS behöver hantera. När dessa krav kombineras med krav på räckvidd halvvägs ut i östersjön är det fixed wing system likt militära system som övervägts.

#### **Utbildning**

Likt Polisen söks inte tillstånd enligt EASA-regelverk utan under särskilda villkor från TS där vissa undantag föreligger jämfört med civilt tillstånd.

#### **Samverkan**

SjöV samarbetar brett med de flesta UAS-aktiva myndigheterna i Sverige. En av de närmaste samarbetspartners är Sjöräddningssällskapet som är en frivilligorganisation. I projektet EOS, Eyes On Scene utvecklas fixed wing teknik tillsammans med RISE (Research Institute of Sweden).

#### 4.1.4 Kustbevakningen

KB är en civil myndighet med ca 800 anställda som ansvarar för sjöövervakning, räddningstjänst till sjöss, miljöövervakning, miljöbrott och oljebekämpning samt hanterar gränskontroll av Sveriges sjögräns.

KB har fartyg utrustade för sjöräddning som ständigt finns ute och dess fartyg och flygplan deltar i sjö- och flygräddningsövningar ledda av JRCC.

KB utför kontroller av handelsfartyg, fritids- och fiskebåtar samt deras besättningar och passagerare. I tull- och gränskontroll har kustbevakarna långtgående befogenheter, som att preja, stoppa och borda fartyg. I hamnarna kontrollerar Kustbevakningen farligt gods och lastsäkringen på fartyg.

#### **Användningsområde**

Ännu utnyttjas inte UAS men potentiellt material och tillståndsprocess med funktioner utreds för att se om UAS kan möta kraven kring räckvidd och väder som föreligger i kustnära områden.

#### **Teknik, Behov och Vision**

Idag används tre flygplan av typen Dash 8 Q-300. Planen är utrustade med sensorer och radar för att underlätta arbetet med att identifiera oljeutsläpp.

UAS ses som ett potentiellt arbetsredskap vid brottsbekämpning, kontroll och tillsyn av bland annat fiske och ses i första hand som ett komplement snarare än som ett substitut.

#### **Utbildning**

Likt Polisen söks inte tillstånd enligt EASA-regelverk utan under särskilda villkor från TS där vissa undantag föreligger jämfört med civilt tillstånd.

Polisen erbjuder en operatörsutbildning om 5 dagar, SSBF har en kortare om 2 dagar.

#### **Samverkan**

Inom uppdraget sker samarbete med Sjöfartsverket, Tullverket och Polisen. KB är delaktiga i SAR UAS där de flesta myndigheter med UAS-verksamhet ingår.

#### **Övrigt**

Norska Kustverket har kommit långt i sin användning av UAS.

Svenska Kustbevakningen upplever att det finns en övertro till UAS system och vilken funktion de kan fylla.



## 4.2 Planerad verksamhet

Gemensamt för nedanstående myndigheter som bedriver planerade UAS operationer är att de önskar täcka ett större område, ofta för att dokumentera i GIS. Behoven i prestanda har väckt intresset för BVLOS system och FW men komplexitet, brist på resurser och omoget regelverk har hämmat införandet. Ansökan om spridningstillstånd hos Lantmäteriet är mer påtagligt i denna kategori av myndigheter där bilddata behöver sparas för dokumentation.

I vissa fall används sensorer utöver RGB vilket ökar vikt och komplexitet. För att möta dessa krav har samarbeten med universitet och externa företag införts i högre grad för planerad verksamhet än för utryckningsverksamhet.

### 4.2.1 SGU

Sveriges geologiska undersökning har ca 300 anställda med huvudkontor i Uppsala. Kontor finns också i Lund, Göteborg, Malå och Luleå. SGU tillhandahåller geologisk information om berg, jord och grundvatten genom bland annat karteringsverksamhet.

#### **Användningsområde & Teknik**

2018–2021 genomfördes ett EU-projekt i samarbete med Uppsala universitet och drönerföretaget Amkvo för att mäta jordens magnetfält & ledningsförmåga med UAS. Amkvo konstruerade en MR specialbyggd för att bära en 5–8kg sensorplattform kallad 'bird' som hänger under UAVn. Flygtiden på ekipaget är <20min och använder ett styrsystem från DJI. Drönaren kostade ca 100kr att tillverka.

Två birds tillverkades då alla sensorer på en hade blivit för tungt. Den ena mäter ledningsförmåga, den andra mäter jordens magnetfält. Tillsammans kostar dessa två birds ca 600kr. Amkvo hyr ut material och tjänst att flyga. Hyra för hårdvara: 10–30 kkr/år. Flygtjänst: 70–150 kkr/år beroende på flygtimmar. Tyvärr används systemet bara 1–2 ggr/år pga resursbrist samt begränsningar i mjukvaror/IT. Det finns ett intresse för öppna UAS-system som ArduPilot/Pixhawk för att kunna uppnå ökad automation vid flygning.

SGU har också en marin avdelning med forskningsbåt och UAV där man fotograferar botten i grunda vatten med efterbehandling i Pix4D. Dessa UAV användes 2–3ggr/år under en period, projektet ligger för närvarande nere. För projektet används DJI Phantom 4.

Andra verksamheter på SGU, som samhällsplanering och geofysik, använder UAV för fotogrammetri och för att exempelvis ta fram höjdmodeller/3D-modeller över områden som kartläggs. Exempelvis används ShapeMatrix för efterbehandling. UAV som används här är DJI Mavic 2 Pro och DJI Phantom Pro.

## **Behov & Vision**

SGU handlar regelbundet upp tjänst med bemannat flygplan som utrustas med sensorer och flygs med specialtillstånd på 60m höjd över marken. Flygningarna görs under sommaren för att undvika frost med 200m mellan parallella linjer där mätningar av jordens magnetfält, markens ledningsförmåga och den naturliga gammastrålningen görs. Sensorerna som används väger upp till 110kg (gammastrålning).

Behovet att täcka större områden för mätningar gör att MR-tekniken från DJI sätter gränser. Flygtid och brist på system för automation och AI gör att UAS har svårt att konkurrera eller komplettera bemannat fullskala flyg. UAS av typen FW hade möjliggjort tyngre sensorer och att flygtid och större område kunde täckas men det nya regelverket för BVLOS begränsar idag användningen av UAS. Att foto behöver skickas till Lantmäteriet för att få spridningstillstånd och att kustnära, skyddade områden granskas av försvaret och att man ej får flyga över bebyggelse är ytterligare faktorer som håller tillbaka användandet av UAS.

## **Samverkan**

Uppsala universitet och Amkvo har varit partners i UAS-projektet där Amkvo stod för UAV medan Uppsala universitet & SGU utvecklade 'bird' med sensorer.

I Finland används FixedWing UAV framgångsrikt i analys av större ytor.

SGU saknar central organisation med kompetenscentra för UAS-teknik. Behovet av obemannat flyg finns men resurser och kompetens finns inte fullt ut inom SGU och det ligger inte inom dess uppdrag att ha egen UAS-utveckling.

## **Övrigt**

På SGU:s årsredovisning 2021 täcks förstasidan av en UAV med en bird hängandes under. Det kan tänkas avspegla myndighetens positiva syn på UAV, eller avspegla dess vision och vart resurser planeras.

Mer om EU-projektet Smart Exploration där SGU använde UAS vid Blötberget utanför Ludvika finns på länk nedan:

<https://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2020/juli/dronare-gor-kartlaggningen-av-mineralresurser-enklare-och-mer-hallbar/>

## 4.2.2 SGI

Statens geotekniska institut är en expertmyndighet från 1944. SGI ligger under miljödepartementet med huvudkontor i Linköping men har också kontor i Stockholm, Göteborg och Malmö. SGI har ca 100 anställda där majoriteten är geotekniker. SGI arbetar för hållbar användning av mark, naturresurser och säkert byggande. En viktig uppgift är skredriskkartering för att identifiera sannolikhet, konsekvens och risk för skred.

### **Användningsområde**

SGI arbetar med UAS under planerade operationer men också som beredskap och då i samarbete med räddningstjänsten. Vanligen flygs UAS på <50m höjd för att skapa underlag för skredriskkarteringar eller vid dokumentation av erosion i strandlinjen.

### **Teknik, Behov och Vision**

SGI använder DJI Mavic Pro till vilken de skrivit en 'Praktisk drönanmanual'.

DJI Groundstation Pro används för att samla in data. För efterbehandling används Drone2Map (ESRI) och Metashape (AgiSoft) för att skapa ortofotomosaik och DSM (Digital Surface Model). DJI Mavic Pro lämpar sig för områden upp till några hektar. Inmätning med RTK för att identifiera kontrollpunkter är ett måste för att knyta resultat till SWEREF99TM<sup>34</sup> och RH2000<sup>35</sup>. Vid snabbare täckning av större områden anlitas professionella aktörer som använder UAS bestyckad med Lidar.

### **Utbildning**

SGI följer regelverket i den öppna kategorin i klass A1/A3.

