

# Populärvetenskaplig sammanfattning på svenska

Flygindustrin står för 2.5% av de globala koldioxidutsläppen och bidrar betydligt till världens klimatförändringar. Att minska dessa utsläpp är särskilt svårt på grund av kraven som ställs på flygmotorer: elmotorer och bränsleceller är för tunga för större flygplan och väteförbränningsmotorer är svåra att implementera på ett säkert och tillförlitligt sätt. Därför är den mest lovande lösningen förnybart biobränsle som kan användas i existerande motorer, s.k. Sustainable Aviation Fuel (SAF).

SAF kan produceras på många sätt. Det finns metoder som syntetiserar det från alkohol och socker medan andra använder avfall som avloppsvatten och gammal matlagningssolja, vilket ger bränslet ett väldigt litet klimatavtryck. Det finns också metoder som använder biologiska restprodukter som är vanliga i Sverige, t.ex skogsavfällningar och rester från papperstillverkning. Bränslen som framställs via detta breda spann av metoder och råmaterial kan variera mycket i kemisk uppsättning och sakna vissa viktiga egenskaper som etablerade fossila bränslen har. Ett exempel är att SAF typiskt saknar aromater, kolringar som förekommer naturligt i råolja och fossila bränslen och som behövs för smörjning och packningssvällning i motorns bränslesystem. Av dessa skäl är SAF bara certifierat för användning efter att det har blandats ut med ett fossilt bränsle upp till en blandning på 50/50.

När mer än 50% av tanken innehåller SAF kan skillnaderna gentemot fossila bränslen visa sig. Effekterna av dessa skillnader är dock inte välkända eftersom vår vetenskapliga och praktiska erfarenhet med SAF är minimal jämfört med fossila bränslen. Det finns ett akut behov av forskning om hur SAF brinner så att inblandningsgränserna kan höjas och nya bränslen kan certifieras. För att generera så mycket kunskap som möjligt bör denna forskning ske både med traditionella experiment och med detaljerade datorsimuleringar. Simuleringar ger data som inte finns att tillgå från fysiska mätningar och tillåter utforskande studier som kan forma nya teorier. Large Eddy Simulations (LES) är en simuleringsteknik som är välanpassad för studier av den komplexa och turbulenta förbränningen i flygmotorer eftersom den konstruerar en rörlig 3D-modell av flammans. LES är en kraftfull metod som involverar astronomiska mängder uträkningar, vilket gör tillgång till en superdator till ett måste.

Detta verk använder LES för att undersöka förbränningen av flera flygbränslen, inkl. SAF. Dessa bränslen uppvisar ett brett spann av karakteristiska egenskaper såsom densitet och aromathalt och varje bränsle används i sin rena form. På detta vis träder bränslenas olika egenskaper tydligt fram, vilket gör det möjligt att koppla dem till varje bränsles förbränningsbeteende. Två olika fall undersöks. Fall A är en liten och enkel brännare, inte helt olik ett campingkök, med förångat bränsle som är fullständigt blandat med den omgivande luften innan det antänds. Fall B är en generisk modell av en verklig flygmotorbrännare och har mycket gemensamt med riktiga motorer, såsom lufttryck upp till tio atmosfärer, direkt injektion av vätskeformigt bränsle och virvlar som roterar luftflödet för att stabilisera flam-

man. Bägge fall har tidigare använts i experiment av andra grupper och resultaten från dessa är publicerade. LES-modellen återskapar dessa resultat väldigt väl, vilket demonstrerar att metodiken är välanpassad för problemet.

I fall A avslöjar simuleringarna flera tydliga bränsletrender. Temperaturen som varje bränsle brinner vid bestämmer den övergripande storleken på dess flamma, vilket är användbart eftersom temperaturen kan räknas ut på förhand. Antändningskvaliteten, som brukar mätas i cetan-tal (CN), verkar påverka flammans stabilitet så att bränslen med lägre CN brinner stabilare än bränslen med högre CN. Denna oväntade trend förklaras med hjälp av ett hypotetiskt samband mellan olika kemiska tidsskalor, och uppföljande forskning kommer att visa huruvida detta samband håller generellt.

I fall B visar simuleringarna att bränslena liknar varandra under tomgångskörning, medan betydande skillnader framträder vid kryssning. Den viktigaste faktorn är ångbildningsbenägenheten, alltså hur enkelt bränslet bildar små vätskedroppar och sedan förångas. Ju mer benägna bränslena är att övergå i gasform, desto kompaktare blir flammorna samtidigt som de rör sig närmare bränsleinjektorn. Detta ökar bränslehalten i luften där reaktionerna sker, vilket i sin tur höjer flamtemperaturen. Denna höga temperatur orsakar reaktioner mellan kvävet och syret i luften som bildar kväveoxider,  $\text{NO}_x$ , som är skadliga för både människor och miljön. Dessa bränslen ger även upphov till starka stående tryckvågor som gör flammorna mindre stabila och sliter på motorn.

De sammanlagda resultaten från detta verk demonstrerar hur radikalt olika bränsleegenskaper leder till olika förbränningsbeteenden. Allt eftersom fler experimentella och simuleringsbaserade studier utförs kommer spektrat av möjliga SAF-egenskaper och deras effekter att kartläggas och förstås. Denna kunskap bör bana vägen för ökad SAF-inblandning och nya produktionsmetoder.