

Framsyn Nr 3 2001



Nr 3 Flyg

Tankar från en markbunden flyglegend



Att vara pensionär är något jag får stå ut med. Tillhör man årsklass 1899 så gör man. Men att drabbas av flygförbud och leva resten av livet som markbunden? Det är nog den största besvikelse efter 1918 när mitt livs enda kärlek, Marie, visade sig vara tysk spion.

Dock kan jag trösta mig med att Bigglesandan till viss del lever vidare i tider av obemannade flygplan och robotar.

Fortfarande finns nog hos en del uppfattningen om jaktpiloter som luftens riddare som duellerar i skyn. Förlorar man planet - och klarar sig helskinnad - tar man nästa plan och kastar sig in i striden.

Under slaget om Storbritannien 1940 tillverkades drygt 15 jaktplan om dagen trots att fabrikena bombades. När Ungern hyr 14 plan av Sverige talas det nästan om ett genombrott för Jasprojektet.



"Aldrig har så många haft så få att tacka för så mycket". Winston Churchills bevingade ord till de brittiska jaktflygarna får ur dagens perspektiv en annan klang. Det var ungefär 3000 jaktflygare som försvarade Storbritannien. Idag tycker vi nog att det är ganska många. Förlusterna var jämfört med sjöslag och landoffensiver lätta, men var sjätte flygare stupade under sommaren och lika många sårades. Var tredje pilot förlorades alltså på några månader. Idag skulle man betrakta detta som mycket svåra förluster.

Få piloter förr är många idag. 3000 piloter räcker nog till att försvara en stor del av dagens Europa. Inställningen till vad som är ett billigt flygplan har också ändrats. Jas är ett billigt flygplan jämfört med Eurofighter och amerikanska F 22. Om 50 år räcker den amerikanska försvarsbudgeten till ett enda flygplan om utvecklingen fortsätter som hittills.

En anledning till mitt bedrövliga markbundna tillstånd är den moderna tekniken. Men som min sentida kollega Göran Tode konstaterar i sin artikel har tekniken sina brister. Luftvärnsrobotar är sällan så bra i strid som tillverkarna lovat. Under Kosovokriget krävdes 700 robotar för att skjuta ned två flygplan. Av rapporter i Sverige att döma verkar det finnas ett bäst före datum även för

luftvärnsrobotar.

Även om tekniken må vara sämre än vad entusiasterna påstår så är den inte lika dålig som vad belackarna säger. Problemet är att hitta balansen mellan arv och nyheter, mellan volym och spetsteknik.

Jag får väl vara en symbol för arv och volym. Även om jag - tillfälligt som jag hoppas - tvingats till marktjänst så verkar det finnas ett hopp inom en överblickbar framtid för det bemannade flyget.

Major James Bigglesworth,
berättat för Jan-Ivar Askelin, redaktör för Framsyn

Mest veteraner i framtidens lufthav

Det gamla bombplanet B-52 får hålla på 50 år till. Morgondagens lufthav kommer att domineras av plan som är förbättringar av dagens bekanta som tex F 16. Det bemannade flygplanet har en klar roll i framtiden därför att det finns så många konventionella flygplan kvar.

Av Göran Tode

Är det dags att skrota Jas? Obemannade farkoster gör sitt intåg och robotsystemen blir allt bättre. Forna tiders närstrid, "dogfight", mellan dubbeldäckare är förpassad till pojkböckerna och Biggles är pensionerad.

Flygduellen börjar långt innan piloterna ser varann med blotta ögonen. Manburna luftvärnsrobotar utgör ett allvarligt hot mot varje 300-miljoners flygande plåtlåda. Varför då sätta en människa i den? Är bemannade flygplan lika urmodiga som segelfartygen när ångan kom? Bör Jas-39 förpassas till Jurassic Park eller kommer den fortfarande att ha en roll i framtiden?

Redan på 1970-talet förutspådde den brittiske armégeneralen Farrar-Hockley det bemannade flygets död. Han var tidigt ute, för ännu 30 år senare såg vi fortfarande massiv användning av flyg i konflikter. Eller som det stod i polisrapporten: "Den döde kom cyklande från vänster..." I vårt fall visade sig att han inte bara levde utan också hade en avgörande roll i dramat.

Hur ser då framtiden ut? Kommer den nya generation vapen och informationsteknik att förändra krigföringen och göra det bemannade flygplanet urmodigt?

I Kosovokriget insattes inledningsvis kryssningsrobotar mot viktiga mål. Obemannade små flygplan (sk UAV, unmanned aerial vehicle) patrullerade över området. Huvuddelen av vapenleveranserna gjordes dock av bemannat flyg. Genom att hålla det bemannade flyget ovanför luftvärnets räckvidd lyckades man nå de militära målen utan egna förluster i människoliv.

Mönstret från Gulfkriget och Kosovo indikerar att man i ökad utsträckning vill satsa på robotvapen och obemannade farkoster. Drivkraften till detta är önskan att hålla nere egna förluster i liv, men också förhoppningen att kunna ge vapnen höga prestanda utan att behöva ta hänsyn till människans begränsningar. Men kommer robotar och UAV att helt ersätta bemannade stridsflygplan?

Ett genomgående drag i alla länder är att kostnaderna för anskaffning av materiel stiger snabbare än respektive lands försvarsbudget. Det gäller såväl robotvapen, UAVer som bemannat flyg.

Precisionsvapen och robotar är dyra. Under Gulfkriget utgjorde precisionsvapnen endast tio procent av materielen. Trots de lärdomar man dragit (?) av Gulfkriget steg inte andelen under Kosovokriget till mer än 35 procent och då är laservapen riktade från konventionellt flyg inräknade. Det jämförelsevis begränsade kriget resulterade i akut vapenbrist i Nato och extrabeställningar måste göras i USA.

Utveckling av nya stridsflygplan, såväl bemannade som obemannade är också mycket kostsam. För att bibehålla en rimlig kapacitet måste därför bemannade stridsflygplan behållas mycket längre nu och i framtiden än för 40 år sedan. Kosovokriget genomfördes med flygmateriel som hade en medelålder på 20 år eller mer. De sista B-52orna, en typ som började flyga på 50-talet, beräknas tas ur tjänst om cirka 50 år! De nya flygplanen i Kosovokriget var bombflygplanet B-2 och attackflygplanet F-117, men de förekom endast i en handfull exemplar.

Men även om flygplanparken blir äldre förbättras elektroniken innanför skalen. Vapnen förbättras också, liksom förmågan att samverka mellan flyg och mark- och sjöstridskrafter genom nätverksuppbyggnad. Problemet är: hur ska man få råd med utveckling av nya stridsmedel och samtidigt behålla en tillräcklig stridsförmåga?

I USA diskuteras att hoppa över utvecklingen av en generation stridsflygplan. Man vill utöka sin förmåga att göra anfall med konventionell vapenlast över mycket stora avstånd. Fyra alternativ kan skönjas i debatten; att skaffa fler B-2 (från idag 21 till 61 flygplan), att utnyttja flyg- och sjöburna kryssningsrobotar, att utveckla ett nytt långräckviddigt överljudsbombplan eller att utnyttja rymdflygande bombsystem. Det slutliga valet kan innebära att ett av de nya projekten F-22 (ett jaktattackflygplan) eller JSF (ett attackflygplan) måste utgå, annars kommer man att få högre försvarsutgifter än under kalla kriget. Och det lär inte politikerna acceptera.

Ett sätt att bryta kostnadskurvan är att hålla nere storleken på nyutvecklade flygplan och ge dem förmåga att fungera i flera roller. Jas-39 är ett sådant exempel.

Obemannade stridsflygplan är ett annat sätt att hålla nere vikt och volym genom att man inte behöver ta hänsyn till mänskliga problem med g-krafter, syrgas och räddningsutrustning. Flygplanen kan också byggas för hårdare manövrering. Med hjälp av sinnrika dataprogram kan man lära dessa robotsystem inte bara att starta, landa och flyga väl, utan också att genomföra spaning och attackanfall och till och med luftstrid. De som har prövat en duell mot ett sådant monster i en luftstridssimulator kan intyga att det är ingen lätt motståndare.

Men det finns problem: allt måste programmeras före striden. Det får inte förekomma något som man inte tagit hänsyn till i förhand. Eller också måste flygplanet fjärrstyras av en pilot på marken eller i ett annat flygplan. Här har det bemannade flygplanet fortfarande en chans: piloten befinner sig på plats med alla sina sinnen, och han kan göra något helt oväntat. Om en motståndare dessutom lyckas få tag på det dataprogram som styr robotflygplanets manövrering kan han från början anpassa sitt uppträdande. Det obemannade flygplanet är farligt som en stridstjur, men uppför sig lika programmerat.

Robotarna bäst i broschyrstället

Hur är det då med risken att skjutas ner av jaktrobotar och luftvärnsrobotar?

Robotars verkan i strid är väsentligt lägre än vad vapentillverkarnas broschyrer anger. Under Gulfkriget var jaktrobotarnas nedskjutningssannolikhet mellan 13 procent och 27 procent. Det irakiska flyget hade en förlustrisk av 6,7 procent per uppdrag trots den överväldigande motståndaren.¹ Under Kosovokriget beräknas serberna ha avfyrat cirka 700 luftvärnsradarrobotar som resulterade i två nedskjutningar av bemannat flyg. Ett okänt antal manburna värmesökande robotar avlossades också. De fick ingen direkt verkan mot stridsflyget men tvingade upp det på höjder över 5000 meter. Slutsatsen är att robotar också har sina begränsningar. Det går åt mycket vapen, även av kvalificerad sort i dagens och morgondagens krig.

De obemannade spaningsrobotarna (UAV) i Kosovokriget drabbades av hårda förluster. Av cirka 40 insatta robotar förlorades hälften. Flera förklaringar till detta kan finnas; att dessa robotar gick på låg höjd, där inget bemannat flyg uppehöll sig; att robotarna saknade varnar- och motmedelsutrustning och att tekniken var omogen.

Samtidigt kan man säga att dessa robotflygplan var till för att ta risker med. Men priset blev högt.

Under Kosovokriget kunde kryssningsrobotar insättas i alla väder. De träffade förmodligen med hyfsad precision de fasta installationer de var avsedda för. Andra robotar stördes ut eller vilseleddes. Det gällde tex de båda signalsökande robotar som förrrade sig till Sofia i Bulgarien.

Av detta kan man dra slutsatsen att ny teknik är aldrig så bra som förespråkarna vill göra gällande. Men den är heller aldrig så dålig som belackarna påstår. Den svåra uppgiften är därför att finna en vettig balans mellan arv och nyheter, mellan volym och spets teknik.

Fältflygare - ett framtidsyrke!

Summan av allt detta är att under lång tid kommer äldre generationer av bemannat flyg att finnas kvar, liksom mindre kvalificerade vapen. Insats med luftburna vapen i syfte att betvinga en motståndare kommer även under lång tid framåt att ske med både robotvapen och bemannat flyg. Robotvapnen får sannolikt inleda attacken för att degradera motståndarens luftförsvar och ledning. Men efterhand måste mer konventionella stridskrafter utnyttjas.

