

Batteridrivna passagerarflygplan är en flygteknisk omöjlighet

Av Kenneth Nilsson

Kenneth Nilsson har bl.a. ansvarat för förprojektering av civila flygplan på Saab i Linköping och Deutsche Airbus i Hamburg, samt var i början "Technical Manager, Saab 2000 Program". Numera sammanhållande redaktör för Saab-minnen.



Passagerarflygplan drivs nu nästan uteslutande med fossila bränslen. Ett alternativ skulle kunna vara batteridrivna flygplan. Flygplan är emellertid extremt viktskänsliga och bränslet utgör en stor del av startvikten. Energitätheten i batterier är bara 1:30 jämfört med flygfotogen. Slutsatsen blir därför att batteridrivna passagerarflygplan av alla storlekar är flygtekniskt och ekonomiskt omöjliga, även för mycket korta distanser.

Det globala flygresandet ökar med 4-5 procent/år. Samtidigt ökar utsläppen av växthusgaser, särskilt om utsläppen av vattenånga på hög höjd beaktas.

Att flyget ökar så snabbt beror bl.a. på att det är relativt billigt att flyga numera. En följd av ny teknik som introducerats under åren; effektivare motorer, nya material, avancerade beräkningsmetoder, automatiserad tillverkning, digitalisering av avionik och styrsystem, med mera. Till detta kommer kostnadsminskningar beroende på flygets avreglering och volymökningar i alla led.

Mellan åren 1950 och 2000 minskade bränsleförbrukningen per passagerarkilometer till ca hälften. Detta blir ca 1,5 procent/år. Denna takt har med säkerhet nu avtagit då teknologin är "mogen". Därför finns ingen betydande förbättringspotential genom konfigurations- eller andra ändringar. Detta gäller även för materialsidan, där t.ex. kompositerna numera utgör en stor andel av strukturen.

Passagerarflygplan drivs nu nästan uteslutande med fossila bränslen. Under senare delen av 1940-talet och början av 50-talet studerades atomdrivna flygplan. Mycket har givetvis hänt på det området (utanför flygtekniken), men förslag om atomdrivna flygplan skulle nog inte mötas med stående ovationer. På 1980-talet studerades vätgasdrivna flygplan tämligen seriöst, men då egentligen inte med klimatförtecken. Ett annat alternativ skulle vara batteridrivna flygplan.

Idag finns ca 30000 passagerarflygplan globalt, varav ca hälften i klassen ca 150 stolar. För att göra skillnad vad gäller utsläppen av växthusgaser skulle, säg, tio procent av kapaciteten behöva bytas ut årligen. En betydande kapitalförstöring och stora kostnader oavsett slag av ny teknik. Frågan är om detta är ekonomiskt klimatsmart, men det lämnas här därhän. Att gå från tanke till produktion i stor

skala tar minst fem år. Om dessa nya flygplan skall göra skillnad så är det bråttom.

Flygplan är extremt viktskänsliga och bränslet utgör en stor del av startvikten (10-35 procent), där tomvikten utgör mellan 50 (lång flygsträcka) och 60 procent (kort flygsträcka). Därför har alltid stor möda lagts ner på att minska bränsleförbrukningen, som är en betydande kostnadspost direkt och indirekt (driver upp flygplanens vikt och därmed kostnaderna).

Flygplanets startvikt är summan av tomvikten, bränslet och nyttolasten. Tomvikten, liksom bränsleförbrukningen, är nära proportionella mot startvikten. Alltså:

$$\text{Startvikten} = \frac{\text{Nyttolasten}}{1 - \frac{\text{Tomvikten}}{\text{Startvikten}} - \frac{\text{Flygsträckan} \cdot g}{Q \cdot \eta \cdot \left(\frac{L}{D}\right)}}$$

Där Q är bränslets energiinnehåll per kilo, η är propulsionsverkningsgraden och (L/D) det aerodynamiska glide-talet, lyftkraft/motstånd.

(Dessa parametrar är medelvärden och flygsträckan inkluderar reserver, taxi, start, etc.)

Termerna i nämnaren är kommunicerande kärl: ökad vingspännvidd förbättrar glide-talet men ökar tomvikten. En bränslesnålare motor kan vara tyngre.

I ovanstående formel gömmer sig den flygtekniska djävulen, vilket var och en som är funtad åt det hållet lätt kan övertyga sig om.

