

Vägen mot ett fossilfritt flyg

Forsknings- och innovationsprojekt som bidrar till omställningen

Energimyndighetens
forsknings- och
innovationsprojekt
inom fossilfritt flyg
2018–2023



Energimyndighetens publikationer kan laddas ner eller
beställas via www.energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, juni 2023

ET 2023:04

ISSN 1403-1892

ISBN (pdf) 978-91-7993-115-5

Fotografier: Mostphotos; iStock

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma

Förord

Omställningen till ett fossilfritt flyg är viktigt för samhället och morgondagens transportsystem. I detta arbete är forskning och innovation avgörande. Flyget har betydelse både för långväga resor och kortare resor inom landet. För Sverige som ligger avlägset placerat från resten av Europa och andra stora världsmarknader har flyget en stor betydelse för att behålla och öka vår konkurrenskraft.

Nyligen har EU bestämt att minst två procent av allt flygbränsle i EU måste vara fossilfritt och hållbart till år 2025. Till 2050 ska nivån vara uppe på 70 procent. Målen är ambitiösa med tanke på dagens situation och den låga inblandning av bioflygbränsle som sker idag. Men med rätt åtgärder kan flyget bli fossilfritt och därmed värna om tillgänglighet och rörlighet samtidigt som utsläppen minskar.

Förutom fossilfria drivmedel, till exempel bioflygbränslen eller elektrobränslen, kommer det även att behövas energieffektiva och fossilfria farkoster samt ett mer transporteffektivt samhälle. Genom fossilfria drivmedel, el och på sikt vätgas kan flygbranschen ställa om till ett fossilfritt flyg.

Energimyndigheten har sedan 2018 finansierat forsknings- och innovationsprojekt som ska påskynda omställningen till fossilfritt flyg.

I den här rapporten hittar du en summering av forskningsresultaten från 34 projekt. Vi hoppas att du som på ett eller annat sätt är intresserad av flygets omställning kan ha nytta av resultatet från dessa projekt.

Trevlig läsning!

Klara Helstad
Enhetschef
Energimyndigheten

Innehåll

Förord	1
Innovationskluster	5
Fossilfria flygtransporter 2045	5
Skapa förutsättningar för hållbara flygtransporter	5
Projekt inom hållbara drivmedel för flyg	7
Systemperspektiv på svensk produktion av biojetbränslen	7
Effektiv systemintegrering av svensk skogsbränslebaserad produktion av biojetbränslen	7
Spelplan för biojetbränslen – höghöjdseffekter, kol-, klimat- och kostnadseffektivitet	8
Svenskt hållbart flyg – teknologi och förmåga bedömning mot 2045	8
Från flis till flygplan i Småland	8
Från skogsrester till hållbara flygbränslen	9
Genomförbarhetsstudie – kraftvärmeintegrerad flygbränsleproduktion	9
Validering och demonstration av skogsbaserade bioflygbränslen, steg 1	10
Förnyelsebart flygbränsle från termokatalytisk omvandling av skogsavfall	10
ForestJet II – hållbar produktion av flygbränsle med biokemiska metoder	11
Oljehaltiga jästsvampar för produktion av flygbränsle från sågverksrester	11
Flygbränsle från lignin	12
Uppgradering av Organosolv Lignin till jetbränsle	12
Fossilfri flygräddning 2045 – en pilotstudie	13
Utvärdering av ATJ-jetbränslen med aromater	13
Membranfiltrerat lignin för produktion av flygbränslekomponenter	13
Numeriska studier av prestandavariationer vid förbränning av 100 % biojetbränsle i en jetmotor	14
Grönt jetbränsle från en integrerad katalytisk process	14
Carbofuel – utveckling och integrering av biodrivmedelsprocesser	15
Storskalig Bioelektro-flygbränsleproduktionsintegration vid kraftvärmeverk i Östersund, Sverige	15
TexJet – flygbränslekomponenter från avfallstextilier	16
En kombinerad fotobiologisk/fotokemisk produktionsplattform för hållbara soljetbränslen från koldioxid	16
Metanol till jet	16

Projekt om vätgas- och elflyg	18
Resurseffektiva energisystemlösningar för flygplatser med hög andel elflyg	18
GreenWing	18
Fossilfritt flyg i norra Sverige – en genomförbarhetsstudie	19
Teststräcka för eVTOL	19
Elektrisk fläkt för framdrivning	20
H2JET	20
Tankar för flytande vätgas	21
E-THRUST – designoptimering av hybridelektriska och vätgasdrivna flygplan	21



Innovationskluster

Innovationskluster samlar hela värdekedjan inom flygbranschen och tar fram en gemensam behovsanalys för att klara omställningen till fossilfrihet inom flyget.

Fossilfria flygtransporter 2045

Innovationsklustret *Fossilfria flygtransporter 2045 (FFT-2045)* startades i slutet av 2018 med målet att skapa en långsiktig nationell plattform för aktörer inom flygbranschen och som verkar i synergi med redan etablerade och framgångsrika forsknings- och innovationsmiljöer.

Detta har nu åstadkommit genom ett aktivt arbete med att samla och främja dialog mellan samtliga av de aktörer som ingår de värdekedjor som kan leverera de tjänster och produkter som krävs. För klustrets utveckling och fortlevnad har två möjliga vägar diskuterats, vilka kommer att ligga som underlag för dialog och kommande beslut.