Vilket värde har då bemannat flyg - och i vårt fall Jas-systemet - i framtiden?

Ska man sammanfatta erfarenheterna från de senaste tio åren och från utvecklingstrenderna kan man nog med rimlig säkerhet hävda följande:

- Bemannat flyg i kombination med luftvärn kan även de närmaste 20 åren avsevärt reducera en angripares bekämpningskapacitet, såväl genom direkt verkan som indirekt genom att tvinga honom till taktikanpassning.
- I internationella insatser har det bemannade flyget en fördel av att ha människan långt framme i beslutscykeln. Därigenom kan riskerna för vådabeskjutning hållas nere. Genom sin existens i området tvingar flyget krigsherrar på marken till taktikanpassning: man kan inte uppträda i samlade stridsformationer, utan måste sprida ut sig. Och krigsherren kan inte utnyttja sitt flyg för terrorbombningar.

Ett robust system bestående av mångsidigt utrustat bemannat flyg och luftvärn som har förmåga att överleva de inledande attackerna har därför stor betydelse för fortsättningen. Obemannade farkoster kompletterar bilden men ersätter inte flyget helt på många år framöver - om ens någonsin.

Jas-systemet med sin mångsidighet, förmåga till snabb insats och koncentration, sin spridningsfilosofi och sin inbyggda förmåga att utgöra informationskällor i ett nätverksuppbyggt försvar kommer att vara en viktig komponent för lång tid framöver både nationellt och i internationella sammanhang.

Hur ska vi åstadkomma den anpassning som kan behövas om tiderna blir sämre? Då behövs både kvalitet och numerär såväl materiellt som personellt. Behåll därför flygplanen och modernisera dem efterhand! Håll en liten kår av mycket duktigt flygvapenfolk! Återinför fältflygarsystemet! Det löser både flygvapnets och det civila flygets behov av flygförare.

Göran Tode är pensionerad flygöverste. Han tjänstgör som konsult vid FOI Försvarsanalys och vid ingenjörsföretaget Evidente.

1 Se: Kungl Krigsvetenskapsakademien, Avd III Årsberättelse 2000, Bertil Wennerholm och Stig Schyldt

Calvin Coolidges hämnd



Calvin Coolidge var USA:s 30 president 1923 - 1929 och hans hämnd beräknas inträffa år 2050. Ladda hem pdf-filen genom att klicka på Calvin för att se vad det handlar om...

Inte bara en pryl

Vår svenska UAV är fortfarande bara en liten baby som nyss lärt sig att krypa. Men UAV:n är inte längre bara en teknisk pryl utan har nu blivit något att räkna med när det nya försvaret byggs.

Av Jan-Ivar Askelin

Liten som en humla eller stor som ett trafikflygplan. Byggt av entusiaster hemma i garaget eller i hemliga statliga mångmiljonsprogram. En mekanisk fluga som gör en sväng i trappuppgången eller ett vakande öga som flyger mellan kontinenter och tittar ned från flera mils höjd.

Allt ryms inom begreppet UAV, unmanned aerial vehicle på svenska kallat obemannade flygande farkoster. En svensk förkortning hade blivit avslagen och det engelska begreppet har slagit rot i den svenska militära förkortningssamlingen.

- Vår egen UAV är fortfarande bara en liten baby som lär sig att krypa, säger Mats Hellstrand, överste 1 och UAV-samordnare i Högkvarteret. Det viktiga som hänt på de senaste åren är att UAV har tagit steget från att bara vara en teknisk pryl till att bli en faktor som man räknar med när det framtida försvaret nu tar form.

”Piloten är ofta en belastning”

Hellstrand har flugit Tunnan, Lansen, Draken och Viggen. J 29 Tunnan var i stort sett bara ett flygplansskrov med pilvingar byggt runt en jetmotor. Viggen var det första riktiga systemflygplanet i Sverige där datorer tog över många av de uppgifter som Tunnanpiloten måste klara själv.

Nu förklarar Hellstrand varför man kan lyfta bort piloten helt och hållet - dock inte i alla plan. Tekniskt är det nog inget problem att flyga Gripen utan pilot ombord.

- Genom att ta bort piloten och allt som hör till som t ex katapultstol så sparar man ett halvt ton. Växlar man den lasten mot bränsle kan det ge en eller flera timmar mer i luften. När man plockar bort huven så minskar också planets signatur.

Mats Hellstrand säger att piloten i många avseenden är en belastning. Maskinen flyger faktiskt bättre. Men den drivande kraften bakom UAVernas frammarsch är enligt Hellstrand att man i västvärlden inte accepterar förluster på samma sätt som förut. Flygplanen är dessutom så dyra och så få att det finns få värdiga mål för vanliga flygplan. Det har ökat utrymmet för tex UAVer. Olika typer av teknologier som IT och miniatyrisering av elektronik osv har gjort övergången till det obemannade flygplanet möjlig men har inte varit drivande.

- Det är dock fel att säga att flygplanet är obemannat. Det korrekta är att ingen vistas i flygplanet, säger Hellstrand. Än så länge finns det en pilot till varje UAV. Vi har bara flyttat piloten utanför flygplanet. Det kanske visas upp UAVer på flygdagar och då kan man gå fram och morsa på piloten som vanligt.

I visionernas värld försvinner också UAV-piloterna.

- Tekniken finns och jag tror att UAVerna kommer att skötas av systemoperatörer. Den som övervakar systemet kan dirigera om en UAV i luften och så får UAV:n själv räkna ut hur den ska flyga och när den ska vända hem för att ha bränsle kvar.

Den förarlösa charterresan

Än är det dock en bit kvar innan man kan öppna UAV-mappen på datorn och starta farkoster med ett dubbelklick. Teknik är en sak och psykologi är en annan. Ingen flygresenär som kommer till en modern flygplats och åker det förarlösa tåget mellan terminalerna upplever väl att tågresan är farlig. Uppenbarligen finns det ingen förare ombord, men tåget går mjukt och stannar exakt med stor precision. Vad denne flygresenär förmodligen inte vet är att i stort hela flygresan gått till på samma sätt.

- Piloten ser bara till att planet kommer upp från backen på ett säkert sätt och sedan sköter systemet resten, säger Mats Hellstrand. Piloten övervakar systemet. När ett modernt plan landar på en modern flygplats behöver piloten bara ta över planet när det stannat på landningsbanan och köra fram det till terminalen.

- Vi landning i dåligt väder sitter grabbarna bara där framme och ser på. Och frågan är om man inte lika gärna kunde övervaka planet från marken som att sitta i planet och göra det?

Det som gäller för moderna trafikflygplan gäller naturligtvis också för moderna stridsflygplan. I dag är piloten en systemoperatör. Själva flygandet är mycket lättare än när Hellstrand började flyga på 1960-talet.

Detta görs i Sverige

Armén har sedan flera år provat Ugglan vid K 3 i Karlsborg. Man har tre enheter med tre farkoster i varje. Ugglan ska användas för underrättelseinhämtning på divisionsnivå

Marinen har nyligen klivit in i UAV-världen och köpt två UAVer av typen Mini-Vanguard som ska användas av amfibiebrigaden.

Armén och marinen lär sig tekniken och tanken är att UAVerna med tiden ska träda i tjänst. Det stora UAV-steget tar Forsvarsmakten nästa vår när man ska flyga en hyrd UAV, en Eagle 1, mellan testfälten Esrange och Vidsele i övre Norrland. I samarbete med Rymdbolaget och Rymdstyrelsen ska Forsvarsmakten testa en sk medelhöjd-UAV med lång räckvidd. UAV:n ska flyga 35 mil och det blir något helt annat än det som armén och marinen håller på med. Denna Eagle 1 kan bära upp till 200 kg nyttolast och ska förses med olika typer av sensorer. Flyghöjden blir mellan fem och 20 kilometer och flygningarna kommer att vara mellan fem och tio timmar.

Detta gör UAVerna

Den svenska UAV-utvecklingen sker inom ramen för det sk DBA-konceptet, dominant battlespace

awareness, överlägsen läges- och situationsuppfattning. Ett nytt för Försvarsmakten gemensamt ledningssystem är under uppbyggnad och då är det viktigt att kunna ha koll på läget. Det ska UAVerna hjälpa till med.

2010 beräknas detta ledningssystem vara i drift och då räknar man med att ha de första riktiga UAVerna på plats.

- Visst kan vi klara oss utan UAVer, säger Mats Hellstrand. Men det innebär att vi får en sämre uthållighet och stryktålighet. I första hand vill vi använda UAVerna för övervakning, underrättelseinhämtning, taktisk spaning och eldledning. Dessutom ska man inte glömma bort att UAVerna också kan få stor civil användning som tex att söka efter försvunna personer.

Mats Hellstrand pekar ut tre områden som idag är prioriterade:

- sensorer
- kommunikation och datalänkar
- säkerhet och luftvärdighet

Nästa skede blir att bygga system och plocka in UAVerna i DBA-konceptet.

- Det är angeläget att satsa på säkerhet och luftvärdighet, säger Mats Hellstrand. Många UAVer idag är fortfarande närmast garagebyggen. En militär UAV får inte vara farligare att flyga med än ett vanligt bemannat militärt flygplan. Stora ansträngningar, inte minst internationellt, läggs nu ner på samarbete med civila luftfartsmyndigheter för att få UAVerna accepterade.

- Idag kan vi ju bara flyga UAVer på avlysta områden, men redan försöket i Norrland nästa vår innebär viss flygning i civilt luftrum. Med tiden tror jag att vi kan få blandad flygning i luftlederna. Mellan de bemannade flygplanen kan det komma en UAV.

UAVer över nationsgränserna

Mats Hellstrand arbetar med internationella relationer och här handlar mycket om UAVer. Det pågår UAV-projekt inom ramen för de olika internationella organisationer som bildats de senare åren som t ex sexnationssamarbetet. I Tyskland hölls 1999 en stor UAV-konferens och förra året hölls en liknande i Kiruna.

Hela UAV-verksamheten är mycket internationell och någon svensk UAV-profil tror inte Hellstrand på. Inte heller tror han att vi ska bygga upp en förmåga att tillverka egna UAVer.

- Ett grundkrav på en svensk UAV är att den ska kunna användas i internationella operationer. Den måste kunna ingå i andra länders system.

Mats Hellstrand var tidigare chef för luftstridsavdelningen på Högkvarteret och fick för drygt ett år sedan i uppdrag att ta över en verksamhet som beskrevs som "totalt okontrollerad". En arbetsgrupp tillsattes som i november 2000 kom med rapporten Obemannade flygande system i Försvarsmakten som kan sägas vara en sammanfattning vad man står idag och hur UAVerna ska passas in i målbilden 2010 och visionen 2010.