### **Samverkan**

SGI samarbetar med kommuner, länsstyrelser samt räddningstjänster där SGI stöttar med expertis. Lantmäteriet är en värdefull samarbetspartner med dess höjddatabas och tillika SGU som bl a tillhandahåller jordartskartor.

Samarbete med MSB där vissa utvecklingsinsatser kopplade till krisberedskap har finansierats med hjälp av MSB 2:4-medel.

---

<sup>34</sup>

<https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/Referenssystem/Tvadimensionella-system/SWEREF-99-projektioner/>

<sup>35</sup>

<https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/Referenssystem/Hojdsystem/svenska-hojdsystem/RH-2000/>

### 4.2.3 Skogsstyrelsen

Skogsstyrelsen är en förvaltningsmyndighet under Näringsdepartementet som bildades 1941. Skogsstyrelsen tillser att mål för produktion, miljö och jämställdhet uppfylls på ett hållbart sätt så att också framtida generationer ska kunna bruka och ha glädje av skogen.

#### **Användningsområde**

UAS underlättar rörelse och transport i otillgängliga områden och möjliggör effektivare arbete vid överblick av skog. Skogsstyrelsen använder UAS i följande områden:

- Som förlängt öga / kikare för att upptäcka insektsangrepp som ex. granbarkborren.
- Uppföljning av skogsbruksåtgärder som exempelvis dokumentation av avverkning.
- Produktion av film för utbildning, rådgivning, demonstration och skötsel.
- Kartläggning med ortofotomosaik och GIS.
- Insamling av bilddata för att genom maskininlärning och AI-modeller detektera skador på skog.

#### **Teknik, Behov och Vision**

Redan 2007 började tester med Fixed Wing UAV. Skogsstyrelsen är därmed en pionjär inom svenska myndigheter både inom FW men också UAS generellt. Idag används inte längre FW pga regelverket kring BVLOS. Istället infördes UAV av MR-typ under åren 2015-2020 tillsammans med utbildning & rutiner för användning. Idag har Skogsstyrelsen ca 100 UAV i 25 distrikt där 90 skogskonsulenter har behörighet att flyga inom öppna kategorin. Sedan 2020 har användandet av UAV minskat efter det nya gemensamma EU-regelverket. Under senaste året har användningen återigen ökat.

I vissa fall upphandlar Skogsstyrelsen UAS-tjänster då det gäller att kartlägga större områden, exempelvis på Gotland. Visionen är att i framtiden kommer UAS-teknik ta över mer av dokumentationen då UAV blir var mans verktyg likt en mobiltelefon. AI för bildanalys används idag för att detektera insektsangrepp men dessa modeller behöver förfinas. Tekniker för multispektral analys för att detektera om skog är sjuk/död utvärderas.

#### **Utbildning**

För att hålla kostnader nere använder Skogsstyrelsen UAV inom den öppna kategorin i klass A1, A2 & A3. Det är önskvärt att flyga BVLOS och högre än 120m, gärna med FW som kan täcka större områden men i dagsläget inväntas ett mognat regelverk.

#### **Samverkan**

Myndighetssamverkan har genomförts med FOI relaterat till AI, multispektral analys och datorseende. Detta har lett till grova modeller som nu behöver förbättras.

Skogsdatalabb drivs i samverkan med SLU och fungerar som en mötesplats där information relaterat till skog delas.

Viss samverkan med EU och då främst Finland pågår kring geodata.

Inom geodata sker samverkan med t.ex. Trafikverket, Jordbruksverket, Länsstyrelserna, Rymdstyrelsen och Naturvårdsverket.

## 4.3 Ej operativa

Myndigheterna i kategorin 'Ej operativa' använder inte UAS på samma sätt som uttryckning eller planerad. De har istället en relation till UAS som intressenter där UAS i vissa fall utvärderas åt andra myndigheter. Av den anledningen kom intervjuerna att handla mer om generella tekniker, koncept, regelverk och framtida användning.

### 4.3.1 FOI

Totalförsvarets forskningsinstitut har funnits sedan 2001 och är ett forskningsinstitut under försvarsdepartementet med kontor i Stockholm (Grindsjön & Kista) samt Linköping och Umeå. FOI utför och samverkar forskning i civil och militär sektor. 80% Av FOI's finansiering kommer från uppdragsintäkter där Försvarsmakten & FMV är de största kunderna. FOI utför omvärldsbevakning men är ingen tillsynsmyndighet. År 2012 gjorde FOI en förstudie av obemannade farkoster, därefter har FOI släppt ett antal rapporter i området UAS och AI. FOI utför forskning som ligger nära slutskedet av en produkt, se TRL skalan nedan:

#### TechnologyReadinessLevels

TRL	Typ	Organisation
1-3	Abstrakt	Universitet
4-6	Koncept	FOI & RISE <sup>36</sup>
7-9	Produkt	Företagsutveckling

#### Forskningsområden inom UAS där FOI är delaktiga:

- AI, ML & DL: Här ingår datorseende, bildanalys och ruttplanering
- Sensorer: Multispektral analys, radar & Lidar
- Radiolänkar: Både direktlänkar och via telelänk (3G/4G/5G)
- Styrdatorer & svärmar

FOI använder och forskar på både DJI UAV och öppna system. DJI används vanligen som flygande kameraplattform men har begränsningar vid utveckling då dessa inte har samma möjlighet att återkoppla datorseende mot automation som ett öppet system.

FOI ser över informationsläckage som kan föreligga gällande bild och geodata hos slutna system men har ingen officiell utsago om specifika produkter eller fabrikat. Att slutna systemen används av FOI beror på att det inte finns leverantörer av färdiga, typgodkända och CE-märkta öppna system. Det innebär att FOI själva behöver konstruera UAV med öppna system vilket ger ett oönskat produktansvar som påverkar aspekter gällande arbetsmiljösäkerhet.

#### Samverkanspartners:

MSB och Polisen där de tillsammans ser över regelefterlevnad & operativa procedurer.

SAR UAS i området datorseende

Tekniska kommittén sis<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Se 4.4 för mer information om RISE

<sup>37</sup> <https://www.sis.se>

### 4.3.2 Transportstyrelsen

TS är en statlig myndighet som hör till Infrastrukturdepartementet. TS ansvarar för regler och tillstånd samt administrerar register över förare och fordon med uppföljning. TS har ca 2000 medarbetare och finns på 12 orter i landet, främst i Borlänge, Norrköping och Örebro.

TS har ett brett ansvar inom transport och säkerhet för områdena vägtrafik, sjöfart, luftfart & järnväg. Under kategorin luftfart ligger UAS där TS administrerar svenska regelverket som baseras på Europeiska EASA-regelverket.

#### Luftrum

Till skillnad från övriga EU har Sverige integrerad luftrumssamordning mellan civil och militär luftfart. Det medför både för- och nackdelar. En uppsättning regelverk kan vara enklare än två men i vissa fall kan det upplevas som försvarsmakten har veto då de har specifika krav som måste uppfyllas vilket kan medföra intressekonflikter. Militären har behov av dold framfart och system för identifiering som FLARM & ADS-B fyller en säkerhetsfunktion för civilt flyg men motverkar militärens önskan om dold framfart. Möjlighet till flygning på låg höjd (<120m), utöver start och landning, fyller en funktion för militären eftersom radar där har begränsad funktion men för civilt bruk är den typ av transport ej önskvärt.

Generellt sett ligger Sverige, tillsammans med Island efter övriga Europa när det kommer till utveckling av regelverk och samordning av luftrum för drönare med bemannat flyg, exempelvis för BVLOS och U-Space.

#### Vision & Regelverk

Det aktuella regelverket är av statisk natur och kan uppfattas strikt och stolpigt. UAV med vikt >250g får ej flygas i tätbebyggt område och inom 5 km radie till flygplats är flygning förbjuden utan tillstånd från flygtrafikledningen.<sup>38</sup>

**U-Space** är ett system för tilldelning av luftrum till drönare och kan ses som en utökning av det statiska regelverket med C-luft och G-luft där man med automation och digitala tjänster kommunicerar mot flygtrafikledning, övrigt flyg och myndigheter dynamiskt. För att möjliggöra BVLOS-flygningar behöver man idag upprätta ett restriktionsområde. U-Space hade underlättat den typen av flygningar. Ett framtida dynamiskt regelverk med U-Space där temporära och begränsade luftrum kan delas kommer underlätta samordning och möjliggöra en tätare integration av UAS med bemannat flyg.

TS ser stor potential i U-Space som är under utveckling och delar av Europa. Framför allt Polen men också Schweiz, Danmark och Norge har nått långt i implementeringen. I Sverige är implementationen nyss påbörjad och det är en process som väntas ta 15 år och initialt läggs fokus på undre luftrummet.

---

<sup>38</sup> Det är oftast relativt enkelt att få tillstånd i kontrollzoner i Sverige förutom från Bromma och Arlanda då dessa luftrum är de mest trafikerade.

## Utbildning

TS erbjuder utbildningsmaterial för bland annat drönarkort men gör också diverse rapporter ex: Obemannade luftfartyg i Sverige, Trender, effekter, förväntningar och behov, Dnr TSG 2019-4372 Juni 2019.

