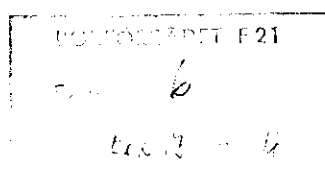


1	Introduktion
2	Jorden och dess koordinater
3	Geofysik
4	Tid
5	Kartor
6	Navigeringsbegrepp
7	Datorer
8	Autonoma givare och givarsystem
9	Radiosystem
10	Radar
11	Presentationshjälpmedel
12	Flygtrafikledning
13	Manuell navigering
14	Automatisk navigering
15	Landning, system och metoder
16	Telestörning
17	Litteraturförteckning
18	Benämningar och begrepp
19	Bilagor
20	

Flygvapnets NAVIGERINGS- HANDBOK



CHEFEN FÖR FLYGVAPNET

1977-05-27

633:61451
TFO 77020

FV navigeringshandbok fastställes. Handboken är avsedd att användas vid utbildning i navigering och ersätter »Lärobok i luftnavigation och instrumentinflygning», utgiven 1951, vilken utgår.

D Stenberg
Chef för flygvapnet

/Jan Oterdahl
Chef för Flygstabens sektion 1

Utarbetad och tryckt av:
AB Teleplan, Solna, 1977

Förrådsbeteckning: M7748-501812
Förrådsbenämning: FV Navigerings-
handbok

Distribution:
Försvarets Bok- och Blankettförråd, Bokdetaljen
Fack, 172 20 Sundbyberg 1

INNEHÅLL

1	INTRODUKTION	3
1.1	Målsättning och innehåll	3
1.2	Definitioner	4
1.3	Historik	5
1.4	Navigering	6
1.5	Källor för navigeringsinformation	9

1 INTRODUKTION

1.1 MÅLSÄTTNING OCH INNEHÅLL

Sedan lång tid tillbaka har behov förelegat av en ny lärobok i luftnavigation. Nya flygplan och navigeringshjälpmedel och ny teknik har vuxit fram allt mer under senare år. Samtidigt har fordringarna ökat på flygförarna och flygplanssystemens användare. Syftet med denna handbok i navigering är att tillgodose såväl de traditionella som de av den tekniska utvecklingen framkallade behoven.

Handboken är relativt omfattande. Den skall i enlighet med målsättningen kunna användas av ett antal olika intressenter nämligen:

Flyglärare	– lärobok
Flygförare	– lärobok, handbok
Operativ och teknisk stabspersonal	– lärobok, uppslagsbok
Övriga intressenter	– uppslagsbok, referensbok

Med tanke på den olikartade bakgrunden hos de olika intressenterna, har handbokens avsnitt olika djup. De enskilda kapitlen vänder sig till olika läsargrupper varför vissa avsnitt är mer praktiskt inriktade än andra.

En handbok av den här karaktären är omöjlig att göra tidlös. Utvecklingen inom området navigering är mycket intensiv och rik på nya tekniska framsteg. Den navigationstekniska standarden som återges i boken är aktuell för de första åren under 1970-talet.

Den första delen av boken behandlar de för navigation grundläggande kunskapsområdena. I kap 2 beskrivs jorden och dess koordinater med en inriktning på navigationstekniska begrepp såsom meridian, parallell, loxodrom osv. I kap 3 diskuteras några geofysikaliska fenomen exempelvis gravitation, jordmagnetism, vågutbredningsförhållanden samt meteorologi. I kap 4 behandlas tid ur olika aspekter, medan i kap 5 olika kartor diskuteras. Kartan är ett viktigt hjälpmedel vid navigation och eftersom ingen karta exakt kan återge verkligheten, är det väsentligt att känna olika kartprojektioners begränsningar och användbarhet vid olika förhållanden.

I kap 6 upptas navigeringsbegrepp, som är centrala i navigationssammanhang. En position anges alltid i något koordinatsystem. Koordinatsystemen kan exempelvis vara i rörelse relativt varandra. Metoder att bestämma en position beskrivs, liksom noggrannhetsbegreppet och de felstatistikstermer som används i samband med navigering och positionsbestämning. Kap 6 tjänar även som en introduktion till fortsättningen på handboken, som behandlar de tekniska hjälpmedel som finns att tillgå för navigeringen.

