

Historik

2

Inledning

Principerna för telekrigsföring är betydligt äldre än vad man kan tro. I naturen finns ett antal olika djurarter som använder sig av akustiska eller hydroakustiska metoder för att hitta sitt byte. Dessa metoder har påfallande likhet med moderna radar- och hydrofonsystem. Bytesdjuren har å sin sida utvecklat olika former av såväl ”tekniska som taktiska” motåtgärder.

Fladdermusens radar arbetar på ca 20 kHz – 200 kHz och nyttjar utbredningen av ljudvågor. Eftersom dess radar arbetar med ljudvågor är det egentligen felaktigt att benämna den radar, utan borde benämnas sonar. Fladdermusens sonar är att betraktas som en multimodradar, där den kan använda olika moder beroende på om den t ex spanar efter byten eller endast vill undvika att krocka med något hinder.

Vid spanings- och navigeringsmod används variabel pulsrepetitionsfrekvens (PRF), varvid hög PRF används i trånga utrymmen. Avståndsupplösning 16–33 cm.

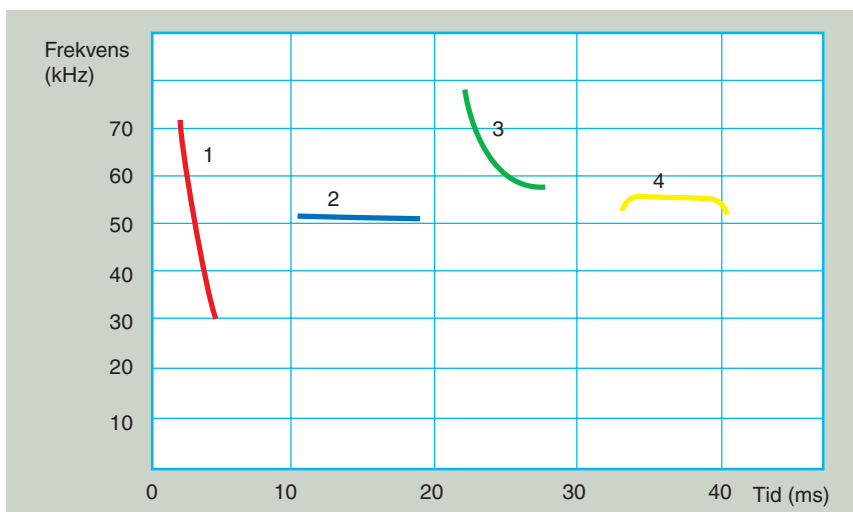


Bild 2:1. Några typiska vågformer för sonarläten (spanings- och följemoder) för några europeiska fladdermusarter. Hastiga FM-svep (1) och konstant frekvenspulser (2) samt olika kombinationer (3, 4) av dessa grundmönster förekommer.

2. Historik

Vid jaktmod används pulskompression genom linjär frekvensmodulation (dvs frekvensen varieras under pulsen). Fladdermusens pulskompression medger avståndsupplösning ner till 4 mm. Mot större insekter där det inte behövs lika bra avståndsupplösning nyttjas ett mindre pulskompressionsförhållande vilket ger en avståndsupplösning av ca 8 mm.

PRF är variabel och högst i själva angreppsfasen då det behövs flest uppdateringar av målläget.

Fladdermusen kan även analysera dopplerfrekvensen från svärmande insekter mot en stillastående bakgrund.

Riktningbestämning

Ljudpulsen från fladdermusen sänds ut med en lobbredd av ca 60°.

Lobbreden på den mottagna pulsen bestäms av avståndet mellan djurets öron, vilket uppgår till ca 2 våglängder (d v s ca 1 cm). Det medför att lobbreden blir ca 30°. Denna lobbredd skulle ge en alltför dålig riktningnoggrannhet mot snabbt manövrerande insekter. Fladdermusen måste alltså ha ett bättre system för att kunna riktningbestämma bytesdjuren. Troligtvis nyttjar fladdermusen skfasinterferometri. Detta innebär att den nyttjar den fasskillnad som uppstår genom att ljudvågorna har olika lång väg att gå för att nå fladdermusens båda öron. Om fladdermusen kan bestämma fasskillnaden mellan två ljudvågor med som bäst 36° precision d v s 1/10 varv, så motsvarar detta en riktningnoggrannhet av 3°, vilket borde vara användbart för att kunna ta ett byte.

