

B I T S & B Y T E S


UR  
DATASAABs HISTORIA

TEMA  
FLYCG

FLYGETS DATORPIONJÄRER

*Europas första försök med numerisk styrning 1954, Sveriges andra elektroniska datamaskin 1957, Sveriges och troligen Europas första heltransistoriserade datamaskin 1960, Europas första integrerade kretsar eller chips 1961, en av världens första flygburna datamaskiner 1963,...*

*Det är något av det som Saabs, sedermera Datasaaabs, pionjärer åstadkom på 1950- och 60-talen. I Tema Flycg berättar några av dem hur det gick till.*

19  95

## **Redaktion**

Bengt Jiewertz (ordförande)

Tord Jöran Hallberg (redaktör)

Nils Göran Gath (formgivning och original)

Bertil Knutsson

Bernt Magnusson

Ulla-Greta Malmqvist

Viggo Wentzel

Sven Yngvell

Författarna ansvarar själva för innehållet i sina texter, som med varsam hand redigerats av Tord Jöran Hallberg, som även skrivit omslagstext, bildtexter, faktarutor och författarbiografier. Anekdoterna har, om inget annat anges, inlämnats av resp. författare.

De flesta bilder är hämtade från Datasaabarkivet i Vadstena.

Redaktionen tackar för bidragen och för all hjälp med korrekturläsningen.

Biografier har enbart införts för nya författare. För övrigt hänvisas till Tema D21.

***Tema Flyg är tryckt hos Tryckeriet Erik Larsson AB  
i Linköping oktober–november 1995***

**© 1995 Resp. författare och Datasaaabs Vänner**

**ISBN 91-972464-17**

Denna andra bok i serien om Datasaaabs historia börjar med en nationell och en internationell bakgrund, varefter följer en återblick på Saabs pionjärinsatser på matematikmaskinområdet under 1950-talet.

Saab experimenterade med analoga matematikmaskiner redan 1949. Under loppet av 50-talet skaffade man sig sedan sina första hålkortsmaskiner, byggde en av världens första utrustningar för numerisk styrning och därefter Sara, Sveriges andra data-maskin med elektronrör, som togs i drift 1957. Allt detta hände inom beräkningsavdelningen.

Vid systemavdelningen, bildad 1954 med uppgift att studera system och elektronik för flygplan och robotar, tog utvecklingen fart 1957, då flygförvaltningen beställde en analys av en långdistansrobot, ”i första hand avsedd att utföra attackuppdrag mot hamnar och anläggningar på andra sidan Östersjön”. Efter studier av möjligheterna att åstadkomma en transistoriserad ”räkneenhet” för en sådan robot, utvecklade man inom systemavdelningen Sveriges och troligen Europas första heltransistoriserade datamaskin Sank, Saabs automatiska navigeringskalkylator.

Sank, som blev färdig 1960, var i första hand avsedd att demonstrera hur liten och strömsnål en transistoriserad datamaskin kunde göras jämfört med den rörbestyckade Sara. När den visades för civila kunder, döptes den till D2.

Delar av Saabs beräknings- och systemavdelningar upp gick 1959 i elektronikavdelningen, sedermera kallad Datasaaab. Inom denna fortsatte under 1960-talet utvecklingen av dels den civila datamaskinen D21, beskriven i förra numret i denna serie, dels av kalkylatorn CK37 för flygplanet Viggen. Mellan dessa produktlinjer skedde ett ömsesidigt och givande samarbete.

I bokens andra halva beskrivs hur CK37, ”hjärnan” i Viggen, kom till och blev ett lyckat projekt, mycket tack vare den djärva satsningen på integrerade kretsar. Den första generationen integrerade kretsar kom till användning i prototyper redan 1962 och Saab var därmed först i Europa med att använda dessa kretsar. Pionjärbetet med CK37 omfattade 15 prototyper och ledde till en serie på 200 datorer. I bokens andra del beskrivs också Viggens andra dator CD107 och övriga verksamheter inom Datasaaabs ”militära produktlinje” fram till 1980-talet.

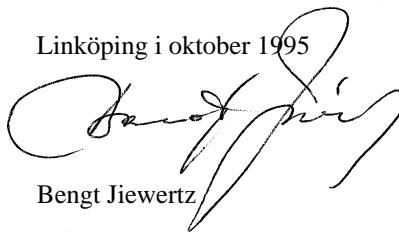
Det var en spännande pionjärtid med höga mål och kvalificerad ingenjörskonst inom det som först kallades matemaskin-, sedan datamaskin- och slutligen datorteknik.

Att utveckla datorer är ett lagarbete, men om några nyckelpersoner ska nämnas, så är det Börje Langefors, drivande kraft inom beräkningsavdelningen och initiativtagare till bl. a. Sara och Algol-Genius, Viggo Wentzel, initiativtagare till Sank/D2 och Bengt Jiewertz, ansvarig för utvecklingen av CK37. De stöttades ”uppifrån” av Gunnar Lindström och Tore Gullstrand, som båda tidigt insåg elektronikens och datamaskinernas avgörande betydelse.

Bokens rubrik är ”Bits & bytes”. Med den vill vi antyda att bilden vi ger är splittrad, och sådan är nog med nödvändighet all historieskrivning.

Trevlig läsning!

Linköping i oktober 1995



Bengt Jiewertz



# INNEHÅLL

---

Databehandlingens start i Sverige	<i>Sven Yngvell</i>	5
1950-talet—ett decennium av omvälvningar och sökande	<i>Viggo Wentzel</i>	11
Sara	<i>Sven Yngvell</i>	18
Börje Langefors och Saab	<i>Tord Jöran Hallberg</i>	27
Numerisk styrning	<i>Sune Sjölund</i>	33
R-system – Datasaaabs vagga	<i>Tord Jöran Hallberg</i>	37
Minnesmaskiners hjärntrust samlad till träff hos Saab	<i>Håkan Karlbrink</i>	43
Viggen blir digital	<i>Bengt Sjöberg</i>	47
Viggens centrala digitala datamaskin 1 – Uppgiften	<i>Jan Tufvesson</i>	51
Från CNK till CK	<i>Bengt Jiewertz</i>	58
Viggens centrala datamaskin 2 – Maskinen	<i>Bengt Jiewertz och Stig Lindqvist</i>	64
Sveriges första chips	<i>Björn Hällberg</i>	74
Biaxminnet – ett amerikanskt in hopp	<i>Rolf Bergström</i>	79
Fallet med de mystiska haverierna	<i>Tord Jöran Hallberg</i>	82
Programvaran i CK37	<i>Dag Folkesson</i>	84
Simulering	<i>Lennart Ahlberg</i>	89
Blev Viggen-datorn tillförlitlig?	<i>Bengt Jiewertz</i>	92
Jakt-Viggens datorer	<i>Bertil Knutsson, Bengt Jiewertz, Viggo Wentzel</i>	96
En värdig avslutning	<i>Viggo Wentzel</i>	100
Våra sponsorer		103



# Databehandlingens start i Sverige

---

*Sven Yngvell*

**S**vensk datorhistoria börjar med Matematikmaskinnämnden, som inrättades av staten 1948. Dess uppgift var att skaffa fram en dator, eller matematikmaskin, som det hette då. Dessförinnan hade fem stipendiater genom Ingenjörsvetenskapsakademiens försorg sänts till USA för att studera datorutvecklingen. Ursprungligen var tanken att inköpa en dator i USA, men detta stupade på att USA vid denna tid förbjöd export av elektronisk utrustning.

Det första resultatet av arbetet inom Matematikmaskinnämnden blev maskinen Bark, Binär automatisk relä-kalkylator. Arbetet leddes av Conny Palm och maskinen togs i drift i början av 1950. Bark innehöll inga elektroniska komponenter, men väl ca 8 000 reläer. Till sitt funktionssätt påminde den alltså om den tidens telefonväxlar. Data representerades binärt i flytande form med 24 bitars mantissa och 6 bitars exponent. Addition tog ca 0,17 sekunder och multiplikation ca 0,23 sekunder. Division var ej inbyggd utan utfördes med hjälp av ett program. Programmeringen skedde med hjälp av vred och sladdar på kopplingspaneler. Bark kom

till flitig användning för lösning av matematiska problem under ett antal år. Men när Matematikmaskinnämndens nästa maskin Besk togs i drift, minskade beläggningen snabbt.

Besk, Binär elektronisk sekvens-kalkylator, var Sveriges första elektroniska dator. Den utvecklades av en arbetsgrupp under Erik Stemmes ledning. I mitten av november 1953 började den användas, men var då endast försedd med 512 ords Williamsminne, en minnestyp baserad på katodstrålerör. I början av 1954 installerades kontrollbordet och trumminnet rymmande 8 192 ord, och i mars togs datorn i reguljär drift. Besks ordlängd var 40 bitar. Instruktionslängden var 20 bitar och av enadress-typ. I instruktionen utgjordes 12 bitar av adressdel och 8 av operationsdel. Detta medgav adressering av 4 096 st. 20-bitars halvord. Aritmetiken hade fast binärpunkt med en additionstid av 56 mikrosekunder och 364 mikrosekunders multiplikationstid. Senare byggdes Williamsminnet ut till 1 024 ord. Längre fram ersattes det med ett kärnminne, som blev ”fullt” utbyggt till 2 048 ord.

När Besk togs i bruk, var den världens snabbaste dator. Den kom att användas såväl av forskningen som av industrin. Saab blev snart den störste användaren med hållfasthets- och aerodynamiska beräkningar som dominerande beläggning. Bland andra användares tillämpningsområden kan nämnas väg- och vattenbyggnad, meteorologi och försäkringsproblem. I maj 1954 anordnade Matematikmaskinnämnden en kurs i programmering, troligen den första programmeringskursen i Sverige. Kursen pågick i sex dagar med två timmar föreläsningar och tre-fyra timmar övningar dagligen. Därefter följde några dagars körning på Besk.

Matematikmaskinnämnden upphörde 1963 och ansvaret för verksamheten överfördes till Statskontoret. De planer som fanns på en fortsatt datorutveckling, kom ej till stånd. Emellertid kom företaget AB Data-System senare att utveckla en transistoriserad och moderniserad Beskefterföljare, som fick namnet Trask (Transistoriserad Besk). Data-System tillverkade två exemplar av Trask.



*Erik Stemme vid sin skapelse Besk*

## Åtvidabergs Industrier – Facit

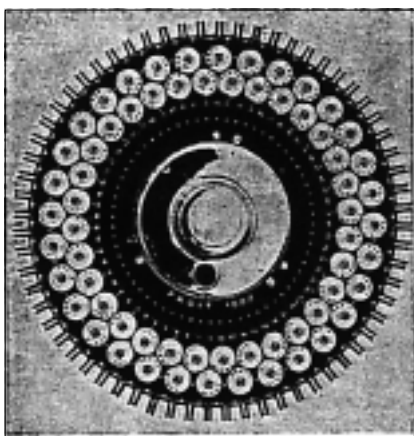
Är Åtvidabergs Industrier – Facit världens äldsta dataföretag? Det intrycket kunde man omkring 1960 få av en amerikansk datatidskrift, där det fanns en förteckning över världens dataföretag och där det konstaterades att alla var grundade på 1900-talet utom Facit, som uppgavs vara flera hundra år gammalt. Förmodligen hade man härlett sitt ursprung till någon av de gamla koppargruvorna i trakten av Åtvidaberg. Före elektronikålderns inträde var Åtvidabergs Industrier – Facit en internationellt etablerad tillverkare av kontorsmaskiner och annan kontorsutrustning. I koncernen kom också att ingå Original-Odhner, skrivmaskinstillverkaren Halda och senare även kontorsmaskintillverkaren Addo. Facits mekaniska och elektromekaniska räknemaskiner var välkända över hela världen.

Emellertid beslöt man inom företaget att ge sig i kast med elektroniken och under 1956 anställdes större delen av Matematikmaskinnämndens specialiststab av Facit. Man satte där i gång att bygga datorn Facit EDB, som helt enkelt var en kopia av Besk. Senare vidareutvecklades denna till Facit EDB3 genom att en del förbättringar infördes. Bl. a. snabbades maskinen upp så att additionstiden minskade till 44 mikrosekunder jämfört med Besks 56 mikrosekunder. Liksom i Besk var elektroniken elektronrörsbaserad, men efter hand infördes även transistorer. Totalt tillverkades 11 exemplar. Bland kunderna kan nämnas Asea, försäkringsbolaget Framtiden, Matematikmaskinnämnden och meteorologerna i Norge. Dessutom öppnade man egna datacenter med två maskiner i Stockholm, en i Göteborg och en i Düsseldorf, Tyskland. Vid datacentralen i Göteborg utvecklade Ingemar Dahlstrand och Sture Laryd en Algol-kompilator för Facit EDB och man blev därigenom först i landet med en kompilator för högre språk.

För många tillämpningar var de datalagringsresurser som kärn- och trumminnet erbjöd ej tillräck-



liga. För den skull utvecklade man ett magnetbandsminne av karuselltyp, benämnt Facit ECM64, som presenterades 1959. Jämfört med konventionella magnetbandsminnen av serietyp, kunde man uppnå kortare accesstider vid slumpmässig åtkomst av data. Karusellminnet bestod av 64 små magnetbandsspolar, som satt uppträdda på omkretsen av en vridbar skiva. Vid läsning eller skrivning vreds skivan så att den aktuella spolen kom mitt för magnetbandshuvudet eller huvudet (Se bild). Totalt kunde man lagra 5,2 miljoner siffror med en medelåtkomsttid av 1,9 sekunder. Facit tillverkade också hålrämsläsare och hålrämsstansar, som då var världsledande. Hålrämsläsaren arbetade med dielektrisk avläsning och kom så småningom upp i hastigheten 1 000 tecken per sekund. Hålrämsstansen stansade 150 tecken per sekund.



**Karusellen i Facits karusellminne rörde sig först till rätt läge, sedan spolades ca 10 m band ut från den utvalda rullen ner i en låda och tillbaka igen förbi läs- och skrivhuvudet.**

Någon efterföljare till Facit EDB3 blev aldrig utvecklad. Emellertid fick Facit, bl. a. i konkurrens med Saab, en order att utveckla en transistoriserad dator till flygets stridsledningssystem Stril 60. Denna dator blev klar 1962 och fick typbeteckningen DS 9000. Totalt tillverkades DS 9000 i 12 exemplar.

## Saab

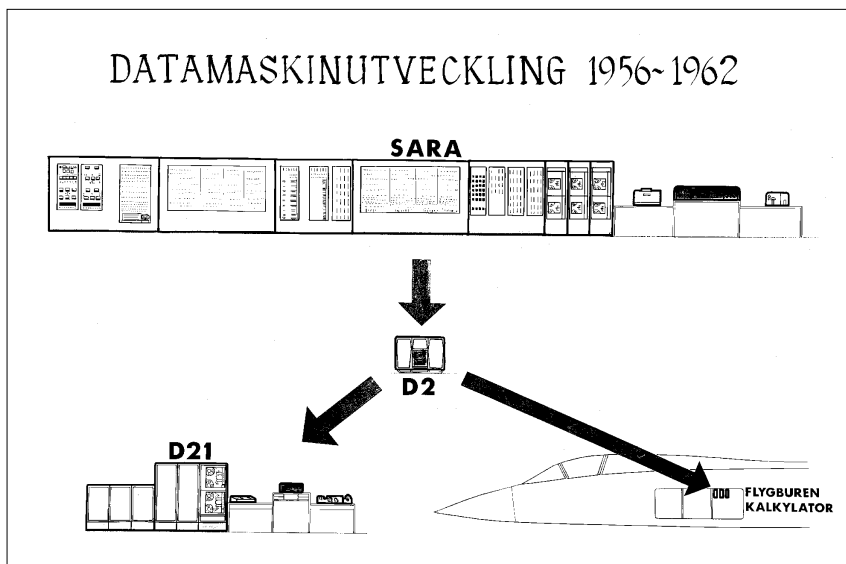
Saab blev, som redan nämnts, tidigt den största användaren av Besk. Efter interna utredningar kom man fram till att man behövde en egen dator. Alternativet att köpa något utifrån fann man sämre än att tillverka en Beskkopia. Man köpte för den skull Besks konstruktion av Matematikmaskinnämnden. Det gjorde också Akademiet for de Tekniske Videnskaber i Köpenhamn, där Regnecentralen etablerades för att ansvara för datorutvecklingen. Baserat på Besks konstruktion införde man tillsammans med Saab emellertid en del förbättringar, så att programkompatibiliteten försvann. Saabs dator fick namnet Sara och togs i drift 1957, medan Regnecentralens dator med namnet Dask (Danmarks Besk eller Dansk aritmetisk sekvenskalkylator) togs i drift i februari 1958. En mer utförlig beskrivning av Sara och kompatibiliteten finns i ett särskilt kapitel i denna bok. Regnecentralen konstruerade senare en transistoriserad dator Gier och etablerade sig som datorleverantör under 60-talet.

Vid Saab utvecklades också ett magnetbandssystem benämnt Saraband, som togs i drift 1958. Konstruktören Kurt Widin utvecklade självständigt ett lagringssätt, som automatiskt korrigerade enbitsfel och detekterade tvåbitsfel. Hela konstruktionen blev ytterst tillförlitlig och fungerade väl under hela sin livstid. Saraband såldes också till Matematikmaskinnämnden och installerades på Besk. Saraband finns beskrivet i boken Tema D21.

Ävenledes baserat på Besks konstruktion utvecklades vid Universitet i Lund under Carl Erik Fröbergs ledning datorn Smil (Siffermaskinen i Lund). Precis som Besk arbetade Smil med ordlängden 40 bitar. På grund av svårigheter att ordna finansieringen, fick man avstå från kärnminne och nöja sig med att använda ett trumminne.

Saabs datorprojekt från Sank/D2 1960 och framåt beskrivs i andra kapitel i denna bok och i Tema D21.

*PR-bild från början av sextiotalet. Den är falsk på det viset, att D2 utvecklades helt självständigt inom systemavdelningen eller "R-system", medan Sara utvecklades inom beräkningsavdelningen. Erfarenheterna från Sara och beräkningsavdelningen kom dock till användning då D21 utvecklades. Speciellt gäller detta programvaran.*



## L M Ericsson

Telefon AB L M Ericsson hade, förutom telefonväxlar och annan teleutrustning, även hålkorts- och datautrustning på sitt produktprogram. Dessa produkter tillhandahölls genom dotterbolaget L M Ericssons Driftkontroll AB. Man tillverkade kalkylatorer och hålkortsmaskiner, baserade på den teknik, som utnyttjades i telefonutrustningen. Man var också representant för den engelska hålkortsmaskintillverkaren Powers-Samas. Den av L M Ericsson konstruerade kalkylatorn var en framgångsrik produkt och kom att säljas till ett 60-tal företag. Maskinen kunde utföra de vanliga aritmetiska operationerna och kunde även programmeras. Man kunde ha upp till 60 programsteg och dessa kunde väljas villkorligt.

L M Ericssons Driftkontroll var också representant för den engelska datortillverkaren Ferranti Ltd. Ferrantis datorer hade fantasieggande namn, lånade från astronomin, såsom Orion, Pegasus, Perseus och Sirius. Den första Ferrantidatorn i Sverige levererades till Volvo Flygmotor. Den var av typ Pegasus med nickelfördröjningsledning som register och snabbminne och ett trumminne på nästa nivå.

Datorn hade ordlängden 39 bitar och inbyggd relativadressering. Programvaran ansågs vara av mycket god klass. Pegasus användes bl. a. för beräkningar på motorn och efterbrännkammaren till Saabs flygplan. Andra Ferrantidatorer levererades till Atomenergi, Turitz i Göteborg och AB Datacentralen (Trygg-Fylgia) i Stockholm.

Ferranti uppgick 1963 i företaget ICT, som skall uttydas International Computers & Tabulators Ltd. Detta företag bildades några år tidigare genom sammanslagning av Powers-Samas och några andra engelska dataföretag. ICT kom senare att även fusioneras med andra engelska dataföretag och fick då namnet ICL, International Computers Ltd. Därmed har en koppling etablerats till Datasaab, som ju efter diverse turer uppgick i ICL. ICT hade 1961 utvecklat en transistoriserad dator med beteckningen 1301 som i Sverige levererades till bl. a. Stockholms Enskilda Bank och Skandinaviska Banken.

## Alwac – Wegematic

Axel Wenner-Gren engagerade sig i USA i att bygga upp en datorindustri. Detta ledde till att man utvecklade datorer som benämndes Alwac. Datorn

Alwac IIIE var en trumminnesmaskin med 4 096 eller 8 192 ords trumminne. En del av trumminnet fungerade också som primärminne med kortare accessstid genom tätare placering av läs- och skrivhuvudena. Ordlängden var 32 bitar. Några Alwac-datorer installerades i Sverige, bl. a. på Chalmers Tekniska Högskola, Tekniska Högskolan i Stockholm och Uppsala Universitet.

Baserat på Alwac IIIE utvecklade man Wegematic 1000 som tillverkades vid ABN-bolagen i Bollnäs. Även denna dator var trumminnesbaserad. In- och utmatning skedde med hållremsa på samma sätt som för Alwac. Ett tiotal datorer producerades innan verksamheten lades ned. Datorerna levererades till Sverige, Norge, Finland, Israel och Belgien.

## IBM

IBM blev tidigt världens ledande företag inom hålkorts- och kontorsmaskinområdet. Företaget hade redan på 1920-talet ett dotterbolag i Sverige och fick så småningom en väl utbyggd försäljnings- och serviceorganisation. I USA medverkade man vid utvecklingen av de tidiga pionjärdatorerna på 1940-talet. Redan 1948 lanserade man den elektroniska kalkylatorn IBM 604 "Electronic Calculating Punch". 604 bestod av en elektronisk räkneenhet till vilken man kopplat en hålkortsläsare för datainmatning, medan resultaten matades ut till en hålkortsstans för senare tabulering (utskrift). Program-



IBM 604 på Saab

mering skedde med hjälp av en kopplingstavla. På Saab kom tre 604-or till användning under 1950-talet.

IBM CPC (Card Programmed Calculator) var en maskin som närmade sig datorernas arbetssätt. Förutom en elektronisk räkneenhet och hålkortsläsare samt -stans hade man också tillgång till minnen och en tabulator för utskrift. Kalkylatorn räknade med flytande komma. I minnet kunde data lagras medan instruktionerna lästes från hålkort med en instruktion per hålkort. Alltså: kortet lästes, instruktionen utfördes, nästa kort lästes, instruktionen utfördes osv. Saab anskaffade en CPC 1954.

Den första elektroniska IBM-datorn, som dök upp i Sverige, var IBM 650. Denna hålkortsorienterade dator arbetade med decimal aritmetik med 10 siffrors ordlängd. Minnet utgjordes av ett trumminne på 2 000 ord, men senare versioner kunde även utrustas med 4 000 ords trumma och 60 ords kärminne. Den kunde även förses med magnetband, skivminne och radskrivare. IBM 650 arbetade med tvåadressinstruktioner, där den ena adressen syftade på en operand och den andra pekade på adressen till nästa instruktion. Därigenom kunde man, genom att ta hänsyn till den aktuella instruktionens operationstid, placera nästa instruktion så, att den lästes av trumman och direkt kunde exekveras, utan att man behövde vänta på att trumman kom i rätt läge. IBM tillhandhöll också programvara, som ombesörjde att instruktionerna blev optimalt utplacerade.

Internationellt levererades den första IBM 650 år 1956. Totalt i världen kom över 1 000 att produceras. I Sverige installerades drygt ett tiotal; Flygvapnet i Arboga fick den första 1957. Dessutom förekom 650-datorer hos försäkringsbolagen Folksam, Thule (Skandia) och Svenska Liv (Trygg-Hansa). Andra kunder var Statistiska Centralbyrån, SJ och Saab. Saabs anläggning var den enda i landet, som utrustades med magnetband. IBM drev också en egen datacentral med en 650. När i början på 60-

talet IBM presenterade sina transistoriserade modeller 1401 och 7070, blev IBM 650 föråldrad. Dessa maskiner kom att levereras i långt större antal än första generationens datorer.

IBM utvecklade också en annan första generationens dator, IBM 305 Ramac, som var starkt skivminnesorienterad. Datorn var i princip en maskin för lagerhantering. I Sverige installerades tio, bl. a. hos Almenco, Ford, Philips, SKF och dåvarande Scania-Vabis i Södertälje. Ramac kom också till användning vid Romolympiaden 1960 för resultat-service.

## Andra leverantörer

RCA (Radio Corporation of America) var tidigt involverat i forskning och utveckling av datorer. Genom sitt dotterbolag i Sverige installerade man 1961 två datorer av typ RCA 501. Datorn arbetade med decimal aritmetik och hade ett minne, som normalt rymde 16 384 tecken, men kunde utvidgas. På RCA 501 var en av marknadens första Cobol-kompilatorer tillgänglig. En dator levererades till Sveriges Kreditbank, medan den andra installerades i en datacentral som drevs av det svenska dotterbolaget. Datacentralen var belägen bakom ett stort skyltfönster i en av Hötorgsskraporna. Att på detta sätt visa upp sina datorer var vanligt på den tiden.

Det franska företaget Compagnie des Machines Bull producerade från början hålkortsutrustning. Under 50-talet började man även utveckla datorer, som marknadsfördes som Bull Gamma-maskiner. En större Gamma-dator installerades i en servicebyrå inom Bulls svenska dotterbolag i Stockholm.

## Kontorsmaskintillverkare

Kontorsmaskintillverkaren Addo i Malmö var en framstående producent av traditionella kontorsmaskiner såsom additions- och bokföringsmaskiner. Genom att till sina maskiner koppla läsare och stansar för hålremsor, kantstansade kort och hålkort, kunde man skapa integrerade rutiner för kontorsverksamhet. Man kunde också koppla maskinerna till olika typer av registreringsutrustningar. I samarbete med ABN-bolagen utvecklade man ett system, där en bokföringsmaskin kopplades till ett Wegematic 2000 trumminne. Systemet lämpade sig för lagerbokföring. I mitten på 60-talet uppgick Addo i Facitkoncernen.

Vid Svenska Dataregister AB Sweda i Solna tillverkade man kassaregister. I takt med att kontors-tekniken utvecklades kom Sweda att utveckla utrustning och system för detaljhandelns lagerhantering och försäljningsstatistik. Kassaregistren kunde förses med hålremsstans eller tryckverk för tryckning av streckkod på kontrollremsan. Man införde även prismärkningsetiketter av en typ som det amerikanska företaget Kimball utvecklat. Etiketterna var hålstansade och kunde avläsas av kassaregistret.

### Källor:

1. Jörgen Lund: Från kula till data, Gidlunds 1988.
2. Datamaskintillverkare i Sverige, Verkstäderna nr 7–8, 1961.
3. Janis Bubenko, Tomas Ohlin: Introduktion till operativsystem del 1, 1973.
4. Jan Hult: Automatiska räknemaskiner i Sverige, Teknisk Tidskrift 29/3 1955.

# 1950-talet – ett decennium av omvälvningar och sökande

---

*Viggo Wentzel*

Omkring 1950 fanns det en växande insikt om att den nya typen av elektroniska siffermaskiner tack vare sin mångsidighet skulle kunna bli ett universellt hjälpmedel av aldrig skådat slag. Innan decenniet var till ända, skulle grunden ha lagts till en ny generation matematikmaskiner med en sådan pålitlighet och kapacitet, att tillämpningsutvecklingen formligen skulle explodera. Men så här i början av 1950-talet var det ingalunda klart i vilken riktning utvecklingen skulle gå. Så till exempel fanns det talrika förespråkare för analogimaskiner (maskiner som arbetar med kontinuerliga signaler) med såväl mekaniska som elektroniska byggelement. Tekniken var väl etablerad, som eldledningsinstrument för luftvärn, flygsimulatorer m. m. Jämfört med de otympliga siffermaskinerna var fördelarna större snabbhet och lätthet att koppla samman analogimaskinen med annan utrustning. Chalmers Tekniska Högskola är ett bra exempel, där professorerna Wallman och Ekelöf

var för sig initierade och genomförde byggandet av differentialanalysatorer och där forskning pågick om olika möjligheter att vidga analogimaskinernas användningsområde.

Men analogimaskinens användning var ändå i praktiken begränsad till lösning av linjära differentialekvationer och noggrannheten var begränsad till 0,1–5 %. Inom ett à två decennier skulle det också visa sig att siffermaskinens underlägsenhet i snabbhet kunde elimineras och kopplingen mellan siffermaskinen och analoga apparater lösas med lätthanterliga omvandlare. Världen blev mer och mer digital. Efter siffermaskinen kom digital inspelning av ljud, GSM mobiltelefon och nu senast digital rundradio och digital television med hög upplösning.

Men tillbaka till 1950. Konstruktörer av siffermaskiner letade frenetiskt efter lämpliga minneskomponenter, som kunde matcha de snabba räknekret-sarna i de första elektronrörsbestyckade maskinerna. En snabb bitström var av vital betydelse, liksom

möjligheten att utan fördröjning få tillgång till data med godtyckliga adresser i minnet. För att fullt ut realisera principen med minneslagrade program, krävdes ett direktåtkomstminne med stor kapacitet. Man experimenterade med elektriska och akustiska fördröjningsledning; bland annat var den första siffermaskinen i det svenska stridsledningssystemet Stril 60 försedd med en stor mängd sådana. Men fördröjningsledning uppfyller ej kravet på direkt åtkomst, och i stället tilldrog sig en uppfinning av F. C. Williams stort intresse. Detta s. k. elektrostatiska minne, som också kallades Williamsminne, lagrade ett och nollor i form av elektriska laddningar på en katodstrålerörsskärm. Det var snabbt och det var ett sant direktåtkomstminne. Flera utvecklingsgrupper, bl. a. hos IBM, lade ner stor möda på att få fram en fungerande konstruktion, och den svenska maskinen Besk var i sin första version 1953 försedd med ett Williamsminne. Operatören kunde bokstavligen se hela minnesinnehållet; maskinen tindrade som en stjärnhimmel.

Men de praktiska svårigheterna med alla dessa minnestyper var stora, inte minst den dåliga tillförlitligheten. När IBM började sälja siffermaskiner för administrativa tillämpningar, upptäckte man att ekonomidirektörer var betydligt mindre toleranta mot maskinfel än vetenskapsmän som sysslade med matematiska beräkningar. (Detta lärde sig Datasab också ett decennium senare.) Så behovet av någonting nytt var pressande.

Flera forskare, bl. a. An Wang vid Harvard och Munro Haynes vid University of Illinois, experimenterade omkring 1950 med magnetiska material med fyrkantig magnetiseringskurva. En ring (kärna) av ett sådant material kan lagra en bit, varvid 1 representeras av magnetisering i en riktning och 0 av magnetisering i den andra riktningen. Genom att anordna ett antal kärnor i en matris, och genom varje kärna dra två trådar i ett xy-mönster, får man ett direktåtkomstminne, som dessutom har den för-

delen att minnesinnehållet ligger kvar utan återkommande regenerering.

Två saker bidrog till kärnminnets totala genombrott:

- Det amerikanska företaget General Ceramics utvecklade ett ferritmaterial med överlägsna magnetiska egenskaper.
- Sovjetunionen sprängde sin första atombomb.

Den sistnämnda omskakande händelsen medförde att USA började utveckla ett helt nytt luftförsvarssystem, vari skulle ingå ett landsomfattande nät av superdatorer. Utvecklingen av dessa anförtröddes den forskargrupp på MIT, som under ledning av Jay Forrester byggt Whirlwind-datorn. Luftförsvarsdatorn fick namnet Sage (Semi automatic ground environment), och projektets industriella del föll på IBM:s lott, som därigenom fick direkt insyn i världens mest avancerade datorutveckling.

Sommaren 1953 anslöts ett kärnminne på 32x32x17 bitar till Whirlwind och kärnminnets överlägsna tillförlitlighet jämfört med det befintliga elektrostatiska minnet demonstrerades övertygande.\* Man beslöt att förse Sage med kärnminne. Med kärnminnestekniken etablerad på MIT och IBM, dröjde det inte länge förrän denna teknik totalt dominerade världens datorutveckling och så skulle det förbli ända tills halvledarminnet tog över i början på 1970-talet.

Jämsides med ett effektivt direktåtkomstminne krävdes ett medium för lagring av stora datamängder. Magnettrummor hade tidigt tagits i bruk, men kapaciteten var begränsad, och det var naturligt att uppmärksamheten riktades mot magnetband.

Redan vid sekelskiftet patenterade dansken Valdemar Poulsen magnetisk registrering på pianotråd, men den låga nivån på avspelningsignalen gjorde att metoden ej fick något genomslag förrän elekt-

---

\* Sommaren 1953 vistades jag vid MIT och utförde beräkningar på Whirlwind, men ända tills nu, då jag forskat i hävderna, har jag varit omedveten om den remarkabla händelsen med kärnminnet.

ronröret uppfunnits och man kunde bygga förstärkare. I slutet av 1930-talet användes ljudregistrering på tråd och stålband i begränsad utsträckning och under kriget var tyskarna först med att använda magnetband, dvs. ett plastmaterial belagt med järnoxid.

Tekniken var sålunda känd, men det var ett långt steg att gå från analog till digital registrering i ett system anpassat till en dator:

- Själva mediet måste förbättras och en ny metod utvecklas för lagring av digitala data.
- En metod för kontrolläsning efter skrivning och/eller användning av en självkorrigerande kod måste användas för att ytterligare höja tillförlitligheten.
- För att uppnå en hög packningstäthet måste all information organiseras i adresserbara block. Användning av bandspelare med förmåga att starta och stoppa på korta sträckor mellan blocken var en viktig förutsättning.

IBM spelade en viktig roll vid utveckling av magnetbandssystem som uppfyllde ovanstående krav. Inte minst gällde detta den mekaniska konstruktionen av bandspelarna. Under perioden 1953–57 kom de första kommersiella systemen. Hur Saab och Datsaab signifikant bidrog till utvecklingen av magnetbandstekniken och i ett uppmärksammat fall utmanövrerade IBM kan man läsa om i Tema D21.

Ehuru sekventiell bearbetning i magnetbandsorienterade system var väl ägnat för många administrativa arbetsuppgifter, stod det likväl tidigt klart att ett yttre minne med stor kapacitet och en åtkomsttid på bråkdelar av en sekund skulle bli en nödvändig komponent i framtida datasystem. Många mer eller mindre vilda idéer till ett dylikt minne föddes och dog, men omkring 1955 föreföll ett system med roterande skivor vara en framkomlig väg, förutsatt att man kunde lösa problemet med att få läs- och skrivhuvudena att lågflyga över skivan utan att krascha. 1956 presenterade IBM ett skiv-

minne på Western Joint Computer Conference och sedan dök liknande produkter upp på marknaden. För Datsaab var skivminnen till att börja med ett bekymmer, ty till skillnad från magnetband saknades egen tidig erfarenhet av denna teknik. Därför dröjde det alltför länge, innan skivminne inkluderades i Datsaab-sortimentet.

Skivminnen visade sig ha en oanad utvecklingspotential. Denna senare utveckling kan åskådligt studeras på Tekniska Högskolans i Linköping datamuseum.

Av 1950-talets viktiga hårdvaruutveckling återstår den viktigaste: övergången från elektronrör till halvledarkomponenter, främst transistorer. Elektronrörets nackdelar: hög effektförbrukning, hög komplexitet och låg tillförlitlighet var speciellt märkbara i siffermaskiner på grund av det höga antalet komponenter. Bara några år efter det att Bardeen och Brattain vid Bell Laboratories i december 1947 påvisat hur en speciellt preparerad germaniumkristall kunde fungera som förstärkare, pågick utveckling av lämpliga transistorer för digitala kretsar. Omkring 1955 stod det klart, inte minst på Saab med dess visioner om flygburna datorer, att framtidens datorer skulle bli transistoriserade, och från denna tid och ett stycke in på 60-talet låg Saab i frontlinjen vad gäller denna tillämpning av halvledartekniken.

Då 1950-talet gick mot sitt slut, hade sålunda ny teknik tagits i bruk på område efter område. Sammantaget hade den nya tekniken förvandlat datorn från ett otympligt och opålitligt kuriosum till ett pålitligt och mångsidigt arbetsredskap. En explosiv tillämpningsutveckling följde.

Jag hade förmånen att som ung forskare uppleva detta dynamiska 50-tal, både i högskolemiljö och på Saab. Redan 1949 knöts jag till professor Henry Wallmans institution på Chalmers, där som tidigare nämnts en snabb elektronisk differentialanalysator byggdes efter förebild från MIT. Mitt eget licentiatarbete bestod i utveckling av en funktionsgenerator

för att utvidga differentialanalysatorns användningsområde till lösning av integralekvationer. Resultatet blev i viss mån en besvikelse genom att noggrannheten med den ansatta tekniska lösningen blev alltför dålig. Samtidigt kom jag alltmer i kontakt med den nya generationen siffermaskiner, bl. a. Besk, resulterande i en växande övertygelse att här väntade en enorm utveckling. Ett litet smakprov på upplevelserna vid denna tid ger nedanstående reseberättelse från 1955, här återgiven i sin ursprungliga version.

Transistorns potential som digitalt konstruktions-

element demonstrerade jag på ett spektakulärt sätt 1956, då jag konstruerade en digital styrenhet för Göteborgs Spårvägar. När jag sedan 1957 flyttade till Saab hade jag med i bagaget en djup kunskap om såväl analogmaskiner som siffermaskiner samt egen erfarenhet av konstruktion med transistorer, allt passande väl in i den utvecklingssituation som mötte i Linköping.

*Ann:* Jag har genomgående använt ordet "siffermaskin", eftersom detta var den gängse benämningen på 1950-talet på det som senare skulle kallas "dator".

\*\*\*

**Rapport över studieresa till England och Belgien under tiden 3 september-3 oktober 1955**

**Resans ändamål**

Avsikten med resan var:

- att genom en serie studiebesök erhålla en överblick över utvecklingen av matematikmaskiner, främst siffermaskiner i Storbritannien,
- att vid University of Cambridge delta i en kurs i programmering och kodning av siffermaskiner,
- att delta i International Analogy Computation Meeting i Bryssel.
- Studiebesök, 5-10 september

**University of London Kings College, Department of Physics, prof. D. M. Mackay**

Under prof. Mackays ledning pågår ett arbete med utveckling av en ytterst snabb differentialanalysator (lösningssfrekvens upp till 20 000 p/s). Av intresse är metoden med automatisk omkoppling av koefficienterna i ekvationen och den överskådliga representationen av lösningsskarorna på en katodstrålerörsskärm. Vidare pågår en utveckling av ett "analogiminne" där man utnyttjar samma princip som i det s.k. "Williamsmindet", vilket främst användes vid siffermaskiner.

**National Physical Laboratory, Teddington, Mathematics Division, prof. A. Goodwin**

Den stora och livaktiga "Mathematics Division" är organiserad för att kunna utföra numerisk analys åt industrin, universitetet samt militära och övriga statliga institutioner. Den är uppdelad på fem underavdelningar: High Speed Computing Group, Punched-card Section, Desk Machine Section, Library and Advisory Services, Mathematical Tables. Den första avdelningen har till sitt förfogande två vid Mathematics Division utvecklade siffermaskiner, "Pilot ACE" samt "Deuce", av vilka den sistnämnda är en vidareutveckling av "Pilot ACE". Inmatning av data sker med hjälp av hålkort och maskinerna arbetar med kvicksilverfördröjningslinjer som minnesorgan. Utöver detta minne finns även magnetiska trumminnen. Deuce tillverkas numera för försäljning. En större maskin är under byggnad där man utnyttjar erfarenheterna från de bäge mindre maskinerna och där minnet likaså utgöres av kvicksilverlinjer. Vid High Speed Computing Group finnes även en stor elektromekanisk differentialanalysator. Denna anläggning är ytterst påkostad och har en mycket hög noggrannhet.

Vid avdelningen för servoteknik finnes en s.k. simulator installerad,



väsentligen en differentialanalysator med linjära enheter. Flera multiplikatorer enligt principen "korsade magnetiska och elektriska fält" äro under installation.