I kap 7 beskrivs analoga och digitala datorer. Den vanligaste datorterminologin förklaras och tillämpningar med flygplandatorer diskuteras. I kap 8 ges en översikt av autonoma givare och givarsystem ombord på ett flygplan. Autonom betyder självstyrande och avser i detta sammanhang system som är oberoende av utrustning utanför flygplanet. De givarsystem som beskrivs är luftdatasystem, accelerometrar, gyron, olika kursgivare, sextanter, dopplarfartmätare, radarhöjdmätare, tröghetsnavigeringssystem samt tidmätande system.

I kap 9 behandlas icke-autonoma system exempelvis radiosystem för riktning- och bäringsmätning såsom pejl, talfyr, Consol och VOR. Kombinationen avstånd- och riktning- eller bäringsmätning med VOR/DME, Tacan, Vortac,

Anita eller Barbro beskrivs, liksom hyperbelsystemen Decca, Loran och Omega samt satellitsystem.

I kap 10 ges en introduktion till radar. De grundläggande radarbegreppen och uppbyggnaden och funktionen hos en radar beskrivs. Markradar och flygburen radar med olika användningsområden diskuteras, med en betoning på radarns användning för navigering. I slutet av kap 10 ges en kort presentation av sekundärradar och igenkänningsutrustning.

En navigeringsutrustning är till sin användbarhet starkt beroende av hur den givna navigeringsinformationen presenteras. I kap 11 beskrivs några presentationsformer, dels de primära indikatorerna såsom höjd-, fart- och kursinstrument, dels de mer komplexa navigeringsindikatorerna som kartinstrument och siktlinjesindikatorer, och slutligen varnings- och övervakningsindikatorer.

Beträffande flygtrafikledning ges en kort orientering i kap 12, där även några tänkbara kollisionvarningssystem behandlas.

Det kapitel i navigeringshandboken som är mest praktiskt inriktat är kap 13. Där beskrivs de manuella och grundläggande navigeringsmetoderna, den metodik som präglar en typisk navigeringsflygning samt tillämpningsexempel på flygningar under olika uppdragsbetingelser. I kap 14 ges en redogörelse för de automatiska navigeringsmetoderna och systemen.

Landning behandlas i kap 15. Inflygnings- och landningsprocedurer beskrivs liksom de begrepp som berör landningsförloppet. De olika landningshjälpmedlen, som kan ge sidlägesinformation, höjdlägesinformation och/eller avståndsinformation presenteras. Vidare avhandlas i korthet de normer som tillämpas för beräkning av noggrannhet och landningsminima.

I kap 16 slutligen ges en orientering om telestörningar som påverkar navigationen. Det kan gälla oavsiktliga urladdnings- och instrumentstörningar, påverkan från ogynnsam elmiljö eller vågutbredningsfenomen. De avsiktliga störningarna, som kan uppträda och omöjliggöra användningen av ett eller flera navigeringshjälpmedel ges en kortfattad framställning begränsad av den okända karaktär dessa störningar har.

Kap 17 innehåller de referenser, som tjänat som underlag för denna handbok. Den som önskar ytterligare information i något speciellt ämnesområde hänvisas till den angivna litteraturen, som är upptagen i kapitelordning.

I begreppslistan i kap 18 ges ordförklaringar med hänvisningar till de aktuella avsnitten i handboken. Samtidigt förklaras och definieras väsentliga förkortningar.

1.2 DEFINITIONER

Ordet navigera kommer från de två latinska orden, *navis*, vilket betyder skepp, och *agere*, vilket betyder inrikta eller förflytta. Begreppet navigation kan definieras som den aktivitet som krävs för att leda och övervaka en förflyttning av ett objekt från en plats till en annan, varvid man säges navigera. Ordet navigering är en substantivering av verbet navigera och detta ord används ofta parallellt med ordet navigation. Detta ord är av historiska skäl bundet vid sjöfarten. Begreppet har emellertid blivit generellt och gäller förflyttning av varje objekt från en bestämd plats till en annan bestämd plats. Av definitionen framgår att man måste ha en viss målsättning för företaget, nämligen att förflytta sig till en viss plats, vanligen kallad destination. Vidare måste startpunkten eller startpositionen

vara känd samt positionen under förflyttning för att kontinuerligt möjliggöra en inriktning mot destinationen.