- Projektledare: RISE Research Institutes of Sweden.
- Övriga parter: SAS AB och Swedavia.
- Projektslut: 2021-01-31.

[Projektinformation Fossilfria Flygtransporter 2045](#)

[Rapport Vägen till ett fossilfritt flyg 2045](#)

Skapa förutsättningar för hållbara flygtransporter

Projektet har samlat den kunskap och kompetens som finns inom olika projekt utspridda hos olika flygaktörer i värdekedjan. Syftet var att skapa en nationell färdplan för hur Sverige skulle kunna få fossilfria flygtransporter år 2045, samt bli en globalt ledande bioflygbränsleregion. Projektet har även tittat på alternativa scenarier där målen inte nås.

I projektet lyfts bland annat en stabil politisk agenda, som reformeras för att ge starkt stöd till fossilfrihet såväl som samverkan inom ekosystemet av aktörer inom flygbranschen, upp som den främsta möjliggöraren. Detta för att ge stöd till forskning och utveckling samt för att innovationer ska få en spridning och större effekt.

- Projektledare: RISE Research Institutes of Sweden.
- Övriga parter: Bland annat SAS AB och Swedavia.
- Projektslut: 2021-01-31.

[Projektinformation Skapa förutsättningar för hållbara flygtransporter](#)

[Rapport Vägen till ett fossilfritt flyg 2045](#)



Projekt inom hållbara drivmedel för flyg

Tillgång till hållbara drivmedel är en av flera nödvändiga pusselbitar för att påskynda omställningen till fossilfritt flyg. Biodrivmedel för flyg (biojetbränsle) produceras från biomassa med olika processvägar. Elektrobränslen produceras från koldioxid och vatten med elektricitet som främsta energikälla och kan på lång sikt komma att få en viktig roll i framtiden.

Systemperspektiv på svensk produktion av biojetbränslen

Syftet med projektet var att bidra med kunskap om hur produktionen av biojetbränslen kan utvecklas i Sverige med avseende på produktionsvägar, resurseffektivitet, klimatprestanda, ekonomiska förutsättningar och potentiella systemeffekter.

Resultatet visar att det i flera avseenden finns goda förutsättningar att producera biojetbränsle från skogsbiomassa i Sverige. Enligt projektet skulle tillförseln av hållbart producerad skogsbiomassa kunna öka med cirka 27–37 TWh till 2030 och 34–45 TWh till 2050. Dessutom visar projektets växthusgasberäkningar att de studerade produktionskedjorna kan ge stor klimatnytta, motsvarande 88–92 % lägre emissioner än fossilt jetbränsle.

Projektet visar på den stora potentialen för integrerad produktion i befintliga anläggningar inom skogsindustrin och kraftvärmeverken, vilket möjliggör effektivt resursutnyttjande.

- Projektledare: Lunds universitet.
- Projektslut: 2021-11-30.

[Projektinformation Systemperspektiv på svensk produktion av biojetbränslen](#)

Effektiv systemintegrering av svensk skogsbränslebaserad produktion av biojetbränslen

Projektet har analyserat förutsättningarna för en resurs- och energieffektiv produktion av biojetbränslen från skogsbaserade restprodukter genom integrerad produktion i existerande industriinfrastruktur i Sverige.

Den övergripande slutsatsen är att man genom att utnyttja existerande kraftvärmeverk, sågverk och massabruk för att också producera intermediära produkter för biojetbränslen och biodrivmedel så leder denna energiintegrering till minskade nettobehov av biomassaråvara. Detta nettobehov kan i sin tur tillgodoses av en långsiktigt hållbar tillförsel av avverkningsrester och sågspån.

- Projektledare: Lunds universitet.
- Projektslut 2022-12-31.

[Projektinformation Effektiv systemintegrering av svensk skogsbränslebaserad produktion av biojetbränslen](#)

Spelplan för biojetbränslen – höghöjdseffekter, kol-, klimat- och kostnadseffektivitet

Projektet har syftat till att ta fram ny kunskap och beslutsunderlag för att stödja långsiktiga prioriteringar för utvecklingen mot ett hållbart flyg avseende kommersiell introduktion av klimateffektiva bioflygbränslen. Projektet har kartlagt befintlig och utvecklat ny kunskap om utsläpp och klimatpåverkan av flyg avseende koldioxid och höghöjdseffekter vid användning av olika typer av jetbränslen med fokus på svenska förhållanden.

- Projektledare: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Övriga parter: Scandinavian Airlines System AB, SMHI och Swedavia AB.
- Projektslut: 2021-10-31.

[Projektinformation Spelplan för biojetbränslen – höghöjdseffekter, kol-, klimat- och kostnadseffektivitet](#)

Svenskt hållbart flyg – teknologi och förmåga bedömning mot 2045

Målet med projektet var att analysera de möjligheter som olika tekniska lösningar erbjuder för att uppnå fossilfritt flyg. Projektet har tittat på hur ett framtida flygbeteende kan se ut med avseende på nya och befintliga flygsträckor och vilken teknik som med fördel kan användas på respektive sträckor. Studien har fokuserat på ett nordiskt perspektiv men vissa slutsatser kan även vara giltiga i ett större europeiskt perspektiv.

- Projektledare: SAAB Aktiebolag.
- Övriga parter: Chalmers Tekniska Högskola, GKN Aerospace Sweden AB, Linköpings Universitet.
- Projektslut: 2023-04-19.