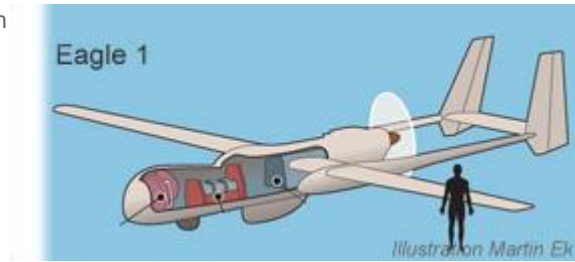
En samordningsgrupp har bildats för att knyta ihop försvaret, forskningen och näringslivet och denna grupp har listat möjliga UAV-projekt. FOI har sedan flera år forskat på områden som har UAV-tillämpning, tex signalbehandling och bildanalys. I FOIs studie om ledning och underrättelser har UAVer och aerostater analyserats. FOI har föreslagit ett samlat grepp på FOIs forskning om UAVer. Områden som pekas ut är bla simulering, sensorer, samverkan mellan UAVer, styrning samt inte minst - hur människan ska fungera i UAV-systemet.

Ett stort projekt med bäring på UAV-området pågår sedan 1997 vid Linköpings tekniska högskola. Projektet som heter Witas syftar till att utveckla informationsteknologi för tillämpning i autonoma system. Det ska testas på en obemannad helikopter för trafikövervakning. 25 forskare arbetar i projektet som totalt beräknas kosta drygt 100 miljoner kronor.

Jan-Ivar Askelin är redaktör för Framsyn.

Om UAV och annat oknytt i lufthavet

Flygplan är dyra och ländernas flygvapen krymper. Man kan inte använda ett modernt flygplan där vinsten är låg och insatsen hög. Pilotens liv får inte riskeras i onödan. Dessa krafter ligger bakom det växande intresset för det förarlösa flygplanet. Fast fortfarande finns piloten - men inte i planet. Ladda hem Martin Eks grafik om UAVer genom att klicka på bilden!



Simulatorn gör piloten svettig



på CD.

Flyget var tidigt ute med simulatorer. Piloterna lärde sig att trycka på rätt knapp och att manövrera flygplanet. Med IT-revolutionen kom nya slags flygsimulatorer. Hos FOI i Bromma står flygvapnets anläggning för att öva taktik och luftstrid. I Ursvik finns Fenix som analyserar flygplanets själ, styrsystemet.

Av Jan-Ivar Askelin

Ute lyser solen. Trafikplanen startar från Bromma i morgonrusningen. Men härinne i ett hus som är så avskärmat att mobiltelefonerna är tysta lyser ingen sol. Det är mörkt i det stora rummet bortsett från några stora skärmar. Piloter från första jaktflygdivisionen i Kallinge flyger Gripen i Kosovos dalgångar. De talar engelska. En sorts protokollspråk fyllt av Natoförkortningar. Vi är på flygvapnets luftstridssimuleringscenter, FLSC, i Bromma där verkligheten kan simuleras bara den finns

Det kanske ser ut som en spelhall men det är en stor sparbössa.

Kjell Palm var fram till i somras chef för FLSC. Han säger att det kan tyckas att anläggningen är skraddarsydd för att öva taktik, ledning och så vidare, men det stora klippet är att använda FLSC för simulatorbaserad anskaffning, SBA. Det är detta som är framtiden som vi ännu knappt ens är i början av.

- Om industrin erbjuder en röd låda för fem miljarder kan vi säga att vi klarar oss bra med en blå låda för tre miljarder.

En robot finns i verkligheten, men också som en datormodell där robotens alla egenskaper simuleras. Genom att mata in denna modell i FLSC:s datorer kan man se hur den fungerar och bedöma dess prestanda. En modell från en annan robot testas på samma sätt och så kan man göra ett val.

- Industrin måste förstå att om man inte erbjuder oss datamodellen så får man inte vara med i budgivningen, säger Kjell Palm. Det är svårt för de höga beslutsfattarna att förstå att det är så anläggningen kommer bäst till sin rätt. Det är en fråga om mognad och utbildning. Amerikanska SBA-expertter som vi varit i kontakt med vittnar om att detta är en process man måste gå igenom.

FLSC som ägs av flygvapnet och förvaltas och drivs av FOI har få motsvarigheter i världen. Det finns några i USA, en i Storbritannien och Frankrike är på väg in i klubben.

Tidigare övade svenska piloter i den brittiska anläggningen. Det blev dyrt och scenarierna var brittiska. Det var mycket Nordsjön och väldigt lite Östersjön. En anledning till att bygga en svensk

simulatoranläggning var att få öva svenskt. Ett tecken på hur fort det mesta har ändrats är att svenska flygare nu övar över Adriatiska havet.

Sverige har inte sänt krigsflygplan på internationella uppdrag sedan Kongokrisen på 1960-talet. Nu står en grupp spaningsviggare till förfogande och piloterna tränas i Ulvsunda.

Det är väl inte omöjligt att det kan bli Afrika igen. Kjell Palm har fått en antydning om att det vore bra att skaffa lite afrikanska scenarier.

- Hela jorden är avfotograferad av satelliter många gånger om, säger Kjell Palm. Det är bara att skaffa några CD med Afrika eller något annat land.

Fältflygaren blev simulatorchef

Kjell Palm började i flygvapnet som fältflygare och tog examen på Ljungbyhed 1965. Då kunde han naturligtvis inte ana att han skulle avsluta sin bana som chef för en simulatoranläggning där man kan flyga i princip vad som helst var som helst bara det finns mjukvara att stoppa in i datorerna.

- Den första simulatoren jag såg kom i slutet på 1960-talet till J 35 Draken. Det var en sk systemsimulator där man fick öva att trycka på rätt knappar. Här är det inte sådant som övas utan hur man uppträder i grupp, anfaller, kommunicerar med varandra, stridsledning osv.

Övningscockpiten har en stor bildskärm där för dagen en Jasliknande instrumentering används. Gasreglaget är som på det riktiga flygplanet medan spaken är hämtad från en spelbutik. Det gör att spakrörelserna blir yviga och inte överensstämmer med Jasplanets känsliga spak.

Man ska nu installera en mer Jasliknande spak. En riktig Jasspak är så svindlande dyr att det inte är att tänka på.

Framför sig har piloten en filmduk som ska föreställa verkligheten. Symbolerna från den sk taktiska indikatorn ligger inlagda på duken. Man undrar om detta kan få piloter som är vana vid hårda g-svängar att acceptera verkligheten? Förvandlas man inte till en dataspelande tolvåring med sällsynt dyra leksaker?

- Det händer att dom är svettiga efter ett flygpass i simulatoren, säger Kjell Palm. Piloterna överför verkligheten till denna konstgjorda miljö. Det verkar som om de tror att sitter i sitt vanliga flygplan trots att det är tyst och inte finns några g-krafter.

Övning i nätverk med USA

Ska man öva klassisk luftstrid där allt sker mycket snabbt och nära räcker filmduken inte till. Piloten har ingen känsla av att det finns något vid sidan om. Under hösten ska några övningsplatser få en sk cavepresentation. Då kommer piloten att sitta som i en grotta och se flygplanen rusa förbi över sig och då gäller det att vrida ofta på huvudet för att inte råka illa ut.

Simulatoranläggningen blev verklighet på mycket kort tid. Man hittade genvägar i militärbyråkratin. Men färdigt blir det aldrig, säger Kjell Palm. Det handlar inte främst om att byta grejer som spakar och skärmar utan om ny mjukvara, ökad datakraft och möjlighet att koppla samman anläggningen med andra simulatorer på andra ställen i nätverk.

USA har kommit längre än vi med nätverkssimuleringar, men vi kan i praktiken göra detta också, säger Kjell Palm som förbereder just en sådan övning med amerikanska försvaret. USA kör attackhelikoptrar och vi våra vanliga flygplan och så ska vi öva ihop. Att USA valde oss beror på att vi var de enda som kunde klara av det, säger Kjell Palm.

Bredvid oss flyger piloter från F 17 över sitt virtuella Balkan. Allt är dock inte konstgjort. Flygarna har sina vanliga overaller och blåa halsdukar. Det får vara måtta på simulerandet.

Jan-Ivar Askelin är redaktör för Framsyn.

Fenix testar planets själ

Moderna stridsflygplan är instabila i underljudsfart. Minsta störning och planet vill sticka iväg. Styrsystemet är planets hjärna och själ. I särskilda simulatorer kan planet tala om hur det mår.

Av Jan-Ivar Askelin

Kraschen på Långholmen när ett Gripenplan blev manöverodugligt inför tusentals åskådare visade att tekniken för att styra denna typ av flygplan fortfarande var ett intressant forskningsområde.

- Detta konstaterande kan tyckas cyniskt med tanke på vad som kunde ha hänt, men olyckan handlade ytterst om samspelet mellan människa och teknik på olika nivåer, säger Gunnar Hovmark som arbetar med flygsimulering vid FOI. Det handlar om hur vi hanterar tekniken och hur vi kan överskatta teknikens möjligheter.

- Gripens styrsystem fungerar nu bra, ändå råder enighet om att konstruktions- och provningsmetoder för styrsystem måste utvecklas vidare, säger Gunnar Hovmark. För framtida behov måste de vara snabbare, enklare att använda och mer tillförlitliga.

Moderna stridsflygplan är vad som kallas instabila vid underljudsfart. Man kan säga att de egentligen har tyngdpunkten alltför långt bak, och minsta störning gör att nosen vill sticka iväg uppåt eller nedåt snabbare än någon pilot kan parera. Instabiliteten ger flygplanen lägre luftmotstånd framför allt vid hårda manövrar, exempelvis i luftstrider på nära håll. Vid flygning i överljudsfart ligger tryckcentrum längre bak och flygplanet är stabilt. Även här är det en fördel att ha tyngdpunkten relativt långt bak, eftersom det då går åt mindre roderutslag för att trimma flygplanet.

För att få det instabila planet att kännas som ett vanligt plan måste piloten ha en massa datorer, mjukvara, sensorer och roderservon mellan sin hand på spaken och roderytorna. Flygsäkerheten kräver att flygplanet i alla lägen måste svara snabbt och förutsägbart på varje tänkbart kommando från föraren. Att verifiera att ett nykonstruerat styrsystem till ett instabilt flygplan uppfyller det kravet är ett mycket omfattande arbete. Ett verktyg i detta säkerhetsarbete är flygsimulatorn Fenix som finns hos FOI Systemteknik. Namnet anspelar på att den rest sig ur askan efter den betydligt mer skrymmande simulator som Tekniska högskolan i Stockholm, KTH, och FFA använt från 1964 fram till oktober år 2000.

Fenix är ingen simulator som man lär sig att flyga i eller för att öva taktik. Här testas flygplanets hjärna och själ, styrsystemet och flygegenskaperna.

Till det yttre är simulatorn en förarplats med en styrspek och ett gasreglage som båda är prototyper från Jasprojektet. Framför sig har "piloten" en filmduk på vilken en CRT-projektor visar en förenklad miljöbild. Det viktiga är den information om flygdata som visas på duken. Bilden är av samma slag som den som en flygare ser framför sig på sin siktlinjesindikator. Bakom en skärm står en brummande dator, inte större än ett mindre kylskåp. Det är i denna låda som skatterna i form av modeller och program finns.

