

RAPPORT

Vi ser himlen runt hörnet

Slutrapport för regeringsuppdraget om det statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Vi ser himlen runt hörnet: Slutrapport för regeringsuppdraget om det statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet

Författare: Jüriado Rein, Wigler Katarina, Wargsjö Agneta, Spångberg Lars, Eliasson Jonas

Dokumentdatum: 2022-06-15

Ärendenummer: TRV2022/8755

Publikationsnummer: 2022:110

ISBN: 978-91-8045-064-5

Innehåll

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Sammanfattning..... | 5 |
| 2 | Definitioner | 7 |
| 3 | Inledning | 8 |
| 3.1. | Kort om regeringsuppdraget | 8 |
| 3.2. | Skälen för regeringens beslut | 8 |
| 3.3. | Metod och avgränsningar | 9 |
| 3.4. | Rapportens disposition | 10 |
| 4 | Elektrifiering inom flyget..... | 11 |
| 4.1. | Flygsektorns klimatomställning..... | 11 |
| 4.2. | Teknisk utveckling | 14 |
| 4.2.1. | Batteridrivna flygplan | 14 |
| 4.2.2. | Elektrobränslen..... | 15 |
| 4.2.3. | Vätgasframdrivning | 16 |
| 4.2.4. | Drönare och eVTOL..... | 17 |
| 4.2.5. | Eflyget och den markbaserade infrastrukturen | 17 |
| 5 | Nuvarande stöd till forskning och innovation på elflygsområdet..... | 20 |
| 5.1. | Myndigheternas insatser inom flygområdet | 20 |
| 5.2. | Pågående och nyligen avslutade forsknings- och innovationsprojekt inom elflygsområdet | 22 |
| 5.2.1. | Batteridrivet flyg | 22 |
| 5.2.2. | Vätgasdrivet flyg | 23 |
| 5.2.3. | Övriga teknikutvecklingsprojekt..... | 23 |
| 5.2.4. | Infrastruktur och samhälle | 24 |
| 5.2.5. | Mindre luftfarkoster | 25 |
| 5.2.6. | Övriga områden, plattformar och centrumbildningar..... | 26 |
| 5.2.7. | Slutsatser..... | 27 |
| 5.3. | Regionala initiativ | 27 |
| 5.4. | Regler för statligt stöd..... | 28 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.5. | Företagens forsknings- och innovationssatsningar | 28 |
| 6 | Elflygsforskning och innovation internationellt | 30 |
| 6.1. | Inledning..... | 30 |
| 6.2. | EU-finansierade program | 31 |
| 6.3. | Några specifika länders elflygsforskning..... | 33 |
| 6.3.1. | Frankrike..... | 33 |
| 6.3.2. | Storbritannien | 34 |
| 6.3.3. | Tyskland | 35 |
| 6.3.4. | USA | 35 |
| 6.4. | Stora industriaktörers forskning och utveckling inom elflygsområdet | 36 |
| 6.4.1. | Airbus | 36 |
| 6.4.2. | Boeing | 37 |
| 6.4.3. | Rolls Royce..... | 37 |
| 6.4.4. | Safran | 37 |
| 6.5. | Norge | 38 |
| 6.5.1. | Teknologiutveckling | 38 |
| 6.5.2. | Riskavlastning..... | 38 |
| 6.5.3. | Drift..... | 39 |
| 6.6. | Samarbetsprojekt med svenskt engagemang..... | 39 |
| 7 | Förslag på framtida initiativ | 41 |
| 7.1. | Forsknings- och innovationsbehov | 41 |
| 7.2. | Förslag på fortsatt utveckling..... | 42 |
| 7.2.1. | Stärk samverkan mellan myndigheterna | 42 |
| 7.2.2. | En myndighetsgemensam Fol-satsning på elflygsområdet | 42 |
| 7.2.3. | Triple helix-plattform för elflyg | 44 |
| 7.2.4. | Stärka svenskt deltagande i internationella program | 44 |
| 7.3. | Grunder för statliga insatser | 44 |
| 7.4. | Åtgärder utanför Fol-området | 45 |
| 8 | Bilaga: Regeringsuppdraget i helhet..... | 49 |

1 Sammanfattning

Svensk flygindustri har som mål att inrikesflyget ska vara fossilfritt till 2030. Både inom näringslivet och i den offentliga verksamheten genomförs stora investeringar för att ställa om Sverige till netto-noll-utsläpp 2045. Svensk flygindustri arbetar med att utveckla helt eller delvis eldrivna flygplan. Regeringen bedömer att det behövs en kraftsamling för att åstadkomma en snabb introduktion och utveckling av elflyg. Statlig finansiering av forskning och innovation (FoI) utgör en viktig del i den fortsatta utvecklingen. Det statliga stödet till forskning och innovation bidrar till att bygga kunskap och att testa och verifiera ny teknik och nya lösningar.

Trafikverket har i det här regeringsuppdraget analyserat och lämnat förslag på hur det befintliga statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet kan utvecklas, samordnas och organiseras, för att påskynda införandet av elflyg i Sverige. Rapporten fokuserar i första hand på flygplan med fasta vingar, men vi konstaterar även att det pågår en snabb utveckling av mindre luftfarkoster. I uppdraget har vi anammat en bred definition av elflyg. Den omfattar batterier, vätgas, bränsleceller och elektrobränslen.

I nuläget har ingen av de statliga forskningsfinansiärerna en dedikerad satsning inom elflygsområdet. Forsknings- och innovationsprojekt inom området har dock finansierats inom andra statliga program. Energimyndighetens program Fossilfritt flyg 2045 har sedan 2021 varit den viktigaste statliga satsningen på utvecklingen av batteri-, vätgas- och bränslecellsteknik med tillämpning på flygområdet. Även Vinnova och Trafikverket har finansierat projekt som bidrar till elektrifieringen av flyget. Under 2021 och 2022 finansierar staten forskning och innovation inom elflygsområdet med drygt 40 miljoner kronor per år, vilket är en märkbar ökning jämfört med tidigare år.

Det finns osäkerheter kring elflygets potential, bland annat eftersom det kan möta en efterfrågan som i dag är i princip utforskad. Några projekt undersöker elflygets potential att bidra till ökad tillgänglighet regionalt, men även mellan Sverige och våra grannländer.

Trafikverket konstaterar att det finns relativt få tekniskt inriktade projekt om elflyg. Inom de områden där tekniken är mer utvecklad behövs demonstrationer och andra insatser som ligger nära en marknadsintroduktion. Det finns även ett behov av att ge olika aktörer, små och stora, ökad möjlighet att driva utvecklingen gemensamt.

Elektrifieringen av flygsektorn är ett globalt fenomen där många länder och enskilda bolag satsar på forskning och innovation. Inte minst ingår partnerskapet Clean Aviation i EU:s nya forsknings- och innovationsprogram Horisont Europa. Hybridelektriska flygplan och vätgasdrivna flygplan är två av Clean Aviations prioriterade områden under kommande år. I rapporten beskriver Trafikverket utvalda länders satsningar på forskning och innovation inom elflygsområdet.

Utifrån analysen av pågående insatser föreslår Trafikverket fyra åtgärder:

- Överhörningen mellan myndigheterna bör stärkas, i första hand när det gäller finansiering av forskning och innovation på elflygsområdet, men även omvärldsbevakning, framtida behov och andra aktuella frågor. Utöver forskningsfinansiärer bör även myndigheter från andra politikområden som berör införandet av elflyg medverka.
- Medlen för forskning och innovation inom elflygsområdet bör utökas, med fokus på systemfrågor och -demonstration. Ett successivt införande av elflyg kan innebära omfattande tekniska, affärsmässiga, infrastrukturella och juridiska förändringar

som bör studeras från ett helhetsperspektiv. Den föreslagna satsningen syftar till att uppfylla det behovet. Utökningen bör ha en varaktighet på minst fem år för att säkerställa en stabil och långsiktig finansiering av området. Trafikverket understryker att utökningen ska komplettera befintliga program och utlysningar som bör fortsätta. Satsningen bör utformas så att den når elflygsaktörer, samtidigt som den gynnas av synergier med andra utlysningar.

- En triple helix-plattform¹ bör skapas för att påskynda innovationsarbetet, skapa nya kontaktytor, utbyta information med mera. Inte minst bör plattformen hjälpa regionala aktörer och små och medelstora företag att delta i innovationsarbetet i större omfattning.
- Det svenska deltagandet i internationella program bör stärkas, exempelvis inom Clean Aviation eller genom bilaterala forsknings- och innovationsprogram med utvalda länder.

Det pågår många initiativ för elektrifiering inom andra trafikslag, och synergier ska eftersträvas. Trafikverket ser också ett behov av att satsa statliga forskningsmedel på forskning för att säkerställa den långsiktiga kunskapsutvecklingen inom batteriteknik och elektrifiering. Dessa satsningar gynnar ett flertal sektorer, inklusive flygsektorn.

Trafikverket konstaterar att elflygsintressenter efterfrågar att de statliga forsknings- och innovationsmedlen kompletteras med andra former av åtgärder, exempelvis investeringsstöd eller upphandling, som bidrar till att innovativa lösningar kan kommersialiseras snabbare. Elektrifieringen av flyget förutsätter även tillräcklig energitillförsel på flygplatser. Frågorna ligger utanför regeringsuppdragets omfattning men bör beaktas i det fortsatta arbetet.

Intervjuer och litteraturstudier genomförda inom uppdraget visar ett växande intresse för batteri- och vätgasdrivna flygplan. Samtidigt konstaterar Eurocontrol och flera andra aktörer att batterielektriska och vätgasdrivna flygplan kommer att ha en begränsad potential att minska flygets koldioxidutsläpp till 2050.² Därför är det viktigt att framtida satsningar på forskning och innovation utformas på ett flexibelt sätt och kan anpassas successivt utifrån framtida teknikutveckling och kommersiell potential.

¹ Med triple helix menas samarbete mellan akademi, näringsliv och offentlig sektor.

² Eurocontrol Aviation Outlook 2050. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-04/eurocontrol-aviation-outlook-2050-main-report.pdf>, sidan 14

2 Definitioner

I rapporten används följande förkortningar och begrepp:

FoI – forskning och innovation.

AAM – samlingsnamn för små luftfarkoster för lokal och regional trafik. Begreppet är en förkortning av engelskans *Advanced Air Mobility*.

eVTOL – bemannad luftfarkost som drivs med elektricitet och som startar och landar vertikalt. eVTOL är en förkortning av engelskans *electric vertical take-off and landing*.

testbädd – en fysisk eller virtuell miljö där olika parter kan samverka vid utveckling, test och införande av nya produkter, tjänster, processer eller organisatoriska lösningar.

UAM – små luftfarkoster som trafikerar i det nedre luftrummet och tillgodoser transportbehov i urbana miljöer. Begreppet är en förkortning av engelskans *Urban Air Mobility*.

vertiport – en start- och landningsplats för vertikalt startande och landande luftfarkoster.

elhybrid – flygplan som kombinerar en eldrivlina och en konventionell drivlina.

3 Inledning

3.1. Kort om regeringsuppdraget

Regeringen har gett Trafikverket i uppdrag att analysera och lämna förslag på hur det befintliga statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet kan utvecklas, samordnas och organiseras för att påskynda införandet av elflyg i Sverige. Med elflyg avses samtliga relevanta tekniker för eldrift av luftfarkoster, inklusive vätgasteknik.

I analysen bör det framgå särskilt hur forskning och innovation om elektrifiering av flyget i små och medelstora företag kan stödjas. Det bör också beläggas hur forskning och innovation kan stödjas för såväl mindre eldrivna luftfartyg som helt eller delvis eldrivna större flygplan och för projekt med olika teknisk mognadsgrad. Analysen bör dessutom inkludera forskning och innovation om den markbaserade infrastrukturen, hur flygplatserna ska utformas och hur mönster och principer för deras placering kan komma att förändras av att flyget elektrifieras.

I uppdraget ingår även att beskriva nuvarande stöd och pågående arbete med forskning och innovation på elflygsområdet, både nationellt och internationellt.

Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Infrastrukturdepartementet) senast den 15 juni 2022. I bilagan framgår uppdraget i sin helhet.

3.2. Skälen för regeringens beslut

Svensk flygindustri arbetar med att utveckla helt eller delvis eldrivna flygplan. Regeringen påpekar i sitt beslut att eldrivna flygplan har potential att bidra till att minska flygets direkta utsläpp och höghöjds effekter i huvudsak på kortare distanser.

Myndigheten Trafikanalys har analyserat utvecklingen av elflyg (I2020/00185) och Trafikverket har belyst i vilken utsträckning den flygtrafik som staten upphandlar kan bidra till att minska flygets klimatpåverkan och öka tillgängligheten i hela landet. Trafikverket har också analyserat i vilken utsträckning elektrifieringen av upphandlad flygtrafik kan bidra till att minska växthusgasutsläpp (I2019/03374). Båda myndigheterna föreslår satsningar på forskning och innovation, både för att möjliggöra utveckling av elflyg i Sverige och för att bidra till en marknadsintroduktion av grönare flygplan som också kan användas på trafikpliktlinjerna³.

För att åstadkomma ett snabbt tekniskifte för flyget bedömer regeringen att forsknings- och innovationsinsatser som kan bidra till utveckling av elflyg är mycket viktiga. En kraftsamling behövs för att åstadkomma en snabb introduktion och utveckling av elflyg. Det behövs också samordning och utveckling av de statliga forsknings- och innovationsinsatserna på området. Sveriges förtroende i omvärlden stärks också när svenska innovationer och lösningar exporteras över världen. Regeringen bedömer mot denna bakgrund att en analys bör göras och förslag lämnas på hur det statliga stödet till forskning och innovation om elflyg kan utvecklas, samordnas och organiseras för att påskynda införandet av elflyg i Sverige.

³ TRV 2020/82259, Trafikanalys rapport 2020:12

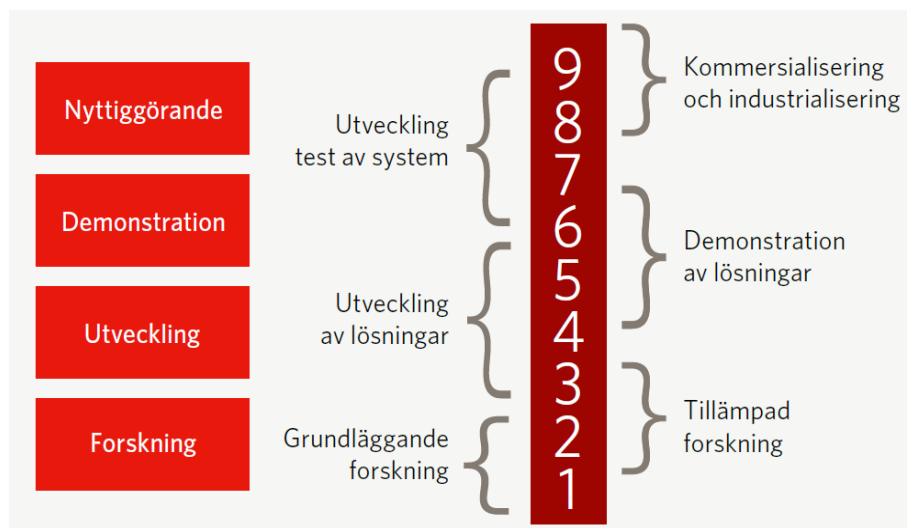
3.3. Metod och avgränsningar

Rapporten baseras dels på intervjuer med drygt 30 representanter för högskolor, universitet, företag, nätverk, intresseorganisationer och myndigheter som är verksamma inom luftfartssektorn och angränsande sektorer, dels på en hearing för att inhämta inspel från berörda aktörer samt litteraturstudier. Regelbundna avstämningar har hållits med Vinnova, Energimyndigheten, Formas och Transportstyrelsen. Möten har även hållits med Statens väg- och transportforskningsinstitut, Trafikanalys och Luftfartsverket.

Externa aktörer gavs möjlighet att ta del av och kommentera Trafikverkets preliminära slutsatser på en andra hearing som hölls i maj 2022.

Trafikverket har valt att göra vissa avgränsningar i sin tolkning av uppdraget. Uppdraget avser alla relevanta tekniker för eldrift av luftfarkoster. Rapporten fokuserar i första hand på luftfarkoster med fasta vingar men berör i viss mån även andra typer av elektrifierade luftfarkoster, exempelvis luftfarkoster som kan lyfta och landa vertikalt. Trafikverket har gjort en avgränsning mot drömarområdet men konstaterar att forskning och innovation på området bör belysas i en egen studie. Rapporten inbegriper även forskning och innovation om markbaserad infrastruktur och andra nödvändiga förutsättningar för att påskynda införandet av elflyg i Sverige. Beskrivningen av teknikutvecklingen bygger till en stor del på den omvärldsanalys som forskningsinstitutet RISE tog fram åt Trafikverket i början av 2022.

Begreppet ”forskning och innovation” är brett, och omfattar allt från grundläggande forskning till kommersialisering och industrialisering. För att beskriva mognaden av en viss teknologi används ofta indikatorn TRL (Technology Readiness Levels), se figur 1. I denna rapport har Trafikverket använt TRL-skalan där det är lämpligt. De statliga myndigheterna finansierar generellt forskning och innovation upp till nivå 7 på TRL-skalan.



Figur 1. TRL-skalan

Uppdraget är fokuserat på det befintliga svenska statliga stödet till forskning och innovation. Trafikverket har i första hand kartlagt den forskning och innovation som finansierats av Vinnova, Energimyndigheten och Trafikverket. Trafikverket har även undersökt övriga statliga forskningsfinansierares medel till elflygsområdet, men konstaterar att dessa har varit mycket begränsade.

Uppdraget handlar om hur det befintliga statliga stödet kan utvecklas, samordnas och organiseras. Trafikverkets tolkning är att ”utvecklas” vid behov kan innebära en viss medelsökning.

