

Slutrapport projekt GreenWing

Stockholm, 26 maj 2023

Ett projekt finansierat av Energimyndigheten



Projektmedtagare:

Vernamack AB
(Projektledare)
Bengt Moberg
Luntmakargatan 95
113 51 Stockholm

Blackwing Sweden AB
Niklas Anderberg
Bruksgatan 11A
241 38 Eslöv

Mittuniversitetet
Mikael Bäckström
Kunskapens väg 8
831 25 Östersund

Green Flyway
Anne Sörensson
Östersunds kommun
831 82 Östersund

Sammanfattning

GreenWing har varit ett 22 månader långt projekt vars mål har varit att konstruera, tillverka och testflyga en vinge i syfte att vingen ska kunna ligga till grund för ett litet elektriskt drivet flygplan som ska kunna användas för skolning av piloter samt för kortare resor. För att uppfylla målet har en i småflygssammanhang radikalt annorlunda vinge konstruerats. Det har krävts en vinge med stort sidoförhållande vilket resulterar i ett flygplan som närmar sig en motorseglare. Att utveckla en ny vinge är en process som till stor del kan utföras och simuleras i datormodeller, men till syvende och sist måste en prototyp tas fram och testas. Det är vad projekt GreenWing har gjort.

I projektet har konsultföretaget Vernamack AB varit koordinator och projektledare.

Flygplanstillverkaren Blackwing Sweden AB har konstruerat och byggt vingen samt monterat den på ett befintligt flygplan.

För att verifiera att vingen har de eftersträvade egenskaperna har den monteras på ett befintligt flygplan av typen Blackwing BW600 och 62 testflygningar har genomförts vid Green Flyways testarena i Östersund.

Mittuniversitet i Östersund har under produktionen av vingen installerat mätutrustning i vingen och har därmed kunnat samla in erforderliga data under testflygningarna. Dessa data har sedan analyserats.

Slutsatsen från projektet är att den vinge som tillverkats uppfyller de aerodynamiska krav som gör att den skulle kunna ligga till grund för ett elektriskt drivet småflygplan för två personer som med en elmotor med 75 kW topp effekt och 150 kg elektriska batterier skulle kunna ha en effektiv flygtid på 2 timmar. Ett sådant flygplan skulle med en marschfart på 150 km/tim få en energiförbrukning på 0,11 kWh per tillryggalagd kilometer.

Alternativt skulle flygplanet kunna användas vid skolning där det vid användning för träning av "start- och landning", vilket är ett av de vanligaste momenten vid skolning av piloter, skulle medge ett flygpass med tio stycken landningar och starter.

Executive summary

GreenWing has been a 22-month long project whose goal has been to design, manufacture and in flight test a wing with the aim that the wing can be the basis for a small electrically powered aircraft that can be used for training of pilots and for shorter trips. In order to fulfill the goal, a radically different wing has been constructed in the context of small aircraft. A large aspect ratio wing has been required resulting in an aircraft that approaches a motor glider. Developing a new wing is a process that can largely be performed and simulated in computer models, but ultimately a prototype must be produced and tested. That is what project GreenWing has done.

In the project, the consulting company Vernamack AB has been the coordinator and project manager.

The aircraft manufacturer Blackwing Sweden AB has designed and built the wing and mounted it on an existing aircraft.

To verify that the wing has the desired characteristics, it has been mounted on an existing aircraft of the Blackwing BW600 type and 62 test flights have been carried out at the Green Flyway's test arena in Östersund.

The Mid Sweden University in Östersund has installed measuring equipment in the wing during the production of the wing and has thus been able to collect the required data during the test flights. This data has then been analyzed.

The conclusion from the project is that the wing that has been manufactured meets the aerodynamic requirements which mean that it could be the basis for an electrically powered small aircraft for two people which, with an electric motor with 75 kW peak power and 150 kg of electric batteries, could have an effective flight time of 2 hours. Such an aircraft with a cruising speed of 150 km/h would have an energy consumption of 0.11 kWh per kilometer traveled. Alternatively, the aircraft could be used for training where, when used for "take-off and landing" training, which is one of the most common aspects of pilot training, it would allow a training session with ten landings and take-offs.

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| Sammanfattning..... | 2 |
| Executive summary | 3 |
| 1 Bakgrund och projektbeskrivning | 5 |
| 2 Genomfört arbete | 6 |
| 2.1 Projektledning..... | 6 |
| 2.2 Påverkan av externa faktorer | 6 |
| 2.3 Konstruktion av vinge | 6 |
| 2.4 Tillverkning, testning och montage av vinge..... | 7 |
| 2.5 Testflygningar | 8 |
| 2.6 Insamling och analys av data | 9 |
| 2.7 Spridning av resultat..... | 10 |
| 3 Resultat och måluppfyllnad | 11 |
| 3.1 Resultat..... | 11 |
| 3.2 Resultat projektmål | 14 |
| 3.3 Resultat kommunikationsmål..... | 15 |
| 4 Diskussion och slutsatser | 15 |
| 4.1 Kort kvalitativ diskussion | 15 |
| 4.2 Slutsatser | 16 |
| 5 Framtida forskning..... | 16 |
| 6 Referenser..... | 17 |

1 Bakgrund och projektbeskrivning

GreenWing har varit ett projekt som löpt över 22 månader och ett grundläggande syfte varit att bana väg för möjligheten för svenska företag att bli världsledande på tillverkning av små elektriskt drivna flygplan med minst två timmars effektiv flygtid. Sådana kan användas för skolning av piloter och för kortare resor. Därmed kan en i genomsnitt 46 år gammal, flygplansflotta bestående av bensinslukande Cessna 152, Cessna 172 och Piper PA-28 som använder 35-40 liter högoktanig bensin per timme ersättas med ett miljövänligt alternativ.