**University of Manchester, Electrical Engineering Laboratories, prof. F. C. Williams**

Avdelningen för elektroteknik, som är inrymd i helt nya lokaler har en relativt stor forskningsgrupp för utveckling av siffermaskiner. Med siffermaskinen "Madam" utföres även beställningsuppdrag för industrin, och denna maskin var den första som regelbundet utförde sådana uppdrag i Storbritannien. Den togs i bruk för detta ändamål redan 1950. Maskinen har en pulsfrekvens av 100 kp/s samt katodstrålerörsminne av "Williams-typ". Den får numera anses omodern men är alltså i dagligt bruk. En ny maskin "Meg", som arbetar med en pulsfrekvens av 1 Mp/s och med magnetkärnor som minneselement, har utvecklats vid avdelningen. Likaså pågå försök med att använda transistorer i siffermaskiner, dock än så länge i blygsam skala. Vid avdelningen för servoteknik utvecklas en metod att använda magnettrummor för lagring av funktioner i form av pulser med variabel bredd. En liknande anordning användes för lösning av faltningsintegraler.

**Ferranti Ltd., Manchester**

Denna firma har tagit upp tillverkning av siffermaskiner på sitt program och arbetar i nära samarbete med prof. Williams' forskningsgrupp. För närvarande utvecklas en förbättrad version av "Meg". Denna maskin använder hålrem-sor för inmatning av data, men försök pågår även med att använda magnetisk tape för detta ändamål. Pulsfrekvensen är vidare 1 Mp/s och magnetkärnor samt magnettrummor användes som minnesorgan. Ferrantis nya maskin ger intryck av att vara den modernaste i Storbritannien just nu och synes vara ett utmärkt exempel på resultatet av ett gott samarbete mellan en forskningsinstitution (universitetet) och en stor firma med goda resurser för tillämpad forskning och tillverkning.

Ett besök på Royal Air Force Establishment, Farnborough, var planerat, men tillstånd från de militära myndigheterna kunde ej erhållas för detta besök.

**Kurs i programmering och kodning av siffermaskiner vid University of Cambridge, 12-13 september**

Denna kurs, som är regelbundet återkommande, hade i år samlat ej mindre än 100 deltagare. Den omfattade föreläsningar i numerisk analys, programmering, olika i bruk varande kodsystém samt praktiska övningar. Vid de sistnämnda användes siffermaskinen "Edsac" vid Mathematical Laboratory. Trots det stora deltagarantalet bereddes varje deltagare tillfälle att använda "Edsac" i stor utsträckning, vilket möjliggjorde en ytterst värdefull inblick i exempelvis rättning av fel i koden samt körning av olika typer av problem. Edsac som är en äldre, relativt långsam maskin kommer inom en nära framtid att ersättas med Edsac 2, en snabb siffermaskin med minne av typ magnetkärnor. Kursen avslutades med att representanter för ett antal företag gav en exposé över kommersiellt tillgängliga maskiner.

**International Analogy Computation Meeting, Bryssel, 27 september-1 oktober**

Vid denna konferens representerades Institutionen för Teleteknik I, Chalmers Tekniska Högskola av prof. Henry Wallman, lic. Erik Elgeskog samt under-teknad, vilka samtliga medverkade med föreläsningar. Konferensen hade samlat ca 400 deltagare från 20 länder och ett 100-tal korta föreläsningar hölls. I anslutning till konferensen hade anordnats en utställning av olika typer av analogmaskiner, mestadels från England, Frankrike och Tyskland. Även här var Institutionen för Teleteknik I, Chalmers Tekniska Högskola, representerad med en kort exposé över arbetet vid institutionens matematiklaboratorium.

**Göteborg den 24 februari 1956**

**Viggo Wentzel**

## Siffermaskinerna Viggo mötte

*Av Viggos underbart lakoniska reseberättelse framgår knappast att han hade datorhistoriens vingslag susande kring öronen. Följande kommentarer kan vara på sin plats.*

**ACE**, som står för Automatic Computing Engine, konstruerades i sina grunddrag 1945 av Alan Turing. Den byggdes av National Physical Laboratory i samarbete med English Electric, men Turing lämnade projektet innan det var färdigt, emedan han tyckte att det framskred alltför sakta.

Alan Turing (1912–1954) är en av datorhistoriens störste teoretiker, känd för sin forskning om beräkningsbarhet och för en abstrakt automat, som Turing skrev om 1936 och som nu kallas Turingmaskin. Inbjuden av John von Neumann, doktorerade han vid Institute for Advanced Study i Princeton, USA, strax innan han fyllde 26. Under andra världskriget var Turing med om att knäcka tyskarnas Enigma-kod med hjälp av en för ändamålet konstruerad helt elektronisk siffermaskin med 2 400 elektronrör. Siffermaskinen, som kallades Colossus, hölls hemlig i 30 år och är ännu inte beskriven i sina detaljer.

1950 skrev Turing uppsatsen "Computing Machinery and Intelligence", som anses klassisk inom artificiell intelligens. 1954 begick han självmord, sedan han åtalats för homosexualitet och tvingats välja mellan fängelse och att inta det kvinnliga könshormonet östrogen.

**Madam** är smeknamn för Madm, the Manchester automatic digital machine, även kallad Manchester University Computer Mark I. Den första prototypen byggdes av

F. C. Williams och T. Kilburn, främst för att testa det av Williams 1946 uppfunna Williamsminnet. Prototypen togs i drift den 21 juli 1948 och var världens första fungerande dator i den mening vi nu lägger i ordet: en helt elektronisk siffermaskin med minneslagrat program. Den var dock alltför rudimentär för praktisk användning. En mera användbar version utvecklades i samarbete med Ferranti och togs i drift 1950. Den låg sedan till grund för Ferrantis Pegasus, som började levereras 1956.

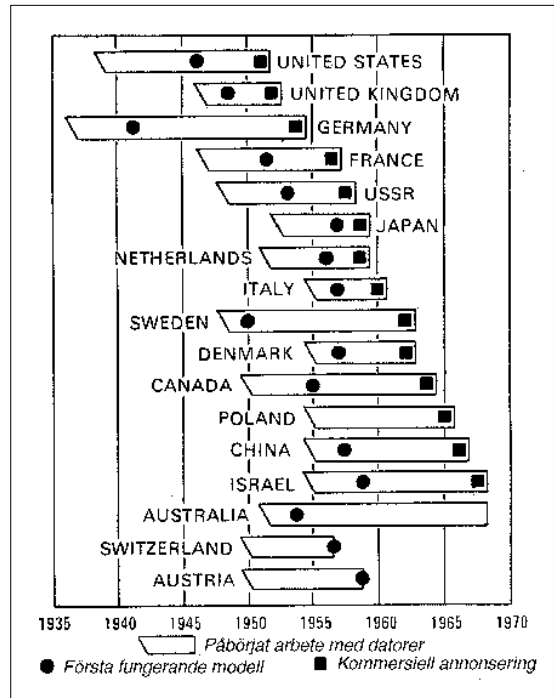
**Edsac**, Electronic delay storage automatic computer, togs i drift i maj 1949 och betraktas allmänt som världens första praktiskt användbara dator i ovanstående betydelse. Konstruktörer var Maurice Wilkes, hedersdoktor vid Linköpings tekniska högskola, och William Renwick.

Någon engelsk uppfinning var dock inte datorn. Både Edsac och Madm byggde på idéer, som kläcktes av männen kring Eniac (Electronic numerical integrator and calculator), University of Pennsylvania, USA, nämligen J. Presper Eckert, John W. Mauchly och John von Neumann och som brukar tillskrivas von Neumann, som 1945 skrev en kristallklar och vida spridd uppsats om hur en modern dator bör se ut.

Men det var alltså engelsmännen som blev först med en fungerande maskin med minneslagrat program.



**John von Neumann (1903-57), ungersk-amerikansk matematiker med judiskt påbrå, betraktas ofta – möjligen något oegentligt – som den moderna datorns uppfinnare.**



**Enligt denna bild, hämtad från OECD Observer nr 40 1969, var Sverige förhållandevis tidigt ute vad gäller data-maskiner.**

# Sara

---

*Sven Yngvell*

**A**tt utveckla och tillverka moderna flygplan utan tillgång till datorer är idag en omöjlighet. Men även innan datorerna fanns, utvecklades och byggdes flygplan. Papper, penna, ritbräde och räknesticka var väl de hjälpmedel, som i första hand användes. För beräkningar kom mekaniska räknemaskiner ofta till användning. Räknesnurror av Facits fabrikat slamrade ofta på utvecklingsavdelningarnas kontor. Vid mera omfattande beräkningar fick ett flertal räknediträden arbeta efter uppgjorda räknesceman.

Hålkortsmaskiner av olika slag kom också tidigt till användning, såväl för administrativa uppgifter som för konstruktionsberäkningar. 1953 anskaffades inom Saabs beräkningsavdelning två elektroniska kalkylatorer av typ IBM 604. Till en sådan kalkylator var en hålkortsläsare med stans kopplad för in- och utmatning av data. Den arbetade med hastigheten 100 kort per minut. På en tiondels sekund kunde kalkylatorn utföra några aritmetiska

operationer på data, som lästs från hålkortet, samt därefter stansa resultatet i ett annat kort. Bearbetningsgången var uppkopplad på en kopplingstavla med elektriska sladdar. Många gånger såg en sådan kopplingstavla nästan ut som ett skatbo. För mera omfattande beräkningar fick hålkorten passera igenom kalkylatorn ett flertal gånger, ofta med byte av kopplingstavla mellan de olika passen. Sålunda kunde man utföra matrismultiplikationer av storleksordningen  $200 \times 1\,000$ . 1956 tog man också en IBM 604 i bruk inom ekonomiavdelningens hålkortsavdelning för ackordsberäkningar inom verkstaden.

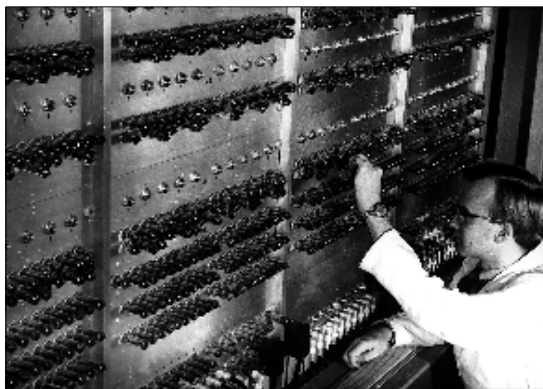
En annan typ av hålkortskalkylator, som togs i drift 1954, var IBM CPC. CPC står för Card Programmed Calculator, vilket antyder att maskinen var hålkortsprogrammerad. Den arbetade med flytande komma med 7 siffrors mantissa och 2 siffrors exponent. Den hade kapacitet att lagra 72 tal, de flesta i ett mekaniskt minne. Instruktionerna lästes från hålkort, som innehöll en instruktion per kort.

Läshastigheten var 150 kort per minut, vilket alltså utgjorde den maximala exekveringshastigheten. Instruktionerna var av typen  $A * B + D = C$ , alltså flera aritmetriska operationer i en instruktion. Man hade också tillgång till trigonometriska funktioner, kvadratroten och exponentialfunktionen. Om en programsekvens skulle genomlöpas ett flertal gånger, reproducerade man kortbunten med instruktionerna i så många exemplar, som svarade mot det antal gånger man ville att sekvensen skulle genomlöpas. Detta emedan maskinen endast arbetade rent sekventiellt.

## Avtal med Matematikmaskinnämnden

Då Besk togs i drift 1953 blev Saab snart en av de största användarna. Den fromma förhoppning, som en gång fanns, att Besk skulle ha tillräcklig kapacitet för att inom överskådlig tid klara av landats alla matematiska problem, kom snabbt på skam. Förutom Besk använde Saab också två IBM 650 på servicebyråbasis, dels vid centrala flygverkstäderna i Arboga, dels hos försäkringsbolaget Thule. 1958 anskaffade Saab också en egen IBM 650, som användes för administrativa tillämpningar. IBM 650 hade decimal talrepresentation och var utrustad med 2 000 ords trumminne. Efter att Saab 1954 undersökt vad som fanns att köpa på marknaden, kom man fram till att det bästa vore att köpa Besks konstruktion av Matematikmaskinnämnden, som var Besks huvudman. Därför ingicks i december 1954 ett avtal mellan Matematikmaskinnämnden och Svenska Aeroplan Aktiebolaget om teknisk information för tillverkning av matematikmaskin av typ Besk. Genom avtalet förband sig Matematikmaskinnämnden att till Saab överlämna tekniska data, ritningar, beskrivningar och övriga handlingar, som avser konstruktionen av Besk. Dessutom förband man sig att hålla Saab underrättat om erfarenheter, som man gjort av konstruktionen, samt att vara behjälplig med råd och anvisningar. Slutligen skul-

le de förbättringar, tillägg och modifieringar som man åstadkommit t. o. m. 1957 delges Saab. För detta betalade Saab 200 000 kronor, vilket belopp fördelades på flera år.



*Bo Ragnemalm vid Saras räkneenhet. Det fanns gott om rör att byta ut.*

I ett följebrev från Matematikmaskinnämnden framhölls, att man ej såg avtalet som ett affärsavtal i vanlig mening, utan mera som ett samarbetsavtal. Utveckling av kärnminne, snabb hållremsstansning, magnetbandsregistrering och snabbskrivare var aktuella forskningsområden, om vilka information skulle överföras till Saab. Speciellt hade utvecklingen av kärnminnet kommit så långt, att Sara skulle kunna förses med ett sådant från början.

När sedan Åtvidabergs Industrier i september 1956 anställde huvuddelen av den kvalificerade tekniska personalen vid Matematikmaskinnämnden, var avsikten att överföringen av den tekniska informationen till Saab trots detta skulle fullföljas av denna personal. Efter en tid ströps emellertid informationsflödet och det var först efter kontakt på högsta företagsledningsnivå mellan Saab och Åtvidabergs Industrier, som informationsöverföringen kom i gång igen.

Arbetet att färdigställa Sara leddes av Börje Langefors och Bruno Lundqvist, medan Björn Lind och Bo Ragnemalm svarade för inkörningen. En första version, Sara I, togs i drift 1957. Den var då utrus-

tad med ett kärnminne på 1 024 helord, trumminne på 8 192 helord samt in- och utmatning via hålremsa med hastigheten 400 respektive 25 tecken per sekund. Året därpå byggdes kärnminnet ut till 2 048 helord och dessutom tillkom magnetbandssystemet Saraband, som var en lysande konstruktion, som fungerade problemfritt från första dagen. Heder åt konstruktören Kurt Widin! Data lagrades i en självkorrigerande kod, vilket troligen var unikt i världen. Dessutom försågs Sara med snabb hålremstans med hastigheten 150 tecken per sekund. Denna utbygga Saraversion benämndes Sara II.

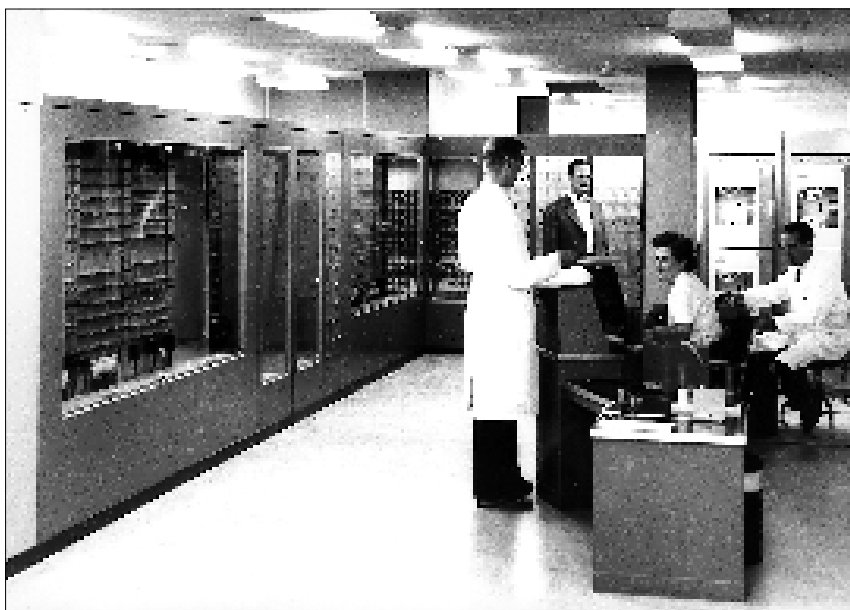
*Kurt Widin, som utvecklade Saraband, lämnade Saab 1959. Fyra år senare återvände han. Ett nostalgiskt besök i Sara-källaren var en självklarhet. Där hälsades han med förvåning av Saras tillfälliga operatör Ann-Marie Malmkvist som frågade:*

*– Är det fel på bandet?*

## Jämförelse Besk – Sara

Både Besk och Sara arbetade med ordlängden 40 bitar, men kunde också operera på halvord, dvs. 20 bitar. Aritmetiken skedde med fast binärpunkt med binärpunkten placerad mellan binärpositionen 0 och 1, där binärpositionen 0 är längst till vänster i ordet. Denna position var också teckenposition, där 0 betecknade ett positiva tal och 1 ett negativt. Negativa tal representerades med tvåkomplement.

Båda maskinerna arbetade med instruktionslängden 20 bitar, där 12 bitar utgjorde adressdel och 8 bitar operationsdel. Vid kommunikation med datorn användes hexadecimal teckenrepresentation, där adressdelen alltså utgjorde de 3 första tecknen och operationsdelen de 2 därpå följande. Adressupplösningen var sådan att adressering kunde ske av halvord. Jämn adress för vänsterhalvord och helord samt udda adress för högerhalvord. Totalt kunde alltså 4 096 halvord adresseras, dvs. hela det internminne, som de båda datorerna så småningom kom att få. Vad gäller komponenterna och den principiella elektroniska konstruktionen, var datorerna också lika.



**Sarahallen.**  
Från vänster syns  
Bo Ragnemalm,  
Börje Langefors,  
Ann-Marie Malmkvist  
och Olof Cassel.

Båda datorerna hade en räkneenhet, som i det stora hela var lika. Det centrala registret var ackumulatorregistret, som var inblandat i alla aritmetiska operationer, liksom in- och utmatning. De aritmetiska operationerna kunde utföras dels på helord och dels på halvord, och det var här som den stora skillnaden fanns mellan Besk och Sara. Samtidigt med Sara pågick vid Regnecentralen i Köpenhamn byggandet av Dask, som även baserades på Besks konstruktion. I Danmark hade man kommit fram till att man ville eliminera en del av de konstruktionsmässiga svagheter hos Besk. Detta anammades också av Saab, varför Sara kom att få samma hel- och halvordsarkitektur som Dask. En annan skillnad var att i Besk kom kvoten vid division att hamna bakvänt i ett register och fick sedan vändas genom en separat instruktion. I Sara och Dask blev kvoten direkt lagrad rättvänd. Genom dessa arkitektoniska förändringar var kompatibiliteten upphävd och operationslistan kom därför också att omnumreras och "snyggas till". Sara och Dask var alltså tänkta att bli kompatibla. Emellertid beslöt man i Köpenhamn att gå vidare med förändringarna och utrustade Dask med tre indexregister, något som aldrig infördes på Sara. För att ändå kunna använda Dask som backup för Sara, infördes ett vred, genom vilket indexregistren kopplades bort, så att Saraprogram kunde köras. Så vitt jag kan minnas, kom aldrig denna backup att praktiskt användas. Dask invigdes i februari 1958.

För att illustrera skillnaderna mellan Besk och Sara, kan vi titta på operationen addition. Innehållet i en minnescell och ackumulatorregistret adderas och resultatet hamnar i ackumulatorregistret. Vi börjar med att granska halvordsaddition:

**Besk** Jämn adress, Halvordsoperation **Sara**



Addition av två vänsterhalvord sker som synes på identiskt samma sätt. Men vid addition av högerhalvord framträder skillnaden:

**Besk** Udda adress, Halvordsoperation **Sara**



Som synes behöver man i Sara vid halvordsaritmetik aldrig ta hänsyn till om man opererar på vänster- eller högerhalvord, resultatet hamnar ändå alltid i ackumulatorregistrets vänstra del. I Besk kan man tvingas att konstruera olika programslingor för vänster- eller högerhalvord. Man kan i Sara exempelvis utnyttja den inbyggda instruktionen för att känna på spill, dvs. att man överskridit ackumulatorregistrets sifferkapacitet. För motsvarande operation i Besk måste man själv genom specialprogrammering bevaka eventuellt spill vid högerhalvordsoperation. Helordsoperationerna fungerar för de båda datorerna på följande sätt:

**Besk** Jämn adress, Helordsoperation **Sara**



Denna helordsaddition fungerar alltså identiskt i maskinerna. Den något oegentliga kombinationen helordsoperation, som pekade på ett högerhalvord, var i Besk en felaktig operation, som ledde till att maskinen stoppade.

**Besk** Udda adress, Helordsoperation **Sara**



## Calle Schewens vals

The image shows a musical score for 'Calle Schewens vals'. It consists of two systems of music. Each system has a vocal line on a treble clef staff and a piano accompaniment on a grand staff (treble and bass clefs). The first system contains the lyrics 'I Ros-la-gens fann på den blom-man - de ö, där'. The second system contains the lyrics 'vå - gor - na kluc - ka mot strand, och'. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings like 'C' and 'G7'.

### Sara spelar Calle Schewen Led i utprovningensarbetet

*Calle Schewen, Flickan i Havanna och andra glada låtar hördes kring årsskiftet i lokalerna, där räknearmaten Sara är installerad. Det var nu inte vanlig musik under arbetet, utan mera nyttonbetonade och högst syntetiska toner, som Sara själv spelade upp. Om detta berättar chefen för Numerisk analys, ingenjör Börje Langefors, följande:*

Arbetet i en räknearmaten innebär att tal flyttas fram och tillbaka mellan olika register i maskinen. Genom att koppla maskinens högtalare till ett av registren åstadkommer man att man får ett klickljud i högtalaren varje gång ett tal tas in där. Räkningen sker med stor hastighet – tusentals operationer per sekund – varför också högtalaren får ett stort antal impulser per sekund och "klickarna" där kan av örat uppfattas som en ton. Tonens höjd blir direkt beroende av antalet impulser per sekund som når högtalaren och härigenom kan maskinoperatören höra hur räknearbetet fortskrider i maskinen.

Ett vanligt räkneprogram låter närmast som en följd av tjut i högtalaren. Eftersom varje program låter på sitt särskilda sätt, kan man höra

om räknearbetet fortlöper korrekt. Möjligheten finns också att bygga upp program för maskinen, så att ljudet från högtalaren återger en känd melodi. Ett sådant program är naturligtvis ur matematisk synpunkt nonsens, men man har roat sig med experimentet vid några olika räknecentraler i England och Sverige. Vid Saab har man gått ett steg längre och konstruerat ett särskilt maskinprogram, s. k. autokod för Sara, som fungerar på sådant sätt, att om maskinen matas med en hålremsa, i vilken man direkt stansar noter i en bokstavs- och sifferkod, tolkar maskinen denna notremsa och "spelar" sedan melodin som reproducerats på notremsan. Genom att successivt mata in olika notremsor, får man alltså lätt maskinen att spela olika melodier.

Denna s. k. musikautokod har framställts som hobbyarbete på fritid av ledare för Saabs kodarsektion, fil. mag. S. Yngvell. Koden har emellertid också varit till stor praktisk nytta, i det att man under inkörningsskedet av Sara med musikprogrammets hjälp lätt kunnat höra när maskinen varit i olag. Kodningsarbete av här ifrågavarande, icke matematisk art, har också stort värde därigenom att det bidrar till att klargöra en räknearmatens vitt skiftande användningsmöjligheter.

*Ur Saabs personaltidning Vips nr 1, 1958*



I Sara däremot gav denna kombination samma operation som udda adress och halvordsoperation i Besk.

I båda datorerna fanns instruktioner i olika varianter för addition, subtraktion, multiplikation, division och lagring i minnescell eller del av sådan. Vidare kunde innehållet i räkneenhetens register skiftas åt höger eller vänster. Instruktioner för hopp i programmet kunde vara ovillkorliga eller villkorliga, beroende på ackumulatorregistrets innehåll. Totalt hade Sara 31 grundoperationer, medan Besk dessutom hade instruktionen för att vända den bakvända kvoten. Från grundoperationerna kunde man sedan skapa varianter för halvordsoperationer, liksom operationer som åstadkom nollställning i samband med operationens genomförande. Både Sara och Besk hade ett trumminne rymmande 8 192 helord uppdelat på 256 kanaler à 32 ord. Överföring mellan trumminne och internminne av ett sådant 32-ordsblock tog 20 millisekunder. Med hänsyn tagen till ett halvt varvs medelväntetid blev medelaccesstiden 30 millisekunder. Under en sådan läs- eller skrivoperation stannade all annan aktivitet i datorn tills operationen var klar.

In- och utmatning skedde via 5-kanals hålremsa. En instruktion för inmatning kunde beordra inmatning av helord eller ett tecken. I båda fallen gällde det hexadecimala siffror (0–9, A–F), vilka var de enda datorn kunde läsa. Senare infördes på Besk inläsning av godtycklig 5-kanalskombination, vilket även möjliggjorde inläsning av telexremsa. Detta infördes dock aldrig på Sara. Utmatning skedde också teckervis, men här kunde såväl hexadecimala siffror som andra 5-kanalskombinationer komma i fråga. Vissa typografiska tecken användes bl. a. för att styra utskriften på den stansutrustning, som skrev ut resultatremorna. In- och utmatning skedde via ackumulatorregistret och all aktivitet i datorn stoppade upp tills in- eller utläsningen var verkställd. Besk och Sara arbetade alltså helt sekventi-

ellt; en ny instruktion började ej utföras förrän den pågående var helt klar.

På Besk fanns också möjlighet att mata ut kurvor på ett oscilloskop för direkt iakttagelse eller för fotografering. Dessa saknades på Sara. När vi 1958 med gott resultat tog Saraband i drift, beslöt Matematikmaskinnämnden att anskaffa magnetbandssystemet även till Besk. Med Saraband infördes instruktioner, som gjorde avsteg från den rent sekventiella bearbetningen. På magnetbanden lagrades data i förpreparerade block om 64 helord, där blocken föregicks av fast inskrivna blocknummer. Från Sara kunde man beordra att ett block med ett visst nummer skulle sökas upp. Uppsökningen av detta block ombesörjdes sedan helt autonomt av bandelektroniken, samtidigt som Sara fortsatte att utföra de följande instruktionerna. Om det sedan dök upp en magnetbandsläs- eller skrivorder, kom Sara att stoppa och utföra ordern först då det korrekta blocket var framspolat. Ett första exempel på simultanbearbetning.

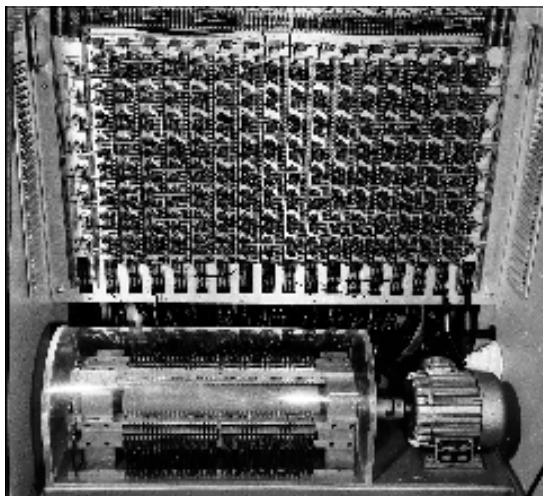
## Programvara

På grund av inkompatibiliteten mellan Besk och Sara, fick programvaran för Sara nyutvecklas. Den programvara av allmänt intresse som fanns vid Besk kom att översättas för hand. Det var s. k. standardprogram, som utförde en viss funktion, exempelvis beräkning av en elementär matematisk funktion, konvertering mellan binär och decimal talrepresentation m. m. De var skrivna i s. k. 800-form, vilket innebar att programmets första ord alltid började på adress 800. Hålremorna med dessa standardprogram förvarades vid operatörskonsolen och inlästes tillsammans med användarprogrammet. Vid inläsningen skedde anpassning av 800-programmet till den verkliga minnesadress där standardprogrammet hamnade. Från huvudprogrammet utnyttjade man standardprogrammet genom ett underprogramhopp, ett s. k. Wheelerhopp.

Det fanns också standardprogram, som anpassats till en bestämd plats i kärnminnet, antingen dess början eller slut. Dessa program kom i regel till användning i samband med programtestning för att producera utskrifter för senare felletning. Exempel härpå är hexadecimal eller decimal utskrift av internminnet eller ett antal trumkanaler. Det fanns också program, som stansade ut en komplett självinläsande hexadecimal programremsa av det färdigtestade programmet. Denna håltremsa var då försedd med en kontrollsumma, utgörande summan av alla helorden utan hänsyn tagen till spill. En sådan kontroll var nödvändig, då tillförlitligheten vid såväl inläsning som utstansning av håltremsor ej var hundra procentig.

Varken Besk eller Sara hade något operativsystem eller ens ett embryo till ett sådant. Med undantag av fyra helord i början av internminnet kunde allt övrigt utrymme och hela trumminnet disponeras av det egna programmet. Programmen lagrades på håltremsa och inlästes då de skulle exekveras. De fyra helorden i början på minnet innehöll ett antal permanenta konstanter, som alla program förutsatte skulle finnas tillgängliga.

I tidernas begynnelse fanns ju praktiskt taget inga programmeringshjälpmedel, varför man var hänvisad till att skriva programmen direkt i maskinens kod. Eftersom det tyvärr är svårt att göra ett korrekt program i första försöket, tvangs man antingen till omskrivning av hela programmet, eller att ersätta



**Trumminnet i Sara.**

den felaktiga programdelen med ett hopp till en nyskriven korrekt programdel, som lagrades på annan plats i internminnet.. Sådana "lappade" program blev med tiden nästan omöjliga att förstå och underhålla, varför det senare blev nödvändigt med en total omskrivning.

Då Sara höll på att färdigställas, fanns vid Besk ett programmeringssystem benämnt FA(5), utvecklat av Gunnar Hellström, med vars hjälp man skrev program med fiktiva (symboliska) adresser i stället för absoluta maskinadresser. Man disponerade talen 100–999 för att namnge data eller symboliska adresser (labels) i programmet. För Sara utvecklades av Sven Yngvell ett motsvarande system benämnt FAS, som utnyttjade samma konventioner som FA(5). För att framställa ett korrekt användar-maskinprogram, började man med att läsa in FAS-håltremsan, som innehöll översättaren. Översättaren läste därefter in användarens FAS-program tillsammans med de standardprogram i 800-form, som behövdes. Efter översättningen stansades en håltremsa med maskinprogrammet i hexadecimal form. Denna håltremsa fick sedan läsas in för att exekveras. För dagens datoranvändare kan denna håltremssexercis te sig ineffektiv, men man måste då

### **Sammanfattning av tekniska data för Sara**

Ordlängd	40 bitar
Instruktionslängd	20 bitar
Additionstid	56 mikrosekunder
Multiplikationstid	364 mikrosekunder
Kärnminne	2 048 ord
Trumminne	256 kanaler à 32 ord, 8 192 ord
Medelaccesstid	30 millisekunder
Saraband	6 bandaggregat à 4 096 block à 64 ord
Håltremsinläsning	400 tecken per sekund
Håltremsstansning	150 tecken per sekund



**Britt Kempe vid Saras hålrmsstans.**

komma ihåg att Saras minnesresurser var så begränsade, att hålrmsa fick användas som ett externt lagringsmedium.

Eftersom Sara arbetade med fast decimalkomma fick programmeraren genomföra en noggrann numerisk analys av sina beräkningar. Talen fick skalas och man fick själv hålla reda på decimalpunktens läge. Man kunde dels överskrida registrens sifferkapacitet och dels förlora för många signifikanta siffror vid skalningen av talen. För att slippa

skalningsproblemen utarbetade Magnus Tideman och Rolf Dahlin ett interpretativt system, som använde programmerad flytande räkning. Systemet kallades Safir och skall väl närmast översättas med Saabs flytande interpretativa räkning. Systemet kom dock till mycket begränsad användning, främst beroende på den förlängda exekveringstid på uppskattningsvis 25 gånger som interpretationen och den flytande räkningen gav upphov till jämfört med att skriva programmet med aritmetik med fast komma.

Användningen av hålrmsa som in- och utmatningsmedium gav upphov till en hel del problem. Programmeraren skrev sitt program på en blankett, som han sedan lämnade till stansavdelningen för framställning av en hålrmsa. Stansutrustningarna var av Facits fabrikat, men konstruktionen härstammade från Matematikmaskinnämnden. Tillförlitligheten lämnade en del i övrigt att önska, så det var inte ovanligt med obehagliga överraskningar. Om man ville införa en rättelse på en hålrmsa, kunde man med hjälp av stansutrustningen kopiera den



**När Sara skrotades 1967 efter tio års tjänst, skingrades alla delarna utom kärnminnet (hitom sladdhögen i bilden), som förvaras i Datasabmuseet på Linköpings Tekniska Högskola.**

gamla hålremsan fram till den plats där man skulle rätta. Rättelsen infördes och därefter fortsatte man att kopiera remsan fram till nästa ändringsställe. På grund av den bristande tillförlitligheten var man sedan tvungen att lägga de båda hålremsorna på varandra och hålla dem mot ljuset för att kontrollera att de kopierade delarna var lika. Som synes var det tidsödande att rätta program. Därför tillgreps diverse knep för att införa rättelserna direkt på hålremsan. Vi hade tillgång till en liten handstans, som innehöll hål för tio hexadecimala siffror. Med hjälp en mindre dorn kunde man sedan manuellt göra hål i remsan på lämplig plats. Dessa handstansar var av flygkvalitet och hade säkert varit mycket dyra att framställa. För att täppa till hål i remsor, införskaffades smal tejp och små brodyrsaxar, med vars hjälp man klippte till en lämplig bit för att anbringa på hålremsan.

Hantering av hålremsor skapade också speciella problem. Då hålremsor lästes in eller stansades ut, lät man dem falla i stora papperskorgar. De spolades sedan snabbt upp på pappbobiner med hjälp av elektriska uppspolare. Det var då viktigt att papperskorgen var slät och ej innehöll något, som kunde ta tag i hålremsan så att den gick av. Då vi skulle skaffa de första papperskorgarna till Sara, hade vi funnit en lämplig sort. På den inköpsanmodan som skrevs, angavs vilken typ av papperskorgar vi ville ha. Men då slog Saabs byråkrati bakut. Vi uppmanades att hålla oss till de papperskorgar, som man hade som standard på företaget. Det hela löste sig emellertid med en ny inköpsanmodan för anskaffning av remskorgar. Så småningom ersattes dessa remskorgar av korgar av metallnät för att eliminera den elektrostatiske uppladdningen av pappersrem-sorna.

Det fanns också planer på att bygga ut Sara med snabbskrivare och yttre kärnminne, men dessa kom aldrig att realiseras. Sara kom att användas fram till 1967, dvs. under en tioårsperiod. Den användes så gott som uteslutande för flygtekniska beräkningar

inom områden som aerodynamik, fladder, hållfasthet m. m. Genom tillkomsten av Saraband underlättades arbetet med större datamängder.

## Kostnader

Den första etappen Sara I, som hade 1 048 ords kärnminne och saknade magnetband, kostade 1,2 miljoner. Användarna fick då betala 264 kr per timme vid användningen. Den följande etappen Sara II, som fick fullt kärnminne, snabbstans och Saraband, höjde totalkostnaden till 2,1 miljoner. Användarna fick nu betala 540 kr per timme.

Det kan ha ett visst intresse att jämföra Sara kostnads- och kapacitetsmässigt med dagens personatorer. Den PC som här presenteras har godtyckligt valts ur en tidningsannons. Minnesutrym-met i Sara har räknats om till bytes rent mekaniskt, alltså 1 byte (B) = 8 bits (b). 1 kB = 1 024 bytes, 1 MB = 1 024 kB.

	<b>Sara</b>	<b>PC</b>
Internminne	10 kB	4 MB
Trumminne	41 kb	
Diskett		1,44 MB
Magnetbandsminne totalt	7,8 MB	
Skivminne		120 MB
Klockfrekvens	143 kHz	33 MHz
Pris	2,1 Mkr	9 995 kr
Prisår	1958	1994

Vem kunde ana en sådan utveckling, då vi höll på med Sara?

## Källor

1. Erik Stemme: Den automatiska räknemaskinen Besk. Teknisk Tidskrift, 29 mars 1955.
2. Kurt Widin: Bandminnet. Tema D21, Datasaaabs Väner 1994.

# Börje Langefors och Saab

---

*Tord Jöran Hallberg*



*Börje Langefors på 50-talet.*

**A**v alla Saabs gamla datorpionjärer var Börje Langefors först på plan. När han kom till Saab 1949, var inte ens Bark i drift och på Saab räknade man med räknesnurror. Börje – det känns naturligt att kalla honom så, fast jag inte träffat honom mer än ett halvt dussin gånger – var då redan 34 år. Efter tekniskt gymnasium i Malmö hade han bedrivit specialstudier vid Kungl. Tekniska Högskolan i Stockholm, studerat vid Stockholms högskola och varit anställd vid Flygtekniska försöksanstaltens avdelning för aerodynamik i Stockholm och vid Nordiska Armaturfabriken (NAF) i Stockholm och Linköping. Hans huvudinriktning var matematik.

På Saab blev Börje ansvarig för ett ”beräkningslaboratorium”, där man som bäst höll på med några av landets första försök med elektroniska analogmaskiner eller differentialanalysatorer. En elektronisk analogmaskin är ett elektriskt nätverk, som beskrivs av ekvationer, som liknar dem som beskri-

ver den mekaniska verklighet man vill räkna på. Krafterna i en flygplansvinge kan t. ex. ha samma struktur som spänningarna i ett lämpligt konstruerat elektriskt nät.

Börje satte full fart och producerade från början bortåt en rapport i månaden. De första har titlar som ”Elektrisk analog för fladder”, ”En expansionsrats inom materialteori jämte tillämpningar på elektriska analoginät”, ”Nätanalog för skal med pilvinge” och ”Tillämpad materialteori”. De är kryddade med ekvationer i den högre skolan och inte precis något man läser på en kafferst.

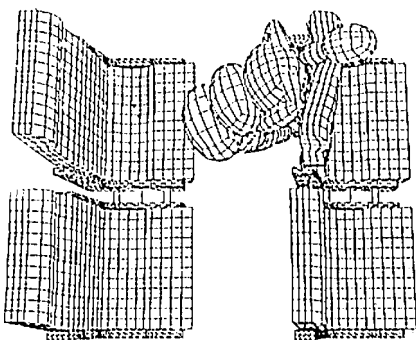
## **Finita element**

Redan 1949 beskrev Börje ”elektriska analoger” eller ”ekvationslösare” för sådant som rektangulära och trapetsformade plåtrutor och spryglar. Detta sätt att dela upp en flygplansvinge eller ett krökt skal i småbitar, som man sedan räknar ut krafter och deformationer för, kallas numera finita elementme-

toden eller FEM och är standard inom bl. a. hållfasthetsläran.

Börje var extremt tidigt ute med en sådan metod. I boken "Early FEM Pioneers" av John Robinson finns därför ett helt kapitel om Börje. Själv har han i radioprogrammet Vetandets värld i våras (28 juni 1995) nämnt FEM som en av sina främsta forskningsinsatser.

Börjes fortsatte att producera rapporter i närliggande områden en bra bit in på femtioalet och att det han gjorde var visionärt och av hög klass har många omvittnat. Enligt Rolf Wasén, fil. dr. i matematik, hade Börje en enastående förmåga att förena praktik med mycket svår och avancerad teori inom bl. a. algebraisk topologi. Att det var skarpa saker framgår också av att Börje långt senare, 1963, fick en oavlönad docentur i byggnadsstatik vid Chalmers, en titel som innebar att han förklarades professorskompetent.