Avancerat modellbygge

Gunnar Hovmark har följt Fenix från FFA och förklarar mosaiken med alla olika datormodeller. Till att börja med finns en modell som Saab och KTH utvecklat, den generiska aerodatamodellen, GAM. Att den är generisk innebär att den inte avbildar något existerande flygplan. Den föreställer ett mindre enmotorigt stridsflygplan med deltavinge och rörlig nosvinge, något större än Gripen. Det fina med en generisk modell är att alla data kan hanteras utan sekretesskrav.

GAM har byggts ut med styrsystem och en motormodell. KTH har lagt till dragkraftsvektorisering, och synpunkter och tillägg har också tagits in från samarbetspartners i Europa. Modellen kallas Admire (aerodata model in research environment) och används bla vid provning av konstruktions- och utvärderingsmetoder, för att testa olika delar av styrsystem med mera.

Både GAM och Admire kan hämtas från nätet. De är dock inte så upphetsande för flygintresserade tolvåringar eftersom omvärldsgrafiken och koppling till spak och pedaler inte ingår. Admire kräver dessutom program som ingen privatperson köper, men som är vanliga i forsknings- och studentvärlden. De för närvarande cirka 40 registrerade användarna av Admire finns också främst i denna krets.

För långsamma roderservon

Fenix och Admire har nyligen använts i en provserie för att studera effekterna av att använda långsamma roderservon. En anledning till flera tillbud och haverier med moderna flygplan har varit att pilotens rörelser inte snabbt nog överförts till rodren, vanligen för att roderservona inte kunnat röra sig så snabbt som krävts. Detta har lett till att flygplanets svar snabbt kommit 180 grader ur fas mot förarens spakrörelser och man har fått en så kallad PIO (Pilot in-the-loop oscillation). I det läget upplevs flygplanet som helt okontrollerbart och risken för haveri är överhängande. Ett välkänt och mycket tydligt

exempel är kraschen med USAs YF-22 för några år sedan. För flygrädda kan det vara lugnande att veta att så gott som samtliga incidenter gällt prototyper eller flygplan under utprovning.

Ett botemedel är naturligtvis snabbare servon, men priset för detta är dessa blir större och väger mer och det vill man undvika i ett flygplan.

Man satsar i stället på att konstruera mjukvaran i styrsystemet, de så kallade styrlagarna, på ett sådant sätt att man kan flyga säkert med inte fullt så snabba servon.

En teknik som provas i detta sammanhang är faskompenserande hastighetsbegränsare, bland annat den typ som sitter i Gripen. Om föraren hastigt för spaken framåt och genast ångrar sig och för den bakåt så kan faskompenseringen se till att servot inte följer den framåtriktade rörelsen ända tills det möter spaken på dess väg tillbaka, utan i stället vänder direkt när spaken vänder. Denna faskompensering höjer säkerheten märkbart i fall där servona annars inte skulle räckta till. Nackdelen att planet ibland gör saker som piloten inte bitt om när faskontrollen nollställer sig. Med lämpligt intrimning av faskompenseringen är dock det problemet litet.

Vid simulatorproven får piloterna sk styruppgifter, dvs man ska utföra en viss sorts manöver och sedan betygsätta hur stor benägenheten till PIO är vid utförandet av uppgiften med det aktuella styrsystemet.

Verksamheten med Fenix sker till största delen inom ramen för den europeiska flygsamarbetsorganisationen Garteur, (group for aeronautical research and technology in Europe). Provflygare från Sverige, Nederländerna, Frankrike och Tyskland har testat styrsystemet i Fenix. I andra delar av projektet är även spanjorer, italienare och engelsmän engagerade.

Fenix har hittills använts uteslutande för forskning inom flygdynamik och flygegenskaper. Möjliga framtida forskningsprojekt är samspelet mellan människa och system, simuleringar i nätverk samt ren simulator teknik.

Jan-Ivar Askelin är redaktör för Framsyn

Gamla stan runt på 11,5 sekunder



Det enda som krävs är ett modernt flygplan, en g-dräkt och en pilot som känner sin kropp och kan spela med musklerna och klämma till om blodkärlen. Då kan man ligga i 9 g hela vägen runt Gamla stan. Dåvarande FOA var med och utvecklade flygvapnets g-dräkt.

Hårt pass i g-gymmet

Det behövs inga stålmän för att klara höga g-krafter - det är till stor del en tränings sak. Varför vissa är mer g-tåliga än andra är fortfarande ett mysterium.

Av Jan-Ivar Askelin

Först går den som en långsam karusell. Och så rycker den till. Centrifugen på Karolinska institutet slungar snabbt upp försökspersonen i nio g. Att se en centrifug snurra på TV är en sak. I verkligheten är det svårt att tro att någon klarar detta med medvetandet i behåll. I övervakningsrummet följs försökspersonen. Det är ingen stålmän från flygvapnet, om nu sådana finns, utan studeranden Anders Brumér som drygar ut studiebidraget med några svängar i centrifugen.

- Flygvapenpiloterna kommer vi sällan åt, säger Ola Eiken vid FOI som leder försöken. De ska ju flyga i första hand och vi klarar oss med våra frivilliga. Huvudsaken att man är frisk, det behövs inga övermänniskor för att klara nio g.

Under ett halvsekel har stridsflygplanen utvecklats från den flygande tunnan J 29 till dagens Gripen. Generation efter generation av flygförare har avlöst varandra, men de har en sak gemensamt. De flesta har någon gång slungats runt i centrifugen på Karolinska. Så gammal är nämligen centrifugen. En gång drevs den av en elmotor från en utstrangerad ubåt. Idag står en betydligt mindre och mer avancerad motor i källaren.

Det byggs en ny centrifug i Linköping. Den är egentligen en mycket avancerad flygsimulator. Men den gamla centrifugen fungerar fortfarande bra för sitt ändamål. Den används för forskning och för att kvalificera Jaspiloter för att klara nio g.

Centrifugen byggdes när planen började närma sig ljudhastigheten. Flygvapnet hade en dyster haveristatistik och många piloter antogs ha omkommit därför att de förlorat medvetandet eller tappat rumsuppfattningen. Något måste göras och man satsade på g-forskningen.

- När planen kommit upp i runt sex g ansågs g-forskningen vara avslutad, säger Ola Eiken. Man skulle klara sig med det man visste. Men så kom den nya generationens flygplan med F 16, Jas och de andra. Instabila flygplan som kunde svänga snabbt och länge i höga farter. Då räckte inte de gamla g-kunskaperna längre. Ett problem med g-forskningen är att den är ryckig. De militära g-experterna går vidare i karriären utan att alltid ha någon att lämna över till. På den civila sidan har anslagstilldelningen varit så ojämn att återväxten av forskare varit dålig.

Man kan ju tycka att g-forskarna borde veta allt vid det här laget men så är det inte. Man vet tex att styrketräning är bra för g-tåligheten, men man vet inte varför. Inte heller varför en del är g-monster och tycks klara allt, medan andra slocknar fort.

- Vi kan ta in folk från gatan och se att en inte klarar mer än 2,5 g medan en annan klarar upp till 7,5 g. Men vi kan inte förklara varför, säger Ola Eiken. Vi kan förstå att deras kroppar fungerar olika. Man har reflexer som ser till att ett blodtrycksfall i höjd med huvudet kompenseras. Men varför vissa individer har starkare reflexvar än andra vet vi inte. Det är mycket komplicerade processer som startar i kroppen när den så snabbt utsätts för dessa krafter.

Piloter lär sig spela med muskler

Ända fram till och med Viggeneoken klarade sig många piloter med hemsnickrade metoder för att ta höga g. En stor hjälp får man av g-dräkten, men mycket måste man göra själv genom att spänna benmuskelnerna för att hindra blodet från att rusa ner och att krystningsanda för att krama åt hjärtat. Ett Vigenplan når höga g-tal successivt medan ett Jasplan når nio g på några ögonblick. Därmed mister piloten de traditionella varningstecken på att belastningen är för hög som att synfältet minskar. I det läget kunde piloten ta det lugnare och bli normal igen. Vid flygning med dagens högprenstanda plan är det inte säkert att man får sådana varningstecken. Innan han går in i en nio g-sväng måste piloten spänna benmuskler och börja krysta för det tar ändå någon sekund innan den nya effektiva g-dräkten och övertrycksandningssystemet hjälper till.

Idag är det alltså viktigt att piloterna lär sig utföra effektiva muskelanspänningsmanövrer (anti-g manövrer). På flottiljerna finns instruktörer som visar hur man spänner benmuskelnerna i rätt ordning. Man måste helt enkelt lära sig att koppla på en massa olika muskler i rätt ordning. När man väl kan det så sitter det automatiskt.

Arbetsgivaren håller med g-skydd

För att kvalificera sig som Jaspilot ska man klara nio g i 15 sekunder med hjälp av endast g-byxor, muskelspel och andningsteknik. Instruktörer från flygvapnet ska lotsa piloterna över tröskeln.

- Det är inte alla som klarar detta på första försöket, men det är till stor del en tränings sak, säger Ola Eiken. I Sverige är inte g-tålighet ett kriterium vid rekrytering. Vi har filosofin att arbetsgivaren ska hålla med g-skydd. I praktiken är det den minst g-tålige piloten som blir normgivande för hur effektivt g-skyddsmaterialet måste vara. I Sovjetunionen var inställningen en annan. Där valde man ut folk som tålde påfrestningar och gjorde dessa till piloter. De ryska g-skyddssystemet är inte lika effektivt som det vi har i Jas-planet.

Vid flygning är de höga g-krafterna riktade i huvud-till-fot vilket medför två problem:

- Det blir ett tryckfall i blodpelaren mellan hjärta och hjärna vilket leder till att blodtrycket i hjärnan kan bli för lågt - man förlorar medvetandet.
- Blod samlas i benens vener vilket minskar blodtrycket även i höjd med hjärtat.
- Piloten själv kan:
- Krystningsanda vilket innebär att man tar snabba korta andetag (luftväxlingar) och dessemellan komprimerar luften i lungorna mot ett stängt struplock. Då ökar trycket i bröstkorgen, hjärtat pressas ihop och trycket i hjärtat och stora kroppspulsådern ökar.
- Spänna muskler från underben till säte, vilket förhindrar att blod ansamlas i benens vener.

Med hjälp av g-dräkten och övertrycksandningssystemet kan man i princip åstadkomma samma effekter utan att piloten behöver anstränga sig:

- Dräkten kramar åt blodkärlen på benen.
- Dräkten trycker in en luftblåsa mot buken så att mellangärdet och hjärtat inte åker ner.
- Övertrycksandningssystemet ökar trycket i andningssgasen i syrgasmasken. Detta ökar trycket i bröstkorgen och därmed även i hjärtat och stora kroppspulsådern.

