

Den danske faldskærmssport bidrager til rumfartseventyr

Af Mads Stenfatt, Copenhagen Suborbitals

Hvem er Copenhagen Suborbitals

Copenhagen Suborbitals (CS) mål er at udvikle en raket med rumkapsel, som kan bringe en person 100 km op over Jordens overflade og sikkert ned igen. CS er en dansk forening af 50 personer der arbejder gratis i deres fritid, og vi er verdens eneste amatørprojekt af sin art, og er crowdfunded af ca. 600 faste støttemedlemmer over hele verden. Nogle er endda helt bogstaveligt *over* verden:



Figur 1. Andreas Mogensen sidder i Cupola med en hilsen til CS. Foto: Kjell Lindgren

Siden 2011 har vi opsendt fem raketter fra en selvsejlende affyringsplatform i farvandet øst for Bornholm, og vi forventer i skrivende stund (primo juni) at sende den 6. og sidste "lille" raket til vejrs i slutningen af juli. Helt lille er den dog ikke, idet den er 6,7 meter høj, og vejer 178 kg uden brændstof. Den næste raket derefter, bliver en første udgave af den ca. 15 meter høje bemandede raket, som vi har døbt Spica.

For mit eget vedkommende startede min aktive deltagelse ved at jeg havde gjort opmærksom på en problematik omkring at montere et kamera lige under en faldskærmsluge.

"hvis du er så skideklog, så kan du komme og hjælpe os, ka' du!"

Nogenlunde med disse ord blev jeg så i 2011 inviteret med til at deltage aktivt i drømmen om at gøre Danmark til den 4. nation (efter Rusland, USA og Kina) der kan bringe en astronaut ud i rummet og sikkert tilbage igen.

I dag har jeg i projektet ansvaret for "...og sikkert tilbage igen", idet jeg er ansvarlig for design, produktion, test og implementering af det faldskærmssystem der en dag skal bringe vores rumkapsel til en sikker landing.

Min baggrund? Tjaa, man kan åbenbart komme langt med et D-certifikat fra NFK og evnen til at påpege uhensigtsmæssigheder og deres løsninger på de billeder der bliver publiceret.

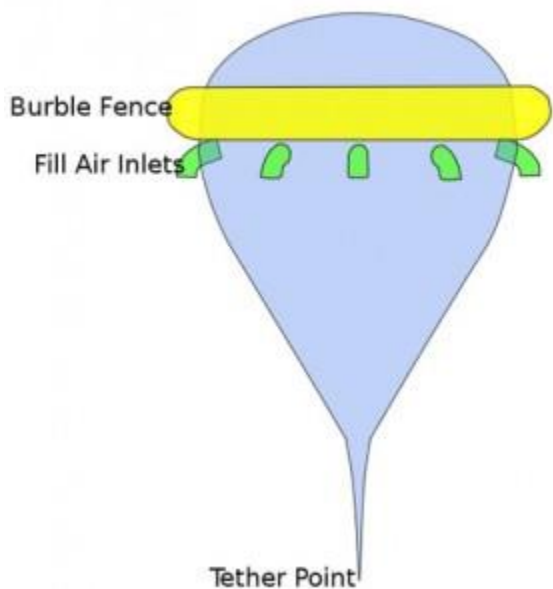
Faldskærmssystemet

Et projekt som dette har rigtig mange aspekter man kan folde ud og fortælle om. Denne artikel vil dog fokusere på det, der sker på vej ned igen, altså faldskærmssystemet.

Når vi i sidste ende skal sende en astronaut op med vores bemandede raket, Spica, ønsker vi at lave et faldskærmssystem der både kan klare en tur igennem atmosfæren, som ikke udsætter rumkapslen for voldsomme belastninger og som i sidste ende sikrer en blid landing for astronauten. Vi skal derfor lave et system der kan stabilisere rumkapslen og reducere faldhastigheden tidligt, tåle høje hastigheder og temperaturer i den øverste del af atmosfæren, og som i sidste ende giver en hastighed på cirka 25 km/t ved landing.

For at opnå disse egenskaber har vi tænkt os at dele systemet op i to: Første del er en bremsende og stabiliserende del til den øvre del af atmosfæren, en såkaldt ballute. Til den nederste del af turen og landing vil vi benytte et sæt af tre hovedfaldskærme

Balluten har sit navn efter kombinationen af de to former, den er designet efter: *Balloon* og *parachute*. På dansk kunne den passende hedde en "balskærm".