*Finita elementmetoden används i modern teknologi på vitt skilda områden, t. ex. simulering av bil- och tågkrockar. Här en bild från en simulering av kupéhändelser vid en krock mellan X2000 och ett timmersläp. Enbart kupéinredningen är modellerad med 16 000 finita element och körningen av några få sekunders händelser kan ta timmar på en superdator.*

#### NUMERISK ANALYS

LNC	Chef	B Langefors	196
LNM	Matematisk utveckling	M Tideman	204
LNM-N	Numerisk analys	L Rjertman	320
LNM-L	Logistik	M Tideman	204
		I Dahlstrand	Rt 209
LNP	Programmering	K W Ahlgren	376
LNP-B	Besk	K W Ahlgren	376
		E Petersson	Schim 824665
LNP-H	Hålkort	A Ohlsson	825
		B Westling	825
		L Dahlén	825
LND	Drift	K W Ahlgren	376
LND-P	Planering	A Hansson	376
LND-D	Maskiner	G Björkenor	304
LNL	Laboratorim	B Lundqvist	Rt 207
LNL-L	Utvecklingslaboratorium	B Lind	Rt 207
LNL-V	Apparatbyggnad	B Lind	Rt 207
		A Westman	229
LNL-A	Analogi	B Lundqvist	Rt 207
		S Norman	430
LNX	Expedition	M Hansson	196

*Langefors började som chef för en "enmansgrupp" 1949, men den växte fort. Bilden är från Saabs telefonkatalog 1955. Tydligen hade man en man stationerad i Stockholm för Beskkörningar.*

## Hålkort och Sara

Börje kom snart underfund med att det inte räckte med analogmaskiner, bl. a. emedan de inte var tillräckligt noggranna för vissa typer av problem. Han började använda en IBM 604 "Card punch calculator" på servicebyråbasis 1951 och lyckades övertyga Saabs ledning om att man borde införskaffa egna 604:or. Två sådana installerades på våren 1953 och i samma veva beställdes en IBM CPC "Card programmed calculator". Hösten samma år skriver Börje i en rapport att man under tiden maj-sept kört ca 1,6 miljoner multipliceringar och sparat ca 1,7 miljoner kronor jämfört med handräkning.

Men nu hade andra saker börjat hända. Besk hade kommit igång och på marknaden fanns flera alternativ till IBM:s hålkortsmaskiner. Wennergrens företag erbjöd Saab en Logistics General Purpose Computer, senare omdöpt till Alwac, och Computer Research Corporation, senare köpt av National Cash Registers NCR, hade börjat tillverka CRC-102-A. Den senare betraktade Börje som ett möjligt alter-

nativ till IBM CPC och för att avgöra frågan, begärde han att få göra en resa till USA.

Denna genomfördes våren 1954 och i reserapporten pläderar Börje för byggandet av en Beskkopia, dock moderniserad med magnetband, kärnminne och snabbskrivare. Kärnminnet hade Börje sett på MIT och han påpekar i rapporten att IBM 701 varit framgångsrik med sina bandminnen. Börjes gissning var att Beskkopian skulle kosta ca 500 000 kronor, vilket skulle visa sig vara fel med drygt en faktor två.

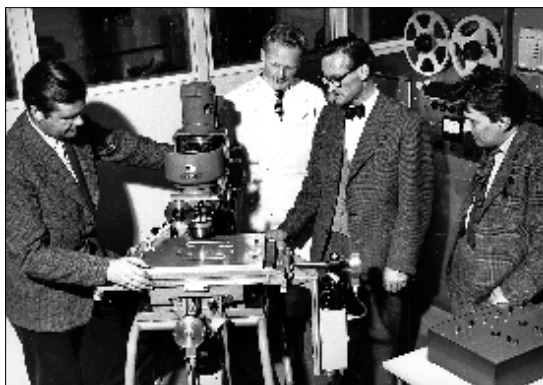
*Saab har fått sina första hålkortsmaskiner. Styrelsen gör studiebesök. Ordföranden Notin frågar vad maskinen gör. Börje försöker förklara hur den fungerar. Notin begriper inget. Börje försöker igen, varefter Notin vänder på klacken med anmärkningen "jag förstår att du försöker bevara dina yrkeshemligheter". När Börje kommer hem, berättar han om sitt pedagogiska misslyckande för familjen, varvid hans lille son frågar:*

- Men vad gör den då, pappa?*
- Den räknar, svarar Börje.*
- Men varför sa du inte det då?*

*Berättat av Hans-Eric Löfvist, Börjes chef på 50-talet*

## Numerisk styrning

Men det mest intressanta i Börjes reseberättelse är något annat. Under rubriken "Numeriskt styrda verktygsmaskiner" skriver han följande. "I USA har sedan några år saluförts 'plotters' med vilka på hålkort stansade koordinatvärden automatiskt utprickas på diagram. Vid LR (Börjes grupp) uppkom då tanken att på ett liknande sätt automatisera Saabs koordinatograf till att direkt utpricka punkter me-



**Bruno Lundqvist, Olle Johansson, Börje Langefors och Björn Lind vid Saabs första experimentutrustning för numerisk styrning. Här gjordes Saabs första försök med digitala bandspelare (överst till höger i bilden).**

delst impulser från en läsmaskin för hålkort. Därvid påpekades också möjligheten att direkt låta hålkortsinformation styra en fräsmaskin för att automatiskt utfräsa den mall, vars koordinater specificerats på hålkorten... Vid besök vid MIT visade det sig att man där på "Servomechanism laboratory" utvecklat en anordning för att styra en fräsmaskin medelst ett hålbånd på liknande sätt som vi tänkt oss... Man konstaterade vid MIT att man förut ej påträffat någon så väl förberedd för att använda sig av numeriskt styrd bearbetning som Saab. Saab synes ha gått väsentligt längre än de amerikanska företagen när det gäller att praktiskt utnyttja den numeriska formgivningen i sitt arbete... Det synes uppenbart att så mycket kunde vinnas vid Saab genom att införa numerisk styrning att man snarast borde igångsätta försök i sådan riktning. Lämpligt torde vara att omedelbart starta konstruerandet av en kurvritare styrd av hålkort".

Så skedde, och de första försöken i riktning mot numerisk styrning på Saab gjordes redan på sommaren 1954. De var de första digitala experimenten som över huvud taget gjordes på Saab och omfattade något senare bl. a. försök med magnetband.

Börje hävdar som synes i reseberättelsen att han självständigt kläckte idén om numerisk styrning.

Det gjorde han säkert också – det betvivlas t. ex. inte av hans dåvarande chef Hans-Eric Löfkvist eller andra medarbetare från den tiden – men på MIT hade man tyvärr kommit igång redan 1952.

Saab var dock bland de första i Europa – möjligen rentav först – med numerisk styrning och om någon skriver en bok om ”Early NC Pioneers” så kan det ju hända att Börje får ett kapitel. Möjligen tillsammans med Bruno Lundqvist, som vid sidan av Langefors i ”Vem är vem” anges som konstruktör av Sveriges första numeriskt styrda verktygsmaskin (1955). Numerisk styrning eller NS (eng. NC, Numeric Control) används numera i en mycket stor del av verkstadsindustrin. Saabs verksamhet på området beskrivs närmare av Sune Sjölund i ett annat avsnitt i denna bok.

Börje, som nu blivit chef för ett kontor för numerisk analys, blev i fortsättningen till stor del upptagen med att bygga upp det elektronikgång, som skulle bygga Sara och de numeriska styrutrustningarna. Inom gänget smiddes högtflygande planer. Redan innan Sara I hade kommit igång, planerade man en fortsättning som kallades ”Saab 94 Mimer”. Enligt en rapport av Bruno Lundqvist från februari 1956, skulle Mimer ha två trummor, fyra band, skivminne och snabbskrivare. Vidare skulle ”tidscykeln brytas upp, så att en mikroordersekvens av variabel längd” skulle bli möjlig.

Utvecklingen av elektronikretsarna för den första utrustningen för numerisk styrning var klar, och vad gäller kommande verksamhet på området, skriver Lundqvist som följer. ”En framtida fabrik kan tänkas bestå av ett antal elektroniskt styrda och kontrollerade maskiner. I en sådan anläggning kan en ”informationsdistributör” användas. Ett projekt till en sådan distributör har upprättats av Björn Lind.” Lind, som hade utvecklat reläkretsar redan i Bark, var en otroligt skicklig tekniker. 1957 skrev han en uppsats som heter ”logisk algebra tillämpad på elektriska kretsar” och som än i dag skulle kunna användas som lärobok i digitalteknik. 1959 bildade

han Mjölbyverken, tog med sig några tekniker från Saab – däribland Kurt Widin – och tillverkade under några år ett tiotal utrustningar för numerisk styrning i direkt konkurrens med Saab.

## **CAD och Algol-Genius**

Börje var i farten med det ena och det andra och skrev 1957 ett intressant förslag till ”flytande indexregister”, som tyvärr aldrig blev realiserat. Samma år diskuterades om inte Sara kunde användas för utvärdering av flygprov, det som senare blev D21-tillämpningen Sapuc. 1958 besökte Börje textilföretaget Junex i Jönköping, som tydligen frågat om inte datamaskiner kunde användas i deras verksamhet. Börje skissade snabbt på ett förslag till hålkortstyrd utrustning för ”numerisk mönsterskärning” av tyger och för ”graderingsprogram”, som skulle beräkna tygbitarnas utseende för klädesplagg i olika storlekar. Det var ett av de första svenska förslagen inom det som nu kallas CAD (Computer Aided Design) eller datorstödd konstruktion. Dit kan även räknas följande vision, skriven av Börje i tidningen Affärsökonomi 1958. ”Det ligger nära till hands att gå ytterligare ett steg och i stället för att förse räkneautomaten med detaljens måttuppgifter förse den med information om detaljens användning och låta räkneautomaten själv räkna fram måttuppgifterna”. Detta kallas numera CAD-CAM (Computer Aided Design - Computer Aided Manufacturing).

Junexfallet är ett exempel på den, låt vara begränsade, civila verksamhet som mot slutet av 50-talet så smått kom igång på beräkningsavdelningen. Denna verksamhet tog sig konkreta uttryck på den första Nordsam-konferensen i Karlskrona i maj 1959. Där fanns en Saabmonter, som sköttes av Algée Hansson, som höll presskonferens och framhävde att Saab var pionjär på datamaskinområdet, kunde lösa komplicerade beräkningsproblem och erbjuda Saraband till hugade spekulanter. Däremot hade man ännu inte bestämt sig för att marknadsföra



utrustning för numerisk styrning. När Gunnar Lindström på hösten 1959 blev chef för elektronikavdelningen, inlemdes beräkningsavdelningens civila verksamhet i denna.

Börje arbetade ända fram till 1960 energiskt för ett samarbete mellan Saab och Facit, men något sådant kom inte till stånd, emedan Facit bestämde sig för att lämna datamaskinmarknaden.

Beräkningsavdelningen och Börje hade ingen del i utvecklingen av Sank alias D2, men sedan Skandinaviska elverk beställt en uppgraderad D2:a alias D21, anlätades folket vid beräkningsavdelningen som konsulter. Så värst stor inverkan fick de inte på D21-arkitekturen, sedan ett förslag från Bengt Asker 1960 att införa indexregister och ett (framsynt) förslag från Börje samma år att ”interferensskydda simultankörning i D21” med ett ”enkelt gränsregister” hade spolats. Men sedan kom datorspråket Algol-Genius, med Börje som idégivare. Det hade otvivelaktigt avgörande betydelse för D21:s framgångar, och Börje drev energisk propaganda för att

D21 var lika bra i administrativa som teknisktvetenskapliga tillämpningar.

## Professorn

Börje lämnade Saab 1965, då han blev tillförordnad professor i ”informationsbehandling, särskilt den administrativa databehandlingens metodik” vid Tekniska Högskolan i Stockholm. Börje är den ende Datasaabaren som kommit med i Nationalencyklopedin. Där kan man läsa att han är född 1915 i Ystad och att han ”i sitt huvudarbete Theoretical Analysis of Information Systems (1966) utvecklade en teoretisk grund för design av effektiva informationssystem”. Vidare att han i System för företagsstyrning (1968) behandlade ”problem kring mål för styrningen av organisationer. Genom att betona betydelsen av databehandlingens användningsaspekter och värdet av teoretiskt arbete, har Langefors betytt mycket för att etablera administrativ databehandling som akademisk disciplin och främja samhällvetenskapligt orienterad forskning på dataområdet”.

### Från matematikmaskin till dator

*De första svenska datorerna kallades matematikmaskiner, populärt elektronhjärnor. På 50-talet började man tala om siffermaskiner, senare om datamaskiner.*

*I Vetandets värld 28 juni 1995 berättar Börje Langefors om hur det ordet kom till. Man satt på Teknologföreningen och diskuterade hur engelskans ”data processing machine” och tyskans ”Datenverarbeitungsmachine” lämpligen skulle översättas. Börje pläderade för datamaskin, men någon invände att det ordet ju inte utsäger vad det är som behandlas.*

*– Jamen, lite får väl för f-n folk tänka själva, menade Börje.*

*Detta hände kring mitten av 50-talet. Börje har berättat att han redan vid denna tid föreslog ordet ”dator”, som folk dock tyckte lät konstigt.*

*Ordet datamaskin blev i stället allmänt accepterat och använt, tills folk på 60-talet började säga ”datan” i stället för ”datamaskinen”. Börje föreslog återigen ”dator” i analogi med ”motor” och ”traktor” och då accepterades förslaget. Börje säger att han propagerade för ordet på ett föredrag på Handelskammaren, som refererades i dagspressen. Första gången ordet dator nämns i svensk press är, enligt Svenska Akademiens ordboks arkiv, i Dagens Nyheter den 26 april 1968.*

Det är alltså för sin verksamhet under tiden som Sveriges första ”dataprofessor” som Börje är mest känd. Han lär visserligen ha påbörjat ”Thais” redan under sin tid på Saab, men hans systemvetenskapliga arbete utelämnas här. Jag nöjer mig med att citera Bo Dahlbom, professor i informationssystem på Chalmers, som i ”Essays on Infology” skriver att ”ingen har betytt mer för systemutvecklingen i Skandinavien än Börje Langefors, den förste professorn och grundläggaren av detta akademiska ämne i Skandinavien”. Kring 1970 var Börje en ”dataguru” i vida kretsar inom- och utomlands.

I våras uppträdde som sagt Börje i Vetandets Värld. Där kunde man höra reportern Per Gustavsson säga att ”Börje Langefors verkar märkbart nöjd med sin livslånga insats för den nya datatekniken och inte heller speciellt blygsam om sin roll”. Där efter säger Börje: ”Jag spelade en central roll i arbetet för att få Sverige att starta med digital dator-teknik”.

Sånt retar en del, men vad värre är: det är definitivt en överdrift, ty Börje hade, han får ursäkta, ingen som helst inverkan på Sveriges första elektroniska dator Besk och inte heller på Sveriges första heltransistoriserade dator D2. Däremot har hans pionjärinsatser inom finita elementmetoden, numerisk formbestämning och numerisk styrning enligt min mening blivit alltför lite uppmärksammade och uppskattade. Det samma kan sägas om hans arbete med Algol-Genius och hans entusiastiska marknadsföring av D21. Men är det något han blir odödlig för, så är det nog ordet dator.

### Källor:

1. Langefors' handlingar i Datasaabarkivet, Vadstena, 49001:LHR1-6, LRC16, 18, 21, LNC39, 40, 69, 80, 119, 58002:TNC och 58003: LNC-6-8010.
2. Börje Langefors: Essays on Infology, utg. Bo Dahlbom, Gothenburg, Studies in Information Systems report 5, 1993, med förord av Dahlbom och en bibliografi över Langefors verk, som omfattar 13 böcker, 82 artiklar och 40 rapporter.
3. Intervjuer med Hans-Eric Löfkvist, Kurt Widin, Rolf Wasén m. fl.
4. Börje Langefors utkast till memoarer, i spridda delar insamlade från Börje Langefors, Magnus Johansson (Tema T) och Rolf Wasén.
5. Vips nr 6, 1957 (invigningen av Sara och en historik över kontoret för numerisk analys).
6. Börje Langefors: Numeriskt styrda verktygsmaskiner, Affärsökonomi nr 15, 1958.
7. Vem är Vem, supplement 1968, Vem är det 1973, Nationalencyklopedin, uppslagsord Börje Langefors.
8. Intervjuer och brevväxling med Langefors 1995.

# Numerisk styrning

---

*Sune Sjölund*

**R**edan 1954 började man vid Saab att utveckla och bygga den första experimentutrustningen för numerisk styrning. Då de första försöken i USA gjordes med generell konturstyrning, var det naturligt att den första utrustning som Saab byggde var av denna typ. En elektronrörsbestyckad styrutrustning för enbart experiment togs fram på Saab på initiativ av Börje Langefors med Bruno Lundqvist som projektledare. Experiment företogs med olika former av informationsbärare, såsom magnetband och hålkort.

Verktysmaskinen var en mindre vertikalfräs monterad på ett rullbord, som matades av två motorer, en för vardera riktningen höger-vänster och framåt-bakåt. Spindeln manövrerades manuellt i höjddled. Bearbetning skedde utefter räta linjer i räta och 45 graders vinklar.

Man insåg att även en begränsad generell styrning skulle ställa sig mycket dyr. En undersökning vid Saab visade också att, vad beträffar fräsoperationer, så bestod ca 70 procent av arbetet av rätvinklig bearbetning.

Denna typ av styrutrustning vidareutvecklades ej och projektet lades ner 1956.

## **MTC-2**

Nästa steg i utvecklingen blev ett styrsystem, avsett för automatisk styrning av sådana verktygsmaskiner, där det gäller att placera verktyget på vissa bestämda punkter, t. ex. hålbörning, eller där det är fråga om rätlinjig och rätvinklig bearbetning, t. ex. fräsning av fyrkantiga detaljer.

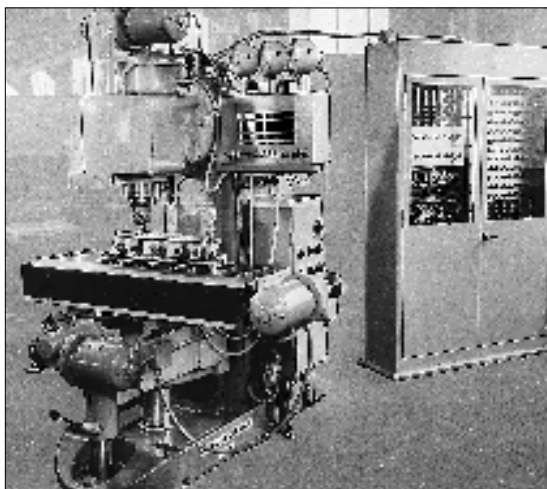
Utvecklingen av ett reläutrustat styrsystem med dessa egenskaper påbörjades 1956–57 med Björn Lind som projektledare och konstruktör av elektroniken.

Programmeringen skedde med kopplingsladdar i en kopplingstavla med plats för 48 programsteg eller ”orderpunkter”. Snabbmatning, arbetsmatning, krypmatning, kylvätska till-från m. m. kunde beordras. Läget för de punkter, maskinen skulle röra sig mellan, ställdes in på dekadomkopplare (omkopplare med tio lägen). För varje punkt fanns fyra omkopplare, en för tiondels millimeter, en för milli-

meter, en för centimeter och en för decimeter. Det fanns 96 omkopplare, så att upp till 24 punkter eller matningssträckor kunde ställas in.

Räkneenheten bestod av fyra dekadräknare, av vilka den första var transistoriserad för att hinna ta emot de snabba pulserna från verktygsmaskinens pulsgivare, medan de tre följande var uppbyggda med reläer. De transistoriserade inläsnings- och räknekretsarna konstruerades som examensarbete av Lars-Olof Sundström.

Prototypen sattes i drift i mitten av år 1958 och användes sedan under flera år i bergverkstaden för framställning av flygplansdetaljer.



**Prototypen till MTC-2. Till vänster i skåpet syns sladdprogrammeringspanelen, till höger omkopplarna för programmering av sträckor.**

Nackdelen med prototypen var långa ställtider för uppkoppling av sladdarna och inställningen av dekadomkopplarna till ett nytt bearbetningsprogram. För att minska ställtiderna utfördes de två nästföljande styrutrustningarna med snabbt utbytbara färdigkopplade kopplingsboxar för programmet. Dock fanns dekadomkopplarna kvar för manuell inställning av bearbetningssträckorna. Dessa styrutrustningar döptes till MTC-2 (Machine Tool Control nr 2) och installerades i "Berget" 1959 för styrning av

de av Saab utvecklade och konstruerade hydrauloljemanövrerade fräsmaskinerna PV-2. Några ytterligare MTC-2 tillverkades ej.

***Börje Langefors har i sina memoarutkast en serie om "Missbruk av statistik", där man kan läsa följande under rubriken "Fräsa rakt eller krokigt".***

*"Chefen för Saabs avdelning för produktionsteknik, där utvecklingen av numerisk styrning för verkstadsteknik skulle utföras, hävdade att man skulle börja med enkla tillämpningar och därmed enklast möjliga prototypkonstruktion. Detta kunde ju också förefalla praktiskt. Han ville därför till att börja med ta fram en maskin, som bara kunde fräsa längs räta linjer och räta vinklar. Jag invände mot detta att man då bara skulle automatisera sådan bearbetning, som var relativt enkel att utföra manuellt. En sådan maskin skulle inte kunna illustrera de verkligt stora fördelarna med numerisk styrning. Jag tyckte att det hela skulle bli ett slag i luften och därmed innebära onödiga kostnader. Han hade emellertid samlat in statistik över förekomsten av olika slag av bearbetning inom företaget och visade att den absoluta merparten av all fräsning var begränsad till räta linjer och räta vinklar. Min invändning var att detta var helt irrelevant för vårt problem, det var ju självklart att när man inte hade tillgång till numerisk styrning så var det ju närmast omöjligt att göra något annat. Den statistik som tagits fram var helt missvisande för det beslut vi hade framför oss. Chefen bestämde emellertid, det var ju hans domän. Resultatet blev så småningom det man kunde vänta sig. Tyvärr kom därmed insikten om den numeriska styrningens oerhörda möjligheter i svensk industri att bli ett eller annat år försenat."*

## MTC-5

Baserat på de samlade erfarenheterna från system MTC-2 framtofs år 1960, på initiativ av Alf Narbro på Saabs verktygsavdelning, ett system med hållremsa som informationsbärare. Genom att styrinformationerna förlades till hållremsan och kodades på ett speciellt sätt, uppfunnet av Narbro, fick systemet, som döptes till MTC-5, en enklare uppbyggnad än MTC-2. Dessutom blev ställtiderna kortare.



*Sune Sjölund och Hans Brobjer från Saabs verktygsavdelning vid MTC-5.*

För utveckling, elkonstruktion och projektledning av MTC-5 svarade Sune Sjölund, för den mekaniska konstruktionen Ante Westman.

MTC-5 var avsett för automatisk styrning av verktygsmaskiner, t. ex. fräsar, svarvar och bormaskiner. Styrsystemet medgav styrning i fyra koordinater; förutom de tre rumskoordinaterna en koordinat för rundmatning, vridning av revolverhuvud o. dyl. Order verkställdes för en koordinat i taget med måttenheterna tiondels mm, mm, cm och dm.

Prototypen visades upp på Mekanförbundets utställningar i Stockholm och Jönköping 1960 tillsammans med den lilla experimentfräs som omnämns i ingressen ovan. Den vidareutvecklades från hösten 1961 till en serieversion, vars första exemplar installerades i "Berget" 1962. Leveranser

gjordes sedan till bl. a. Torpedverkstaden i Motala, Verktygsmaskinfirman SAJO i Värnamo, Köpings Mekaniska verkstad och Tjeckoslovakien.

## Saab 500

Den generella konturstyrningen hade inte glömts bort av Saab, medan man arbetade med MTC-2 och MTC-5, även om ansträngningarna i första hand inriktats på praktiskt användbara system för begränsad konturstyrning.

År 1960–61 påbörjade Lars-Olof Sundström och Per-Erik Danielsson utveckling och konstruktion av system Saab 500 för bl. a. generell konturstyrning. Även cirkulär interpolering kunde utföras i Saab 500. Systemet var inte i första hand avsett för styrning av verktygsmaskiner, utan för andra former av styrning som t. ex. valsverksstyrning. Andra arbetsuppgifter var styrning av ritbord och skärmaskiner samt industriell processreglering.

Saab 500 var en heltransistoriserad dator med en klockfrekvens av 100 kHz. Talrepresentationen var decimal. Inmatad information behandlades i serieform med en decimal siffra åt gången. Som inorgan användes remsläsare.

Ett styrsystem av typ Saab 500 levererades i nedbantat specialutförande 1962 eller -63 till Kockums varv i Malmö (som även köpte D21 och dess efterföljare) för styrning av en balkstansmaskin. Sedan gjordes inga fler system Saab 500.

Utvecklingen av numerisk styrutrustning bedrevs från början inom beräkningsavdelningens kontor för numerisk analys under Börje Langefors. 1959 överfördes den till datateknikkontoret inom elektronikavdelningen under Viggo Wentzel. 1964 överfördes den vidare till Saabs fabrik i Jönköping, där man utvecklade MTC-6 för punktstyrning och rätlinjestyrning och MTC-8 för kurvlinjestyrning. Tillsammans med programsystemen Formela för analytisk formbestämning och Adapt för geometribe-

skrivning erövrade dessa system en marknadsandel i Sverige på 25 procent i slutet av 1960-talet.

### Källor:

1. Datasaabarkivet i Vadstena 59001, 59002, 60005, 60012 och 60014.
2. Vips nr 4 1969 (verksamheten i Jönköping).



*Sune Sjölund är född 1919 och är därmed den äldste författaren i denna bok. Han är son till en folkskollärare i Ulriksfors, Jämtland, gick i realskola i Strömsund och blev sedan signalist vid Jämtlands och Brävalla flygflottiljer.*

*1946–49 gick han på tekniskt gymnasium i Stockholm och 1949 anställdes han vid Saabs apparatavdelning i "Berget".*

*1954 flyttade han till Beräkningsavdelningens kontor för Numerisk analys under Börje Langefors, där han sysslade med geometri- och hållfasthetsberäkningar med hjälp av hålkortsmaskiner. 1952–56 genomgick han Saabs högre flygtekniska kurser. Han hjälpte sedan till med uppbyggnaden av Sara och hade ansvaret för den mekaniska uppbyggnaden av Saraband. 1960 blev han projektledare för MTC-5, 1963–71 sysslade han med inkörning och leverans av D21 och D22.*

*Parallellt med studier till civilekonom vid Linköpings universitet har Sune sedan arbetat med bl. a. service och ekonomiska kalkyler.*

*Han pensionerades 1984 och har sedan hjälpt till med uppbyggnaden av Datasaaabs arkiv i Vadstena. Främsta hobbies är skidåkning och resor, senast till Kina.*

# R-system – Datasaabs vagga

---

*Tord Jöran Hallberg*

**D**atasaabs vagga stod, åtminstone hårdvarumässigt, på avdelning R-system, i bland kallad Systemavdelningen.

R-system bildades sommaren 1954, sedan Saabs ledning insett att elektroniken skulle få ökad betydelse för flygvapnet. Vad R stod för är oklart. Tolkningar som Radar, Raket, Robot och Reglersystem har föreslagits, men troligt är att man i första hand tänkte på robotar. Kring mitten av femtiotalet var nämligen många övertygade om att piloter var onödiga och att det snart skulle bli robotar för hela slanten.

R-system, som inhystes i en barack i Tannefors, hade från början sektionerna Systemberäkning, Specialprojekt och Elektronik. Till chef för avdelningen utsågs Hans Olof Palme, kusin till statsminister Palme. Chef för Systemberäkning, senare omdöpt till Systemanalys, blev Tore Gullstrand, sedermera chef för Saabs flygdivision. Gullstrand hade under andra världskriget flugit störtbombarna B4, B5 och

Saab B17 och sedan doktorerat på en avhandling om aerodynamik i överljudsfart. Chef för Elektronik, senare omdöpt till Avionik, blev Gunnar Lindström, teknologie doktor i kärnfysik. Med från början var också Gunnar Norén, expert på bombsikten och ställföreträdande chef för Specialprojekt. På hösten 1954 anställdes Gunnar Cervin-Ellqvist, sedermera chef för Robotelektronik.

– Att arbeta på R-system under 50-talet var omvittnat stimulerande, skriver Gunnar Cervin-Ellqvist i en skildring av Saabs robotverksamhet, initierad av Saab Missiles.

– Hans Olof Palme var en otroligt dynamisk person, en skicklig tekniker, en driftig och beslutsam ledare och en entusiasmerande personlighet. Miljön var ovanligt kreativ, det surrade av idéer, många var dock omöjliga att genomföra med den tidens teknik.

Gullstrand hade en särställning på det viset att han fick fri tillgång till försvarets samtliga hemliga

handlingar. Han skrev kontrakt med Flygförvaltningen med innebörden att han inte ens till Saabs VD Trygve Holm fick utlämna hemliga uppgifter, vilket Holm underligt nog godtog.

– Det medförde bland annat att jag inte fick besöka öststaterna, berättar Gullstrand. Det ledde också till att diverse säkerhetsanordningar installerades i mitt hus, där de för övrigt ännu finns kvar.

– Man kom vid den här tiden underfund med att konventionella prestanda som fart och last inte var det viktigaste för effektiviteten hos ett vapensystem. Man måste i stället utgå från taktiska resonerang och se till helheten: sikten, robotar, navigeringssystem och så vidare. Vi var tidigt ute med operationsanalys och försökte också bilda oss en uppfattning om vad fienden kunde tänkas göra.

– Vi fick uppdraget att göra utredningen ”efter flygplan 35 Draken” innan Draken ens var i luften (prototypen lyfte 1955). Ett stort antal vapen studerades, som så småningom ledde fram till Viggen omkring 1960.

R-system sysslade i början med sikten för Draken och Lansen, med signalspaning och elektronisk störning och med utredningar kring de robotar, som utvecklats på Försvarets forskningsanstalt under ledning av robotbyrån på Kungliga flygförvaltningen: sjömålsroboten 304, jaktrobot 321 och luftvärnsrobot 322.

Avdelningen växte mycket snabbt och flyttade på hösten 1955 till Platensgatan 25. Antalet anställda var då ca 75, av vilka ett 40-tal var civilingenjörer. Bland nyanställda 1955 märks Bengt Gunnar (Bege) Magnusson, som senare blev en av männen bakom Ericssons AXE-växel, Gösta Hellgren, sedermera doktor på en avhandling om monopulsradar och professor i tillämpad elektronik vid KTH, Gösta Lindberg, sedermera teknisk direktör på L M Ericsson, Bengt Jiewertz, sedermera utvecklingschef på Datasaab och ansvarig för centraldatorn i Viggen, och Olof Perers, sedermera administrativ chef på Datasaab.

På R-system samlades alltså många av landets ledande tekniker, och de hade utan tvekan större möjlighet och förmåga att se in i framtiden än de flesta av sina kolleger.

B G Magnusson har berättat att han bland annat gjorde en enmansutredning om en flygsimulator. Han läste en rapport om en amerikansk ”digital operating flying trainer”, skissade på instruktionslistan för en datamaskin till simulatoren, gjorde provkodningar och funderade rentav på att hänga upp cockpiten i en skakmaskin, så att piloterna skulle få flygkänsla. Testpiloterna rynkade dock på näsan och talade om ”torrflygning”, så det blev inget av med Beges högst framtidsbetonade projekt.

B G Magnusson var troligen den förste på Saab som sysslade med logiska kretsar, uppbyggda av transistorer. Han skaffade sig ett gediget kunnande om transistorn som switch (strömbrytare), avrapporterat i Teknisk Tidskrift 1957. I rapporten kan man bland annat läsa om en klurig adderarkoppling med elva transistorer. Magnusson byggde också delar av en aritmetisk enhet, kallad Imponatorn, som i någon mån inverkade på den fortsatta utvecklingen. Bege lämnade Saab för Wenner-Grens Alwac-företag 1957.

Tidigt ute var också Olof Perers. När han kom till R-system 1955, frågade Gunnar Lindström om han visste något om digitala computers? Svaret blev nej, för Perers hade tagit sin licentiatexamen på jonosfärforskning och aldrig sysslat med ”computers”. Men han läste snart in sig i ämnet och skrev i juli 1955 en ”översikt över minneskretsar för digitalcomputers” och i december samma år en rapport med titeln ”computers för flygburna kontrollsystem, en jämförelse”. I den senare rapporten jämförs analoga räkneenheter med digitala och Perers konstaterar framsynt att ”digitalområdet bara är i början av sin utveckling” och att ”allt pekar mot mindre och snabbare maskiner”.



Perers intervjuade Erik Stemme på Facit (sedermera professor på Chalmers), som gjorde tummen ner för flygburna datamaskiner med hänvisning till att transistorerna inte var snabba nog. Strax därefter kom Philco ut med en snabb switchtransistor.

– De kostade 600 kronor styck, berättar Perers. Så vi kunde bara köpa två, som vi satte ihop till en vippa.

Bland övriga tidiga verksamheter inom R-system kan nämnas Seda, Saabs elektroniska differentialanalysator, som började byggas 1956. Seda var en analogidatamaskin, som arbetade med kontinuerliga signaler i stället för siffervärden. Man kopplade ihop ett antal integratorer och summatorer som ”härmade” ett verkligt system. Bengt Jiewertz började sin Saabkarriär med att utvidga Seda, som från början var inhyst på Klostergatan 5 och sköttes av Åke Rullgård. Seda var början till Saabs simulatorcentral.

1957 lämnade Gunnar Lindström Saab för att arbeta på atomkraftskonsortiet Krångede & Co med projekteringen av det som senare blev kärnkraftverket Oskarshamn 1. På hösten samma år blev Hans Olof Palme svårt handikappad i en bilolycka. Han ersattes av Tore Gullstrand.

I juni 1957 fick R-system ett uppdrag som blev ett ”lyft” för verksamheten och fick stor betydelse för starten av Datasaab. Kungliga flygförvaltningen beställde en preliminär projektspecifikation för robot 330, ”i första hand avsedd att utföra attackuppdrag mot hamnar och anläggningar på andra sidan Östersjön på avstånd upp till ca 500 km”. Det var R-systems första egna robot och enligt Gullstrand den första ordentliga tillämpningen.

– Doktrinen var, säger Tore Gullstrand, att förhindra utskeppning från Baltikum.

– Ett problem man hade, säger Olof Perers, var att man inte exakt visste var hamnarna i Baltikum låg. Men så var det någon inom lantmäteriverket som kom på att man i början av seklet hade hjälpt balterna med en exakt lantmäteriteknic inmätning av

avvägningspunkter runt hela Bottniska viken genom Finland ner till de baltiska staterna.

Robot 330, som var en tvåstegsraket, projekterades i detalj. Den skulle bli 11,7 meter lång och ha en startvikt på 4 385 kg. Utskjutningen skulle göras från en kombinerad transportvagn och avskjutningsramp i 45 graders vinkel. Startsteget, som drevs av en krutmotor, var 4,1 meter långt, vägde 1 500 kg och skulle lösgöras sedan ekipaget nått dubbla ljudhastigheten på en höjd av 1,8 kilometer. Slutsteget skulle bli 7,6 meter långt, väga 2 825 kg och ha en diameter på 0,55 meter. Det drevs av två rammotorer och skulle uppnå 3,6 gånger ljudhastigheten och en marschhöjd av 23–24 kilometer.

I slutfasen skulle slutsteget dyka och stridsladdningen detoneras på lämplig höjd, eventuellt med hjälp av ett zornör (tändrör som bestämmer avstånd med radio).

Större delen av roboten var av stål, främre delen av magnesiumlegering för att minska värmespanningarna i slutsteget. Kylsystemet bestod av en liten mängd vätska, som under kokning upptog värme och avdunstade som ånga.

Navigatoringsystemet bestod av en gyrostabiliserad plattform. Man räknade med att inom de närmaste åren kunna köpa gyron med en maximal drift på 0,1 grader per timme, vilket skulle ge ett avståndsfel vid målet på 2 till 3 kilometer. Därför behövdes ett radionavigeringssystem som stöd till gyrosystemet. Både långvågssystem och ultrakortvågssystem studerades.

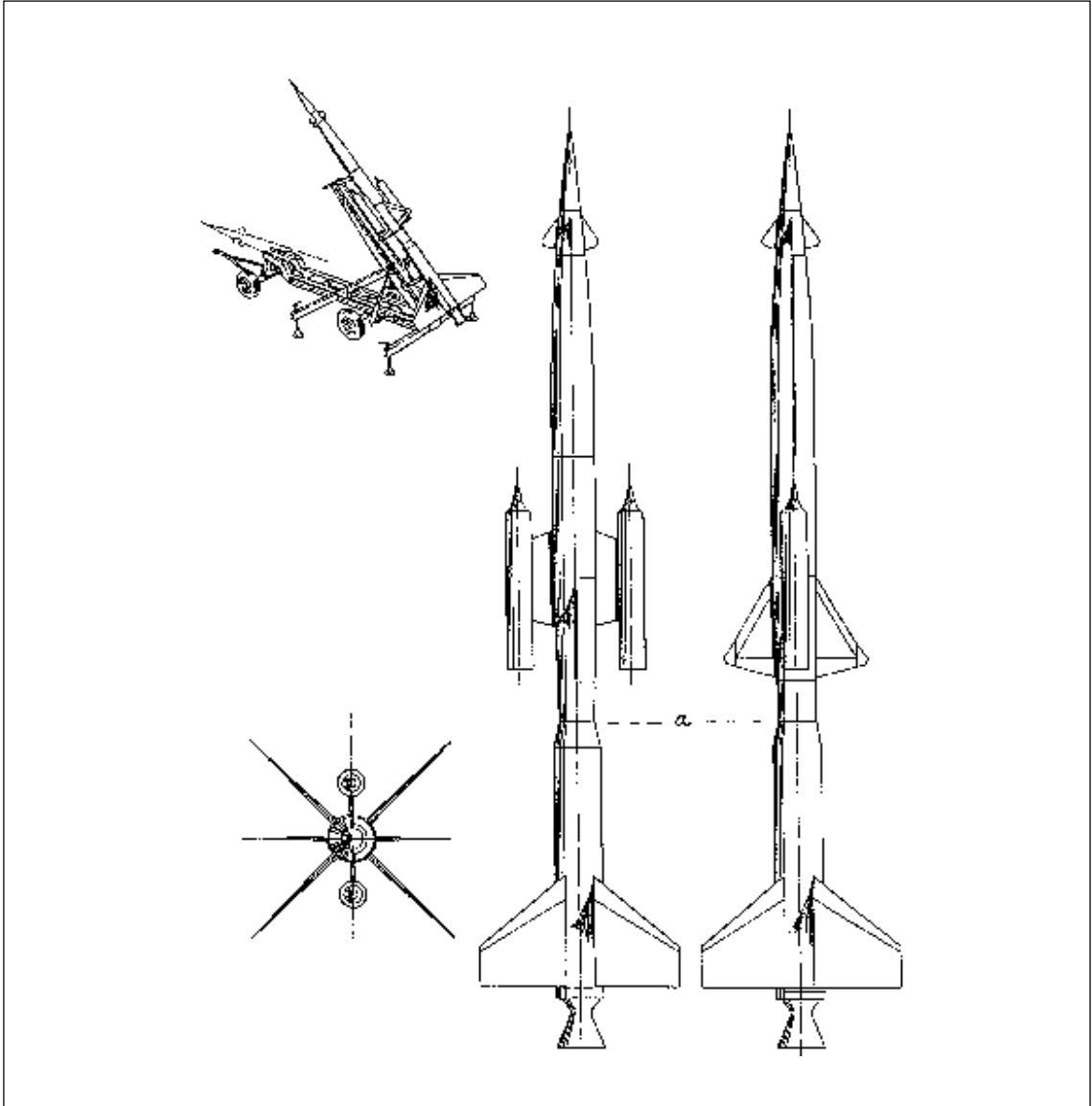
I roboten skulle finnas en digital ”räkneenhet” eller datamaskin med huvuduppgift att omräkna signalerna från radiosystemet (som var av hyperbelyp à la Decca) till latitud och longitud.