När det gäller internationell forskning och innovation har Trafikverket inkluderat EU:s forsknings- och innovationsprogram Horisont Europa i rapporten. Inom ramen för uppdraget gav Trafikverket RISE i uppdrag att undersöka elflygsrelaterad forskning och innovation i Frankrike, Storbritannien, Tyskland och USA. Även Norges program för elflyg och gemensamma nordiska forskningsprojekt berörs i rapporten.

Kartläggningen i denna utredning är baserad på intervjuer samt öppen och tillgänglig information. Den är en beskrivning av nuläget, och med tanke på den ständiga tekniska utveckling som pågår är den inte nödvändigtvis heltäckande.

3.4. Rapportens disposition

Rapporten börjar med en sammanfattning (kapitel 1), definitioner (kapitel 2) och en inledning (kapitel 3). I kapitel 4 redovisas nuläget inom olika teknikområden med bäring på elflyg. I kapitel 5 kartläggs pågående program och projekt inom forskning och innovation i Sverige. Kapitel 6 ger en överblick över internationella program och projekt. I kapitel 7 redovisas Trafikverkets förslag till hur det statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet skulle kunna utvecklas, organiseras och samordnas.

Kapitel 4 och 6 bygger till stora delar på den omvärldsanalys som RISE tog fram åt Trafikverket.

4 Elektrifiering inom flyget

4.1. Flygsektorns klimatomställning

Flygsektorns omställningsarbete mot fossilfrihet bygger på ett samspel mellan flera teknikområden med olika tidshorisonter, utmaningar och drivkrafter. Det här kapitlet beskriver den kontext som flygsektorn utvecklas inom, samt det aktuella läget för olika tekniker som bidrar till flygets omställning.

Förbränning av fossila bränslen står för det största bidraget till växthuseffekten både i Sverige och i övriga världen. Det svenska transportsystemet är i dag starkt beroende av fossila bränslen. Inrikes transporter svarar för nästan en tredjedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, och domineras av utsläpp från vägtrafiken. Inrikesflyget har under senaste fem åren stått för ca 3 procent av transportsektorns utsläpp men minskade till ca 1,3 procent under 2020.

Flygets klimatpåverkan ökar framför allt på grund av ökat utrikesflyg. Antalet utlandsflygresor som Sveriges befolkning gör har ökat med 120 procent sedan 1990. Den långsammare ökningen av utsläppen jämfört med ökningen av antalet flygresor kan bland annat förklaras av en effektivisering. En stor del av effektiviseringen ligger i en ökning av kabinfaktorn, det vill säga färre tomma stolar.⁴ Effektiviseringen har också sin grund i modernare och mer effektiva flygplansmodeller och bränslesnålare motorer där jetmaskiner har ersatts med turboprop.

Liksom inom alla andra näringar behöver utsläppen i flygsektorn minskas, samtidigt som de värden som flyget bidrar med omhändertas. En del av detta innebär att flyget måste ställas om till fossilfrihet i form av ett bränslebyte, men det handlar också om ökad energieffektivisering på flera håll i värdekedjan samt om en successivt ökad elektrifiering och eventuella andra teknikutvecklingsspår.⁵

Sverige och resten av Skandinavien har goda förutsättningar att vara föregångare när det gäller flygets omställning. Omkring 100 miljoner flygresor genomfördes till, från och inom Skandinavien före pandemin. Det gör att den skandinaviska flygmarknaden, i relation till folkmängden, är stor jämfört med övriga i Europa. Skandinavien präglas av stora avstånd mellan relativt små städer samt en topografi med mycket berg, där landmassorna till stor del omges av hav. Det gör andra transportmedel tidskrävande och ineffektiva. Regionen är även en attraktiv turistdestination från andra delar av världen som fritidsdestination.

I samband med analyser av förutsättningar, status och behov för flygets omställning bör det poängteras att flygsektorn har varit mycket ansträngd under de senaste åren. Redan före pandemin fanns det en tydlig beteendeförändring kopplat till en ökad klimatmedvetenhet (oftast kallat "flygskam"), men tappet på inrikesflygmarknaden mellan 2018 och 2019 på nästan en miljon passagerare berodde också på andra faktorer, såsom ekonomisk avmattning, flygskatt och en ökad konkurrens från tåg. Covid-19-pandemin ledde i sin tur till mycket omfattande restriktioner och minskat resande. I Europa och stora delar av världen har restriktionerna hävts men pandemin har påverkat resandet. Eurocontrols

⁴ Flygets klimatpåverkan:

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-konsumtionen/flygets-klimatpaverkan/>

⁵ Flygbranschens färdplan för fossilfri konkurrenskraft, s. 7

statistik visar att antalet flygningar i Europa ökar snabbt, men antalet flygningar var i maj 2022 fortfarande ungefär 20 procent lägre än i maj 2019.⁶

Pandemins långsiktiga effekter i kombination med förändrade marknadsförutsättningar gör det svårare för flygbolagen och andra aktörer i flygbranschen att finansiera omfattande investeringar i ny teknik, samtidigt som omvärldens krav på minskad klimatpåverkan ökar. Statligt stöd till forskning och innovation är därför viktigt för flygets klimatomställning.

De huvudsakliga formerna av tekniska lösningar för framdrift med minskad klimatpåverkan är i nuläget biobränsle⁷, elektrobränsle⁸, vätgas för förbränning eller som bränsleceller, samt batterier inbegripet hybridlösningar och kombinationer av dessa tekniker. När det gäller vätgas berörs både hybridlösningar och användning av vätgas i turbinmotorer.

Tabell 1 sammanfattar de huvudsakliga teknikspåren.

| Framdrivning | Beskrivning | Klimat effekt |
|---------------------------|---|---------------------------------|
| <i>Biodrivmedel</i> | <i>Biodrivmedel som uppfyller kraven för jetbränsle enligt gällande standard kan användas i den existerande drivmedelsinfrastrukturen</i> | <i>Vattenånga och kväveoxid</i> |
| <i>Elektrobränslen</i> | <i>Elektrobränslen kan anpassas så att de motsvarar jetbränsle</i> | <i>Vattenånga och kväveoxid</i> |
| <i>Vätgasframdrivning</i> | <i>Vätgas förbränns i modifierade turbinmotorer</i> | <i>Vattenånga och kväveoxid</i> |
| <i>Bränsleceller</i> | <i>Vätgas driver en bränslecell som genererar ström till elmotorer</i> | <i>Vattenånga</i> |
| <i>Batterier</i> | <i>Framdrivning av elmotorer försörjda av batterier laddade på marken</i> | <i>Ingen</i> |

Tabell 1. Olika framdrivningsteknikers klimat effekt.⁹

I Eurocontrols långtidsprognos¹⁰ identifieras fem faktorer för omställning för att luftfarten ska uppnå målet om nettonollutsläpp senast 2050:

- utveckling och förbättring av flygplanens design och motorer (bidrar med 17 procent i grundscenariot)

⁶ <https://www.eurocontrol.int/covid19>

⁷ Biobränsle berörs inte i rapporten.

⁸ Elektrobränslen är ett samlingsnamn för syntetiska bränslen som framställs från el och vatten genom elektrolys till vätgas och syrgas. Vätgasen kan sedan reagera med till exempel koldioxid från industrins rökgaser – och bli metanol eller något annat kolväte som kan användas som drivmedel eller kemikalie.

⁹ Elflyg – början på en spännande resa – redovisning av ett regeringsuppdrag https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2020/rapport-2020_12-elflyg_borjan-pa-en-spannande-resa.pdf

¹⁰ Eurocontrol Aviation Outlook 2050. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-04/eurocontrol-aviation-outlook-2050-main-report.pdf>, sidan 14.

- utveckling av flygplansteknik, såsom utbyggnad av elektriska och vätgasdrivna flygplan (2 procent)
- effektivare flygningar och förbättrad flygledning (8 procent)
- ökad produktion och användning av hållbart flygbränsle (SAF¹¹) (41 procent)
- ytterligare åtgärder som koldioxidavskiljning eller marknadsbaserade åtgärder, EU:s utsläppshandelssystem (för att kompensera för de återstående 32 procenten av de förväntade koldioxidutsläppen i grundscenariot).

Elektrifieringen kommer att bidra till omställningen mot hållbart flyg, men utgör på medellång sikt en relativt liten del med mindre flygfarkoster för kortare sträckor. Därmed behöver teknikutvecklingen fortsätta på bred front. I resten av kapitlet sammanfattas den pågående teknikutvecklingen och FoI-behovet på en övergripande nivå. Utöver de huvudsakliga teknikspåren berörs även drönare och eVTOL¹², samt den markbaserade infrastrukturen. Texten i resten av kapitlet bygger till stor del på den omvärldsanalys som RISE genomförde åt Trafikverket under vintern 2022.¹³

Tabellen nedan sammanfattar de olika tekniklösningarnas potential sett till framtida luftfarkosters storlek (mätt i antalet säten), räckvidd och förväntad tidshorisont för marknadsintroduktionen av nya flygplanstyper.

| Ny flygplanstyp | Säten | Marknadssegment (flygdistans) | Förväntat år för marknadsintroduktion |
|--|--------------|--------------------------------------|--|
| Batteridrivet | 9 | Mycket kort | 2025 |
| Batteridrivet | 19 | Kort | 2025 |
| Hybridelektriskt | 30-40 | Mycket kort eller Kort | 2030 |
| Batteridrivet | 100 | Kort | 2035 |
| Hybridelektriskt (bränslecell) | 70 | Kort | 2035 |
| Hybridelektriskt med vätgas | 200 | Mellanlångt | 2035 |
| Blended wing body ¹⁴ vätgas | 140 | Mellanlångt | 2035 |

Tabell 2. Framtidens nyskapande flygplanstyper.¹⁵

¹¹ SAF står för engelskans förkortning Sustainable Aviation Fuels.

¹² I denna rapport avses med drönare en obemannad luftfarkost som fjärrstyrs och med eVTOL en bemannad luftfarkost som drivs med elektricitet och som startar och landar vertikalt. eVTOL är en förkortning från engelskans *electric vertical take-off and landing*.

¹³ <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1650870/FULLTEXT02.pdf>

¹⁴ Blended Wing Body är formmässigt mitt emellan konventionellt flygplan och en flygande ving. På svenska används även begreppet blandad vingkropp.

¹⁵ <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-04/eurocontrol-aviation-outlook-2050-main-report.pdf> Notera att Trafikverket har i tabellen exkluderat nya flygplanstyper som enligt Eurocontrol är vidareutveckling av befintliga flygplanstyper.

4.2. Teknisk utveckling

4.2.1. Batteridrivna flygplan

Framväxten av batteridrivet flyg drivs främst av insikten om att flygbranschen måste minska sina utsläpp och drar fördelar av den övergripande elektrifieringen av transportsektorn och i samhället som sker nu. Utvecklingen inom batteriteknik och elmotorteknik går snabbt.

Utöver en kraftig minskning av utsläpp bidrar minskat buller och mindre underhållsbehov också till ökat intresse för batteridrivet flyg. Flera uppstartsbolag¹⁶ utvecklar batteridrivna farkoster, exempelvis USA:s Eviation Alice (plats för 9 passagerare, räckvidd cirka 800 km)¹⁷, Wright Electric (100+ passagerare, en timmes flyg) och Sveriges Heart Aerospace, (19 passagerare, 400 km räckvidd). I januari 2022 genomförde Heart Aerospace en testflygning med en skalmodell av deras ES-19-flygplan. Testflygningar med fullskaliga prototyper förväntas ske under 2024. Parallellt med testerna har Heart Aerospace påbörjat processerna för certifiering hos EU:s byrå för luftfartssäkerhet (EASA).

Förutom uppstartsbolag har även stora etablerade företag såsom GKN och Airbus gått in i området. I mars 2022 meddelade Rolls Royce tillsammans med Widerøe och Tecnam att de kommer att utveckla ett helelektriskt flygplan som ska introduceras på marknaden 2026.¹⁸

Pipistrels Velis Elektro var det första och är hittills det enda certifierade batteriflygplanet som fått tillstånd av EASA (2020). Flygplanet har plats för en passagerare och en pilot. Det primära syftet med Velis Elektro är att användas inom pilotutbildningar. Sedan 2020 har flera pilotskolor runtom i världen beställt flygplanet, och det finns även i Sverige.

Ett elhybridflygplan är ett flygplan som kombinerar en eldrivlina och en konventionell drivlina. Eftersom energitätheten för litiumjonbatterier är lägre än för flygbränsle, kan elhybridflygplan öka flygräckvidden jämfört med helelektriska flygplan. Många bolag världen över utvecklar elhybridflygplan; bland annat har Airbus offentliggjort ett pågående arbete med elhybridflygplan.

IATA uppskattar att den utveckling som pågår kommer att möjliggöra introduktion av små hybridfarkoster och affärsflyg (10–15 passagerare, 1 000+ km) mellan 2025 och 2030. Flera drivlinor och farkoster kommer att utvecklas och certifieras parallellt. IATA:s prognos stämmer även med de uppskattningar som har gjorts av flera av de experter som RISE intervjuade inom ramen för omvärldsanalysen – på 10 års sikt kommer batteridrivet flyg troligen att förekomma i begränsad kommersiell skala och på kortare sträckor, framför allt inrikes. Det är osannolikt att allt inrikesflyg är elektrifierat till 2030–2035.

Introduktion av batteridrivet flyg kräver en gemensam insats av flera typer av aktörer. Förutom att ta fram själva farkosterna handlar det exempelvis om att utveckla nya affärsmodeller, introducera smidiga certifieringsprocesser och standarder för laddning och bygga den nödvändiga infrastrukturen på flygplatser. Läs mer i avsnitt 4.2.5 om hur flygplatsinfrastrukturen förbereds för en större grad av elektrifiering.

En uppskalning av batteridrivet flyg kan även få positiva effekter för regional utveckling, genom att på ett kostnadseffektivt sätt – med lägre drivmedelskostnader,

¹⁶ Uppstartsbolag är bolag i tidiga skeden, ofta med ambition att växa verksamheten snabbt.

¹⁷ <https://www.geekwire.com/2022/eviation-makes-a-deal-to-sell-cape-air-75-electric-airplanes-first-flight-test-now-set-for-summer/>

¹⁸ <https://simpleflying.com/wideroe-all-electric-planes/>

underhållskostnader med mera – ge en förbättrad tillgänglighet för mindre orter och landsbygd. Med lägre kostnader och även mindre farkoster kan transporter ske från redan existerande flygplatser som inte har någon kommersiell trafik i större skala, eller någon trafik över huvud taget.

Tidsspannet för både teknikutveckling och de första kommersiella flygningarna är oklart, och uppskattningar varierar mellan aktörer. Sannolikt kommer realiseringshastigheten att bero på flera faktorer, såsom takten i batteriutvecklingen och certifieringsprocesserna samt tillgången till finansiering. Enligt IATA representerar teknikutvecklingen inom batterier och tillgång till kapital för att bygga produktionsanläggningar de två faktorerna med störst påverkan på hur snabb utvecklingen kommer att bli. I dagsläget är dessa tydliga hinder för elflygets skalbarhet.

Batterivikt i förhållande till mängden lagrad energi sätter med nuvarande teknologi kraftiga begränsningar för både storlek och räckvidd för fullt batteridrivna farkoster. En osäkerhet som kan påverka batteriteknikens utveckling är det fortsatta behovet av kritiska mineraler och hur dessa kan utvinnas utifrån ett etiskt förhållningssätt. Både kobolt och litium är kritiska mineraler som har kopplats till oetisk utvinning, och efterfrågan väntas kraftigt överstiga utbudet på sikt. Världsbanken uppskattar att produktionen av dessa mineraler kan behöva växa med upp till 500 procent till 2050 för att möta efterfrågan på hållbara alternativ¹⁹, och IEA säger att det kommer att finnas ett underskott av litium på cirka 1 750 000 ton år 2030²⁰, vilket uppskattningsvis innebär omkring 10 gånger större produktion än i dag.

4.2.2. Elektrobränslen

Elektrobränslen är ett samlingsnamn för syntetiska bränslen som framställs genom elektrolys av vatten till vätgas och syrgas. Vätgasen reagerar sedan med exempelvis koldioxid från avgaser eller atmosfären och blir till metanol eller något annat kolväte. Elektrobränsle ses som ett attraktivt alternativ för länder med begränsad tillgång till hållbara råvaror för biobränsle.

Den största fördelen med elektrobränsle gentemot batteriteknik och ren vätgasframdrivning är att det inte kräver några infrastrukturförändringar och kan användas i befintliga farkoster så länge elektrobränslet har samma egenskaper som det konventionella bränslet. Globalt nämns långdistansflyg som prioriterad tillämpning för grön vätgas.

Intresset för elektrobränsle, som baseras på vätgas och koldioxid, har ökat i samband med framtagning av EU:s vätgasstrategi och de nationella satsningar på grön vätgas som följt. I Sverige tog Energimyndigheten i slutet av 2021 fram ett förslag till nationell strategi för fossilfri vätgas, som fokuserar på att bygga ut elektrolyskapacitet. I slutet av 2021 annonserade Vattenfall, SAS, Shell och LanzaTech en satsning för att utvärdera möjligheter för att bygga världens första storskaliga anläggning för produktion av elektrobränsle för flyget, nära kärnkraftverket Forsmark i Sverige.

¹⁹ Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition (2020). World Bank Group. <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>

²⁰ The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions (2021). The International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

Flera testanläggningar på olika ställen i världen kan vara på plats inom 5–10 år, förmodligen i samverkan mellan privata och offentliga aktörer. Beroende på hur den politiska synen på vätgas utvecklas i Europa och Sverige, kan även skattelättnader och andra styrmedel introduceras för att sänka kostnaden för bränslen.

Elektrobränsle kan komma att konkurrera med biobränsle om investeringsmedel, och med både biobränsle, batteriflyg och vätgasframdrivning om forskningsmedel. Men i övrigt utgör elektrobränsle ytterligare en väg för att ställa om flyget, och det krävs bättre förståelse för under vilka omständigheter detta är det bästa alternativet.

