

El-driven vertikalstartande flygfarkost

Publik rapport



Författare: Johannes Johansson
Datum: 2022-11-30
Projekt inom Fossilfria mobila arbetsmaskiner

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	5
6 Resultat och måluppfyllelse	5
6.1 Resultat	5
6.2 Måluppfyllelse.....	8
7 Spridning och publicering	9
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	9
7.2 Publikationer.....	9
7.3 Föredrag.....	9
8 Slutsatser och fortsatt forskning	10
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	10

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

VCraft Aeronautics AB utvecklar ett 2-sitsigt elektriskt vertikalt startande flygplan (eVTOL) för nyttoändamål i samhället, t.ex. räddningstjänsten. Inom ramen för detta projekt tas en obemannad prototyp fram som senare ska användas för prov och försök inför framtagandet av den bemannade varianten.

Ett stort antal tekniska lösningar har tagits fram under projektiden.

Flygfarkosten har till del färdigställts men en omkonstruktion av bärande delar samt en brist på komponenter på världsmarknaden har gjort att det slutliga färdigställandet kommer att ske efter projektets avslutande.

Tack vare finansiering av Vinnova i detta projekt har VCraft Aeronautics AB kunnat komma en god bit på vägen mot det långsiktiga målet.

2 Executive summary in English

VCraft Aeronautics AB is developing a 2-seat fully electric vertical takeoff and landing aircraft (eVTOL). The goal of this project is to produce an unmanned full-scale flying prototype that will be used for testing and further development of the manned version.

The aircraft is 6 meters long and has a wing span of 5 meters. MTOW (Maximum TakeOff Weight) is 1000 kg which includes 200 kg payload. It has 8 electric motors which each drive an adjustable pitch propeller.

Fossil fuels are today the totally dominant means of propulsion for the world's air traffic. The biggest reason for this is that the energy content in relation to weight is superior to the electrical energy that can be stored in today's batteries. Aircraft are significantly more sensitive to high weight than road vehicles, which is the reason aviation has not made the journey toward electrification in the same pace. However, the batteries do now have such energy density levels that it is possible to design and build aircraft that can fly shorter distances, typically within the equivalent of a metropolitan region. These aircraft will in turn be stepping stones to longer range variants.

There are several challenges in the development of this type of aircraft. Besides the electrification it needs to meet the requirements that are placed on all aircraft regarding e.g. system safety. This means that the design must take this into account from the start, e.g. with redundant systems and meeting required regulations regarding software. The flight characteristics must also be acceptable and allow safe operation of the aircraft. Another challenge is the weight of the battery system.

Previous work done by VCraft Aeronautics AB includes production of scale models, test rigs, and simulations. This has been the base for building a full-scale model for continued testing, development and certification.

A large number of technical solutions have been developed during the project period.

The aircraft has been partially completed during the project. A redesign of load-bearing structural parts and a lack of components on the world market have meant that the final completion will take place after the end of the project.

The development of eVTOL aircraft is at the forefront of technology and there are no ready-made solutions for subsystems, which means that a lot of own design and work is required to produce a complete system.

Thanks to the financing from Vinnova, VCraft Aeronautics AB has been able to complete this project which is an important step towards the long-term goal. The work continues with company funds, and we estimate that the first flight can be carried out at the beginning of 2023.

3 Bakgrund

Fossila bränslen är idag det totalt dominerande framdrivningsmedlet för världens flygtrafik. Den största anledningen till detta är att energiinnehållet i förhållande till vikt är överlägset den elektriska energi som kan lagras i dagens batterier. Flygfarkoster är betydligt mer känsliga för hög vikt än markbundna fordon vilket har gjort att flyget ligger efter i elektrifieringen.

Batterierna har dock nu fått sådan energitäthet att det är möjligt att konstruera och bygga flygfarkoster som kan flyga kortare avstånd, typiskt inom motsvarande en storstadsregion. Dessa flygfarkoster kommer i sin tur att vara språngbräda för varianter med längre räckvidd.