Figur 2. Principtegning af en ballute: Der er grundformen, som er ballonformet og helt lufttæt, så er der en række luftindtag rundt om, hvor luften puster formen op, og til sidst er der et "burble fence", som er en design-feature der gør balluten mere stabil. Grafik: Wikipedia

Balluten blev designet i 60'erne med det specifikke formål at være et bremsende aggregat der var stabilt i tynd luft og ved meget høje hastigheder, idet designet er testet til at være brugbart ved hastigheder op til mach 10.



Figur 3. Balluten til Nexø I som den endte med at tage sig ud hos Copenhagen Air Experience. Foto: Jev Olsen.

Den første faldskærmstest

I projektets sprøde ungdom kæmpede vi med at finde en måde hvorpå vi kunne teste vores faldskærme. Vi var så heldige at have en kontakt der arbejdede på Lindøværflet, og vi fik derfor mulighed for at benytte deres portalkran til en række droptests. Målet var at teste hvordan vi kunne forsinke åbningsforløbet, for at gøre faldskærmens åbning så blød som mulig. Til det havde vi taget en række forskellige slidere med, som vi ville teste.



Vi startede ud med et drop uden slider, hvilket hurtigt afslørede at de næste tests i bedste fald ville blive ”spændende”, idet vores ballast på 165 kg allerede hér var nået over halvvejs ned, inden faldskærmen var bærende. Vi gennemførte dog de andre tests med forskellige slidere, og ganske rigtigt, oplevede vi resten af dagen det ene drøn efter det andet, når ballasten igen og igen ramte betonen i mere eller mindre frit fald fra 100 meters højde.

Samarbejdet med DFU begynder

Det var blevet åbenlyst, at vi ikke vil kunne teste vores faldskærme fra jorden, og hvad gør man så? Efter mange opkald og skrivelser til klubber og firmaer i ind- og udland, hvor vi eksempelvis var tæt på at lande en aftale med et tysk faldskærmscenter, kom åbningen for at kunne foretage en test fra fly i Danmark. NJFK, med Thomas Pontoppidan i spidsen, var friske på at lade os teste vores faldskærme fra deres fly.



Figur 4. Folkene fra CS og NJFK klar til spring i 2012

Den 3. juni 2012 kunne vi notere os vores første faldskærmstest fra en flyver, hvor vi testede en hjemmelavet T11 look-a-like på 55 m^2 , med en slider som metode til forsinkelse af åbningsforløbet.



Figur 5. Thomas Pontoppidan hænger til tørre under 55 m^2 stof

Selve springet gik fantastisk, og vi kunne med det samme se, at dette var den rette vej at gå, når det gjaldt at teste vore faldskærmsystemer i fremtiden.

Meget skulle dog læres endnu, for på sådan et spring cutter vi testskærmen i 1200-1500 meters højde, og hvis ikke vi har styr på vindforholdene på dens returflyvning, aner vi ikke hvor faldskærmen ender. Det samme gør sig i sidste ende gældende for rumkapslens tur tilbage igennem atmosfæren, at vi gerne vil have styr dens bane under ballute og faldskærme, så vi hurtigst muligt kan bringe astronauten i sikkerhed efter landing.



Figur 6. vinden var i den høje ende, så faldskærmen drev mere end 3 km på sin tur tilbage til jorden

Lige siden dette første spring har vi derfor haft som en del af testarbejdet at øve os i at forudsige faldskærmens bane fra flyver til landing – med og uden springer. Vi er nået rigtig langt på denne front. Det svære er dog fortsat at ramme det korrekte exitpunkt når man har så meget grej i flyveren der skal ud på samme tid. Men måske man en dag også skulle prøve beregningerne af til almindelige spring?

Hovedfaldskærmene

I 2014 oplevede vi en del organisatorisk tumult, som gjorde at vi viskede tavlen ren, og lavede en langsigtet plan for hvordan vi bringer en astronaut ud i rummet. Planen indebar at vi skulle flyve to mindre raketter, Nexø-klassen, inden vi ville bygge den første Spicaraket. Til de to Nexø-raketter fandt vi ud af, at vi kunne benytte C9-faldskærme, som i størrelsen passede os ok. Det er på ingen måde de ideelle faldskærme til det endelige setup, men da vi havde mulighed for at købe dem billigt, valgte vi på det tidspunkt i vores udviklingsproces at benytte disse, for at kunne eksperimentere med åbningsforløbet på en billig og hurtig måde. Disse blev brugt i de næste mange spring, og der er også sådan en i Nexø II raketten, der snart flyver.