Hållbarhetsaspekterna på elektrobränslen beror till stor del på produktionsmetoden. En viktig osäkerhet i sammanhanget är dels om den billigare så kallade blå vätgasen, som framställs från naturgas, kommer att dominera inom EU, dels hur tillgången till så kallad grön vätgas kommer att se ut både inom EU och i Sverige i framtiden.

Ytterligare en utmaning när det gäller hållbarhet är tillgången till kritiska råvaror för att producera elektrolysörer, som i dagsläget utvinns i länder som Kina, Kongo och Sydafrika, med tillhörande politiska risker. Detta gäller dock bara för PEM-elektrolys (Proton Exchange Membrane). För alkalisk teknologi och alkaline exchange membrane-teknologi (AEM) är detta behov inte lika stort. Att det finns materialalternativ för elektrolysörer gör att priset på vätgas inte är så materialberoende, utan mer elprisberoende i tillverkningsprocessen. Därför blir även elpriset en viktig osäkerhet att bevaka för prisutvecklingen på elektrobränsle.

Omfattning och ambitionsnivåer inom nationella satsningar på utveckling av elektrolysanläggningar parallellt med bioraffinaderier kommer att ha stora konsekvenser för kostnaden. Det är i dag kostnadsbildningen, inklusive dess osäkra utveckling, som är den största anledningen till att utvecklingen inte tagit fart hittills.

4.2.3. Vätgasframdrivning

Vätgasframdrivning utvecklas i två olika spår parallellt: vätgasdrivna bränsleceller och vätgasdrivna förbränningsmotorer (samt kombinationer av dessa). Airbus ZEROe-konceptet fokuserar på förbränning av vätgas i motorer i kombination med bränsleceller som kompletterar turbiner. Uppstartsbolaget ZeroAvia använder i stället endast bränsleceller. De olika metoderna ger olika grader av utsläppsminskningar: 50–75 procent för förbränning och 75–90 procent för bränsleceller – detta jämfört med 30–60 procent för elektrobränsle.

Oavsett metod, och till skillnad från elektrobränsle, är vätgasframdrivning mest lämpad för kort- och medeldistansflyg. På långa distanser anses elektrobränsle vara betydligt mer kostnadseffektivt, åtminstone i det korta och medellånga tidsperspektivet. Det finns dock hinder på vägen för utvecklingen av vätgasflyg där man tankar med flytande väte, vilket är den form som prioriteras framför trycksatt vätgas eftersom det är lättare att tanka och har högre energitäthet. Flytande väte har en temperatur på ner mot minus 250 grader Celsius, vilket ger extrema temperaturskillnader mellan bränslet och bränsletanken. För att hantera detta måste material utvecklas så att tanken håller i så pass låga temperaturer. Det finns inte heller någon standard för flygplanstankar för flytande väte, vilket gör att deras kommersiella bruk ligger längre fram i tiden. Det räcker inte heller med att tekniken är säker – den måste också uppfattas som säker av allmänhet och beslutsfattare för att nå genomslag.

Inom de närmaste 5–10 åren kommer fokus fortsatt att vara att ta fram och färdigställa koncept för farkoster, förstå infrastrukturbehoven och möjliga värdekedjor samt testa olika infrastrukturlösningar på några få flygplatser. För att säkerställa uppskalningen krävs flera

tekniska förbättringar som syftar till att öka systemens effektivitet, såsom lättare vätgastankar och bränsleceller, förbättrad distribution av flytande väte inne i farkoster och effektivare tankningssystem. Experter bedömer att utmaningarna kommer ta upp till tio år att hantera. Bred kommersiell användning ligger därför sannolikt längre fram i tiden. Clean Skys prognos för en lyckad utveckling beskriver introduktion av det första vätedrivna kortdistansflygplanet till 2035.

Transportföretagen uppskattar att vätgasframdrivning inte kommer att ha en betydande påverkan på utsläpp förrän om trettio år. Precis som batteridrivet flyg kommer vätgasframdrivning att medföra förändringar för flygplatsinfrastrukturen. Den nya infrastrukturen kommer att behöva testas och prövas, vilket kommer att kräva både offentlig och privat finansiering. Dessutom behöver nya värdekedjor för leveranser av väte eller vätgas etableras, från början baserade på import eftersom produktion finns i större skala internationellt, och nya typer av farkoster behöver utvecklas för att transportera vätgasen. Dock kan Sverige på sikt etablera sig som en större producent, och även exportör, av vätgas för att säkerställa tillgången på nationell nivå.

4.2.4. Drönare och eVTOL

Advanced Air Mobility (AAM) är ett samlingsnamn för en framväxande gren av ny mobilitet ofta förknippad med lufttaxi eller eVTOLs (electric Vertical Take-off and Landing). Dessa är mindre luftfarkoster som kan trafikera kortare sträckor, inom till exempel urbana miljöer (UAM²¹) eller mellan stad och landsbygd. AAM och eVTOL-farkoster kan vara på väg att förändra hur transporter ser ut inom och mellan städer – och även utanför stadskärnorna. Utvecklingen är dock i ett tidigt skede, och inga eVTOLs är ännu certifierade för kommersiell trafik. EASA tar fram riktlinjer för hur eVTOLs ska kunna certifieras och ser över regelverk för hur dessa nya typer av farkoster ska få framföras i bebyggda miljöer²².

Det finns ett stort behov av långsiktig utveckling av autonoma system för att kunna integrera drönare och eVTOL, såväl sinsemellan som med annan trafik i luftrummet och på marken. Obemannade farkoster kommer att kräva en mer autonom flygtrafikledning, och det sistnämnda är en trend som kommer att utvecklas i framtiden. Det finns för samhället viktiga frågor kopplade till området. Dessa rör områden som ekonomisk tillväxt, nya transportbehov och affärsmodeller men också säkerhetsområdet inbegripet risker för cyberattacker och hur sådana hot ska hanteras.

När det gäller infrastrukturen är utökad kapacitet för logistik och godshantering, nya start- och landningsområden för drönare och eVTOL och nya krav på miljöhänsyn med avseende på buller viktiga områden. EASA publicerade i slutet av mars 2022 en första vägledning för utformningen av så kallade vertiports – den markinfrastruktur som behövs för en säker verksamhet för tjänster som utförs med drönare och eVTOL, exempelvis flygtaxi, på platser över hela Europa. Det återstår dock att ta fram särskilda regler för vertiports i form av detaljerade konstruktionsspecifikationer, krav på operatörer med mera.

4.2.5. Eflyget och den markbaserade infrastrukturen

Utvecklingen mot en elektrifiering av flyget påverkar den markbaserade infrastrukturen och flygplatsernas utformning, och den kan även komma att påverka var det behövs start- och

²¹ UAM är en förkortning av engelskans Urban Air Mobility.

²² <https://www.easa.europa.eu/domains/rotorcraft-vtol/VTOL>

landningsplatser och vilka principer som behövs för etablering av sådana platser. Dagens svenska flygplatsnät har inte utvecklats med stöd av enhetliga mönster eller principer för lokalisering, vilket innebär att det inte finns någon homogen jämförelsegrund i sammanhanget.

Med fler typer av farkoster och nya typer av drivmedel måste dagens flygplatser utvecklas för att hantera förändringarna. Tekniska lösningar för fossilfrihet i form av batteriflyg och vätgasframdrivning är beroende av stora anpassningar av flygplatsernas infrastruktur för att teknikerna ska kunna etableras och skalas upp efter hand. Batteriflyg och hybridflyg kräver laddning och trygg elförsörjning, och vätgasframdrivning kräver lagring och tankning. Med ett fåtal undantag för laddning av mindre, batteridrivna flygplan på ett antal flygplatser med hjälp av investeringsstöd, saknas dessa lösningar i dag. Dessutom behövs antingen ett distributionssystem för att transportera flytande väte eller förvätskningsanläggningar på själva flygplatserna. Vilket alternativ som är bäst beror på flygplatsens storlek, avstånd till produktionsanläggningar och kostnadseffektivitet. Flera lösningar för laddstationer som är luftfartspecifika kommer förmodligen att utvecklas och certifieras. När det gäller vätgasinfrastrukturen på flygplatser kommer det snarare att handla om fortsatt tillämpad forskning och utveckling av koncept för lämpliga logistikdjur. Det är möjligt att några flygplatser inkluderar utbyggnad av vätgasinfrastrukturen i sina kommande strategier, mest sannolikt i länder där vätgas generellt utgör en stark politisk prioritering. Nya möjligheter kan också skapas, till exempel genom att använda batterier, ladda vid rätt tidpunkter och anlägga solcellsparker på marken i anslutning till flygbanor. Utvecklingen av solcellsparker kommer dock att behöva ta hänsyn till risker för störningar och påverkan på bland annat kommunikationsanläggningar, och det är ett område som behöver forskning. En annan fråga är på vilket sätt behov som rör underhåll av flygplan och andra farkoster kommer att påverkas av elektrifieringen och vilken kompetens och tillhörande certifiering av personal och verkstäder som krävs för att genomföra underhållet.

Den största utmaningen på kort och medellång sikt är dock relaterad till samverkan. Både elflyg- och vätgasinfrastruktur kräver samarbete och koordinering mellan flera aktörer, inklusive många utanför branschen, och det finns inga väl etablerade kanaler och plattformar för dialog. Exempel på aktörer som behöver synkronisera sina visioner och planer är vätgastillverkare, batteritillverkare, tillverkare av laddstationer, energibolag, farkosttillverkare, flygplatser och flygbolag. Förutom utmaningar relaterade till själva tekniken kan frågor om ansvarsfördelningen uppstå och behöva hanteras, exempelvis när det gäller vem som tillhandahåller lösningar för laddning.

Under kommande tjugooårsperiod förväntas flytande bränsle fortsätta dominera, medan alternativa tekniker skalas upp och elflyg och vätgasframdrivning kan växa fram som alternativ på längre sikt. Det är dock osäkert vilka alternativ som blir politiskt attraktiva på grund av låg mognad när det gäller flera tekniker. Flygplatserna kommer att behöva hantera ett antal olika behov hos luftrumsbrukarna i framtiden jämfört med i dag, när alla flyger på samma bränsle.

Själva flygplatsen kommer att utvecklas olika beroende på lokala förutsättningar. Mindre, regionala flygplatser kan komma att omvandlas till transitstationer där man kan ta sig till en större flygplats via elflyg eller eVTOL. Det är mer sannolikt att stora flygplatser går mot multimodala transportlösningar där de utvecklas mer till hubbar för transport av passagerare och gods, och kanske även till mötesplatser. En mer komplex fysisk infrastruktur på flygplatser förväntas växa fram, med elektrifiering och automatisering av drift och med vertiports som en ny typ av infrastruktur eller del av befintlig infrastruktur. Vertiports har flera konsekvenser för hur det framtida nätverket av flygplatser kan komma

att se ut, men detta är mycket mer långsiktigt och spekulativt och det är därmed svårt att bedöma hur frågan om flygplatsers utseende och lokalisering kommer att påverkas.

Kopplat till flygplatsens utveckling och hur mönster och principer för flygplatsernas lokalisering kan komma att förändras av en elektrifiering av flyget är hur den demografiska utvecklingen kommer att se ut, var människor kommer att bosätta sig i Sverige och vilka transportbehov som uppstår som en följd. Både nätverket av flygplatser och själva definitionen av en flygplats kommer sannolikt att ha ritats om inom en tjugooårsperiod. Det är dock svårt att förutse hur, vilket beror på flera utvecklingar inom och utanför transportsystemet. En möjlig utveckling är en mer konsoliderad flygplatsinfrastruktur där större flygplatser blir ännu större, deras inkomstströmmar alltmer diversifierade och deras infrastruktur allt mer komplex och optimerad för att ta in flera typer av farkoster. Ett annat alternativ är en mer distribuerad infrastruktur, där nya tekniker såsom elflyg öppnar upp för flera regionala flygplatser med helt nya affärsmodeller, och där större flygplatser avlastas med hjälp av andra trafikslag och vertiports. En kombination av de ovan nämnda utvecklingarna är att större flygplatser blir stora nav för multimodala transporter, dit resenärer kan ta sig med tåg, bil eller kollektivtrafik. Det är huvudsakligen de stora flygplatserna som har internationellt flyg, medan mindre flygplatser främst finns till för att resenärer smidigare ska kunna ta sig till de stora knutpunkterna och sedan resa vidare därifrån. Det är i detta fall sannolikt att de stora haven skulle kunna finnas kring flygplatserna i Stockholm, Göteborg, Malmö och Luleå, där Sveriges fem största flygplatser finns i dag.

Från flygplanstillverkarna finns det stora förhoppningar om att elflygplan kommer att skapa en renässans för tvärförbindelser och fler direktlinjer mot Stockholm från regionala flygplatser. Utgångspunkten är att elflygplan kommer att ha väsentligt lägre driftskostnader än traditionella, konventionella flygplan. Detta skulle ge lägre biljettpriser och förutsättningar för att bedriva trafik på destinationer där det är svårt att bedriva kommersiell luftfart i dagsläget.

5 Nuvarande stöd till forskning och innovation på elflygsområdet

5.1. Myndigheternas insatser inom flygområdet

För närvarande finns inget nationellt statligt finansierat forsknings- och innovationsinitiativ som är inriktat enbart på utvecklingen av elflyg. Däremot har Vinnova, Energimyndigheten och Trafikverket finansierat forskningsprojekt som utvecklar teknik eller andra lösningar för framtidens elflyg.

På flyg- och luftfartsområdet finns det för närvarande följande forsknings- och innovationsprogram som finansieras av staten:

- Innovair och det nationella flygtekniska forskningsprogrammet NFFP
- Fossilfritt flyg 2045
- Trafikverkets finansiering av luftfarts forskning och innovation, ”luftfartsportfölj”.

Vinnova har i uppdrag att stärka svensk flygteknisk forskning och utveckling (N2017/04195/FÖF). Detta uppdrag gäller till och med 2022, och Vinnova beräknas använda upp till 55 miljoner kronor per år. Detta uppdrag utgör grunden för det nationella flygtekniska forskningsprogrammet (NFFP). Försvarsmakten bidrar också här med 20 miljoner per år (tidigare 15) enligt direktiv i deras regleringsbrev. Uppdraget omfattar också att förstärka Vinnovas finansiering till det strategiska innovationsprogrammet (SIP) Innovair. Detta program är nu inne på år 8 av sin 12-åriga löptid. Överenskommelsen mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas om SIP-budgeten är för närvarande 25 miljoner kronor per år och kommer att trappas ned de sista åren. Den totala finansieringen till detta program blir med dessa ingående delar för närvarande 100 miljoner kronor per år.

Nuvarande regeringsuppdrag till Vinnova om flygteknisk forskning länkar NFFP till SIP Innovair. I praktiken finns det ett uttalat *dual use-perspektiv*²³ på merparten av insatserna inom programmet där de stora tongivande aktörerna är SAAB och GKN. Prioriterade områden enligt Innovairs forskningsagenda är: 1) helhetsförmåga och konceptstudier, 2) grundläggande flygteknik, 3) integrerad struktur, 4) intelligenta system och sensorer och 5) framdrivning.

Den senaste stora utlysningen inom Innovair som var riktad till företag organiserades 2019. Utlysningen IntDemo riktade sig till svenska företag inom flygsektorn som deltar med sin teknik (eller som har potential att med sin teknik delta) i internationella demonstratorprogram. Ett av kraven i utlysningen var att koordinator och projektledare ska vara ett stort företag. Utlysningen hade en sammanlagd budget på 100 miljoner kronor över fyra år. Sammanlagt beviljades två projekt – ett ledd av GKN och det andra av SAAB. Projekten genomförs i samverkan med mindre företag och akademiska miljöer och pågår till och med 2023.

Det finns även en satsning på små och medelstora företag inom Innovair/NFFP. Logiken bakom denna satsning är att underlätta för mindre företag att bli leverantörer till redan

²³ Det engelskspråkiga begreppet dual use används för forskning och demonstration som inriktas på att tillgodose både civila och militära behov.

etablerade större företag. Under våren 2022 har 6 stycken projekt beviljats i en utlysning med en budget om cirka 2,6 miljoner kronor.

Energimyndigheten har sedan 2018 i uppdrag att stödja forskning och utveckling av hållbara flygbiobränslen. Inom ramen för regeringsuppdraget ”Hållbara biobränslen för flyg” (N2018/02705) gav Energimyndigheten stöd till 17 projekt (86 miljoner kronor).²⁴

Under 2021 och 2022 har myndigheten haft i uppdrag²⁵ satsa upp till 50 miljoner kronor per år på forskning och innovation om hållbara, förnybara bränslen för flyg, inklusive elflyg, vätgasdrift samt tanknings- och laddinfrastruktur. Minst 5 miljoner kronor årligen är avsatt för elflyg. I uppdraget har 18 projekt beviljats sammanlagt 97 miljoner i stöd för 2021 och 2022. Av dessa har 10 projekt bäring på elflyg. I utlysningstexten tolkas elflyg som ”elektrisk drivlina”, vilket innebär att det är möjligt att inkludera bränsleceller. Programmet är en vidareutveckling av Energimyndighetens satsningar på forskning och innovation om biodrivmedel via olika program och satsningar, med drygt 120 miljoner kronor per år.

Energimyndigheten finansierar även pilot- och demonstrationsprojekt för klimat- och energiomställningen.²⁶

Trafikverket har i uppdrag att finansiera forskning och innovation inom luftfartsområdet. Inriktningen utgår från de transportpolitiska målen och är indelad i tre delområden: 1) tillgängliga och effektiva flygvägar i ett hållbart samhälle, 2) tillgängliga och effektiva flygplatser i ett hållbart samhälle samt 3) luftfarten i samhället. Under 2022 omfattar Trafikverkets luftfartsportfölj cirka 65 miljoner kronor. Prioriteringarna beskrivs i Trafikverkets forsknings- och innovationsplan. Det är normalt två ansökningsomgångar årligen.