Sverige har i många år legat i framkant när det gäller utveckling av flygplan, framför allt med militära tillämpningar. Civilflygplanen har nått blandad kommersiell framgång och tillverkning i större skala lades ner 1999. På senare år har intresset för civilflyget ökat i landet och det finns projekt för olika storlekar av flygplan. Pågående projekt gäller flygplanen av typen CTOL (Conventional Take-off and Landing), dvs med konventionell start och landning på flygplats med landningsbana. Runtom i världen är dock VTOL (Vertical Take-off and Landing) på frammarsch. Detta är flygfarkoster som kan starta och landa vertikalt och därför inte är beroende av flygplatser.

Tidigare har främst helikoptrar nyttjats på detta sätt men genom införande av el-motorer har en ny typ av farkost kommit fram på marknaden, eVTOL. Både i Europa och Nordamerika finns ett stort antal projekt i olika stadier. De mest framgångsrika företagen växer mycket snabbt och tar in betydande riskkapital. Dessa typer av företag drar till sig högteknologisk kompetens inom flera områden, där flera har koppling till den elektriska framdrivningen. En flygfarkost ställer betydligt högre krav på batteritekniken än vad markbundna farkoster gör pga att vikten har större påverkan. Detta gör att batteritekniken för dessa ligger i teknikens absoluta framkant, vilket på sikt förs över även till batterier för markbundna fordon.

Det finns flera utmaningar i utvecklingen av denna typ av farkost. I grunden behöver farkosten uppfylla de krav som ställs på alla flygfarkoster gällande t.ex. systemsäkerhet. Det innebär att designen måste ta hänsyn till detta redan från start, t.ex. med redundanta system och uppfyllande av erforderliga FDAL-nivåer. Flygegenskaperna måste även vara godtagbara och medge ett säkert framförande av luftfarkosten.

Ytterligare en utmaning är den vikt som batterierna kräver i en el-driven flygfarkost.

Tidigare arbete som gjorts av VCraft Aeronautics AB och dess grundare inkluderar framtagning av skalmodeller, testriggar, beräkningar och simuleringar. Dessa har visat att det finns goda förutsättningar för att bygga en modell i fullskala för fortsatt utprovning, utveckling och certifiering.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Syftet med detta projekt är att komma närmare det långsiktiga målet att introducera ett 2-sitsigt elektriskt vertikalstartande flygplan för nyttoändamål i samhällets tjänst.

VCraft Aeronautics AB samarbetar med ett antal internationella företag för att få tillgång till den senaste tekniken inom ett antal kärnområden. Detta gäller motorer, propellrar, styrsystem, avionik samt batterier.

5 Mål

Utveckla, tillverka och prova en el-driven vertikalstartande flygfarkost (eVTOL). Farkosten ska vara dimensionerad för 2 personer men i detta skede flyga obemannad.

Målet med projektet är att ta fram en obemannad fullskalig flygande prototyp av en tvåsitsig vertikalstartande elektrisk flygfarkost för nyttoändamål i samhället. Utsläpp av CO₂ samt övriga ämnen reduceras med 100% då farkosten drivs helt av el. Det finns i dagsläget inga fossildrivna vertikalstartande flygfarkoster med motsvarande prestanda.

Total reduktion sett till hela kedjan beror på hur denna el framställs, samt hur motsvarande fossila bränsle utvinns, raffinerats och transporteras. Förutom reduktion av CO₂ tillkommer även utsläpp av giftiga och skadliga ämnen såsom NO_x, CO m.m.

Flygfarkoster har generellt ingen eller mycket bristfällig avgasrening och ger stora utsläpp av dessa ämnen. Även övrig miljöpåverkan som buller är avsevärt mycket lägre för en el-driven flygfarkost jämfört med en som är utrustad med förbränningsmotor.

6 Resultat och måluppfyllelse

6.1 Resultat

AP nr 1 (Konceptdesign och granskningar):

Aerodynamik:

Aerodynamiska beräkningar och optimeringar är genomförda. Ett tiotal olika konfigurationer har beräknats för att erhålla rätt stabilitetsmarginaler och flygegenskaper. En utmaning med vertikalstartande flygplan är att de måste ha bra egenskaper i både låg och hög fart. Flygplan med tilt-rotor, dvs ställbara propelleraxlar, har ytterligare frihetsgrader som innebär möjligheter men även utmaningar.