[Projektinformation Svenskt hållbart flyg – teknologi och förmåga bedömning mot 2045](#)

Från flis till flygplan i Småland (FFS)

Projektet har undersökt potentialen för produktion av bioflygbränsle i Småland och identifierat de regionalt mest lovande värdekedjorna. Resultaten visar att hållbara flygbränslen (SAF) från skogsrester i Småland kan produceras på de platser som granskats i projektet. Det kan också göras hållbart utan att äventyra skogens långsiktiga livskraft, och inte heller konkurrera med andra industrisektorer såsom uppvärmning med hjälp av biomassa.

Ett antal tekniker har granskats och genom platsbesök har ett fåtal identifierats som lämpliga. Produktionskapaciteten som granskats i projektet är cirka 16 000 ton SAF, vilket motsvarar ungefär en tiondel av efterfrågan från inrikesflyget i Sverige.

- Projektledare: RISE Innventia AB.
- Övriga parter: FORES, KLM Royal Dutch Airline, Luleå Tekniska Universitet, SkyNRG B.V, Småland Airport AB, Växjö Energi AB, Växjö kommun och Södra skogsägarna.
- Projektslut: 2020-10-30.

[Projektinformation Från flis till flygplan i Småland \(FFS\)](#)

Från skogsrester till hållbara flygbränslen (RE-SAF)

Projektets syfte är att ta vidare de resultat som togs fram i projektet ”Från flis till flygplan i Småland (FFS)” och fortsätta arbetet med att förbereda för en årlig produktion av 16 000 ton hållbart flygbränsle (SAF) i Växjöregionen.

Planerad driftstart är 2026 och målet med projektet är att få ett stabilt beslutsunderlag för att gå in i nästa fas.

- Projektledare: Växjö Energi Aktiebolag.
- Övriga parter: 2030-sekretariatet AB, KLM ROYAL DUTCH AIRLINES, RISE INNVENTIA AB, RISE Research Institutes of Sweden AB, SkyNRG B.V, Södra Skogsägarna Ekonomisk förening.
- Projektslut: 2023-05-02.

För frågor om projektet kontakta Julia Ahlrot på Växjö Energi: julia.ahlrot@veab.se

Genomförbarhetsstudie – kraftvärmeintegrerad flygbränsleproduktion

Projektet var en genomförbarhetsstudie om produktion av biobaserat flygbränsle vid Karlstads Energis anläggning Hedenverket. Det tekniska produktionskonceptet baserades på en förgasare av ångblåst indirekt fluidiserad bäddtyp som integrerats med befintlig fluidbäddpanna. Den bildade gasen renades och omvandlades till Fischer–Tropsch (FT) bränsle med fokus på flygbränslefraktioner.

Studien visar att det finns stor potential för att nyttja el för denna typ av process för att öka nyttjandet av biomassan och minska utsläppen av koldioxid ytterligare. Kombinationen av hög verkningsgrad och, i sammanhanget moderata investeringskostnader, gör att samproduktion av biodrivmedel i kraftvärmeanläggningar kan bli ett attraktivt alternativ för anläggningsägare i fjärrvärme och tillverkande industri.

- Projektledare: BioShare AB.
- Övriga parter: Hulteberg Chemistry & Engineering AB, Fly Green Fund, Karlstads Energi AB, Lunds universitet och Paper Province.
- Projektslut: 2020-02-28.

Projektinformation Genomförbarhetsstudie – kraftvärmeintegrerad flygbränsleproduktion

Validering och demonstration av skogsbaserade bioflygbränslen, steg 1

Projektet gjordes som en genomförbarhetsstudie för att validera och demonstrera hela värdekedjan för flygbränsleproduktion via Fischer–Tropsch (FT)-syntesen.

Studien har klarlagt nödvändiga tillstånd med aktuella tillståndsgivare gällande miljö-tillstånd och hantering av brandfarlig vara. Därtill har studien belyst hela produktionskedjan, från råvara till distribution av bränslet till flygplatser.

Studien har tagit fram kostnader för en demonstration av bioflygbränsle baserat på restprodukter från skogsindustrin genom förgasning av svartlut följt av den certifierade produktionsvägen FT-SPK (eng. Fischer–Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene).

- Projektledare: Luleå tekniska universitet.
- Övriga parter: BRA Sverige AB, Ineratech GmbH, ARVOS GmbH, Smurfit Kappa, Fly Green Fund, RISE Innventia AB, Sveaskog, Svenska Bioenergiföreningen och SAS AB.
- Projektslut: 2020-12-31.

Projektinformation [Validering och demonstration av skogsbaserade bioflygbränslen, steg 1](#)

Förnyelsebart flygbränsle från termokatalytisk omvandling av skogsavfall

Projektet har fokuserat på utvecklingen av en process för termokatalytisk omvandling av skogsrester för att producera alkylerade aromater och cykloalkaner, som är viktiga komponenter i jetbränslen.

Forskargruppen har studerat sågspån och bark genom reduktiv katalytisk fraktionering (RCF). Flera serier av olika katalytiska material framställdes och karakteriserades i detalj med flera metoder. Projektet har resulterat i utvecklingen av ett katalytiskt material som endast ger 3,9 % fast koks vid användning av sågspån.

- Projektledare: Chalmers Tekniska Högskola Aktiebolag.
- Övriga parter: SCA FOREST PRODUCTS AKTIEBOLAG.
- Projektslut: 2022-12-31.