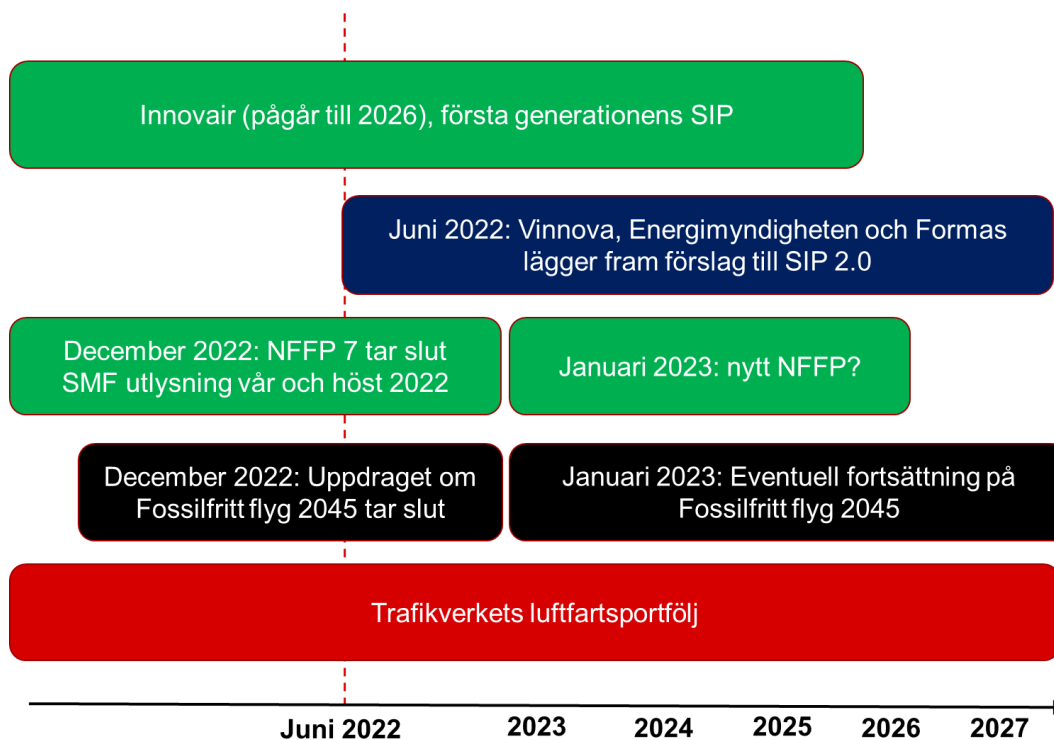
De individuella programmen, som bygger upp den samlade forskningsfinansieringen, har olika löptider (se Figur 2 nedan). Exempelvis slutar NFFP:s sjunde etapp i december 2022. Även Energimyndighetens uppdrag om fossilfritt flyg löper till utgången av 2022.

Energimyndigheten har föreslagit en fortsättning av satsningen Fossilfritt flyg 2045 med en bibehållen nivå på 50 miljoner kronor per år. Energimyndigheten bedömer att en fortsättning skulle göra det möjligt att undersöka olika tekniska lösningar under längre perioder och i realistiska miljöer. En förlängning av satsningen skulle innebära att flera pågående projekt kan skalas upp i demonstrationsprojekt eller bidra till vidareutveckling innan lösningarna kan införas fullt ut.

²⁴ <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/nya-forskningsprojekt-ska-bidra-till-mer-hallbart-bransle-for-flyg/>

²⁵ <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?rbid=21184>

²⁶ <https://www.energimyndigheten.se/utlysningar/storre-pilot-och-demonstrationsprojekt-for-energi--och-klimatomstallning/>



Figur 2. Pågående statliga program på flyg- och luftfartsområdet.

5.2. Pågående och nyligen avslutade forsknings- och innovationsprojekt inom elflygsområdet

I det här avsnittet beskrivs elflygsrelaterade forsknings- och innovationsprojekt som fått finansiering från statliga forskningsfinansiärer under de senaste åren, i första hand sedan 2020²⁷. Trafikverket har haft en ambition att ta fram så heltäckande redovisning som möjligt. Nedan ges en kort sammanfattning av enskilda projekt eller större program- och plattformsansatser som har bäring på regeringsuppdraget. Rubrikerna och kategoriseringarna är en förenkling, men de kan vara behjälpliga för att strukturera området.

5.2.1. Batteridrivet flyg

Heart Aerospace har lett projektet **Elise – Elektrisk Lufttransport i Sverige Steg 2** som har fått 10 miljoner kronor i stöd inom Vinnovas program Utmaningsdriven innovation. Projektets resultatmål är att ha en lösning för elektriskt flyg, med kort räckvidd, redo för att påbörja industrialisering. Heart Aerospace leder designarbetet samt har en stor roll i affärs- och marknadsarbetet. North Sea Drones bygger skalmmodellerna för flygplanet. Icarus utvecklar programvara för aerodynamik som ska användas för utformningen av flygplanet. Uppsala universitet utforskar framtida tekniker. Chalmers bidrar med vindtunneltestning av skalmodeller och propellerkonstruktion. KTH bidrar med aerodynamisk design. Linköpings universitet bidrar med aerodynamisk design och

²⁷ Sammanställningen bygger främst på publicerad information från respektive myndighets projektdataas.

skalmodellstestning. Luleå tekniska universitet bidrar med forskning inom autonomi och flygledningstjänst. Projektet pågick mellan januari 2020 och mars 2022.

Projektet **ECEA – Elektrisk Styrning av Elflygplan** beviljades 2 miljoner kronor av Vinnova 2020 inom programmet Innovationsprojekt i företag. Projektet utvecklade en testbänk för elektriska delsystem för Heart Aerospace elektriska flygplan, med fokus på elektriska flygkontrollsystem. Projektet pågick mellan april 2020 och november 2021.

Katla Aero fick under 2019 och 2020 sammanlagt cirka 1,3 miljoner kronor för tre projekt från Vinnova. Två projekt berör propellerinfällningsmekanism för elektriska drönare och flygplan och det tredje projektet handlar om immateriella rättigheter.

I projektet **GreenWing** ska en vinge speciellt anpassad för ett elmotordrivet tvåsitsigt skolflygplan med två timmars räckvidd konstrueras, produceras och flygtestas. Projektet leds av Vernamack och övriga parter är Blackwing Sweden, Mittuniversitetet Campus Östersund och Östersunds kommun. Projektet stöds av Energimyndigheten med 4,4 miljoner kronor och pågår mellan juli 2021 och december 2022.

5.2.2. Vätgasdrivet flyg

Energimyndigheten finansierar projektet **H2JET** som syftar till att utveckla tekniska lösningar för delsystem för vätedrivna flygmotorer, baserat på systemmodeller för motorkoncept som utgår från befintliga konceptflygplan. Projektledare är GKN Aerospace Sweden och det statliga stödet uppgår till 15,2 miljoner kronor. Övriga parter: Chalmers tekniska högskola, Högskolan Väst, Kungliga tekniska högskolan, Lunds universitet, Oxeon och RISE SICOMP. Projektet pågår mellan juli 2021 och december 2022.

Energimyndigheten har gett stöd till Projektet **LH2 tanks – Tankar för flytande vätgas** – som syftar till att underlätta utvecklingen av vätgasdrivna flygplan. Projektet studerar gasgenomsläpplighet och uppkomst av mikrosprickor vid den extremt låga temperaturen hos flytande väte. Kunskapen demonstreras genom att man dimensionerar, tillverkar och provar kompletta tankar i kompositmaterial vid relevanta temperaturer och tryck. Projektet leds av RISE SICOMP och har beviljats 8,9 miljoner kronor. Övriga parter: Chalmers tekniska högskola, KonveGas Sweden, Linköpings universitet och Oxeon. Projektet pågår mellan juli 2021 och december 2022.

Vinnova har inom ramen för Innovairs satsning på små och medelstora företag finansierat ett projekt om vätgaslagring. Linköpings universitet leder projektet **Termisk och mekanisk cykling av tunnskiktskompositer för kryogena tillämpningar** som har fått 325 000 kronor i stöd och pågår mellan november 2021 och september 2022.

5.2.3. Övriga teknikutvecklingsprojekt

Energimyndigheten har även finansierat projektet **Elektrisk fläkt för framdrivning** (EleFanT) som ska utveckla en eldriven fläkt och lägga grunden för vidare arbete där en elfläktsmodul demonstreras med vätgasdrivna bränsleceller år 2025. Målet är en elfläktsmotor redo att tas i kommersiell drift 2035. Projektet leds av GKN och beviljades 4,9 miljoner kronor. Kungliga tekniska högskolan ingår som part. Projektet pågår mellan juli 2021 och december 2022.

Projektet **E-thrust – Design optimering av hybridelektriska och vätgasdrivna flygplan** syftar till att belysa de utmaningar och designavvägningar som är förknippade med flygelektrifiering och vätgasproduktion och utnyttjande med fokus på regionala

flygvarianter. Tvärvetenskapliga beräkningsverktyg används för helhetsbedömning av prestanda, miljö och operativa aspekter av de nya koncepten. Projektet som leds av Mälardalens högskola har fått 4,5 miljoner kronor av Energimyndigheten. Övriga parter: Modelon och SAAB Aktiebolag. Projektet pågår mellan juli 2021 och december 2022.

Projektet **Svenskt hållbart flyg – teknologi och förmåga bedömning mot 2045** analyserar de möjligheter som olika tekniska lösningar erbjuder för att uppnå fossilfritt flyg, i första hand i ett svenskt och nordiskt sammanhang och med en utvidgning till det europeiska sammanhanget. Detta projekt kommer att undersöka potentialen och genomförbarheten hos nya eller uppgraderade flygplanstyper baserat på de olika teknikerna som kartlagts. Projektet leds av SAAB och Chalmers, GKN och Linköpings universitet som parter. Energimyndigheten har beviljat 3 miljoner kronor till projektet. Projektet pågår mellan augusti 2021 och december 2022.

5.2.4. Infrastruktur och samhälle

Projektet **MODELflyg²⁸ – Infrastrukturmodellering för storskalig introduktion av elflyg och flygtrafikledning** – syftar till att bidra till en kvantifiering av infrastrukturbehov för ett systematiskt införande av framtidens elflygplan. Inom projektet utvecklas ett modelleringsverktyg som tillåter användaren att mata in önskad flygtrafik, simulera en elektrifiering och få ut uppskattningar på vilka infrastrukturkrav som uppstår på respektive flygplats i systemet. Projektet leds av LFV, och RISE bidrar i arbetet i hög grad. Projektet finansierades av Trafikverket med 3,9 miljoner kronor och pågick mellan oktober 2020 och april 2022.

RELISH – Regionalt elflyg – lönar det sig för samhället, och i så fall hur? I projektet, som leds av VTI, görs en bedömning av samhällsekonomiska nyttor och kostnader som elektrifiering av flygplan kan ge upphov till. Tidshorisonten för studien är 2030, 2040 och 2050 och utgår ifrån den förväntade tekniska mognaden för elflyg vid de olika tidpunkterna. Kostnader, priser och förändringar i växthusgasutsläpp kartläggs och resandevolymer beräknas, och möjlig överflyttning från andra trafikslag som väg och järnväg beaktas. Avslutningsvis tas styrmedelsförslag fram som kan hjälpa till med att internalisera externa kostnader och befrämja elflyg i den mån som de skapar en icke-internaliserad samhällsekonomisk nytta. Projektet finansieras av Trafikverket mellan februari 2021 och februari 2023 med 1,8 miljoner kronor.

Projektet **Fossilfritt flyg i norra Sverige** analyserar och utvärderar förutsättningarna för omställningen till fossilfritt flyg. Inom projektet tas en kunskapssammanställning fram kring förutsättningar för biobränsle, el och vätgas intill och på flygplatser. I projektet ingår även att ta fram en handlingsplan för införande av ett regionalt elflygnät, utifrån en fallstudie på en elflyglinje mellan Umeå och Östersund. Projektet leds av Umeå kommun och stöds av Energimyndigheten med 8,5 miljoner kronor. Övriga parter: Biofuel Region BFR, RISE Processum, RISE Research Institutes of Sweden och Swedavia. Projektet pågår mellan juli 2021 och mars 2023.

Projektet **Resurseffektiva energisystemlösningar för flygplatser med hög andel elflyg (RES-flyg)** har ett helhetsperspektiv på ett framtida energisystem på flygplatsen med ökad elektrifiering. Bland annat ingår att uppskatta framtida elflygaktivitet och resulterande effektlaster från laddning samt att ge flygplatserna användbara verktyg som

²⁸ <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/modelflyg>

stöd i planeringsprocesser för möjliga vägval till ökad elektrifiering. Projektet leds av RISE. Övriga deltagare är Uppsala universitet, Swedavia och Skellefteå City Airport. Projektet pågår mellan juli 2021 och december 2022 och finansieras av Energimyndigheten med 2,9 miljoner kronor.

Projektet **Fossilfri flygräddning 2045 – en pilotstudie** syftar till att påbörja omställningsprocessen till en fossilfri flygflotta för räddningstjänstaktörer, såsom Sjöfartsverket, Kustbevakningen och Polismyndigheten. Projektet har en budget på 8,9 miljoner kronor och finansieras av Energimyndigheten. Projektet pågår mellan oktober 2021 och december 2022.

5.2.5. Mindre luftfarkoster

Inom detta uppdrag har Trafikverket gjort avgränsningen att inte inkludera drönare, men gränsdragningen är inte skarp och ett antal projekt bör ändå nämnas. Mindre luftfarkoster inkluderar AAM²⁹, UAM³⁰ och eVTOL. Vinnova har haft flera utlysningar om drönare i samhällets tjänst, där man fokuserat på specifika tillämpningar av drönare. En sökning i Vinnovas projektdata gav cirka 100 träffar på sökordet ”drönare”. Inom Vinnova-programmet ”Avancerad och innovativ digitalisering” har ”den autonoma flygplatsen” med tänkbare lösningar relaterat till ”last mile delivery” identifierats som ett prioriterat område.

Vinnova finansierar även projektet **Eldriven vertikalstartande flygfarkost** där VCraft Aeronautics designar, utvecklar och tar fram en prototyp för eVTOL ämnad för exempelvis räddningstjänsten och akutsjukvården. Farkosten är avsedd för att transportera två personer, en pilot och en läkare eller akutsjukvårdare samt viss utrustning inom en aktionsradie på cirka 50 km. Projektet pågår mellan april och oktober 2022 och har beviljats 2 miljoner kronor från programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation – fossilfria arbetsmaskiner.

Energimyndigheten finansierar projektet **Teststräcka för eVTOL** som utreder och planerar för infrastruktur, luftrumsfrågor, tillstånd och business case för nyttjande av en teststräcka med eVTOL mellan Skellefteå Airport och Northvolt Ett. Projektet leds av Skellefteå City Airport och har beviljats 3,2 miljoner kronor. Övriga parter: ACR Aviation Capacity Resources, Jonair affärsflyg aktiebolag, Luleå tekniska universitet, Northvolt och Skellefteå Kraftaktiebolag. Projektet pågår mellan juli 2021 och december 2022.

LFV driver projektet **EDIS – Elflyg och drönare i samhällets tjänst** som fokuserar på användning av eldrivna drönare och eVTOL med stor räckvidd och med kapacitet för mycket höga hastigheter. Dessa egenskaper öppnar upp för nya användningsområden såväl för räddningstjänsten som för mer rutinmässiga uppdrag inom exempelvis skogsindustrin. Projektet stöds av Trafikverket med 9 miljoner kronor och pågår mellan april 2020 och december 2022.

²⁹ Små elektriska och hybridluftfarkoster för lokal och regional trafik.

³⁰ Små luftfarkoster som trafikerar i det nedre luftrummet och tillgodoser transportbehov i urbana miljöer.

5.2.6. Övriga områden, plattformar och centrumbildningar

Swedish Electromobility Centre (SEC)³¹ är ett kompetenscentrum vars uppdrag främst är att ta fram strategiskt viktig kunskap och kompetens inom el- och hybridfordonsområdet och därigenom fungera som stöd och samarbetspartner för svensk fordonsindustri. I slutet av 2021 beviljade Energimyndigheten en ny fas av centrumet för perioden 2022–2027³² med statligt stöd på 92,25 miljoner kronor. Energimyndighetens stöd utgör en tredjedel av centrumets sammanlagda budget. Centrumet har breddats och innefattar även flygområdet. Under våren 2022 anordnade SEC ett seminarium om strategiska forskningsområden för elflyg.

I Göteborg byggs nu **SEEL Swedish Electric Transport Laboratory**. Centret syftar till att skapa en arena för forskning och utveckling av nya tekniker för elektrifierade fordon, fartyg, luftfartyg och arbetsmaskiner. Centret ska fylla en funktion som provanläggning för hela utvecklingsprocessen, från forskning och innovation av komponenter och system till test av kompletta elektrifierade fordons- och framdrivningskoncept. Staten bidrar via Energimyndigheten med 575 miljoner kronor till uppbyggnad av SEEL. Uppbyggnaden av centret ingår i ett IPCEI (*Important Project of Common European Interest*) för utveckling av batterier.

Swedish Aeronautical Research Center (SARC)³³ är en samarbetsplattform, inom ramen för Innovair/NFFP, för svenska universitet, högskolor och institut som bedriver forskning eller utbildning inom flygsektorn. SARC ska stimulera till grundläggande forskning inom det flygtekniska området och fungera som en akademisk motpart till industrin. SARC ska fungera som ett akademiskt nätverk för flygteknik genom att vara en forskarskola för doktorander och arrangera seminarier och konferenser, och genom att vara en brygga till industrin. Vinnova har gett 12 miljoner kronor i stöd till SARC mellan 2018 och 2022.

Mellan 2018 och 2021 finansierade Energimyndigheten innovationsklustret **Fossilfritt flyg 2045**. Klustret, som finansierades med sammanlagt 3,2 miljoner kronor, fokuserade på hållbara flygbiobränslen och bestod av 27 organisationer som anslöt sig till nätverket.³⁴ Intervjuer med branschrepresentanter visar att det finns intresse för ett liknande kluster på elflygsområdet.