Världens g-forskare är generösa mot varandra. Ola Eiken säger sig inte ha sett en enda hemlig rapport i ämnet. G-forskningen är till för att höja flygsäkerheten och inte för att vinna taktiska fördelar i luftstrider. Ett bevis för detta är samarbetet mellan USA och Sverige i samband med att Sverige utvecklade Jasdräkten. Utvecklingsarbetet utfördes av dåvarande FOA tillsammans med FMV och flygvapnet, men utprovningen utfördes till stora delar vid Brooks Air Force Base i USA.

Centrifugen används bla till:

- Prov med dräkter och krystningsmanövrar
- Grundforskning som att studera g-tolerans hos tränade och otränade.
- Armsmärtor

När g-dräkten ger piloten en björnkram ökar blodtrycket extremt mycket i armarna. Fartreglaget sitter lite lägre i kabinen än styrspaken så därför är armsmärtor i gasarmen, vänsterarmen, vanligast.

- Enklare vore naturligtvis att höja gasreglaget, men det går inte i efterhand att till rimliga kostnader bygga om planet, säger Ola Eiken. Det finns ett glapp mellan konstruktörer och humanforskare och det är piloterna som får betala det priset med värk i armarna.

Forskarna har dock till stor del löst problemet. Kärlgymna är en bra metod. Det går att träna upp blodkärlen. Det visade man med att stoppa in armen i en tryckkammare. I praktiken handlar det om att successivt vänja sig vid höga g så att kärlen tränas innan de utsätts för riktigt höga g-belastningar. Piloterna har även god hjälp av en av flygvapnet utvecklad enkel mekanisk hylsa som träs över armen och ger kärlen stöd mot de höga trycken.

Balansorganen luras av g-krafter

G-kraften hotar inte bara att släcka piloten utan kan också få honom att inte tro på sina sinnen. När centrifugen rycker igång får försökspersonen en känsla av att flyga upp mot taket och vid inbromsningen verkar nästa anhalt vara källaren. Snarlika sinnesvillor, som beror på att innerörats balansorgan luras av de höga g-krafterna, har lett till många haverier. Marinflygare har kört ner i havet efter starten från hangarfartyget därför att de känt att de stigit för mycket. Nu startar planen automatiskt. Piloten måste visa händerna i vädret innan katapulten slungar iväg honom.

Felaktig uppfattning om var man är i luftrummet var förmodligen orsaken till att John Kennedy jr sommaren 1999 kraschade i vattnet.

- Enligt vad som sägs i branschen ledde det till att forskningsanslagen på det området ökades, säger Ola Eiken.

Jan-Ivar Askelin är redaktör för Framsyn.

Nya grepp krävs för att leva med flyget

Varje år ökar flygtrafiken med fem procent. Även om inte flyget i sig är särskilt miljövänligt är flygets omfattning snart så stor att forskarna fruktar att klimatet ska påverkas. Redan nu anses flygets kondensstrimmor ha ökat förekomsten av cirrusmoln. De vanligaste miljögreppen räcker inte för att minska flygets utsläpp. FOI deltar i det internationella arbetet för ett miljövänligare flyg.

Av Anette Pålsson

Forskningen om flygets miljöpåverkan handlade fram till mitten av 90-talet främst om buller och avgaser nära flygplatserna. Effekterna av avgasutsläppen har dock under de senaste åren blivit allt mer uppmärksammade till följd av oron för klimatpåverkande utsläpp. Främst anses koldioxid (CO₂) och kväveoxider (NO_x) spela stor roll för växthuseffekten. Institutionen för Flygteknisk miljöforskning på

FOIs avdelning för Flygteknik - FFA bidrar med sin forskning till att klargöra luftfartens miljöpåverkan i olika EU-projekt och uppdrag från Luftfartsverket.

Moderna flygplan förbrukar förhållandevis lite energi per passagerare. Två personer som åker bil från Stockholm till Malmö förbrukar ungefär samma energimängd som om de tagit flyget.

Utsläppens storlek, och därmed effekterna på atmosfären, varierar under en flygning. Graden av inverkan av olika ämnen beror på utsläppsplatsen, tex får utsläpp i troposfären (under cirka 10 km) en annan effekt än utsläpp i stratosfären (över cirka 10 km).

Mest koldioxid och vattenånga

Vid förbränning av flygfotogen som nästan uteslutande består av olika kolväteföreningar (HC), bildas främst de naturliga förbränningsprodukterna koldioxid och vattenånga (H₂O). Övriga utsläpp är hundradelar till tusendelar av dessa.

Koldioxid, som är en förutsättning för livet, är även en växthusgas med långtidsverkan beroende på gasens långa livscykel i atmosfären. Vattenånga är också en växthusgas som har relativt obetydlig påverkan i troposfären, medan den i stratosfären har en lång livslängd och därmed en stark klimatpåverkan.

I övre stratosfären skyddar ozon (O₃) mot UV-strålning, men är också en verksam växthusgas. Kolmonoxid (CO), kolväten och kväveoxider ingår i reaktioner som leder till ozonbildning. Av dessa tre har kväveoxidemissionerna den största påverkan på ozonhalten. På höjder upp till cirka 18-20 km beräknas ozonhalten öka till följd av kväveoxidutsläpp, vid utsläpp på högre höjd bidrar det till en minskning.

Flygbränsle innehåller mycket små mängder svavel (S), cirka 0,05 procent, som vid förbränning oxideras till svaveloxider (SO_x), främst svaveldioxid (SO₂). Svaveloxiderna bildar tillsammans med regnvatten svavelsyra (H₂SO₄), surt regn, som starkt försurar mark och sjöar.

Nästan allt kol i bränslet oxideras och blir koldioxid, men en liten del av förbränningen är ofullständig vilket ger kolmonoxid och oförbrända kolväten. Metan (CH₄) är ett kolväte som i atmosfären fungerar som en växthusgas. I närvaro av kväveoxider och solljus kan metan förbrukas i en reaktion som leder till ozonbildning. Även sot och partiklar kan bildas i motorns brännkammare vid ofullständig förbränning.

Till följd av den höga temperaturen i brännkammaren förenas luftens bränsle och kväve till NO och NO₂ (med samlingsnamnet NO_x). NO_x-bildningen tilltar med ökad brännkammartemperatur.

Alla utsläpp påverkar klimatet

Alla dessa utsläpp från flygtrafiken påverkar strålningsbalansen och klimatet.

Genom emission av primära komponenter, tex koldioxid och vattenånga, påverkas strålningsbalansen direkt.

Vissa emissionerna medverkar till nya reaktioner i atmosfären som gör att ytterligare ämnen bildas eller som bryter ned komponenter som påverkar strålningsbalansen. Ett exempel på detta är kväveoxider som förändrar ozonkoncentrationen.

Vissa emissioner initierar partikelbildning och/eller leder till förändringar av naturliga moln, genom tex bildning av kondensstrimmor, sk k-strimmor.

För 1992 beräknas flygtrafiken ha ökat strålningsintensiteten med cirka 0,05 W/m², vilket motsvarar cirka 3,5 procent av hela världens totala bidrag. Fram till 1992 beräknas flygutsläppen av koldioxid ha orsakat en procent av den totala ökningen från emissioner orsakade av människan. Den låga siffran kan förklaras med att jetflyget endast existerat de senaste 50 åren.

Förändringar i fördelningen av ozon, särskilt i området runt tropopausen, som är skiktet mellan troposfären och stratosfären, kan påverka strålningsbalansen och därmed klimatet. En ökning av ozonhalten i övre troposfären påverkar strålningsbalansen mer än en ökning på lägre höjd. Ozonhalten påverkas starkt av meteorologiska faktorer, speciellt i övre troposfären och i lägre stratosfären, där dagens flygplan befinner sig. Över regionen mellan 30-60° N breddgrad vid 9-13 km höjd beräknas ozonhalten ha ökat med 6 procent till följd av utsläpp från dagens flygflotta.

Vattenånga har en mycket kort livslängd i troposfären och utsläppen från flygtrafiken kommer i en mycket liten grad att påverka strålningsintensiteten. I stratosfären är livslängden för vatten betydligt

längre och bakgrunden är också mycket torrare. Utsläppen från dagens flyg är dock så små att effekten blir relativt obetydlig jämfört med bidragen från andra växthusgaser.

Jämfört med utsläpp, till exempel från industrier och biltrafik, är emissionerna av sot och partiklar från flygtrafiken relativt små. Svavel, främst i form av svavelsyra, och vatten gör så att sotpartiklarna kan fungera som kondensationskärnor. Ur dessa kan kondensstrimmor och cirrusmoln utvecklas. I avgasplymen omvandlas vatten, svaveldioxid och organiska ämnen till sulfatpartiklar. Sulfatpartiklarna har en kylande effekt på atmosfären. Indirekt kan dock partiklarna medverka till en ökad uppvärmning genom bildning av kondensstrimmor och cirrusmoln.

Kondensstrimmor är de molnsvarta streck som följer i flygplanets spår. De uppkommer lättast i övre troposfären, och speciellt över de varmare tropiska breddgraderna. Framtida klimatförändringar förväntas påverka uppkomsten av kondensstrimmor. Strimmorna beräknas täcka 0,1% av jordens yta till följd av flygtrafiken (1992). Observationer över centrala Europa visar dagtid en täckningsgrad på 0,5%. Flygets utsläpp av vatten och partiklar samt dess bildning av kondensstrimmor antas ligga bakom förändringen i den globala förekomsten av cirrusmoln.

Flygindustrin gör stora ansträngningar för att minska bränsleförbrukningen, vilket har haft en gynnsam effekt på de utsläppta mängderna av luftföroreningar. Då flygtrafiken årligen ökar med 5 procent och förväntas fortsätta göra så räcker inte den pågående utvecklingen av bättre motorer, flygplansskrov och flygtrafikledning, utan det krävs en drastisk minskning av avgasutsläppen.

Nya material, aktiv gränsskiktsskontroll och minskade stabilitetsmarginaler för flygplanet samt nya typer av brännkammare för motorerna är tekniska åtgärder som kan sänka avgasutsläppen.

Institutionen för Flygteknisk miljöforskning studerar i ett internationellt forskningsprojekt vätgasdrift av flygplan. Tidigare har vätgasdrift avvisats, men idag anses flytande väte (LH2) vara ett fullt tänkbart drivmedel vilket skulle kunna reducera utsläppet av koldioxid helt. Eftersom det inte finns något kol i vätgas (H2) försvinner utsläppen av sot, kolmonoxid och kolväten.

Enda utsläppet är vatten. Vid höga förbränningstemperaturer bildas även NOX, inte som restprodukt vid vätgasförbränningen utan genom reaktioner av luftens syre och kväve. Därför krävs åtgärder i motorns konstruktion. Med väte som drivmedel kommer den utsläppta vattenmängden i förhållande till transportarbetet att fördubblas. Vattenångan som är relativt harmlös i troposfären har dock en stor klimatpåverkan i den torra stratosfären. Därför kan vätgasdrivna flygplan behöva ha sin marschflykt på en lägre höjd än den som är mest energioptimal.