Reefing – a’hva’ for en fisk?

”Hård åbning” er vist noget de fleste faldskærmsspringere enten har hørt om eller prøvet. Ligeledes er der også masser af historier om slidere der føler sig mere trygge oppe ved skærmen, end nede ved springeren. Med andre ord, så har slideren sit eget liv i åbningsprocessen. Det er vi vant til at håndtere på forskellig vis – i sidste ende med et fint reservehåndtag på brystet. I et dynamisk forløb, hvor der ikke er mulighed for manuel indgriben, kan det derfor give lidt tics at skulle have tillid til at en sliderskal være ansvarlig for et kontrolleret åbningsforløb. Når man kigger på hvad de voksne gør, så har de et system der tjener samme formål som slideren, men fungerer anderledes. Det system kaldes reefing. Simpelt fortalt går det ud på at man i bunden af faldskærmen binder en snor der er kortere end faldskærmens reelle omkreds. Når så skærmen forsøger at åbne, vil den ikke bliver større end hvad snoren tillader.



Figur 7. Vores hovedskærm i reefed tilstand. En line holder den delvist tillukket i bunden, så den ikke er foldet helt ud. Foto: Ahmad Rahman

Efter et foruddefineret interval klipper man så snoren over, således at faldskærmen kan folde sig helt ud til sin designede størrelse. Ønsker man endnu mere kontrol over forløbet, kan man lave nogle tricks, så dette eksempelvis gentages to gange, og åbningsforløbet dermed bliver endnu blødere.



Figur 8. Vores hovedskærm fuldt udfoldet efter at linen er blevet klippet over. I bunden af skærmen kan man lige ane den ene af de to bokse der indeholder timer og klippemekanismen. Foto: Ahmad Rahman

Når man kender faldhastigheden inden faldskærmen folder sig ud, og har styr på hvilken faldhastighed man opnår under fuldt bærende skærm, kan man således designe et åbningsforløb i et eller to trin, så det bliver blødest muligt.

Odense, den første reefingtest

”skidekloge” som vi var, tog vi sidenhen til Odense, hvor vi havde fået hul igennem til at teste. NJFK var skønne at arbejde med, men ved at teste i Odense kunne vi pludselig klare hele testforløb inklusiv logistik på én dag, og så slap vi også for problemerne med tømmermænd fra baren.



Figur 9. Holdet der skulle foretage den første reefingtest i Odense.

At lave en test med en faldskærm, der udfoldet er på størrelse med en lejlighed, er ikke trivielt. Vi er kommet frem til en metode meget i stil med elevens exit, hvor vi har en deployment bag der med en staticline er forbundet til flyet. Denne bag slipper vi så ud af flyet samtidig med at springeren står af.



Figur 10. Der gøres klar til exit med 55 m² faldskærm

Det føles nærmest som en ballet når vi er i gang, og det er især under sådan en test at man lærer, hvor vigtigt et klart count er, for at timingen er perfekt.

Jeg snakker lidt udenom, men må hellere komme til sagen. Inden denne test havde vi al teori på plads, flere prototyper af timer/cutteren var testet adskillige gange med succes, og vi var selvsagt overbeviste om at springe skulle blive vellykket.



Figur 11. Reefing er ikke nemt i praksis. Her er skærmen forladt efter at den nægtede at folde sig ud