## Samverkan

Samordningen av luftrum är en komplex fråga som innefattar många parter. Förutom tidigare nämnda intressenter säger Plan- och bygglagen (PBL) att kommuner har ett berättigat intresse för luftrum <600m ovanför kommunens mark. Även Länsstyrelserna och Naturvårdsverket har intressen relaterat till hur luftfart påverkar natur och miljö.

## Övrigt

Nedanstående citat från TS egen rapport belyser regelverkets påverkan och TS insikt i hur teknik och regelverk utvecklas hand i hand.

*“När Högsta förvaltningsdomstolen i oktober 2016 slog fast att obemannad luftfart utrustad med kamera omfattas av kameraövervakningslagen, resulterade det i att den kraftiga ökningen av antalet kommersiella drönartillstånd bröts. I dag omfattas inte kamerautrustade drönare längre av lagen. Nya tillståndskategorier har inrättats och branschen befinner sig därför i ett nytt läge där nya förutsättningar skapas. Obemannad luftfart i Sverige har, eller kommer inom några år att få, stor påverkan på sektorer som skogs- och jordbruk, blåljusverksamhet, konstruktion och infrastruktur, energi samt till viss del transport och logistik.”<sup>39</sup>*

---

<sup>39</sup> Obemannade luftfartyg i Sverige, Trender, effekter, förväntningar och behov, Dnr TSG 2019-4372 Juni 2019.

### 4.3.3 MSB

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, är en statlig myndighet med ansvar för att stödja samhällets beredskap för olyckor, kriser och civilt försvar i den utsträckning inte någon annan myndighet har ansvaret. Ansvaret avser åtgärder före, under och efter en olycka, kris, krig eller krigsfara.

MSB har ett övergripande och brett ansvar som angränsar till UAS-området via totalförsvaret, blåljusverksamhet och räddningstjänsten. MSB har samarbete med både myndigheter med teknisk kompetens som FOI och myndigheter med praktisk erfarenhet som Räddningstjänst och Polis. MSB har begränsat med egen UAS-verksamhet.

#### **Behov och Vision**

Som aktör och operatör av UAS har MSB begränsad verksamhet men inom dess kontaktnät med totalförsvaret, kommun och landsting har MSB identifierat behov och stöttar i användandet av UAS.

#### **Samverkan**

MSB uppfattas ofta av utomstående som en naturlig organisation vid samordning av UAS-teknik. MSB har till viss del axlat uppgiften med samordning mot räddningstjänst och kommuner men det finns önskemål från övriga UAS-aktiva myndigheter om ökad samordning. Frågan är om uppgiften är uttalad nog och om resurser och kompetenser finns hos MSB i dagsläget.

#### **Övrigt**

Enligt MSB har DJI haft kontakt med räddningstjänster i Europa när de utvecklade deras Enterprise serie och därför uppfyller dessa maskiner behoven väl.

## 4.4 Övriga aktörer

Det finns aktörer som bör omnämnas då de ej inkluderats fullt ut i studien men har via samtal under seminarier i Ljungbyhed bedömts ha UAS-kompetens av intresse för vidare studier. Vilken UAS-kompetens respektive aktör besitter uppskattas nedan:

- **Luffartsverket:** Luftrum och U-Space är områden relaterat till UAS där samverkan med Transportstyrelsen och MSB kan utvecklas.
- **FMV & Försvarsmakten:** Här finns erfarenhet och kompetens i BVLOS och FW.
- **Sjöräddningssällskapet:** En frivilligorganisation som leder Projektet: Eyes On Scene (EOS) som utvecklar enklare FW-teknik med autonoma funktioner. Samarbete med Sjöfartsverket sker redan inom SAR UAS.
- **RISE (Research Institute of Sweden):** Forskar likt FOI på teknik sent i TRL men med civilt fokus. Exempel på forskning: Radiolänkar, sensorer, styrsystem, SDK-utveckling. RISE hade varit en värdefull partner vid utveckling av öppna system.



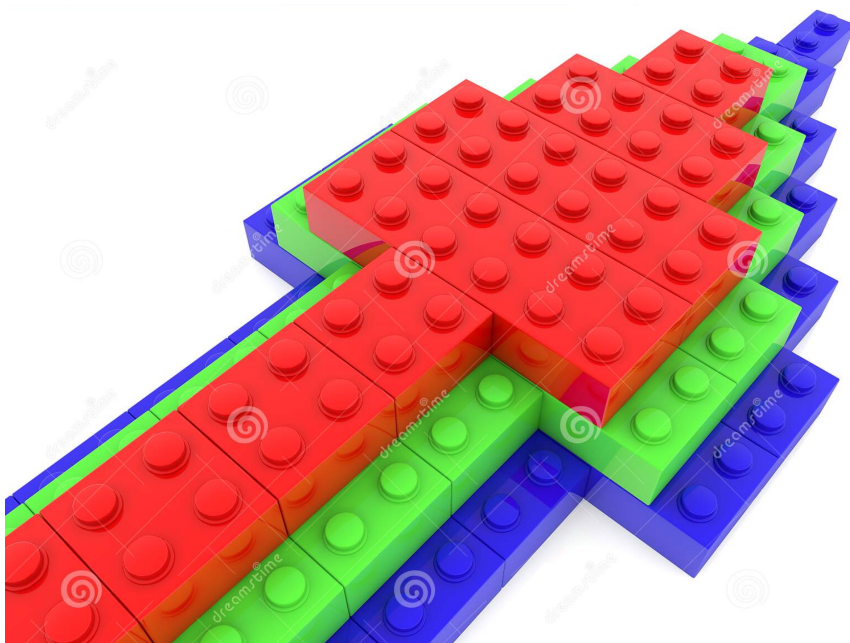
## 5 Sammanställning & Analys

Utifrån Porters värdekedja presenterad i avsnitt 2.1 kan myndigheters UAS-verksamhet visualiseras i fem sekventiella aktiviteter som ses i värdekedjans underdel markerad med blå linjer: **Inköp, Anpassning, Utbildning, Flygning och Underhåll.**

Dessa aktiviteter kan särskiljas och hade varit naturliga avdelningar i ett företag med omfattande UAS aktivitet. De horisontella röda banden visualiserar support som behöver integreras i samtliga underliggande aktiviteter. Marginalen i porters modell är det mervärde som UAS genererar i myndigheten.



Respektive myndighet har en värdekedja där specifika respektive generiska aktiviteter kan identifieras. I myndigheter där behov och användning liknar varandra finns en ökad vinst i samverkan av aktiviteter. Med empirin och intervjumaterialet som grund identifieras aktiviteter, resurs och kompetens. Sammanställningen ligger därefter till grund för en 3D-värdekedja där samverkanspotential illustreras som adderade värdekedjor där aktiviteter i respektive lager ges möjlighet till samarbete.



I tabellen nedan struktureras intervju svar från respektive myndighet. Värt att notera är att **första raden Blåljus täcker både Polis och SSBF Brandförsvaret**. Deras verksamhet och aktiviteter är väl integrerade och är exempel på när myndigheters värdekedjor adderats. SGU, SGI och Skogsstyrelsen framstår som potentiella och naturliga partners då de använder liknande teknik. Transportstyrelsen och MSB har redan ett tätt samarbete med Blåljus men samverkan med planerad (grön) verksamhet hade kunnat utökas.

**Vardera kolumn i tabellen nedan utvecklas och analyseras i avsnitt 5.1–5.5**

Myndighet	5.1 Primär UAS funktion	5.2 Etablering	5.3 Teknik	5.4 Utbildning & Regelverk	5.5 Vision & Önskemål
<b>Blåljus (Polis &amp; Brand)</b>	Polis:Förebygga & lagföra. SSBF: Leda och minska risker för personal.	<b>Hög</b>	Nästan uteslutande DJI	<b>Särskilda villkor &amp; egen utbildning</b>	Flygtid / Fixed Wing BVLOS, AI, Regelverk U-Space <b>Samverkan</b>
<b>KustBevakning</b>	Fiske, miljö & övervakning	Låg	MR, eventuellt också Fixed Wing	Ser över särskilda villkor	Initieringsfas Flygtid & BVLOS
<b>Sjöfartsverket</b>	Search And Rescue (SAR)	Initierad genom <b>SAR UAS</b> samarbete	Fixed Wing & MR	På väg till Särskilda villkor iom. SAR UAS	Initieringsfas AI, automation & robust system <b>Samverkan</b>
<b>SGU / SGI</b>	Ortomosaik, magnetfält & jordarter	Medel/Låg	DJI men ser också över öppna system	Öppen A1 / A3	Initieringsfas Anpassningsbar med moduler <b>Samverkan</b>
<b>Skogsstyrelsen</b>	Angrepp, dokumentation och omfattning	<b>Hög</b>	DJI & <b>tidigare erfarenhet av FW</b>	Öppen A1 / A3	Flygtid / Fixed Wing BVLOS, AI, Regelverk U-Space <b>Potential till samverkan</b>
<b>Transport Styrelsen</b>	Regelverk, utbildning, register & luftrum	Använder ej UAS	Ingen	<b>Administrerar</b>	U-Space <b>Utöka samverkan med MSB och LfV</b>
<b>FOI</b>	Forskning i sent skede. Datorseende & AI	Genomför praktiska tester och utvecklar sensorteknik	<b>Utvecklar AI</b> viss kompetens i ArduPilot & PX4	Ca 20 operatörer med tillstånd	<b>Utöka samverkan</b> Integrering av Automation & AI
<b>MSB</b>	Stöd till kommun & räddningstjänst	Samverkar främst med Blåljus	Begränsad	Få operatörer	<b>Samverkan</b> utöver blåljus, AI & U-Space