Energimyndigheten beslutade i december 2021 om ett nytt kompetenscentrum hos Lunds tekniska högskola om **hållbara turbinbränslen för luftfart och kraftproduktion** med 39 miljoner kronor. Stödet från Energimyndigheten utgör en tredjedel av finansieringen och kompletteras med medel från näringsliv, offentlig sektor och akademi.³⁵ Finansieringen sträcker sig till utgången av 2026.

³¹ <https://emobilitycentre.se/>

³² <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdata/sokresultat/?projectid=34630>

³³ <https://sarc.center/>

³⁴ https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdata/sokresultat/GetDocument/?id=d2b841e5-de60-46b6-99f3-1748082835fi&documentName=Slutrapport_FFT2045_Slutlig.pdf.pdf

³⁵ <https://www.lth.se/article/stort-anslag-till-kompetenscentrum-om-haallbara-turbinbraenslen/>

Forskarskolan **Energiomställning för en mer hållbar flygindustri** finns hos Kungliga tekniska högskolan och finansieras av Energimyndigheten med 13,8 miljoner kronor mellan 2020 och 2024.

Ytterligare en satsning som är viktig i sammanhanget är **LIGHTer**, som är ett strategiskt innovationsprogram med inriktning på lättviktsteknik. Den generella kunskapsuppbyggnaden bidrar till att flygplanens konstruktion kan bli lättare och därmed minskar energibehoven.

Vetenskapsrådet har finansierat några projekt med bäring på batteriteknik, bland annat ett tioårigt projekt på Chalmers med fokus på **nästa generations batterier**.³⁶

5.2.7. Slutsatser

De forsknings- och innovationsprojekt som Trafikverket har identifierat och som listas i avsnitt 5.2.1–5.2.5 har sammanlagt beviljats cirka 94 miljoner kronor i statligt stöd från och med 2020. Under 2021 och 2022 ligger det sammanlagda stödet till elflygs-FoI på drygt 40 miljoner kronor per år.

Sedan 2021 har Energimyndigheten varit den statliga finansiär som gett mest stöd till forskning och innovation på elflygsområdet. Ett antal projekt som beviljats stöd av Energimyndigheten berör vätgas, bränsleceller, energisystem och andra områden. De flesta projekten löper fram till utgången av 2022 och Energimyndigheten har aviserat ett behov av att fortsätta satsningen. Vinnova har finansierat projekt för utvecklingen av batteriteknik, men de ligger utanför dedikerade forsknings- och innovationsprogram för flygområdet. Vinnova har även gett märkbar finansiering till drönarsegmentet. Trafikverket har gett stöd till projekt som i första hand fokuserar på infrastruktur- och samhällsekonomiska frågor.

Utöver elflygsprojekt finansieras även en del andra satsningar, både kortare projekt och längre centrumbildningar som kan skapa förutsättningar för elflyg. Trafikverket bedömer att staten bör fortsätta stödja elektrifieringen av transportsektorn på bred front, med flyg som ett av flera tillämpningsområden. Trafikverket har även kontaktat Vetenskapsrådet och Formas om eventuella projekt med koppling till elflyg. Vetenskapsrådet har finansierat projekt om batteriteknik medan Formas inte har finansierat elflygsprojekt.

5.3. Regionala initiativ

Utöver statligt finansierade program bör även regionala initiativ med bäring på elflyg nämnas.

Programmet **ELIS – Elektrifierad Luftfart i Skellefteå** syftar till att utveckla flygplatsen för kommersiellt flyg samt skol- och drönarverksamhet med eldrift. Initialt handlar programmet om att skapa en testverksamhet för bland annat eVTOL. En laddningsstation som möjliggör 1 MW tillgänglig effekt för eldriven luftfart har installerats på flygplatsen i Skellefteå. Laddstationen räcker till snabbaddning av flera mindre elflygplan samtidigt.

³⁶ <https://www.chalmers.se/sv/institutioner/fysik/nyheter/Sidor/Ny-radsprofessor-laddar-for-framtida-batterirevolution.aspx>

CH2ESS³⁷ är en ny forsknings- och kunskapssatsning vid Luleå tekniska universitetet, med inriktning mot vätgasanvändning i industriella processer och energisystem. Centrumet fokuserar särskilt på de stora vätgassatsningarna i norra Sverige och stöttas av de stora aktörerna i Norrbotten. Forskningen täcker hela värdekedjan för vätgastekniken.

5.4. Regler för statligt stöd

EU har en rättslig huvudprincip som innebär att statligt stöd till företag normalt sett snedvrider konkurrensen. Statligt stöd kan medges med vissa undantag, bland annat stöd till forskning och innovation. Stöd kan ges enligt EU-kommissionens allmänna gruppundantagsförordning (GBER) 651/2014³⁸ och enligt EU-förordningen om stöd av mindre betydelse³⁹, även benämnt försumbart stöd eller ”de minimis-stöd”.

Staten kan därför via myndigheterna ge stöd till företag för vissa typer av FoI-verksamhet. EU-reglerna avgör högsta tillåtna stödnivåer utifrån vilken typ av forskning och innovation som ska bedrivas och även beroende på storleken på företaget⁴⁰: litet, medelstort eller stort. Normalt kan ett företag eller en organisation som bedriver ekonomisk verksamhet aldrig få full finansiering för ett FoI-projekt, förutom ”de minimis-stöd”.

Myndigheterna Vinnova, Energimyndigheten och Trafikverket har särskilda förordningar, även kallad stödordning, för att tillämpa bestämmelserna om statligt stöd.

Enligt reglerna kan småföretag, under vissa förutsättningar för samverkan eller spridning av resultat, ta emot upp till 60 procent stöd för projekt som klassas som experimentell utveckling.

5.5. Företagens forsknings- och innovationssatsningar

Med tanke på statsstödsreglerna är det väsentligt att uppskatta företagets finansiella förmåga att delfinansiera forskning och innovation. Flygindustrin bedöms vara relativt forsknings- och innovationsintensiv och har förhållandevis goda förutsättningar att medfinansiera forsknings- och innovationsprojekt. Det har dock inte gått att hitta pålitliga siffror på näringslivets investeringar i forskning och utveckling. Swedish aerospace industries uppgav 2019 att den civila delen av svensk flyg- och rymdindustri omsätter cirka 20 miljarder kronor⁴¹.

³⁷ <https://www.ltu.se/centres/CH2ESS/Om-CH2ESS>

³⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0651&qid=1487340199937&from=SV>

³⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1407&qid=1495454957313&from=SV>

⁴⁰ <https://www.vinnova.se/globalassets/huvudsajt/sok-finansiering/regler-och-villkor/dokument/eu-definition-smf.pdf>

⁴¹ <https://www.regeringen.se/4ae287/contentassets/a0eb9c4e65c04da8ac944fb790142460/swedish-aerospace-industries.pdf>

Energimyndigheten har finansierat tio projekt med bäring på elflyg inom programmet Fossilfritt Flyg 2045. Den sammanlagda statliga stödandelen för dessa projekt uppgår till 80 procent.

I utvärderingen av Innovair sammanställdes den offentliga finansieringen och medfinansieringen mellan 2014 och 2019. På programnivå ligger den offentliga finansierings andel på 52 procent, medan andelen för små och medelstora företag är 50 procent och andelen för stora företag är 25 procent.⁴² Universitet, högskolor och institut har generellt mycket låg medfinansieringsgrad.

Innovairs forsknings- och innovationsagenda⁴³ pekar på att flygområdet kännetecknas av systemintegration där mängder av teknologier och system, med höga krav på säkerhet, samverkar. Den allt snabbare teknikutvecklingen medför att ledtiden för produktutveckling – omkring 15–20 år inom civilt flyg – måste kortas för att flygplan, system och produkter ska vara relevanta och funktionella. Enligt agendan bygger dagens produkter på teknologi som befann sig på låga TRL för cirka 15 år sedan. Det pågår en ständig utveckling av parallella insatser med olika mognadsgrad, där den teknologi som ska in i morgondagens produkter just nu befinner sig på TRL 5–6 för att hinna demonstreras och certifieras för att fullt ut realiserar på marknaden och kunna användas i dessa produkter.

⁴² <https://innovair.org/wp-content/uploads/2020/12/SIP-Innovair-utvardering-2020.pdf> , s 39.

⁴³ <https://innovair.org/nria-flyg/nria-flyg-2020/>

6 Elflygsforskning och innovation internationellt

6.1. Inledning

I det här kapitlet beskrivs hur elflygsforskning och innovation finansieras i några länder och inom EU. Kapitlet bygger delvis på den rapport om internationell elflygsforskning som RISE har tagit fram på uppdrag av Trafikverket⁴⁴. Därutöver redovisas delar av Norges satsning på elflyg⁴⁵ samt internationella elflygsprojekt med svenskt deltagande.

RISE:s rapport ger en överblick över satsningar från forskningsfinansiärer, pågående och avslutade forsknings- och utvecklingsprojekt samt framåtblickande forskningsagendor, strategier och färdplaner. Rapportens fokus ligger på EU samt nationella satsningar i Tyskland, Frankrike, Storbritannien och USA.

Genomgången och analysen som gjorts i detta arbete visar på flera stora forskningsinitiativ riktade mot just elektrifiering av luftfart. Många program fokuserar på vägen mot hållbar luftfart, där elflyg kan ses som en delmängd. Hållbara flygbränslen, vätgasförbränning, hybridlösningar samt andra operationella och ekonomiska åtgärder är också väsentliga inriktningar i dessa program. Elflyg inkluderas ofta i flertalet länder under mer generella rubriker för innovativa, revolutionerande luftfarkoster och disruptiva teknologier, eller samlas under rubriken elektrifiering.

I de länder och organisationer som RISE analyserat är det störst fokus på forskning och innovation om farkost och teknik, men mindre på möjliggörare för implementering av elektrisk luftfart. Det är naturligt att kapitalintensiv teknik med långa utvecklingscykler behöver stöd längre in i omställningsprocessen, men det är samtidigt viktigt att hinder och trösklar för denna omställning inte kvarstår när tekniken är framme för marknadsintroduktion. Det finns en hel del regionala skillnader, och det gäller dels hur forskningsprogrammen är inriktade, dels hur tillgängliga programbeskrivningarna är.

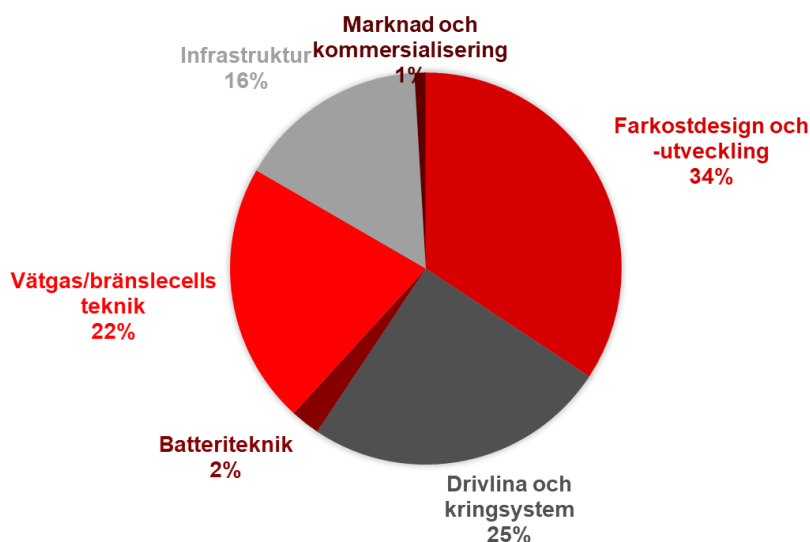
De forskningsområden som är elflygsrelaterade och som det satsas minst på i de länder och organisationer som analyserats är

- certifiering och standardisering
- flygtrafikledning och luftrum
- mobilitet och marknad
- policy och regelverk
- automatisering och digitalisering
- finansiering.

För de länder som har analyserats är det ett 50-tal stora forskningsprojekt för totalt omkring 250 miljoner euro inom elflygsområdet som antingen har avslutats under den senaste 5-årsperioden eller är pågående. Fördelningen mellan områden redovisas i figuren nedan.

⁴⁴ <http://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1658970&dswid=-1900>

⁴⁵ Avsnittet om Norges satsning är ett referat av Trafikanalys rapport ”Elflyg – början på en spännande resa” https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2020/rapport-2020_12-elflyg_borjan-pa-en-spannande-resa.pdf



Figur 3. Fördelning mellan olika forskningsområden inom elflyg under de 5 senaste åren i Tyskland, Frankrike, Storbritannien och USA.

6.2. EU-finansierade program

I Horisont Europa bygger EU vidare på arbetet med att stärka effekten av forskning och innovation som tar sig an de globala utmaningarna och bidrar till att nå FN:s hållbarhetsmål. Det europeiska ramprogrammet för forskning och innovation är det nionde av sitt slag och har en budget på över 95 miljarder euro och pågår åren 2021–2027.

Redan under det sjätte ramprogrammet introducerades europeiska partnerskap som är ett samlingsnamn för olika samarbeten mellan EU-kommissionen, medlemsländerna och associerade länder, näringsliv och andra intressenter. Syftet är att länka nationella och regionala satsningar med Horisont Europa och att möjliggöra globala samarbeten. Europeiska kommissionen väljer tillsammans med medlemsländerna ut prioriterade områden som täcker några av Europas mest angelägna utmaningar. Partnerskapen tar sig an dessa frågor tillsammans genom samordnade forsknings- och innovationsinitiativ. Ett av dessa partnerskap är Clean Aviation – efterföljaren till Clean Sky-programmet. Partnerskapet syftar till att omvandla flyget mot en hållbar och klimatneutral framtid.

Ett stort antal utlysningar inom delområdet Clean Aviation görs under kommande år. Under våren 2022 öppnade den första utlysningen som avser att finansiera ett tiotal mycket stora forskningsprojekt där ett flertal länder, organisationer och företag kommer att delta.

Arbetet i partnerskapet bygger på en gemensam strategisk forsknings- och innovationsagenda. Clean Aviation prioriterar tre områden:

1. hybridelektriska flygplan för regional trafik
2. ultra-effektiva flygplan för korta och korta-till-medellånga avstånd
3. vätagdrivna flygplan.

Clean Aviation har tydligt identifierat elektrifiering och vätagas som prioriterade områden. Det finns inom partnerskapet ett stort intresse av att nationella aktörer, finansörer och

regioner harmoniserar sina forskningsinsatser med Clean Aviation för att åstadkomma ett större genomslag. Frågan om vätgas hanteras även inom partnerskapet Clean Hydrogen.

Utöver Clean Aviations utlysningar förekommer det också utlysningar för elflygsområdet i andra delar av Horisont Europa. Inom Horisont Europa har man delat in utmaningar inför framtiden i olika kluster. Kluster 5 fokuserar på globala utmaningar och industriell konkurrenskraft inom klimat, energi och mobilitet. Arbetsprogrammen (med utlysningar) för klustren publiceras två år i taget på EU-kommissionens hemsida. Det första arbetsprogrammet för kluster 5 gäller för 2021–2022⁴⁶ och innehåller ett fåtal teman med bäring på elflyg⁴⁷.

För att stötta arbetet med kluster 5 har Energimyndigheten, Formas, Vinnova och Vetenskapsrådet bildat en nationell referensgrupp som lämnar synpunkter på utkast till kommande arbetsprogram och som även har möjlighet att föreslå nya teman.

Även SESAR 3 Joint Undertaking, som är undertecknat av ett 50-tal organisationer varav Luftfartsverket, SAAB och GKN deltar, är delvis relevant för elflygsområdet. Partnerskapet ingår i Horisont Europa och ska utveckla lösningar för flygtrafikledningen i Europa. Det handlar bland annat om innovativa lösningar på luftfartsområdet inbegripet flygtaxi och fraktdrönare.⁴⁸ Nya typer av luftfarkoster kan enligt SESAR:s forsknings- och innovationsagenda⁴⁹ bidra till ökad tillgänglighet för gods och personer, men de kan också leda till störningar för människor och naturen. Dessa effekter behöver förstås bättre. SESAR:s aktuella utlysning inkluderar exempelvis ett tema om EU:s Gröna giv och nya luftfarkosters, inklusive elektrifierade luftfarkosters, påverkan på flygtrafikledning.⁵⁰

Den allra största andelen av internationell forskning på elflygsområdet liksom annan forskning finansieras genom bidrag. Trafikverket bedömer att det blir en allt större andel finansiering av projekt inom de högre TRL-nivåerna i EU-forskning på flygområdet i kommande utlysningar, till exempel i SESAR 3. Fler finansieringsinstrument, som lån, investeringsfonder och eget kapital och garantier, har lanserats de senaste åren för att möjliggöra ytterligare investeringar och snabbare bidra till de uppsatta klimatmålen. För att även kunna stimulera forskning och utveckling inom små och medelstora företag har EU även etablerat olika hjälpmedel, bland annat i form av onlineverktyg, för att underlätta finansiering av forskningsinsatser.

EU avsätter särskilda medel för små och medelstora företag med internationella ambitioner i kommande utlysningar genom ett flertal olika finansieringsmöjligheter. Det är bland annat

⁴⁶ https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2021-2022_en.pdf

⁴⁷ Ett exempel är tema HORIZON-CL5-2021-D5-01-05: Greenhouse gas aviation emissions reduction technologies towards climate neutrality by 2050.

⁴⁸ <https://www.sesarju.eu/news/sesar-3-ju-partnership-ready-deliver-digital-european-sky>

⁴⁹ <https://www.sesarju.eu/node/3697>

⁵⁰ Utlysningens tema rubriceras som Fundamental Science and Outreach for Aviation Green Deal, HORIZON-SESAR-2022-DES-ER-01-WA1-6.