Stridsdelen skulle utgöras av en konventionell laddning, alternativt en atombomb med vikten 300 kg.

Att roboten eventuellt skulle bestyckas med en atombomb kan te sig underligt i dag, men var en rätt naturlig sak i slutet av 1950-talet. Herbert Tingsten

pläderade för en svensk atombomb i DN, flera partier och enskilda riksdagsmän var anhängare av tanken och Tage Erlander skriver i sina memoarer att atombombsfrågan var ett av hans livs svåraste

problem. Man valde en så kallad handlingsfrihetslinje, som innebar att inget beslut fattades. Under tiden utreddes saken av Försvarets forskningsanstalt.



**Robot 330.** Roboten, som var 11,7 meter lång, skulle slå mot hamnarna i Baltikum och eventuellt förses med atombomb. Den skulle drivas av startsteget (nedanför a) med en krutmotor till 1,8 kilometers höjd och en hastighet av dubbla ljudhastigheten. Därefter skulle slutsteget (ovanför a) ta över, framdrivet av två ramm-motorer och styrt av fyra nos- och fyra aktervingar. Slutsteget skulle nå en hastighet av 3,6 gånger ljudhastigheten och i slutanfallet dyka mot målet. Navigeringen skulle ske med en kombination av gyron och radio. För beräkningen av styrsignalerna skulle man använda en datamaskin. Ritningen är daterad 1957.

Forskningsanstalten konstaterade att det skulle dröja till mitten av 60-talet innan Sverige skulle kunna få fram en atombomb, men räknade noga på saken och torde ha kommit rätt långt i sin projektering. Handlingsfrihetslinjen övergavs formellt först 1968, i realiteten dock redan 1962–63.

Det är oklart om man i politiska kretsar kände till att man på Saab projekterade atomvapenbärande robotar. Ulla Lindström, som då satt i regeringen, har till exempel förnekat att så var fallet. Att det var meningslöst att ha atomvapen utan vapenbärare, tycks politikerna inte ha tänkt på.

– Jag fick uppdraget från general x (namnet utelämnat här) på Flygförvaltningen, säger Tore Gullstrand. Inom Saab talade vi aldrig om atombomber, utan om ”stridsdel av speciell typ” och liknande. Det finns säkert inte ett papper inom Saab där det står något om atomvapen, och så värst många invigda fanns det inte. Vi gick förhållandevis långt med den här roboten, gjorde prov i vindtunnel med mini-modeller, labbade på datorn och så vidare. Roboten hade sådana prestanda att den säkert var omöjlig att bekämpa.

– Jag vill minnas att projektet lades ner 1959 på grund av det blev för dyrt och för att det ansågs exklusivt och avancerat. Man kom fram till att det blev billigare att bomba från flygplan än från speciella robotar. Viggen dimensionerades för atombomber. Den kan ta bomber på upp till ett ton. Så här efteråt kan man ju säga att det var en Guds lycka att det inte blev någon atombomb.

Utvecklingskostnaden för robot 330 beräknades till 50 miljoner kronor, motsvarande 1 100 manår. Den studerades också i en version utan radionavigering, i en spaningsversion och en version med något högre fartprestanda. Dessa studier fortsatte enligt Ellqvist till en bit in på 60-talet.

– Roboten var så hemlig, att det bara var spionöversten Wennerström som kände till den, löd ett skämt inom Datasaab på 60-talet.

Hur som helst: den förste som räknade på 330:s datamaskin var Olof Perers, som i augusti 1957 skrev en rapport med titeln ”synpunkter på en siffermaskin för ett teleövervakat tröghetsnavigeringssystem”. I sammanfattningen kan man läsa följande. ”Rapporten innehåller preliminära synpunkter på en siffermaskin avsedd att ingå som räkneenhet i navigeringssystemet för robot 330. En sådan maskin, på vilken ställs stora krav på snabbhet, kompakt uppbyggnad och låg effektförbrukning, torde kunna realiseras i form av en transistoruppbyggd parallellmaskin med kärnminne och lämpliga omvandlare för in- och utstorheterna.”

Några detaljer innehåller inte Perers’ rapport. Under ”aritmetiska enheten” står till exempel bara att den ”blir av parallell typ, innehåller tre register och en adder. Multiplikation utföres som successiva additioner. En parallell aritmetisk enhet för tio binära siffror är under byggnad. Additionstid tre mikrosekunder”. Det var denna enhet som byggdes av B G Magnusson och som kom att kallas Imponatorn.

Någon detaljerad arkitektur togs aldrig fram för datamaskinen i 330, men Viktor Johansson skissade på en operationlista med 13 operationer, publicerad i oktober 1957.

– Viktor Johansson var den ende programvarumannen på 330, säger Bernt Magnusson, som ersatte Johansson 1959. Viktor skrev en simulator för sin 13-operationersdator i Sara redan 1957. Senare simulerade han Sank i Sara. På så vis kunde vi testa Sank-program innan Sank sattes i drift 1960.

I augusti 1957 kom Viggo Wentzel till R-system. Efter att en tid ha sysslat med switchade nätaggregat och en transistoriserad avståndsvärnare för Draken, fick han uppdraget att mera i detalj undersöka möjligheten att bygga datamaskinen till 330. Han fick reda på hur stort utrymme han hade till förfogande i roboten och satte full fart.

B G Magnusson, Olof Perers och Viktor Johansson i all ära, men alla är överens om att det var

Viggo som verkligen såg till att det började hända något på datamaskinområdet.

– Jag kom till Saab i början av 1957, säger till exempel Lennart Pettersson, sedermera chef för Data-saabs serviceavdelning. Jag var bland de första som labbade på digitala transistor-kretsar. Men det var först när Viggo kom dit på hösten som det blev någon ordning på det hela.

– Jag minns Beges imponator, säger Viggo, men inte Perers' rapporter. Vi fick uppdraget med räkneenheten i 330, jag räknade på saken och byggde några träattrapper. De var klara 1958 och hemligstämplades omedelbart, varefter de låstes in i ett skåp. Därmed var det slut med 330 för min del.

– Jag tyckte att vi jobbade på för lösa boliner och satte igång med att göra en fungerande labprototyp till en datamaskin. Den var inte direkt tänkt för flygbruk, utan mera som en demonstration av konceptet. Sank alias D2 – se Tema D21 – vägde ju också rätt mycket och fick nätt och jämt plats på ett bord. Jag upplevde det mer som ett utslag av fri forskning. Min främsta insats var att jag utvecklade den mikroprogrammerade styrenheten.

– Men det är alldeles klart att vi såg Flygförvaltningen som uppdragsgivaren och att det från början helt och hållet var ett militärt projekt. Vi gjorde siktes- och navigeringsprogram och hade skilda minnen för program och data för att öka säkerheten i styrningstillämpningar. Vi var också med i offertstriden om datorn till stridsledningssystemet Stril 60, som lyckligtvis gick till Facit. Annars hade nog inte det hela tagit en civil vändning.

Sank – Saabs automatiska navigeringskalkylator – var ett militärt projekt fram till utställningen på Ostermans marmorhallar 1960, då man försökte sälja den på den civila marknaden. Den skyltades då om till D2.

När den blev mer tänkt för flygplan än för robot 330 är oklart, men enligt Gullstrand gick man rätt fort över till tankar på att ersätta navigatören i Lansen med en datamaskin. Resultatet blev Viggen. Förmodligen tänkte man sig Sank i kompakterat skick ömsom för robotar, ömsom för flygplan. Utvecklingen av Sank betalades hur som helst av Flygförvaltningen.

På hösten 1959 återvände Gunnar Lindström från atomkraftskonsortiet. Han blev då chef för Elektronikavdelningen, som fick en självständig ställning i förhållande till R-system.

### Källor:

- Intervjuer med Tore Gullstrand, Gunnar Cervin-Ellqvist, Bengt Gunnar Magnusson, Olof Perers, Viggo Wentzel, Bengt Jiewertz, Bertil Knutsson, Bernt Magnusson och Lennart Pettersson 1994-95.
- Tord Jöran Hallberg: Robot skulle bära kärnvapen, ÖC 11/2 1994. Se även uppföljningsartiklar i ÖC 12/2 och 14/2 1994.
- Robot 330, beskriven 1994 på uppdrag av Saab Missiles av Gunnar Cervin-Ellqvist och Bertil König, till vilka härmed framförs ett särskilt tack.
- Telefonkataloger Saab 1955 och -56.
- Olof Perers: Synpunkter på en siffermaskin för ett teleövervakat tröghetsnavigeringssystem, Saabrapport RA-330-2 R2 15/8 1957, avhemligad 7/3 1995, och däri angivna rapporter av Perers, välvilligt ställda till förfogande av Perers.
- Bernt Magnusson om Viktor Johansson i Tema 21, sid 11. Johanssons rapport har nr RA-330-3:4.
- R-avdelningen på Platensgatan, Vips nr 1 1956 och Saabs systemavdelning, Vips nr 4 1956.
- B G Magnusson: Transistorer som omkopplare i pulskretsar, Teknisk Tidskrift 1957 sid 571 ff.

# Minnesmaskiners hjärntrust samlad till träff hos Saab

---

*Håkan Karlbrink*



*Deltagarna i minnessymposiet samlade i "Dramaten" på Saab. Längst fram till höger docent Tore Gullstrand. (Observera att Gullstrand röker pipa, redaktörens anmärkning.)*

Vad är en minnescykel? Och vad är ett minnessymposium? När docent Tore Gullstrand i Linköping på måndagsmorgonen sade till sin lilla flicka, att han skulle gå ner till ett minnessymposium på Saab, så må man inte förtän-

ka flickan om hon ville veta vem det var som hade dött. Det berättade han sanningsenligt för ett fyrtiotal deltagare i symposiet när han på Saabs vägnar hälsade dem välkomna till "Dramaten", dvs. en av denna omgärdade anläggnings lektionssalar någonsans på området. Och han tillfogade att han gett flickan en godtagbar förklaring till det hela. Tvärt emot död och sorgespel är det fråga om något syn-

---

*Artikeln har tidigare publicerats i Östgöta Correspondenten den 27 januari 1959.*

nerligen i sin lilla linda varande, något som dessutom kan spås en blomstrande framtid.

Och det kunde genast de församlade på Dramaten begripa – med ett undantag: nedskrivaren av dessa rader. Ty ett minnessymposium med de tekniskt kallhamrade gossar av yngre skolan som var församlade på Saab på måndagen från kl. 10 förmiddagen till 18 på kvällen är ett hårdsmält gästabud för alla andra än de själva och i synnerhet för sådana som möjligen till en början trott att en minnescykel kan beskådas på Linköpings museum.

Ju mer man lyssnade till vad som sades och visades i ljusbilder och demonstrerades i färdiga instrument och maskiner, desto säkrare blev man att var och en av dem som begrep allt detta när som helst kunde plocka fram en livslevande sputnik ur portföljen.

Om man säger, att ett minnessymposium lättast avnjutes av experterna på elektroniska databehandlingssystem, så är det med all sannolikhet fortfarande många som inte känner sig riktigt säkra på det roliga utan vill veta mer om vad som bjuds innan de tackar ja. Och då skulle den fåkunnige deltagaren kunna förtydliga det så här: Ett minnessymposium rör sig om ett kom-samman ordnat för dem i vårt land som vet mest om den kusligt effektiva matematikmaskinen, för att de skall få känna varandra på pulsen, utbyta erfarenheter, lära sig ännu mycket mer och så slutligen ”öka den allmänna kunskapsnivån i landet”. De hör hemma hos tekniska högskolorna, matematikmaskinnämnden, telestyrelsen, försvarets forskningsanstalt, L M Ericsson, Saab, Åtvidabergs Industrier m. fl. Och de kan plockas in under det slitna täcknamnet Hjärntrusten.

Skulle någon nu komma och kräva att få veta hur en matematikmaskin ser ut inuti, så vill nedskrivaren klara sig undan alla tekniska svårigheter i beskrivningen genom att helt enkelt ge ett litet exempel. En matematikmaskin är en griffeltavla som ändrats om till en stor disk med många skåp, knappar och lampor som lyser rött och grönt och som

lydigt räknar vilka hemtal som helst så billigt och snabbt att det bara är Sputnik som smäller högre. Den hos Saab har döpts till lilla Sara. Hon har snällt och ordentligt lämnat Saab bl. a. vissa hållfasthetsberäkningar på en liten stund till en kostnad av 26 000 kr som det med hjälp av papper och penna samt traditionella banksnurror och kontorsräknemaskiner skulle ta hundra år att utföra dag och natt och då kosta 10 miljoner kr i arbetslön.

*Initiativet till det minnessymposium som beskrivs i artikeln togs av Viggo Wentzel, som också agerade ordförande. Välkomstföredraget hölls av Tore Gullstrand. Därefter berättade Lars Arosenius från Matematikmaskinnämnden om transfluxorn, twistorn och kryotronen, minneselement som han hade stött på under en resa till USA och som sedan aldrig slog igenom. Gunnar Svala från L M Ericsson berättade om magnetostriktiva fördröjningsledningar, en minnestyp som användes i bl. a. Alwac. Övriga föreläsare var Jan Rustan Törnquist och Bengt Jiewertz, Saab, Rolf Campenhausen, FOA3, Ragnar Eriksson och Lennart Skoog, Kungl. Telestyrelsen, Alvar Olsson, L M Ericsson och Gerhard Westerber, Åtvidabergs Industrier. De höll sig mera ”på mattan” och talade om ferritkärnminnen.*

*Deltagarna, ett trettiotal, fick också tillfälle att bese Saabs utrustning för mätning på ferritkärnor och kärnminnesmatriser, en ”sifferstyrd fräsmaskin under arbete” och slutligen Sara, som spelat låtar av Taube. Musikprogrammet hade skrivits av Sven Yngvell, se kapitlet om Sara.*

Med sådana tal för ögonen förstår man att nu gäller det amerikanskt myntade uttrycket ”tid är pengar” också på östgötska och att den där bekymrade minen hos dagens symposieledare, tekn. lic.

Viggo Wentzel, verkligen var äkta, när han vid ett tillfälle konstaterade att detta åttatimmarssymposium hade råkat bli två minuter försenat. På de två futtiga minuterna hade ju Sputnik och den lilla rara Sara hunnit med en hel del. Båda kör för övrigt dygnet runt – fast Sara får vila sig lite, om söndagarna. Vilket Sputnik inte lär ha lov till.



**Ingenjör Börje Langefors, professor Wallman, Chalmers, ingenjör Hellström och tekn. lic. Bengt Jiewertz under en paus.**

När man så sett Lansen och Draken flyga och vet att de gör det så bra endast tack vare Saabs Sara, så är man i grunden rätt nöjd och begär inte att få fler inside informations. Annars fanns det nog plats för många undrande frågor för den oinvigde som lyssnade på föredragen och de under diskussionerna haglande uttrycken.

Dessa tekniska minnesekvilibrister har nämligen en egen ordlista som kan göra en något förbryllad. De talar om kärnminne. Men då skall man inte förledas att tro det vara något av ett hejdundrande jätteminne à la kärnkarl, kärnfrisk. Nej, det är elektroniskt och mikroskopiskt som atomkärnan. Och adresskrets och läspuls har ingenting med brevbäraren eller uppskruvat tentamensplugg att göra. För att nu inte tala om kryotroner (kan de vara annat än kärnfriska?). Eller Biasströmmar (uttalas bajasströmmar).

Och så mycket hann nedskrivaren dessutom se, att Sara får alltmera att säga till om och har praktisk användning också genom sin förmåga att sifferstyra maskiner ute i verkstaden. Uppgifter från henne rörande olika kurvberäkningar m. m. matas in i ett särskilt instrument som kopplas till en fräsmaskin. Och så styr detta instrument fräsmaskinen så att den producerar en formfulländad pryl i det intrikataste mönster tio gånger noggrannare i förhållande till ritningen än vad t. o. m. den mest tränade verkmästares hand kan åstadkomma. I enkla och okomplicerade ordalag sagt: Ge lilla Saras fosterbarn en ritning och ett järnstycke i ena ändan, så fräser det ut en färdig maskindel i den andra.

Man förstår att människan inte ger sig förrän hon kläckt fram maskiner som fungerar som levande varelser, dock astronomiskt snabba och utan det sura morgonhumöret. Redan nu har herrar som måndagens symposiedeltagare gett sig i kast med minnesmaskiner som skall känna igen och reagera för exempelvis fyrkantiga figurer. Att den lilla sångfågeln i boet instinktivt kryper ihop när dess öga fångar in bilden av hökens silhuett mot skyn – och bara hökens – kan efterapas på konstlad väg av spekulativa pysslare med minnesmaskiner. Och deras maskiner visar sig vilja bli alltmer lika den levande organismen i sina funktioner. Fast oömmare och fria från den mänskliga faktorn. Dock inte friare än att de kan tvingas redan nu att spela Evert Taubes trudelutter och då gör det så där lite falskt på sina ställen som gamla spexare och gåsblendare från Teknis och Chalmers råkar göra när gasken börjar lida mot morgonen. Gladlynta siffergranskarer vid Saras instrumentbräda hade nämligen lagt märke till att maskinen ger ifrån sig olika ljud vid olika räkneoperationer. Det skulle hon inte ha gjort! Vips fick hon leverera Sommarnatt och Kökspolkan riktigt njutbart för vilket mänskligt öra som helst. De matematiska lagarna måste förstås då åsidosättas något lite, för än så länge lyder melodier

och tonskalor inte under dessa lagar. Men får kärnminnesforskaren husera fritt i naturen, dröjer det väl inte så länge, innan musiken bringas på andra tankar. Ingenting ser ut att var omöjligt längre. Ias Bias! (uttalas: ajabaja).

Heder åt den docent, som vid morgonchokladen kunde förklara allt detta för sin vetgiriga lilla flicka...

*Smolny*



*Artikeln om minnessymposiet är som synes signerad "Smolny", pseudonym för Håkan Karlbrink (1906–1991), som var verksam på Östgöta Correspondenten från 1948 till dess han pensionerades 1971.*

*Karlbrink var född i Landskrona, skrev för Dagens Nyheter på 30-talet och var chefredaktör på Eslövs Tidning innan han kom till Linköping.*

*Artikeln återpubliceras med arvingarnas tillstånd.*



# Viggen blir digital

---

*Bengt Sjöberg*

För flertalet ledande personer på Saab var elektronik i början av 60-talet fortfarande en underordnad fråga och flygplanskonstruktionen och produktionen av flygplan helt naturligt Saabs huvudnäring. Begrepp som datorer och data-teknik existerade inte. Men för en liten grupp hade insikten börjat växa att datortekniken var i kommande. Och här började i slutet av 50- och början av 60-talet en trevande utveckling mot en datorisering, vars enorma utvecklingskraft några få bara anade och de många inte hade den minsta uppfattning om.

Ett par ledande personer på dåvarande systemavdelningen stödde tanken på ett stärkt elektronisksystem med, om möjligt, en datorfunktion. Och en grupp, som senare ägnade sig åt större, markbundna datorer (D21 m. m.), hade också tagit fram en prototyp till en flygburen dator (D2) för en viss robot som senare lades ner. De trodde på en teknik- och komponentutveckling, som skulle göra det rimligt med en dator även i ett militärt flygplan. Man hade

också i samband med de analoga elektroniksystemen i flygplan 35 Draken insett att man nått gränsen för denna teknik. De analoga systemen var mycket besvärliga och kostsamma att hålla igång och tillförlitligheten började bli ett problem.

Ett viktigt argument för en datorlösning var vidare att det skulle kunna innebära ett mycket flexibla-re system jämfört med de analoga, en dator skulle kunna programmeras om även efter leverans till flygvapnet. Detta kunde innebära en starkt förbättrad möjlighet till taktisk anpassning ute på förband. Denna egenskap skulle komma att visa sig vida överträffa allt man vid denna tidpunkt kunde föreställa sig.

Saab hade haft traditionen att bygga grundflygplanet, med av kunden beställda utrymmen för ”svarta lådor”, som levererades från elektronikindustrin och Flygförvaltningen. Upphandling och samordning av elektronik hade dittills skett under ledning av Flygelektrobyrån inom Kungliga Flygförvalt-

ningen. Under bl. a. 35F(Draken)-utvecklingen hade man börjat inse, att sammanhållande och formellt ansvar hos L M Ericsson i Mölndal för radar- och siktesintegrationen inte var tillräckligt, utan att ett totalt integrationsansvar till sist måste hamna hos en huvudleverantör av hela flygplans- och vapensystemet. Detta arbete flyttades också i praktiken successivt över till Saab under slutet av 35F-utvecklingen. Inför utvecklingen av AJ37 (Attack-Jakt Viggen, egentligen främst ett attackplan) bestämde sig Flygförvaltningen tidigt för att utse Saab till huvudleverantör, vilket meddelades den samlade industrin på det s. k. ”Tullinge Blodbad”, där speciellt elektronikindustrins representanter var nära att få blodstörtning.

Utredningarna av en efterträdare till flygplan 32 Lansen ledde till långa diskussioner beträffande behovet av tvåsitsighet. Efter många turer klarnade det: flygplanet måste bli enmotorigt och ensitsigt. Undertecknad kom att arbeta med arkitekturen i elektroniksystemet och speciellt då med idén med en digital kalkylator, senare benämnd datamaskin och numera dator.

Ett starkt skäl för en central dator var att denna kunde förses med funktioner, som skulle stödja föraren och ersätta man nummer två, navigatören i 32 Lansen. Vi såg naturligtvis många andra användningsmöjligheter, bl. a. att man kunde programmera funktioner för siktnings, för vapen, bl. a. nya robotar, för navigering, såsom radionavigering, automatisk bestickföring på luftdata, brytpunktsnavigering och landning, bränsleuppföljning m. m. Även i samband med primära mätgivare som luftdata- och flyglägesgivare kunde datorprogram nyttjas för korrekationer och stöttning.

Undertecknad, som på nära håll hade sett utvecklingen av Besk i Stockholm och använt denna för beräkningar och simulering av olika styrprinciper för jaktrobotar, kände inga tvivel på att en dator skulle betyda ett stort steg jämfört med upplägget i flygplan 35F Draken. Och optimismen beträffande

att en flygburen dator med rimlig vikt och volym kunde byggas fanns hos det team som leddes av Gunnar Lindström, Viggo Wentzel och Bengt Jiewertz. Dessa utarbetade ständigt nya prognoser för hur volym och priser skulle minska för olika komponenter, såsom minnen och integrerade kretsar. Men omgivningen bland flygplanskonstruktörerna på Saab var minst sagt skeptisk med några viktiga undantag på systemavdelningen (R-system). Ambitionsnivån med datorfunktioner angreps ständigt som ohemult hög och en rapport med skissering av lämpliga funktioner i en dylik kalkylator, som undertecknad gav ut i februari 1962, blev i vissa flygplanskretsar på Saab döpt till Fridas Visor (efter B. Sjöberg). Den gjorde tidvis en och annan chef på Saab sömlös. Det förekom att författaren utpekades som en ”fara för system 37”. Den ”höga ambitionsnivån” hotade hela elektroniksystemet. Det fanns dock stöd för datortankarna även inom Flygförvaltningen, främst på Flygelektro- och Vapenbyråerna.

Vi lanserade tanken på *en* central kalkylator. Orsaken var förstås dels kostnad, vikt och volym, dels integrations- och kommunikationsproblemen om flera datorer skulle vara inblandade. Det fanns en mycket svag punkt i den här epokens datorer, nämligen in-ut-systemen. Eftersom omgivningen var analog, krävdes i stor utsträckning analog-digital-omvandlare och tekniken för detta var rudimentär. Det bör nämnas att vi satte upp prov med samkörning i s. k. hybridsimulering med D2 och analoga funktioner. Och när Dag Folkesson fick detta att fungera, så visste vi inte om att något liknande ännu hade skett i Europa. Vi trevade oss verkligen fram.

Alltnog, om vi slutligen skulle lyckas lösa alla problem med digital-analoga och analog-digitala omvandlingar, så såg vi helst att vi slapp komplikationen med överföringar mellan olika datorer. Hade vi väl kommit in i en central dator med alla väsentliga informationsbärande signaler i elektroniksystemet, så visste vi ju att vi internt i datorns centralenhet, processor och minnesfunktioner med program

hade en mycket flexibel, generell, programmerbar kommunikationsmöjlighet mellan olika delfunktioner. Inga noggrannhets- eller upplösningsproblem skulle få hindra denna generella möjlighet. Vi använde tidigt (1960) benämningen CNK, Central Numerisk Kalkylator.

På Flygelektrobyrån fanns idén att plocka in ytterligare en dator. Man hade nog där dels vissa tankar på redundans (reserver), dels tankar på att Flygelektrobyrån skulle ha en datorfunktion, bl. a. för navigering, och vapenbyrån en för siktning och vapenfunktioner. Men detta stod i motsats till våra tankar på en central dator, en kommunikations- och logikcentral, en beräkningsenhet, en blivande partner till flygföraren, som i många avseenden kunde ersätta navigatören. Dubbla datorer skulle också bli avsevärt dyrare.

Som tur var kom ansvaret för datorärendet inom Flygförvaltningen att flyttas över från Flygelektrobyrån till Vapenbyrån, där ett par framsynta män i ledningen, bl. a. Sten Flodin och Fritz Hjelte, stödde våra tankar. Efter resonemang med Vapenbyrån nådde vi (1962) full consensus beträffande principen med central dator. Den kallades en tid Numerisk Siktes-Kalkylator NSK för att motivera överföringen till Vapenbyrån. Efter kort tid nyttjade undertecknad dock benämningen Numerisk Strids-Kalkylator och de centrala funktionerna kvarstod, medan beteckningen NSK fick leva vidare. När projektet kommit längre, återkom beteckningen CK37, där CK står för Central Kalkylator.

I den systemarkitektur som växte fram, satt NSK som spindeln i ett nät av analoga utrustningar. Styrsystemet var helt separat med analog elektronik och mekaniskt-hydrauliskt grundsystem. Primära sensorer som luftdata (pitotrör m. m.), gyroplattform, accelerometrar, radarhöjdmätare, navigeringssensorer och ILS (instrumentlandningssystem) anslöts till den centrala datorn via anpassningselektronik, inbyggd eller i separat anpassningsenhet. Utsignaler från datorn gick huvudsakligen till siktlinjesin-



**Flygplan 37 Viggen**

dikatorn, till radar och radarpresentation, till diverse manöverpaneler och till vapenbalkar och vapen.

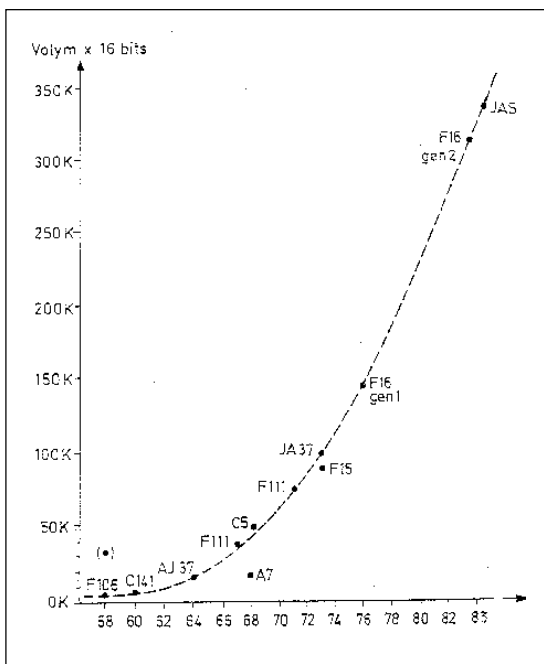
Den möjlighet till starkt ökad systemintegration, som datoriseringen medförde, ledde till effektivare systemlösningar och kom att betyda mycket för Saabs och övriga elektronikindustriers fortsatta verksamhet även i de följande flygplansversionerna.

Vi kan inte heller bortse från betydelsen av att dessa centrala, systemintegrerande funktioner ansvars- och arbetsmässigt förlades till en tätt samfungerande organisation med tät kommunikation mellan systemingenjörer och provflygare. En även hårdvarumässigt central datorfunktion bidrar här till att hålla samman ett dylikt team med ansvar för en tydlig slutprodukt i form av programvara.

En viktig egenskap hos den centrala datorn var vidare att programfunktionerna kunde utvecklas i successiva editioner under hela utvecklingsskedet fram till serieleverans, och kunde fortsätta även senare med nya uppdateringar i flygplanen ute i förbandstjänst. Denna flexibla vidareutveckling fortsätter ännu idag, 25 år efter första serieleverans.

Ett antal bantningar av minnesvolymen ägde rum, bl. a. 1963, då volymen ett tag inte skulle få överstiga ca 2 000 ord. Dessa bantningar kännetecknades av att snålheten grymt bedrog visheten.

Genom realiseringen med en central dator redan i AJ37 kom man-maskin-integrationen att ta ett mycket större kliv framåt under utvecklingens gång, än



**Primärminnesvolymen i AJ37 (Attack-Viggen), JA37 (Jakt-Viggen), JAS (Jakt-Attack-Spaning) och några utländska flygplan 1958-83. I JAS finns dessutom ett massminne på ca 6 Mbyte. Antalet datorer är i AJ37 en, i JA37 ca fem och i JAS ca fjortio!**

vi överblickade i projektets start. Våra i ett tidigt skede mycket måttliga ambitioner, som av många kritiserades starkt för att vara alltför långtgående, kom innan serieleverans att ha blivit överträffade med råge. Det område som kom att växa upp mer än vi anade, var man-maskin-anpassningen med alla dess detaljer, bl. a. kopplat till siktes- och vapenfunktioner, siktlinjesindikator, navigering och landning.

Även om datortekniken senare under 70- och 80-talet kom att utvecklas lavinartat, liksom att kommunikationen mellan delsystem, speciellt digital överföring, tog stora kliv mot flexibilitet, så kvarstår ännu i JAS 39 Gripen principbehovet av en

kraftfull, central resurs med stark internkommunikation i form av en central dator.

## Källor

Ovanstående uppsats är en bantad version av B. Sjöberg: Allmänt om elektroniksystemet och datorfrågan i AJ37, publicerad som avsnitt 1 i Saab Military Aircraft TUSC-0-94:31 Historik AJ37, Elektroniksystemet, 1995-02-28, där en utförlig referenslista finns.



*Bengt Sjöberg är född 1930 i Stora Kopparbergs socken, nuvarande Falun. Efter studenten i Falun 1949, värnplikt och examen från KTH:s utbildningslinje för teknisk fysik, verkade han en tid som assistent i det då nystartade ämnet "regleringsteknik" på KTH.*

*1955 anställdes han på Robotbyrån med placering på Matematikmaskinnämnden, där han sysslade med programmering och studium av principer*

*för robotstyrning och robotbanor för en jaktrobot på Besk.*

*1957 fick Bengt ett amerikanskt stipendium hos Avco i Boston och kunde där ett par år arbeta på en elektronikavdelning och samtidigt gå kurser på MIT, Massachusetts Institute of Technology, där bl. a. Norbert Wiener då var verksam. 1960 värvades Bengt till Saabs systemavdelning av Lars Erik Zachrisson. Där fick han först uppgifter för siktesfunktionerna i Draken.*

*Ganska snart riktades dock intresset mot det blivande flygplanet AJ37 Viggen. Bengt utarbetade då förslag och riktlinjer för Viggens elektroniksystem med en central dator (sedermera CK37) och kom sedan att leda uppbyggnadsarbetet av de datoriserade funktionerna inklusive nya presentationer och manöverdon i kabinen. 1969 övergick Bengt till projektstudier för "Jaktviggen" och ledde sedan under 70-talet utvecklingen av "elektroniksystemfunktioner" inklusive "presentation och manövrering" för föraren. Centralt i detta arbete var även här utvecklingen av programvara för en central dator, denna gång från Singer-Kearfoot.*

*Efter ett mellanspel med projektet B3LA har Bengt under hela 80-talet och till 1993 lett motsvarande funktionsutveckling för de centrala, taktiska datorfunktionerna i JAS39 inklusive presentation och manövrering och kabinsamordning runt föraren i flygplanet.*

*På senare tid ägnar sig Bengt åt att göra sig obehövlig inför pensioneringen i slutet av år 1995.*

# Viggens centrala digitala datamaskin 1 – Uppgiften

---

*Flygdirektör Jan Tufvesson, Stockholm*

Vid projekteringen av flygplan 37 Viggen arbetade Flygförvaltningen med flera alternativ. En viktig fråga var om flygplanet skulle vara ett enmansflygplan med mycket automatik, eller om man på samma sätt som i flygplan 32 Lansen skulle låta en navigatör ingå i planets besättning som hjälp åt flygföraren. Denne navigatör navigerar, sköter radarspaningen och kontrollerar att det uppgjorda tidsschemat följs. I hans arbete ingår också uppgifter av administrativ och logisk karaktär.

Det finns fördelar med både en- och tvåmansbetjänade flygplan. Till det förra alternativets förmån talar bland annat personalfrågan. Man kunde vänta sig svårigheter med anställning och utbildning av navigatörer till de mer än 500 flygplan 37 Viggen som ursprungligen planerades. Tanken att låta en datamaskin överta navigatörens rutinbetonade beräkningsuppgifter var lockande.

---

*Artikeln har tidigare publicerats i Teknisk Tidskrift 1967. Tufvesson var då verksam vid Flygförvaltningen.*

## **Navigation och siktesberäkning**

Man beslöt att närmare undersöka möjligheten att ersätta navigatören med elektronisk utrustning i flygplanet. Redan på ett tidigt stadium kom man underfund med att navigatörens uppgifter inte lämpar sig för analoga beräkningssystem av tidigare använd typ. Rapporter från USA berättade att man där gjort samma erfarenhet och att man i stället utnyttjade digitala datamaskiner som beräkningsenheter i flygplan, bland annat för navigeringsberäkningar. Att ersätta navigatören i Viggen med en digital datamaskin bedömdes därför fullt möjligt eftersom denna typ av beräkningar inte ställer särskilt stora krav på datamaskinen.

Samtidigt intresserade man sig på Saab för olika metoder att lösa siktesberäkningarna, dvs. de beräkningar som krävs för flygplanets stridsuppträdande, vilket är flygplanets andra stora beräkningsuppgift. I tidigare svenska flygplan utförs siktesberäkningarna i siktesenheter med analog signalbehandling,

t. ex. gyroreflexsikten för attackflygplanen. I och för sig är dessa en elegant teknisk konstruktion, men de lämpar sig mindre bra för flygplan 37 Viggen, eftersom detta flygplan är konstruerat för en ny anfallstaktik på mycket låg höjd och därför kräver någon form av presentation i siktlinjen ("head-up display").

I princip innebär denna presentationsform att den information som flygföraren behöver för att manövrera flygplanet koncentreras till ett katodstrålerör och med ett linssystem speglas upp i förarens siktlinje. Han kommer då att se den uppspeglade informationen överlagrad på omvärlden, och han behöver endast sällan titta ner på instrumenten i kabinen. För att genomföra ett anfall, behöver flygföraren uppgifter om avstånd till målet, lämpligt skjutavstånd, skjutgränser, någon riktprick m. m. Alla dessa uppgifter kan beräknas av datamaskinen och presenteras för föraren i siktlinjen. Siktespresentationen borde samordnas med siktlinjespresentationen.

Valet mellan digital och analog beräkning var svårare att göra för siktesberäkningarna. Från presentationssynpunkt är det viktigt att man får stor datahastighet och kontinuerlig information. Tids-

fördröjningarna i beräkningscykeln och kvantiseringsfelena måste vara små. För att kunna utföra dessa presentationsberäkningar med en digital datamaskin, måste man kräva hög noggrannhet och dessutom att beräkningarna utförs i reell tid. Om fördröjningarna inte är små, kan de få allvarliga konsekvenser.

De undersökningar som gjordes av erforderlig beräkningsfrekvens och tekniskt realiserbara prestanda visade att det fanns goda möjligheter att klara presentationsberäkningarna i en digital datamaskin. Man fann att ett samplingsintervall på ca 100 millisekunder och en ordlängd på 26 bitar var fullt tillräckligt, även om samma datamaskin användes för både navigerings- och presentationsberäkningarna.

## Central räkneenhet

För att lösa de båda primära beräkningsuppgifterna i en digital datamaskin, hade man nu från teknisk-ekonomisk synpunkt bäddat för nästa steg, dvs. att göra datamaskinen till en central beräkningseenhet för flertalet av beräknings- och databehandlingsuppgifterna i flygplanet. Genom att öka kraven på

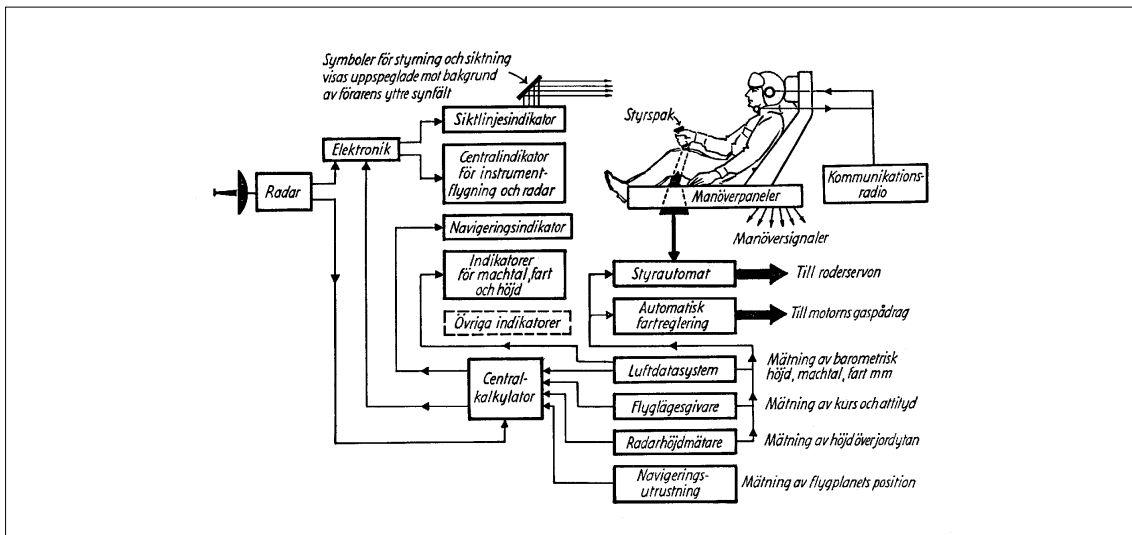


Fig. 1. Elektronikutrustningen i Viggen.

räknehastigheten, kunde man öka antalet beräkningar per samplingsintervall.

Det fanns även andra skäl för övergång till digitalteknik. Enligt den ursprungliga planeringen skall Viggen tillverkas i flera versioner. Det är då tekniskt och ekonomiskt fördelaktigt att samma maskin kan nyttjas för olika systemfunktioner, vilket är fallet om man har en digital datamaskin. Vidare kan man tillåta en senare återmatning från utprovningen för programfunktioner än för hårdvaruändringar. Erfarenheter från tidigare flygplanssystem visar stort behov av modifieringar, för att modernisera systemet, anpassa det till nya vapen eller ändrad taktik samt för att ta vara på erfarenheter från förbandstjänst. Modifieringar kräver ofta att man gör ingrepp i apparater och är både dyrbara och tidsödande. Man får också praktiska svårigheter att hålla reda på modifieringsläget för alla utrustningarna.

Ett mera anpassningsbart system innebär fördelar från denna synpunkt och en digital datamaskin erbjuder även här stora möjligheter. Man klarar ändrade beräkningsekvationer, konstanter och taktiskt uppträdande enkelt genom omprogrammering av datamaskinen. Visserligen måste man noga prova ut alla ändringar och analysera deras inverkan på hela systemet innan ändringen kan göras, men det blir lätt att införa den i alla berörda flygplan; innehållet på en ny programremsa matas bara in i datamaskinens minne. Inmatningen kan göras snabb, så att ändringen kan genomföras på alla flygplan under en kort tidsperiod. Däremot har man kvar problem vid modifieringar som inte kan klaras genom programändringar.