I det följande skall navigering av flygplan behandlas vilket på svenska kommit att kallas luftnavigering (eng air navigation). I den anglo-saxiska världen har de synonyma orden avigation och aerial navigation tidvis kommit till användning men är numera ur bruk till förmån för det ovan nämnda.

Luftnavigering innebär bestämning av geografisk position och flyghöjd samt beräkning av order för styrning av luftfarkosten i önskad riktning relativt jorden.

Vid luftnavigering föreligger vissa speciella förutsättningar av vilka de främsta är följande.

Behov av kontinuerlig förflyttning. En farkost till lands eller sjöss kan stoppa förflyttningen för att lösa akuta problem eller för att invänta bättre förhållanden. De flesta luftfarkoster måste fortsätta färden.

Begränsad flygtid. De flesta luftfarkoster kan hållas i luften endast under relativt korta tidsintervall. Detta medför bl a krav på bränsleberäkningar.

Hög fart. Navigering av snabba flygplan kräver detaljerad förplanering samt navigationsmetoder och procedurer som kan utnyttjas snabbt och effektivt.

Väderinverkan. Vädrets inverkan på optisk sikt påverkar tillgängligheten av landmärken samt möjligheterna att utföra start och landning. Vinden har en mer direkt inverkan på luftfarkoster än på andra farkoster.

En allmän synpunkt är också att för enstaka farkoster är huvudproblemet att finna rätt väg till målet varvid dock exempelvis vädrets inverkan kan medföra att man modifierar den planerade färdvägen.

Med ökande trafik uppkommer emellertid risk för kollisioner samt köbildning vid terminaler varav följer krav på trafikledning och utnyttjande av särskild utrustning ombord på farkosten i syfte att höja effektiviteten (trafikavvecklingen) och säkerheten. En till dessa problem kopplad frågeställning är också med vilken noggrannhet man bör utföra navigeringen.

1.3 HISTORIK

Människan har utnyttjat någon form av navigation sedan hon började avlägsna sig från sin närmaste omgivning på färder mot bestämda mål. Tidigt användes rökpelare om dagen och eldsken om natten samt olika landmärken som riktmärken vid färder till lands och längs kuster. De första kartorna var en beskrivning av landmärken längs den tänkta färdvägen.

Fenicier och greker gjorde tidigt längre resor till havs. De utnyttjade primitiva kartor och de gjorde observationer av solen och polstjärnan för bestämning av tid och färdriktning. Det äldsta instrumentet inom navigationen torde vara timglaset för tidmätning. På 1100-talet utvecklades det så kallade astrolabiet för kurs- och positionsbestämning, en rund skiva med visare och kursskala samt med himlakropparnas lägen inritade på skivan. Vid denna tid började också magnetkompassen för kursbestämning komma i bruk.

Den äldsta metoden att mäta ett fartygs (segelfartyg) fart är troligen att uppskatta vindstyrkan genom att observera våghöjd, vita gäss m m. En annan

metod är att från fartyget släppa ut ett rep med en tyngd i änden samt med knopar på jämna avstånd längs repet. Antalet knopar som per tidsenhet försvinner ner i vattnet är ett mått på fartygets fart genom vattnet. En gammal navigationsmetod som grundar sig på fartmätning är *dödräkning*. Detta innebär att man med hjälp av startposition, mätt eller beräknad fart samt kurs kan uppskatta sin aktuella position.

Det var emellertid först på 1700-talet som kronometern och sextanten uppfanns, och det var först med dessa instrument man kunde göra noggranna positionsbestämningar till sjöss. En sådan positionsbestämning innebär bestämning av fartygets läge relativt en himlakropp, vilken utgör en fast referenspunkt. Denna typ av positionsbestämning, ofta kallad *fixtagning*, skiljer sig alltså principiellt från metoden med dödräkning. Alltsedan 1700-talet utnyttjas dessa två metoder för positionsbestämning parallellt emedan de på ett naturligt sätt kompletterar varandra, vilket vi senare skall studera mera i detalj.