En hel del har åstadkommit inom luftfarten för att minska miljöpåverkan genom utsläpp, särskilt under de senaste decennierna. Men för att en i praktiken ofrånkomlig utveckling, där flygtrafiken expanderar kraftigt, ska vara miljömässigt hållbar krävs att ytterligare resurser satsas på forskning inom detta område.

Anette Pålsson forskar på flygmiljöfrågor vid avdelningen Flygteknik vid FOI.

Avgasavdrag för flyget

Vi vill flyga långt och ofta. Flygtrafiken ökar årligen med fem procent. De vanliga miljögreppen klara inte verkningarna av denna tillväxt. Det krävs drastiska minskningar av avgasutsläppen. Till exempel att köra planen på vätgas.

Amerikansk dröm om att lösa problem med ny teknik

Det amerikanska försvarets framtid utreds nu av Bushregeringen. Oavsett vilken väg man väljer är resultatet av stor betydelse för andra länder. Traditionellt finns en förtjusning i USA över ny teknik. Problemet är att de traditionella plattformarna kostar pengar på den framtida teknikens bekostnad.

Av Jan Foghelin

USA har världens överlägset största försvarsutgifter. Det finns en tradition i det amerikanska försvaret att betona teknisk förnyelse. Utvecklingen av USAs försvar är av avgörande säkerhetspolitisk betydelse i flera avseenden:

- Val av prioriterade uppgifter. (Typ av militära operationer, geografiska regioner, försvar av hemlandet - operationer utanför USA, operationer på egen hand eller i koalition)
- Synen på icke-konventionella vapen.
- Graden av förnyelse som planeras inom försvarsmakten. (Förnyelsen kan påverka möjligheterna till operationer tillsammans med andra länder - interoperabilitet i vid mening).

Det har förekommit flera revolutioner i krigföringen.¹ Det amerikanska revolutionsbegreppet (RMA), som myntades i början av 1990-talet, är intressant då det väsentligen var framåtsyftande. En revolution ansågs vara nära förestående. De som började använda begreppet RMA såg det både som något önskvärt som man ville driva fram och som en prognos.

Åsikterna om det amerikanska RMA-begreppet går starkt isär²:

- Den tekniska utvecklingen av betydelse för försvaret innebär ingen revolution. Modern informationsteknologi förändrar successivt krigföringen men inte dramatiskt.
- Vi befinner oss i början av en revolution där man endast kan ana vad den kan komma att innebära. Modern teknologi, särskilt IT, har en avgörande inverkan.
- Revolutionen har redan inträffat. Gulfkriget var det första kriget efter revolutionen. Komponenter i denna revolution var bla moderna spaningsmedel (delvis rymdbaserade), kommunikation med modern IT, precisionsstyrda vapen.

Andrew Marshalls, som började RMA-debatten i USA, och som har ett stort inflytande i Bushadministrationens försvarsöversyn, har följande kriterier för en revolution:

- Revolutionerande nya teknologier.
- Stora förändringar i (militär)doktriner.
- Nya organisationsmönster som tydligt påverkar stridens förande.
- Teknologiområden som särskilt har pekats ut i samband med RMA är:
- IT som främst innebär stora förändringar för funktioner som spaning, ledning, samband och informationsbehandling i allmänhet.
- Precisionsvapen
- Militära rymdsystem

Dessa teknologier har haft stor militär betydelse för utvecklingen av USAs försvar. Utvecklingen har pågått länge och fortsätter. Om enbart den redan timade utvecklingen på teknologisidan ska anses vara en revolution kan lämnas åt eftervärlden.

I RMA-visionen som den formulerades i mitten av 1990-talet låg en omfördelning inom materielbudgeten (forskning, utveckling, anskaffning) från traditionella plattformar till de ovan nämnda teknologierna. En större andel skulle dessutom ägnas demonstratorer, prototyper etc. Det är inte lätt att analysera den amerikanska försvarsbudgeten så att särskilda RMA-satsningar kan särskiljas, men man kan ändå konstatera att forskning och utveckling har fått en större andel under 1990-talet. Det främsta skälet till detta är dock att anskaffningen minskat efter Reaganåren.

RMA-verksamheten har legat på en relativt konstant nivå under senare delen av 1990-talet. Huvuddelen av utvecklingsmedlen har gått till traditionella plattformar. Debatten i USA indikerar följande vad gäller de närmaste årens materielbudget³:

- Materielanskaffningen behöver ökas. Arvet efter Reagan rostar.
- De flesta plattformar i budgeten har rötter i det kalla kriget. Ska alla plattformar fullföljas med planerade volymer finns det inte plats för så mycket radikalt nytt om inte försvarsbudgeten höjs avsevärt. En viss höjning är trolig men inte en radikal. För att rymma mer revolutionerande system krävs senareläggningar och volymminskningar av de planerade plattformarna. Exempel på system som tycks vara i fara är Crusader (artilleri), Comanche (helikopter), DD 21 (jagare), V 22 (vertikalstartande flygplan för marinkåren), F 22 (jaktflygplan) och joint strike fighter, JSF, (attackflygplan).
- Det behövs utrymme i budgeten för RMA-projekt, såsom IT-tunga system och helt nya plattformskoncept. Det kan innebära att man hoppar över en generation. Det är dessutom önskvärt med mer medel för demonstratorer och försöksförband.

Försvarsgrenarna, plattformindustrin och regionalpolitiker slår vakt om långt gångna projekt. En kombination av vissa volymminskningar och senareläggningar samt en viss ökning av materielbudgeten kan dock rymma lite flera "radikalt" nya objekt.

Efter det kalla kriget och Gulfriget bestämde sig USA provisoriskt för att kunna klara två medelstora krig nästan samtidigt. Ett medelstort krig är ungefär så stort som Gulfriget. Scenarierna tog upp Iran och Irak eller ett krig mellan Nord- och Sydkorea. Ett av skälen bakom tvåkrigstanken var att en inriktning mot ett krig skulle kunna locka en aktör att börja krig då USA blivit involverat i ett krig.

Inriktningen mot två medelstora krig har kritiserats av flera olika skäl:

- Det är tillräckligt att kunna genomföra ett medelstort krig. Uppstår en konflikt i någon annan del av världen kan man fördröja.
- Det behövs mindre styrkor för att klara Gulf- och Koreakrig beroende på att Nordkorea och Irak är avsevärt svagare nu än för tio år sedan.
- Det behövs resurser för smärre militära operationer.
- Andra besparingar som föreslagits är:
- Minskad truppnärvaro på tex Okinawa.
- Att överlåta uppgifter till Nato i Europa som flottsnärvaro i Nordostatlanten och Medelhavet.
- Att stänga fler militärbaser utomlands och lita till att man kan sätta in trupp på långa avstånd.
- Att successivt sänka ambitionsnivån i Europa och höja den i Asien. Ryssland anses inte längre vara ett hot, men Kina kan bli det.

Traditionellt har försvarsplaneringen varit inriktad på operationer utanför USA. Sårbarheten hos USA har dock uppmärksamrats efter ett antal terroristaktioner. Det finns därför en ambition att stärka försvaret av hemlandet - som dock bara delvis bekostas av försvarsmedel - främst inom följande områden:

- Försvar mot ballistiska robotar som kan kombineras med en ensidig minskning av den amerikanska robotstyrkan.
- Försvar av kritisk infrastruktur inklusive försvar mot "cyber" eller "information warfare",
- Skydd mot BC-terrorism.

Ny teknik en amerikansk profil

Betoningen av operationer som berör mer än en försvarsgren har inte lett till några omfattande och tydliga organisatoriska förändringar. Organisationsmönster i övrigt är traditionellt plattformsstyrt. Armén betonar något mer brigaden än divisionen jämfört med tidigare.

Men när det gäller teknik är USA framstående och även om huvuddelen av budgeten går till konventionella plattformar finns resurser för att utveckla radikalt nya system.

USA har en förkärlek för att lösa sina problem med ny teknik. De största problemen för USAs försvar blir asymmetrisk krigföring. Även med en lyckad RMA måste USA vara berett till mer konventionell krigföring i vissa fall.

Sverige och övriga Europa bör noga följa den amerikanska utvecklingen. Viss försiktighet med att ta över idéer anbefalles dock då USA har:

- Andra uppgifter och därmed delvis behöver andra medel,
- Andra ekonomiska resurser. System som är kostnadseffektiva i USAs försvar behöver inte vara det i Sveriges.
- Andra möjligheter och restriktioner vad gäller val av medel mm än tex Sverige.

Detta sagt finns det goda skäl för Sverige att försöka få information om försök med nya system och förband, särskilt inom "RMA"-områden.

USAs val av medel för hemlandsförsvar är också av stort intresse för Sverige att låta sig inspireras av.

Det är dock viktigt att vi inte förleds till en övertro på att tekniken ordnar allt. Vi måste kunna klara angelägna uppgifter även om det inte går med ny teknik.

Jan Foghelin är chef för FOIs avdelning för försvarsanalys

Fotnots:

1) van Creveld: Technology and War. From 2000 B.C. to the Present. The Free Press, New York 1991;

T. de Montbrial et J. Klein (Sous la direction de): Dictionnaire de Strategie. puf 2000. pp. 470-490;.

2)För en sammanställning se Murawiec L.: La Guerre au XXIe Siècle. Editions Odile Jacob. 2000. pp. 240-244.

3)Carlucci F, Hunter R., Khalilzad Z., Co-shairs: Taking Charge. A Bipartisan Report to the President-Elect on Foreign Policy and National Security. Transition 2001. RAND. 2001.;

O'Hanlon M.: Defense Policy Choices for the Bush Administration 2001-05. Brookings Institution Press. Washington D.C. 2001.;

Williams C. (Ed): Holding the line. U.S. Defense Alternatives for the Early 21st Century. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts_London, England. 2001;

Intervjuer i Washington: Se Foghelin och Dörfer: Kortfattad reserapport från besök i USA (Washington och New York) 2001-02-26—03-02. FOI-R—0092—SE. April 2000.

Flygblad segervapen

Som att sälja tandkräm - fast allvarigare. Samma verktyg och metoder som reklamfolket använder för att få oss byta tandkräm används för att få soldater att ge upp eller varna civila för minor. Militären måste välja mellan flygblad och kanoner.

Av Jan-Ivar Askelin

Det kallas för psyops på det internationella militärspråket. På svenska skulle det heta psykologiska operationer, men vi har inget svenskt ord.

- Det behövs inte, säger en av de få psyopsexperterna i Sverige, Anders Johansson. Vi har ju inte ens ett svenskt ord för kåldolmar.

Anders Johansson är örlogskapten i reserven med 500 bryggtimmar på minröjningsfartyget Koster. Han är högskoleutbildad informatör och undervisar på FHS i psyops och medie- och kommunikationskunskap. 1998 var han informationsansvarig på den nordisk-polska brigaden i Bosnien. Anders Johansson har lärt sig psyops USA och gick ut som kurstvåa - endast slagen av Carl A Karlsson, major i reserven, fd infochef på FHS som nu arbetar på SAS med strategi- och kommunikationsfrågor.