Projektinformation [Förnyelsebart flygbränsle från termokatalytisk omvandling av skogsavfall](#)

ForestJet II – hållbar produktion av flygbränsle med biokemiska metoder

Projektet har undersökt en möjlig värdekedja från skogen till hållbart producerat flygbränsle via biokemiska metoder.

Syftet har varit att förstå under vilka förutsättningar det kan vara tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt hållbart att i en sådan värdekedja producera bioflygbränsle i Sverige i tidsperspektivet 2025–2030 och framåt.

Utgångspunkten har varit att använda nära kommersiella processer som kan utnyttja socker från cellulosa för att producera kolväten, antingen direkt genom fermentering eller katalytiskt, efter att först ha framställt en alkohol.

I projektet har aktörer från alla delar av värdekedjan samverkat och också uppdaterat den tidigare framtagna färdplanen som skulle kunna ta hela värdekedjan till kommersiell användning. Aktiviteter i färdplanen är grupperade i sådana som rör marknad, teknik-utveckling respektive investeringsprojekt.

- Projektledare: SEKAB E-Technology AB.
- Övriga parter: Air BP Sweden AB, SAS AB, Bergvik Skog AB och Gasum AB.
- Projektslut: 2019-12-15.

För frågor om projektet kontakta Niklas Berglin niklas.berglin@ninainnovation.com

Oljehaltiga jästsvampar för produktion av flygbränsle från sågverksrester

Syftet med projektet var att utveckla och demonstrera en industriellt tillämpbar process för tillverkning av mikrobiell olja som i sin tur kan förädlas till medium- och långkedjade fettsyror och därifrån till kolväten som kan ingå i flygbränsle.

Projektet har fokuserat på industriellt relevanta och kostnadseffektiva råvaror från restströmmar från svensk skogsråvara bestående av såg- och kutterspån.

Processen utvecklades i labb och pilotskala, och ett uppskalningsexperiment utfördes i demonstrationsskala i Biorefinery Demo Plant i Örnsköldsvik. Projektet resulterade i lovande resultat avseende konvertering av sågspån (barrved) till socker och vidare till fettsyror.

- Projektledare: RISE Processum AB.
- Övriga parter: SEKAB E-Technology AB och Umeå Universitet.
- Projektslut: 2021-05-31.

Projektinformation Oljehaltiga jästsvampar för produktion av flygbränsle från sågverksrester

Flygbränsle från lignin

Syftet med projektet var att undersöka möjligheterna att omvandla lignin från olika källor till flygbränsle. Lignin är en polymer i träd som idag förbränns vid pappersframställning och som flera pappersbruk har installerat anläggningar för att avlägsna.

Idag finns få intressenter till denna biprodukt. Möjliga ligninkällor är till exempel kraftlignin, en sidoström från massaindustrin, och lignin från en nyutvecklad katalytisk fraktionering av trä. Målet är att skapa underlag för en bedömning av vilka källor av lignin som är mest lämpade att göra flygbränsle av.

Forskargruppen har använt tre ansatser där de utvärderat lignin från pappersmassa-tillverkning av barrträd, lignin från katalytisk fraktionering av lövträd och lignin från bark. De har även tittat på att använda en annan fraktion från den katalytiska fraktioneringen (hemicellulosa) som råmaterial för att tillverka flygbränsle.

Projektet kan nu presentera fyra olika värdekedjor att gå från lågvärderade skogsbaserade restströmmar till flygbränsle.

- Projektledare: Stockholms universitet.
- Projektslut: 2021-12-31.

Projektinformation Flygbränsle från lignin

Uppgradering av Organosolv Lignin till jetbränsle

Syftet med projektet var att utveckla en process för uppgradering av organosolv-lignin från skogsrester till ett högvärdigt biobaserat jetbränsle. Via hydrotermisk förvätskning (HTL) har organosolv-lignin depolymeriserats till en bioloja som sedan har genomgått en katalytisk uppgradering till jetbränsle.

I projektet visades att björk- och gransågspån är ett utmärkt utgångsmaterial för att användas i ett bioraffinaderi för produktion av nästa generations flygbränslen.

- Projektledare: Luleå tekniska universitet.
- Övriga parter: Kiram AB och RISE Processum AB.
- Projektslut: 2021-02-28.

Projektinformation Uppgradering av Organosolv Lignin till JET BRÄNSLE

Fossilfri flygräddning 2045 – en pilotstudie

Projektet har syftat till att påbörja omställningsprocessen till en fossilfri flygflotta för räddningstjänstaktörer. Alternativa bränslen har testats, bränsleförsörjningskedjor har utvärderats och strategier för omställningen till fossilfri drift har jämförts mot varandra. Utvärderingen har gjorts ur ekonomiskt, tekniskt och logistiskt perspektiv och bränslena har analyserats ur ett livscykelperspektiv.

- Projektledare: Sjöfartsverket.
- Övriga parter: Air BP Sweden, Försvarets materielverk, Kustbevakningen, Lunds universitet, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Polismyndigheten, svensk luftambulans.
- Projektslut: 2023-01-31.

[Projektinformation Fossilfri flygräddning 2045 – en pilotstudie](#)

Utvärdering av ATJ-jetbränslen med aromater (ATJ-SKA)

Majoriteten av det flygbränsle som används idag benämns JET A-1 och omfattas av standarden ASTM D1655 som specificerar ett antal fysikaliska egenskaper hos bränslet. Det finns en kompletterande standard, ASTM D7566, som har införts för alternativa bränslen.