Batteridrivna passagerarflygplan

2

Flygfotogen innehåller (energitätheten) 12,4 kWh/kg bränsle. Enligt uppgift väger ett 100 kWh batteri till en Tesla-elbilmodell 600 kg = 1/6 kWh/kg batteri. Detta är 1/70-del av flygfotogen! Propulsionsverkningsgraden för gasturbinflygmotorer är ca 30 procent. En elmotors verkningsgrad kan vara drygt 90 procent. Verkningsgraden för mångbladiga höghastighetspropellrar och kapslade fläktar är ca 80 procent.

Energitäthetskvoten mellan flygfotogen och batterier i en flygtillämpning, med hänsyn tagen till ovan angivna verkningsgrader hos olika komponenter, blir då netto ca 30. Dvs. ett kilo fotogen måste ersättas med ca 30 kilo batterier!

Kvoten 30 gäller en biltillämpning. Vad den blir i en flygtillämpning med mycket strikta säkerhetskrav, över många (snabba) laddningscykler och med skiftande omgivningstemperaturer, har jag inte sett några data på. Som jämförelse kanske livslängden för ett bilbatteri är 20000 mil, vilket med 5-10 mil mellan laddningarna ger ca 3000 laddcykler. Ett kortdistansflygplan kan flyga 3000 flygningar per år.

Även med antagandet att 0,25 kWh/kg är inom räckhåll, vilket figurerar i pressen, är viktskvoten batteri/fotogen ca 20. Bränslereserverna (som fotogen) uppgår till 3-5 procent av startvikten. Med kvoten 20 väger enbart reservbatteriet ca 80 procent av startvikten och så många procent finns inte!

Men ett hybridflygplan då? Med normal drift på batteri, med fotogenmotor som reserv.

Det är oklart för mig hur hybridanläggningen skall se ut. Ett alternativ är en separat gasturbin plus elgenerator som levererar ström till elmotorerna. Blir tungt. Ett annat är integrerade motorpaket innehållande elmotor (som även kan användas som elgenerator), gasturbin och "sammankopplingsanordning", kanske planetväxel plus bromsar. Dessa system kan även användas för batteriladdning. Reservmaskineriet blir tungt (det måste åtminstone kortvarigt kunna ge full motoreffekt vid omdrag och stigning, vilket krävs för certifiering), men trots allt lättare än reservbatterier.

En jämförelse mellan ett fotogen och ett elhybrid 19-sitsigt flygplan kan se ut så här:

	Fotogen	Elhybrid	Anmärkning
Nyttolast, kg	2000	2000	19 passagerare
Tomvikt/startvikt, %	60	60 ?	*
Reservmotor, % startvikt	-	10 ?	Gasturbin + "kopplingar"
Blockbränsle, kg	900	2300	Fotogen resp. batteri
Reservbränsle, % startvikt	4	4	Fotogen
Startvikt, kg	8000	16500	**
Bränslets energitäthet, kWh/kg	12,4	0,25	Faktor 50 brutto!
Totalverkningsgrad cirka, %	25	65	Genomsnitt
Lagrad nettoenergi, kWh	2800	400	1/7-del! Exkl. reserver
Teoretisk räckvidd, km	1500	100	***

*) Normalt utgör motoranläggningen 10-12 procent av startvikten. Inga trovärdiga elmaskinvikter för flygbruk har stått att finna. Lågt energiinnehåll hos bränslet (batteri) tenderar att driva upp vingens sidoförhållande och därmed tomviktskvoten.

**) Startvikten=(2000+2300)/(1-0,6-0,1-0,04)=16500 kg.

***) Ingen batterikapacitet har avsatts för elförsörjning, luftkonditionering och avisning

Av tabellen framgår att hybridflygplanet väger (och kostar!) det dubbla jämfört med det konventionella! Och vem behöver flyga 100 km?

Resultatet är i princip oberoende av flygplanets storlek eftersom viktskvoterna är förhållandevis konstanta oavsett startvikten.

Idag känd batteriteknik kan inte på långa vägar uppvisa nödvändig energitäthet. Även en nettoenergi kvot på två skulle med användbar räckvidd kunna öka en 150-sitsares startvikt från 60 till 150 ton!

Slutsatsen blir därför att batteridrivna passagerarflygplan av alla

storlekar är flygtekniskt och ekonomiskt omöjliga, även för mycket korta distanser. Energitätheten i batterier är på tok för låg jämfört med flygfotogen.

Eldrift medför inte heller några särskilda flygtekniska fördelar. Detta gäller även påståenden om "tysta elflygplan". I nästan alla tillämpningar bullrar, p.g.a. höga spetsmaktal, propellern/fläkten mest.

Självfallet kan det finnas tillämpningar, t.ex. inom sportflyget, där eldrift kan vara intressant av olika anledningar.