I den offentliga debatt som idag förs i Sverige är det lätt att förledas att tro att elektriska motorflygplan redan är något som finns och som kan beställas och köpas ungefär som när man köper en bil med eldrift baserad på batterier. Dock är det så att det idag endast finns ett elektriskt motorflygplan som är certifierat; Velis electro från den slovenska tillverkaren Pipistrel. Det flygplanet har begränsningar i vad det kan användas till och tillverkaren skriver själv på sin hemsida "The Velis Electro is designed for local flights to work alongside other aircraft of the Velis Training System, therefore A to B flights are not part of the typical mission" [1]. Tillverkaren anser alltså att flygplanet inte ska användas för kortare resor.

Marknaden för lätta flygplan är dock stor. Den svenska flygplanstillverkaren Blackwing har genomfört en marknadsundersökning och konstaterat att det idag i världen finns 268 000 sportflygplan och av dessa är 40 000 skolflygplan. En annan marknadsundersökning, från tillverkaren H55, förutspår att "...all two-seated trainers will be electric in 10 years and most of the 4-seated aircrafts. Larger aircrafts will need a range extender. H55 address a total market, for an e-Trainer, of US\$ 1.2 billion (in 10 years, 3000 aircrafts/year replaced)."

Blackwing har också konstaterat att den lämpligaste typen av flygplan att elektrifiera, med dagens batterikännedom, hänsyn till nyttolast och typen av flyguttag, är tvåsitsiga skolflygplan, så kallade E-trainers.

Ett första steg i en process att utveckla ett litet elektriskt flygplan har varit att utvärdera om det är rimligt att konstruera en vinge skulle kunna ge ett litet flygplan de lämpliga egenskaperna. I ett tidigare internt analysarbete har Blackwing konstaterat att det för att uppnå erforderliga flygprestanda med de begränsningar en elmotordrift baserat på batterier medför, så måste en i småflygssammanhang, radikalt annorlunda vinge konstrueras. Det krävs en vinge med stort sidoförhållande, dvs. väldigt långa vingar, vilket resulterar i ett flygplan som närmar sig en motorseglare. Sådana flygplan kan förvisso flyga med väldigt låga krav på motoreffekt, men de är ur operativa aspekter inte lämpliga. Deras stora spännvidd gör exempelvis att de inte får plats i en vanlig hangar

Till detta kommer osäkerhet om batteriers kapacitet och lämplighet som kraftkälla i flygplan och det förekommer både kritiska och mer positiva röster i debatten om elflyg [2] [3] [4]. GreenWing har till viss del gett svar på en del av de frågor som ställts i debatten.

Den i projektet utvecklade och tillverkade vingen har monterats på ett befintligt flygplan av typen Blackwing BW600 [5] och ett antal testflygningar har genomförts vid Green Flyways testarena i Östersund [6]. Mittuniversitetet i Östersund har vid tillverkningen av vingen monterat mätutrustning i den och därmed kunnat samla in erforderliga data vid de genomförda testflygningarna.

2 Genomfört arbete

2.1 Projektledning

Projektet har administrativt förvaltas av Vernamack AB som varit kontaktpunkt mot Energimyndigheten. Vernamack AB har även fungerat som projektledare inom projektet. Övriga deltagare i projektet har samtliga varit aktiva i tillämpliga delar. Under projektets gång har arton uppföljningsmöten hållits där normalt samtliga projektparter har deltagit. Alla projektmöten har protokollförts och en åtgärdslista har hållits uppdaterats vid varje projektmöte.

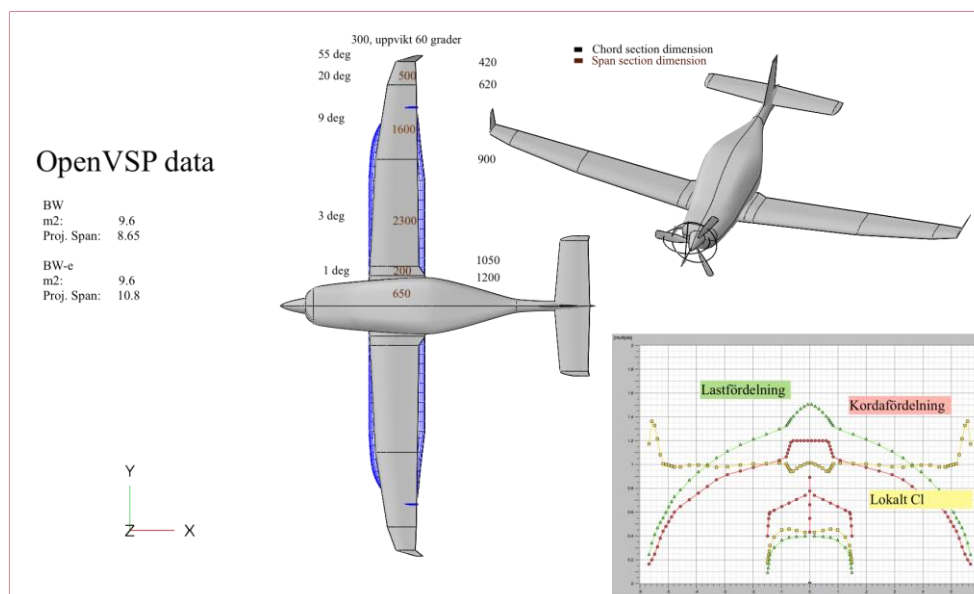
2.2 Påverkan av externa faktorer

Projektet har i mindre mängd påverkats av yttre faktorer. Under projektets genomförande valde dock Ryssland att starta en invasion av grannlandet Ukraina. Detta ledde till en både till en oväntad och hastig prisuppgång samt leveransförseningar av de kolfibermaterial som använts för att tillverka vingen. Trots detta kunde dock projektet genomföras då resurser omfördelades inom projektet för att Blackwing skulle kunna tillverka vingen och därmed ta på sig en del av den oförutsedda kostnaden. Detta godkändes av Energimyndigheten i Beslut 2022-05-06.