Psyops innebär att man med argument försöker påverka attityder och känslor som resulterar i beteenden från en enskild individ till ett helt land. Psyops syftar till en aktivitet som är kopplad till en militär aktivitet. Spin-doktorerna (se ruta) har flyttat in i staben. Man måste kunna sälja in sina attackhelikoptrar.

Något svenskt psyops finns inte. Det närmaste vi kommer är psykologisk krigföring. Den är defensiv och sköts av Styrelsen för psykologiskt försvar, SPF.

- Vi hade attackflyg, men inget attackinfo, säger Anders Johansson. SPF kan inte förena psykologiskt försvar med krigföring. Och det finns en svensk motvilja mot att aktivt förändra beteenden. Försvarsmakten är i en omställningsfas. Man har varit rustad för krig och inte för ett postkonflikttillstånd. Försvaret har skapats av ingenjörer som inte ser själen. Vi har massor med prylar och saknar innehåll. Stridsvagnar och kanoner löser inte dagens militära problem som innebär att man kommer till ett område när konflikten är över. Först gäller det att stabilisera situationen och sedan att förändra attityder och beteenden.

I krig kan psyops vara att få fienden att ge upp. I dag kan psyops vara att rädda ungdomar från att trampa på minor. Få organisationer i världen har gjort så mycket för att öka medvetandet om minfaran

som amerikanska armén. Detta visar spännvidden på psyops. Är psyops något nytt? Verktøyen för att sprida budskap har blivit effektivare sedan Hannibals tid, men han var bra på psyops.

- Vi kommer ihåg Hannibal därför att han gick över Alpna med sina elefanter, säger Carl A Karlsson. Och så tänkte vi att om han kunde göra det så var han nog mäktig. Fast han kanske bara hade ett par elefanter. Det är bilden vi skapar inom oss som är den viktiga.

Verkliga och skapade hot

Det stora genombrottet för psyops kom med Gulfkriget där irakiska soldater gav upp förbandsvis. Psyopskampanjen planerades parallellt med den militära operationen. Målgruppen var de enkla irakiska soldaterna. De var rädda, trötta, hungriga och utkommenderade för att kanske dö i öknen. Man spelade på förväntningar (bombarna) och upplevelsen (död eller liv). Budskapet var enkelt: I går bombades förbandet intill och i morgon är det er tur. Tag detta flygblad och gå mot våra ställningar och rädda livet. Det var enkelt att mäta kampanjens framgång. Det var bara att räkna de som gav upp.

Men irakierna var inte dåliga på psyops. Iraks avsikt var att skapa störningar i Väst. Hur gör man detta enklast och snabbast? Jo, man sprider ett rykte om att terrorattacker planeras mot flygplatser i Europa och USA. Inte en bomb smällde, inte en terrorist dök upp. Det räckte bra med de bilder vi skapade själva. Sverige fick kalla in beredskapspolis. Turist- och affärsresor bokades av panikartat.

En annan lyckad psyopsinsats var att Irak övertygade Israel och alliansen om att hotet med gasladdade Scudrobotar var verkligt. Jakten på Scudrobotarna drog stora resurser samtidigt som mycken diplomatisk möda fick ägnas åt att hålla Israel utanför kriget för att inte alliansen skulle spricka.

Stridsvagnar eller TV-tid

I postkonfliktvärlden har man inte en fiende som ska handla på ett visst sätt utan det kan gälla att få civila att förstå att det kan ligga minor i terrängen. Så här gjorde SFOR i Bosnien:

Målgruppen var pojkar. De drabbades svårt av landminor eftersom de lekte i terrängen. Budskapet att minor är farliga fungerade inte. Pojkarna hade sett för mycket av krig och vant sig. Däremot var de rädda för att inte få vara med sina kompisar. Vad har bosniska pojkar gemensamt? De är fotbollstokiga. Hur ska budskapet spridas? På en fotboll. Hur ska budskapet se ut? En bild på en ebent pojke som står utanför planen och ser polarna spela.

Det är sådant här som framtidens militärer måste kunna. Och då kommer man till en av de svåraste frågorna. Att välja mellan hårdvara och mjukvara, att välja mellan en stridsvagn och TV-tid. En stridsvagn kostar cirka 50 miljoner. För denna summa får man, tror Carl A Karlsson, en bra kampanj som på sex veckor minskar antalet minoffer med 80 procent. För en mindre summa kan sedan kampanjen hållas levande och minolyckorna på en låg nivå.

Efter Iraks invasion av Kuwait satsade exilkwaiter motsvarande två stridsvagnar på psyops riktat mot den amerikanska publiken som enligt vad många anser starkt bidrog till att USA grep in militärt.

Innehållet viktigare än teknik

Carl A Karlsson ser tre utmaningar för att få en större förståelse för betydelsen av psyops.

- Vetenskapen måste inse att perception är lika viktigt som t ex laserteknologi
- Politiker måste förstå att detta verktyg inte bara finns utan att det också behövs
- Militärer måste kunna värdera psyops i förhållande till t ex stridsvagnar.
- - Teknik är nog bra, men innehållet är viktigast, menar Anders Johansson och ser följande hinder för psyops:
 - Kunskapen är för dålig
 - Konkurrens inom försvarsmakterna mellan psyops och hårdvara
 - Oklart vem som ska betala.

Internationellt är USA ledande. Man har hållit på längst, byggt upp en organisation och använt psyops på fältet. Britter, fransmän och tyskar börjar också komma igång. USA startade i stor skala i Bosnien, men man har inte uthållighet för att driva detta i årtal. I Kosovo arbetar drygt hundra personer med psyops. Två av dessa är svenskar. Det finns en psyopsofficer i den svenska bataljonen och den andra svensken finns i den brittiska brigaden.

Carl A Karlssons vision är att vi ska kunna sända en psyopsgrupp på fem personer på internationellt uppdrag. Vi borde ha fyra grupper organiserade i Sverige och när det drar ihop sig till ett internationellt uppdrag kopplar man upp sig till universitet och liknande.

I den svenska officersutbildningen är psyops något som stoppas in i mån av tid och intresse. Man kan läsa mellan två och fem veckor vilket ger 2-5 poäng. Nästa år ingår psyops i det sk fackprogrammet på FHS och ingår i ämnet medie- och kommunikationsvetenskap med inriktning på kriskommunikation. Den kursen är öppen även för civila. Dessutom finns en veckokurs inom ramen för den frivilliga befälsutbildningen. Kursen ger en bra bild av hur man tänker psyops och hur psyops hanteras i militära staber.

Jan-Ivar Askelin är redaktör för Framsyn.

”Sanningen får man skapa själv”

På 1950-talet betydde ordet spin i USA vilseleda. Efter 20 år hade ordets negativa klang förändrats till det mer neutrala - att bättra på sanningen. Man skulle som en kastare i baseball sätta en skruv, spin, på bollen så att den såg ut att gå i bana som inte riktigt var den verkliga. Man skulle vända en besvärlig fråga så att den blev till ens fördel. Företeelsen blev vanlig i den amerikanska inrikespolitiken och 1983 myntades begreppet spin doctor av Jack Rosenthal, krönikör i New York Times. I mediaexplosionens tidevarv, varje dag utsätts vi för 6000 kommersiella budskap, sägs det inte finnas någon annan sanning än den man skapar själv. Det har gått så långt att det hävdas att en anledning till att så få i USA tror på att det finns en sanning är att en stor del av medelklassen arbetar med att frisera den. Något bra svenskt ord för spin doctor finns inte. Nyhetsfrisör är ett förslag. Den som vill pröva din talang för att bli en spin doctor kan gå till www.guardian.co.uk/quiz/. Själv visade jag en fallenhet för yrket. Ännu bättre skulle det bli om jag ”kunda odla min grymma sida.”

En spin doctor är inte snäll.

Jan-Ivar Askelin.

Frisk luft en bristvara för ubåtsfolket



I hamn kan ubåtsmannen känna den friska luften. Inne i ubåten vandrar luftmolekylerna mellan reningsfilter, lungor och fartygets alla vinklar och vrår.

Ubåtarna stannar allt längre i djupet. Långtidseffekter av luftföroreningar som i vanlig miljö är ofarliga måste nu utredas. Det läggs ett tidsödande pussel med bitar som gastyck, ämnens giftighet, ämnesomsättning och kroppens eget försvar mot giftiga ämnen.

Av Kristina Jansson och Hans Grönkvist

Med luftberoende maskineri kan ubåtar stanna längre tider i undervattensläge. Möjlig tid i undervattensläge, utan snorkling, är idag mer än en vecka mot tidigare några dagar. Besättningar

kommer därför att vistas längre tider i slutna utrymmen utan att luften byts. Det är därför allt viktigare att kartlägga eventuella hälso- och arbetsmiljörisker.

Personal i konventionella dieselelektriska ubåtar tycks inte ha någon översjuklighet på varken kort eller lång sikt. Det visar en omfattande litteraturstudie över vetenskapliga publika tioner som avhandlar sjukligheten hos ubåtspersonal som sektionen Navalmedicin vid Forsvarsmaktens dykeri och navalmedicinska centrum, DNC gjort i samarbete med Lunds universitet. Jämfört med konventionella dieselelektriska ubåtar medför luftoberoende drift en delvis ny situation som följdaktligen måste utvärderas. Atomubåtar däremot har, till följd av sin goda energitillgång, helt andra förutsättningar att skapa en ren atmosfär ombord.

Navalmedicin har i samarbete med FOI och första ubåtsflottiljen börjat dokumentera vilka kemikalier som bör, respektive inte bör, hanteras ombord. Målsättningen är att kartlägga eventuella riskkemikalier och minska både antalet produkter och mängden kemikalier ombord för att klara arbetsmiljökraven, men också miljökravet gentemot omgivningen.

Kemiska hälsorisker

I den slutna arbetsmiljön ombord förekommer inte bara luftföroreningar i form av damm, ångor och gaser. Individerna kan också påverkas av stänk, spill och dålig hygien. Vissa ämnen verkar redan vid första kontakten. Andra ger sig tillkänna först efter en längre tids exponering. För att kunna bedöma riskerna vid hantering av kemiska ämnen fordras kunskaper om hur människan reagerar på olika ämnen sedan de tagits upp i kroppen. Läran om gifter och deras verkan på organismen benämns toxikologi.

Reaktionen hos en individ som utsätts för en giftig kemisk substans är beroende av många faktorer. Responsen har i allmänhet en biokemisk grund, men kan resultera i olika typer av toxiska effekter. Dessa brukar kategoriseras beroende på vilken typ av påverkan som gör sig gällande:

- Direkta vävnadsskador
- Farmakologiska, fysiologiska och biokemiska effekter (gifters påverkan på cellernas funktion och växelverkan med biologiska molekyler, t ex proteiner)
- Reproduktionsskadande effekter (interaktioner med könshormoner och deras verkan på äggstockar och testiklar)
- Fosterskadande effekter
- Immunologiska effekter (hämmande eller aktiverande verkan på immunsystemet, tex allergiska reaktioner eller andra typer av överkänslighetsreaktioner)
- Mutagena effekter (effekter på arvsmassan)
- Cancerframkallande effekter

Hygieniska gränsvärden

Arbetskyddsstyrelsen utfärdar föreskrifter om hygieniska gränsvärden. När man hanterar ämnen som kan ge upphov till flyktiga gaser, ångor, dimma eller damm finns det risk för att man andas in dessa i hälsofarliga mängder. Det hygieniska gränsvärdet anger ungefär var gränsen för riskabla mängder går, men det finns alltid människor som känner obehag vid koncentrationer under gränsvärdet. Skadeverkningarna av de flesta kemiska ämnen är dessutom ofullständigt utredda. Ett gränsvärde kan ändras med ny kunskap.