- Eurostars⁵¹ – för forskande SME:er: Inom Eurostars kan små och medelstora företag söka finansiering för utveckling av marknadsnära processer, produkter och tjänster i internationella projekt.
- EIC Accelerator⁵² – för kunskapsintensiva SME:er: finansiering och investeringar för nystartade företag och småföretag för att utveckla och skala upp banbrytande innovationer.
- EIC Transition⁵³: utlysningen för tidiga projektresultat som kan leda till banbrytande innovationer och nya verksamheter.
- EIC Pathfinder⁵⁴: för tidiga projekt och SME med en vision om en framtida teknologi med stor marknadspotential som kan göra skillnad.
- EU:s innovationsfond⁵⁵: ett av världens största finansieringsprogram för demonstration av innovativ teknik som bidrar till att minska växthusgasutsläpp. Fonden syftar till att stödja projekt som demonstrerar mycket innovativa tekniker, processer eller produkter som är tillräckligt mogna och som har en betydande potential att minska utsläpp av växthusgaser.

Det är värt att nämnas i sammanhanget att svenska Heart Aerospace har beviljats 2,5 miljoner euro i EU:s SME-instrument i förra ramprogrammet Horisont 2020 (SME Instrument har numera ersatts av EIC Accelerator). Projektet löper mellan 2020 och 2022.

Intervjuer med små och medelstora företag visar att företagen är positivt inställda till EU:s program som riktar sig till små och medelstora företag tack vare de relativt höga bidragsnivåerna. Samtidigt noteras att det är mycket tidskrävande att skriva ansökningar till EU-finansierade program.

6.3. Några specifika länders elflygsforskning

6.3.1. Frankrike

Franska rådet för forskning om civilt flyg (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile CORAC)⁵⁶ bildades 2008 med medlemmar som representerar hela franska flygindustrin. Frankrikes regering meddelade år 2020 att den kommer att investera 1,5 miljarder euro under tre år för att stödja utveckling av miljövänlig teknik. Huvudmålet är att göra Frankrike till ett av de mest avancerade länderna inom hållbar flygplansteknik, inklusive elektrifiering och övergången till koldioxidneutrala bränslen som vätgas. Dessutom är målet att lansera en koldioxid-neutral efterföljare till Airbus A320 som ska använda 100 procent hållbara bränslen eller vätgas till 2035.

⁵¹ <https://www.vinnova.se/e/eurostars-cut-off-3/>

⁵² https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-accelerator_en

⁵³ https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-transition_en

⁵⁴ https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-pathfinder_en

⁵⁵ <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/internationella-insatser/eus-innovationsfond/>

⁵⁶ <https://aerorecherchecorac.com/>

6.3.2. Storbritannien

Storbritannien har ett antal dedikerade program som erbjuder forskningsfinansiering för hållbart flyg och elflyg. Inom UK Research Institute finns en satsning benämnd "Future flight challenge"⁵⁷. Det är ett flertal organisationer som finansierar denna satsning.

Innovate UK är Storbritanniens nationella innovationsmyndighet. Innovate UK hade under 2021 en utlysning riktad till hållbart flyg baserad på Future flight på omkring 65 miljoner pund.

År 2022 kommer Future flight challenge att investera upp till 125 miljoner pund för att utveckla grönare sätt att flyga, såsom elektriska flygplan och leveranser med drönare, genom att främja elektrisk och autonom flygteknik. Investeringen matchas med 175 miljoner pund från industrin.

Future flight challenge syftar till att främja teknikutvecklingen inom elektrifiering, luftfartssystem och autonomi för att skapa nya förutsättningar för framtidens flygresor.

Ytterligare en stor forskningsatsning i Storbritannien är satsningen som UK Department for Transport driver i programmet Zero Emission Flight Infrastructure (ZEFI). Programmet samlar det offentliga, industrin och akademien för att bättre förstå de infrastruktur-förändringar som krävs på flygplatser för att förbereda för vätgasdrivna och batteridrivna flygplan. Detta arbete är en del av den brittiska regeringens åtagande i tiopunktsplanen för en grön industriell revolution för att investera i forskning och utveckling i de infrastrukturuppgraderingar som krävs på brittiska flygplatser för att övergå till batteri- och vätgasdrivna flygplan.

ZEFI programmet består av 3 delar:

- en detaljerad studie som undersöker kraven för att införa nollutsläppsflygplan på flygplatser
- en utlysning för transportforskning och innovation: Zero Emission Flight (TRIG:ZEF) som stödjer forskning och utveckling i Storbritannien relaterad till nollutsläppsflyginfrastruktur
 - Prioriterade områden för TRIG:ZEF var vätgas med tillhörande logistik och teknik, elektrisk laddning, lagring, hantering, batterier, eldistribution och tillhörande teknik för eldrivna flygplan samt forskning om framtida efterfrågescenarier för användning av grönt vätgas och el på flygsidan på brittiska flygplatser.
- demonstrationer för att visa upp brittisk teknik och innovation inom området.

Minst 12 organisationer har i 15 olika projekt fått upp till 50 000 pund i finansiering. TRIG:ZEF-programmet lanserades i juni 2021.⁵⁸

I mars 2022 tillkännagavs att forskningsprogrammet för flygteknik, Aerospace Technology Institute (ATI), kommer att få rekordnivåer av statlig finansiering. ATI kommer att få 685

⁵⁷ <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-business-energy-and-industrial-strategy>

⁵⁸ <https://cp.catapult.org.uk/news/winners-announced-for-the-latest-department-for-transport-transport-research-and-innovation-grants-zero-emission-flight-programme/>

miljoner pund från regeringen för räkenskapsåren 2022 till 2025, vilket är en ökning med 235 miljoner pund jämfört med föregående 3-årsperiod. Industrin kommer att tillhandahålla medfinansiering, vilket tar den totala summan till mer än 1 miljard pund.

6.3.3. Tyskland

Tyskland har ett dedikerat program för finansiering av luftfartsforskning och elflyg: "Luftfahrtforschungsprogramm VI" (2020–2024). Det federala ekonomi- och klimatskyddsministeriet finansierar forsknings- och teknikprojekt inom civil luftfart i Tyskland.

Med två genomförda utlysningar vill man utveckla ett framtida hållbart, ekonomiskt och effektivt flygtransportsystem. Vetenskapliga institutioner och kommersiella företag från Europeiska ekonomiska samarbetsområdet (EES) och Schweiz samt andra utländska institutioner med huvudkontor eller filialer inom EES och Schweiz är berättigade att ansöka om finansiering beroende på finansieringslinjen.

För att intensifiera engagemanget från innovativa små och medelstora företag i flygindustrin har en specifik finansieringsmöjlighet för sådana företag inrättats, och särskilda medel är avsatta för denna kategori av forsknings- och utvecklingsprojekt.

I den tyska luftfartsforskningen finns ett specifikt forskningsområde som benämns (Hybrid-) elektriskt bemannat flyg. Som en del av denna applikationsorienterade inriktning finansierar BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) FoU-projekt dedikerade till bemannad elektrisk luftfart, allt från stadsmobilitet till allmänna flygplan och flygplan för regional trafik och kortdistanstrafik. Det gemensamma målet för forskningsverksamheten är att möjliggöra elektriska framdrivningssystem. Ett fokus ligger på utvecklingen av nya flygplanskonfigurationer för att optimera potentialen hos elektriska drivenheter. Ett annat fokus ligger på utvecklingen inom området (hybrid-) elektriska drivsystem, inklusive energilagring, förvaltning och distributionssystem.

6.3.4. USA

I USA finns ett antal dedikerade program som riktar finansiering direkt till elflyg, men det finns också mer allmänt hållna program. Privat finansiering spelar en stor roll i USA men har inte tagits med i sammanställningen eftersom det är svårt att få tillgång till denna information. Nedan presenteras ett antal intressanta forskningsprogram.

Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E) finansierar högeffektiv energiteknik med hög innovationspotential som befinner sig i för tidig fas för att attrahera investeringar från privat sektor. Bidragmottagarna från ARPA-E utvecklar nya sätt att generera, lagra och använda energi. Under 2019 utlyste U.S. Department of Energy's (DOE's) Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E) 55 miljoner dollar i finansiering för två program, ARPA-E ASCEND och ARPA-E –REEACH, för att stödja utvecklingen av lågkostnadsteknik för elektriska flygmotorer och drivsystem.

ARPA-E ASCEND-programmet stöder utvecklingen av innovativa lätta och ultraeffektiva elektriska motorer, drivsystem och tillhörande värmeledningssystem som kommer att bidra till att möjliggöra netto-noll-koldioxidutsläpp för flygplan i storleksklassen 150–200 passagerare, såsom Boeing 737.

ASCEND-programmet sätter ett mål för helt integrerade helelektriska drivlinesystem vid en effekttäthet på minst 12kW/kg och med en verkningsgrad på minst 93 procent. För

närvarande är bland annat dessa mål bortom kapaciteten hos den senaste tekniken och kommer att kräva kreativt tänkande och innovation inom elmotor- och kraftelektronikområdet.

ASCEND-bidragmottagare kommer att arbeta i två faser och leverera

- konceptuella konstruktioner och datorsimuleringar av motorn, dess drivning och deras integrering, fas I
- demonstrationer på delsystem- och komponentnivå för de föreslagna nykelteknikerna för att stödja prestandaprognoerna, fas II.

Fas I kommer att vara under 18 månader. Hittills har 11 ASCEND-projekt beviljats.

ARPA-E REEACH-programmets mål är att utveckla ett disruptivt system för att omvandla kemisk energi som finns i energitäta kolneutrala flytande bränslen (CNLF) till elektrisk kraft för flygplansframdrivning via elektriska drivlinor och hybridlösningar. Det utvecklade systemet måste leverera tillräcklig elektrisk kraft för att driva ett helt elektriskt, smalkroppsflygplan genom alla flygfaser (taxning, start, klättring, kryssning och nedstigning) och lagra tillräckligt med energi för att driva hela flygplanet under ett långdistansuppdrag, med tillräckliga säkerhetsreserver. REEACH kommer att utveckla de kritiska möjliggörande komponenterna och delsystemsarkitekturerna för högeffektiv omvandling av CNLF-energi till elektricitet med tillräcklig effekttäthet för flygplansframdrivning.

Federal Aviation Administration (FAA) – NextGen koordinerar initiativ, program och policyutveckling över FAA:s områden. NextGen samarbetar också med andra amerikanska federala och statliga myndigheter, FAA:s internationella partner och flyggemenskapen för att harmonisera NextGen-policyer och procedurer. FAA tillhandahåller finansiering till olika offentliga aktörer och företag genom följande program där elflyg kan vara en del:

Aviation Research Grants Program främjar innovativ, avancerad forskning av potentiell nytta för en långsiktig tillväxt av civil luftfart och kommersiell rymdtransport. Aviation Research Grants Program på 6 miljoner dollar erbjuder finansiering till 2027. FAA har identifierat ett flertal tekniska forskningsområden varav några är särskilt intressanta:

- miljö och energi
- flygplanssäkerhetsteknik
- flygplatser
- kommunikation, navigering och övervakning.

6.4. Stora industriaktörers forskning och utveckling inom elflygsområdet

Industrin utvecklar sina produkter och sin verksamhet för att möta kraven på omställning av flygindustrin. Nedan beskrivs övergripande några av de större aktörernas aktiviteter inom elflygsforskning. Sammanställningen bygger på öppen information från företagen.

6.4.1. Airbus

Redan 2010 presenterade Airbus sitt första elektriska flygplan, CiriCiri, och samtidigt startade ett 10 år långt forsknings- och innovationsprogram, E-fan. År 2015 korsade deras

elektriska flygplan E-fan den engelska kanalen. År 2017 presenterades E-Fan X, men det projektet avslutades i april 2020 och de senaste inläggen på Airbus Electric Flights webbsidor beskriver utveckling inom batteri- och hybridteknik snarare än nya prototyper av farkoster.⁵⁹

År 2020 tillkännagav Airbus det nya konceptet ZeroE som sägs kunna vara kommersiellt driftsatt 2035 och bygger på vätgasteknik. Året därefter tillkännagav de City Airbus, som är ett e-VTOL-flygplan med en räckvidd på 80 km. I EU-finansierade projekt under de senaste åren har Airbus 2 fått 620 000 euro för godkända utvecklingsprojekt, att jämföra med Airbus totala EU-finansiering på flera hundra miljoner euro under åren.

6.4.2. Boeing

Så sent som under 2018 börjar man finna spår av elektriskt flyg i kommunikationen från Boeing – detta genom ett Boeing-stött företag, Zunum Aero, med ambitionen att utveckla ett elflygplan för passagerarbruk. Detta samarbete slutade i stället i stämningsansökningar och att Zunum gick i konkurs.

Efter att det har varit relativt tyst om Boeing och elflyg har man under 2022 gått med i det NASA-ledda samarbetet om projektet Electric Powertrain Flight Demonstration (EPFD), där NASA, GE och Boeing satsar 260 miljoner dollar under en femårsperiod. Boeing satsar därutöver 450 miljoner dollar i utvecklandet av ett elektriskt, vertikalstartande, passagerarflygplan – Wisk.

6.4.3. Rolls Royce

Rolls Royce har som motortillverkare gett sig in i elektrifieringen av luftfarten. Störst medial uppmärksamhet har företaget fått genom sitt prototyp-projekt Spirit of Innovation. Ett flygplan som hämtat designinspiration från andra världskrigets stridsflygplan och namnet från flygets pionjärer. Med Spirit of Innovation slog Rolls Royce hastighetsrekordet för elektriska flygplan med 555 km/tim.

Företaget menar att man kommer att kunna leverera elektriska drivlinor till företag 2025. Tillsammans med Airbus deltog Rolls Royce i utvecklandet av demonstrationsflygplanet E-Fan X och stod där för drivlinetekniken. Denna teknik har företaget fortsatt utveckla och nådde milstolpen att leverera 1 Megawatt i en testbädd. Något som företaget menar banar väg för större applikationer inom elflyg.

År 2021 annonserade Rolls Royce även en investering på 80 miljoner pund för utveckling av energilagringssystem för elflyg i en ny anläggning i Storbritannien.

6.4.4. Safran

Det franska flygmotorföretaget Safran började dyka upp inom området elektrifiering av flyg först 2018 när de annonserade sin kommande elektriska drivlina ENGINEUS 45. Under 2021 och 2022 har nyheter kommit tätare om Safrans satsning inom elektrifieringen. Främst har det varit i samband med samarbetet med Airbus i utvecklingen av demonstrationsflygplanet EcoPulse 2020.

⁵⁹ <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission/electric-flight>

Sedan dess har man annonserat samarbete med flera franska elflygsinitiativ, såsom Volt Aero, Aura Aero och Bye Aerospace. Safran har i europeiska forskningsprogram fått mer än 270 miljoner euro i finansiering. Safran har deltagit i två EU-finansierade projekt inom elflyg.

6.5. Norge

Norge har genom Luftfartstilsynet och Avinor på uppdrag av Norges regering tagit fram ett särskilt program för introduktion av elflyg.

Programmet innehåller följande mål:

- Norge ska vara en arena för utveckling, testning och tidig införande av elflygplan.
- Före 2030 ska den första inrikes reguljära flyglinjen vara driftsatt.

För att uppnå dessa mål behövs det insatser inom följande tre huvudområden: teknologiutveckling, riskavlastning och drift.

Nedan följer en sammanfattning av mål, åtgärder och styrmedel i Norges program för elflyg.

6.5.1. Teknologiutveckling

Programmet betonar vikten av att teknologin utvecklas inom ramen för ett internationellt samarbete. Bland annat nämns det fleråriga internationella nollutsläppsprogrammet med norska och europeiska luftfartsmyndigheter samt EASA. Vidare har en arbetsgrupp (High Level Task Force for Zero Emission Aviation) med viktiga europeiska aktörer (EASA, Luftfartstilsynet, Airbus, Leonardo, Safran, Avinor, SAS och Widerøe) inrättats för att bland annat förbereda och presentera en färdplan för innovation relaterad till regionala flygplan med liten klimatpåverkan. Färdplanen kommer att vara ett viktigt underlag för arbetet med den norska nationella transportplanen för 2022–2030. För att kunna ta tillvara erfarenheter och vidareutveckla resultaten från nollutsläppsprogrammet ska det etableras en arena för utveckling, testning och införande av elflygteknik och andra tekniker med låga utsläpp. Arenan kan organiseras virtuellt eller fysiskt och den ska samla aktörer från en lång rad områden: flygindustri, motorer, batterier, flygplatser, flygbolag, myndigheter och forskningsmiljöer.

Programmet ger följande rekommendationer för hur arbetet med teknologiutveckling ska bedrivas:

- Samferdselsdepartementet ansvarar för att vägleda och koordinera olika statliga aktörer i arbetet för ett mer klimatvänligt flyg.
- Etablera ett eget luftrum för teständamål.
- Utforma en administrativ och ekonomisk rutin för att stödja olika testaktiviteter.

6.5.2. Riskavlastning

Norges program ger följande rekommendationer för att minska risker för aktörer som vill satsa på elflyg:

- Ge bidrag för att bygga ut laddinfrastruktur på flygplatser.

- Ge bidrag för inköp av elflygplan. Statliga lån och garantier kan vara ett alternativ till bidrag.
- Vid upphandling – överväg nya inslag för att stödja anbud med elflyg. Det kan handla om investeringsstöd, restvärdesgarantier eller förlängd anbudsperiod. Det sistnämnda skulle dock kräva att Norge får ett undantag från EU-regler (som de enligt EES-avtalet måste följa).

Avsikten med dessa rekommendationer är att uppmuntra aktörer att investera i elflyg i stället för i fossilbaserad teknik, för att snabbare minska utsläppen av klimatgaser från luftfartssektorn. Försäljningsvolymerna för de första modellerna blir sannolikt små. Detta innebär att tillverkarna behöver kompensera med ett högt försäljningspris, vilket i sin tur gör det svårt för flygbolagen att uppnå en tillräckligt hög grad av lönsamhet. Därför ses det som motiverat att ge stöd. Dessutom tar en köpare av tidiga modeller en viss risk genom att nya förbättrade modeller relativt snart kan nå marknaden, samtidigt som elflyget alltjämt är en omogen teknik.