Under 1800-talet förfinades de nämnda hjälpmedlen och metoderna men ingenting principiellt nytt framkom förrän i början av 1900-talet. Utvecklingen inom naturvetenskaperna medförde då att först gyrokompassen och sedan även olika radiotekniska hjälpmedel för kurs- och positionsbestämning kom i bruk. Under 1900-talet har utvecklingen gått allt snabbare och ett stort antal nya hjälpmedel och metoder för navigation har kommit i bruk. Exempel på dessa är radionavigeringssystem och tröghetsnavigeringssystem.

Navigation betraktas gärna av utövaren som en konst och ett gott resultat beror ofta på navigatörens skicklighet och fantasi. Under senare tid har emellertid navigation blivit mindre beroende av navigatören på grund av en ökande grad av automatisering. Det troliga är emellertid att människan alltid kommer att behövas för att övervaka de alltmer komplexa navigeringssystemen.

1.4 NAVIGERING

Navigeringsförloppet kan åskådliggöras med ett blockschema, se bild 1.1.

Målsättning. Fastställande av målsättningen innebär ett val av destination, ankomsttidpunkt och färsätt.

Färdlinje. Val av färdlinje innebär att en färdväg (route eller rutt) väljs så att den fastställda målsättningen kan fullföljas, med iakttagande av gällande trafikregler.

Styrparametrar. För att kunna följa den valda färdlinjen och hålla tidtabellen måste objektet styras. Därför väljs lämpliga värden på styrparametrarna, dvs på kurs, fart, höjd och hålltider.

Manövrering. Vid manövreringen utförs den styrning och övervakning av objektet, som erfordras. Därvid påverkas objektets *läge*.

Begreppet återkoppling är av stor betydelse för förståelsen av olika problem inom navigeringen. Med återkoppling menas att utsignalen (*ärvärdet*) från den process som skall styras återförs till systemets ingång (se bild 1.2) och jämförs med det önskade värdet på utsignalen (*börvärdet*). Skillnaden mellan ärvärde och börvärde, *felsignalen*, kan sedan utnyttjas för att styra processen så att en korrekt utsignal (= börvärdet) erhålls.

Återkopplade system är mycket vanliga. Vid bilkörning noterar föraren bilens läge, kurs och fart med ögonen. Detta jämförs med önskat läge, kurs och fart varefter korrigerande signaler överförs via händer och fötter till bilens styr-