Projektets mål har varit att utvärdera testresultat och sammanställa en forskningsrapport för överlämnande till ASTM-kommittén för godkännande av en ny certifieringsbilaga till ASTM D7566-18 för produktion av hållbart jetbränsle med användning av ATJ-metoden (omvandling av alkohol till jetbränsle).

- Projektledare: Swedish Biofuels AB.
- Projektslut: 2022-09-30.

För frågor om projektet kontakta Angelica Hull angelica.hull@swedishbiofuels.se

Membranfiltrerat lignin för produktion av flygbränslekomponenter

Projektet har undersökt möjligheten att utveckla värdekedjan från lignin extraherad från ett massabruk till bioflygbränsle producerat i ett oljeraffinaderi. Fokus har varit att undersöka möjligheten att isolera en fraktion med komponenter som kan gå in i flygbränslepoolen samt kartlägga vad som krävs i form av certifiering för att kunna producera bioflygbränsle från lignin via denna processväg. Den aktuella processen består av ett flertal delsteg och de första bygger på SunCarbons processteknik.

Inom ramen för projektet har möten ägt rum med representanter från CAAFI (Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative) som ansvarar för certifieringsprocessen. En möjlig färdplan för certifiering för den i projektet undersökta råvaran och processen har också tagits fram.

- Projektledare: RISE Research Institutes of Sweden AB.
- Övriga parter: Lunds universitet och SunCarbon AB.
- Projektslut: 2020-12-15.

[Projektinformation Membranfiltrerat lignin för produktion av flygbränslekomponenter](#)

Numeriska studier av prestandavariationer vid förbränning av 100 % biojetbränsle i en jetmotor

För att öka förståelsen för förbränning av förnybara bränslen i befintliga jetmotorer har forskargruppen i detta projekt använt numeriska modeller för att analysera förbränning och emissioner.

Projektet har använt Large Eddy Simulation (LES) metoder för att simulera tre utvalda flammor som är representativa för flygmotorer och flygmotorderivat, vilket ger både validering och insikt i förbränning av biojetbränslen.

För att ta hänsyn till bränsleegenskaperna har specifika kemiska mekanismer och transportegenskaper för varje jetbränsle använts i simuleringarna. Studierna inkluderar de konventionella fossila jetbränslena Jet A och JP5, som referens. Dessa konventionella fossila bränslen jämförs med två biojetbränslen, betecknade C1 och C5, som har en struktur som skiljer sig mycket från de två fossila bränslena. Men även enkomponent-bränsle som n-heptan och dodekan har studerats.

- Projektledare: Lunds universitet.
- Projektslut: 2023-02-28.

Projektinformation Numeriska studier av prestandavariationer vid förbränning av 100 % biojetbränsle i en jetmotor

Grönt jetbränsle från en integrerad katalytisk process

Projektet har studerat hydrogenering av koldioxid till kolväten via metanol som mellanprodukt. Målet har varit att öka utbytet av kolväten inom området för jetbränsle (C8-C16).

Projektet har utvecklat ett nytt katalytiskt tvåbäddssystem där den första bädden innehåller en In₂O₃/ZrO₂-katalysator för metanolsyntes och ZSM-5 för bildning av metanol till kolväte (MTH = methanol to hydrocarbons). Den andra bädden placerades nedströms och innehöll en katalysator för oligomerisering.

Projektet har även utvecklat en kinetikmodell för hydrogenering av koldioxid till kolväten, som väl kan beskriva C₂-C₄, C₅-C₈ och C₉+ selektivitet samt bildning av koldioxid vid olika temperaturer.

Projektet visar att oligomeriserings-katalysatorn förbättrade mängden av kolväten inom jetbränsleområdet och forskarna tror att ytterligare forskning kan resultera i ytterligare ökad selektivitet för längre kolväten i jetbränsleområdet.

Sammantaget visar projektet att koldioxidhydrogenering till bränslen är en lovande väg framåt, och när man använder koldioxid som bildas från omvandling av biomassa kan det till och med ge negativa koldioxidutsläpp.

- Projektledare: Chalmers Tekniska Högskola AB.
- Projektslut: 2021-03-31.

Projektinformation Grönt jetbränsle från en integrerad katalytisk process

Carbofuel – utveckling och integrering av biodrivmedelsprocesser

Projektet har undersökt ett nytt sätt att öka utbytet av förnybart kol. Genom att ta den koldioxid som släpps ut vid tillverkning av etanol och omvandla den till diesel kan kol-effektiviteten ökas drastiskt. Det som krävs för att åstadkomma detta är en tillsats av vätgas, företrädesvis tillverkad från spjälkning av vatten med hjälp av elektricitet.

Projektet visar att det finns fördelar med att integrera de två processerna etanolproduktion och syntetisk dieselproduktion. För det första erhålls en ren koldioxidström från etanolprocessen som kan användas direkt i dieselprocessen utan rening. För det andra kan den värme som erhålls vid hög temperatur i dieselprocessen användas på flera ställen i produktionen av etanolen.

- Projektledare: Lunds universitet.
- Övriga parter: Kiram AB.
- Projektslut: 2021-05-01.

Projektinformation Carbofuel – utveckling och integrering av biodrivmedelsprocesser

Storskalig Bioelektro-flygbränsleproduktionsintegration vid kraftvärmeverk i Östersund, Sverige

Produktion av bioelektro-jetbränsle vid kraftvärmeverk i norra Sverige, där förnybar el är riklig och växer, har en för närvarande outnyttjad potential som kan användas för större synergi i befintlig värme- och kraftproduktion samtidigt som klimatpåverkan kan minskas avsevärt för framtida flygresor.