Som en följd av ovanstående förändring kom testflygperioden att förskjutas från sommaren till hösten 2022. Otjänligt väder under hösten 2022 gjorde att testflygprogrammet inte kunde genomföras som önskat utan fick förskjutas framåt i tiden, vilket fick som följd att analys av data fördröjdes. Energimyndigheten godkände därför i beslut 2022-12-15 en förlängning av projektet med fyra månader så att projektavslut blev 2022-04-30.

2.3 Konstruktion av vinge

Ingenjörarbetet inför tillverkningen av vingen gjordes av flygplanstillverkaren Blackwing. De mjukvaruverktyg som användes var bland annat Ansys [7], Creo [8] och XFOIL [9].



Figur 1. Exempel på en konstruktionslösning som testades under konstruktionen av GreenWing.

Arbetet som sådant innebar att ett antal olika konstruktionslösningar skapades och testades i avsikt att uppnå erforderliga prestanda utan att det därför skulle behövas en vinge som hade en så stor spännvidd att det slutliga flygplanet inte skulle kunna gå att få in i en standardhangar som har en öppning på 12 meters bredd. Ett antal överväganden rörande kommersiell tillverkning gjordes också. Initialt konstruerades en optimal vinge med ett vingspann på 14 m, men efter att ha tagit de ovanstående bedömningarna i beaktande så fick den slutliga vingen ett totalt vingspann på 11,5 meter.

I samband med konstruktionen av vingen lät Blackwing även två studenter vid Lunds tekniska högskola utföra ett examensarbete där de i huvudsak genomförde ett motsvarande konstruktionsarbete. Studenternas slutsatser överensstämde med vad Blackwing själva kommit fram till [10].

2.4 Tillverkning, testning och montage av vinge

Tillverkningen av vingen genomfördes efter vad som nämnts i 2.2 ovan vid Blackwings fabrik i Eslöv.

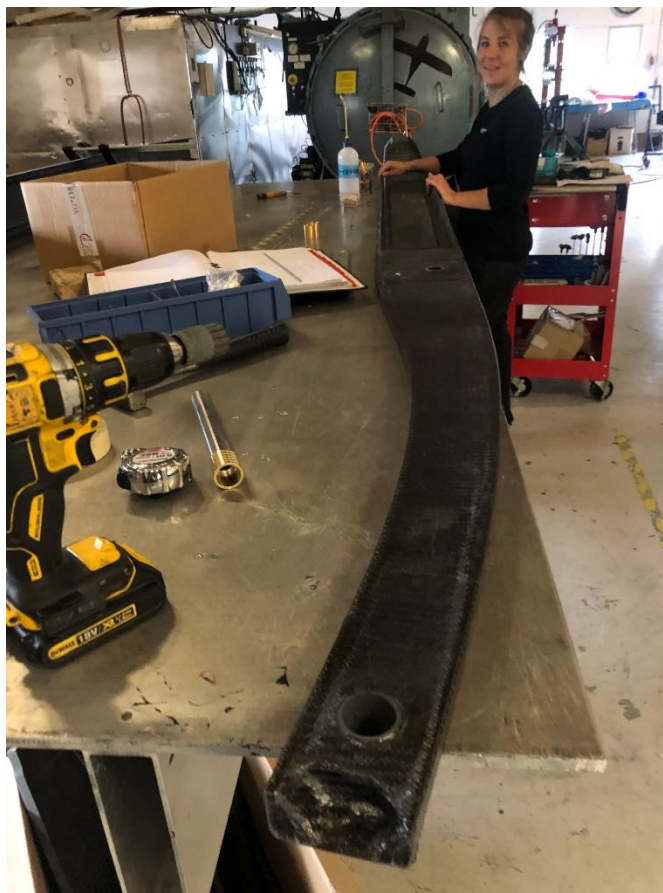


Bild 1. Bild från tillverkning av vingbalken.

Vingen är en sandwichkonstruktion och är byggd av ett antal olika delar såsom översida och undersida, vingbalk, spryglar, klaffar och skevroder. De olika delarna består av ett antal lager kolfiber som antingen limmas ihop direkt med varandra, eller som läggs ovan och under ett

utfyllnadslager av skummaterial. De olika delarna bakas sedan i den autoklav som syns i bakgrunden av bild 1 ovan. Slutligen monteras alla delar samman och bildar den färdiga vingen.

För att säkerställa att de uppsatta hållfasthetskraven kunde innehållas testades därefter vingen med sandsäckar, se Bild 2 nedan. Även klaffar och skevroder samt dessas infästningar testades på liknande sätt.



Bild 2. Belastningstest av GreenWing. Sandsäckar med en vikt av 1855 kg lastades på båda vinghalvorna.

Efter genomförda tester och efter att flygprovningstillstånd erhållits från Transportstyrelsen så monterades den färdiga GreenWing på flygplanet SE-MML.

2.5 Testflygningar

För att säkerställa att samtliga önskade parametrar kunde testas och att relevant data kunde samlas in upprättade Green Flyway i samarbete med alla övriga parter ett testflygprogram. Baserat på testflygprogrammet genomfördes sammanlagt 62 testflygningar. Flygningarna utfördes med manövrar inom hela den tillståndsgivna flygenvelopen alltifrån högsta till lägsta fart och upp till högsta tillåtna höjd, 3 000 meter. Testflygningarna gjordes i närheten

av Landskrona flygplats, under sträckflygningar mellan Landskrona och Optand (Östersund) och i Green Flyways testflygområde öster om Östersund.

Under samtliga flygningar samlades data in både av flygplanets egna ombordsystem (Garmin G3X och Garmin GMC307) och av testutrustningen som installerats av Mittuniversitetet.



Bild 3. Testpilot Stefan Johansson under flygning i Green Flyways test arena.