## 5.1 Funktion

De sju operativa UAS-myndigheterna inom utryckning och planerad verksamhet har gemensam funktion där fokus är aktiviteterna utbildning och flygning. Supportfunktioner som human factors, teknisk utveckling och regelverk blir också här till stor del gemensamma och innefattar då TS, FOI och MSB. Myndigheter med kustnära verkningsområde efterfrågar robusthet, IP-klass och har ett större fokus på räckvidd. Här inkluderas Sjöfartsverket, KustBevakningen men även Blåljus och Skogsstyrelsen delar vision av funktioner för ökad räckvidd med Fixed Wing och BVLOS. För att möjliggöra visioner och önskemål är FOI och TS viktiga samarbetspartners.

## 5.2 Etablering

Myndighet	Resurs & Kompetens
<b>1, Polisen</b>	Etablerad användning av "off the shelf"-UAV av typ DJI MR. Utbildning, rutiner och erfarenheter från samverkan med bemannade helikoptrar och UAV delas med andra myndigheter inom blåljusverksamhet. En förebild inom utbildning och rutin.
<b>2, SSBF</b>	SSBF jobbar likt Polisen men nedskalat utan bemannat flyg och med enklare UAS. Begränsade resurser är påtagligt.
<b>3, Sjöfartsverket</b>	SjöV är i en initieringsfas där FW och BVLOS system utvärderas samt hur dessa kan samverka med lågt flygande bemannade helikoptrar. Liknar Polisens då dess UAS organisation initierades.
<b>4, Kustbevakningen</b>	Begränsad användning av UAS. Kompetens kring sensorer, luftrum och fullskala FW. UAS bedöms av utomstående ha stor potential men kan uppfattas som hot mot traditionell användning av bemannat flyg.
<b>5, SGU</b>	Hög teknisk kompetens för att vara en myndighet som använder UAS i operativt syfte. Kompetens kring sensorer och praktisk erfarenhet av AI-system för datorseende. Utvärderar öppna system.
<b>6, SGI</b>	Begränsad UAS-omfattning men genuint intresse. Samarbetar med räddningstjänst och använder liknande DJI-maskiner.
<b>7, Skogsstyrelsen</b>	Jobbade i ett tidigt skede med FW. Har praktisk erfarenhet av AI-system för datorseende. Är tillsammans med Polisen den myndighet som nått längst i implementering av UAS men jämfört med Polisen ligger de efter i utbildning och ansökan om tillstånd.
<b>8, TS</b>	En nyckelaktör i utbildning och regelverk baserat på EASA.
<b>9, FOI</b>	Kompetens inom UAS-teknik med sensorer, AI, datorseende och flygdatorer. Utvärderar operativa procedurer och regelefterlevnad.
<b>10, MSB</b>	Har en övergripande förståelse av behov och användning av UAS i totalförsvaret med Blåljus, kommun och landsting.

## 5.2.1 Interest Power Matrix

Utöver Resurs & Kompetens bedöms nedan de 10 listade myndigheterna utifrån vilket intresse myndigheten har för UAS teknik samt vilket inflytande myndigheten har på UAS som nationellt område.

Myndighet:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intresse	H	H	H	L	H	H	H	H	H	M
Inflytande	H	L	M	L	M	L	M	H	M	M

(H=High, M=Medium, L=Low)

## 5.3 Teknik

De operativa myndigheterna saknar utvecklingsavdelning. Blåljusverksamhet behöver teknik som snabbt och enkelt kan integreras och nyttjas i organisationen. Här har låsta "off the shelf"-lösningar från DJI fyllt en viktig funktion i att införa UAS på bred front i blåljusverksamhet. Befintliga UAS-system är nu mycket uppskattade men det finns begränsat med erfarenhet från konkurrerande system att jämföra med.

### 5.3.1 Behov

Behov relaterat till flygtid, räckvidd, AI och automation möts i varierande grad där blåljusverksamhet är relativt nöjda. Övriga operativa myndigheter har större diskrepans mellan behov, egenskaper och prestanda hos de "off the shelf" system som erbjuds. Ökad automation, AI och bildanalys framhålls som önskemål av samtliga myndigheter.

Mycket av den modulära hårdvaran i form av sensorer och beräkningskapacitet finns, men utbudet av färdiga produkter är mycket begränsat och mer forskning kring öppna system som kan anpassas med AI och automation för myndigheters efterfrågas.

Här finns utmaningar som kräver kompetens i utveckling av algoritmer och programkod. FOI bedriver uppdragsforskning på AI för UAS-teknik med praktiska tester och MSB utvärderar möjligheter och hot med AI.

### 5.3.2 DJI –Den kinesiska UAS-jätten

År 2006 bildades drönerföretaget Da-Jiang Innovations men det var först 2013 som DJI levererade en framgångsrik produkt med deras Phantom som riktade sig mot entusiaster och hobbyanvändare. År 2022 har DJI >80% av UAV-marknaden för MR-hårdvara med en bredd av UAS produkter som inte matchas av någon annan tillverkare.

DJI hade tidigare ett brett utbud av DIY-komponenter för utvecklare. Kompletta UAV kunde byggas med DJI-komponenter som styrsystemen Naza, Wookong och A2 och ramarna i Flame Wheel serien. Fokus har därefter skiftat mot färdiga system där Phantom serien kompletterats med fällbara serien Mavic. Sedan 2015 har DJI breddat fokus från entusiaster och hobby till en professionell målgrupp med serierna Inspire och Matrice. År 2021 släppte DJI en FPV miniquad och täcker därmed samtliga dominanta MR-segment.

DJI:s dominans inom MR är inte alltid uppskattad och dess slutna system har visat läckor av bilder och geodata som lett till att företagens produkter förbjudits i flera sektorer bland annat i de flesta länders försvarsmakt.

De flesta, även kritiker till DJI och dess slutna system, medger att deras användarvänlighet och teknik för kamera, bildöverföring & gimbals är raffinerade. Automation och AI är områden där DJI ligger efter de öppna systemen men med deras Enterprise-modeller introducerades ett SDK som är tänkt att möjliggöra AI-integration.

DJI kallas ibland "Apple of the drone world" då de lyckats göra en teknisk produkt oteknisk.

### 5.3.3 Uppskattade egenskaper hos DJI

- **Låg kunskapströskel** för användning.
- **Videolänk** av hög kvalitet med sofistikerad integrering med iPad.
- **Tillförlitliga** –Antalet maskiner och flygtimmar har lett till ett beprövat system.
- **Lågt pris** i förhållande till funktion.
- **Slutet system** ger en statisk produkt vilket förenklar handhavande. Statiska funktioner underlättar för kategorisering & regelverk.

### 5.3.4 Upplevda brister hos DJI

- **Integritet:** Flertalet länder inklusive USA har förbjudit slutna system som DJI i offentlig<sup>40</sup> tjänst då det uppdagats att DJI kan avlyssna bild och geodata (NDAA)<sup>41</sup>.
- **Funktioner låsta till position och nation:** DJI:s system begränsar sändareffekt baserat på nation. Denna begränsning tar inte hänsyn till ev. särskilda tillstånd som operatören innehar. No-fly-zone kan införas godtyckligt av tillverkare.
- **Autonomation:** Möjligheterna att utveckla AI är kraftigt begränsad och då endast via SDK på marksystem. Då autonoma UAS konstrueras väljs sällan DJI som bas.
- **Räckvidd och flygtid:** Då tekniken begränsas till multirotor där Fixed Wing och VTOL saknas begränsas flygtid till 30-60 min beroende på last.

DJI har (år 2022) inte breddat sitt utbud till Fixed Wing men deras hårdvara för videolänk används flitigt av DIY-utvecklare av FW-system.

---

<sup>40</sup> <https://www.reuters.com/article/us-usa-drone-trump-idUSKBN29N238>

<sup>41</sup> <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2706082/department-statement-on-dji-systems/>  
<https://globaluavtech.com/news-media/blog/open-source-ardupilot-software-vs-dji-software/>

## 5.4 Utbildning & Regelverk

För att nyttja UAS säkert krävs mer än teknisk prestanda och funktion. Regelverk kring handhavande, luftrum och kameraövervakning samt utbildning är en förutsättning för att UAV ska nyttjas rättssäkert. Regelverket i Sverige har hamnat på efterkälken jämfört med stora delar av EU men mycket händer nu; TS och LFV har ett huvudansvar medan Lantmäteriet och Sjöfartsverket administrerar spridningstillstånd.