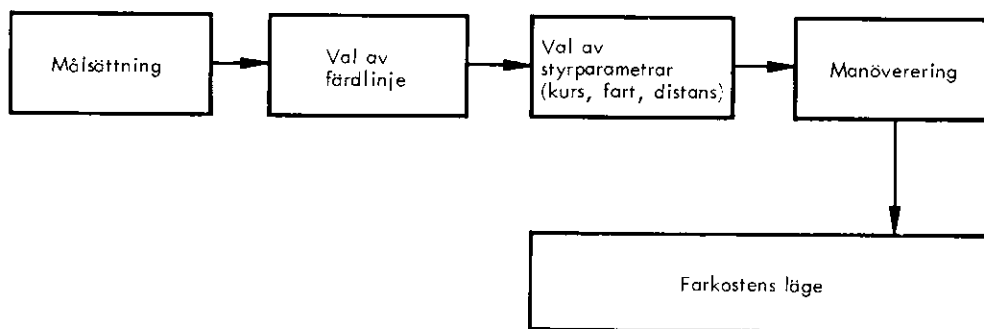


Bild 1.1 Navigeringsförloppet

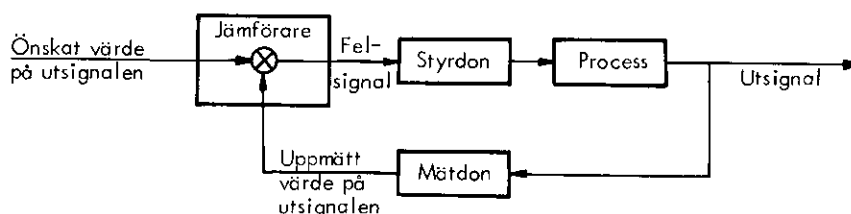


Bild 1.2 Återkoppling av utsignal till styrsystemets ingång

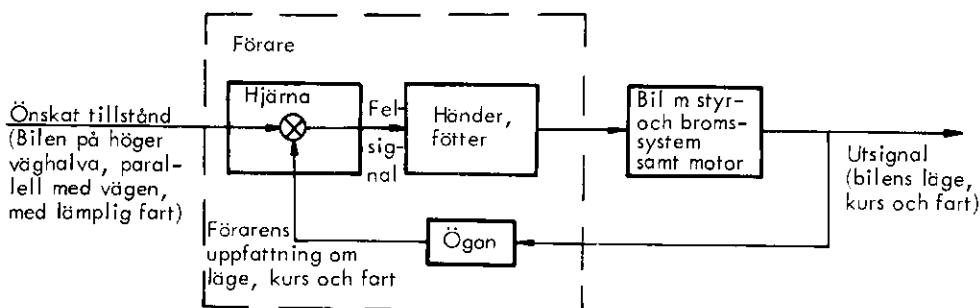


Bild 1.3 Bilkörning är ett återkopplat styrsystem

broms- samt framdrivningssystem. Se bild 1.3. Andra exempel är elektroniska förstärkare samt olika reglersystem som bland annat förekommer i flygplan.

Bild 1.4 visar ett blockschema över navigering sett som ett återkopplat system. Den centrala kolumnen är i princip densamma som på bild 1.1. Den egentliga navigeringsprocessen framgår av den högra delen av bilden och innehåller tre återkopplingslingor

Styrslinga. Farkostens läge följs upp genom att man med olika hjälpmedel bestämmer positionen. Eventuella skillnader från önskad position medför tilläggsinstruktioner för kurs, fart och manövrering.

Kurs- och fartslinga. Farkostens aktuella kurs och fart mäts med olika navigeringsinstrument. Eventuella skillnader från önskad fart och kurs medför tilläggsinstruktioner för manövrering.

Manöverslinga. Farkostens acceleration mäts antingen med instrument eller genom bedömning och farkosten styrs efter dessa signaler.

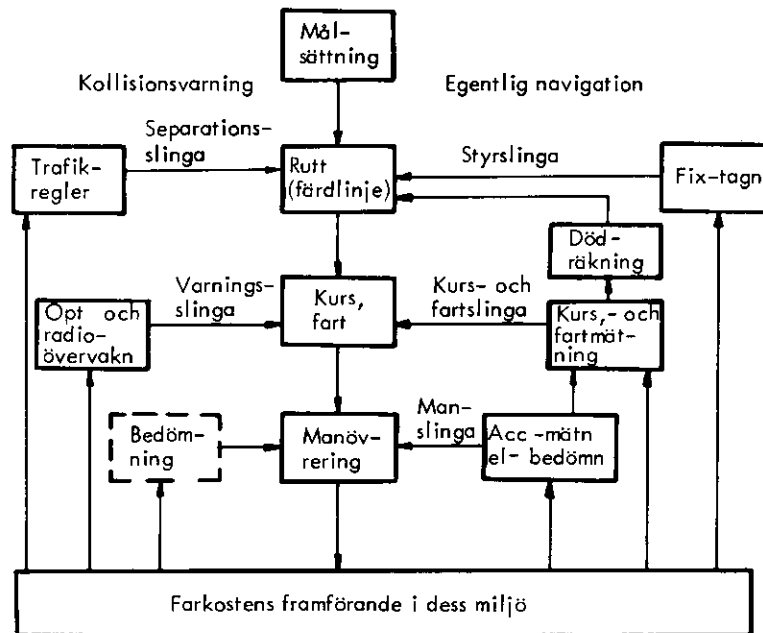


Bild 1.4 Navigering är ett återkopplat styrsystem

Det är intressant att notera att vid sjömätningar och övervakningsuppdrag m m lägger man huvudvikten vid styrslingan ty positionen är det väsentliga i detta fall. Vid avancerad flygning, segling och liknande ligger å andra sidan huvudvikten vid manövreringen av farkosten. Det speciella med navigering är att kurs- och fartslingan är en väsentlig faktor.

Beträffande positionsbestämningen i styrslingan ser vi att denna kan utföras på två sätt, dels med fixtagning dels med dödräkning.

Med fixtagning avses positionsbestämning med hjälp av yttre referenser, exempel är stjärn- och radionavigering.