Konstruktion:

Hela flygplanet och dess struktur har konstruerats inom projektet. Detta innefattar bl.a. bärande innerstruktur, vingar, fenor, motorbalkar mm. Hållfasthetsberäkningar för dimensionerande lastfall är genomförda.

Batterier:

Ursprunglig plan var att upphandla ett batterisystem som kunde integreras i flygplanet. Det visade sig dock att sådana system ej finns färdiga att köpa på marknaden idag. Därför har ett eget batterisystem konstruerats och tillverkats inom ramen för projektet. Det har medfört en hel del extra arbete men har i gengäld gett företaget en betydligt högre kompetens inom batteriområdet. Vid analys av de system som används av de mest framträdande utvecklarna av eVTOL-farkoster visar det sig att vi ligger mycket bra till avseende vikt och prestanda. Den uppbyggda kunskapen inom batteriområdet kan framöver eventuellt avknoppas i egen verksamhet då behovet av högpresterande batterisystem är mycket stort och snabbväxande.

Styrsystem:

Ett styrsystem med trippelredundans har integrerats i flygplanet. Tillsammans med tillverkaren har styrsystemet optimerats för VCraft 200 konfiguration som är relativt komplex.

Räddningssystem:

En stor utmaning för vertikalstartande flygplan är att räddningssystem i form av fallskärmar kräver relativt hög flyghöjd för att hinna utvecklas i tid för att bromsa upp sjunkhastigheten innan markslag. Tillsammans med en underleverantör har ett på marknaden unikt räddningssystem tagits fram och integrerats som möjliggör full funktion även på låg höjd.

Granskningar

Ett antal granskningar har genomförts för att säkerställa att användarfall, kravbild och design håller ihop samt att systemsäkerheten kan säkerställas.

AP nr 2 (Prov och försök samt simulering):

Prov och försök:

En motorprovrigg har tagits fram för utprovning av hela drivlinan inklusive energiförsörjning och kommunikation med styrsystemet. Denna har inte hunnit driftsättas under projektet pga. sen leverans av motorstyrningselektronik. Den kommer dock att användas i projektets fortsättning där den kommer bidra till värdefull kunskap.

I en rigg hos leverantören av Motorcontrollers har arbete gjorts för att optimera dessa mot de motorer och propellrar som används i VCraft 200. Detta gör att verkningsgraden blir högre än om man bara kopplar in dessa och kör med standardinställningar.

Simulering:

En simuleringsmodell av VCraft 200 är framtagen och integrerad i en simulator som även använder HIL (hardware-in-the-loop). Hårdvara i form av styrsystemet kopplas ihop där ihop med en flygsimulator så att man kan prova ut olika parametrar i styrlagarna för att erhålla önskvärda flygegenskaper.

AP nr 3 (Framtagning av prototyp):

Ursprungligen var tanken att tillverka stora delar av den inre bärande strukturen i aluminium för att hålla nere kostnader och tidsåtgång. Under konstruktionstiden visade det sig dock att en sådan struktur skulle bli alltför tung och därför behövde ett omtag göras med en ny inre struktur bestående av enbart kolfiberkomposit. Det gjorde att arbetet med strukturen blev mer tidskrävande. En ändringsbegäran på innehållet har gjorts till Vinnova som godkände detta. En mycket positiv bieffekt var att steget till nästa prototyp blir betydligt mindre då konstruktionen, kunskapen och arbetet kan återanvändas vilket leder till att den totala tiden fram till en färdig produkt blir kortare.

Tillverkning av utrustning, formar, kolfiberdelar samt sammansättning av dessa till större enheter har gjorts under projektet.

Alla ingående delarna till batterisystemet är framtagna och redo för slutmonteringen som görs som en del av projektets fortsättning.

AP nr 4 (Verifiering och validering):

Regelverken för eVTOL-farkoster har gått igenom.

Under våren hölls möte med Transportstyrelsen för diskussion om erforderliga tillstånd för flygning, både avseende farkosten samt operatören.

I samråd med Transportstyrelsen har vi tagit fram en handlingsplan för certifiering och tillstånd för de olika utvecklingsstegen framöver. Transportstyrelsen hålls även kontinuerligt informerade av progressen av utvecklingen.