Befintligt regelverk inom öppen kategori är begränsande för samtliga myndigheter i studien. För att uppfylla flygrelaterade behov arbetar idag ett par myndigheter med särskilda villkor, något som ses över av de flesta myndigheter i studien. Ett alternativ till särskilda villkor är att söka tillstånd i specifik kategori vilket skulle möjliggöra BVLOS flygningar, flyghöjd >120m och flygning över tätbebyggelse.

## 5.5 Vision & Önskemål

Utöver efterfrågad teknik och förenklat regelverk som möjliggör, efterfrågar myndigheter i studien utökad myndighetssamverkan. Gruppen blåljus har kommit långt både i implementering av UAS, regelverk, utbildning och samverkan men har ett behov som är enklare att tillgodose än resterande myndigheter. För att gå vidare och uppfylla visioner och önskemål med nya tekniker behövs nya system och kompetenser som inte finns inom gruppen blåljus. FOI, RISE, TS och Skogsstyrelsen tillsammans med universitet besitter kompetens som behövs för att uppfylla önskemål på FW, BVLOS och AI.

Hur samverkan ska koordineras är inte uppenbart hos myndigheterna. Att dela erfarenheter genom nätverk, databas eller liknande efterfrågas. I vissa avseenden är ansvarsområden otydliga. Ett exempel är administrering av U-Space där ett samarbete mellan TS, LFV och MSB efterfrågas.

Intresset för UAS är överlag stort och myndigheter som kommit långt i införandet ser stora vinster i myndighetsutövande & verkan. UAS ses i de flesta fall som ett komplement till bemannat flyg som friar upp resurser och möjliggör operationer som inte är möjliga med bemannat flyg.

## 5.6 Kultur

Ansvariga för UAS hos myndigheter har ofta pilotbakgrund. Yrkesgruppens kompetens omfattar säkerhetstänk, processbaserat handhavande och en hög lägsta nivå i utövande. För att ta del av hela spektrat av UAS teknik som är både dynamiskt och under snabb utveckling behövs kompletterande förståelse och utbildning för de bakomliggande funktionerna som tillsammans bildar ett UAS. Önskade funktioner kring automation och AI går via programkod och parametrar innan man kommer till ett system som till ytan är enkelt och autonomt.

## 5.7 Samverkan

Nedan redovisas myndigheter mot **aktiviteter i värdekedja, respektive teknik**, för att överblicka möjlig samverkan som Strategiska Partners. **SP i fetstil** är förslag på myndigheter med samordningsansvar då dessa myndigheter bedöms ha särskild resurser eller kompetenser inom respektive kolumn.

### 5.7.1 Aktiviteter

	Inköp	Anpassning	Utbildning	Flygning	Underhåll
<b>1, Polisen</b>	<b>SP</b>		<b>SP</b>	<b>SP</b>	
<b>2, SSBF</b>			SP	<b>SP</b>	<b>SP</b>
<b>3, Sjöfartsverket</b>	SP	<b>SP</b>		SP	
<b>4, Kustbevakningen</b>		SP			
<b>5, SGU</b>		<b>SP</b>			
<b>6, SGI</b>		SP			
<b>7, Skogsstyrelsen</b>	SP	<b>SP</b>		<b>SP</b>	
<b>8, TransportStyrelsen</b>			<b>SP</b>	SP	
<b>9, FOI</b>	<b>SP</b>	<b>SP</b>	SP		
<b>10, MSB</b>	<b>SP</b>		SP		<b>SP</b>

### 5.7.2 Teknik

	BVLOS	FixedWin g	AI	U-Space	ArduPilot / PX4	Service & Support
<b>1, Polisen</b>	<b>SP</b>	SP	SP	<b>SP</b>		SP
<b>2, SSBF</b>	SP					<b>SP</b>
<b>3, Sjöfartsverket</b>	SP	SP	SP	SP	SP	
<b>4, Kustbevakningen</b>	SP	SP			SP	
<b>5, SGU</b>	SP	SP	SP		<b>SP</b>	
<b>6, SGI</b>						
<b>7, Skogsstyrelsen</b>	<b>SP</b>	<b>SP</b>	SP		<b>SP</b>	SP
<b>8, TransportStyrelsen</b>	<b>SP</b>		<b>SP</b>	<b>SP</b>		
<b>9, FOI</b>	SP	<b>SP</b>	<b>SP</b>		<b>SP</b>	SP
<b>10, MSB</b>			SP	<b>SP</b>		<b>SP</b>

### 5.7.3 Nulägesbild

Viss samverkan mellan myndigheter sker i dagsläget likt broar mellan öar men det saknas en övergripande och långsiktig organisation. Polisens samarbete med övriga myndigheter kan här nämnas explicit då de nått längst i praktisk implementering av UAS. SSBF, FOI och MSB samverkar med Polisen på flera områden varför detta kan ses som en initiering av nätverkande som skulle kunna utvecklas.

Projektet SAR UAS är ett annat exempel där bland annat Sjöfartsverket, Kustbevakningen, FOI, RISE, Polisen och LU/TFHS samverkar både i aktiviteter som inköp & utveckling men också kring tekniska utmaningar som Fixed Wing, BVLOS, AI och tillhörande tillstånd och regelverk. Strukturen för SAR UAS samarbetet påminner om Linking pin<sup>42</sup> i tidigt skede.

### 5.7.4 Platsanalys

Samverkan omfattar inte bara arbetsgrupper och databaser. Anpassning, utbildning flygning och underhåll underlättas av en geografiskt centraliserad mötesplats.

Internationellt finns det flera exempel på kluster inom robotik, flyg och UAS. Dessa agglomerationer har ibland växt fram organiskt medans vissa varit mer strukturerade. Närhet till kompetens från universitet eller företagskluster har ofta haft betydelse.

#### **I Sverige finns ett antal platser med goda förutsättningar för UAS utveckling:**

- **TFHS Ljungbyhed:** Med Europas första auktoriserade drönarskola<sup>43</sup>, ett UAS labb, kontrollerat luftrum och kompetensen från Lunds universitet och LTH uppfyller Ljungbyhed många efterfrågade funktioner. Något som saknas är verksamma UAS företag på området. Se Appendix B för mer information.
- **Linköping:** Sveriges 'flyghuvudstad'. Här finns erfarenhet och kompetens från universitet och industri.
- **TUVA<sup>44</sup> Testbädd i Västervik:** Den 40x60km stora testbäddsområdet med luftrum medger höghöjdsflygningar samt BVLOS.
- **Urban ICT Arena<sup>45</sup>:** Placerad i Kista, Stockholm där fokus läggs på tester och scenarier med drönare i stadsmiljö.
- **RFN Vidsel:** Området ligger mellan Luleå och Arvidsjaur och därmed placerat långt ifrån ovanstående UAS centra. RFN drivs av FMV<sup>46</sup> och dess fokus är militär utveckling och tester men i teorin är det möjligt att använda för civila ändamål.

---

<sup>42</sup> Se avsnitt 6.1

<sup>43</sup> <https://www.lu.se/artikel/trafikflyghogskolan-bli-europas-forsta-auktoriserade-dronarskola>

<sup>44</sup> <https://www.ri.se/sv/test-demo/tuva-dcs>

<sup>45</sup> <https://urbanictarena.se/urban-mobility/>

<sup>46</sup> <https://www.fmv.se/verksamhet/test-och-evaluering/vidsel/>



## 6 Diskussion & Slutsats

Hur UAS teknik används i svenska myndigheter och vilka möjligheter som föreligger för samverkan har utretts med hjälp av teori i organisation, teknik och regelverk.

Utifrån studiens urval har det visat sig att svenska myndigheters UAS användande är homogen där primär användning är som en flygande kamera vilken mestadels styrs manuellt. Samtliga myndigheter använder ett kinesiskt fabrikat och variansen på modeller är liten. Funktion upplevs i de flesta fall som god men begränsad. Då det inte finns erfarenhet av andra system än DJI hålls förväntningarna på tekniken inom begränsade ramar.

Funktioner för automation, AI, räckvidd och BVLOS saknas av myndigheter då befintliga system inte uppfyller dessa behov. En handfull myndigheter och organisationer har breddat synen på UAS och börjat undersöka öppna system och/eller Fixed Wing. Här kan nämnas Sjöfartsverket med SAR-UAS, Sveriges geologiska undersökning, Skogsstyrelsen och till viss del FOI. FMV och Försvarsmakten har inte omfattats av intervjuer men förväntas besitta viktig kompetens som söks av civila myndigheter.

Att lämna den trygga DJI sfären har dock en baksida.