## Tillförlitlighet

Innan man bestämde sig för att utrusta Viggen med en central digital datamaskin, gjorde man noggranna undersökningar av vilken tillförlitlighet som behövdes hos datamaskinen. Eftersom man koncentrerar flertalet av flygplanets beräkningar till datamaskinen, måste den ha hög funktionssäkerhet. Detta

krav har kunnat uppfyllas bl. a. tack vare tillgång till integrerade kretsar.

Även om Viggens datamaskin förutses ha hög funktionssäkerhet får ett fel i datamaskinen inte resultera i att flygplanet blir funktionsodugligt. Viggen har därför till viss del utrustats med reservsystem, som gör att flygplanet kan användas även om datamaskinen går sönder.

## Kapacitet

Sedan 1962 har man strävat efter att låta datamaskinen lösa så stor del av Viggens beräkningsuppgifter som det varit praktiskt möjligt. Det har varit nödvändigt att kräva stor kapacitet och prestationsförmåga hos datamaskinen, som därför blivit förhållandevis dyr. De besparingar som tack vare datamaskinen kunnat göras i kringssystemen uppväger dock tillsammans med den ökade möjligheten till anpassning denna kostnad. Koncentrationen av flertalet beräkningar till en enhet har även gjort det möjligt att göra ett samordnat system för både funktioner och signalbehandling. Ett omfattande arbete har lagts ned på att definiera de olika funktionerna och deras inbördes sammankoppling och ordning. För att klara detta har en organisation byggts upp på Saab och flera hjälpmedel tagits fram. Man använder t. ex. en annan datamaskin, Saab D21, för att kompilera och kontrollera CK37-programmen. För att kunna prova dem dynamiskt innan de levereras till systemutprovningen, har man tillgång till simuleringsutrustningar. Mängden av funktioner som man önskar realisera med hjälp av datamaskinen har ökat i omfattning under arbetets gång och det har varit nödvändigt att både göra programmen effektivare och öka datamaskinens kapacitet.

## Uppdragsplanering

Flertalet av beräkningarna i CK37 syftar till att föra flygplanet till målet, möjliggöra vapeninsats där och föra flygplanet tillbaka till basen. Före uppdraget bestäms anflygningsväg, vapenalternativ och

taktik. Flygföraren matar in dessa uppgifter i datamaskinen, vars program tar hand om dem på lämpligt sätt. Under hela uppdraget sker erforderliga beräkningar i CK37, så att den uppgjorda anfallsplanen kan följas. Föraren får den information han behöver presenterad i sin siktlinje. Han ser t. ex. flygplanets läge i förhållande till omvärlden, dess kurs, höjd och attityd samt avstånd, bäring och återstående tid till destinationen. Under siktesfasen beräknas och presenteras skjutgränser m. m. ur vapen- och måldata samt lämplig tidpunkt för avfyring. Vid anfall med ostyrda vapen får föraren en riktprick presenterad för att han skall kunna rikta in flygplanet.

Före landningen görs inflygningsberäkningar så att flygplanet kan ledas in mot landningsbanan på ett förutbestämt sätt. Under hela uppdraget kontrollerar CK37 att tillgängligt bränsle räcker för hemflygning och att samarbetande utrustningar är funktionsdugliga.

I fig. 1 visas i förenklad form hur de viktigaste delsystemen i flygplanet samverkar.

## Provningar

Provningarna är ett annat område, där en digital datamaskin ger fördelar. Med datamaskinen kan funktionen hos samarbetande utrustningar kontrolleras även under flygning. Eventuella fel upptäcks snabbt och man kan vidta erforderliga åtgärder.

Även på marken kan datamaskinen utnyttjas för provning av flygplanssystemet. Eftersom provet då inte ingår i en beräkningscykel i reell tid, kan det göras fullständigare än vid övervakningen i luften. Man kan på några minuter få reda på om ett flygplan i beredskap är tillräckligt bra för att fullgöra ett givet uppdrag. Sannolikheten för verkningsfull målbekämpning ökar och man undviker onödiga starter.

När flygplanet är på marken nyttjas alltså CK37 för prov. Den utnyttjas även vid prestandakontroll och fellokalisering, varvid speciella provningsprogram läses in i CK37:s minne från samverkande yttre testutrustning.

## Projektets läge

Arbetet på CK37 och dess systemfunktioner befinner sig nu i utprovningsskedet. Hittills har utprovningen bedrivits på marken i riggar och simulatorer och vidare i hjälpprovflygplan av Lansentyp. Inom en snar framtid börjar flygutprovningen av elektroniksystemet i de första exemplaren (prototyper) av Viggen. Datamaskinen är i sitt senaste utförande representativ för serien och flera av delprogrammen överensstämmer med serieflygplanens. De erfarenheter som har vunnits under utprovningen stämmer väl med väntade resultat.





*Jan Tufvesson är född 1938 i Nyköping, där han tog studenten 1957. Samma år började han studera på KTH:s elektrotekniska linje.*

*Efter ett år på L M Ericsson gjorde han sin värnplikt vid Flygvapnet som flygunderingenjörsaspirant. 1962 började han vid dåvarande Kungliga Flygförvaltningen, där han (24 år gammal) blev biträdande projektledare för CK37. Han avancerade sedan till flygingenjör, ordförande i kalkylatorgruppen och projektledare för CK37.*

*1969–78 arbetade Jan med den tekniska och ekonomiska planeringen för Flygvapnets materielanskaffning, med teknisk underrättelsetjänst och med studier av kommande projekt, bl. a. det som senare ledde till JAS. 1978–80 var han chef för Stridsledningsavdelningen (materiel för luftförsvarscentraler, markradarstationer, telekommunikation) vid FMV-F. Han var då flygdirektör med tjänsteställning överste av första graden.*

*1980 återvände Jan till L M Ericsson, närmare bestämt SRA Communications AB, som chef för en landsomfattande underhållsavdelning för landmobil radio, mobiltelefoner och s. k. tredjepartsservice. Verkstäder öppnades även i Saudi och i Irak. Då Ericsson Radio Systems AB (ERA) bildades 1983, fick Jan ansvaret för Divisionen för Flygelektronik, som har hand om Ericssons del i JAS-projektet. Internationellt samarbete med bl. a. Ferranti Ltd i Skottland inleddes och utvecklingsarbetet på den flygburna spaningsradarstationen PS890, även kallad Erieye, påbörjades under denna period.*

*1989 utnämndes Jan till inköpsdirektör på ERA med uppgift att effektivisera inköpsfunktionen och se till att Inköps potential blev bättre utnyttjad. Inköp organiserades efter några fundamentala principer och tekniskt samarbete inleddes med viktiga leverantörer.*

*1994 utnämndes Jan till inköpsdirektör på Telefonaktiebolaget L M Ericsson med uppgift att för hela Ericsson införa samma arbetsätt och organisation som på ERA.*

*Fritiden ägnar Jan åt familjen, ridning och sommarstugan.*

## Kommentar

Som framgår av Tufvessons artikel var det siktlinjesindikatorn (SI) som tillsammans med centraldatorn gjorde det möjligt att slopa navigatören i Viggen. Med hjälp av SI kan man visa en elektronisk bild för piloten, överlagrad på den verklighet han ser genom "framrutan". Bengt Sjöberg har berättat, att reflexglasets transmission var dålig i början, vilket fick provflygare Erik Dahlström att utbrista: "Ta bort den där SI:n, den är i vägen när jag ska landa". Men efter första provflygningarna med fungerande SI över havet, kom provflygare Bertil Grimland in i debriefingrummet och såg allvarlig ut: "Nu har vi fått ett stort problem, grabbar. Den här SI:n är så dj-a bra, jag känner mig så oerhört säker på lägsta höjd, så nu kommer man att flyga lägre och då stiger ju haveririsken". På detta hade man enligt Sjöberg inget bra svar, men SI:n hade kommit för att stanna. Viggen var ett av världens första flygplan med SI.

Den elektroniska SI-bilden hjälper bl. a. piloten att hitta rätt, i princip från start till landning. Under ett uppdrag passeras ett antal så kallade brytpunkter, som knappas in i datorn före start. Läget för ett stort antal brytpunkter och för alla viktiga flygbaser i Sverige finns i förväg inlagrat i datorns minne, varför piloten bara behöver ange koden för dessa. Han kan t. ex. knappa in 12-4-7-19 om han vill passera punkterna med koderna 12, 4 och 7 och

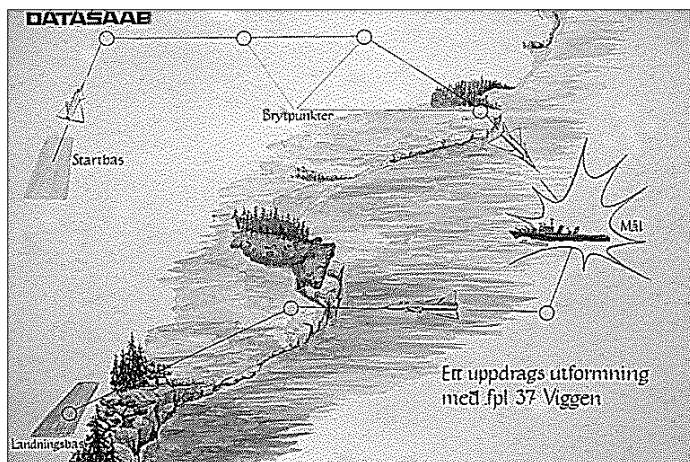
landa på flygbasen med koden 19. Även landningsbanans riktning vid de olika flygbaserna ligger i datorn. Piloten kan också knappa in latitud och longitud för "egna" brytpunkter. Han kan vidare knappa in önskad, s. k. beordrad, höjd för de olika delsträckorna. För kontroll av inknappade data finns en sifferdisplay, som också används under flygning för visning av sådant som aktuell position, kurs och återstående tid fram till målet.

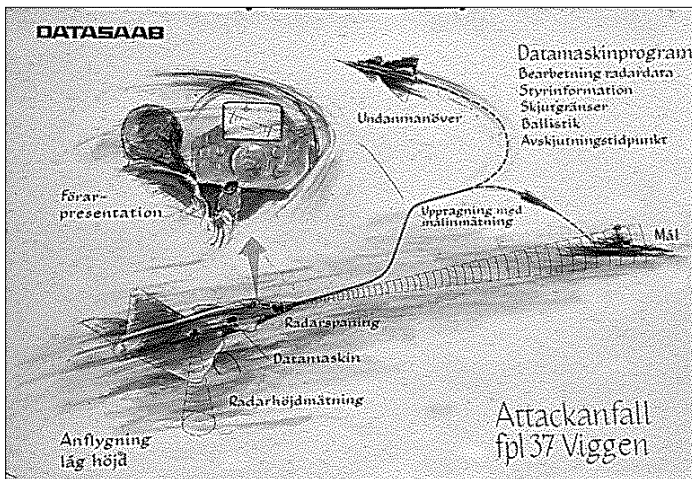
Vid flygningen beräknar datorn hela tiden flygplanets läge, höjd, hastighet, kurs m. m. med hjälp av höjdradar, navigationsradio, luftdata från pitotrör osv. Datorn skickar signaler till SI, där ett antal symboler hjälper piloten med navigeringen. Symbolerna är valda så, att bästa möjliga samband uppstår mellan den verkliga bilden av omgivningen och den elektroniska bild som piloten ser överlagrad på omgivningen..

Den datalagrade väg eller bana som piloten ska följa, visas i perspektiv som en rad "höjdstolpar", avslutade med en syftprick. Höjdstolparna tänkes stå på marken och "sticker upp" till beordrad (inknappad eller datorlagrad) höjd. Hur högt flygplanet flyger i förhållande till den beordrade höjden visas med en konstgjord horisont. Vid rätt höjd tangerar den konstgjorda horisonten raden av höjdstolpar.

En viktig symbol är fartvektorn, som visas som ett litet miniatyrflygplan sett bakifrån. Fartvektorn vi-

På startbasen laddas datorn med läget för ett antal brytpunkter, som leder mot målet och, efter utfört uppdrag, hem till några möjliga landningsbaser. Under flygningen räknar datorn ut färdriktningen till nästa brytpunkt, vilket presenteras på siktlinjesindikatorn för föraren. Efter uppdraget kan föraren välja alternativ landningsbas. Valet styrs bl. a. av datorns uträkning av återstående bränslemängd och flygsträcka. Teckning ca. 1965.





Flygplanet närmar sig målet på låg höjd. Nära målet stiger planet upp till en högre höjd så att radarn kan spana. Datorn räknar ut anfallsriktningen och andra villkor för att fyra av t. ex. en robot. Situationen visas för föraren på siktlinjesindikatorn. Horisonten lutar, vilket betyder att planet ligger i en högersväng. Planets fartvektor (flygplanssymbolen) befinner sig uppe till vänster. Denna ska med högersvängen bringas ned och riktas mot målsymbolen (riktpricken) för att vapnet ska träffa. Teckning ca. 1965.

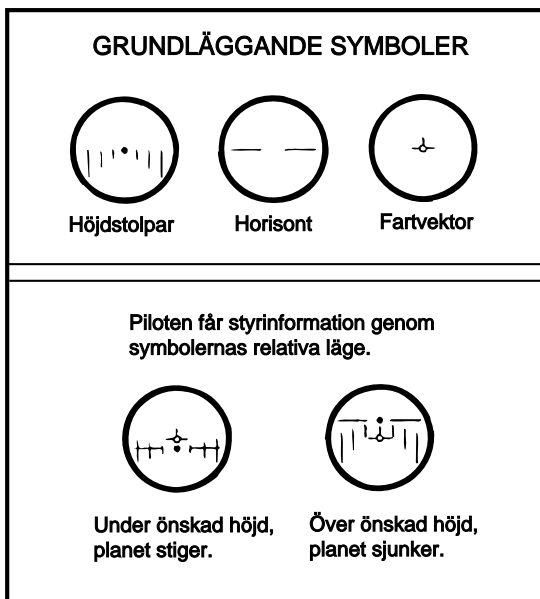
sar åt vilket håll flygplanet i verkligheten är på väg och är till stor hjälp vid t. ex. landning, då nosen är riktad snett uppåt. I samband med navigering hamnar fartvektorn ovanför riktpricken om flygplanet stiger, under om det sjunker, till vänster om man flyger åt vänster i förhållande till den beordrade banan osv.

I verkligheten visas många fler symboler, som ger föraren exakta upplysningar om höjd, tippvinkel

kel m. m. Som exempel kan nämnas att den lilla fenan på miniatyrflygplanssymbolen "lossnar" om man flyger för fort och "skjuts ner" i den ringformade delen om man flyger för sakt i förhållande till beordrad fart. Även siffersymboler visas. Vid navigering på enbart luftdata, t. ex. då radionavigeringssystemet är sönder, kan piloten trycka på en knapp "nu" precis när han passerar brytpunkten, t. ex. ett kyrktorn (som i forna tider var piloternas favoritriktmärken), varvid korrigering av eventuell avdrift sker i datorn.

Det sagda gäller navigering. Vid landning på flygbaser med landningsradar visas liknande symboler, som hjälper föraren landa exakt på den ofta mycket korta banan (37:an klarar 500 m). Vid anfall och siktning visas andra lämpliga uppsättningar symboler beroende på vapnet. Vapnen i AJ37 blev för övrigt, efter det att bomberna och kanonerna åkt ut och in några gånger, automatkanon (i pod under vingarna), attackraketer, bomber, sjömålsrobot 04 och robot 05 mot markmål. Enligt Sjöberg var 04 ett formidabelt vapen som omgivningen knappast var medveten om.

Numera behöver piloten inte knappa in några brytpunkter. Den lämpligaste banan beräknas på flygbasen och spelas in i en anordning, som påminner om elektroniska betalningsmedel, och som piloten före start kör in i en läsare i cockpiten.



De grundläggande SI-symbolerna vid navigering. Då flygplanet är på beordrad höjd ligger den konstgjorda horisonten i höjdstolparnas överkant.

# Från CNK till CK

---

*Bengt Jiewertz*

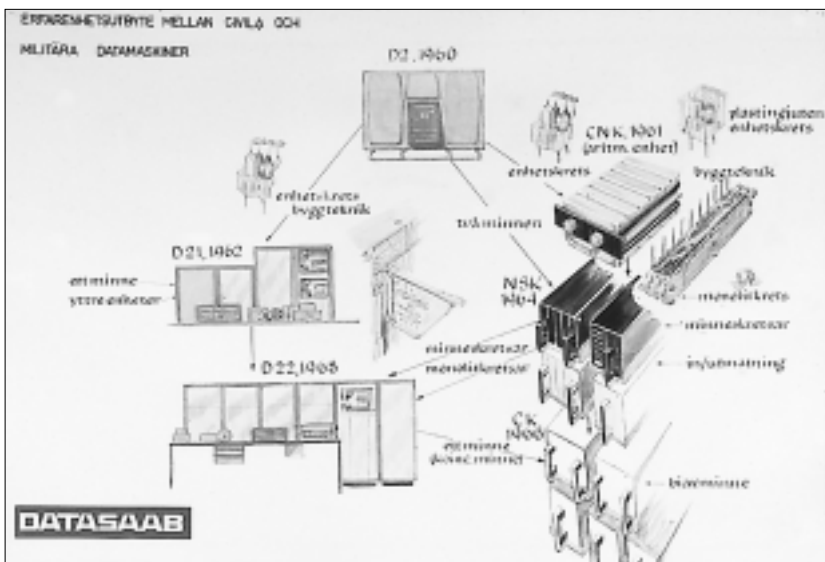
Det var en verklig utmaning att utveckla datorn eller, som den till en början hette, ”kalkylatorn”, till attack-jaktversion AJ37 av Viggen. Dessa pionjärarbeten tog flera år med två generationer prototyper, totalt 15 st., för användning i olika mark- och flygprov. Det var en process med många utredningar, specifikationer, diskussioner, konstruktioner, provningar och ibland felsatsningar, som skedde under goda kontakter mellan beställaren, Kungl. Flygförvaltningen (KFF), Saabs Systemutvecklingsavdelning (system- och programutveckling) och Saabs Elektronikavdelning (konstruktion och produktion). På Elektronikavdelningen pågick samtidigt arbeten med de civila datorerna D21 och D22. Mellan denna produktlinje och den militära skedde under 1960-talet ett fruktbarande kunskapsutbyte. I många fall var konstruktörerna dessutom gemensamma. Tillverkningen av datorer gjordes också inom samma instans med

t. ex. test av inköpta komponenter som en gemensam erfarenhetskälla.

## **CNK-37**

En av de första specifikationerna är från januari 1960, är författad av Viggo Wentzel, Bengt Jiewertz och Gösta Berggren och har titeln ”En Central Numerisk Kalkylator (CNK-37) för fpl 37”. Utgångspunkten var att en central kalkylator skulle utgöra ”hjärnan” i flygplanets system av olika apparater och leda och stödja föraren i hans navigering och beslut om vapeninsats. Specifikationen kan sammanfattas som följer:

- Uppgift: Siktesberäkningar för tre robottyper samt bombsiktning. Navigering enligt olika alternativ med Decca-stöd, återstående flygsträcka samt landning. Standardprogram såsom trigonometri och egentest av kalkylatorn.



**Kunskapsutbytet vad gäller hårdvara mellan civil och militär datorutveckling. Då bilden tecknades i slutet av 1960-talet var den gängse beteckningen för integrerade kretsar "monolitik kretsar", för kärnminnen "koincidensminnen".**

- Minne: Orderminne på 2 048 ord om 20 bitar inklusive tecken. Dataminne på 512 ord. Minnescykel 6 mikrosekunder.
- Prestanda: Ca 60 lösningar per sekund för robotberäkningarna. Korta operationer 7,2 mikrosekunder, multiplikation 23,2 mikrosekunder. Antal grundoperationer 21 st.
- In-ut-signaler: 42 st. in- och 42 utvariabler av analog eller digital typ med anpassningskretsar såsom omvandlare, hållkrets, skiftregister, räknare och buffertregister.
- Storlek: 8 st. enheter placerade i flygplanets modulutrymme enligt figur nedan. Vikt ca 98 kg, effektåtgång 300 watt.

Kalkylatorns storlek och vikt samt alla ledningar och skarvdon till "burkarna" chockerade i viss mån flygplanskonstruktörerna. De hade tänkt sig något mindre och lättare att bygga in som ersättning för en mänsklig navigatör. Dataentusiasterna däremot tyckte att den transistoriserade kalkylatorn var liten jämfört med den markbundna och rörbestyckade Sara.

När specifikationen för CNK-37 skrevs, var den av KFF beställda Sank under byggnad. Erfarenheterna från Sank vad gäller struktur, logisk organisation, instruktionsrepertoar, standardprogram, kretsutveckling och tillverkningsteknik kom förstas till användning vid specifikationen av CNK-37. Tillkommande arbeten för en dator i en "tuffare" flygmiljö var utveckling av mekaniska och kretstekniska lösningar som tålde vibrationer, fukt och temperaturer mellan -40 och +70 grader. Även anpassningen av kalkylatorn till de samarbetande apparaterna i flygplanet, dvs. hanteringen av alla in- och ut signaler, var ett omfattande arbete för konstruktörerna. Kalkylatorn var ju digital, medan de flesta av de samarbetande apparaterna var gjorda för analog, dvs. kontinuerliga, spänningar.

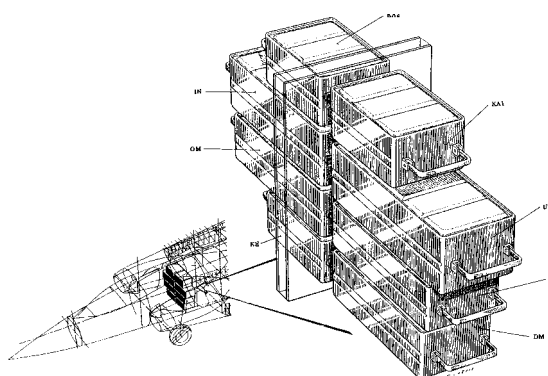
Val av signaltyp och anpassningen av dessa signaler var föremål för många diskussioner gentemot beställaren och systemavdelningen. Den slutliga utformningen i serien blev också mycket förenklad i förhållande till de tidiga tekniska lösningarna.

En viktig anpassning var införandet av både analog-digital och digital-analog omvandling. Konstruktionen byggde på prototypen OMV-2 i "civil" utförande, som togs fram av Bertil Knutsson.

Storlek och vikt för CNK-37 bestämdes av att enbart transistorer, mest av germaniumtyp, användes. Transistorerna var liksom i Sank hopsvetsade med andra komponenter till enhetskretsar, ingjutna i plast. Dessa monterades sedan mellan kretskort med tryckt ledningsdragning och bildade på så sätt en mycket stöttålig underenhet, som också var den minsta utbytbara enheten.

CNK-37 blev en konstruktion som till stor del stannade på papperet, men startade värdefulla studier vad gäller kalkylatorns operativa användning i flygplanet, samarbetet med övriga apparater, datorns organisation, anslutningen av den nödvändiga mängden in-utsignaler och en tålig, kompakt och tillförlitlig mekanisk konstruktion.

En aritmetisk enhet tillverkades för fullskaleprov av addition under olika miljöbetingelser. Uppbyggnadstekniken var densamma som för CNK-37, dvs. med ingjutna transistorkretsar, vilket gav en kompakt "burk" på ca 15 kg. Speciellt studerades enhetens förmåga att addera under vibrationer och skakningar. Även långtidsprov av de 1 200 st.



**CNK-37 1960. Den numeriska kalkylatorns inpassning i flygplan 37:s -modulutrymme. Enheterna för hantering av in- och utsignaler omfattar nästan 40 % av den totala volymen.**

ingående transistorerna ingick. Uppbyggnaden klarade proven, men hela provprogrammet fullföljdes inte.

## NSK

I januari 1961 specificerades ett nytt utförande med inriktning enbart mot siktes- och styrpunktsberäkningar för robotar (ej navigering), som fick namnet NSK, Numerisk Siktes-Kalkylator. Ordlängden ändrades till 16 bitar, minnet dimensionerades för 4 096 ord. Vikten uppskattades till ca 50 kg, effektbehovet till 200 watt.

Nu hade de första integrerade kretsarna börjat uppträda på marknaden. Dessa infördes av bl. a. Björn Hällberg i de logiska funktionsblocken (se kapitlet "Sveriges första chips"). Även en förenklad uppbyggnadsteknik utan ingjutningar infördes. Denna utformades av Ingvar Freijd, som fick patent på konstruktionen (varom mer nedan under NSK-3B). De integrerade kretsarna och den nya uppbyggnaden medförde en väsentlig minskning av volymen med en motsvarande ökning av tillförlitligheten. Härigenom blev en flygburen kalkylator mer realistisk att förverkliga.

En preliminär specifikation på detta utförande finns från februari 1962. Benämningen är nu NSK-3 och användningen hade utvidgats till att omfatta både siktes- och navigeringsuppdrag, dvs. samma målsättning som 1960. Kalkylatorns uppgift baserades på Bengt Sjöbergs "Förslag till användning av NSK i vapensystem 37", den så kallade Fridas Visor. Minnesvolymen bestämdes till 8 192 ord, vilket visade att uppskattningen år 1960 på ca 2 500 ord byggde på ett mycket otillräckligt underlag. Räknehastigheten var ungefär densamma, men fler grundoperationer infördes. Antalet in- och utsignaler hade ökat något, medan storleken var ganska oförändrad med en vikt på totalt ca 103 kg, varav centralenheten stod för 40 kg.

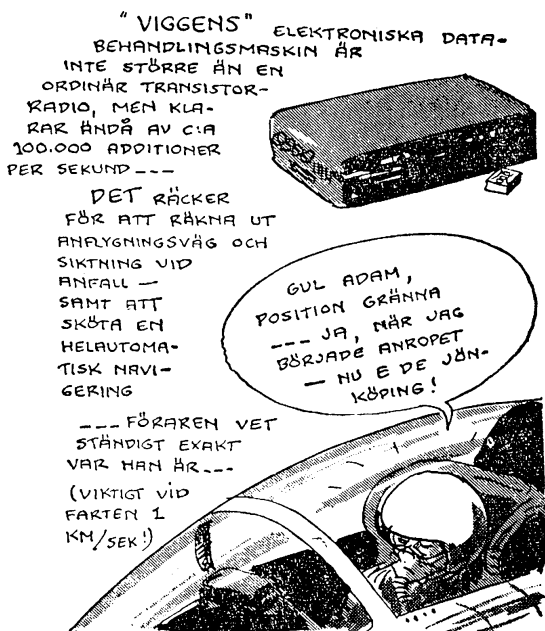
Denna vikt var ej acceptabel med hänsyn till installationen i flygplanet. Nya konstruktionslösning-

ar studerades och provades ut liksom uppdelningen i enheter om maximalt 20 kg. Även de olika typerna av in- och utsignaler förenklades. Trots detta kom anpassningen av komplexet in- och utsignaler, inklusive del i kraftmatning, att utgöra över 40 % av den totala vikten. Detta visar å andra sidan hur stor vikt som lades vid att verkligen integrera det analoga apparatsystemet i flygplanet med kalkylatorn.

Dessa ändringar sammanfattas i en beskrivning från september 1962, där man bl. a. kan läsa att kalkylatorns egentestprogram klarade ca 90 procent av den centrala elektroniken. Om detta testprogram gick fel, fick föraren ett meddelande om detta och kunde flyga hem med hjälp av back-up-instrument. Mot slutet av år 1962 beställde KFF, till ett värde av ca 32 miljoner kronor, fortsatta utvecklingsarbeten samt prototyper för utprovning. Nu startades också tillverkningen av den första prototypen i full skala med användning av de nya integrerade kretsarna,

som under året provats på olika sätt. Uppemot 3 000 integrerade kretsar ingick i varje prototyp.

Saab följde omvärldens utvecklingsarbeten inom datorområdet. Den information som var tillgänglig behandlade dock mest den "civila" utvecklingen samt olika typer av komponenter. KFF hade däremot goda förbindelser med militära systemtillverkare i USA, bl. a. firman Hughes Aircraft. Enligt preliminär information, maj 1962 om en dator HCM201, var ordlängden 12 bitar. Det fasta minnet var ej ändringsbart och in- och utmatningssystemet var begränsat. Datorn var uppbyggd med svetsade komponentmoduler, som bildade mindre funktionsenheter. Konstruktionen var mycket kompakt, vilket resulterade i en mindre storlek än för Saabs NSK. Besök hos tillverkaren och en offert på ett modifierat utförande gav ytterligare information, inklusive planerad licenstillverkning på Saab. Av olika skäl ansågs datorn ej lämpad för flygplanssystemet och kontakterna avbröts. Dessutom var den ej tillräckligt modern; den var inte konstruerad med integrerade kretsar. I efterhand kom Hughes att anklaga Saab för att ha knyckat idéer från HCM201, vilket kunde motbevisas med dokumentation redan från 1960-talet. En erfarenhet av denna kontakt blev att Saabs personal var minst lika kunnig som Hughes', vilket var nyttigt att veta. Att minska vikten på NSK blev dock en viktig målsättning.



Efter en pressrelease i december 1962 av System 37 Vigen hade signaturen Beverloo i Aftonbladet denna tolkning av "databehandlingsmaskinens" uppgifter.

## NSK-3B

I början av 1963 utgavs en preliminär ramspecifikation, där ändringar och tillägg blivit ytterligare genomarbetade. Kalkylatorn fick nu beteckningen NSK-3B. Krav på kortare instruktionstider, fler speciella instruktioner, avbrottssignaler samt logiska möjligheter att öka minnena infördes. Stig Lindqvist ansvarade för utformningen av instruktionslistan gentemot systemkraven. Anpassningen av in- och utsignalerna förenklades, bl. a. utgick användningen av stegmotorer som mottagare av utsignaler. Kraven på miljön i flygplanet, såsom stöt, vibra-

tion, fukt och tillgänglig kyl Luft var nu också mer kända och beaktades vid konstruktionen.

I detta skede utformades också den markbundna utrustningen med inläsning av program och data med en remsläsare för pappersremor. Utskrifter gjordes med en hålstans eller på skrivmaskin. Markutrustningen användes också för kontroll och test av kalkylatorn i flygplanet med hjälp av lamptablor och manuell inknappning av enstaka data.

I en ramspecifikation, daterad april 1963, fick kalkylatorn i stort sett sin slutliga utformning, se tidskriftsartikeln i nästa kapitel, daterad 1967. Instruktioner och data fick de något udda formaten 13 alternativt 26 bitar för halv- resp, helord, vilket ansågs effektivt och tillräckligt noggrant för bl. a. navigering och filtrering.

Några skillnader kan dock noteras mellan ramspecifikationen och den tidskriftsartikel som följer på sidan 64. Sålunda bantades minnescykeln 1963–67 från 3,2 till 2,8, additionstiden från 6,4 till 5,6 och multiplikationstiden från 56 till 23,8 mikrosekunder. Instruktionslistan, som enligt ramspecifikationen skulle omfatta 35 instruktioner, utvidgades till 48 grundoperationer.

Efter semestern 1963 var den första prototypen färdig och togs i drift av konstruktionspersonalen för test av prestanda, program och funktionsmarginaler. 1963–64 tillverkades sedan ytterligare fyra prototyper för systemprov, simuleringar, testriggprov och prov i simulerad vibrations-, stöt-, fukt- och temperaturmiljö. Från 1965 gjordes också flygprov i testflygplanet Lansen 32-alfa.

Tillverkningen av ramarna, som gjöts i aluminium, i vissa fall med en tolerans av 10 mikrometer, gjordes vid Datormekan AB i Mölnlycke, som valdes i konkurrens med Saab. Balkarna av aluminium med H-profil kapades, försågs med hål och limfilm för festsättning av kretskorten. För att underlätta tillverkning och montering av kablage infördes metodik och program för databehandling av kablage ritningarna, ett pionjärarbete. Mellan ramarna lades

gummimattor, som var våffelmönstrade för att fixera kablagen mot vibrationerna i flygplanet. Alla lödningar, bortåt 50 000, gjordes av licensierade lödare och kontrollerades med förstoringsglas, allt enligt vad Bertil Gustafsson berättat. Komponenterna, som köptes enligt särskilda specifikationer, testades till 100 % före inlödningen. Viktiga leverantörer var Fairchild i USA för de integrerade kretsarna och Plessey i England för kärnminnet. Under tiden som prototyperna togs fram, gjordes ändringar, förbättringar och förenklingar i arbetena.

Parallellt med att KFF beställde utveckling och prototyper av Saab, studerades liknande arbeten i USA. KFF ansåg sig behöva utomståendes syn både på det integrerade apparatsystemet i flygplanet och den tekniska datorlösningen. Dessa kontakter med USA ledde till offerter från bl. a. Autonetics, Honeywell och Hughes Aircraft. Några inköp av kompletta datorer blev dock ej aktuellt, bl. a. på grund av åtagandet och kostnaderna att utveckla de specifika anpassningarna för in- och utsignaler. Komplexet av in-utsignaler var dessutom svårt att bestämt specificera på grund av pågående systemändringar och lämpade sig därför bäst för inhemsk hantering. Däremot fastnade KFF för att under prototypproven fr. o. m. 1966 använda ett biaxminne från Honeywell, vilket ansågs öka datorns tillförlitlighet. Detta amerikanska inlägg beskrivs utförligare av Rolf Bergström i kapitlet ”Biaxminnet” längre fram i denna bok.

## **NSK-4 och CK37**

I samband med införandet av biaxminnet utökades operationslistan och minskades antalet in-ut-kanaler, bl.a. genom hopsamling i grupper. Detta modifierade utförande av kalkylatorn specificerades i mars 1964 och kallades NSK-4. Vikten var totalt 70,5 kg och kalkylatorn uppdelades på fem enheter: centralenhet, biaxminne, två in-ut-enheter och kraftenhet. Effektbehoven beräknades till ca 550 watt,



medeltiden mellan fel till 1 500 timmar vid markdrift.

Denna specifikation och tidigare arbeten låg till grund för ett tilläggsanslag från KFF på 40 miljoner kronor till Saab, exklusive biaxminnet, för fortsatt utveckling och tillverkning av ytterligare prototyper NSK-4. Beställningen omfattade också serieanpassning med typverktyg och provutrustning. Kontakterna och förhandlingarna med KFF skedde till stor del med deras representant Jan Tufvesson på Vapenbyrån. Av denna andra generation tillverkades under 1965–68 tio prototyper, av vilka flera provades i Lansen 32-alfa och -gamma och Viggen 37-3.

1966 började beteckningen NSK, numerisk stridskalkylator, att ersättas med CK37, central kalkylator för flygplan 37, som blev den slutliga benämningen. Vid samma tid initierade också Gunnar Lindström utredningar om eventuell tillverkning av integrerade kretsar på Saab. Trots att förbrukningen av integrerade kretsar var relativt stor (nära 3 000 kretsar per CK) och i sig verkade motivera en egentillverkning, var de ekonomiska övervägandena ej positiva och tur var nog det, då man nu i efterhand ser hur tillverkningen koncentrerats till ett fåtal mycket stora företag.

Medan ”biaxäventyret” pågick, utvecklades på Saab ett kärminne av koincidenstyp, som 1965 offererades till KFF. I stället för biaxminnet beställde då KFF kärminnen, inklusive leverans av sju prototyper. Det första kärminnet levererades i mars

1967 för utprovning i Lansen 32-gamma, där minnet, tillsammans med tidigare installerade CK37-enheter, flögs utan anmärkning. Samma år beställde KFF Saabs dator CK37 med Saabs koincidensminne för serietillverkning.

T.o.m. 1967 hade i de olika prototyperna ackumulerats ca 25 000 drifttimmar, därav ca 400 flygtimmar. För tre NSK-3B, som varit i drift under fyra år, var antalet fel sjunkande och visade en medeltid mellan fel (MTBF) på uppemot 250 timmar mot beräknat 700 timmar under markdrift. För CK37-prototyper, som gått lite mer än två år, registrerades en MTBF på över 1 000 timmar mot beräknat 1 200, också i markdrift. Registrerad felfrekvens på de använda komponenterna visade att dessa höll vad som lovats. Speciellt var detta glädjande beträffande de integrerade kretsarna, som ju var en djärv satsning vid starten 1962. Målet var att datorn i ett serieutförande skulle ha en medeltid på minst 200 timmar mellan fel under flygning.

### Referenser

1. V Wentzel, B Jiewertz, G Berggren: Specifikation på en Central Numerisk Kalkylator (CNK-37) i flygplan 37, R-37-1 R2, 27.1.1960.
2. B Jiewertz: Specifikation på en Numerisk Sikteskalkylator, NSK, R-37-1 R2, 25.1.1961.
3. R Bergström, L Matsson: Ramspecifikation för NSK-3B, Numerisk Strids-Kalkylator för flygplan 37, Z-37-2 R5, 23.4.1964.
4. Systembeskrivning CK37 med koincidensminne. Datasabdokument 8168/8169, A6321.00, 1966.

# Viggens centrala datamaskin 2

## – Maskinen

---

*Tekn. Lic. Bengt Jiewertz, och Fil. Mag. Stig Lindqvist, Linköping*

Utvecklingsarbeten och försöksverksamhet med sikte på en flygburen datamaskin har pågått vid Saab sedan mitten av 1950-talet. I begynnelskedet gjorde man omfattande utredningar om datamaskinens integration i flygplanssystemet och i samband därmed formulering av kraven på räknehastighet, minnesvolym och kommunikation med samarbetande apparater. Parallellt därmed utförde man omfattande studier av olika typer av komponenter och minnen, samt principer för mekanisk uppbyggnad med hänsyn till de miljöpåfrestningar som uppträder i ett flygplan.

I de första apparatförsöken omkring år 1960 använde man transistorer av germanium. Dessa sammanfogades med passiva komponenter till ”svetsade moduler”, vilka man bäddade in i plastmassa och limmade fast på kretskort. Då denna teknik visade

sig alltför volym- och viktkrävande, införde man 1961 integrerade kretsar (monolitkretsar) av den då från Fairchild tillgängliga typen DCTL (Micrologic).

Man har i datamaskinerna provat minnen både med ickedestruktiv utläsning (biaxminne) och med destruktiv utläsning (koincidensminne).

Utprovningen av hela flygplan 37 Viggan med övrig utrustning sker i olika etapper med början i riggar, marksimulatorer och provflygplan 32 Lansen för att slutligen fullföljas i Viggan-prototyper. Denna i tiden utsträckt aktivitet med successiv återmatning gör att den i flygplan 37 centrala datamaskinen CK37 tillverkats i flera generationer med sinsemellan något avvikande prestanda och mekanisk konfiguration. Man gör också en ren apparatmässig utprovning i simulerad temperatur-, vibrations- och elektrisk miljö.

Utvecklingen av den miljötåliga datamaskinen med framtagning av seriemässigt tillverkningsun-

---

*Artikeln har tidigare publicerats i Teknisk Tidskrift 1967 (sid 1039 ff.).*

derlag omfattar också programmeringshjälpmedel samt prov- och serviceutrustning. Totala beställningen från Flygförvaltningen omfattar något mer än 70 miljoner kronor och arbetena utförs av en grupp kvalificerade ingenjörer hos Datasaab i Linköping i nära samarbete med en systemarbetsgrupp och flygutprovningsavdelningen.

## Systemkrav

Datamaskinen CK37 är utvecklad och direkt anpassad för flygplan 37 Viggen där den i samverkan med flygplanets övriga elektronikutrustning skall tjänstgöra som en central databehandlande enhet bl. a. vid administration av in- och utgående signaler, helautomatisk navigering, siktes- och vapenberäkningar inklusive radarsiktning, presentation av styrinformation för föraren samt övervakning av samverkande apparater.