2.6 Insamling och analys av data

Insamling och analys av data genomfördes av Mittuniversitetet i Östersund.

Under testerna var höger vinge instrumenterad. Sensoruppsättningen och mätkapaciteten är:

- Vid vingroten sitter 7 trådtöjningsgivare monterade för att kunna mäta de krafter som flygningarna resulterar i i överföringen in mot flygkroppen.
- Halvvägs ut på vingen sitter 2 accelerometrar och vid vingspetsen sitter två accelerometrar. Samtliga accelerometrar är treaxliga så att samtliga rörelseriktningar kan mätas.

- Ca: 1.2 meter från vingroten sitter sex tryckgivare samt sex mikrofoner. De sitter fördelade på ovan respektive undersidan av vingen. Dessa kan registrera differentialtrycken samt lyssna efter laminär samt turbulent strömning.
- Totalt antal sensorsignaler av skilda slag bara från vingen är 31. Till detta kommer samtlig information som den avionik som Garmin tillhandahåller i ordinarie instrumentering.
- Alla signaler mäts med datainsamlingsutrustning från National Instruments och programmering av mätdator sker i programvaran LabView. Till detta har särskilt designad och tillverkad utrustning för signalförstärkning gjorts vid Mittuniversitetet/Sports Tech Research Centre.

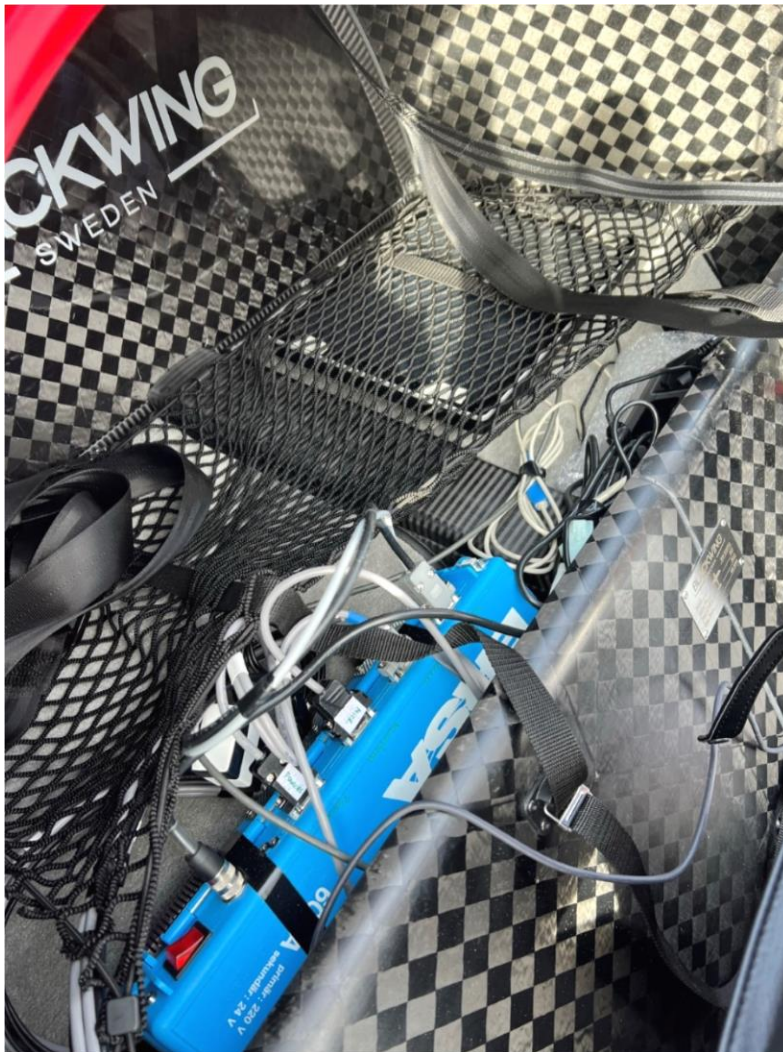


Bild 4. Mätutrustningens dator installerad i flygplanet.

2.7 Spridning av resultat

Projektet som sådant och dess resultat har synliggjorts, delats och presenterats vid nedanstående tillfällen:

- Pressträff på Åre - Östersund flygplats, 1 nov 2021
(separata presentationer av alla projektparter)
- Konferensen AERO i Friedrichshafen 27-30 april 2022
(Blackwing presenterade GreenWing)
- Green Flyways internationella konferens 26 – 27 september 2022.
(Separata presentationer av Vernamack, Green Flyway och Mittuniversitetet)
- Konferensen AERO i Friedrichshafen 19-22 april 2023
(Green Flyway visade film om projektet, Blackwing deltog och redovisade vilka krav som ställs på ett litet elektriskt flygplan)
- Pressträff på Åre - Östersund flygplats, 28 oktober 2022
(separata presentationer av alla Vernamack, Green Flyway och Mittuniversitetet)
- Mittuniversitetet har skrivit en vetenskaplig artikel.
(Som redovisas i 3.1 nedan så kan av upphovsrättsliga skäl artikeln inte redovisas till Energimyndigheten i denna slutrapport eftersom den då blir en offentlig handling)

Radioinslag, artiklar och film rörande projektet kan hittas bland annat via nedanstående länkar:

<https://sverigesradio.se/artikel/gron-flygplansvinge-utvecklas-i-ostersund>

<https://sverigesradio.se/artikel/gron-flygplansvinge-ska-gora-flygplanen-energismartare>

<https://jamtlandstidning.se/ostersund/vill-starta-flygplansfabrik-i-ostersund/173736>