Projektet var en genomförbarhetsstudie för en fabrik för sådant bränsle beläget vid Jämtkrafts anläggning för kraftvärme i Östersund.

Syftet med projektet var att bedöma genomförbarheten för att producera förnybart flygbränsle på en specifik plats och har bland annat utvärderat olika ingående processer såsom drift och integration, kostnader, miljöpåverkan, affärsmodeller och aktörer. Projektet har även inkluderat experimentellt arbete, modellering och beräkningar samt litteraturbaserade studier men har inte innehållit byggandet av några anläggningar.

- Projektledare: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Övriga parter: Chalmers Tekniska Högskola, FGF Nordic Ekonomisk Förening, Jämtkraft AB och Lunds universitet.
- Projektslut: 2020-12-31.

Projektinformation Storskalig Bioelektro-flygbränsleproduktionsintegration vid kraftvärmeverk i Östersund, Sverige

TexJet – flygbränslekomponenter från avfallstextilier

Projektet har utvecklat en process för återvinning av textilavfall som på grund av slitage har låg molekylvikt och därmed inte är lämpat för återvinning till nya material. Textilfraktionen är i stället tänkt att användas för produktion av biobaserade flygbränslekomponenter.

Textilfibrerna återvinns för produktion av en plattformskemikalie och där man i ett nästa steg tar fram bioaromater för inblandning i bioflygbränslen med låg aromathalt, till exempel HEFA (hydroprocessade estrar och fettsyror) och FT-bränslen (Fischer–Tropsch).

- Projektledare: ShareTex AB.
- Övriga parter: Lunds universitet, RISE Research Institutes of Sweden AB.
- Projektslut: 2023-05-01.

[Projektinformation TexJet – flygbränslekomponenter från avfallstextilier](#)

En kombinerad fotobiologisk/fotokemisk produktionsplattform för hållbara soljetbränslen från koldioxid

Cyanobakterier kan omvandla solenergi och koldioxid (CO₂) till små, flyktiga kolväten. Dessa kan sedan kopplas ihop fotokemiskt, det vill säga med hjälp av solljus, till längre flytande kolväten som kan ingå i jetbränslen.

I projektet har forskargruppen utvärderat simulerade industriella förhållanden för odling av cyanobakterier, och utvecklat nya förbättrade bakteriestammar för produktionen. Tekniken har skalats upp, ett system för kontinuerlig skörd av flyktiga kolväten från kulturer har implementerats i pilotskala, och reaktorer för de fotokemiska reaktionerna har utvecklats.

- Projektledare: Uppsala universitet.
- Övriga parter: Miljösus AB, RISE Processum AB, StromTech Sweden AB.
- Projektslut: 2023-08-31.

[Projektinformation En kombinerad fotobiologisk/fotokemisk produktionsplattform för hållbara soljetbränslen från koldioxid](#)

Metanol till jet

I projektet utvecklas en helt ny process för tillverkning av tyngre kolväten direkt från metanol med den nya katalysatorn, Zeoliten ZSM-5, som bör vara optimal för ändamålet.

Tekniken är potentiellt effektiv och flexibel, då både metanol och jetbränsle/bensin kan tillverkas med högt utbyte. Hållbar metanol kan också framställas ur många olika råvaror. Inom projektet undersöker forskargruppen även produktionskostnader och klimatavtryck för att påvisa teknikens konkurrenskraft.

- Projektledare: Luleå tekniska universitet.
- Övriga parter: Haldor Topsoe, RISE INNVENTIA AB, RISE Research Institutes of Sweden AB.
- Projektslut: 2023-09-30.

[Projektinformation Metanol till jet](#)



Projekt om vätgas- och elflyg

Vätgasflyg och elflyg är två alternativa tekniker som kan bidra till att uppnå fossilfritt flyg. Båda teknologierna har fördelar och utmaningar inom såväl utvecklingen av själva farkosterna som utvecklingen av logistik och infrastruktur (till exempel el- och vätgasförsörjning, lagring, tankning och bränsleförvaring).

Resurseffektiva energisystemlösningar för flygplatser med hög andel elflyg (RES-flyg)

Inom projektet har forskarna utvecklat ett simuleringsverktyg för infrastruktur och elbehov för en flygplats med en framtida hög elektrifieringsgrad.

Simuleringsmiljön för energisystemet på en flygplats inkluderade elnät, förnybar elproduktion, energilagring, styrstrategier och flexibilitetslösningar för olika laster. Dessa byggstenar har gjort det möjligt att analysera hur elflygets utveckling kan ske med avseende på förnybar energi, resurseffektivitet och i symbios med det övriga energisystemet.

- Projektledare: Uppsala universitet.
- Övriga parter: RISE Research Institutes of Sweden AB, Skellefteå City Airport AB, Swedavia AB.
- Projektslut: 2023-03-31.

[Projektinformation Resurseffektiva energisystemlösningar för flygplatser med hög andel elflyg \(RES-flyg\)](#)

GreenWing

I projektet har en speciellt anpassad flygplansvinge för ett elmotordrivet tvåsitsigt skol- och reseflygplan med två timmars räckvidd konstruerats och flygtestats.