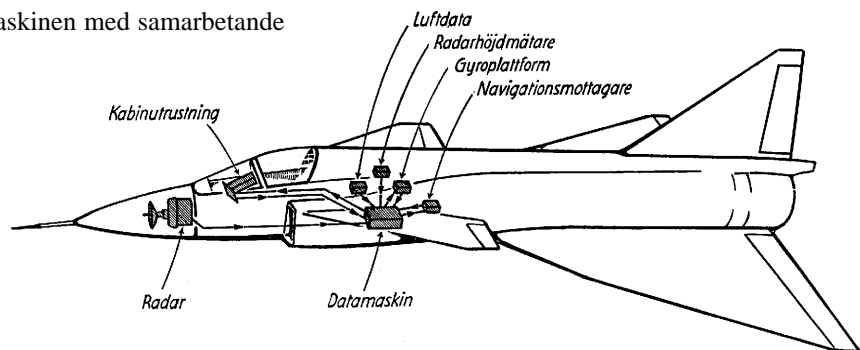
Dynamiken i ovanstående systemfunktioner kräver att alla räkneprogram måste upprepas åter och åter, så snabbt (samplingsfrekvensen är 10–60 gånger per sekund) att flygplanet ej nämnvärt hunnit förflytta sig under tiden. Under varje samplingsperiod matas nya insignaler såsom attitydvinklar, hastighet och höjd in i datamaskinen för uppdatering av räknevariabler före varje ny genomräkning av programmen med åtföljande utmatning av styrinformation. Hela detta informationsflöde utgörs av mer än 1 000 insignalvärden, som under varje sekund matas in i datamaskinen. Av detta framgår, att den flygburna datamaskinen i fråga om räknekapacitet väl kan jämföras med medelstora kommersiella datamaskiner. Datamaskinen med samarbetande

apparater utgör ett integrerat datasystem och är en mycket avancerad tillämpning på processreglering i reell tid, figur 1.

Med räknemässiga, logiska och administrativa uppgifter ingår CK37 som integrerad del i flygplanssystemet, inte endast under flygning utan även i samband med underhåll och marktjänst. CK37 utnyttjas härigenom till att höja systemets stridsberedskap genom medverkan vid funktionskontroller på marken och till att höja flygsäkerheten genom medverkan vid funktionsövervakning av flygplanets elektronikutrustning under flygning.

Tack vare monolitkretsar samt konsekvent och långt driven användning av miniaturiseringsteknik, är den flygburna datamaskinen nedkrympt till samma storlek som en normal TV-mottagare. Flygplanets operativa användning i vårt vinter- och sommarklimat gör det också nödvändigt att datamaskinen skall fungera inom ett temperaturområde som är större än 100 °C, inom vilket även kan förekomma snabba temperaturväxlingar. Under flygning utsätts datamaskinen också för vibrationer och stötar. I dessa svåra miljöer krävs av datamaskinen felfri drift under årslång användning. Detta ställer extrema tillförlitlighetsfordringar på de utvalda komponenterna; en enskild komponent måste i genomsnitt fungera felfritt i över 5 000 år! Även datamaskinens tillverkning fordrar stor noggrannhet. Så utförs t. ex. lödningarna i datamaskinen av särskilt licensierade lödare och varje lödning granskas i mikroskop för godkännande.

**Fig 1 Flygplan Viggen med datamaskin och samarbetande apparater**



CK37 är en generell datamaskin med additionstiden 5,6 mikrosekunder och multiplikationstiden 23,8 mikrosekunder. Ordlängden är 28 bitar, varav två nyttjas för paritetskontroll. Minneskapaciteten är 8 192 ord. För att minneskapaciteten skall kunna utnyttjas optimalt, kan såväl instruktioner som data omfatta antingen 13 eller 26 bit. Operationslistan omfattar 48 grundoperationer med bl. a. operationer för effektiv logikberäkning. Datamaskinen har dessutom ett avbrottsystem med reell tidsklocka för styrning av programmet, samt en in-utenhet för in- respektive utmatning av analoga och binära signaler samt för digital presentation av data på siffer-skivor.

## Centralenheten

Centralenheten är anpassad till de krav flygplanssystemet ställer beträffande räknehastighet, minnesvolym, ordlängd, operationslista, avbrottsystem m. m. Addern och ackumulatorregistret omfattar 26 bit, medan övriga register samt bussledningen för kommunikation mellan registren endast omfattar

13 bit. Centralenhetens logiska organisation åskådliggörs i fig. 2.

Såväl order som data kan omfatta antingen 13 eller 26 bitar. Överföringen mellan olika register sker parallellt; negativa tal representeras med tvåkomplementet. Minnet omfattar 8 192 ord, varav 7 168 ord, avsedda för order och konstanter, är skrivskyddade. Cykeltiden är 2,8 mikrosekunder.

## Orderord, operationslista

De order som förekommer är halvords enadressorder, helords enadressorder, helordsorder med operand och helords tvåadressorder.

Ordlängden är för halvordsorder 13 bit och för helordsorder 26 bit. Order kan lagras och utföras i såväl skrivskyddad som icke skrivskyddad del av minnet. Sex ofta förekommande operationer kan utföras med halvordsorder. Därvid kan de 1 024 första helorden i minnets ej skrivskyddade del adresseras. Härvid utgör de första tre positionerna operationsdelen, de övriga orderdelen.

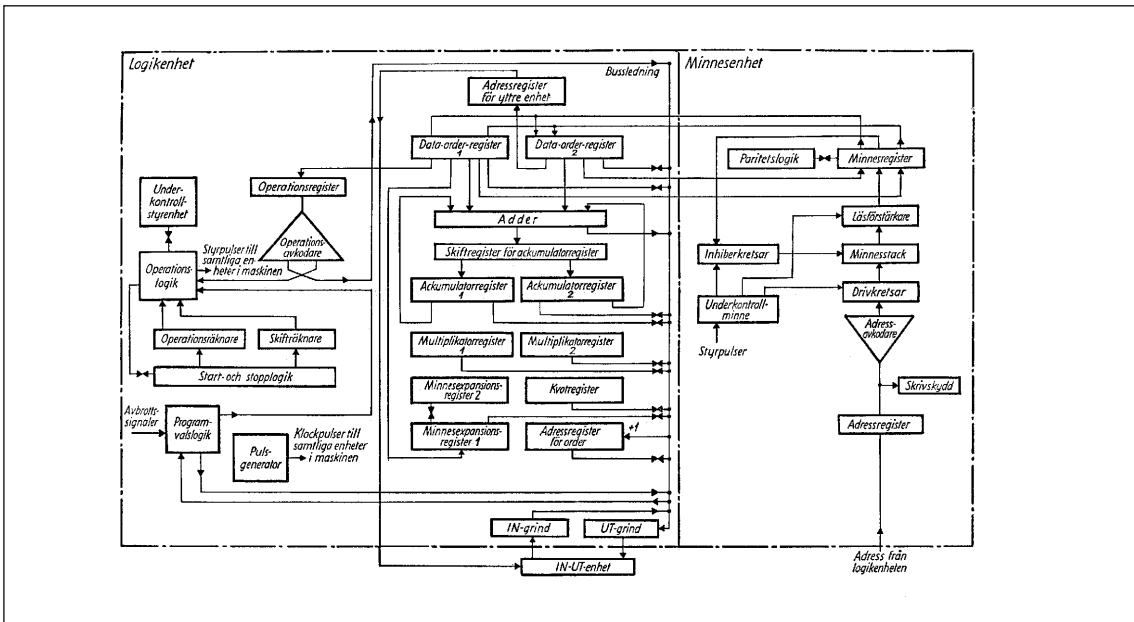


Fig. 2. Blockschema över centralenhet CK37.

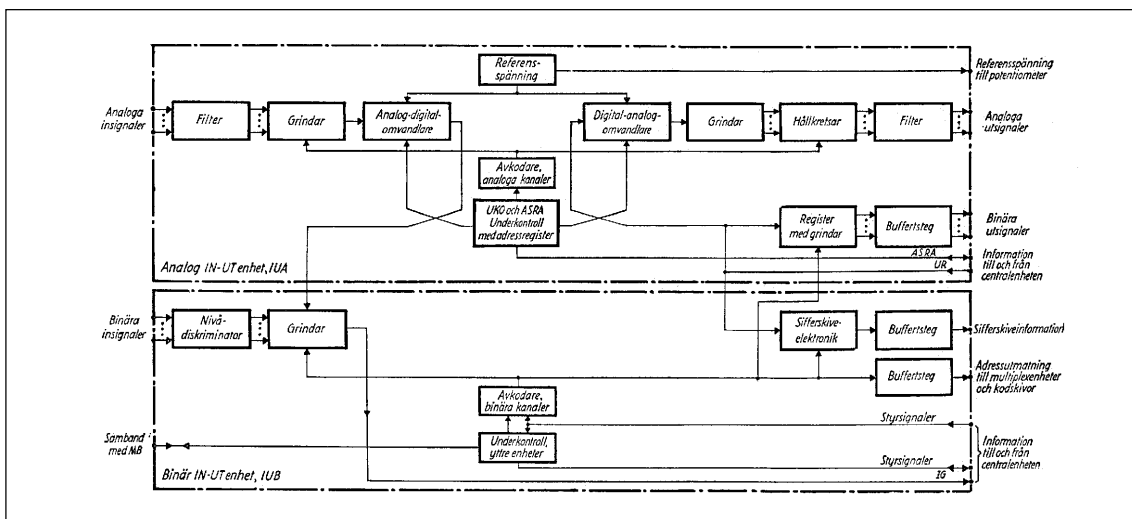


Fig. 3. Blockschema över in-utenheten.

För helords enadressorder omfattar positionerna 0 till 9 operationsdelen och adressdelen positionerna 10–25. Positionerna 0 till 2 innehåller alltid ettord. Godtyckligt halvord kan formellt alltid adresseras med helords enadressorder.

För varianten helordsorder med operand ingår operanden i orderordet i stället för att man lagrar operanden i ett minnesord och adresserar detta ord.

Operationslistan för CK37 omfattar totalt 96 operationer med varianter (exklusive varianter av skiftoperationer), uppdelade på 48 grundtyper, som kan indelas i någon av grupperna tag- och skrivoperationer (13), aritmetiska operationer (11), hoppoperationer (8), administrativa operationer (14) samt operationer för binära in-utkanaler.

## Avbrottssystemet

Programmet i CK37 skall arbeta i verklig tid, och olika händelser i flygplanssystemet måste snabbt åtgärdas. CK37 är utrustad med två typer av avbrott, programavbrott och ordavbrott.

Vid programavbrott sker ett tillfälligt avbrott i beräkningarna i det ordinarie programmet och en programsekvens åtgärdar den funktion som föran-

lett avbrottet. Därefter återupptas beräkningarna i det program som avbröts.

Programavbrotten är prioritetsgraderade, vilket innebär att en händelse med hög prioritet även kan föranleda programavbrott i program, som åtgärdar händelse med lägre prioritet. Händelser som föranleder programavbrott är bl. a. frånslag av matningsspänning, tillslag av matningsspänning samt tidsmarkering från klocka.

Vid ordavbrott sker ett tillfälligt uppehåll i beräkningarna i det ordinarie programmet, medan överföring av information sker mellan en utvald minnescell och in-utenheten.

## In-utenheten

Datamaskinen skall samarbeta med apparater av olika slag. Från dessa erhålls elektriska signaler i analog eller binär form. Även utgående signaler måste omvandlas till en för den mottagande apparaten lämplig form. Dessa omformningar av in- och utgående signaler sker i in-utenheten, figur 3.

Överföring av information mellan centralenheten och in-utenheten administreras på olika sätt, beroende på om information skall överföras mellan cen-

tralenheten och en binär eller analog kanal. Maximal in- respektive utmatningsfrekvens av binära signaler är 50 000 ord om 13 bit per sekund.

Binära insignaler härrör från knappar och vred, från kodskivor som avkänner axelvridningar, från remsläsare och från yttre register. Signalerna motas i ord om 13 bit. De binära ingångskretsarna är försedda med nivådiskriminatorer, som ger överföringarna stor störhållfasthet. Vid inmatning av binära signaler från kodskivor och i vissa fall från givare med mekaniska kontakter matas adresspulser ut, varvid val av signal sker i annan apparat utanför datamaskinen. Till apparater, som kan acceptera binära signaler, lagras den binära informationen i hållregister i in-utenheter, varifrån signaler matas ut över buffertsteg.

För analoga signaler styrs överföring av information mellan centralenheten och in-utenheten av elektronik utan programmässig kontroll. Värdet på analoga signaler som skall matas ut lagras av programmet i ett för var kanal reserverat minnesord. Likaså hämtar programmet värdet på olika analoga insignaler från bestämda minnesord.

De olika analoga insignalerna med maximala spänningssvinget  $\pm 10,24$  V (volt) ansluts en efter en via elektroniska grindar till en central analog-digitalomvandlare för omvandling till binär form. Inslussningen samt omvandlingen medger en avsökningssfrekvens om 5 000 samplings per sekund och har ett totalt fel av högst  $\pm 0,2$  %. Efter varje omvandling initieras ett ordavbrott och resultatet vid omvandlingen överförs till det för kanalen reserverade



**Fig. 4. De fem apparatenheterna som utgör datamaskinen CK37.**

minnesordet. Vid ordavbrottet hämtas också ett värde till en analog utkanal, vilket är lagrat i den andra halvan av minnesordet. Detta värde påförs en central digital-analogomvandlare för omvandling till analog form. Den analoga spänningen matas sedan ut genom hållkrets förstärkare av kondensatortyp.

Ett av de svåraste problemen har varit att konstruera kretsarna i den analoga in-utmatningsdelen. I dessa skall  $\pm 10$  V-sig-naler behandlas med en noggrannhet och linjäritet som är bättre än 20 mV (millivolt) inom temperaturarbetsområdet  $-40$  °C till  $+70$  °C. Den önskade noggrannheten och temperaturkraven gör att kretsarna måste konstrueras med mycket konservativa marginaler. Därtill fordras också omfattande komponent- och kretsprov för att utvärdera inverkan av olika toleranser och hur dessa sammansätts till ett värsta fall. För att få ett totalt fel under 70 mV har konstruktionsmålet varit att för enskilda kretsar hålla felbidragen under 2 mV.

I början av utvecklingsprogrammet fanns ej analoga kretsar av integrerad typ att tillgå, varför man endast kunde utnyttja diskreta komponenter. Senare har vissa integrerade analoga kretsar tillkommit, såsom minnets läsförstärkare och differentialförstärkare med förstärkning större än 20 000. Även fälteffekttransistorer har på senare tid kommit till användning.

## Mekanisk uppbyggnad

Datamaskinen CK37 består av fem apparatenheter. Varje apparatenhet, fig. 4, är en separat, mot yttre åverkan skyddad enhet försedd med skarvdon för sammankoppling med övriga enheter och med övriga apparater i flygplanet. Enheterna installeras i en apparatrack och låses fast i denna med en spärr i handtaget, fig. 5. Genom racken tillförs ventilerande kylflöde till enheterna. Denna, i kombination med direkt värmeavledning, för bort alstrad värme så att vid maximal omgivningstemperatur på  $+70$  °C den tillförda effekten till datamaskinen på ca 550 watt



Fig. 5. Datamaskin CK37. Installation i flygplansrack.

inte ger högre skikttemperatur hos komponenterna än + 125 °C.

Varje apparatenhet består av ett antal ramar. I hopfällt tillstånd är enheten kompletterad med kåpa samt sammanhållande bultar och bildar därvid en stabil och sluten enhet. Elektronikretsarna, som är uppbyggda av integrerade kretskomponenter, enskilda transistorer, dioder, motstånd och kondensatorer, har sammanförts till kretsenheter, vilka är infästa i ramarna, figur 6. Förbindningarna inom en kretsenhet ligger på två tryckta ledningsplattor, medan kabligen mellan olika enheter inom en ram utgörs dels av fjärrkabling med konventionellt knippade stammar, dels av närkabling, som överkorsar och förbinder närbelägna enheter. Det stora antalet in- och ut signaler mellan datamaskinen och flygplanet gör att denna kabling med skarvdon tar en stor del av apparatvolymen i anspråk.

Genom att man tar bort kåpa och bultar och monterar på extra gångjärn och strömförsörjningsskenor kan apparatenheternas ramar öppnas, varigenom både kretsenheter, komponenter och kabling blir åtkomliga även under funktion.

Kraftenheten som likriktar växelspanning med frekvensen 400 Hz och förser övriga enheter med nödvändiga reglerade spänningar är mekaniskt upp-

byggd med från övriga enheter avvikande teknik. Stora komponenter såsom transformatorer, drosslar, effektdioder och transistorer är grupperade runt en central luftkyld kanal, som leder bort alstrad värme.

## Programproduktion

Vid val av metodik för framtagning av program till en datamaskin, som tillsammans med andra apparater skall arbeta i ett större system, inverkar ett flertal faktorer. Kraven på att programmet skall arbeta i reell tid och att beräkningsgången skall anpassas efter tillståndet hos det utanför datamaskinen befintliga systemet gör att speciell omsorg måste ägnas åt programplaneringsarbete. Programmet har delats in i ett antal delprogram, för vilka man har fastställt väl definierade ingångs- och utgångsvari-

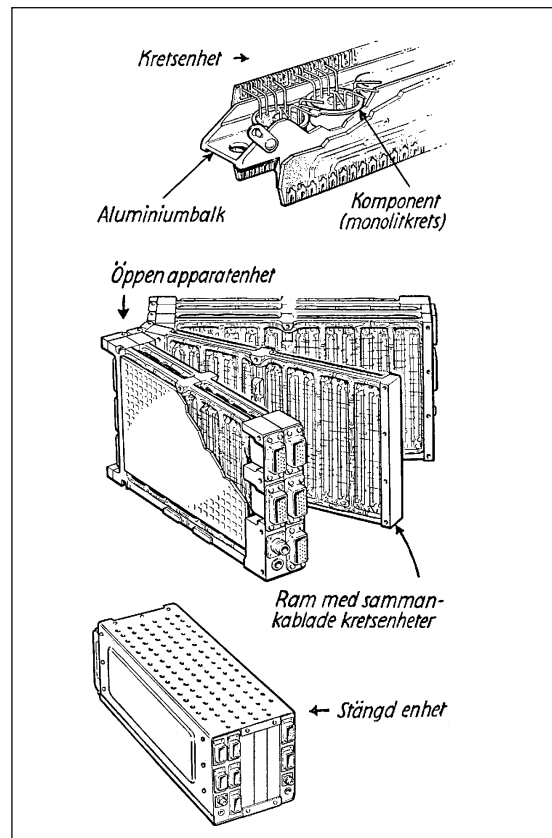


Fig. 6. Mekanisk uppbyggnad av centralenheten.

abler. Även det förhållandet att ett stort antal personer och instanser, både inom och utom Saab, är intressenter i olika delar av programmet kräver en samordnande planering och dokumentation.

Kraven att under ett utvecklingsskede snabbt och säkert kunna producera program och snabbt kunna införa ändringar i dem gör det nödvändigt att så långt möjligt förenkla programframtagningen. Därför har ett programsystem kallat ”Programmeringshjälpmedel” framtagits. Programsystemet arbetar i Saab D21 och omfattar lexikonbyggare, översättare, provare och utskrivare. Härvid är det möjligt att programmera i ett symboliskt språk och dessutom i D21 prova framtagna program innan datamaskinen CK37 samkörs med det övriga systemet.

Förutom datamaskinens uppdragsprogram har man också tagit fram ett stort antal testprogram för kontroll av apparatenheterna vid olika marginalspänningar och med olika slumpkombinationer.

## Driftserfarenheter

Av de tio datamaskiner som t. o. m. 1966 levererats för utprovning i system 37 har bl. a. fyra stycken

använts för apparattekhniska prov med elektrisk konstruktionsprovning och miljöprovning, medan de övriga använts för systemutprovning på mark och i flygplan, tabell 1.

Den tid som t. o. m. 1966 ackumulerats under dessa prov samt under inkörning och tillverkningskontroll av maskinerna är totalt ca 20 000 timmar, varvid man erhållit värdefull återmatning för apparatkonstruktionen, för komponentavtal, datamaskinens samfunktion med andra apparater samt själva uppdragsprogrammets uppläggning och detaljmässiga utformning.

För hela datamaskinens fem apparatenheter har predikterats en medeltid mellan fel på ca 1 000 timmar i markdrift vid en omgivningstemperatur av + 45 °C. Denna siffra har man räknat ut med hjälp av MIL-Handbook 217 enligt standardiserade metoder, som utformats för alla apparater i flygplan 37, tabell 2.

För de komponenter, som används i stort antal per datamaskin (fler än 1 000), har den ackumulerade drifttiden på 20 000 timmar givit indikation om att antagna felfrekvenssiffror uppnåtts. I tabellen

Antal datamaskiner	Användning	Provomfattning
2	Elektriska konstruktionsprov	Marginalprov, kretsar, störningsmätningar, noggrannhet, analoga kretsar, utprovning av provningsprogram
2	Miljöprov och mekaniska konstruktionsprov	Värme + 70 °C Köld - 40 °C Vibration 5–500 Hz, 5 g Skakning 1 000 fall med 25 g Dessutom acceleration, stöt, lågt lufttryck, temperaturändring, fukt
6	Systemprov	Dynamisk programkontroll, simuleringar i samkörning med analogimaskin, flygningar med prov av apparater och olika uppdrag (navigering, siktning, osv.)

Tabell 1. Utprovning av miljötåliga datamaskiner i system 37.



Komponenttyp eller motsvarande	Felfrekvens i % per 1 000 timmar	
	Antaget	Erhållet
Integrerad krets	0,003	0,003
Transistor (planar-)	0,004	0,007
Diod (planar-)	0,001	0,0053 <sup>*)</sup>
Motstånd (film-)	0,001	0,0014 <sup>*)</sup>
Kondensator (keramisk)	0,001	–
Kondensator (tantal)	0,030	0,032
Lödpunkt	0,001–0,0001	–
Klämförbindelse	0,00001	–

\*) Inget fel har erhållits. Siffran gäller för ett antaget fel.

### Tabell 2. Komponentfelfrekvenser

har dessa siffror angivits, i några fall baserade på antagandet att ett fel har inträffat.

För en del komponenttyper, som förekommer i relativt litet antal, är den angivna driftstiden ej tillräcklig för verifiering av antagna felfrekvenssiffror. För lödpunkter behövs å andra sidan en mer serie-liknande tillverkning och kontroll än vad som kunde ske vid tillverkningen av de första datamaskiner-

na. I dessa fall sker prov, som ännu ej slutförts, av apparater under accelererad miljöcykling. Under specialproven såväl som under datamaskinernas ordinarie drift på mark och i flygplan sker en noggrann uppföljning och rapportering av alla fel samt analys av dessa. Detta arbete bildar således grunden för det tillförlitlighetsarbete, som slutligen med komponentprov, tillverkningsmetodik och kontroll skall garantera datamaskinens driftsäkerhet i den temperatur- och vibrationsmiljö, som råder i Viggen.



*Stig Lindqvist är född 1934 i Fjugesta, Närke. Under de första åren efter folkskolan ägnade han sig åt jordbruksarbete på sin fars gård. Han tog sedan studentexamen på specialgymnasium för vuxenstuderande och studerade vidare till fil. mag. i Lund.*

*1961 kom han till Saab och började med programmering på D2. Sedan följde specificering och testning av en rad*

*föregångare till CK37.*

*Från 1970 ägnade sig Stig åt D22-program för prognos och lageroptimering i grossisttillämpningar. 1975 följde han med "tunga linjen" till Saab-Univac, sedermera Unisys. Under sin tid på dessa företag arbetade han i ca två år i USA.*

*Sedan 1991 är Stig anställd på Saab Service Partner AB.*

## Kommentar

Det kan tilläggas att serieversionen kom att omfatta fyra enheter mot fem i den i artikeln beskrivna prototypen, tack vare hopslagning av de båda in-ut-enheterna till en. Den slutliga vikten blev 61,5 kg, effektförbrukningen ca 600 watt. Som projektledare tillträdde Sven Fornander 1969 efter Bengt Jiewertz, som varit ansvarig för arbetena sedan 1959. I januari 1969 beställde Försvarets Materielverk (tidigare KFF), serietillverkningen av 114 st. CK37 hos Datasaab. Det första exemplaret levererades sista april 1970 och samma år utökades beställningen till 196 st. 1971–1972 genomfördes serieutfallsprov på CK37, vilket resulterade i en modifiering. Ändringarna infördes i serietillverkningen varför exemplar 1–115 ändras retroaktivt under åren 1975–1976. Mot slutet av tillverkningen var styckpriset uppe i ca en miljon kronor. Tillverkningen fortgick fram t. o. m. maj 1978 då det sista exemplaret levererades till Flygförvaltningens representanter vid en liten ceremoni på Datasaab.

Datasaab utförde garantiservice till 1983, då servicen övertogs av FFV Aerotech i Arboga. FFV Aerotech har också vid olika tillfällen modifierat CK37 med bl. a. större minne av halvledartyp samt ökad prestanda i anslutning till nya vapentyper. CK37 kommer därför, liksom flygplanet, att kunna vara i aktiv tjänst in på 2000-talet.

\*\*\*

Det kan också tilläggas att NSK-CK37 i mer eller mindre modifierade versioner offererades för processtyrning och liknande tillämpningar. Totalt besvarades ett tiotal förfrågningar under tiden 1961–1967 med systemutredningar, beskrivningar och offerter. I dessa medverkade

även andra Saabavdelningar, vilket medförde en stor samlad kompetens. Inget av arbetena ledde tyvärr till avtal om leverans. Flera faktorer samverkade till detta. En sådan var att Datasaab måste koncentrera sig på den civila datorn D21:s och dess efterföljares marknadsföring med kundassistans. En annan var släktskapet med ”flygutförandet”, som bidrog till att andra leverantörers utförande blev konkurrenskraftiga.

De första intressenterna, som anmälde sig redan 1961, tillhörde det militära området. De mest omfattande försöken gjordes inom luftväret, där NSK-varianten MNK eller Mobil Numerisk Kalkylator skulle ersätta den analoga kalkylatorn i radarsiktet för Bofors' 40-millimeterskanon. I dessa försök, som genomfördes av Saabs avdelning i Göteborg, medverkade Dag Folkesson från systemavdelningen i Linköping. Ett fungerande system med en NSK-3-prototyp togs fram och provskjutningar med



Överlämnandet av det sista serieexemplaret av CK37 till Flygförvaltningen den 25 maj 1978.

I förgrunden tre FMV-representanter: Åke Sporrön, Knut Modig och Lars Axelsson.

Datasaabare i bakgrunden: Leif Karlsson, Sven Fornander, Allan Stiernspetz och Bernt Erlandsson.

skarp ammunition mot målflygplan gjordes på Väddö.

En civil version, benämnd D41, offererades till bl. a. Stockholms Elverk och Asea. Systemutredningen för Stockholms Elverk avsåg start- och stoppautomatik för Hässelbyverket II, ett värmekraftverk, medan Aseaofferten avsåg det planerade kärnkraftverket Marviken.

\*\*\*

Mera intressanta är några studier, som beställdes av den europeiska rymdorganisationen Esro genom Svenska rymdbolaget. Den första påbörjades 1966 och avsåg en satellit med ett teleskop för stjärnstudier utanför jordatmosfären; jämför Hubble Space Telescope med rymdrepARATIONEN 1993. En bitseriell dator med en medeltid mellan fel på 12 år projekterades av Björn Hällberg tillsammans med Saabs avdelning i Göteborg. Datorn skulle med hög precision rikta in och stabilisera satelliten, men projektet blev för dyrt och lades ner.

1968 engagerades Datasaab i ett projekt för en annan typ av satellitdator. Arbetet omfattade programstudier och logisk-mekanisk uppbyggnad för en "on board processor" för en satellit, som skulle studera variationer hos norrskenspartiklarna.

Projektspecifikationen utformades med erfarenheter från CK37-arbetena men med en uppbyggnad på kretskort med ytlödda komponenter. Denna mycket tidiga Datasaabkonstruktion verifierades med att prototypkort tillverkades. Prestanda var ca 30 000 instruktioner per sekund, effektbehovet 15 watt och vikten ca 12 kg. Medeltiden mellan fel beräknades till ca fyra år.

Studien presenterades på en "International Conference on Aerospace Computers" i Paris i december 1968. Även vid ett besök i USA på Nasa redogjordes för studien. Ovanstående arbeten ledde ej vidare till beställningar men bidrog till att stärka Saabs kunnande och fortsatta arbeten inom den europeiska rymdforskningen.

Denna typ av datorarbeten fortsatte ej på Datasaab utan koncentrerades i stället till Saabs Göteborgsavdelning med Jan Torin, numera professor i Datorteknik på Chalmers Teknisk Högskola, som initiativtagare. Där gjordes 1973–74 en studie, som 1974 ledde till en första beställning på en dator för den franska bärraketten Ariane.

Saabs rymdavdelning i Göteborg uppgick senare i Saab-Ericsson Space och har framgångsrikt levererat datorer till samtliga Arianeraketer, till den astronomiska satelliten Exosat och jordobservationssatelliten Spot. Dessa datorer har vidareutvecklats med tonvikt på feltolerans och finns nu, sedan februari 1995, i en mikrodatorversion som kallas Thor i forskningssatelliten Astrid.

Denna verksamhet kan sägas ha sina rötter i Datasaab.

### Referenser

- Saab MNK, A Digital Computer System For Advanced Weapon System Calculations. Saab-dokument Z-A2-2 B9, 18.2 1963.
- Beskrivning av digital elldledningskalkylator till EUTR 75. Datasaab 7117, aug. 1967.
- Systemutredning, Stockholms Elverk, Hässelbyverket II. Datasaab D41-7006, 1965.
- Data Processor For The Swedish Satellite Project. Datasaab november 1968.

# Sveriges första chips

---

*Björn Hällberg*

I slutet av 1950-talet gjorde vi komponentprov på aktiva och passiva komponenter, som skulle kunna ingå i den numeriska kalkylatorn för Viggen. Det byggdes också vissa kretsmoduler såsom register, avkodare etc. Från början var vi inriktade på att använda någon form av enhetskretsar, dvs. samma teknik som i D21. Enhetskretsarna bestod av liten plasthållare, som innehöll en transistor plus några passiva komponenter. Med dessa enhetskretsar byggdes logiska enheter såsom nand- och nor-kretsar, bistabila vippor för räknare, register osv. För att dimensionera enhetskretsarna utvecklades ett datorprogram, där man kunde simulera olika komponentvärden för att hitta optimalt värde för störmarginalen med hänsyn till stegfördröjningen för omslag. Hänsyn togs till den spridning i komponentvärden inom temperaturarbetsområdet som angavs av komponentleverantören.

När vi i slutet av 1950- och början på 1960-talet försökte klarlägga hur en flygburen numerisk kal-

kylator skulle kunna byggas upp med enhetskretsar, rådde stor tveksamhet till hur denna skulle kunna få plats i flygplanet. Det uppskattades att ca 5 000 transistorer och 25 000 passiva komponenter skulle erfordras. Sedan frågade vi oss hur man skulle förbinda alla kretsar. Ur tillförlitlighetssynpunkt gav ju varje lödförbindelse ett bidrag till försämrad tillförlitlighet. Hur skulle man klara felsökning och service? Var det över huvud taget möjligt att bygga en numerisk kalkylator för ett flygplan med de uppställda kraven på prestanda?

I april 1961 besökte Bengt Jiewertz Fairchild i USA. Han fick då tips om att Fairchild hade utvecklat MLE, Micro Logic Elements. Fairchild hade utvecklat en teknik, som innebar att man i stället för att ha endast en planartransistor per substrat lägga in flera, som var hopkopplade beroende på vilken logisk funktion kretsen skulle utföra. Detta var den första integrerade kretsen. I juli samma år presenterades denna teknik på en Natokonferens i Oslo av

Robert Norman och James Nall från Fairchild. Fairchild hade då under flera år med hjälp av militära medel ”at almost any cost” utvecklat tekniken för att kunna minimera volym och öka tillförlitligheten hos elektroniken i militära flygplan och robotar. Detta tände vårt intresse för att eventuellt införa denna teknik istället för att använda diskreta komponenter.

I juli 1961 fanns 6 MLE-kretsar tillgängliga. Logiktypen i en MLE var DCTL som står för Direct Connected Transistor Logic. De 6 MLE-typerna var följande:

- nor-gate (nor-grind)
- flip-flop (vippta)
- half adder
- counter adapter
- half shift register
- buffer

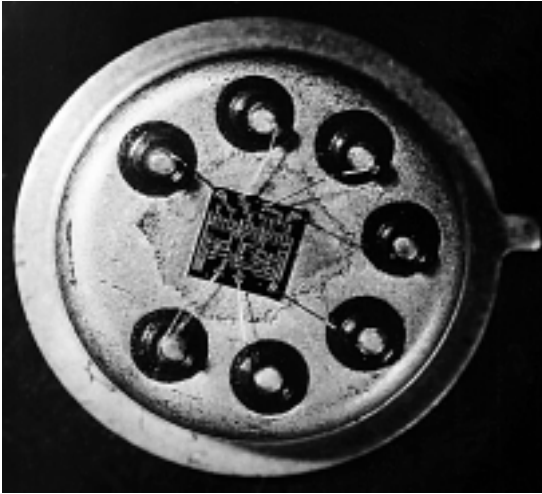
Kretsarna kunde arbeta i temperaturintervallet -55 till + 125 grader Celsius. Fan-out-faktorn, dvs. antal transistorer som kunde drivas från en utgång, var normalt 4 utom för bufferkretsen, som kunde driva upp till 25 ingångar. Stegfördröjningen var vid rumstemperatur mindre än 50 nanosekunder (miljarddels sekunder). Packningstätheten, ca 2 transistorer per kvadratmillimeter, var inte särskilt imponerande jämfört med dagens IC-kretsar.

Men de integrerade kretsarna verkade väldigt lovande. Jämfört med konventionell teknik, baserad på separata transistorer och passiva komponenter, räknade man med en volymminskning på tio gånger för t. ex. en aritmetisk enhet. Tillförlitligheten ökade mellan tre och tio gånger beroende på minskat antal lödpunkter och dessutom minskade kraftbehovet väsentligt. Allt talade alltså för att denna teknik var mycket lämplig för logiska kretsenheter. Men kunde vi lita på att kretsarna kunde serietillverkas enligt givna specifikationer och hur var det med priset?

*Björn Hällberg är en blygsam man, som gärna överlåter åt redaktionen att tala om att han i själva verket en tid var Europas främste expert på integrerade kretsar, det som gemene man kallar chips. Han var också den förste i Europa, som fick en integrerad krets i sin hand.*

*I den högst läsvärda boken Portraits in Silicon av Robert Slater kan man läsa om hur två olika varianter av integrerade kretsar ungefär samtidigt uppfanns av Jack Kilby på Texas Instruments i Dallas, Texas och av Robert Noyce på det nystartade företaget Fairchild Semiconductors i Mountain View, California. Både Kilby och Noyce inlämnade sina patentansökningar 1959. Den efterföljande patentstriden vanns av Fairchild, men parterna lade ner stridsyxorna och det bestämdes att Kilby skulle betraktas som ”co-inventor” av den integrerade kretsen. Texas Instruments och Fairchild fick sedan stor draghjälp av president Kennedys beslut 1961 att före decenniets utgång placera en människa på månen. Nasa (National aeronautics and space administration) blev den stora kunden.*

*Enligt Portraits in Silicon var amerikanska staten rentav den ende som köpte integrerade kretsar från Fairchild fram till dess att ett amerikanskt företag vid namn Zenith 1964 började använda integrerade kretsar i en hörapparat. Som framgår av Hällbergs artikel är det bevisligen fel. Saab fick de första integrerade kretsarna från Fairchild i juli 1961. Det har hävdats att Saab sedan under en tid var den största kunden vid sidan av Nasa. Det finns inget som motsäger den uppgiften.*



**De första integrerade kretsarna som nådde Saab och Europa var inhysta i så kallade TO5-kapslar, runda små "hattar" i mässing med 7 anslutningsben och med en storlek som något nedbantade fingerborgar. Här en öppnad TO5-kapsel med chipet, som mätte ca 2x2 mm, synligt.**

De första tillgängliga kretsarna kostade \$ 125, dvs. ca 600 kronor. För 1 000–2 000 kretsar per kalkylator blev ju kostnaden för bara kretsarna mellan 600 000 och 1 200 000 kronor. Till detta kom monteringskostnader m. m. Kalkylatorn skulle alltså bli ofantligt dyr om inte priset per krets gick ner kraftigt. Fairchild utlovade att priset vid massstillverkning skulle gå ner till under 50 kronor. Men massstillverkning krävde att kretsarna skulle kunna börja användas i civil datorproduktion. Tillverkare av civila datorer i början av 1960-talet var emellertid mycket kallsinniga till denna nya teknik. Det fanns inget större intresse att använda nya dyra kretsar för att minska volymen; lap-top-datorn var ännu långt borta.

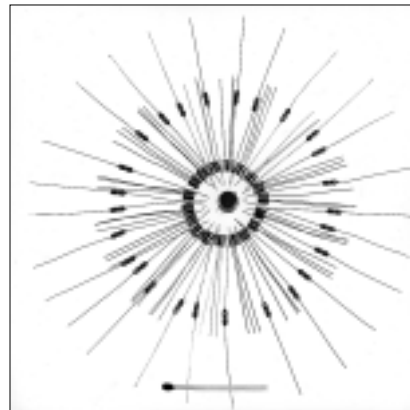
Hur såg kunden Flygförvaltningen på problemet? I början var man på vissa håll inom förvaltningen mycket skeptisk, men både vi och förvaltningen insåg ganska snart att enda möjligheten att utveckla en flygburen kalkylator enligt de önskemål som Saabs systemavdelning och förvaltningen hade, var att "hoppa på det här tåget". Det visade sig ju också i efterhand vara en verkligt lyckosam satsning.

Det fortsatta utvecklingsarbetet koncentrerades på tre viktiga områden:

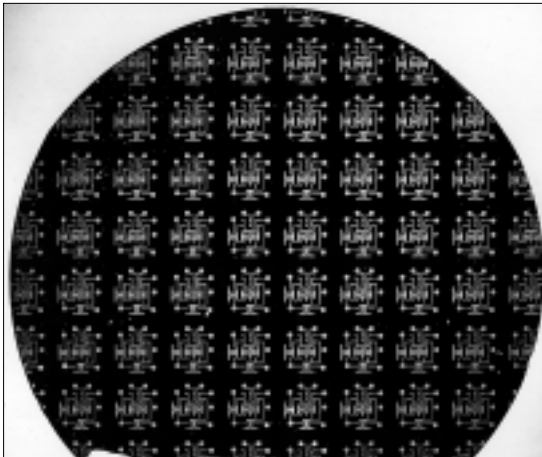
- Utvärdering av kretsarnas elektriska egenskaper för att kunna ställa rätt krav mot komponentleverantören.
- Konstruktion av större kretsenheter såsom aritmetisk enhet, styrenhet etc.
- Uppbyggnadsteknik. Typ av kapsel, montering av kapslar på ledningsbärare etc.

Ett omfattande komponenttestprogram startade, där MLE-komponenterna mättes vad gällde framför allt störmarginal och omslagssnabbhet inom temperaturområdet, dels som enskilda komponenter, dels kopplade i större kretsenheter.

Ett av de största frågetecknen var om störmarginalen för DCTL var tillräcklig stor. Detta kunde man inte få besked om förrän vi kunde göra test på färdigproducerade kalkylatorenheter. Vi bestämde oss för att minska tillåten fan-out-faktor med 20 %, vilket ökade störmarginalen från 200 till 300 millivolt. När Fairchild ändrade tillverkningsprocessen och kunde tillverka RTL – Resistor-Transistor Logic – förbättrades störmarginalen väsentligt och den var nu på en sådan nivå, att den kunde accepteras.