6.5.3. Drift

Tydliga signaler om minskade avgifter för elflyget är ett viktigt incitament för de som vill investera i elektriskt flyg, genom att det gör elflyget mer konkurrenskraftigt i förhållande till det konventionella flyget. Det norska programmet ger följande rekommendationer:

- Staten bör ställa krav på att utsläppskrav inkluderas i upphandlingen av olönsamma flyglinjer. Eftersom detta sannolikt kommer att öka kostnaderna för upphandlingarna bör staten kunna täcka merkostnaderna under en övergångsperiod.
- Staten ska tidigt ge tydliga signaler om att avgiftssystemet för flyget kommer att utformas så att flyg med låga utsläpp belönas.
- Slopade eller sänkt moms på biljetter fram till 2040 för flyg utan eller med små utsläpp.
- Slopade eller sänkta passageraravgifter fram till 2040 för flyg utan eller med små utsläpp.
- Minskade elavgifter för kommersiella flygningar efter en modell från sjöfarten.
- Statens reseavtal bör ta ökad hänsyn till klimatutsläppen i framtiden.
- Norge ska stödja utvecklingen av ett europeiskt eller världsomspännande system för klimatmärkning av luftfart.

Notera att flertalet förslag på styrmedel och åtgärder är generellt utformade. Om de införs skulle de gynna elektriskt flyg, men också i viss mån flyg med fossilfria bränslen.

6.6. Samarbetsprojekt med svenskt engagemang

Det pågår ett antal internationella elflygsprojekt där svenska aktörer är involverade.

Projektet Nordiskt nätverk för elflyg (**Nordic Network for Electric Aviation eller NEA**)⁶⁰ har fått 4 miljoner norska kronor i finansiering från Nordic Innovation mellan 2019

⁶⁰ <https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-network-electric-aviation-nea>

och 2022. Från Sverige ingår Bra Flyg, Heart Aerospace, SAS, Sveriges regionala flygplatser och Swedavia i nätverket. Projektet kommer att förlängas till 2024 och få utökade medel i den andra fasen.

FAIR (*Finding innovations to Accelerate the Implementation of electric Regional aviation*) är ett Interreg-projekt som handlar om att stödja en tidig och effektiv kommersialisering av eldrivna regionala flygningar i Kvarkenregionen. Svenska, finska och norska aktörer deltar i projektet som pågår mellan maj 2020 och oktober 2022.⁶¹

Green Flyway är ett projekt för att skapa en internationell testarena för elflyg och autonoma luftfarkoster i Östersund och Röros, kopplat till en luftrumskorridor mellan Trondheim, Röros och Östersund. Målet för projektet är också att utreda luftrumskontroll för autonoma luftfarkoster, anpassa flygplatser till eldrift, arbeta för att utveckla elflyglinjer samt sprida kunskap och kompetens. Projektet har en sammanlagd budget på cirka 2 miljoner euro, varav cirka 670 000 euro kommer från den europeiska regionala utvecklingsfonden.⁶² Projektet startade den 20 november 2019 och pågår till den 30 september 2022.

NordRegio har beviljats finansiering för att undersöka **regionala effekter av implementering av elflyg i Norden**.⁶³ Projektet finansieras av Nordiska ministerrådet och pågår mellan maj 2022 och december 2024. Projektet fokuserar på hur elflyg kan komma att påverka avlägsna och rurala områden som i nuläget har dåliga kommunikationer.

Batteripacksdesign för elektriska flygplan är ett projekt finansierat av Vinnova där Heart Aerospace och Electroflight (Storbritannien) utvecklar ett certifierbart batteripack med hög energitäthet för elektriska flygplan. Projektet pågår mellan september 2020 och mars 2023. Vinnovas stöd uppgår till cirka 5 miljoner kronor.

⁶¹ <https://www.kvarken.org/en/project/fair/>

⁶² <https://www.interreg-sverige-norge-2014-2020.com/?portfolio=green-flyway-2>

⁶³ <https://nordregio.org/research/electric-aviation-and-the-effects-on-the-nordic-regions/>

7 Förslag på framtida initiativ

7.1. Forsknings- och innovationsbehov

Under de senaste åren har olika aktörer tagit fram rapporter där forsknings- och innovationsbehov för elektrifiering av flyget konkretiseras. Sammanställningen i avsnittet bygger i huvudsak på fyra rapporter: en omvärldsanalys av RISE⁶⁴, slutsatser från en workshop som anordnats av Swedish Electromobility Center⁶⁵, slutrapporten för klustret Fossilfritt Flyg 2045⁶⁶ och en rapport av Independent Business Group⁶⁷.

RISE:s omvärldsanalys togs fram på uppdrag av Trafikverket under vinter 2022. Independent Business Groups rapport skrevs på uppdrag av Transportföretagen. Sammanställningen är inte heltäckande och vid behov av fördjupning hänvisas till originalkällorna.

Med tanke på osäkerheter som genomsyrar den pågående utvecklingen inom flyget, behöver framtidens forskning vara diversifierad och möjliggöra utveckling och demonstration av flera tekniker. Utveckling av energieffektiva motorer och flygplan är en övergripande ambition för hela flygsektorn, inklusive elektrifiering av flyget. Några av utmaningarna för batteridrivna eller hybridelektriska flygplan är uppskalning av flygplanens storlek, ökad räckvidd samt hur batteridrivna eller hybridelektriska flygplansflottor kommer att hanteras i framtiden.

Rapporten från SEC pekar på att införande av elflyg kommer att påverka alla tekniska system ombord, men framför allt behövs forskning om systemen för framdrift. Energitätheten i dagens batterier är mycket låg jämfört med flygfotogen. Därför är arbetet med att höja energitätheten hos batterier viktigt om de ska utgöra ett konkurrenskraftigt alternativ till andra energikällor. De bästa elmotorerna som finns i dag för vägfordon skulle kunna fungera för batteridrivet flyg när det gäller effekt- och momenttäthet, men rapporterna pekar på att det fortfarande finns många förbättringsmöjligheter. Det ställs också andra krav på säkerhet och redundans inom flyget, och utveckling och anpassning är därför nödvändig. Utvecklingen av batteriteknik är en global industri där många länder och aktörer har betydligt mer resurser än Sverige.

För att förstå framtida efterfrågan på och nytta med elflyg behövs forskning och innovation om behov, beteenden, marknader, affärsmodeller, logistik och infrastruktur. Att förstå samhällsnyttan med elflyg för personresor eller godstransporter eller påverkan på tillgänglighet regionalt är centrala frågor. Även utformning av styrmedel är ett viktigt forskningsområde, där utvärdering av styrmedel är relevant för att förstå hur de kan användas mer effektivt för att uppnå önskade resultat.

En analys av en omfattande introduktion av elflyg kräver en god förståelse för dess miljö- och klimatpåverkan på både kort och lång sikt.

⁶⁴ <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1650870/FULLTEXT02.pdf>.

⁶⁵ <https://emobilitycentre.se/wp-content/uploads/2022/04/Strategiska-forskningsomr%C3%A5den-Elflyg-sammanfattning-av-workshop-220321.pdf>

⁶⁶ <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1523448/FULLTEXT01.pdf> sidan 21 och 23

⁶⁷ <https://www.transportforetagen.se/globalassets/rapporter/flyg/rapport-morgondagens-flyg.pdf?ts=8da10bc0f200800>

Ett ökat behov av elektricitet inom flygsektorn ger ökad efterfrågan på elnätscapacitet. Det behövs bättre förståelse, dels för hur mycket energi och effekt som behövs för flyg och andra fordon och byggnader på flygplatser, dels för hur behovet varierar över dygnet och året. En relaterad fråga för fortsatt forskning och utveckling är hur kombinationen av bränsle kan komma att se ut på flygplatser, med olika typer av infrastruktur för de olika typerna av drivmedel, samt eventuella säkerhetsrisker som detta medför. En dimension i detta är hur flygbolagen ser på användningen av flera sorters drivmedel, i stället för dagens system med en typ av dominerande infrastruktur och flygplanstyp. En annan dimension berör hur vätgas och el ska produceras och transporteras för tankning respektive laddning på flygplatser på ett säkert sätt.

En väsentlig del i utvecklingen av drönare och eVTOL omfattar förändringar i hela systemet med säkerhet, flygtrafikledning, certifiering av nya designer, riskanalyser med mera. Utvecklingen kan även leda till en del nya typer av rörelser, resmönster och transportmönster samt nya typer av ”flygplatser” i framtiden. Även här behövs forskning om hur samhällsplaneringen kan behöva utvecklas framöver.

När det gäller olika typer av insatser pekar rapporterna på behovet av en palett av forskning, innovation och demonstration. Det efterfrågas testbäddar, pilotprojekt och demonstrationer för att påskynda utveckling och validering av olika tekniker i verkliga eller verklighetsnära miljöer. Demonstrationsprojekt kan även bidra till att allmänhetens förståelse för elflygets möjligheter ökar.

7.2. Förslag på fortsatt utveckling

Trafikverket föreslår fyra huvudsakliga åtgärder inom ramen för regeringsuppdraget: stärkt myndighetssamverkan, en myndighetsgemensam FoI-satsning på elflygsområdet, en nationell trippel helix-plattform och fortsatt utveckling av internationell samverkan. Nedan följer en mer utförlig beskrivning av förslagen.

7.2.1. Stärk samverkan mellan myndigheterna

Som ett resultat av regeringsuppdraget planerar myndigheterna att inrätta en samverkansgrupp med i första hand representanter för Energimyndigheten, Vinnova och Trafikverket. Även andra myndigheter skulle kunna ingå, exempelvis Formas, Transportstyrelsen och Vetenskapsrådet. Arbetet bör syfta till ökad överhörning och informationsutbyte om satsningar och pågående projekt hos respektive myndighet samt bidra till omvärldsbevakning. Gruppen kan även identifiera behov av eventuella åtgärder utöver forskningsfinansiering, exempelvis justering eller framtagna regler eller samordning av myndighetsinitiativ inom närliggande policyområden. Inga extra medel föreslås för att bedriva arbetet i gruppen (omprioritering av befintliga anslag). Ett par möten per år bör tillgodose behoven av stärkt samverkan.

7.2.2. En myndighetsgemensam FoI-satsning på elflygsområdet

Trafikverket föreslår **en ny myndighetsgemensam forsknings- och innovationssatsning** för elflygsområdet. Satsningen innebär en utökning av forsknings- och innovationsmedel och ett komplement till de befintliga statliga satsningarna på luftfarts- och flygområdet.

Satsningen ska fokusera på den övergripande systemförflyttning som behövs för införandet av elflyget i Sverige och Norden. Med systemförflyttning menas summan av de tekniska, affärs-, policy- och beteenderelaterade, infrastrukturella och processmässiga förändringar som införande av elflyg kommer att innebära för transport- och energisystemen. Exempelvis innebär elflyget ett systemskifte när det gäller

- tekniska lösningar för laddning av batterier eller lagring och tankning av vätgas
- förändringar på flygplatser och andra former av start- och landningsplatser
- nya eller förändrade linjenät
- nya affärsmodeller
- legala förutsättningar för elflyg
- certifierings- och standardiseringsfrågor.

För att åstadkomma denna systemförändring krävs att alla delmoment hanteras sammanhållet.

Trafikverket bedömer att minst 15 miljoner kronor per år i fem år inledningsvis är en realistisk nivå för det statliga åtagandet. Näringslivets aktörer ska delfinansiera sina kostnader i FoI-projekt enligt stödregler.

Utlysningarna inom satsningen ska vara öppna och utformade så att de är lämpliga för alla typer av företag, inklusive små och medelstora företag. Alla teknikområden som ingår i rapporten bör omfattas så länge det handlar om ett brett systemperspektiv. UAM, eVTOL och AAM ingår i en begränsad omfattning. En utvärdering bör göras efter fem år innan något beslut om en eventuell förlängning kan fattas.

Utökningen av medel ska med fördel kopplas till ett befintligt program, till exempel Fossilfritt flyg 2045, för att underlätta administrationen och kommunikationen med potentiella sökande. En av myndigheterna (Energimyndigheten, Trafikverket eller Vinnova) ska vara värd för programmet medan de andra två deltar i beslutsprocessen. De tre myndigheterna ska dela på kostnaderna för programmet.

Den myndighetsgemensamma satsningen ska komplettera, inte ersätta, **befintliga program**. Flera program löper hos Energimyndigheten, Vinnova och Trafikverket och de bör fortsätta. Vinnova fokuserar på demonstration och kunskapsutveckling genom Innovair, NFFP och andra program, som inte nödvändigtvis relaterar till elflyg. Energimyndigheten bör ges möjligheten att fortsätta med programmet Fossilfritt Flyg 2045, liksom med finansieringen till kompetenscentrum som skapar förutsättningar för transportsektorns elektrifiering (till exempel SEEL och SEC). Trafikverket fortsätter att finansiera forskning om luftrum, infrastruktur och planering. Trafikverket ser över sina prioriteringar i sin forsknings- och innovationsplan för att förstärka fokus på forskning om trafikslagsövergripande planering där flyget ingår tydligare. Trafikverket skulle också kunna prioritera forskning och innovation om integration av eVTOL, ”flygtaxi” med mera i luftrummet.

Att en utökning föreslås innebär inte att all elflygsrelaterad forskning och innovation ska samlas i denna satsning. Om elektrifieringen av flyget accelererar är det tänkbart att andra FoI-program kan behöva vidareutvecklas och lägga större vikt på elektrifieringsprojekt.

7.2.3. Triple helix-plattform för elflyg

Flera intervjuer som genomförts inom ramen för regeringsuppdraget pekar på behovet av en nationell forsknings- och innovationsplattform som ska föra samman akademien, näringslivet, myndigheter, regioner och andra berörda intressenter inom elflygsområdet. Plattformen bör bidra till överhörning mellan pågående forsknings- och innovationsprojekt och till att aktörerna informerar om utlysningar, anordnar seminarier, förmedlar kontakter mellan berörda parter, hjälper parter att utveckla projektidéer, stödjer små och medelstora företag i att hitta lämpliga utlysningar eller partner med mera. Plattformen bör arbeta för att hitta synergier med andra forsknings- och innovationsinitiativ inom elektrifieringsområdet. Plattformen bör även utarbeta en tydlig målbild för sektorns utveckling för de närmaste åren, samt ta fram en färdplan för elflygrelaterad forskning och innovation. Nya aktörer som traditionellt inte arbetat med flygfrågor behöver ges utrymme att delta i plattformen. Exempel på sådana aktörer är batteri- och elmotortillverkare.

Uppdraget att driva plattformen bör lysas ut, möjligen inom ramen för den gemensamma forsknings- och innovationssatsningen som beskrivs i föregående avsnitt. En neutral part bör vara värd för plattformen. Plattformen är inget programkontor och ska inte ha någon direkt koppling till den myndighetsgemensamma satsning som föreslås i avsnitt 7.2.2. Det statliga stödet till plattformen kan uppgå till 1–2 miljoner kronor per år, vilket kan kompletteras med finansiering från deltagande intressenter.

Det statliga stödet till plattformen bör inledningsvis vara tidsbegränsat, exempelvis till 3 år med möjlighet till förlängning med ytterligare 2 år.

7.2.4. Stärka svenskt deltagande i internationella program

I höstas beslutade regeringen om en nationell strategi för deltagande i Horisont Europa. Strategin syftar till att stärka det svenska deltagandet och befästa Sveriges position som ledande kunskaps- och forskningsnation. Ett av målen i strategin är att deltagandet i Horisont Europa ska bidra till att stärka nationella satsningar. På flygområdet har Sverige en lång tradition av internationellt forskningssamarbete. Redan i dag finns det möjligheter att söka medel för att delta i europeiska forsknings- och innovationsutlysningar. Samarbetet kan fördjupas med andra nordiska länder, vilka bedöms ligga långt framme när det gäller elflyg.

Intervjuerna med branschens aktörer visar att bilaterala program med exempelvis Storbritannien eller Norge efterfrågas. Trafikverket har inom ramen för uppdraget inte tagit några kontakter med dessa länders forskningsfinansiärer om ett eventuellt framtida samarbete.

Svenska aktörer bör på olika sätt uppmuntras att delta i EU:s forsknings- och innovationsprogram. Triple helix-plattformen (se 7.2.3) skulle kunna sprida information om relevanta utlysningar inom EU:s program.

7.3. Grunder för statliga insatser

De fyra förslagen motiveras av klimat-, närings- och transportpolitiska mål. Elektrifiering av samhället i allmänhet och av transportsystemet i synnerhet är en tydlig trend, samtidigt som samhället rör sig mot självförsörjning, decentralisering och småskalighet.⁶⁸ Intresset för

⁶⁸ <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1523448/FULLTEXT01.pdf>

elektrifiering ökar även inom flygsektorn, men betydande utmaningar kvarstår. Elflyg utgör en delmängd av framtida lösningar för ökad mobilitet och minskad klimatpåverkan. Eurocontrols långtidsprognos⁶⁹ visar att hållbara flygbränslen är betydligt viktigare än elektrifiering och vätgas när det gäller att minska flygets klimatpåverkan fram till 2050. Framtidens teknikutveckling är svår att sia om, vilket gör det svårt att göra prognoser, och det motiverar ett teknikneutralt tillvägagångssätt i forsknings- och innovationsprogram.

Sverige har traditionellt haft en mycket framstående och forskningstung flygindustri. Enligt sektorns egen utsago är den svenska flygindustrin en av de största i världen relativt befolkningmängden. Därmed borde Sverige vara väl positionerat att delta i och driva på elektrifieringen av sektorn. Emellertid är teknikutvecklingen förknippad med stora risker för företagen. Dessutom kräver införande av elflyg annan utveckling som privata aktörer inte har något intresse av att finansiera.

Från ett transportpolitiskt perspektiv har elflyget potential att bidra till ökad tillgänglighet. Utifrån dagens kunskapsläge bedöms elflyget ha störst potential mellan orter som i dag saknar direktförbindelser med flyg.