En stor del av toxikologiska data berör kemikaliers korttidsverkan. Studier av långtidseffekter är inte lika vanliga och är ofta baserade på industriarbetare, som i allmänhet exponeras för relativt höga koncentrationer under en åttatimmars arbetsdag, fem dagar i veckan. Mycket få data finns för kontinuerlig exponering med låga koncentrationer under längre tider, vilket är fallet för ubåtsbesättningarna. Arbetslivsinstitutet har åt DNC Navalmedicin utarbetat ett förslag till omräkning av hygieniska gränsvärden från åtta timmars exponering per dag, fem dagar i veckan, till långtidsexponering.

Luftföroreningar

Långa tider i undervattensläge, utan snorkling, medför att en större andel luftföroreningar kan ansamlas i den slutna ubåtsatmosfären om luftreningen är otillräcklig.

Det finns många frågor, men få svar:

- Sönderfaller dessa kemiska substanser efter en tid? Och i så fall i vilka beståndsdelar?
- Påverkas vissa ämnen av atmosfären ombord och blir mer eller mindre reaktiva efter en tid?
- Kan nya kemiska föreningar bildas med påtagliga hälsoeffekter?

Slutna arbetsmiljöer med kontinuerlig exponering för organiska ämnen (kolväten) såsom nafta, dieselbrännolja, vapenfett och olika smörjolja kan utgöra en hälsorisk om luftreningen är otillräcklig. Petroleumprodukters toxicitet, i synnerhet begagnade sådana som varit utsatta för höga tryck och temperaturer, anses generellt bero på innehållet av cancerogena polyaromatiska kolväten (PAH) och nitrosaminer, men också på frekvent förekommande tillsatssämen, s k additiv. Additiven kan förekomma i halter upp till 30 procent och är många gånger bristfälligt utredda m a p toxicitet.

Organiska lösningsmedel i produkter såsom drivmedel, prestolitväska (polyesterplast) och kontaktlim kan utgöra en annan hälsorisk ombord. Organiska lösningsmedel är i allmänhet mycket lättflyktiga och absorberas snabbt via lungorna. Toxiciteten hos dessa lösningsmedel utgörs i huvudsak av effekter på nervsystemet. Vissa lösningsmedel kan också orsaka lever- och njurskador vid långtidsexponering. Glykoletrar, i bl a golvpolsprodukter, kan ge effekter på centrala nervsystemet, blodet och njurarna. Många glykoletrar är dessutom fortplantningsskadande.

Samtidig exponering för flera luftföroreningar kan ge toxikologiska samverkans effekter, dvs en kemisk substans kan förstärka eller motverka toxiciteten av en annan substans. Dessa samverkans effekter är till stor del okända! Extrema miljöer med abnorma temperaturer, vätskebrist i vävnader och blod och oxygenbrist (syrebrist) i kroppsvävnaderna kan dramatiskt förändra kemiska ämnens biologiska effekter, i synnerhet vid exponering för flera luftföroreningar samtidigt. Stress och infektioner kan också bidra till att försämra förmågan att motstå toxiska ämnen.

Hyperbar arbetsmiljö

En sluten arbetsmiljö med ett förhöjt omgivningstryck kallas för en hyperbar miljö. Under normala förhållanden är trycket i en ubåt ungefär detsamma som vid havsytan, dvs 1 atmosfär. Kortvariga och mindre tryckvariationer kan förekomma i samband med snorkling och drift av dieselmaskineriet. I en haverisituation däremot kan ett betydande övertryck uppstå, tex beroende på vatteninträngning. Ett ökat omgivningstryck innebär att trycket som varje enskild gas utövar på omgivningen, det s k partialtrycket av gasen, ökar. Ökade partialtryck av toxiska gaser kan ge effekter även vid mycket låga koncentrationer, som vid normala atmosfärstryck inte utgör några problem. En haverisituation medför sannolikt också att det inte går att ventiler ubåten. Höga partialtryck av giftiga brandgaser, koldioxid och andra föroreningar kan resultera i en ökad toxicitet.

Förhöjda tryck och toxicitet

Vi vet mycket lite om toxikologiska samverkans effekter och toxicitetens beroende av partialtrycket. Partialtryckets effekt på gasers verkan och toxicitet är sannolikt störst för de luftföroreningar som utövar en systemeffekt. Substansen absorberas till blodbanan, fördelas och sprids till specifika målorgan (tex lever, njurar, centrala nervsystemet) och utövar där sin toxiska effekt. Substansen absorberas till följd av en tryckgradient (en förändring av trycket per längdenhet, med ett fallande tryck utifrån och in) mellan lungalveolerna (lungblåsor där gasutbytet sker) och blodbanan. Ett ökat omgivningstryck ger ett ökat partialtryck av gasen. Detta i sin tur ökar hastigheten med vilken gasen löser sig i blodet och också mängden gas som kan lösas i kroppen. Sammantaget leder detta till en ökad toxicitet.

För de gaser som har en måttligt irriterande lokal effekt, dvs ej absorberas till blodbanan, är partialtrycket troligtvis av mindre betydelse.

Ökade partialtryck påverkar inte bara absorptionen av luftföroreningar, utan troligen också hur gaserna fördelas, sprids och bryts ned i kroppen. Ett ökat tryck ger en högre gastäthet och kräver därför ett större andningsarbete, vilket kan påverka andningsmönstret. Detta i sin tur kan förändra gasutbytet i lungorna och effekten kan bli en ökad toxicitet.

Ett förhöjt omgivningstryck kan förändra mängden löst oxygen och koldioxid i blodet. Eftersom oxygen och koldioxid har en stor metabolisk och fysiologisk aktivitet i kroppen kan förändrade partialtryck av dessa gaser, tillsammans med luftföroreningar, leda till förändrade metaboliska och fysiologiska förlopp. En förändrad metabolism (ämnesomsättning) kan drastiskt påverka toxiciteten av luftföroreningar och resultera i helt andra biologiska effekter än man förväntar sig!

Nedbrytning av kemiska substanser

De flesta icke-kroppsegna kemiska substanser är fettlösliga föreningar, som är svåra att utsöndra och lätt återabsorberas i tarm eller njure. Genom kroppens biotransformation omvandlas dessa substanser till mer vattenlösliga föreningar, som lätt utsöndras med urinen. Biotransformationen oskadliggör substansen, genom att förändra dess biologiska verkan, och bidrar till att lättare eliminera den ur kroppen. Tiden för skadeverkningar minskar och ackumulering i framförallt fettvävnad undviks. Ibland sker dock en biotransformation som ökar substansens toxicitet.

Biotransformationen utförs av specifika avgiftningsenzymer. De avgiftningsvägar som används bestäms av substansens struktur, dess kemiska och fysikaliska egenskaper och tillgängligheten av enzymer. Ett

stort antal kemiska föreningar verkar genom att hämma dessa avgiftningsevenzymer. Oxygenbrist i kroppsvävnader och kraftig nedkylning kan ha liknande effekt. Enzymaktiviteten minskar och substansen blir kvar i kroppen i oförändrat skick och kan där utöva sin toxiska effekt. En blockerad avgiftningsväg, till följd av ett hämmat enzym, kan också medföra alternativa avgiftningsvägar. Konsekvensen kan bli att en kemisk substans biotransformeras till en substans med högre toxicitet än ursprungsmolekylen! För att kunna förutsäga en kemisk substans toxiska verkan är det därför av stor vikt att ha kunskap om substansens metabolism under normala betingelser. Bland exponeringar och extrema miljöer komplicerar den toxikologiska bedömningen avsevärt!

Yrkestoxikologiskt arbete

Utöver det löpande arbetet med att kartlägga eventuella riskkemikalier i ubåtsmiljön pågår också annat yrkestoxikologiskt arbete. Haloner (brandsläckning), freoner (kylmedium, brandsläckning) och flamskyddsmedel (används i elektronik, plast, textil mm) förekommer på de flesta fartyg i marinen. Vissa freoner och haloner har, vid höga koncentrationer, misstänkts kunna framkalla oregelbundenhet i hjärtats slag och centralnervösa symptom. Många flamskyddsmedel är fettlösliga med långa halveringstider och har därför egenskapen att kunna bioackumuleras, dvs de lagras i fettvävnad och blir kvar där under en längre tid. Långtidseffekterna av dessa kemikalier är därför omdebatterade och under toxikologisk utredning. Internationellt pågår arbete med att klarlägga eventuella samverkans effekter av koldioxid och kolmonoxid. Dessa gaser bildas i de flesta typer av förbränningsmotorer.

Behov av kompetens och forskning

Utbudet av kemiska produkter är mycket stort och varierande. Vid val av produkter krävs bla kunskaper om funktion, hälsa och miljö. Vilka produkter kan man avvara helt? Vilka kan man inte avvara? Och vilka kemikalier kan bytas ut mot mindre hälsovådliga?

Arbetet med att göra toxikologiska bedömningar är mycket komplext och är till stor del beroende av forskning. Litteratursökningar, tolkningar och sammanställningar av befintliga data är mycket tidsödande och kräver djupa kunskaper. Tillgången till internationella forskningsresultat på området är begränsad. Det finns också en osäkerhet i öppen publicerad vetenskaplig litteratur. Informationen kan vara selekterad, eller på annat sätt ofullständig, av sekretessskäl. Sveriges internationella samarbete med bla Nato, i ubåtsräddningssammanhang, ger möjlighet till kontakt med navalmedicinsk kompetens inom Nato, men en osäkerhet kvarstår ändå i den information vi tillåts ta del av. Ubåtar med luftoberoende maskineri är en unik arbetsmiljö som motiverar att försvaret engagerar sig i forskningen på området.

Detta område framåt Kristina



yrkestoxikologiska, och mycket expansiva, arbetsfält har visat sig vara ett eftersatt och det finns inom FM ett stort behov av både kompetens och personal för att driva arbetet på ett professionellt sätt!

Jansson är mariningenjör och biokemist. Hans Grönkvist är dykeriöverläkare, båda vid Forsvarsmaktens dykeri- och navalmedicinska centrum, DNC, Berga.

Gammal luft blir som ny

För att människor ska kunna vistas i en ubåt i undervattensläge en längre tid måste luften tillföras syre samt rensas från främst koldioxid men även från andra ämnen som t ex kolväten, vätgas och kolmonoxid.