– Få leverantörer finns av öppna och/eller Fixed Wing system. Tekniken är etablerad men utanför den militära sfären erbjuds tekniken endast som delkomponenter där resurser och kompetens för att sätta samman behövs. Myndigheter besitter oftast inte kompetens för UAS utveckling eller modulbyggnation då det faller utanför deras givna uppdrag. CE-märkta och certifierade system är krav som begränsar inköp till DJI's MR teknik.

Befintligt UAS samarbete har varit givande men begränsat sig i omfattning och struktur. Här kan nämnas samarbetet mellan Polis, brandförsvaret, MSB och FOI, vilka har gemensam syn på UAS och inlett ett samarbete som har potential att utökas i omfattning av parter, aktiviteter och områden.

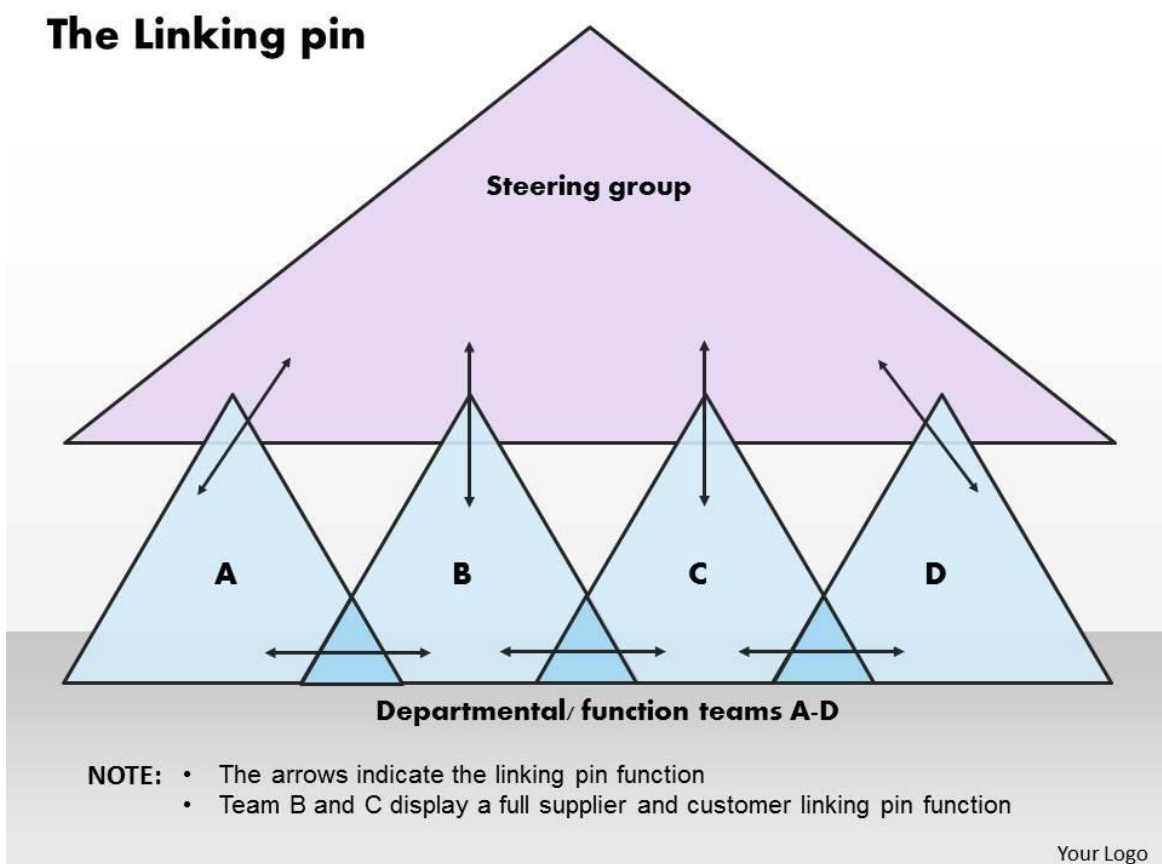
Myndigheter med behov av större räckvidd än befintliga system omfattar de som arbetar med skog och mark samt kustnära och i viss mån blåljus. Här finns mycket att vinna på samverkan då kravställning för räckvidd innefattar både ny teknik som FixedWing och BVLOS med utökad automation och AI samt lämpligt regelverk. För teknisk kompetens hade samverkan mellan LU/TFHS & LiU med uppdragsforskning från FMV och FOI kunnat utreda förutsättningar och implementering av AI och öppna system anpassade för luftrum som accepterats av både civila myndigheter och Försvarsmakten.

För att implementera dessa tekniker hade intressenter som Transportstyrelsen, Luftfartsverket och MSB behövt utöka samverkan kring regelverk, luftrum och U-Space.

## 6.1 Samverkansscenarier

Intresset för samverkan kring UAS är stort bland organisationerna som deltog i studien. Flera förslag på samverkan nämndes under arbetsprocessen. Exempelvis: Nätverk för kunskapsdelning eller gemensamt UAS-labb för utveckling och certifiering. Nedan presenteras några möjliga organisationsformer<sup>47</sup>:

- **Intresseorganisation:** En övergripande UAS organisation som leder, fördelar ansvar och kopplar samman myndigheters befintliga UAS verksamheter. Dess uppgift skulle omfatta projektutveckling och certifiering samt stötta i frågor kring teknik och regelverk. Här är Linking pin en modell för samverkan där man slipper inrätta ny organisation. Istället utser man en kontaktnod i vardera organisation. Se bild nedan.
- **Konsortium:** En intresseorganisation beskriven ovan skulle i ett senare skede kunna bli en bas för ett konsortium som är en mer formell struktur där myndigheter tillsammans delegerar sin UAS kompetens i en ny gemensam organisation.
- **Nationellt UAS-kompetenscentrum eller UAS myndighet:** För att samla kompetens och stödja statliga organisationer med utveckling, utbildning och användning hade en ny myndighet kunnat skapas för att stötta. En förebild är FMV eller Ekonomistyrningsverket då den myndigheten stödjer andra myndigheter.



<sup>47</sup> Se avsnitt 2.4 för organisationsteori

## 6.2 Utvecklingspotential

Myndighetssverige imponerar med kompetens och ett internationellt högt förtroende<sup>48</sup>. Det är lätt att bli hemmablind, men väl fungerande myndigheter är ingen självklarhet vilket man blir varse när man bott utanför landets gränser. Att kunna förlita sig på sjöräddning, brandkår, polis, försvar och ett hållbart och tryggt nyttjande av skog och mark är en service vi ska vara stolta över. UAS är en kraftfull teknik som hjälper myndigheter verka effektivt och gynnar klimat & miljö.

Implementationen av UAS i myndigheter sparar redan resurser, miljö och liv men det finns mycket kvar att göra. Samverkan och regelverk behöver möjliggöra ny teknik och öppna system. UAS användning behöver utvecklas för att matcha myndigheternas "best in class" nivå.

Sverige har alla möjligheter att bli ett internationellt föredöme för UAS användning. En modell vi stolt skulle kunna dela med oss av.

## 6.3 Fortsatta studier

UAS är tvärvetenskapligt och det finns en stor bredd av kunskap som behöver utvecklas.

Nödvändiga forskningsområden omfattar enskilda kunskapsområden och hur dessa samverkar i gränslandet mot organisation och ekonomi.

**De tre huvudsakliga forskningsområdena är:**

1. **Farkosten** – Teknologier och hur de samverkar
2. **Regelverket** – Säkerhet, risker och relationer till andra aktörer i luftrummet
3. **Uppgiften** – Vad UAS används till och vad den förväntas prestera

Fortsatta studier kan ske i beröringspunkten mellan två, eller alla tre. Exempelvis:

**Farkosten** Fixed Wing, behöver **regelverk** för BVLOS att fylla **uppgiften** att verka på önskat avstånd till havs, för att hjälpa nödställda.

För att möta behov och möjliggöra användningen av UAS i svenska myndigheter behövs alternativ till de låsta systemen. Kontroll över UAS behöver återtas från företag i orienten till Sverige, där UAS kan anpassas med automation och AI baserat på nationellt regelverk.