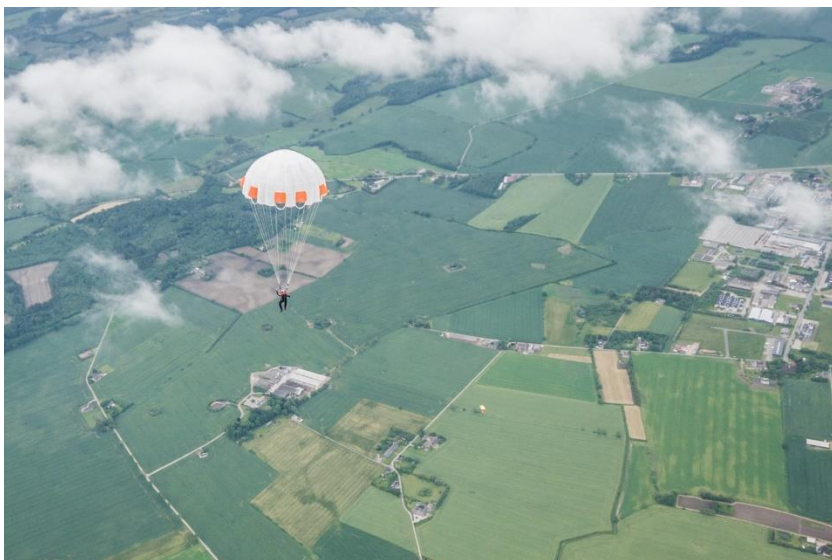
Men – sådan skulle det ikke gå. Den kontakt vi havde designet, som skulle måle hvornår faldskærmen foldede sig ud og dermed starte timeren til at klippe snoren - viste sig at kræve et stærkere træk end hvad reefingsnoren giver, og vi måtte derfor kigge på en stor klump på himlen, der ikke rigtig selv vidste hvad den skulle ligne.

Vi spoler straks frem til sommeren 2015, hvor vi igen testede – denne gang med en modificeret timer/cutter, og så den faldskærm der skulle flyve med Nexø I.



Figur 12. Fuld koncentration under exit

Denne gang lykkedes det for første gang at få reefingsystemet til at opføre sig perfekt, og vi kunne dermed bruge lang tid på at følge Ahmad ned til cutaway-højde, alt imens vi nød synet af en smuk rund faldskærm på himlen over Beldringe.



Figur 13. Ahmad under en fuldt bærende C9-skærm efter vores første succesfulde åbningsforløb

Hva' nu?

Da Allan Shepard sad i Freedom Seven, den første Mercury rumkapsel der skulle bringe en amerikaner ud i rummet, og ventede på at nedtællingen skulle ramme nul, så han kunne lette fra jorden, blev ingeniørerne ved med at opdage ting der lige skulle fikses. Efter mere end fire timer liggende på ryggen, udbrød Allan Shepard til sidst: "Why don't you fix your little problem and light this candle?"

Sådan var det også blevet for os. Vi nåede i testrækken med én skærm til et niveau, hvor vi forfinede små ting, mere end udviklede. Vi havde skiftet C9-skærmen ud med en ringslot faldskærm, pussenusset lidt med lineføringen af reefingsnoren og monteringen af timer/cutteren, og nogle andre småting. Men de store skridt udeblev. Derfor var det naturligt at vi til sidst tog mod til os, og tog det næste store skridt i udviklingen mod bemanded amatørrumfart.

Tre faldskærme i luften over samme springer

Faldskærmsafdelingen i CS bliver en succes, når vi kan bringe en rumkapsel til at lande sikkert i havet under tre fuldt bærende faldskærme. Efter mange tests, med åbninger der aldrig kom, åbninger der kom øjeblikkeligt, og alt indimellem, var vi nu nået til en stor beslutning – var vi trygge nok til at tage det næste skridt, og begynde at flyve med tre faldskærme?

Efter at have svaret bekræftende på dette, stod vi overfor en ny udfordring – hvordan får man en springer til – med vilje – at hænge under tre faldskærme? Konklusionen blev at konstruere en stang – i CS populært kaldet et T-rex-bidsel – med to øjer for enderne.



Figur 14. Setup til spring med tre faldskærme. T-rex-bidsel i bunden, under hvilken de to risers går til springeren. Over bidslet føres to risers til en sjækel hvor de tre faldskærme mødes.

I slutningen af december 2017 havde vi så vores første spring med tre skærme. Ved dette spring mødte vi så en gammel kending og en ny banal fejl.

Vi observerede at alle tre faldskærme foldede sig fint ud til det første trin af reefing-processen, men dernæst havde hver faldskærm sin egen opførsel. Én opførte sig perfekt igennem alle trin, én sprang 2. trin over og gik direkte til fuld udfoldelse, og den sidste faldskærm forblev i første trin.