Med *dödräkning* avses metoden att genom integration av hastighetsvektorn (kurs och fart) med avseende på tiden, utgående från startposition, erhålla aktuell position. Detta visas på bild 1.5 som även visar att hastighetsvektorn kan erhållas genom integration av uppmätt acceleration. Dödräkning kan utnyttjas för såväl prediktering som beräkning av position. Färdplanering innehåller alltså ett element av dödräkning.

Vid dödräkning integreras eventuella fel i kurs och fart och ger en positionsuppfattning som försämras med tiden. Så är ej fallet med positionsfel vid fixtagning vilka endast bestäms av felet hos metoden vid tiden för mätningarna. På detta sätt kompletterar de två metoderna varandra. En fixtagning kan exempelvis utgöra startposition för dödräkning. *Besticksföring* kallas ett navigeringsförfarande där dödräkning och fixtagning kombineras.

Till navigeringen räknas ofta också kollisionsvarningsprocessen enligt den vänstra delen av bild 1.4.

Separations-slinga. Färdlinjen måste väljas enligt gällande trafikregler, vars syfte främst är att garantera en hög säkerhet.

Varnings-slinga. Farkostens läge jämförs direkt med eventuellt hinder och korrigerande order för kurs och fart ges för undvikande av kollision.

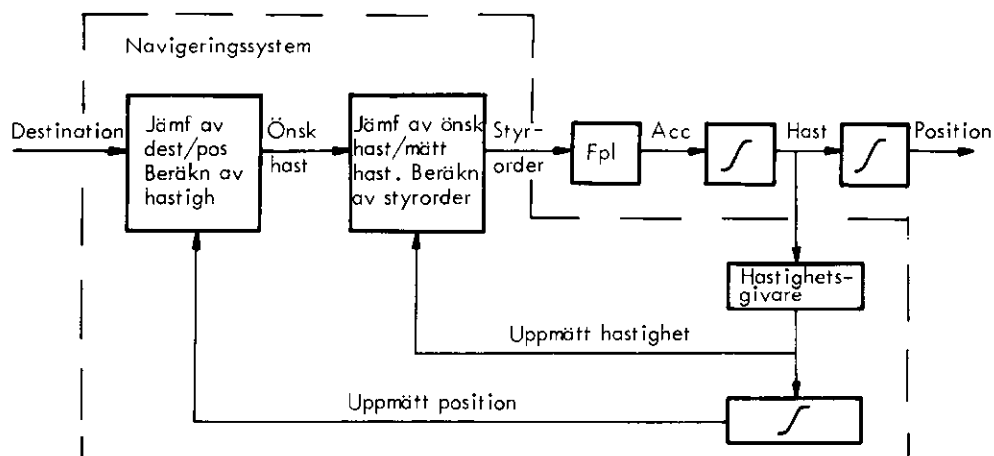


Bild 1.5 Dödräkningssystem

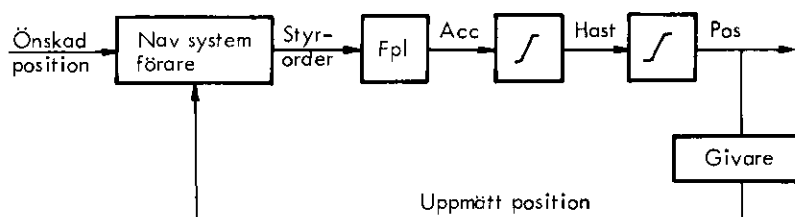


Bild 1.6 Positionsmätningssystem

Bedömning. Avser aktiviteten vid snabbt uppdykande hinder.

Blockschemat bild 1.4 kan sägas vara generellt. Navigeringsprocessen är alltid uppbyggd på detta sätt oberoende av om navigeringen är manuell eller automatisk eller utgör ett mellanting av dessa typer. På bild 1.5 visas en variant på högra delen av bild 1.4 motsvarande ett dödräkningssystem med hastighetsmätning. Bild 1.6 visar slutligen ett motsvarande schema för positionsbestämning.

Givarna mäter styrparametrarna och givarinformationen utnyttjas för bestämning av styrorder via beräkningar och logiska val.

I enklaste form avläses styrparametrarnas värden direkt av pilot/navigatör som efter bedömning och eventuell beräkning bestämmer och utför erforderliga manövrar. Detta är manuell navigering. I ett helt automatiskt system, överförs givarinformationen till en analog eller digital dator som räknar fram styrordern. Se kap 14.