---

<sup>48</sup>

<https://www.statskontoret.se/fokusomraden/fakta-om-statsforvaltningen/allmanhetens-uppfattning-om-kvaliteten-i-de-statliga-verksamheterna/>

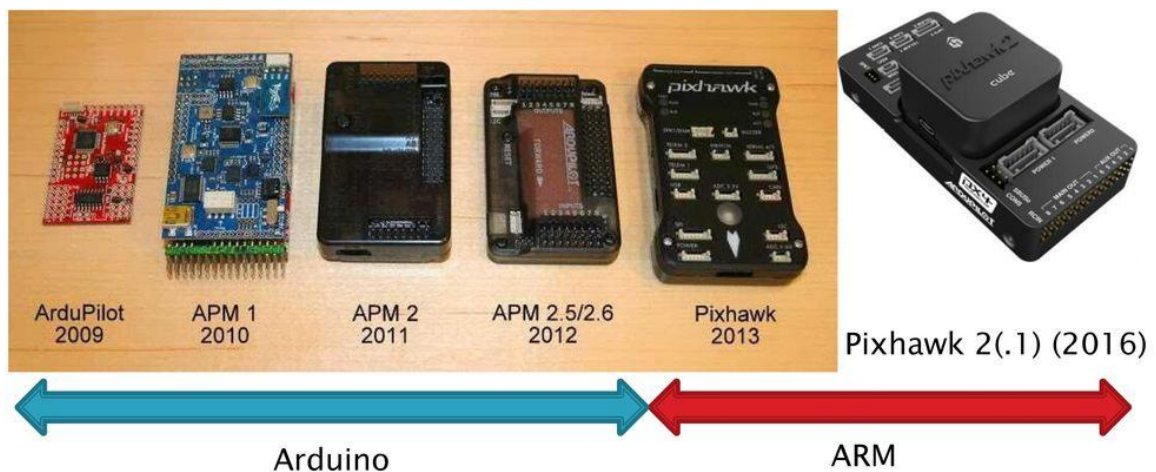
# Referenser

1. Fundamentals of strategy, upplaga 3, Gerry Johnson, Richard Whittington, Evan Scholes, Duncan Angwin & Patrick Regner
2. Nätverksorganisationer - outsourcing, partnerskap och nya organisationsformer, Jan Edgren & Per-Hugo Skärvad
3. Företag och geografi - Ulf Silbersky & Ola Alexanderson
4. Denscombe, Martyn (2009): Forskningshandboken – för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna. Studentlitteratur
5. TransportStyrelsen: Obemannade luftfartyg i Sverige, Trender, effekter, förväntningar och behov, Dnr TSG 2019-4372 Juni 2019
6. MSB STUDIE - Artificiell intelligens för obemannade luftfartyg vid samhällsstörningar Tillämpningar och sårbarheter  
(Publikationsnummer: MSB1577 - juni 2020 ISBN: 978-91-7927-041-4)
7. Effects of Cubic Wing Loading Parameter on Airplane Wing Sizing and Parasitic Drag (Seyhun Durmus *Department of Aeronautics, Edremit School of Civil Aviation, Balikesir University, Balikesir, Turkey*).
8. Design of a drone system for maritime search and rescue missions  
Pettersson Emil, KTH  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1528155/FULLTEXT01.pdf>
9. Naturvårdsverket  
(<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimat-och-konsumtionen/flygets-klimatpaverkan>)
10. DIYdrones <https://diydrones.com>
11. Myndigheternas-skrivregler (Ds 2009:38)  
<https://www.regeringen.se/49b6d0/contentassets/cf18bf62e0c4282ab3e8632080c2fb4/myndigheternas-skrivregler-ds-200938>

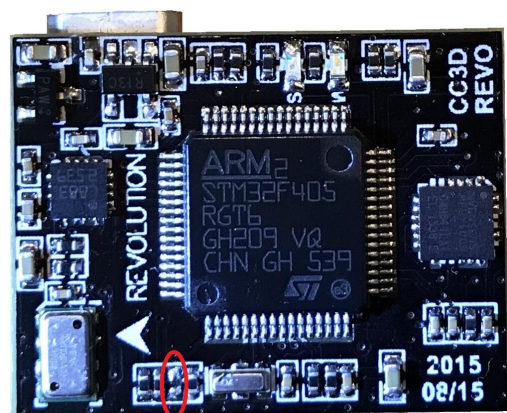
# Appendix A: Delkomponenter UAS

## A1 Öppna FC & dess sensorer

Bilden nedan visar ett urval av FlightControllers / Styrdatorer. Samtliga kompatibla med ArduPilot. Fram tills 2012 användes 8-bitars RISC processorer av typen ATmega2560. Från 2013 då Pixhawk introducerades övergick tekniken till 32 bitars ARM-arkitektur som också är kompatibla med styrsystemet PX4.



2018 gick ArduPilot över till ett nytt realtidssystem (RTOS) på STM32/ARM. Från NuttX till ChibiOS. Det medförde att omfattningen av kompatibla FC utökades från Pixhawk och dess kloner till mindre, enklare och billigare FC som tidigare främst använts av miniquads och FPV-hobby. Två exempel på nya FC med support för ArduPilot ses nedan: Matek F405 CRT och CC3D Revo Mini.

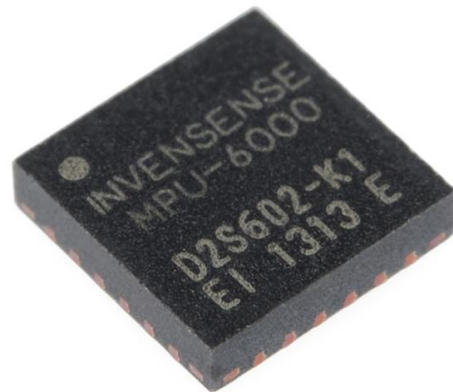


short pads to enter DFU mode

## A1.1 IMU

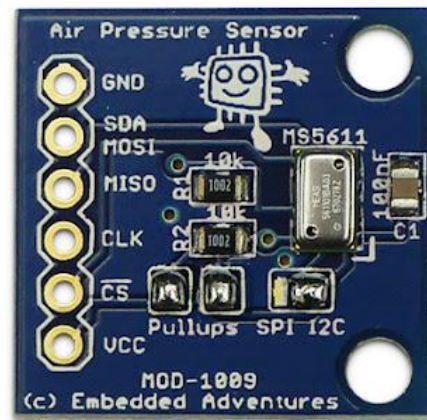
Moderna IMU (Inertial Measurement Unit) till UAV är av MEMS (MicroElectroMechanicalSystems) typ som den på bilden till höger.

IMU ansluts oftast med SPI och omfattar gyro och accelerometer och bidrar därmed till en 6 DOF (Degrees of Freedom) sensor.



## A1.2 Barometer

Barometer mäter det relativa lufttrycket från start till landning. Precisionen är som bäst +/- 2dm. Barometer ansluts med SPI eller i2c.



## A1.3 Satellitpositionering

För att bestämma position av UAV används mottagare av satellitdata som med triangulering ger position i rummet med precision av 10–0.5m. Den dominerande tillverkaren av mottagarchip är u-blox. Anslutningen är UART eller i vissa fall CAN vid högre krav på robusthet.

RTK (Real Time Kinematic) är en teknik med en fast mottagare på känd punkt som referens.

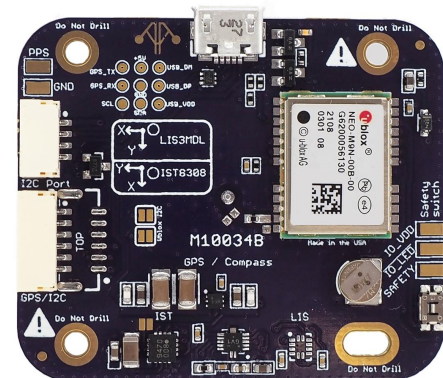
Några satellitsystem:

- GPS (US)**
- GLONASS (Russia)**
- Galileo (EU)**
- BeiDou (China)**



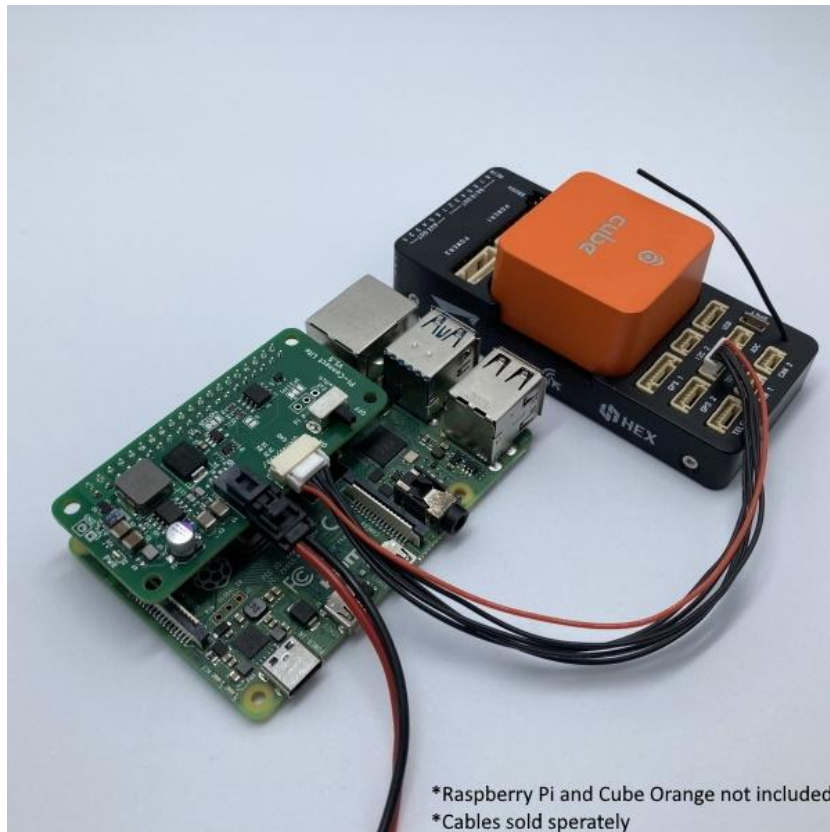
## A1.4 Magnetometer / Kompass

En UAVs riktning kan bestämmas med kontinuerlig positionsdata från satellit vilket gör att FW klarar sig bra utan kompass, även om det hjälper vid start. På en MR som vid hovring konstant justerar för små fel är kompass viktig för automation. Kompass är placerad på FC eller i extern GPS enhet för att undvika störningar från angränsande elektronik.