<https://www.greenflyway.se/archives/2744>

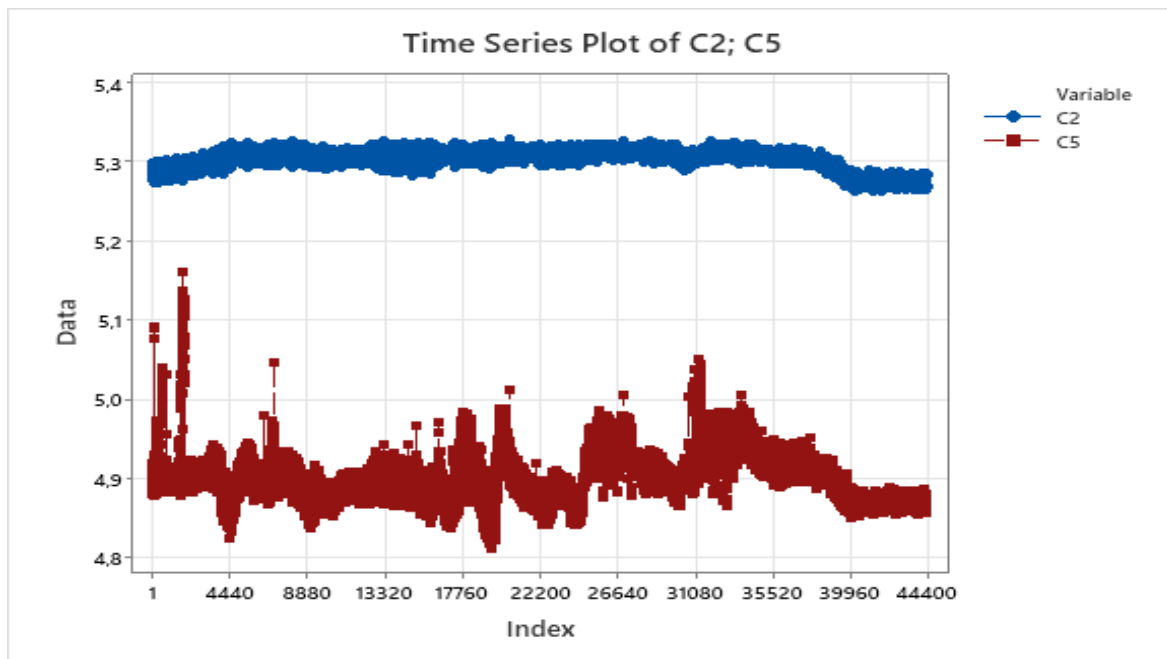
3 Resultat och måluppfyllnad

Nedan redovisas projektets resultat och i vilken grad de i förväg uppsatta målen har nåtts.

3.1 Resultat

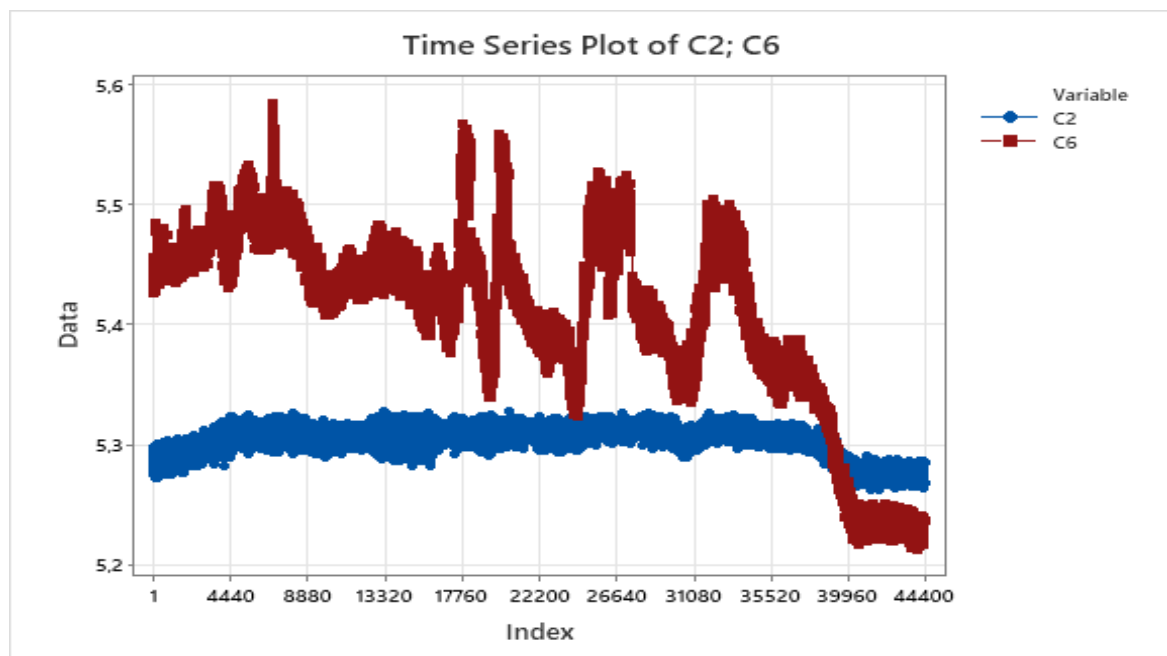
Några preliminära resultat av mätningarna presenteras här men de slutliga resultaten kommer presenteras i en vetenskaplig artikel och kan av upphovsrättsliga skäl därför inte publiceras i förväg. Enklare analyser presenteras dock här.

Under en del av provflygningarna där inte flygekonomi fokuserats har handlat om just säkerhets och karaktäristik på vinge och flygkropp är av intresse. Ett av de mest kritiska flygtillstånden är när lyftkraften i vingarna närmar sig det kritiska värde då lyftkraften inte övervinner tyngdkraften och ett så kallat "stall" inträffar. För att illustrera detta så kan några datagrafer visa på beteendet.