Figur 15. To faldskærme blev perfekt bærende, og én forblev i første trin af reefingprocessen

Det sidste var mest overraskende, for designet var lavet, så dette ikke burde ske. Den faldskærm, og især de to timer/cutter bokse, blev derfor det første vi kiggede nærmere på efter landing. Det skulle vise sig, at svaret på problemet var enormt banalt – og voldsomt pinligt.



Figur 16. reefingsnoren var ikke ført igennem cutteren, og blev derfor ikke klippet over

Da vi åbnede æsken til den ene timer/cutter kunne vi se, at Cypres cutteren, der altid har virket perfekt når den fik et signal, var aktiveret. Årsagen til at reefingsnoren så ikke var blevet klippet, og skærmen dermed ikke havde åbnet sig fuldt var, at vi ikke havde ført reefingsnoren ordentligt igennem Cypres cutteren, men under den.

Mht. de forskellige opførsler af de to andre skærme, så bundede det i det samme problem vi havde prøvet at løse en gang før, nemlig at trækket fra reefinglinen der skal til for at aktivere timeren er meget lille. Som det ses på ovenstående foto, så føres reefingsnoren igennem en gummislange, der hjælper til at aktivere kontakten. Udfordringen er så at designe gummislange og kontakt så de er afstemt med det setup vi flyver, og jo flere faldskærme, jo mindre træk er der på linen.

2. Juni 2018

Præcis seks år efter vores første faldskærmstest i NJFK, mødtes vi igen i Odense. Denne gang for at teste de tre faldskærme og deres reefingsystem, men også for at bekræfte om et nyt ballutedesign opførte sig som vi havde observeret i en vindtunnel i Holland nogle få måneder tidligere.

Efter at have vænnet sig til at smide relativt store ting efter springeren der forlader flyet, var det et kærkomment afbræk at smide en relativt lille taske efter ham.



Figur 17. balluten foldede sig som planlagt øjeblikkeligt helt ud, efter at være blevet præsenteret for vinden.

Balluten foldede sig øjeblikkeligt ud, hvilket bragte Ahmad til en faldhastighed på omkring 125 km/t, som var indenfor et par procent af det forventede, ud fra den tilgængelige vejrudsigt. Ydermere kunne han berette om en stabil nedtur uden for meget slinger, hvilket helt sikkert vil glæde Nexø II at høre.

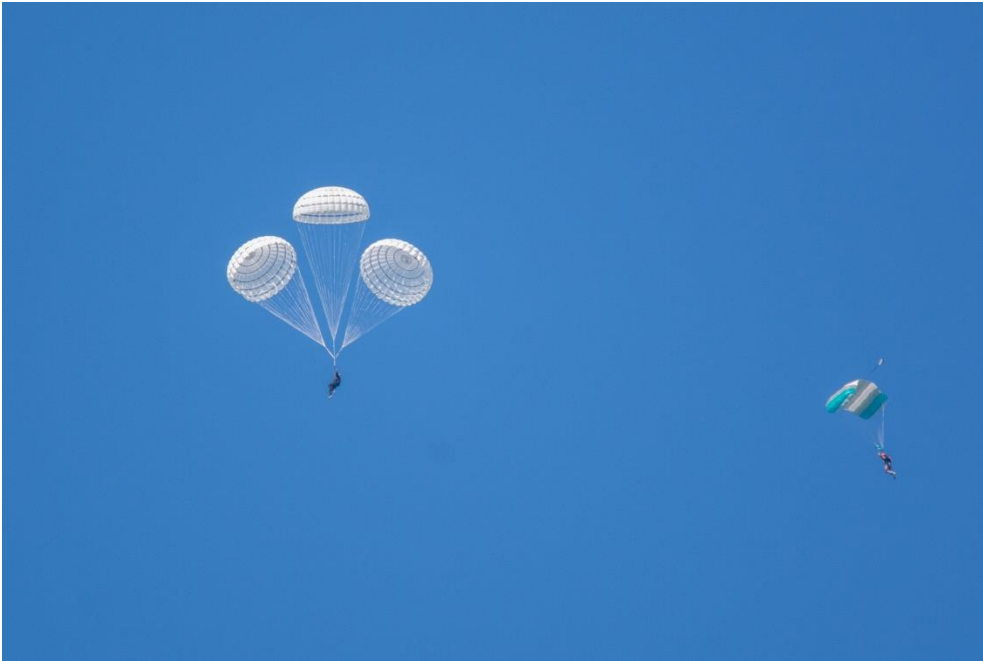


Figur 18. Der gøres klar til cutaway fra balluten

Med dette spring blev han, så vidt vi har kunnet støve frem, den første i verden til at foretage et bemandet spring med en ballute.