Systemet på bild 1.5 är ett *autonomt* system emedan man ej är beroende av utrustning utanför farkosten. Fixtagningssystem med yttre referenser är alltså icke-autonoma system.

1.5 KÄLLOR FÖR NAVIGERINGSINFORMATION

Med hjälp av denna navigeringshandbok kan allmängiltig information erhållas i navigeringsfrågor. Då djupare kunskap önskas inom något område hänvisas till den rikliga referenslitteraturen. För mer speciell information beträffande exempelvis frekvenser för radionavigeringssystem, utrustningsstandard på ett visst flygfält eller bestämmelser och säkerhetsföreskrifter för militär flygtrafik i ett visst område, finns särskilda publikationer.

Civil flygtrafik följer de regler och rekommendationer som är fastställda av ICAO (International Civil Aviation Organisation, ett FN-organ). De bestämmelser, som gäller i Sverige, publiceras av Luftfartsverket i »Bestämmelser för civil luftfart», BCL. Särskilda trafikregler för civil luftfart inom militärt kontrollerat luftrum och på militära flygplatser meddelas av chefen för flygvapnet, CFV, i samråd med luftfartsverket.

Militär flygtrafik skall följa de bestämmelser som fastlagts av CFV i »Ordnings- och säkerhetsföreskrifter för militär flygning», OSF. Det är en strävan att så långt som möjligt anpassa civila och militära flygtrafikregler till varandra, men av uppenbara skäl föreligger särskilda flygbestämmelser bl a i förbandsflygning.

Militär flygtrafikledning bedrivs i enlighet med den av CFV utgivna »Bestämmelser för militär flygtrafikledning», Befyl. Se kap 12 .

Informationstjänst för *civil luftfart*, »Aeronautical Information Service», AIS, tillhandahåller all information som är nödvändig för flygtrafikens säkerhet, regeljäritet och effektivitet. Varje medlemsland i ICAO ansvarar för utgivandet av AIP (Aeronautical Information Publication), NOTAM (Notices to Airmen) samt AIC (Aeronautical Information Circular) och skall hålla informationen i publikationerna aktuell. Informationstjänsten skall från andra stater införskaffa gällande publikationer och hålla dem tillgängliga för flygförare, navigatörer, flygtrafikledare och annan berörd personal.

Den information som skall finnas tillgänglig berör uppgifter om:

- flygplatser, banornas längd, bärighet, snöförhållanden, tillgängliga hjälpmedel, öppethållningstider
- luftrumets indelning
- navigeringshjälpmedel, frekvenser, sändningstider
- flyghinder
- vädertjänst
- räddningstjänst
- flygplats- och navigeringskartor

AIP innehåller all information av varaktig natur, som är av betydelse för luftfarten. AIP ges ut av Luftfartsverket, liksom även NOTAM, som innehåller information av tillfällig karaktär, avbrott i sändningen hos navigeringshjälpmedel, tillfälligt farliga flygområden, snöförhållanden osv. NOTAM klass I innehåller informationer av brådskande karaktär och sprids via fjärrskrift och telex, NOTAM klass II innehåller meddelanden som ej är brådskande och utsänds postledes.

AIC innehåller informationer av administrativ natur såsom förteckning över publikationer för civil luftfart, meddelande angående nya bestämmelser osv.

Den *militära informationstjänsten* tillhandahåller erforderlig öppen och hemlig information. Härvid innefattas även för militär flygning erforderad civil information. Det internationella innehållet begränsas till vad som betingas av det militära skandinaviska flygsäkerhetssamarbetet, försvarets utlandsflygningar och utländska flygbesök. Ansvaret för den militära flyginformationstjänsten åvilar chefen för flygvapnet och utövas under fred av flygstabens trafikavdelning.

Informationen sprids i princip enligt ICAO:s normer. Således utges särskilda MIL AIP samt MIL NOTAM klass I och II. Härutöver utges särskilda AIP- och NOTAM-upplagor innehållande hemlig information.

Flygkartor över Sverige utarbetas av Rikets Allmänna kartverk på grundval av information från luftfartsverket och flygstaben. Se kap 5.