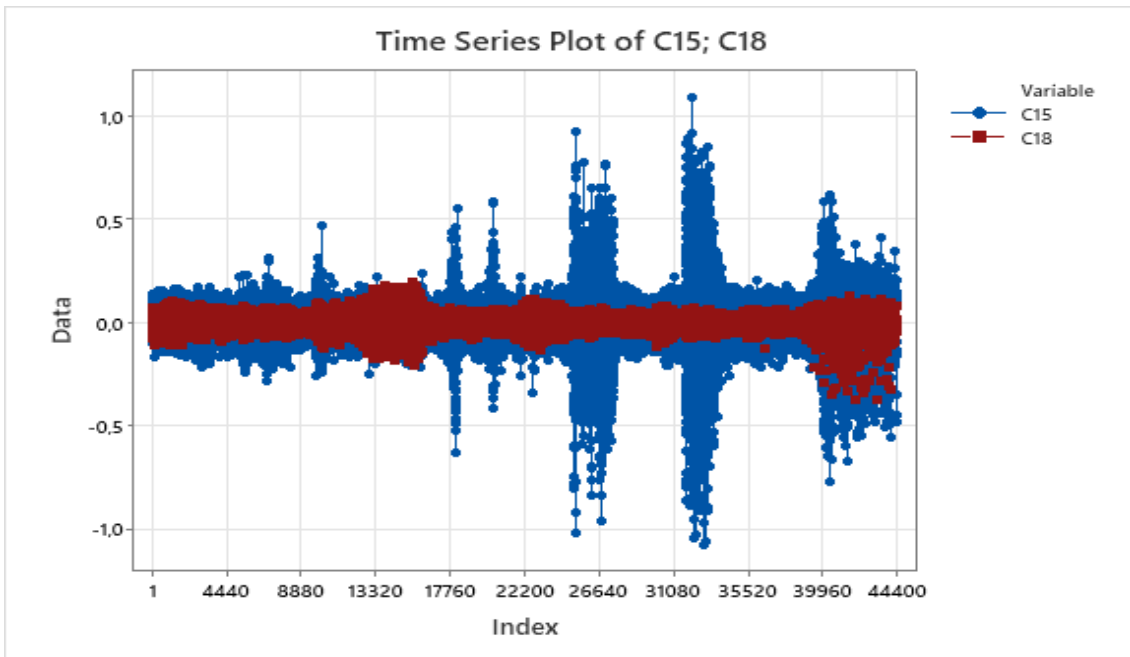


Figur 2. Inkrementell skillnad i lufttryck mellan översida (C2) och undersida (C5) vid mätpositioner närmast vingens framkant vid 7 skilda stallprov.

Ur Figur 2 ovan så kan det utläsas att tryckskillnaden mellan över och undersida på vingen är klart mätbar med sensoruppsättningen. De tryckskillnader som mäts visar också del av karaktäristik vid flygrörelserna. Samma fenomen syns än tydligare i Figur 3 nedan. Vidare analyser av detta kan hjälpa till att fastställa de mer precisa gränsvärden flygplanet i sin helhet har i säker flygenvelop.

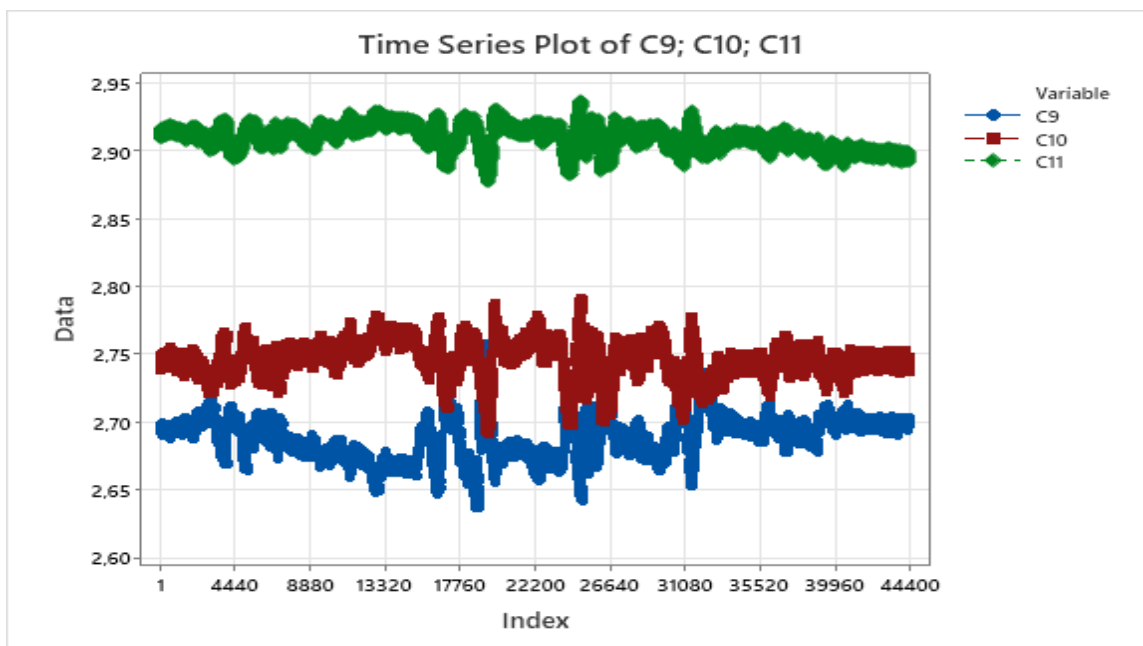


Figur 3. Inkrementell skillnad i lufttryck mellan översida (C2) och undersida (C6) vid mätpositioner närmast vingens framkant för C2 och mitt på vingens undersida för C6 vid 7 skilda stallprov.



Figur 4. Mikrofon signaler med inkrementell skillnad mellan översida (C16) och undersida (C19) vid mätpositioner närmast vingens framkant för båda signaler vid 7 skilda stallprov.