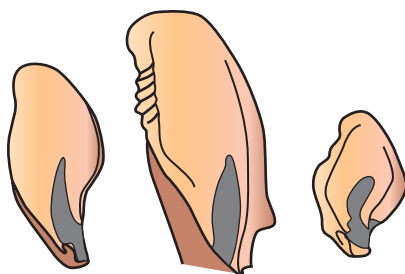


Bild 2:2. Antennkonfiguration (d v s öron) på några olika arter av fladdermöss.

Passiv spaning

För att inte i onödan röja sig för bytet kan fladdermusen även använda sina sensorer (öron) passivt och detektera den luftturbulens som insekternas vingrörelser ger upphov till.

Övrigt

Hundratals fladdermöss kan samtidigt flyga ut ur en trång grotta utan att krocka, detta tyder på att fladdermössen även har ett system att känna igen just sina egna pulser i en svår signalmiljö.

Telemotmedel i insektsvärlden

Även i naturen pågår en kamp mellan medel och motmedel. Fladdermusens primära bytesdjur, nattfjärilarna, har utvecklat såväl tekniska som taktiska motåtgärder mot fladdermusens sensorer.

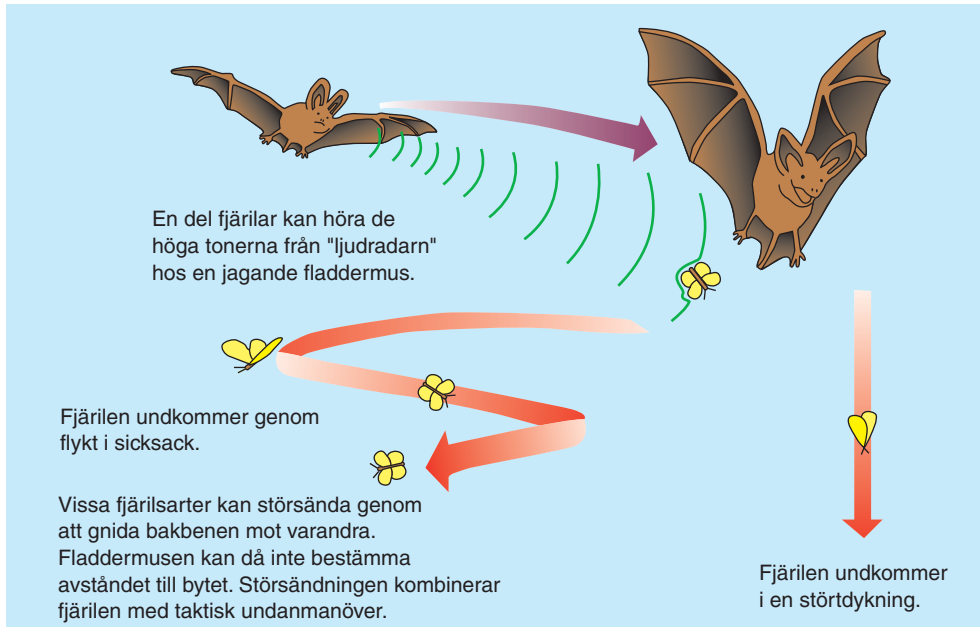


Bild 2:3. En nattfjärils motåtgärder.

Tekniska motåtgärder

Passiva motåtgärder

Nattfjärilarna är täckta med fina "hår" på kropp och vingar. Håren medför dels att luftturbulensen kraftigt minskar, dels att reflexioner från fladdermusens ljudpulser dämpas.