Under våren besöktes leverantören av styrsystemet för att gå igenom denna. Leverantören har gjort ett arbete med att sätta de initiala parametrarna i systemet och under besöket gick denna inställning igenom. Den avslutades sedan med praktiska moment där en drönare med samma planerings- och styrsystem provflögs.

Registrering som drönaroperatör klar.

6.2 Måluppfyllelse

Mål 1, Ökad forsknings- och innovationskapacitet i Sverige:

Regeringen gick i början av år 2022 ut med att Sverige ska göra en särskild satsning på elflyg. Som en del av detta arbete har vi samverkat med Trafikverket som fick regeringens uppdrag att ta fram förslag på hur stödet ska utformas. Inom projekttiden har vi identifierat ett antal teknikområden där kompetens inom landet saknas eller är bristfällig. Genom detta projekt har vi kunnat överföra kunskap från utlandet till Sverige. Tillsammans med vår egen kompetens och eget arbete har det bidragit till uppbyggnad av unik kompetens på ett långsiktigt sätt.

Mål 2, Främjandet av medverkan av små och medelstora företag:

Under projekttiden har medverkan av små företag skett inom främst tillverkning.

Mål 3, Främjandet av medverkan av underleverantörer:

Underleverantörer har medverkat inom elmotorer, styrsystem, batterier/batterisystem, propellrar och räddningsutrustning. Mycket kompetens saknas inom Sverige och vi har därför sökt medverkan med företag främst inom EU. Genom detta kan kunskap inom dessa områden inhämtas till Sverige och vidareutvecklas i kommande faser.

Mål 4, Främjandet av samverkan mellan industri och universitet, högskolor och institut:

Målet för projektet var att kontakta KTH för att identifiera områden för framtida samverkan. Sådan kontakt initierades men vid den aktuella tidpunkten fanns inget intresse för samarbete från KTH:s sida. Arbetet med att engagera universitet och högskolor fortsätter även efter det att projektet avslutats.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Genom detta projekt har kunskapen ökat betydligt inom området för eVTOL-flygplan i Sverige.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Kunskapen från detta projekt kommer direkt att appliceras på efterföljande utvecklingsprojekt.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Arbetet i projektet kommer föras vidare och mynna ut i en produkt.
Introduceras på marknaden		Produkten är ännu inte mogen för att introduceras på marknaden. Ett stort steg mot detta är dock taget och en marknadsintroduktion hade inte varit möjligt utan att först ha tagit detta första steg.
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	X	Under projekttiden har vi deltagit i den utredning som Regeringen gett i uppdrag till Trafikverket att utreda. Detta mynnade ut i en rapport om hur introduktionen av elflyg i Sverige kan påskyndas. Vi har även haft möte med Transportstyrelsen om certifiering av eVTOL-flygplan och hur vägen framåt ser ut. Detta regelverk är nytt i EU och uppdateras regelbundet.

7.2 Publikationer

Inga externa publikationer har gjorts under projekttiden.

7.3 Föredrag

Två föredrag har hållits där projektet har presenterats övergripande. Detta har fått mycket bra och positiv respons.

Tanken är att framöver bli mer publika och ge fler presentationer när projektet fortskrider och levererar fler intressanta resultat.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Utvecklingen av eVTOL-farkoster ligger i teknikens framkant och det finns inga färdiga lösningar av delsystem vilket innebär att det krävs mycket eget arbete för att få fram ett fungerande färdigt flygsystem.

Det finns i Sverige få eller inga underleverantörer av kritiska komponenter.

Genom detta projekt har VCraft Aeronautics kommit mycket långt på vägen med utvecklingen av ett eVTOL-flygplan för nyttoändamål i samhället. Inom projektiden har vi inte kommit hela vägen till en flygande prototyp. Arbetet fortsätter därför på egna medel och vi beräknar att första flygningen kan genomföras i början av 2023.

Detta arbete kommer sedan ligga till grund för vidare utveckling av eldrivna vertikalstartande flygplan i olika storleksklasser.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

VCraft Aeronautics är ensam deltagande partner.

Kontaktpersoner är:

Johannes Johansson, VD
johannes.johansson@vcraft-aeronautics.com

Peter Jansson, Styrelseordförande
peter.jansson@vcraft-aeronautics.com