Flygplanstillverkaren Blackwing har tillhandahållit ett flygplan av modellen BW 600 på vilket vingen har monterats och flygtestats under 50 flygningar. Under testerna har flygdata samlats in och analyserats av Mittuniversitetet.

- Projektledare: Vernamack AB.
- Övriga parter: Blackwing Sweden AB, Mittuniversitetet Campus Östersund, Östersunds kommun.
- Projektslut: 2023-04-30.

[Projektinformation GreenWing](#)

Fossilfritt flyg i norra Sverige – en genomförbarhetsstudie

Projektet har adresserat policyutveckling, marknadslösningar och offentlig upphandling för att öka utbudet och efterfrågan på regionalt producerade fossilfria drivmedel.

Projektet har även syftat till att lägga grunden för en första svensk elflyglinje för sträckan Umeå–Östersund, och i förlängningen även ett regionalt elflygnät. I en samlad färdplan kommer projektet att visa hur norra Sverige kan gå före och driva på en grön omställning av flyget och på så vis vara en motor för regionens och Sveriges hållbara utveckling.

- Projektledare: Umeå kommun.
- Övriga parter: Biofuel Region BFR AB, RISE Processum AB, RISE Research Institutes of Sweden AB, Swedavia AB.
- Projektslut: 2023-03-31.

[Projektinformation Fossilfritt flyg i norra Sverige – en genomförbarhetsstudie](#)

Teststräcka för eVTOL

Projektet har syftat till två saker. Att öka kunskapen om framtida trafik med vertikalstartande, eldrivna flygfarkoster, så kallade eVTOL, genom projekteringen av en tänkt teststräcka mellan Skellefteå Airport och Northvolt Ett. Projektet har också syftat till att öka kunskapen om de elektromagnetiska störningar som kan uppstå när delar av flygtrafiken elektrifieras.

Inom projektet har man identifierat vad som krävs på marken och i lufttrummet, och hur tillståndprocesserna måste se ut för att testverksamheten ska fungera i praktiken. Forskarna har även analyserat vilka kostnader som kan tänkas uppstå när man inleder kommersiell trafik men även vilka kostnader som är förknippade med testverksamhet.

Resultatet visar att eVTOL-transporter kan vara ett energieffektivt och tidsmässigt konkurrensmässigt transportsätt för både privata, offentliga och samhällsnyttiga transporter. Initial trafik kommer dock att bli dyr vilket riskerar att begränsa potentialen och även göra att olika former av stöd eventuellt kommer att behövas.

- Projektledare: Skellefteå City Airport AB.
- Övriga parter: ACR Aviation Capacity Resources AB (publ), JONAIR AFFÄRSFLYG AKTIEBOLAG, Luleå tekniska universitet, NorthVolt AB, Skellefteå Kraftaktiebolag.
- Projektslut: 2022-12-31.

[Projektinformation Teststräcka för eVTOL](#)

Elektrisk fläkt för framdrivning

Om turbopropmotorer ersätts med elfläcktar skulle det kunna reducera mängden fossilt flygbränsle. För att det ska kunna realiseras behöver fördelarna med elfläcktsmotor jämfört med propeller demonstreras, och därefter behöver elfläcktsmotorn utvecklas till en hög TRL-nivå.

Målet med projektet var ta fram en dokumenterad elfläcktsmotor på TRL nivå 2 och att presentera en studie kring miljönyttan med en elfläck. Efter projektets avslut har GKN för avsikt att arbeta vidare med motorkonceptet för att nå TRL 3 under 2023. Under 2025 ska flygmotorkonceptet demonstreras i samarbete med projektet H2GEAR med vätgasdrivna bränsleceller som energikälla.

- Projektledare: GKN Aerospace Sweden AB.
- Övriga parter: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Projektslut: 2023-04-30.

Projektinformation Elektrisk fläkt för framdrivning

H2JET

Inom projektet har teknologier för kritiska delsystem utvecklats för användandet av kryogent väte som bränsle för framtida fossilfria flygplan och flygmotorer.

Projektet har fokuserat på bränslesystemen närmast flygmotorn och då specifikt högttrycksbränslepump, bränslerör för kryogena temperaturer samt motorintegrerad värmewäxlare vilken förvärmer det kryogena vätet genom att använda överskottsvärmen i motorns avgaser.

Projektet har utmynnat i en djupare förståelse hos deltagande partner om vilka utmaningar som införandet av kryogent väte har på flygmotorn och de kringliggande bränslesystemen.

- Projektledare: GKN Aerospace Sweden AB.
- Övriga parter: Chalmers Tekniska Högskola, Högskolan Väst, Kungliga Tekniska Högskolan, Lunds universitet, Oxeon AB, RISE SICOMP AB.
- Projektslut: 2022-12-31.

Projektinformation H2JET

Tankar för flytande vätgas

Projektet har utvecklat ultralätta flygplanstankar för flytande väte (LH2). Projektet studerade gasgenomsläpplighet och uppkomst av mikrosprickor vid den extremt låga temperaturen hos flytande väte. Kunskapen demonstrerades genom att dimensionera, tillverka och prova kompletta tankar i kompositmaterial vid relevanta temperaturer och tryck.

- Projektledare: RISE SICOMP AB.
- Övriga parter: Chalmers Tekniska Högskola, KonveGas Sweden AB, Linköpings Universitet, Oxeon AB.
- Projektslut: 2023-06-30.