Og så blev det tid til dagens store finale, for nu skulle vi se, om vi var blevet dygtigere til at håndtere tre faldskærms simultane udfoldelse.

Når man har brugt mange år på at nå dette stadie, så er det hamrende ærgerligt at være den der skal blive i flyet i nogle sekunder ekstra, for at hive de tre deployment bags ind, men sådan er det jo. Jeg nåede at se de tre skærme folde sig fint ud til første stadie af reefingprocessen, men jeg måtte vente med at se slutresultatet til jeg havde ryddet op, og var kommet ned til Ahmad.



Figur 19. Seks års arbejde kulminerer med tre faldskærms simultane åbningsforløb.

Der var jubel og virtuelle high-fives i luften over beldringe. Åbningsforløbet af de tre faldskærme var gået fuldstændig perfekt igennem åbning, 2. stadie og til fuld åbning, og dér hang han nu, faldende langsomt nok at kunne lande under de tre skærme – tanken nåede at strejfe mig, hvor ville han ende henne? Op til hver eneste, af de sidste mange spring, har jeg lavet baneberegninger for faldskærmssystemet, i forhold til vejrudsigten for vinden i de forskellige højder.



Figur 20. So long, and thanks for all the fish. Nu må faldskærmene klare sig selv resten af turen ned.

Jeg havde også en fornuftig mængde data fra sidste spring, i forhold til hvordan faldskærmene ville flyve, hvis de opførte sig som sidste. Jeg måtte dog hurtigt konstatere, at hvis vi ville hente dem i lufthavnsområdet, så måtte han holde sig til planen, og forlade dem – de skønne fuldt åbne faldskærme i smuk treenighed.



Figur 21. De tre faldskærme landede som en fantastisk finale indenfor lufthavnsområdet, ganske som beregnet.

Dagen blev rundet perfekt af, da vi indenfor lufthavnsområdet, ikke langt fra det forventede punkt, kunne køre hen til de tre faldskærme og samle dem op – samme gruppe der minutter forinden havde forladt flyet over Odense Lufthavn, for at bringe Danmark endnu et skridt nærmere at opfylde drømmen om at blive den 4. nation der kan bringe en astronaut ud i rummet.

TAK!

At være en del af Copenhagen Suborbitals giver én tro på at der stadig er noget godt i menneskeheden. Vi oplever altid en kæmpe velvilje og lyst til at hjælpe vores projekt, og det er noget der varmer helt ind i hjertet. Det er altid angstprovokerende at skrive dette afsnit, for jeg frygter altid at glemme nogle mennesker der har haft stor betydning for projektet.

Vi skylder en kæmpe tak til rigtig mange mennesker i og omkring sporten. Væsentligst er selvfølgelig Thomas Pontoppidan, Ahmad Rahman, NJFK, OFC og alle de, der har hjulpet med de enkelte tests. Derudover har jeg haft mange vigtige snakke med flere riggere, ingen nævnt, ingen glemt. På den tekniske side, har vi haft uvurderlig stor glæde af at få lov til at teste meget af vores udstyr hos Copenhagen Air Experience, som på smukkeste vis har stillet op hver eneste gang vi har spurgt. Larsen & Brusgaard og Siemert.de har hver stillet noget af deres udstyr til rådighed for vores målinger, hvilket også har bidraget væsentligt til udviklingen. Cypres gav os adgang til deres tekniske folk, så vi kunne designe vores elektronik på den mest hensigtsmæssige måde i forhold til deres cuttere.

Og så skal MU selvfølgelig have en stor tak for den tillid de viser os, ved igen og igen at svare kortfattet tilbage på mine henvendelser - ”godkendt” er alt jeg behøver at læse, for, med armene over hovedet, endnu engang at skrive til gutterne at nu skal vi snart lege igen.

Man kan læse mere om vores projekt, se billeder og videoer fra vores tests samt følge sommerens opsendelse via webcast på vores hjemmeside:

www.CopSub.com

Blue skies, ad astra!

Mads Stenfatt

Copenhagen Suborbitals