Ur Figur 4 så kan det utläsas att skillnader i ljud mellan över och undersida på vingen klart mätbar med sensoruppsättningen. De ljudskillnader som mäts visar också del av karaktäristik vid flygrörelserna. Vidare analyser av detta kan återigen hjälpa till att fastställa de mer precisa gränsvärden flygplanet i sin helhet har i säker flygenvelop. Mikrofonerna visar en större inkrementell skillnad i signaler vid värden då flygplanet är i stall. Detta ger möjligheter att än tydligare mäta och indikera för piloten att ett farligt flygläge är på väg att inträda.



Figur 5. Kraftmätningar med inkrementell skillnad vid vingrot vid 7 skilda stallprov.

Vidare analyser av de krafter som vingen utsätts för behöver göras. Det som dock glädjande kan utläsas redan nu i Figur 5 är att den sensoruppsättning som har installerats fungerar och kan mäta krafterna. De absoluta värden och riktningar i kraftspelet analyseras vidare.

Vidare har mätningar av energiåtgång i form av förbrukat flygbränsle gjorts för olika faser av flygningarna. Energimängden för detta har sedan översatts till vad motsvarande mängd energi respektive effekt kan krävas från en elektrisk motor för de olika flygfaserna.

Det slutliga resultatet blev att flygplanet under testerna kunde flygas med en marschhastighet på 148 km/tim med en energiförbrukning på 0,11 kWh per tillryggalagd kilometer.

Baserat på detta konstaterades att de krav som ställs på en elektrisk drivlina om ett elektriskt drivet flygplan med GreenWing och en flygkropp i övrigt som BW600 ska kunna ha:

- Startvikt max 600 kg
- Marschhastighet - 148 km/h
- Flygtid - 2 timmar eller,
- 10 touch-and-go¹
- Lastkapacitet 180 kg (= 2 personer)

Så krävs

- Maxeffekt motor – 75 kW
- Motoreffekt vid marschhastighet - 16 kW
- Total batterikapacitet 35 kWh
- Maximal batterivikt 150 kg.

Detta motsvarar en specifik energi för batterierna på 233 Wh/kg vilket är i nivå med vad som kan anses vara rimligt att nå inom en snar framtid. Exempelvis har batteritillverkaren Electroflight presenterat en produkt de kallar för "Scalable, Expandable, Energy Device" som sägs ha en specifik energi på 196 Wh/kg [11] [12]. Då projektet sökt kontakt med tillverkaren har dock denne inte velat ha en diskussion om att kunna leverera produkten.

3.2 Resultat projektmål

De projektmål som framfördes i projektansökan och bekräftades i samband med Energimyndighetens beslut 2021-016169 att finansiera projektet är följande.

1. Blackwing ska konstruera en vinge som baserat på Blackwings erfarenhet och kompetens kan anses vara lämplig för ett elektriskt drivet motorflygplan.
2. Mittuniversitetet låter tillverka och köpa in vingen av en av tre möjliga svenska kommersiella tillverkare av kompositstrukturer.
3. Vingen ska monteras på ett BW600 flygplan.
4. Samtliga projektdeltagare ska utarbeta ett testflygprogram.

¹ En form av start- och landningsträning där piloten efter sättningsmedelbart drar på gas igen för att genomföra en start och därefter ny landning på samma rullbana

5. Testpiloter från Blackwing, Vernamack och Green Flyway ska genomföra minst 50 flygningar i syfte att verifiera vingens prestanda och aerodynamiska egenskaper. Mittuniversitet ska under flygningarna ha lämplig mätutrustning monterat i flygplanet. Genomförda flygningar och insamlade data är kriteriet för att målet ska anses vara uppfyllt.
6. Mittuniversitetet ska, baserat på teoretiska beräkningar ta fram krav på en elektrisk drivlina och definiera batterier för vad som krävs för ett framtida flygplan. Baserat på resultaten från flygtesterna ska dessa krav modifieras. Kriteriet för måluppfyllnad är leverans av en kravspecifikation för en elektrisk drivlina till ett tvåsitsigt elmotordrivet flygplan.

Baserat på vad som redovisats ovan kan alla projektmål anses vara uppfyllda. Det ska dock noteras att mål 2 ovan kan anses vara uppfyllt baserat på det ändringsbeslut som Energimyndigheten tog i beslut 2022-05-06 och som redovisas i 2.2 ovan.

3.3 Resultat kommunikationsmål

De kommunikationsmål som föreslogs i projektansökan och bekräftades i samband med Energimyndighetens beslut 2021-016169 att finansiera projektet är följande.

1. Östersunds kommun ska presentera resultaten vid minst en pressträff på Åre – Östersund flygplats.
2. Blackwing presenterar resultat och förslag till elflygplan på mässan AERO i Friedrichshafen 2023
3. Mittuniversitetet ska presentera resultaten av sitt arbetspaket i minst ett konferensbidrag och en artikel i en vetenskaplig referentgranskad tidskrift.
4. Vernamack AB redovisar utfört arbete till Energimyndigheten

Baserat på vad som redovisats under 2.7 ovan samt denna slutrapport så kan alla kommunikationsmål anses vara uppfyllda.

4 Diskussion och slutsatser

4.1 Kort kvalitativ diskussion

Att överhuvudtaget bygga ett flygplan som är stabilt och säkert att flyga med är en grannlagad uppgift. I Sverige idag finns endast två stycken godkända företag som tillverkar och levererar flygplan SAAB är det ena företaget och Blackwing det andra. Båda företagen kan sägas tillverka flygplan som på var sitt sätt representerar det extrema. SAAB bygger krigsflygplan, JAS 39 Gripen, som till sin natur är instabilt och förlitar sig på snabba datorer för att kunna flyga. Blackwing bygger BW600RG som är ett traditionellt flygplan, men som tack vare sin optimala aerodynamik kunnat bli världsrekordhållare i hastighet i sin klass. Det senare har varit av yttersta vikt i GreenWingprojektet. Genom att flygplanskroppen i sig är extremt optimerad och att Blackwing har haft erfarenhet av tillverkning av vingar i kolfiber så har projektet lyckats med något som måste sägas ligga i teknikutvecklingens framkant. En optimal vinge har konstruerats, tillverkats och testats och visat att flygplanet kan flygas med en energiförbrukning på endast 0,11 kWh per tillryggalagd kilometer.