**Packningsökningen vid införandet av integrerade kretsar. Kapseln i mitten innehåller det antal motstånd och transistorer som finns runt om.**



*Det här är en bild som får vår tids chipstekniker att le lite medlidsamt. Den visar en av världens första "slices" eller kiselkivor med ett antal identiska integrerade kretsar eller chips. Komplexitetsgraden är miljontals gånger lägre än för dagens chips, men tekniken är den samma: med en repeterkamera och mikrofotografiska metoder tillverkas de olika skikten i kiselkivan, som sedan skärs upp i fyrkantiga chips och placeras i hållare som löds fast i det slutliga systemet.*

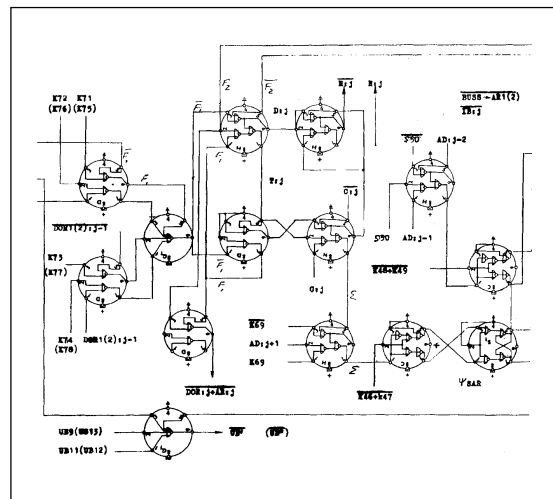
En annan faktor var stegfördröjningen. De första DCTL-kretsarna hade en maximal stegfördröjning av 50 nanosekunder, men med RTL kom denna ner till ca 20 nanosekunder. Vi utvecklade matematiska modeller för olika kritiska krets kedjor, där vi statistiskt kunde räkna fram max- och minvärden.

För att få ett svar på kretsarnas tillförlitlighet genomfördes funktionsprov under tiotusentals timmar. I juni 1966 hade man uppnått 38 000 000 elementtimmar, därav 319 000 i flygtid. Under denna tid hade ett katastroffel inträffat efter 3 000 timmar. Observerad felfrekvens med 90% konfidens var mindre än 0,006% per tusen timmar per element.

Från början fanns bara Fairchild som komponentleverantör. Sedan tillkom Texas med TTL-logik (Transistor-Transistor Logic) och flata kapslar. Det diskuterades om vi skulle undersöka alternativ till Fairchilds DCTL och senare RTL-logik. Detta genomfördes dock aldrig, eftersom samarbetet med Fairchild fungerade mycket bra och vi var tveksam-

ma till Texas' TTL-logik, som visserligen var betydligt snabbare, men hade låg störmarginal. Dessutom fanns det en del andra nackdelar. Kapslarna fanns t. ex. bara i flatkapselutförande, som krävde multilagerkort med vid denna tid dålig tillförlitlighet. Vi var dessutom "inkörda" på Fairchilds krets-typer. Vi fortsatte alltså med Fairchild med det italienska bolaget SGS, som ägdes av Fairchild, som second source.

För oss kretskonstruktörer var det ett stort steg att gå ifrån transistorer till integrerade kretsar. Genom att arbeta på transistornivå, kunde vi få effektiva kretslösningar, men nu blev vi tvungna att använda kompletta krets-funktioner istället. När vi t. ex. tidigare skulle bygga upp en vippra med transistorer, var vi tvungna att i detalj räkna på de enskilda kretselementen, men nu måste vi lita vi på att flip-flop-elementet fungerade. Det visade sig att MLE-kretsarna var mycket smart konstruerade och att vi lätt kunde bygga erforderliga kretsenheter som adderare, räknare m. m. Vi kunde nu helt koncentrera oss på den logiska designen av aritmetisk enhet, styrenhet osv. Allt eftersom vi konstruerade nya



*För varje typ av integrerad krets tog Saab fram en klisterlapp, som användes vid framställningen av ritningarna för CK37. Dessa scheman med klisterlappar visade för första gången samtidigt den logiska och elektriska funktionen.*

kretsenheter såg vi möjligheterna att minska antalet kretsar om man kunde få kretsar med nya funktioner. Dessa erfarenheter matade vi tillbaka till Fairchild som baserat på våra erfarenheter kompletterade tillgängliga kretsar.

Eftersom integrerade kretsar var väldigt ovanliga på 1960-talet, var vi ofta anlitade som föredragshållare på olika konferenser för att dela med oss av våra erfarenheter.

I flygdatorprogrammet ingick ett stort antal multiplikationer. Vi fick därför kravet att göra dessa så snabba som möjligt. Jag, som då var ansvarig för centralenheten, omfattande styrenhet och aritmetisk enhet, studerade olika metoder för uppsnabbning. Vi bestämde oss för att använda tvåskiftsmultiplikation, vilket gav en minskning av multiplikationsinstruktionstiden från 42 till 23 mikrosekunder. Detta krävde ytterligare 115 st. MLE-kretsar, vilket gav en merkostnad på 2,3 procent av centralenhetens totala komponentkostnad. Detta ansåg man acceptabelt.

I en tidskriftsartikel i en amerikansk datatidning, där man jämförde olika militära datorer, låg vi lika med konkurrenterna vad gäller additionstid, volym, kraftbehov o. dyl. Däremot var vi ”state of the art” när det gällde multiplikation. Vi gjorde en 20 bitars multiplikation på halva tiden jämfört med närmaste konkurrent och detta tack vare tvåskiftsmultiplikationsmetoden.

Uppbyggnadstekniken diskuterades flitigt, eftersom denna har en så grundläggande betydelse för funktionaliteten, tillförlitligheten och servicebarheten. Ett av alternativen som diskuterades var en uppbyggnad baserad på multilagerkort och kretsar av typen ”flatlöss”, dvs. integrerade kretsar i form av små fyrkantiga kapslar som våglöddes till multilagerkort.

Vi bedömde som tidigare nämnts att tekniken inte var tillräcklig mogen ur kvalitetssynpunkt. Vi valde i stället en teknik, där vi använde runda s. k. TO5-

kapslar monterade mellan två tvålagerkort, limmade mot en aluminiumbalk. Dessa kretsblock monterades i en ram. Kopplingen mellan olika punkter i ramen gjordes genom lödning av kopplingstråd för att på så sätt få så kort avstånd som möjligt mellan olika punkter i enheten. En hel kretsblock, t. ex. den aritmetiska enheten, kunde ge ett ganska ”risigt” intryck, men var lätt att serva, eftersom alla punkter på logiken var tillgängliga. Nackdelen var att eftersom trådarna drogs för hand, blev varje serieproducerad enhet unik. Detta kunde orsaka problem, bland annat i samband med underhåll.

Projektet CK37 blev en framgång, troligen mycket tack vare Saabs aggressiva tekniksatsning och erfarenhet av datorkonstruktion och att Fairchild lanserade sina integrerade kretsar i rätt ögonblick. Utvecklingsarbetet resulterade i att Flygförvaltningen beställde seriedatorer från Datasaab, som genomförde tillverkningen till och med 1978. Då levererades den sista CK 37 för flygplan AJ 37 Viggen.



*Björn Hällberg är född 1934 i Göteborg, där fadern var specierhandlare och disponent för västra delen av det som senare blev ICA.*

*Efter tekniskt gymnasium gick Björn på Chalmers, där han 1959–60 var assistent hos professor Stig Ekelöf.*

*1960 kom han till Saab, där han först räknade på enhetskretsarnas störmarginaler och sedan fick ansvaret för*

*de integrerade kretsarna och centralenheten i CK37.*

*Efter en tid på staben för långsiktig planering blev Hällberg 1973 chef för den civila elektronikutvecklingsverksamheten vid Saabs avdelning i Jönköping, där han bl. a. var med om utvecklingen av Saabs utrustning för sågverksautomation. 1975 återvände han till Linköping, där han så småningom kom att bli expert på kryptering och andra datasäkerhetsåtgärder inom banksektorn.*

*Han har följt Datasaab genom alla dess ägarturer och är nu marknadschef vid ICL Payment Security i Tornby, Linköping.*



# Biaxminnet

## – ett amerikanskt inhopp

---

*Rolf Bergström*

När konstruktionen av CK37 gjordes, var det självklart att internminnet skulle vara ett kärnminne. Det fanns två tänkbara kärntyper. Den ena typen var den ordinära ringformade ferritkärnan och den andra en fyrkantig kärna med två hål, som då var en nymodighet. Jag kommer i fortsättningen att kalla minnet med ringformade kärnor för koincidensminne och den andra typen för biaxminne. Det är de beteckningar som användes av oss på 1960-talet.

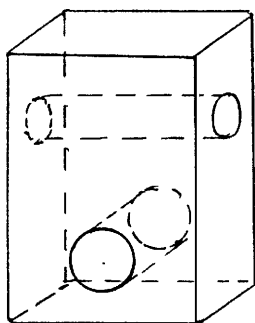
Båda typerna krävde omfattande elektronik för att driva strömmar genom kärnorna och själva kärnminnesstacken byggdes av ferritkärnor som skulle sys med alla nödvändiga trådar.

Den stora skillnaden mellan minnestyperna var deras egenskaper vid utläsning av informationen ur minnesstacken. I koincidensminnet nollställdes de kärnor som innehöll det utlästa ordet och informationen måste omedelbart återinskrivas i minnet, s. k. destruktiv utläsning. Biaxminnet däremot bibehöll

sin information vid utläsning och någon återinskrivning behövde ej göras, s. k. icke-destruktiv utläsning.

Försvarets materielverk (FMV) beställde i början av 1960-talet ett antal biaxprototyper av Honeywell. FMV såg de tekniska fördelarna med den icke-destruktiva utläsningen i den besvärliga miljö som CK37 skulle arbeta i. Programmen i biaxminnet kunde ligga ”fast” i den skrivskyddade delen av minnet, medan koincidensminnet med sin destruktiva utläsning kunde tänkas ackumulera tillfälliga störningar.

Det grundläggande elementet i biaxminnets kärnminnesstack var ferritkärnan av biaxtyp. Den hade två hål som var vinkelräta mot varandra (därför biax, två axlar). Informationen lagrades i kärnan genom att den kunde inta två remanenta magnetiseringsstillstånd representerande en binär etta eller nolla. Biaxkärnan såg ut så här:



Kärnan hade som synes ett större och ett mindre hål. Det större hålet användes för inskrivning av information och det mindre för utläsning av lagrad information. Utläsningen gjordes utan att magnetiseringsstillståndet ändrades. Ge-

nom det större hålet löpte trådarna för inskrivningsströmmen, genom det mindre hålet tråden för avfrågningsströmmen och en avkänningstråd för utläsning av information. Inskrivningsströmmen magnetiserade kärnan i den ena riktningen för en etta och åt andra hållet för en nolla.

Vid utläsning drevs en ström genom avfrågnings-tråden och den påverkade magnetiseringen runt det lilla hålet, så att en spänning inducerades i avkänningstråden. Den elektriska utsignalen var bipolär med en positiv läspuls för en etta och en negativ för en nolla. Magnetiseringen av kärnan återgick därefter till sitt ursprungliga läge och den inskrivna informationen förblev intakt.

Varje kärna lagrade en bit. Kärnorna byggdes alltså ihop till en minnesstack, som innehöll lika många kärnor som det var bitar i internminnet. För CK37 skulle internminnet vara minst 6 016 ord à 26 bitar, som motsvarade 156 312 kärnor. Genom varje kärna skulle löpa fyra trådar i ett bestämt mönster, vilket gjorde tillverkningsprocessen komplicerad.

Biaxkärnan gav som sagt möjlighet till icke störande utläsning av information. Tiden för utläsning var 2,8 och för inskrivning 14 mikrosekunder. Minnet organiserades så, att man adresserade kärnorna ordvis vid utläsning. Vid inskrivning användes koincidensprincipen, som innebär att alla kärnor utom de som ligger där två strömmar sammanfaller eller "koinciderar" förblir opåverkade.

Det tillverkades tre sorters biaxkärnor, s. k. 80, 50 och 30 mils-kärnor, där "mil" ska uttalas "mill" och tolkas som tusendels tum. 80-milskärnans dimensioner var 2,24x1,40x1,40 millimeter. Det var den kärnan som användes i våra stackar. Det fanns planer på att använda någon av de mindre och snabbare kärnorna, men så långt kom aldrig projektet.

Inskrivningen av information i biaxminnet fick göras med hjälp av en speciell markbunden utrustning, som kallades minnesladdare. Den innehöll den nödvändiga elektroniken för inskrivning av information i den variabla och den permanenta delen av minnet, bl. a. 103 st. lampindikatorer, 11 st. switchar och en remsläsare. Minnet anslöts till laddaren med 20 st. skarvdon. Förutom inläsning från remsläsaren till minnet kunde man mata in information manuellt ord för ord, göra kontroller av minnet etc. Minnesladdaren upplevdes som stor, klumpig och svårhanterad.

Vårt arbete med biaxminnet började 1963–64 med specifikation av gränssnittet, granskning av den elektriska och mekaniska designen samt så småningom samfunktionstester i normalmiljö med resten av CK37. Sedan började trassligheterna när minnet skulle genomgå miljötester under funktion, och ett speciellt problem vållade testerna vid extremtemperaturer och vid snabba temperaturväxlingar.

Testerna genomfördes i Honeywells laboratorier i Tampa, Florida. Jag tillbringade flera veckor år 1965 hos Honeywell som kontrollant av proven. Minnet gjorde flera utläsningsfel och jag fick åka hem utan att minnet kunde godkännas. Efter mig tog Valter Sundström och sedan Göran Ekelund vid och de tillbringade ännu längre tid än jag hos Honeywell, med lika nedslående resultat. Björn Hällberg arbetade också aktivt med Honeywell, liksom Sven Fornander. De fel som uppstod var av blandad karaktär, allt från deformerad utsignal och läsförstärkarproblem till pläteringsfel på mönsterkort och störkänslighet. Det var tydligt att Honeywell ej hade genomfört konstruktionsprov i tillräcklig omfatt-

*Reaktionen på Honeywell när de fick reda på att projektet med biaxminnet skulle läggas ned, kan Björn Hällberg livfullt berätta om. Han var tillsammans med FMV:s representanter på besök hos Honeywell, när det amerikanska företaget fick ett fax som förklarade att projektet skulle avbrytas. Den dagen var som vanligt detaljplanerad av Honeywell med lunch på restaurang, besök på någon intressant turistattraktion under eftermiddagen, där man kunde prata om hos vem man skulle inta drinken före middagen och var någonstans man skulle avnjuta middagen. Allt var väl genomtänkt med tider, vilka Honeywellvårdar som skulle fungera vid de olika aktiviteterna osv., när faxet damp ner. Plötsligt fick Honeywell "problem" med hela arrangementet. Det gick tyvärr inte att genomföra, så allt fick avblåsas på momangen. Björn fick därefter bekosta sina egna luncher och middagar på personalmatsalen, några sociala arrangemang förekom inte.*

ning innan leveransprov och miljötester började. Förseningar av leveranser av minnen till oss uppstod ideligen och var mycket irriterande.

Tidpunkten för flygprov i provflygplan närmade sig och för att få en dator att testa, fick man införa restriktioner i användningen av minnet. Funktionsproven av CK37 med biaxminnet i provriggar och provflygplan på Saab genomfördes inte heller utan att det förekom fel i minnet. FMV hade noterat problemen med biaxminnet. För att gardera sig så att inte flygutprovnigen påverkades, beställde FMV fortsatt utveckling av vårt eget koincidensminne under 1966.

Biaxminnet innehöll ca dubbelt så många komponenter som koincidensminnet och beräkningar visade att koincidensminnet var minst lika tillförlitligt som biaxminnet. Bl. a. innehöll ett biaxminne

på 7 670 ord om 26 bitar 10 279 st. dioder! Det stora antalet dioder förklaras av den adresseringsteknik som användes. Koincidensminnet fungerade däremot mycket väl i provriggar och provflygplan.

Arbetena med biaxminnet som internminne för CK37 lades ned under 1967. Antalet prototyper av biaxminnet blev 8 till en kostnad för FMV på ca 8 miljoner kronor. Därtill kom kostnaden för jobben på Saab.

Honeywell hade utlovat att biaxminnet i jämförelse med koincidensminnet skulle vara dubbelt så snabbt, hälften så dyrt och hälften så stort fysiskt sett. Utfallet visade att det blev precis tvärtom: hälften så snabbt, dubbelt så dyrt och dubbelt så stort som motsvarande koincidensminne. Några tekniska lärdomar hade vi inte fått av arbetena med biaxminnet. Det var nog tvärtom så, att vi hade givit Honeywell teknisk information i samband med våra granskningar av minnet, bl. a. om komponentval för den svåra miljön i flygplan.



*Rolf Bergström är född 1932 i Rommehed, Stora Tuna, Dalarna, där fadern drev rak- och frisersalong. Efter studentexamen i Borlänge och civilingenjörsexamen från KTH:s elektrotekniska linje arbetade Rolf i tre år på AGA:s militärelektroniska avdelning.*

*Han hade planer på att ägna sig åt TV, men värvades i stället 1960 till Saab av Bengt Jiewertz. Han deltog sedan i utvecklingen av CK37, till slut som sektionschef. När sparbanksprojektet drog igång 1969 blev Rolf industrins sammanhållande projektledare för utveckling av de nordiska sparbankernas datoriserade kassaterminaler med datorm D5/20.*

*Efter 1972 har arbetet bestått av projektledning och chefskap inom utvecklingsavdelningen fram till avtalspensionen 1993. Som pensionär ägnar sig Rolf bl. a. åt fritidshuset vid kusten, oljemålning, slöjd, gammeldans och naturpromenader.*

# Fallet med de mystiska haverierna

---

*Tord Jöran Hallberg*

**S**om den minnesgode läsaren säkert minns, så störtade ett antal nylevererade Viggen under mystiska omständigheter kring mitten eller början av 70-talet. Som väl var fungerade säkerhetsutrustningen, så att piloterna undkom med blotta förskräckelsen. Planen slets i bitar ungefär som av en explosion, varvid huvan automatiskt sköts bort och raketerna i katapultstolen utlöstes. Den medvetslöse piloten följde med och vaknade i åtminstone ett fall sittande i stolen med fallskärmen automatutlöst. Han spanade förtvivlat horisonten runt efter sitt nyss försvunna flygplan.

Ett attackflygplan, som utan förare dimper ned i backen, kan förstås åstadkomma en hel del skador, men även där hade man tur – resterna av flygplanen hittades i småbitar i oländig terräng, i något fall på Östersjöns botten.

Nu visade det sig att CK37 och dess minne hade flygkvalitet. Minnet hittades i några fall så gott som

oskadat, i andra fall med partiella skador. Den tidens kärnminnen var underlägsna dagens halvlederminnen i alla avseenden utom ett: de behöll sin information efter strömavbrott, ungefär som en bandspelare. Någon kom då på att innehållet i det störtade kärnminnet kunde innehålla uppgifter om vad som hänt de sista sekunderna före kraschen. CK37 samlar ju in luftdata, data från höjdradar m. m. och beräknar kontinuerligt flygplanets höjd, läge, attitydvinklar, fart osv.

Detektivuppdraget att göra en kärnminnesdump gick till Allan Stiernspetz, som då var ansvarig för servicen av CK37.

– Jag minns att jag fick börja med att plocka snäckor ur ett av minnena, berättar Allan. Det är ju så att kärnorna i ett kärnminne nollställs vid läsning, och om då återskrivningstrådarna är sönder, kan man bara läsa en enda gång. Det hela var alltså rätt spännande. Hur som helst lyckades vi faktiskt

Någon inom FMV kom på att man borde klistra reflekterande tape på höljet till minnet, så att det skulle bli lättare att hitta.

FMV:s specifikationsmaskineri gick igång och i sinom tid anlände en offertförfrågan till Saab. Här fanns det noggranna instruktioner om hur militära offertförfrågningar skulle behandlas, så hela kalkylapparaten drogs igång med otaliga avdelningar och underavdelningar, som alla skulle ha sitt. Dessutom visade det sig att FMV hade mycket snäva toleranser på tapen, varför man inom Saab ansåg sig tvingad ta fram dyrbara verktyg.

Då slutsamman hamnade på chefens bord, kunde resultatet förutses: "Menar ni på allvar att det skulle kosta miljoner att klistra tape på en burk?"

– Gör hur f-n ni vill, bara tapen kommer dit billigt, lär en frustrerad handläggare ha skriket i telefon.

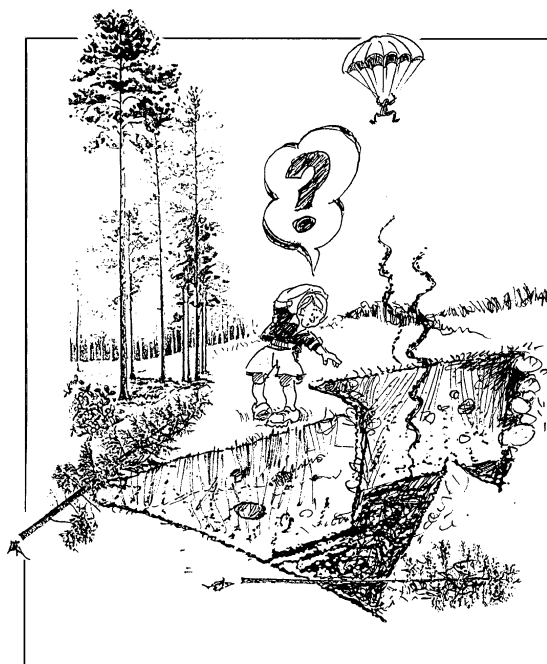
*Sensmoral: Man aldrig ska låta stora organisationer göra enkla saker.*

Viggo Wentzel

plocka ut data från de delar av minnet som inte kvaddats helt. Vi använde då en särskild utrustning med en "frisk" CK37, som jag byggde.

– Själva analysen gjorde vi tillsammans med folk från flygsidan och jag kommer ihåg att vi en gång fick höjden till minus 10 meter från ett plan som ramlat ner i havet. Så datorn måste ha fungerat en bit ner i vattnet.

– Jag tor att vi gjorde dumpar från fyra eller fem störtade plan. Sedan de väl upptäckt möjligheten att använda CK:n på det här sättet, skrev de ett särskilt loggprogram, som löpte hela tiden och jag tror till och med att man målade minnena, så att det skulle



Teckning: Yngve Wassberg

bli lättare för dykarna att hitta dom. Efteråt fick jag ett brev från haverikommissionens generaldirektör, där han tackade för hjälpen.

Så långt Allan Stiernspetz. Haverierna visade sig så småningom bero på att vingarna bröts av. Detta berodde i sin tur på att man borrar några spanthål på olämpligt ställe ur hållfasthetssynpunkt. Enligt uppgifter som på den tiden cirkulerade på flygsidan, flög piloterna också Viggen i så tvära svängar, att man överskred rekommenderade g-tal.

Det är väl möjligt att haverikommissionen hade löst mysteriet med de kraschade planen utan minnesdumparna från CK37, men att de hjälpte, får betraktas som säkert. Ännu säkrare är att Datasaab stärkte sitt renommé vad gällde förmågan att bygga stöttåliga datorer.

# Programvaran i CK37

---

*Dag Folkesson*

**F**rån 1960 arbetade Magnus Tideman, med stöd av Lars Olov Tiderman, Lars Gunnarson, Kerstin Berger m. fl., på förberedelser för specificering av datorn NSK och dess programmeringshjälpmedel. Programmeringshjälpmedlen var främst assemblspråket NAC (NSK Auto-Code) och dess översättare, D21-programmet Testaren för programtester på värddatorn samt manöverbord med binär registerindikering och högtalare.

I stället för enbart ordförkortningar (ADD, SUB etc.) som mnemoniska beteckningar på maskininstruktionerna, hade språket NAC liksom DAC för D21 även matematiska tecken. Villkorssatsen "Om R>Maximum så gå till Slutet" uttrycktes t. ex. som

```
C+, R; (C som i clear)
-, Maximum;
+GOTO, Slutet;
```

Så småningom inkluderades även optimerande makron för enbits logikval.

Bengt Sjöberg hade tidigt skrivit ett omfattande förslag med skisserade ekvationsunderlag och signalscheman. L O Tiderman gjorde sedan en principlösning av programmets uppläggning, bestående av en överordnad flödesplan, innehållande programblock samt val för exekvering av dessa.

Efter inledande programförsök i dator D2 mot en analogmaskin samt digitalsimuleringar i Sara, blev den första konkreta uppgiften för oss programvaran i NSK3B till hjälpflygplan 32 alfa (Lansen).

Successivt utvecklades s. k. programunderlag i flödesschemaform. Programvaran och underlagen indelades i delprogram med en lagom stor avgränsad funktion, bl. a. så att en person kunde ges hela ansvaret, inklusive kodning och prov. Delprogram för t. ex. testfunktioner kodades dock av en central programgrupp.

I NAC-språket deklarerades endast vad man nu kallar globala variabler. Dessa kunde bl. a. användas till att kommunicera resultaten från respektive

delprogram till användande delprogram som i en tänkt "databank".

Ett kritiskt moment var bl. a. när programunderlag för 32 alfa börjat tas fram med mängder av logiska bitvariabler i binära in-utkanaler, tänkta som t. ex. BI3B4 för binär inkanal nr 3, bit 4, men betecknade med intetsägande BI?B? då de ännu inte var utplacerade på respektive fysiska enheter. Då beslöts bl. a. att alla variabler inklusive in-ut skulle ha funktionella namn, oberoende av allokering till fysisk adress. Härigenom kunde sedan allokering ske senare eller ändras utan att underlaget påverkades.

En verksamhet "programsamordning" utvecklades och etablerades successivt. Den tog sig uttryck i

- definition av olika typer av variabler och data: systemvariabler för kommunikation mellan delprogram till skillnad från lokala variabler inom delprogram.
- regler för namnsättning av variabler, konstanter och program.
- verksamhet med samordning av systemvariabler, med in-utnoteringar på en grafisk procedurkedja (nära 3 m lång!).
- mallar för beskrivande/dokumenterande underlag: beskrivning, scheman/ekvationer, kommentarer, ändringsförteckning, systemvariabler, flödesschema samt arbetsinstruktioner.
- programarkiv med pärm för varje delprogram, innehållande referensexemplaret av utgivna underlagsdokument; beslutade ändringar infördes i respektive dokument.
- programsamordningsmöten som hölls periodiskt med instruktioner och lägesrapportering.

FMV anlät Honeywell för granskning av funktionsprinciper, programuppläggning och datorteknik. Granskningen ledde inte till några allvarliga anmärkningar; se dock kapitlet om biaxminnet.

Programfunktionerna tänktes exekverade periodiskt i en 10 Hz programcykel (103 millisekunder),

vilket med hänsyn till bl. a. pilotens reaktionstid om ca 0,3 sekunder ansågs lämpligt. Detta realiserades som en kedja av procedurer anropade från en "Dirigent", efter det att denna i en väntecykel inväntat ett antal avbrotts signaler från den fysiska klockan i datorn.

I procedurkedjans ändrar låg ett inprogram respektive utprogram för att avläsa binära och analoga inkanaler och sätta beräkningsresultat till dito utkanaler.

Vid prov med siktlinjerepresentationen visade sig 103-millisekunderscykeln ge synliga steg och eftersläpning. Ett avbrottsprogram fick därför uppdatera och utmata huvudcykelns horisont- och fartvektor-data till siktlinjesindikatorn, baserat på nya accelerationer och predikterade attitydvinklar.

Fixpunktsaritmetiken medförde att nästan alla data måste skalas. Genom systematisk standardiserad tvåpotensskalning, så att t ex hastighet = acceleration x tid gällde utan omskalningar, blev det inte så betungande. I princip måste dock alltid en numerisk analys göras beträffande spillrisk och signifikanta bitar.

Baserat på provkodning gjordes datorlastbudgetar (t. ex. 2 kord 1962 och 4 kord 1965 för programminnet), ledande till en minnesvolym om  $6k + 1k$  26-bits helord i program- och variabelminne i prototyperna NSK-3B. Magnus Tideman lanserade en exponentiell prediktionshypotes, där programvolymen med tiden antogs närma sig ett gränsvärde. L O Tideman tillämpade denna modell allt eftersom volymen växte. Lastbudgetarbetet för volym och tid uppgick sedan i programsamordningsverksamheten.

Programminnet och kapacitetsbudgeten var alltid en central fråga. Typiskt förekom diskussioner om möjligheten att klara sig med det mindre prototypminnet i något provflygplan. Försvarets Materielverk begärde en leveransmarginal om 1 000 ord. Det krävde att kodoptimeringar gjordes då och då

beträffande tid och volym. Svårast var tidsbelastningen, som var beroende av flygmod.

För prestandakontroll och fellokalisering inlästes och exekverades successivt små delprogram från testbilen, varför minne ej erfordrades i flygplanet för den totala programlagringen.

Underlagets programflödesplan och systemvariablistta specificerade delprogrammets funktion respektive gränssnitt. Programkodmanus skrevs för hand i assemblerkod, en instruktion per rad. Manuset skickades till dataregistreringen, där ett 20-tal damer stansade 5-kanals pappershållremsa på teletypmaskiner, som även gav källkodslista på papper. Nästa dag kom remsa och korrekturläst utskrift tillbaka till en speciell remslåda. Ny låda med remsor och körinstruktion för assembleringen skickades sedan till dataavdelningen, där en operatör utförde körningen på D21. Resultatet på hållremsa och papper kunde granskas dagen därpå, kodfel rättas med rödpenna i kodutskriften och remsan skickas för stansrättning. Körning av maskinkoden i Testaren på D21 följde en liknande procedur.

När alla delprogramkoder var klara, gjordes en assemblering av en komplett programedition till maskinkod på remsa. I provstationen laddades kalkylatorn NSK med maskinkodremsan via manöverbordets hållremsläsare. Det periodiska exekveringsförloppet kunde avlyssnas i manöverbordets högtalare. Rättelser inlästes som maskinkodändringar direkt i datorns minnesceller med hjälp av stansade rättelseremсор. Ändrings-”patcharna” numrerades och dokumenterades på gul blankett och fördes senare in i arkivets referensunderlag. Enkla rättelser kunde göras direkt vid felupptäkt i Sysim och provköras inom timmen.

Under programeditionens hela utprovning samlades en stapel av remsrullar, senare en lång skarvad ändringsremsa att levereras till flygprov. Först till en följande edition kunde dessa ärvda ändringar införas i källtexten. Denna andra våg av kodning-

provning kunde undvikas först till flygplan JAS39:s högnivåspråk.

Avioniksystemet och programvaran i kalkylatorn utvecklades stegvis i successiva s. k. programeditioner, en eller eventuellt två per år. Dessa var prototyper av programvaran med allt större funktionellt innehåll. Varje edition av programvaran provades

- med Testaren på värddator D21, där maskinkoden tolkades och exekverades med inskrivna variabelvärden. Detta var ofta en arbetsam process att arrangera.
- med statisk och dynamisk programkontroll i olika provstationer och riggar, där en kalkylator NSK3B eller NSK4/CK37 med manöverbord ingick.
- med praktiska prov i hjälpflygplan Lansen med NSK3B/NSK4 och senare olika provflygplan AJ37 med dator CK37. Manöverbord inkopplades på marken. Hit levererades editionens maskinkod och dess långa skarvade ändringsremsa.

Säkerheten i den resulterande minnesladdningen kontrollerades av checksumma, inkluderande alla ändringar. Tiotalet editioner fordrades före serieleverans, varav två-tre samtidiga i provflygplan, Sysim och dokument, och med varianter per olika provstationer-provflygplan.

Serieflygplan AJ37 laddas från en testbil med magnetband. På detta sätt kan försvarets alla flygplan 37 bokstavligen över en natt uppdateras till ny programedition. För flygplanversionerna SH havsövervakning respektive SF fotospaning och skolversionen SK37, vilka alla hade samma datorsystem som AJ37, utvecklades egna programversioner, som dock återanvände alla gemensamma delprogram. Begränsade avvikelser hanterades genom villkorlig editering-assemblering av gemensam källtext.



På senare tid har dessa flygplansversioner sammanlagits till en AJS37 med gemensam programversion, där flygplanets förmåga endast bestäms av aktuella utrustningar och hängda vapen.

Assemblerprogrammering, fixpunkträkning och annan tidstypisk programteknik gick och går fortfarande förvånansvärt bra, men spelade oss vissa spratt. Författaren erinrar sig ett antal episoder:

Delprogrammen utgjorde normalt "kedjeprocedurer" som anropades periodiskt i en kedja. Konstruktionen fungerade i allmänhet utmärkt. Vid ett tillfälle upplevdes dock att de komplementära fart- och höjdfiltren i fartvektorprogrammet plötsligt bar sig underligt åt efter att tidigare ha fungerat bra. Det blev översvängningar på alla ändringar! Detta visade sig bero på att den framförliggande procedurerna återhopp, som i assemblerprogrammet inskrivs manuellt, hade fallit bort, varför proceduren exekverades dubbelt.

De komplementära filtren är något mycket karakteristiskt för programfunktioner i våra svenska flygplan och en föregångare till de s. k. Kalmanfiltren.

När flygprov med optisk siktning med automatkanon påbörjades, rapporterades att flygpasset fick avbrytas för att CK37 hade larmat för fel på inutenheten, varvid bl. a. siktlinjrepresentationen släcktes. Det visade sig att det känsliga ut-in-programmet innehöll ett kodfel. Två instruktioner som skulle vara i viss ordning just för att vara ostörbara vid programavbrott hade kastats om, vilket normalt inte hade någon betydelse. Under det aktuella momentet i den aktuella programmeditationen hade dock tydligen exekveringsförloppet i tiden hamnat så, att ett av programavbrotten inträffat just mellan dessa två omkastade instruktioner, varvid in-uttestet underkänts och siktlinjesindikatorn släckts. Allt förstås enligt Murphys lag!

Vid ett annat tillfälle blev just den optiska siktesfunktionen märkbart sämre och när ett antal dyra flygpass förbrukats, upplevdes situationen som kritisk. Det befanns till sist, efter mödosam lusläsning

av ett antal maskinkodrättelser, att en programrättelse hade resulterat i en siktesterm med ett par tvåpotenser felaktig skalning.

CK37 hade under 70-, 80- och 90-talen i steg fått sin CPU-kapacitet och minneskapacitet flerfaldigad med dels 25 % högre klockfrekvens och 5 % kortare skrivtider, dels med en extra D80M/Intel 286 mikroprocessor och extra 128+32 kB halvledarminne med batteri. Kommunikationsförmågan med bl. a. flygplanhängda laster har utökats med en buss. Allt detta i en ny enhet på platsen för den gamla minnesenheten med kärnminnet.

Fortfarande ca 30 år efter konstruktionsåret används dock i flygplanet bl. a. CK37:s centralenhet och in-utenheter och med som nämnts 25 % högre klockfrekvens (markprovad med +50 %).

Programvaran i AJ/AJS underhålls och utvecklas fortfarande. Sammanfattningsvis har 60-talets centrala avionikdator under 25 år efter serieleverans varje år moderniserats beträffande sina avionikfunktioner och under åren även förstärkt sin minnesvolym ca 5 gånger och exekveringen 2 gånger.

AJ37 liksom senare JA37 assemblers och hjälpprogram visade sig få problem med portabiliteten på värddatorerna, allt eftersom dessa uttrangerades. NSK/CK37 NAC-assembler och Testare skrivna i Algol-Genius i D21 flyttades med visst besvär till D22 efter avslutat AJ37 typarbete. Dessförinnan kördes assembleringar en tid på D21 hos Kockums i Malmö. De flyttades senare från D22 med något större möda till en Univac-dator.

På 80-talet skrevs översättningarna på FMV:s beställning om i programspråket Ada av Carmenta för simulatorcentralens SEL/Gould-datorer. Testaren ersattes då av Carmentas debuggers DBG37/DBG107. Omkring 1990 flyttades allt detta till Sun arbetsstationer. Manöverborden PC-baserades. Pascal D80M/PUS80M för AJ37:s nya D80M användes f. n. en Micro-VAX på Sun-nätet.

Erfarenheterna från CK37 som den första avionikdatorn i Viggen var naturligtvis viktiga och grundläggande för den fortsatta flygplan- och avioniksystemutvecklingen i Sverige.

Tekniken med systemvariabler, stödda av systemvariabelhanterare och databas, får betraktas som effektiv långt in på 80-talet. Den kompletterades på 80-talet till en mer objektbaserad struktur med proceduranrop även mellan programenheterna.

Datorlastbudgetering för minnesbelastning och exekveringstider blev en utvecklad konst. Baserat på erfarenheter från CK37, specificerades datorn för JA37 och senare JAS39, bl. a. ett vidareutvecklat periodiskt in-utsystem.

De reglertekniska erfarenheterna inkluderar bl. a. behoven av extra exekveringsfrekvenser, 30 och även 60 Hz, utöver ursprungliga 10 Hz, vilket i JA37 och JAS39 ytterligare utvidgades.

### Källor

1. Bengt Sjöberg, Dag Folkesson: The Digital Computer System in the Swedish aircraft Saab 37 Viggen, AIAA Aerospace Computer Systems Conference, Los Angeles, California, Sept 8–10, 1969.
2. Dag Folkesson: Principer för realtidsexekvering i svenska militära avioniksystem, Svenska Nationella Föreningen för Realtids 2:a konferens i realtidssystem, 25–26 aug, 1993.
3. Saab Military Aircraft TUSC-0-94.31 Historik AJ37, Elektroniksystemet, 1995-02-28.



*Dag Folkesson är född 1936 i en lärarfamilj i en skola i Bollnäs, Hälsingland. Efter studenten i hemstaden följde studier vid KTH:s utbildningslinje för teknisk fysik. Där var han assistent i fysik och siffermaskinens användning under Germund Dahlqvist, hos vilken examensarbetet gjordes på Besk.*

*Under värnplikten på Flygstaben fick Dag tillfälle att utveckla program i alfakod på Facit EDB för spelutvärdering. Efter civilingenjörsexamen 1961 blev han anställd på Saab hos Lars Zachrisson och Bengt Sjöberg. Sedan följde arbete med avioniksystemfunktioner och program för CK37 med hjälp av D2, Sara och D21 för AJ37 Viggen.*

*På 70-talet ansvarade Dag för "datorfunktioner" i JA37 med den amerikanska datorn D107, på 80-talet för "programteknik" i JAS39. Som så kallad "realtidsexpert" försöker han numera åter inhämta "state of the art" vad gäller datorteknik, utvecklingsmetoder och miljöer för nya avioniksystem.*

*Dag är medlem av ett halvt dussin internationella föreningar, bl. a. IEEE TC on Engineering of Computer Based Systems, Alliance Francaise och Utrikespolitiska Föreningen. Därför har han föga tid för fritiden, som ska räcka till familj, villa, stuga i Västervik och Maxi 77 nr 135.*

*Han cyklar till arbetet för att hålla konditionen uppe och spelar även amatörtennis.*

# Simulering

---

*Lennart Ahlberg*

**D**å projekt 37 startade, var simuleringsteknik för utveckling av flygande system i och för sig välkänd på Saab, och i viss mån även inom övrig industri, som skulle komma att medverka i detta projekt. Före Viggen-projektet hade emellertid simuleringar enbart utnyttjats för delproblem, t. ex. för olika sikten och robotar. Dessutom var simuleringstekniken beryktad för mycket låg tillförlitlighet och betraktades allmänt som en "akademisk" verksamhet, som inte riktigt gick ihop med den "normala" tunga utvecklings- och utprovningens verksamheten.

Utvecklingen av system 37 skulle emellertid komma att radikalt ändra på dessa förhållanden.

## **Läget 1964**

Framtagningen av flygplan AJ37 planerades att ske i ett förhållandevis lugnt tempo. Utvecklingen av det relativt integrerade elektroniksystemet med sin centrala kalkylator (CK) och dess programvara, sikt-

linjesindikator m. m. ansågs, med all rätt, vara en kritisk uppgift. Därför planerades två (från början tre) s. k. samkörningsflygplan för tidig utveckling och utprovning av elektroniksystemet. Dessa bestod av ombyggda 32 Lansen utrustade med prototyper av det planerade 37-systemet. För markutprovning av elektroniksystemet och som stöd för utprovningen i dessa flygplan byggdes också traditionella s. k. riggar, en i anslutning till varje flygplan.

Under 1964 pågick arbetet med det första av dessa flygplan, kallat samkörningsflygplan alfa. Samtidigt arbetade vi då också med framtagningen av den första versionen (editionen) av programmet i den centrala kalkylatorn. Detta medförde givetvis många nya metodproblem. Utprovningen av CK-programmet under markprovförhållanden före flygutprovning skulle komma att visa sig innebära speciella problem.