Projektinformation Tankar för flytande vätgas

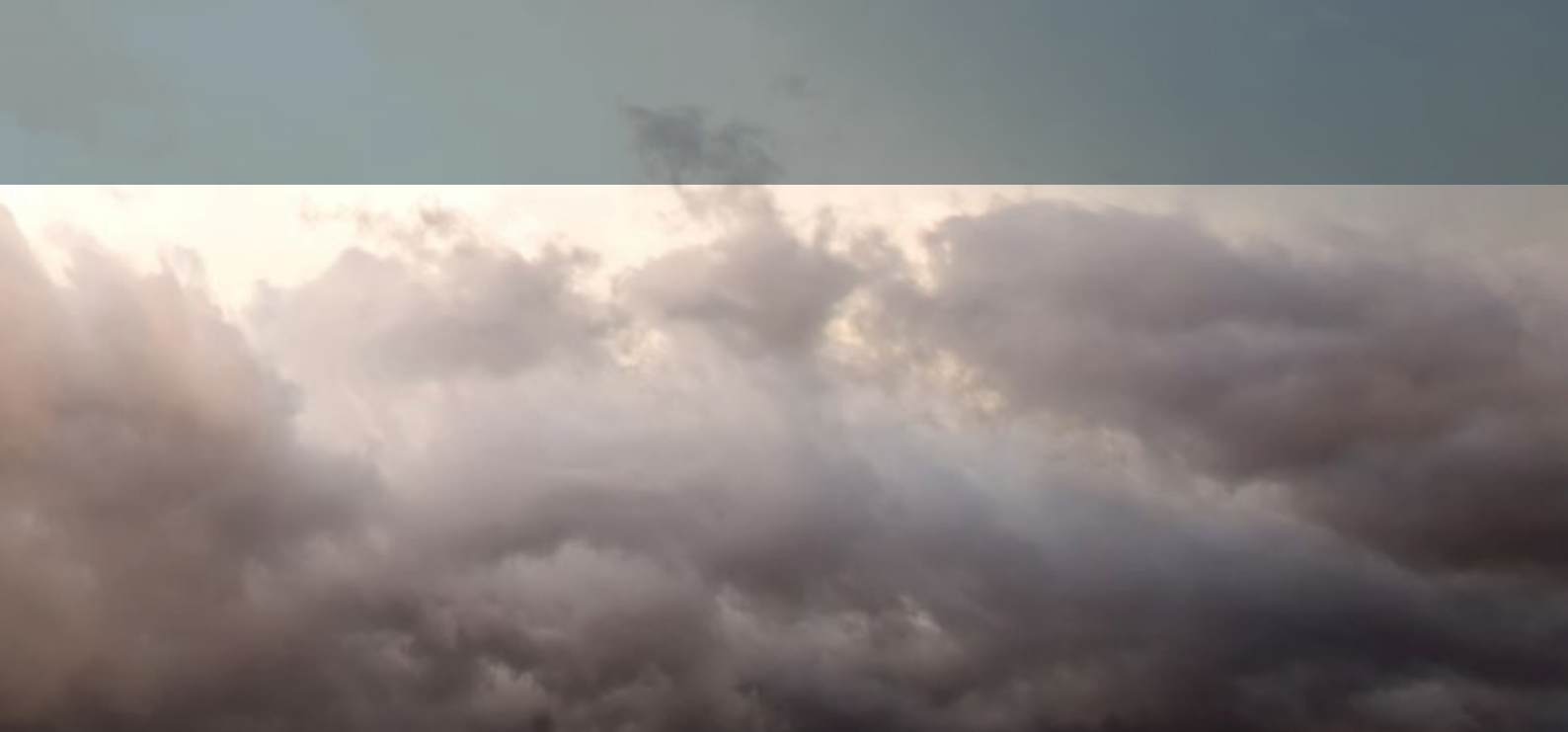
E-THRUST – designoptimering av hybridelektriska och vätgasdrivna flygplan

Projektet syftar till att belysa de utmaningar och designavvägningar som är förknippade med el- och vätgasdrivna flyg med fokus på regionala motor-/flygplanskonfigurationer.

Projektet kartlägger tekniker och gör en tekno-ekonomisk riskanalys inom det svenska och skandinaviska sammanhanget gällande infrastruktur och marknad. Projektet använder tvärvetenskapliga beräkningsverktyg för en helhetsbedömning av prestanda, miljö och operativa aspekter.

- Projektledare: Mälardalens högskola.
- Övriga parter: Modelon AB (publ), SAAB Aktiebolag.
- Projektslut: 2023-12-31.

Projektinformation E-THRUST – Designoptimering av hybridelektriska och vätgasdrivna flygplan



Hållbar energi för alla

Energimyndighetens uppdrag är att förena ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet i energisystem, som är hållbara och kostnadseffektiva med en låg påverkan på hälsa, miljö och klimat.

Energimyndigheten är beredskapsmyndighet och sektorsansvarig myndighet inom energiområdet.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället, och arbetar för en trygg energiförsörjning.

Forskning om framtidens energisystem och teknik får stöd av oss. Vi stöttar också affärsutveckling som gör det möjligt att kommersialisera innovationer och ny teknik, och ser till att goda lösningar kan exporteras.

Vi ansvarar för Sveriges officiella statistik på energiområdet, och hanterar stödsystem så som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Dessutom deltar vi i internationella klimatsamarbeten, och förmedlar fakta om effektivare energianvändning till hushåll, företag och myndigheter.



Energimyndigheten, Box 310, 031 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 010-544 20 00
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se