Detta kan jämföras med de mest moderna personbilarna som testats enligt Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP) [13] och i den av den brittiska Vehicle

Certification Agency tillhandahållna databasen i september 2022. Den mest energieffektiva bilen driven av fossilt bränsle (diesel) var då Peugeot New 208 1.5L Blue HDi 100 S&S, som med en genomsnittshastighet av 47 km/tim förbrukade 0,41 kWh/km och den mest energieffektiva elektriskt drivna bilen var Fiat 500e Action, som med samma genomsnittshastighet förbrukade 0,13 kWh/km [14].

Om detta tillämpas mer praktiskt för en transport mellan Östersund och Sveg, vilket var en flygning som gjordes i testflygprogrammet, så kan konstateras att baserat på Google map så tar en sådan resa med bil 2 timmar och 27 min och kräver en tillryggalagd sträcka på 187 km. Med flygplanet så blir den flygna sträckan 122 km och flygtiden 49 minuter. Förbrukad energi blir för den elektriskt drivna bilen 24 kWh och för flygplanet 13 kWh. Det finns alltså möjligheter för små elektriskt drivna farkoster att vara både mer tids- och energieffektiva än landtransporter. Flygplanet kan dock inte flygas i alla typer av väder vilket är en begränsning. Det som begränsar är att sikten vid start- och landningsplats måste vara minst 5 km och molnbasen minst 600 meter. Det får inte heller vara risk för nedisning under någon del av flygningen. I Sverige finns dock ett generellt avsteg från dessa regler så att sikten kan sänkas till 3 km samt att molnbasen måste vara minst 450 meter. Dessa värden kan i vissa fall få bli ännu lägre. [15]

4.2 Slutsatser

Slutsatsen från GreenWingprojektet är att det är fullt möjligt att bygga små elektriskt drivna flygplan som, baserat på väderbegränsningar, kan möjliggöra tids- och energieffektiva resor på upp till 250 km.

Den största tekniska utmaningen är att hitta leverantörer med kompetens att leverera batterier som är godkända för flygändamål och som har tillräckligt hög specifik energi (Dvs. antal Wh/kg).

Inom projektet har också slutsatsen dragits att det finns ett visst kommersiellt intresse att kunna flyga elektriskt med små flygplan, men de kunder som kan tänka sig att köpa ett sådant flygplan vill ha en färdig och fullt ut certifierad produkt.

5 Framtida forskning

Som en följd av erfarenheterna från GreenWing föreslås att framtida utveckling primärt inriktas på att integrera olika typer av batterier in i olika flygande testbäddar. Alltifrån större drönare till flygplan motsvarande det som flugit i projektet.

Projektet föreslår också att projekt med inriktning på att stödja certifiering av mindre elektrisk drivna flygplan stöds och/eller uppmuntras.

Stockholm 2023-05-26

Bengt Moberg (projektledare)

Vernamack AB

6 Referenser

- [1] Pipistrel, "Pipistrel Aircraft," [Online]. Available: <https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/velis-electro-easa-tc/#tab-id-3>. [Använd 29 03 2021].
- [2] Trafikanalys, "Elflyg – början på en spännande resa – redovisning av ett regeringsuppdrag - Rapport 2020:12," Trafikanalys, Stockholm, 2020.
- [3] Flyg- och Rymdtekniska Föreningen, "Yttrande angående Trafikanalysrapport TA 2020:12 Elflyg-början på en spännande resa," Flyg- och Rymdtekniska Föreningen, Stockholm, 2020.
- [4] Trafikverket, "Upphandling av fossilfritt flyg En förstudie om möjligheten att avtala om fossilfri flygtrafik under allmän trafikplikt," Trafikverket, Borlänge, 2020.
- [5] Blackwing, "Blackwing," [Online]. Available: <http://www.blackwing.aero/blackwing-fast-ultralight-bw-600rg-retractable.aspx>. [Använd 21 03 2021].
- [6] Green Flyway, "Green Flyway," [Online]. Available: https://greenflyway.se/test_arena/test-arena-ostersund/. [Använd 21 03 2021].
- [7] Ansys, [Online]. Available: <https://www.ansys.com/products#t=ProductsTab&sort=relevancy&layout=card>. [Använd 22 05 2023].
- [8] PTC, [Online]. Available: <https://www.ptc.com/en/products/creo/>. [Använd 22 05 2023].
- [9] Massachusetts Institute of Technology, [Online]. Available: <http://web.mit.edu/drela/Public/web/xfoil/>. [Använd 22 05 2023].
- [10] V. Ericson och J. Palmgren, "Investigation of the wing design and endurance of an ultralight electrical aircraft, Master Thesis," Lunds universitet, Lund, 2022.
- [11] Electroflight, [Online]. Available: <https://electro-flight.com/news/june-2022>. [Använd 26 03 2023].
- [12] Airframer, [Online]. Available: https://www.airframer.com/news_story.html?release=83835. [Använd 23 05 2023].
- [13] Eu kommissionen, KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) 2018/1832 av den 5 november 2018 om ändring av Europaparlamentets och rådets direktiv 2007/46/EG samt kommissionens förordningar (EG) nr 692/2008 och (EU) 2017/1151 i syfte att förbättra förfaranden och provningar för typgodk, Bryssel, Belgien: EU kommissionen, 2018.
- [14] Vehicle Certification Agency, New Car Fuel Consumption & Emission Figures, Bristol, Storbritannien: Vehicle Certification Agency, 2022.
- [15] Transportstyrelsen, "Översikt över regelverken för privatflygning enligt VFR," Transportstyrelsen, Norrköping, 2016.