*Tidig simulering av delfunktion i Viggen med hjälp av analogmaskin (till vänster), Sank/D2 (i mitten) och CK37-prototyp (till höger). Bilden är från 1964.*

För en grundläggande (statisk) provning av programvara, hade ett särskilt hjälpmedel, kallat "Testaren", tagits fram. Det byggde på den elementära principen att sätta värden på indata till (ett lämpligt avsnitt av) programmet, exekvera detta en gång och sedan kontrollera om programavsnittets utdata blev "rätt".

En annan viktig del av den planerade utprovningen var att köra elektroniksystemet inklusive ingående programvara i ovan nämnda riggar. I anslutning till samkörningsflygplan alfa tog man fram den s. k. alfa-riggen. Den provning som kunde göras i riggen var dock väsentligen statisk eller "kvasidynamisk". Man kunde sätta fasta värden på givarsignaler och sedan exekvera systemet på ett mer eller mindre typiskt sätt.

Men realiseringen av dynamiska systemfunktioner i CK skulle, åtminstone till allra största delen, ske genom kontinuerligt upprepade cykliska genomlopp av programmet med vissa fasta repetitionsfrekvenser eller samplingsfrekvenser. Vidare utgjordes väsentliga delar av programmet av filterfunktioner och andra bearbetningsfunktioner, som var anpassade till dynamiken hos de givarinsignaler, som skulle erhållas under flygning.

De programmerade funktionernas "verkliga egenskaper" kunde alltså egentligen inte utvärderas an-

nat än om programmet fick arbeta dynamiskt på avsett sätt och drivas med givarsignaler med samma dynamik och inbördes sammanhang som kunde förväntas under verklig flygning.

## Framväxt av konceptet systemsimulator

Statisk provning i "Testaren" och markprovning i samkörningsriggar var alltså egentligen inte tillräckliga hjälpmedel för utprovning av de programmerade funktionerna i CK. Flygprov med en tidig "alfa-edition" av programmet hade också gett besynnerliga resultat vad gällde funktionernas dynamik.

En ny typ av utprovningsanläggning visade sig således vara nödvändig för en meningsfull markutprovning av programvaran. Det var alltså utprovningens behovet för programvaran i CK som var drivande i denna fråga, men egentligen var det lika väsentligt att få fram en markprovstation, där elektroniksystemet i sin helhet kunde provas dynamiskt. Ett särskilt viktigt problemområde var samverkan med föraren, alltså presentations- och manövreringsfunktionerna, fokuserade kring den då nya siktlinjesindikatorn.

Den lösning vi till att börja med valde, var att bygga upp ett nytt "driftsfall" för den befintliga alfa-riggen. Detta driftsfall innebar att sensorutrustningar i riggen av typen luftdata, gyroplattform, anblåsningsgivare m. fl. ersattes av (förhållandevis) enkla matematiska modeller av utrustningarna i fråga, under det att central kalkylator (CK), elektroniskt presentationssystem (EP) med sin siktlinjesindikator samt övriga presentations- och manövreringsorgan m. m. var oförändrade, dvs. typiska. EP-systemets olika indikatorer samt övrig ingående kabinutrustning placerades i ett enkelt kabinarrangemang med förarplats.

Modellerna av utrustningarna programmerades (kopplades upp) i analogmaskin. Dessa modeller matades i sin tur med flygmekaniska insignaler från

en flygplandynamikmodell av förhållandevis god kvalitet, som också kopplades upp i analogimaskinen. På så sätt blev det möjligt att driva utrustningsmodellerna med en uppsättning tidsvariabla flygmekaniska storheter (acceleration, fart, höjd, vinkelhastigheter, attityd- och kursvinklar, m. m.), som var inbördes matematiskt kompatibla på i princip samma sätt som i det verkliga flygplanet. Utrustningsmodellerna omvandlade sedan dessa storheter till simulerade dynamiska givarsignaler, givetvis med den grad av noggrannhet som modellkonstruktionerna medgav. De simulerade givarsignalerna användes sedan som insignaler till framförallt CK.

Denna anläggning kom därefter fortsättningsvis att användas omväxlande i de båda driftsfallen ”vanlig rigg” respektive ”simulator”. Det visade sig successivt att den provning som kunde göras i driftsfall ”simulator” var långt mera givande än den traditionella riggverksamheten, även om denna i och för sig också var nödvändig. Vi kunde t. ex. på ett realistiskt sätt simulera SI-presentationens dynamik, så att den enligt förarnas uppfattning väl stämde överens med verklig flygning.

Den verksamhet, som bedrevs i simulatorkopplingen, fick den inte helt lyckade beteckningen ”dynamisk programkontroll”, förkortat DPK, i motsats till den statiska programkontroll som kunnat göras tidigare. Beteckningen DPK har sedan kommit att leva kvar i vårt utvecklingsarbete.

Alfa-riggen i driftsfall ”simulator” var det första och enkla exemplet på den typ av provningsanläggning som sedan kom att kallas systemsimulator (med akronymen Sysim). Systemsimulatorer med ökande omfattning och komplexitet togs sedan fram för

successivt samkörningsflygplan gamma, flygplan AJ37 och flygplan JA37.

Systemsimulatorn för JA37, alltså JA37 Sysim, representerade ett generationsskifte så tillvida att modellerna nu genomgående programmerades i digitala maskiner (datorer). Detta skapade vissa nya problem beträffande synkronisering och tidförsämning mellan simuleringsdatorerna och det verkliga elektroniksystemet, vilka vi emellertid lyckades lösa på ett bra sätt.

Simulatorerna för AJ37 och JA37 är fortfarande i drift, efter flera ombyggnader och kompletteringar.

### Källor

Ovanstående uppsats är en bantad version av L. Ahlberg: Systemsimulering, publicerad som avsnitt 12.3 i Saab Military Aircraft TUSC-0-94.31 Historik AJ37, Elektroniksystemet, 1995-02-28, där en utförlig referenslista finns.



*Lennart Ahlberg föddes 1933 i Stockholm, närmare bestämt på Kungsholmen, i vars traditionsfyllda läroverk han avlade studentexamen 1952. Efter militärtjänst blev det sedan KTH och några års anställning vid FOA. 1961 började han på Svenska Aeroplanaktiebolagets Stockholmkontor, där Systemavdelningen hade en filial.*

*Då Viggen-projektet började komma igång på allvar flyttade han, efter viss övertalning, ner till den stora fabriken i Linköping för att där ta hand om navigeringssystemet. Han har sedan, med vissa avbrott, bl. a. hos Boeing i USA, haft olika befattningar inom utveckling av elektroniksystem i AJ37-, JA37- och JAS39-programmen, både systemintegration och metodfrågor.*

*I JAS-projektet har Lennart lett ett studieprojekt kring nya metoder och verktyg i utvecklingsprocessen.*

*Hans fritidsintressen ligger främst inom konst och kultur samt renovering av hus och hem.*

# Blev Viggen-datorn tillförlitlig?

---

*Bengt Jiewertz*

**G**år det att tillverka en dator i flera hundra exemplar, var och en med tusentals små komponenter, för ett flygplan? Kan den bli tillförlitlig? Sådana frågor brottades konstruktörerna med i början av 1960-talet. Efter ca 25 års drift av datorn i flygplan AJ37 Viggen kan frågorna besvaras. CK37 blev t. o. m. bättre än vad konstruktörerna räknade med.

De tekniska förutsättningarna för att konstruera en tillförlitlig dator för ett stridsflygplans ”tuffa” miljö var i början på 1960-talet okända och måste undan för undan byggas upp med inhämtning av nya kunskaper och erfarenheter. Konstruktörerna insåg tidigt att tillförlitligheten framför allt gällde komponenternas katastroffel och tillverkningsstekniken med alla lödningar. Målet, som successivt kom att gälla för tillförlitligheten, var några hundra timmars drift i flygplansmiljön utan fel. Översatt till komponenter betydde detta att varje enskild komponent i genomsnitt skulle fungera felfritt under

flera tusen år. Utländska erfarenheter inhämtades om livslängd och frekvens av katastroffel. Viktigast är dock egna erfarenheter, varför ett internt provprogram startades för att få siffror på tillförlitligheten hos de använda komponenterna och lödningarna (ref. 1). Ett led i detta var erfarenheterna från användningen av de 15 prototyperna, som var i drift på mark och i flygplan fram till serietillverkningens start 1969.

Resultatet av dessa arbeten blev en prediktion 1968 (ref. 2) med siffror på alla ingående komponenters felintensitet. Denna anges i antal katastroffel per miljoner timmar med 60 % konfidens. Den översta tabellen på nästa sida visar de komponenttyper, som förekommer i störst antal i datorn.

De uppräknade komponenter svarade i beräkningarna för ca 25 % av datorns hela felfrekvens. Löd- och kontaktförbindelserna svarade för uppemot 50 % av de förväntade felen, medan resterande 25 % var fördelat på många olika typer av komponenter i

Komponenttyp	Fel per miljoner tim.	Antal
Integrerad krets	0,03	ca 2 700
Transistorer, låg effekt	0,04	1 400
Dioder, låg effekt	0,04	650
Motstånd, låg effekt	0,008	3 800
Kondensatorer	0,03	750
Lödningar och kontakter	0,01–0,001	51 000

mindre antal. Felbidraget från lödningar och kontakter var därför det störste enskilda bidraget till den förväntade felfrekvensen. Med olika applikationsfaktorer omräknades komponentfelen i ref. 1 och summerades för datorns fyra enheter till en MTBF-siffra (medeltid mellan fel). Ett tillägg på 15 % gjordes i prediktionen för att täcka in fel på grund av handhavande, yttre störningar m. m. Totalt predikterades då en MTBF på ca 250 timmar i flygmiljö. Detta ansågs vara godtagbart med hänsyn till andra samarbetande apparater i flygplanet och de funktionskedjor som datorn ingick i. Den klassades som "en ur flygsäkerhetssynpunkt ej vital apparat", d.v.s. planet kunde flyga hem med hjälp av reservfunktioner. Med en genomsnittlig driftsprofil per år med 1 500 timmars ekvivalent markdrift och 150 timmars flygning samt resten lagring kunde sedan antalet fel per dator och år räknas fram, se nedanstående tabell. Denna siffra användes också för att i ett första skede dimensionera det framtida underhållet på central verkstad.

Efter Datasabs garantitid har FFV Aerotech i Arboga som central verkstad fr.o.m. 1983 skött underhållet av datorerna. I deras materialfellistor (ref. 3), finns noterat anmärkning från mark- respektive flygdrift. Varje sådan anmärkning har för-

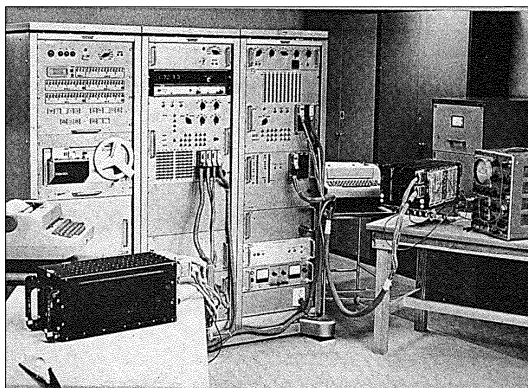
Beräknat antal fel per år	
Logikenheten CE	ca 0,5
Minnesenheten ME	0,5
In/ut-enheten IU	0,4
Kraftenheten KE	0,2

**Totalt hela datorn 1,6 fel per år**



**Kontroll av att lödningarna är bra sker under förstoring.**

anlett en åtgärd på någon av datorns fyra enheter. I listorna finns noterat datum, ackumulerad drifttid, nummer på felande enhet samt nummer på den enhet som ersatte den felaktiga. Vidtagna åtgärder anges som modifiering, test utan anmärkning, om-laddning (gäller minnesenheten), ingen åtgärd, lagring i förråd på grund av t. ex. kassation samt komponentbyte. Hos FFV utföres åtgärderna med efterkontroll av de fyra CK-enheterna i teststationer med testprogram för funktionskontroll, prestandamätning eller felsökning. Testerna utföres automatiskt, varvid uppemot 100 % av alla datorfunktioner berörs. Miljökammare används vid sökning efter intermittenta och temperaturberoende fel.



**Testutrustning på central verkstad med inkopplade CK37 enheter.**

Under perioden 1983 t.o.m. 1992, dvs. under en tioårsperiod, har FMV:s statistik analyserats beträffande olika åtgärder. Antalet komponentbyten har summerats och anges nedan för de fyra enheterna. Noterade åtgärder berör endast det ursprungliga utförandet. Olika typer av modifieringar, liksom prestandaökande ändringar, som utfördes 1979 och 1985, har exkluderats.

#### Antal komponentbyten

Logikenhet CE	120
Minnesenhet ME	100
In/ut-enhet IU	65
Kraftenhet KE	215

Summa komponentbyten 500 st. under 10 år

Dessa ca 500 åtgärder, relativt jämnt utspridda under åren, har gjorts på i genomsnitt 180 datorer, som varit i markdrift eller i flygplan. Driftsprofilen, uttryckt i ekvivalent markdrift, har varit ungefär samma som användes tidigare vid prediktionen. Det verkliga felutfallet t.o.m. 1992 på grund av komponentfel under operativ drift kan nu jämföras med det tidigare beräknade.

	Verkligt antal fel/år	Beräknat antal fel/år
Logikenhet CE	0,06	0,5
Minnesenhet ME	0,05	0,5
In/ut-enhet IU	0,04	0,4
Kraftenhet KE	0,12	0,2
Hela datorn	0,27	1,6

Med hänsyn till *katastroffelen* hos komponenterna är således hela datorn ca 5 gånger tillförlitligare än vad beräkningarna angav för ca 25 år sedan. De tre enheterna CE, ME och IU, som har störst antal enskilda komponenter och lödförbindelser, visar sig vara ca 10 gånger bättre. Kraftenheten har haft mest fel på grund av problem med bl. a. en transistor, som var underdimensionerad, vilket delvis har rättas till med ändringar. Datorn har således, med hänsyn till katastroffelen hos komponenterna, varit be-

tydligt driftsäkrare än vad beräkningarna angav. Ovanstående resultat styrks också av att några datorer, som använts i simulatorer (utpräglat markdrift), gått felritt under 3–5 år vid ca 1 000 drifttimmar per år.

Ur listorna har också summerats åtgärden ”test utan anmärkning”, som är sammanlagt 575 st. under 10-årsperioden. Denna typ av felanmälan på en enhet, som efter test visar sig vara ok, fördelar sig ungefär lika på de fyra enheterna och visar inga anmärkningsvärda toppar under åren. Åtgärden, ca 0,3 fel per dator och år, är således av samma storleksordning som åtgärden komponentbyte. Samma höga siffra på ”test utan anmärkning” noteras i Saabs statistik över datorfel i flygplan. Ett typiskt stickprov under 1993 med totalt 80 datorfel under en period på fyra månader anger att 42 st. var ”test utan anmärkning”. Denna typ av felfunktion är således betydligt högre än det ovan vid prediktionen ansatta värdet på 15 %.

Elmiljökraven vid konstruerandet av datorn CK37 på 1960-talet var ej lika omfattande, som de blev senare, t.ex. för datorn CD107 till jaktversionen av Viggen. Kraven för CK37 bestod väsentligen av specificerade nätstörningar till och från kraftenheten samt begränsade stig- och falltider hos in- och utsignalerna. På in-utenhetens skarvdon var också störnivåerna maximerad. Verkan av elektromagnetisk strålning vid höga frekvenser kom ej att beaktas vid denna tidpunkt. En möjlig förklaring är då att sådana störningar i flygplanet, via skarvdonen i IU och KE, påverkar minnesinnehållet så att program spårar ur och datorfel uppträder. Även kontaktproblem (på grund av slitage) kan ge upphov till en störning, som påverkar minnesinnehållet via störande signaler mellan enheterna. Vid omladdning av minnet startar och går datorn därför korrekt igen, varför inget permanent fel noteras och åtgärden rubriceras som ”test utan anmärkning”.

För att få en jämförelse med den predikterade basfelintensiteten har åtgärden komponentbyte sum-



merats mer i detalj enligt listorna under femårsperioden 1988 t. o. m. 1992. För de största mängderna av komponenter har noterats det antal komponentbyten, som angivits som felorsak i listorna. Dessa felbyten har, med angiven driftsprofil och i genomsnitt 175 datorer under perioden, omräknats till erhållen felintensitet för jämförelse med prediktionen ca 25 år tidigare.

Den erhållna felintensiteten för dessa komponenter är, som synes, i de flesta fall betydligt lägre. För de integrerade kretsarna är utfallet ungefär som beräknat. Den integrerade kretsen med ca 25 transistorfunktioner får enligt ovan samma felintensitet som en enskild transistor.

### Felintensitet, antal fel per miljoner timmar

	Erhållen 1992	Antagen 1968
Integrerad krets	0,02	0,03
Transistor	0,02	0,04
Diod	0,01	0,04
Motstånd	0,002	0,008
Kondensator	0,005	0,03
Lödningar och kontakter	0,0002	0,01–0,001

## Slutsatser

Ett osäkerhetsmoment i summeringen från FMV:s listor är att i ca 25 % av "åtgärden komponentbyte" har flera komponenter bytts samtidigt för att erhålla funktion igen. Det verkliga felet kan i så fall ha varit en annan komponent eller ett lödfel än det som noterats i listan. I en del fall har också noterats "chansbyte". Ej heller finns att tillgå en analys av utbytt komponent för att fastställa verklig felorsak. De enheter som haft minst antal modifieringar är logikenheten och in-utenheten med sammanlagt bara

5 st. Dessa enheter är därför mest representativa för det ursprungliga utförandet. Summeringen av komponentbyten för dessa enheter, inklusive de ovan angivna osäkerhetsmomenten, indikerar en uppnådd tillförlitlighet hos enheterna, som är mellan 5 och 10 gånger bättre än beräkningarna. De erhållna värdena på felintensitet tyder på att de i prediktionen använda siffrorna var konservativa. Dessutom har lödförbindelserna visat sig vara avsevärt bättre än vad som antogs vid beräkningarna.

Pionjärarbetena under 1960-talet med att konstruera och prova ut en dator för ett flygplan var framgångsrika, främst genom att datorn blev betydligt tillförlitligare än vad som beräknades. En del av enheterna kommer därför, i stort sett oförändrade, att kunna vara i drift in på 2000-talet. Det är flera faktorer som bidragit till detta, bl.a. kan nämnas

- införandet av integrerade kretsar,
- en kompakt konstruktion med minimum av lödförbindelser,
- ett kritiskt urval av komponenttyp och fabrikat baserat på egna mätningar och prov,
- omfattande kontroll av lödförbindelserna,
- samt inte minst en kunnig och ambitiös personal.

## REFERENSER

1. The reliability program of the Airborne Computer CK37. B Jiewertz, Annual Reliability and Maintenance Symposium, Januari 1972, San Fransisco.
2. R Mellbring: Förutberäknad funktionssannolikhet för kalkylator CK37, Saab-rapport Z-37-8 B3, utg. 5, 8.5.1968.
3. FMV-F-DIDAS materialfellost på CK37:s fyra enheter. FFV Aerotech, Arboga, daterade 1993-06-18 och 1993-10-08.

# Jakt-Viggens datorer

---

*Bertil Knutsson, Bengt Jiewertz, Viggo Wentzel*

Flygförvaltningen kartlade i slutet av 1960-talet kraven på nästa version av flygplan Viggen i jakt-attackutförande, JA37. Det framstod då som både tekniskt nödvändigt och ekonomiskt lönande med stora modifieringar av elektroniken. Även CK37 måste ersättas med en kraftfullare dator för samarbete med andra delar av systemet, som också måste förnyas och datoriseras.

## **D6/37**

Med ledning av en kravspecifikation från Flygförvaltningen genomförde Datasaab-divisionen ett specifikations- och prototyparbete på en centraldator för JA37. Arbetena gjordes under åren 1971–1974 och produkten offererades till Flygförvaltningen i konkurrens med företag i USA.

Datorn, D6/37, var tekniskt mycket avancerad och byggde på erfarenheter både från CK37 och den civila minidatorn D5/30. Den kunde tillgodo-

göra sig mer än tio års teknisk utveckling i förhållande till CK37. Minnet var ett kärnminne på 128 kbyte, halvledarminnena var ännu i sin linda. Räknehastigheten var ca 700 000 instruktioner per sekund, mer än tre gånger snabbare än CK37. Ett av kraven var användning av dual-in-line-kapslar. Som alternativ valdes i stället komponenter av typ tjockfilmshybrider, som Datasaab hade skaffat sig kompetens på. Dessa består av komponenter, vanligen okapslade, och ledningar i guld, som bäddas in i glas och keramik. Kretskorten bestod av två komponentbärare med ett mellanrum för kylluft. Komponenterna, en del med värmesänkor, satt på utsidan av komponentbärarna, som bestod av upp till sex stycken flerskiktis tjockfilmskort. Datorn kylades indirekt med kylluft i apparatstommen och mellan kretskorten, vilket eliminerade kondens på komponenterna.



**D6/37 hade en mycket servicevänlig uppbyggnad.**

För markprov kunde komponentbärarna tas ut ur sina apparathöljen och förses med ledande skarvdonsenheter, så att varje komponent blev tillgänglig för test eller byte. Vikten på de två underenheterna, centralenheten resp. kraftenheten, var tillsammans 31,4 kg med en volym av 39 liter. Dessutom fanns en in-utenhet på 9,6 kg för anpassning av in- och utgående signaler till samarbetande apparater. Medeltiden mellan fel var ca 1 100 timmar under flygning, vilket väl uppfyllde kraven. Medeltiden för reparation med automattest av hel enhet ner till enskild komponent var ca 15 minuter.

Prototypen D6/37 tillbringade den mesta av sin driftsatta tid i olika verifikationsprov och visade att konstruktionen väl uppfyllde kraven. Den stängdes av en dag, ännu fullt fungerande, efter det att norra Europas kraftigaste skak- och vibrationsanläggning hade bränt sina förstärkare i försöken att ta kål på datorn. Trots detta fick Datasaab ej affären med ny dator till JA37 Viggen. I offerttävlingar ger det vanligtvis inga pengar att komma som en god tvåa. Dock, utan den visade kompetensen, är det ej helt säkert att Datasaab fått licenstillverkningen av den utländska dator, som FMV-F, Försvarets materielverk, valde.

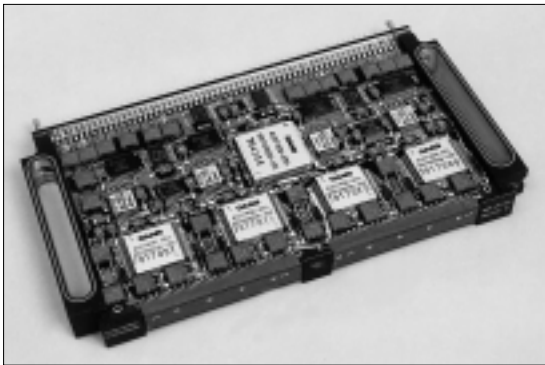
## CD107

Segraren i offerttävlingen blev USA-firman Singer-Kearfott, som offererade CD107, en dator utvecklad för det senare nerlagda flygplanet B1. Datasaab-divisionen fick nu förtroendet att, inom ett medleverantörskontrakt med FMV, licenstillverka CD107 i ett från prototyperna modifierat utförande. Som projektledare på Datasaab utsågs Bengt Jiewertz. Motparten på FMV:s Flygelektrobyrå var Per Nilsson. För att tillgodose Saab-Scantias intressen medverkade också Arne Axelsson och Bengt Kristiansson i projektgruppen.

Detta blev den andra datorn till flygplanet Viggen, som kom att tillverkas på Datasabbs produktionsenhet Prodata med leveranser direkt till representanter för FMV i Linköping. I licensarbetena ingick också att göra nödvändiga ändringar och anpassningar för tillverkningen och för att öka tillförlitligheten. Beställningen erhöles 1976, flygning med första seriexemplaret skedde 1979 och tillverkningen av ca 100 st. datorer, som leddes av Leif Karlsson på Prodata, pågick till och med 1985. Därefter utfördes avtalad garantiservice fram till 1988, då Ericsson Radar Electronics AB i Göteborg övertog detta ansvar.

1978 bildades Datasaab AB genom att Datasaab-divisionens Linköpingsdel avskildes från Saab-Scania och slogs samman med Stansaab i Stockholm. Det nya företags avtal med FMV och Saab-Scania om tillverkningen av Dator 107 blev en svårlöst fråga för Saab-Scantias och statens förhandlare. Det gällde både att en del av tillverkningen (chassie och kraftkort) var förlagd till underleverantören Saab-Jönköping och att avtalet som helhet bedömdes ge en förlust. Lösningen blev att det nya företaget övertog avtalet, med FMV:s goda minne, samt fortsatte typunderhållet på CK37 mot att Saab-Scania kompenserade Datasaab för den förmodade förlusten. Datasabbs nya ledning i Stockholm (med undantag av Harald Schröder) hyste endast marginellt intresse för flygburna datorer. Verksamheten tole-

rerades dock, dels för att FMV var en viktig kund, dels för att tillverkningen förlöpte utan större störningar. Organisatoriskt placerades produktområdet



**Dator 107:s minne (kärnminne) var på 128 kbyte och räknehastigheten ca 500 000 instruktioner per sekund. Den hade flytaritmetik och en ordlängd av 16 resp. 32 bitar. Effektbehovet var 585 watt och vikten ca 26 kg. All elektronik var uppbyggd på 41 st. kortenheter, som var pluggade till ett moderkort. Detta hade förbindningar mellan korten och till utgående skarvdon. Antalet analoga insignaler var 40. Digitala in- och utsignaler omfattade ca 700 bitar. Till skillnad från CK37 ingick ej all anpassning av analoga signaler i datorn, utan placerades utanför datorn i en extra enhet.**

**Bilden visar ett av kretskorten, "Sense and digit", för minnet i Dator 107. På kortet är monterade några av de hybridkomponenter, som Saab-Scania tillverkade.**

flygburna datorer under stabsenheten Teknik med Viggo Wentzel som chef.

Den tekniska utveckling, som skett sedan CK 37 konstruerades, medförde att CD107 hade högre prestanda, ett ca tre gånger större minne samt var fysiskt mindre och byggd i en enda enhet. I jaktversionen av Viggen var också räknebehovet större med 47 delprogram och ca 1 500 systemvariabler mot 30 resp. 700 i den tidigare attackversionen. Då licensgivarens konstruktion var av prototypkaraktär, blev anpassningen till serieproduktion samt förbättringar av tillförlitligheten mycket omfattande, vilket resulterade i stora tilläggsbeställningar från FMV.

Arbetena gjordes på ett mycket kompetent sätt av Datasabaas personal, som i realiteten, men ej avtalsmässigt, agerade som konstruktionsansvariga i kontakterna med licensgivaren. I anpassningen ingick också att säkra inköp av komponenter från olika leverantörer, de flesta i USA. Detta omfattade överenskommelse om specifikationer, leveranstemeriner samt inspektioner hos en del tillverkare. De tekniska kontakterna med alla leverantörerna sköttes med den äran av Kjell "Komponent-Jocke" Johansson. Några mycket vitala kretsar för minnet kom dock att bli levererade från Saab-Scantias avdelning för tillverkning av hybridkretsar, dvs. okapslade transistorer monterade på ett tjockfilmssubstrat. FMV såg också till att Datasabaas personal fick ordentligt stöd av licensgivaren under anpassningsarbetena. Detta stöd i Sverige samt ett flertal längre och kortare vistelser hos licensgivaren överförde många nyttiga kunskaper, även av värde för andra verksamheter inom Datasabaab.



**Flygföraren Gösta Sjöström flög i augusti 1979 en Viggen JA37 med en av de första Dator 107, som Datasabaab tillverkat. Med på bilden är Bengt Jiewertz, Datasabaab och Bengt Kristiansson, Saab.**

I det ursprungliga avtalet ingick också att Saab-Scania, från 1978 Datasaab, formellt skulle övertaga det totala ansvaret för konstruktionen vid ett väl specificerat skede. Villkoren hängde bl. a. samman med konstruktionens mognad och datorns tillförlitlighet. Detta skede uppnåddes emellertid ej, då flera av villkoren för övertagandet ej blev uppfyllda. FMV fick därför själva agera som konstruktionsansvarig i fortsättningen. Mot slutet av tillverkningen uppstod en tvist om ansvaret för ett nätfilter, som ej fyllde fordringarna. Datasaab påtog sig ej ansvaret, men fick ändå bidra till FMV:s kostnader att taga fram ersättning.

För den lilla gruppen, som arbetade med flygburna datorer, blev det en utmaning att se till att den dystra spådomen om en totalförlust på Dator 107 ej skulle inträffa. En speciell bevakning av ekonomin med kostnader och intäkter organiserades därför. Glädjen var stor då den sista datorn levererats och det visade sig att den förväntade förlusten vänts i en

vinst. Projektets totalomsättning hamnade mot slutet på ca 160 miljoner kronor. Ett snabbt stigande och ett tämligen gynnsamt index under tillverkningstiden medförde att styckpriset för de sista datorerna var uppe i ca en miljon kronor.

Liksom för CK37 i flygplan AJ37 uppstod underhand, bl. a. genom att nya vapen tillkom, ett ökat behov av större minneskapacitet i datorn. Därför infördes i CD107 i slutet av 1980-talet ett halvledarminne av EEPROM-typ, som ökade minnesstorleken till 240 kilobyte, dvs. nästan en fördubbling.

### Referenser

1. D6/37: ZDC-D6-71:003, :011, :621, :623.
2. Dator 107: Apparatbeskrivning, Datasaab F 6400-054697, 1980.

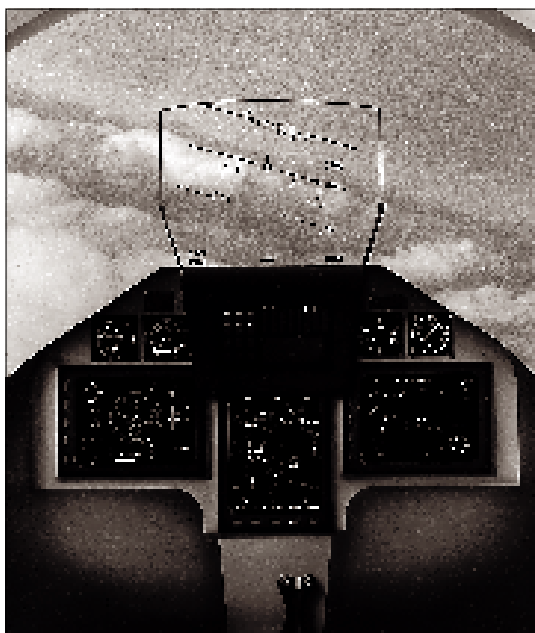
# En värdig avslutning

---

*Viggo Wentzel*

**D**atasaabs centrala roll för datorerna i Viggens är väl bekant. Mindre känt är att Data-saab också har en liten men kvalificerad del i datorerna för Viggens efterträdare JAS39 Gripen. I Linköping fanns en utvecklingsgrupp för flygburna datorer och under åren 1978–83 genomförde den utredningar och utvecklingsarbete på uppdrag av FMV till ett sammanlagt värde av 25 Mkr. Genom ett koncernbeslut 1983 inom Ericsson, som Data-saab då tillhörde, överfördes all sådan verksamhet till andra delar av koncernen. Epoken Data-saabs flygburna datorer var slut efter mer än 20 års växlingsrik verksamhet i försvarets tjänst.

Omkring 1976 var det en helt öppen fråga om det skulle bli något nytt svenskt stridsflygplan. Såväl inom FMV som inom försvarsindustrin var man emellertid mycket medveten om att användning av datorer skulle spela en avgörande roll för ett nytt flygplans prestanda och mångsidighet. Skulle man kunna genomföra en långt driven enhetlighet i valet



*I JAS39 Gripen finns ett trettiotal datorer. Siktlinjesindikatorn, som denna bild visar, har nått en nästan science-fiction-mässig nivå.*

av datorer och programutvecklingssystem, skulle mycket pengar kunna sparas och en anpassning av flygplanet till olika typer av uppdrag underlättas. Det ansågs därför befogat att tidigt genomföra utredningar och visst utvecklingsarbete rörande flygplandatorerna, ett arbete som bedrevs utan närgångnet intresse från politiker och massmedia. Det var först i samband med JAS-haverierna långt senare som massmedia blev medvetna om datorers och programversioners roll.

Det tog emellertid sin tid innan inblandade parter kunde enas om en arbetsfördelning och ett hållbart systemkoncept. FMV i samarbete med bl. a. L M Ericsson och Saab-Scantias flygdivision bekostade ett datorprojekt, FMD80 (senare 7503), hos ett litet företag, Hylab, som gjort sig känt för sina djärva och avancerade datorkonstruktioner. Hylab-datorn utvärderades vid flygdivisionen, men underkändes i ett brev till FMV i april 1978. Under 1977 beställde Saab-Scantias flygdivision en alternativ datorlösning, kallad MD7, av Datasaab-divisionen. En prototyp färdigställdes i april 1978 och var tänkt som centraldator i flygplan B3LA. Denna offererades också till FMV under benämningen CD111, men nästan samtidigt avsändes en alternativ offert baserad på SDS80 (se nedan).

Man kan tycka att det vid denna tid skulle finnas gott om utländska datoralternativ tillgängliga, och egentligen var det anmärkningsvärt att FMV så klart gick in för en svensk utveckling. Men med Ingemar Carlsson som drivande kraft, förordade FMV en fortsatt svensk datorutveckling, dock med bred industriell förankring som villkor. Sålunda bildades Datorkonsortiet DK80 av L M Ericsson i Mölndal, SRA i Kista och Datasaab i Linköping, som nu var en del av det halvstatliga Datasaab AB. Att det blev just dessa tre företag var ingen tillfällighet. Alla tre var beroende av en fullgod datorlösning för sina respektive förväntade ansvarsområden i flyplansprojektet: L M Ericsson för radarn, SRA för presentationsorganen och Datasaab för centraldatorn.

Från och med mitten av 1978 fram till dess flygdatorverksamheten vid Datasaab i Linköping upphörde vid utgången av 1983, kanaliserades alla FMV:s beställningar av datorutveckling för stridsflygplan till detta konsortium, som i sig inte var en juridisk person, utan fungerade som ett samarbetsorgan. Arbetet inom konsortiet förlöpte anmärkningsvärt väl och utan några inre slitningar, och överlag uppfattades samarbetet som inspirerande av engagerad personal. Samarbete etablerades också med flygdivisionen på Saab-Scania som systemansvarig för datorfunktionerna i JAS, men som också tillhandahöll DEC-datorer som värddatorer i programutvecklingssystemet samt viss elektronikproduktion.

Ganska snart efter starten formulerades en målsättning: Arbetet syftade till att utveckla ett modulariserat enhetsdatorsystem, Standard Datorsystem 80 (SDS80), som i olika konfigurationer skulle ingå i flygplanets apparater och system (centraldator, radar, presentation). Arbetsfördelningen inom konsortiet blev den, att L M Ericsson tog sig an en eller flera CPU-moduler, SRA olika typer av minnen, såsom kommunikationsminne och massminne, samt Datasaab programutvecklingssystemet PUS80, ett kretskort för in-utsignalkommunikation anpassat till standardbuss 1553, samt den markbundna manöverkonsolen.

För DatasaaBs del, med Bengt Svärd som projektledare, innebar arbetsfördelningen att man för PUS80 tog till vara den utomordentliga kompetens som byggts upp i Linköping för civila datatillämpningar, främst inom produktområdet Affärssystem. Sålunda ingick i PUS80 program för värddatoranslutning, sortering, kompilering, länkning och debugger. Via markkonsolen skedde värddatoranslutning, drift och kontroll av anslutna SDS80 samt funktionsövervakning.

Som värddator valde konsortiet DEC PDP11/70, men övergick 1979 till VAX 11/780. Det gemensamma programspråket blev Pascal och företaget SPL blev underleverantör av Pascalkompilatorn.

Språkvalet var inte okontroversiellt, och en stark falang inom FMV förordade ADA, som dock konsortiet ej ansåg vara tillräckligt specificerat vid denna tid.

Om sålunda målsättning och arbetsfördelning var tämligen klara och oföränderliga under den aktuella tidsperioden 1978–83, så påverkades givetvis själva utvecklingsarbetet och FMV:s beställningsförfarande av svängningarna i flygplansfrågan. Sålunda var arbetet till att börja med inriktat mot flygplan B3LA, men svängde från 1979/80 över mot JAS. Ett tag prövades t. o. m. ansatsen att modernisera befintliga flygplan (105, AJ37, 35) genom att förse dem med moderna datorer, och användning av SDS80 i Stril övervägdes också. FMV:s beställningar lades ut för mycket korta tidsperioder i taget och ofta med en klausul om rätt till omedelbar

nedläggning. Personalen, som gjorde det faktiska utvecklingsarbetet, kunde dock arbeta relativt ostört, och de uppvisade resultaten måste ha gjort ett gott intryck på beställaren FMV.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att gruppen flygburna datorer i Linköping skilde sig med heder från sitt sista uppdrag och verksamt bidrog till att svensk industri kunde fortsätta att utveckla avancerad datorutrustning för Sveriges flygvapen.

Idag flyger JAS 39 Gripen med SDS80E, alltså det ursprungliga konceptet, men moderniserat och med användning som systemdator, i radar och i presentations- och motmedelsenheter. Programspråket är fortfarande Pascal. Dessa datortillämpningar är helt okända för den stora allmänheten, medan däremot styrsystemet med en helt annan dator står i centrum för det massmediala intresset.



# Våra sponsorer

---

*Redaktionen och Datasaaabs Vänner  
tackar hjärtligt för stödet, utan vilket detta bokprojekt  
knappast hade kunnat genomföras.*

**Andrén-Verken AB**, Smålandsstenar.

**Candor Sweden AB**, Norrköping.

**Dynamokonsult AB**, Stockholm.

**Exodata AB**, Solna.

**Hallins Verkstäder AB**, Ödeshög.

**Hedbergs Mekaniska AB**, Habo.

**K-A Wiking AB**, Skänninge.

**Kraftdata AB**, Stockholm.

**Lagercrantz Communication AB**, Sollentuna.

**Linköpings Tekniska Högskola**, Linköping.

**Lovsjö Bruk AB**, Jönköping.

**Luxor AB**, Motala.

**Motorola Semiconductor AB**, Solna.

**Owell Svenska AB**, Växjö.

**Saab AB**, Linköping.

**SMHI, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska  
Institut**, Norrköping.

**Svenska Arkivator AB**, Falköping.

**Termoregulator AB**, Motala.

**Unisys AB**, Stockholm.

**Westman-Wernerska Fonden**, Linköping.

**Östgöta-Correspondenten AB**, Linköping.



Annons

Saab

film

*Med Tema D21 och Tema Flyg har vi täckt det civila Datasaaabs historia fram till mitten av 1960-talet och det militära Datasaaabs historia i sin helhet.*

*Nästa bok i serien kommer troligen att heta Tema Bank. I den ska vi berätta om hur de första bankterminalerna med minidatorn D5/20 kom till, om Saabs samarbete med Facit och om hur allt detta fick Datasaab att helt ändra profil och lämna "den tunga linjen".*

*Vad vi gör sedan är ovisst, men ännu återstår många russin i kakan. I förlängningen av D21 har vi till exempel den tunga linjens uppgång och fall med D22, D220 och "mjukdatorn" D23, planer på tillverkning av skivminnen och bläckstråleskrivare, Bryantminnet alias "sommarsstugan" och den datorstyrda färgbildsapparaten Medela, en föregångare till multimedia.*

*Vidare har vi försöken med D5/30 i varuhus och andra tillämpningar, den mycket omfattande kursverksamheten...*

*Teman finns det gott om, och om makterna och hälsan står oss bi, är det sista ordet långt ifrån sagt.*



Denna bok kan beställas från Datasaaabs Vänner, postgiro nr 482 89 17-7.  
Upplysningar om priser m. m. lämnas av Bengt Jiewertz, Tjädergatan 78,  
582 37 Linköping, tel. 013-14 94 05.