Trafikverket bedömer att de fyra förslagen gemensamt utgör en bra grund för vidareutveckling av elflygsrelaterad forskning och innovation. Trafikverket bedömer att en utökning på minst 15 miljoner kronor per år till elflygsområdet krävs för att finansiera ett eller några demonstrationsprojekt per år, samt säkerställa medfinansieringen från näringslivsaktörer. Den myndighetsgemensamma satsningen bör ha sin hemvist hos Vinnova eller Energimyndigheten eftersom dessa forskningsfinansiärer har god kompetens inom flyg- respektive energiområden. De har också välfungerande digitala hjälpmedel för ansökningsprocessen.

Innovair menar att Sverige inte förmått att medfinansiera projekt inom EU:s ramprogram i en utsträckning som motsvarar vår industriella styrkeposition inom flygområdet, vilket enligt forsknings- och innovationsagendan beror på den relativa bristen på direkta FoI-anslag i Sverige.⁷⁰

7.4. Åtgärder utanför FoI-området

Trafikverket har inom ramen för regeringsuppdraget fokuserat på det statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet. Även åtgärder utanför FoI-området kommer att vara nödvändiga för införandet av elflyg i Sverige. Nedan redovisas några sådana pågående statliga initiativ.

För att inte snedvrider konkurrensen innebär EU-gemensamma regler för statsstöd att statens möjligheter att ge stöd till innovation minskar på högre nivåer av teknisk och kommersiell mognad. Därmed uppstår en så kallad dödens dal mellan det offentligt finansierade innovationsarbetet på relativt låga teknikmognadsnivåer och den privata finansieringen till kommersialiseringen av produkter. I ”dödens dal” är kostnaderna betydligt högre än intäkterna och utvecklingsarbetet uppfattas som riskfyllt. I denna tidiga fas löper utvecklingsprojekt eller hela företag en stor risk för att slås ut. Därför är det viktigt att statliga insatser inom forskning och innovation kompletteras med andra åtgärder som

⁶⁹ Eurocontrol Aviation Outlook 2050. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-04/eurocontrol-aviation-outlook-2050-main-report.pdf>, sidan 14.

⁷⁰ <https://innovair.org/nria-flyg/nria-flyg-2020/>, sidan 13.

påskyndar införandet av elflyg i Sverige. Exempel på sådana åtgärder är investeringsstöd såsom bidrag för inköp eller statliga lån och garantier, driftstöd och offentlig upphandling.

I den färdplan som flygbranschen tog fram inom ramen för Fossilfritt Sverige föreslås bland annat investeringsstöd, skapandet av en långsiktig statlig målbild för övergången till fossilfritt flyg, upphandling av fossilfritt bränsle för offentliga resor med mera.⁷¹

Investeringsstöd från Klimatklivet ges först och främst till de åtgärder som ger den största varaktiga minskningen av växthusgasutsläpp per investerad krona. Sedan starten 2015 har Klimatklivet fördelat 9 miljarder kronor till företag, organisationer och kommuner som ansökt om stöd för klimatinvesteringar. Tillsammans med övrig finansiering har totalt 23 miljarder kronor investerats för att minska utsläppen. Det största projektet inom Klimatklivet hittills har fått 210 miljoner kronor i stöd. För 2022 är anslaget för Klimatklivet 2,8 miljarder kronor. Fram till och med 2026 finns ytterligare medel.⁷² När det gäller elflyg har endast ett fåtal ansökningar lämnats in till Klimatklivet hittills. Ungefär hälften av dem har beviljats. I skrivande stund har totalt 2,7 miljoner kronor beviljats, i första hand till investeringar i elflygplan och laddstationer för elflyg.⁷³

Energimyndigheten har i uppdrag att analysera och föreslå hur klimatpremierna kan utformas för att också stimulera marknadsintroduktionen av elflygplan, i syfte att snabba på omställningen av flygsektorn till fossilfrihet och därigenom nå målen i det klimatpolitiska ramverket. Uppdraget ska redovisas till Miljödepartementet senast den 31 januari 2023.⁷⁴ Bland annat ingår att kartlägga affärsmodeller för elflyg, kartlägga aktörer som skulle kunna ta del av klimatpremier, ta fram tidplan och budget för klimatpremier för elflyg samt bedöma vilka effekter klimatpremier för elflyg kan komma att ha på klimatmålen.

Regeringen konstaterar i "Nationell Strategi för elektrifiering"⁷⁵ att elektrifieringen är avgörande för att nå klimatmålen. Bedömningen är att det kommer att ske en kraftig ökning av energibehovet såväl inom transportsektorns samtliga trafikslag som andra samhällssektorer. Det är en komplex utmaning där bland annat effekt- och nätkapacitetsutmaningarna ska lösas. Strategin omfattar 12 punkter och 67 åtgärder som ska genomföras under perioden 2022-2024. Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen, Svenska Kraftnät samt Trafikverket har regeringens uppdrag att genomföra en myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering⁷⁶ som ett bidrag till genomförandet av regeringens nationella strategi. Uppföljningen avser samhällets elektrifiering och utvecklingen av elsystemet inklusive elproduktion. Uppdraget till Trafikverket inkluderar bland annat framtagandet av prognoser och sammanställningar

⁷¹ https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs_flygbranschen.pdf

⁷² <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pessmeddelanden/klimatklivet-vill-se-elektrifiering-av-sjofart-och-flyg/?fbclid=IwAR2PzXwyj-bCrF6cFhFwaqsn3fdwyftKmCNsCoZd-6pouWsp15A9lwichvI>

⁷³ Uppgifter från Naturvårdsverket

⁷⁴ Energimyndighetens regleringsbrev: <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?rbid=22389>

⁷⁵ <https://www.regeringen.se/4999ce/contentassets/8761973413204121b91d01089fbd1e91/nationell-strategi-for-elektrifiering-2022-webb.pdf>

⁷⁶ <https://www.regeringen.se/499433/contentassets/efidce0178ab48ff8f4f4197a9ofbd2c/uppdrag-att-genomfora-en-myndighetsgemensam-uppfoljning-av-samhallets-elektrifiering>

över elanvändning för hela transportsektorn fram till och med 2045. Energimyndigheten samordnar arbetet.

En annan form av stöd för investeringar är möjligheten till statlig medfinansiering för regionala kollektivtrafikanläggningar, trafiksäkerhet och miljö. Enligt förordningen (2009:237) om statlig medfinansiering till vissa regionala kollektivtrafikanläggningar m.m. har svenska kommuner, eller andra organ, rätt att ansöka om medfinansiering för flygplatsanläggningar med annan huvudman än staten. Objekt som får beviljas medfinansiering är byggande av flygplatsanläggningar som tillgodoser ett allmänt kommunikationsbehov. Medel för statlig medfinansiering finns avsatta inom ramarna för de regionala planerna för transportinfrastruktur, de så kallade länsplanerna, och inom den nationella planen för transportinfrastrukturen.

Vissa icke-statliga flygplatser får vidare stöd i form av ett så kallat driftbidrag. Stödet har sin grund i en utredning i syfte att etablera ett statligt bidragssystem som kan stärka regionalflyget och de regionala flygplatserna. Stödet omfattar såväl statligt driftbidrag till flygplatser med upphandlad flygtrafik som driftbidrag från länsplanen. Omfattningen av de statliga driftbidrag som fördelas till flygplatser med upphandlad flygtrafik beslutas årligen i regeringens regleringsbrev för Trafikverket. Driftbidragen till övriga icke-statliga flygplatser fördelas via länsplanerna, som upprättas i samband med den nationella planen. Stödet uppgår för närvarande till cirka 103 miljoner kronor som fördelas årligen på 22 flygplatser. I regeringens uppdrag att utreda och ta fram förslag till inriktning för statens ansvar för flygplatser i Sverige, som omfattar det nationella basutbudet av flygplatser och de statliga finansiella stöden till icke-statliga flygplatser, ingår bland annat att beskriva statens finansiella åtaganden för de svenska flygplatserna liksom att analysera driftstödet syfte och måluppfyllelse och föreslå eventuella förändringar, inklusive finansiering.⁷⁷

Ett annat verktyg som kan bidra till att driva utvecklingen är offentlig upphandling. Svensk offentlig upphandling omsätter cirka 800 miljarder kronor årligen, vilket motsvarar närmare en femtedel av Sveriges BNP. När offentlig upphandling används strategiskt finns stora möjligheter att driva på utvecklingen mot ett mer hållbart samhälle genom att efterfråga socialt och miljömässigt hållbara produkter och tjänster. Men det finns också möjligheter att använda leverantörers innovationsförmåga för att utveckla nya lösningar. Innovation i offentlig sektor är en förutsättning för att möta dagens och morgondagens samhällsutmaningar. Genom att köpa, införa och använda innovativa lösningar i offentliga organisationer kan bättre tjänster, samhällsservice och högre nytta erbjudas medborgarna. Att köpa innovativa lösningar leder också till att främja tillväxt av konkurrenskraftiga innovativa företag.⁷⁸

Den offentliga upphandling av flyglinjer som sker genom Trafikverkets försorg på sträckor som omfattas av allmän trafikplikt regleras i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1008/2008 om gemensamma regler för tillhandahållande av lufttrafik. Det finns inga formella hinder i EU-reglerna för att använda flygplan som drivs med batteri, vätgas, bränsleceller eller liknande i denna trafik. Däremot är det mycket osäkert om dagens EU-regler ger utrymme för att ställa krav på att trafiken bedrivs med exempelvis elflyg. I ljuset av att förordning (EG) nr 1008/2008 står inför en revidering, bland annat mot bakgrund av

⁷⁷ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/05/utredare-ska-se-over-statens-ansvar-for-svenska-flygplatser/>

⁷⁸ www.upphandlingsmyndigheten.se

klimatavtal och EU:s gröna giv, bör det dock finnas förutsättningar för att identifiera och driva ståndpunkter i EU om att öppna för exempelvis klimatrelaterade krav.⁷⁹

Transportstyrelsen ska enligt sitt regleringsbrev för 2022 redovisa hur myndigheten, inom ramen för sina ansvarsområden, arbeta för att förbereda myndigheten inför att Sverige väntas bli tillverkarland för elflygplan.⁸⁰ Transportstyrelsen har upprättat kontakt med Heart Aerospace (som planerar tillverkning av ett elflygplan för passagerartransporter i Sverige) för att företaget är i processen att ansöka om POA-tillstånd (tillverkningstillstånd). Transportstyrelsen har äskat för ett behov av två heltidsanställda inspektörer om detta blir verklighet.

Transportstyrelsens finansieringsmodell inom avgiftsområdet är en utmaning eftersom den i princip medför att tjänsterna inte kan finansieras innan en ansökan har inkommit och Transportstyrelsen kan ta ut avgift för arbetet. Dessutom kommer i princip den aktör som är "först ut" att söka ett visst tillstånd att behöva täcka alla de kostnader som genereras för tillståndsprövningen eftersom myndighetens finansieringsmodell baseras på en princip om full kostnadstäckning. Principen innebär att den avgift Transportstyrelsen tar ut ska täcka de kostnader myndigheten har för ärendet.⁸¹ Modellen och principen om full kostnadstäckning riskerar att utgöra ett hinder för innovationer på luftfartsområdet som kräver tillstånd, eftersom innovationer ofta leder till ett behov av att utreda om lösningar kan hanteras enligt befintliga regelverk, tillämpningar och procedurer. Utredningarna kan leda till ett behov av att utveckla eller ta fram nya regler, tillämpningar och procedurer, att söka medgivande om undantag, ytterligare riskanalyser och andra kostnadsdrivande åtgärder.

En stor del av certifierings- och standardiseringsarbetet görs internationellt. Därför är det viktigt att följa och medverka i utvecklingen av regelverksfrågor om elflyg, och i synnerhet när det gäller konstruktion och certifiering inom EU.

⁷⁹ <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1509692/FULLTEXT01.pdf>

⁸⁰ <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=22231>

⁸¹ <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Om-transportstyrelsen/Avgifter/principer-for-avgifter1/>

8 Bilaga: Regeringsuppdraget i helhet

Uppdrag att analysera och lämna förslag på hur det statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet kan utvecklas, samordnas och organiseras

Regeringens beslut

Regeringen ger Trafikverket i uppdrag att analysera och lämna förslag på hur det befintliga statliga stödet till forskning och innovation på elflygsområdet kan utvecklas, samordnas och organiseras för att påskynda införandet av elflyg i Sverige. Med elflyg avses samtliga relevanta tekniker för eldrift av luftfarkoster, inklusive vätgasteknik.

I analysen bör det framgå särskilt hur forskning och innovation om elektrifiering av flyget i små och medelstora företag kan stödjas. Det bör också belysas hur forskning och innovation kan stödjas för såväl mindre eldrivna luftfartyg som helt eller delvis eldrivna större flygplan och för projekt med olika teknisk mognadsgrad. Analysen bör dessutom inkludera forskning och innovation om den markbaserade infrastrukturen, flygplatsernas utformning och hur deras lokaliseringsmönster eller lokaliseringsprinciper kan komma att förändras av en elektrifiering av flyget.

I uppdraget ingår även att beskriva nuvarande stöd och pågående arbete med forskning och innovation på elflygsområdet både nationellt och internationellt.

Uppdraget ska genomföras i dialog med Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas), Statens energimyndighet (Energimyndigheten) och Verket för innovationssystem (Vinnova). Vid genomförandet av uppdraget ska Trafikverket inhämta synpunkter från Luftfartsverket, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Trafikanalys och övriga berörda myndigheter. Berörda aktörer inom näringslivet och akademien bör ges möjlighet att lämna synpunkter.

Uppdraget bör i den utsträckning som bedöms lämpligt samordnas med uppdraget att utveckla arbetet med strategiska innovationsprogram för transformativ omställning och hållbar utveckling (N2021/02520).

Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Infrastrukturdepartementet) senast den 15 juni 2022.

Skälen för regeringens beslut

Runt om i hela landet pågår just nu en grön industriell revolution, där både näringslivet och den offentliga sektorn genomför stora klimatinvesteringar för att ställa om Sverige till nettonollutsläpp 2045. Sverige har ett innovativt och konkurrenskraftigt näringsliv som ligger i framkant med att ta fram nya gröna produkter och tjänster. När Sverige nyindustrialiseras kan tusentals nya arbeten skapas inom ny och grön industri, som inte bara hjälper Sverige utan också världen att sänka sina utsläpp. Regeringen avser att besluta om en nationell elektrifieringsstrategi, som tar ett helhetsgrepp för en snabb, smart och samhällsekonomiskt effektiv elektrifiering.

Svensk flygindustri arbetar med att utveckla helt eller delvis eldrivna flygplan. Eldrivna flygplan har potential att bidra till att minska flygets direkta utsläpp och höghöjdseffekter i huvudsak på kortare distanser, vilket kan komma att bli intressant bl.a. för de flyglinjer som av regionalpolitiska skäl upphandlas av staten. För att tekniker ska kommersialiseras och spridas tillräckligt snabbt behöver stöden till forskning och innovation utvecklas och samordnas.

Regeringen har tidigare uppdragit åt Trafikanalys att analysera utvecklingen av elflyg (I2020/00185) och åt Trafikverket att belysa i vilken utsträckning den av staten upphandlade flygtrafiken kan bidra till att minska flygets klimatpåverkan och öka tillgängligheten i hela landet samt analysera i vilken utsträckning elektrifieringen av upphandlad flygtrafik kan bidra till att minska växthusgasutsläpp (I2019/03374). Båda myndigheterna föreslår satsningar på forskning och innovation, både för att möjliggöra utveckling av elflyg i Sverige och för att bidra till en marknadsintroduktion av grönare flygplan som också kan användas på trafikpliktslinjerna (TRV 2020/82259, Trafikanalys rapport 2020:12). Energimyndigheten har i uppdrag att avsätta riktade medel för forskning och utveckling av elflyg inklusive såväl vätgasdrift som tanknings- och laddinfrastruktur (I2020/03364). Satsningen pågår fram till 2023. Energimyndigheten har också i uppdrag att analysera och föreslå hur klimatpremiesystemet kan utformas för att stimulera marknadsintroduktionen av eldrivna flygplan i syfte att snabba på omställningen av flygsektorn (I2021/03314). Det uppdraget ska redovisas senast den 31 januari 2023.

Trafikverket ansvarar för de satsningar på forskning och innovation som ingår i den nationella trafikslagsövergripande planen för transportinfrastrukturen för perioden 2018–2029 (N2018/03462). I Trafikverkets forsknings- och innovationsplan för åren 2021–2026 (publikationsnr. 2021:004) ingår elflyg i några målområden.

I oktober 2021 uppdrog regeringen åt Formas, Energimyndigheten och Vinnova att inom ramarna för strategiska innovationsområden och, i samarbete, utveckla arbetet med de strategiska innovationsprogrammen med målsättningen att nya och befintliga program tydligare ska bidra till transformativ omställning och hållbar utveckling, som grund för global konkurrenskraft och samhällsnytta (N2021/02520). De strategiska innovationsprogram som pågått i sex år har utvärderats (Vinnovas Rapport 2020:10 samt 2020:19). I den utvärdering som rör Innovair finns flera rekommendationer som berör utvecklingen av nya lösningar i små- och medelstora företag och som kan ha betydelse för möjligheterna att utveckla elflyg.

För att åstadkomma ett snabbt tekniskifte för flyget bedömer regeringen att forsknings- och innovationsinsatser som kan bidra till utveckling av elflyg, liksom till en snabb introduktion av dessa är av stor vikt. En kraftsamling behövs för att åstadkomma en snabb introduktion och utveckling av elflyg. Vidare behövs samordning och utveckling av de statliga forsknings- och innovationsinsatserna på området. Sveriges förtroende i omvärlden stärks också när svenska innovationer och lösningar exporteras över världen. Regeringen bedömer mot denna bakgrund att en analys bör göras och förslag lämnas på hur det statliga stödet till forskning och innovation om elflyg kan utvecklas, samordnas och organiseras för att påskynda införandet av elflyg i Sverige.

Trafikverket, Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1, 781 70 Borlänge.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

trafikverket.se