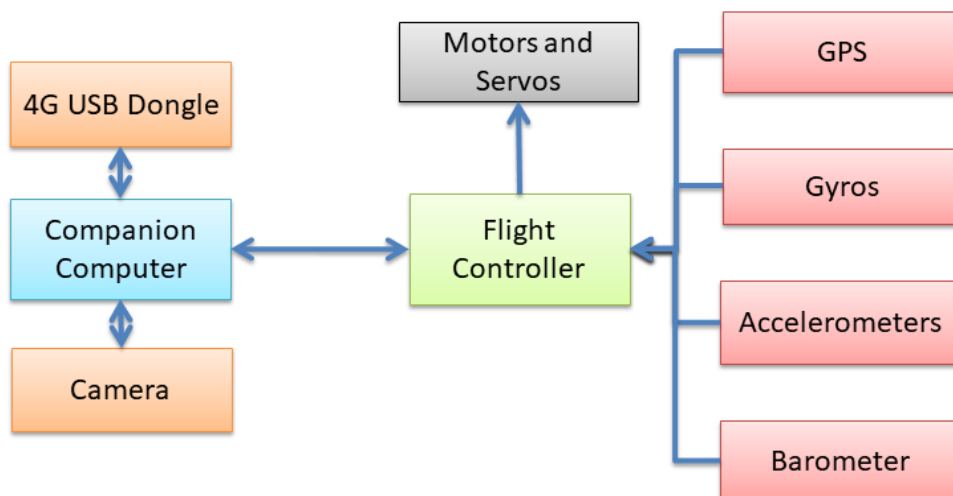


## A2 Companion Computer

En *Companion Computer* (CC) kan placeras ombord på UAV och kopplad till FC med UART likt en telemetri­länk. CC gör tyngre beräkningar som inte är lika tidskritiska som de styrfunktioner som hanteras inuti FC. Exempel är då algoritmer för AI & datorseende implementeras för sök och dynamisk AI baserad ruttplanering.



Blockschemat nedan inkluderar CC med anslutning mot kamera för datorseende och AI samt 4G radiolänk för kontroll och telemetri vid BVLOS.



Notera att de tre nedersta röda blocken under GPS vanligtvis är placerade inuti FC.

## Appendix B: TFHS & Ljungbyhed

Trafikflyghögskolan TFHS grundades 1984 som del av Försvarsmakten. År 1998 övergick TFHS till att bli en del av LTH & Lunds Universitet. TFHS utbildar idag både civila och militära piloter till civila behörigheter och certifikat. Utbildningen till trafikflygare präglas av ett nära samarbete med Skandinaviska flygbolag.

TFHS ligger i Klippans kommun, mindre än en timmes bilresa från Lund. Området kallas Ljungbyhed Park och ägs av fastighetsbolaget Annehem. Parken omfattar 110 byggnader med 200 studentrum. Dagligen befinner sig ca 600 personer på området.

I Ljungbyhed Park finns Europas äldsta flygplats. Två av fyra landningsbanor nyttjas idag. Området har egen kontrollzon med bemannat flygledartorn. På 1910-talet inleddes här flygutbildning ledd av pionjären, affärsmannen och piloten Enoch Thulin. Enoch disputerade 1912 på Lunds universitet i aerodynamik. Han dog 1919 i en flygolycka, 37 år gammal.

På området finns 18 håls golfbana, militärhistoriska museet, padelbana och ett antal företag, varav några nämnda nedan:

- Försvarsmakten
- SAAB
- PEAB
- GreyBird - privat pilotutbildning
- Folkuniversitetet
- Polisen
- Migrationsverket
- Restaurang Lucys

TFHS har nyligen startat upp ett UAS-laboratorium för obemannad luftfart. Här bedrivs utbildning, både som kurs inom universitetet och uppdragsutbildningar åt företag och myndigheter. I november 2021 utsåg Transportstyrelsen TFHS till Europas första Auktoriserade Drönarskola (ADS).

UAS-lab och luftrum ger goda förutsättningar för forskning inom UAS vilken planeras utöka i omfattning med utveckling av VTOL, bränslecellsdrift samt öppna system som möjliggör AI, svärmtekniker och Fixed Wing UAS.

### **I TFHS UAS labb jobbar idag tre heltidsanställda:**

- Rikard Tyllström, chef UAS labb
- Joel Sköld, UAS jurist
- Rohith Prem Maben, forskningsingenjör



# Appendix C: Frågeformulär

## 1. Användningsområde & potentiellt behov

- a. Vad är er organisations uppgifter och hur nyttjas UAS idag?
- b. I vilken omfattning nyttjar ni UAS och hur länge har ni använt tekniken?
- c. Kan obemannat flyg substituera bemannat i er organisation?
- d. Ser ni några problem, hinder eller utmaningar kring UAS-användning?
- e. Vad är er vision och önskemål för framtida användning?

## 2. Material & resurser

- a. Vilka maskiner och tekniker nyttjar ni idag?
- b. Ser ni några begränsningar med det ni nyttjar idag?
- c. Vad saknar ni för funktionalitet med aktuella system?
- d. Vad planerar ni nyttja framöver?

## 3. Utbildning & certifikat

- a. Vilken typ av utbildning har era UAS-operatörer?
- b. Hur tillhandahålls utbildningen?
- c. Hur sker processen att söka tillstånd?

## 4. Ledning & ekonomi:

- a. Vilka resurser läggs på UAS, specificera gärna: Inköp, drift & utbildning?
- b. Skulle ökad UAS-användning minska kostnader för bemannat flyg?
- c. Vem tar beslut gällande UAS och ekonomi?
- d. Samverkar ni med någon annan myndighet eller företag?
- e. Har ni några förebilder internationellt kring användning av UAS?
- f. Ser ni några organisatoriska/strukturella hinder för samarbete kring UAS?

## 5. Inställning: Hur är inställningen till UAS-användning i er organisation?

## 6. Vidare studier och kontaktnät: Vem borde jag mer kontakta?

# Appendix D: ArduPilot divorce with DroneCode

“The ArduPilot project is going through a transition. We will no longer be associated with DroneCode and instead will be focused directly on the needs of our users, contributors and partners.

We had high hopes for DroneCode as a collaborative project. DroneCode was born out of the ArduPilot project and we led the technical collaboration since its inception nearly two years ago. As part of that collaboration we welcomed and nurtured close ties with the PX4 project and worked closely with a number of corporate partners.

Unfortunately DroneCode has a built-in flaw. The structure and bylaws of DroneCode are built around exceptional power for the Platinum members, giving them extraordinary control over the future of DroneCode. This is a fundamental flaw in a project meant to promote free and open source software as it means that the business interests of a very small number of members can override the interests of the rest of the members and the community.

Just how great a flaw that is has been shown by the actions of the Platinum members over the last two months. Due to their overwhelming desire to be able to make a proprietary autopilot stack the Platinum members staged what can only be called a coup. They removed all top level open source projects from DroneCode, leaving only their own nominees in the Technical Steering Committee. They passed a resolution requiring that all projects hand over control of all trademarks, accounts and domains to their control.

The PX4 project leadership decided to accept this, and will be handing over control of the PX4 project in order to remain in DroneCode. The ArduPilot project won't be doing this, as we firmly believe that community directed development is the best way to create a long-term sustainable free software autopilot stack. That means we are not willing to hand control of our domains, trademarks and development accounts to DroneCode, and by extension to the Platinum members. We believe that giving the Platinum members that degree of control over the future of ArduPilot would be irresponsible. ArduPilot is a community project, and its future direction must be set by the community.

We did not want this outcome, and neither did the Silver members (represented by all 3 elected Dronecode board members). We wanted to continue to collaborate, but the actions of the Platinum members and the choice made by the PX4 project means that DroneCode is no longer a place where community directed collaboration is welcome.

There is one aspect of DroneCode which we will miss. It offered a forum where we could work with the many companies that use ArduPilot to help their businesses make the most of ArduPilot. We will have a monthly meeting between the ArduPilot development team and partners where we will discuss the future direction of ArduPilot and work together on issues that are important to our partners.

We also welcome individual contributions, with donations welcome from all users. The most important contributions, however, are those made by the hundreds of people in our vibrant community who have contributed code, documentation, code reviews and support for our users.

The ArduPilot development team would like to thank all our users, contributors and partners for their support, and we look forward to continuing the development of the autopilot that this community loves.

The ArduPilot Dev Team” **2016** <https://discuss.ardupilot.org/t/ardupilot-and-dronecode/11295>