Fladdermusens motåtgärd mot den "radardämpande" hårbeklädnaden är att den använder sig av en våglängd på ca 5,5 mm (60 kHz). Genom att våglängden är av samma storleksordning som bytesdjuren så erhålls en resonanseffekt i bytesdjurets kropp, vilket ger en ytterligare förstärkning av ekot.

Aktiva motåtgärder

Vissa fjärilsarter kan utföra aktiv störsändning. Då fjärilen hör att den belyst av en fladdermus alstrar den störpulser genom att gnida bakbenen mot varandra. Störpulsernas frekvensspektrum efterliknar fladdermusens pulser. Fjärilarnas störpulser skickas ut med mycket hög PRF, störningen

verkar därför troligen som en brusmatta, vilket försvårar för fladdermusen att göra en korrekt avståndsbedömning.

Taktiska motåtgärder

Nattfjärilens störsändning kombineras med undanmanöver för att ytterligare försvåra för jägaren i angreppsfasen. Vissa fjärilsarter faller in vingarna och dyker till marken när de märker att de är belysta av fladdermusens radar. Denna manöver leder till att luftturbulensen kring vingarna försvinner och att dopplerfrekvensen minskar.

En jämförelse mellan fladdermusens värld och moderna system.

- Spaningsmod och jaktmod med olika PRF (används i jaktradar i flygplan).
- Pulskompression för bättre avståndupplösning (används i bl a PS-90 och PS-91).
- Rikttningsbestämning genom fasinterferometri (används i signalspaningsutrustning för att från en plattform kunna bestämma riktningen till en signalkälla).
- Våglängd av samma storleksordning som målet (en metod som används för att kunna hitta stealthflygplan, eftersom skrovet vid långa våglängder, ger upphov till ett resonans fenomen som förstärker ekot).
- Passiv spaning (bl a i PS-90).
- Fjärilen har integrerad varnarutrustning och störsändare, så att störningen kan ske vid rätt tillfälle (motmedelsutrustningen i flygplan).
- Radarabsorberande material (stealthflygplan t ex F-117).

Första världskriget

Telemotmedlens historia är nästa lika lång som de teletekniska hjälpmedlens och har vad gäller kommunikationsstörning anor redan från tiden före första världskriget.

Under första världskriget utvecklades framförallt signalspaning i form av informationsinhämtning och pejling av motståndarens radiosändare.

Andra världskriget

Inom telekrigområdet började andra världskriget med erfarenheter från det första med signalspaning mot kommunikationssystem. Under kriget skedde sedan den explosionsartade utvecklingen av radartechniken, vilken tvingade alla parter till en omfattande utbyggnad av motmedelsorganisationerna.

På allierad sida tjänstgjorde vid krigsslutet 10 000 personer, varav 4 000 tekniker enbart inom den brittiska motmedelstjänsten. Flygeskadern för telekrig omfattade 14 divisioner, varav flera hade fyrmotoriga bombplan eller långdistansplan av typen Mosquito. Den växande allierade teletekniska överlägsenheten tvingade tyskarna till omfattande ansträngningar för att få fram motmedel. Redan 1941 tvingades man hemkalla 15 000 tekniker från fronten.

Remsor användes för första gången 1943 av engelsmännen. Remsor bestod ursprungligen av metallbelagda pappersremсор och gick under kodordet *Windows*. De spreds från flygplan och orsakade genom sina reflexer mängder av falska ekon på radarskärmarna. Idén hade fötts redan före kriget men användningen hölls tillbaka, delvis av tveksamhet beträffande dess verkan men också av farhågor för att motståndaren skulle använda metoden.

För att få kunskap om störskyddet hos de tyska radarstationerna genomförde engelsmännen en kommandoraid mot en radarstation i Brunevald på den franska kanalkusten. Medan kommandosoldaterna höll det lokala försvaret i schack kunde en grupp tekniker demontera viktiga delar av radarn. En analys av de beslagtagna delarna visade att radarn inte innehöll några speciella störskyddskretsar.

Sommaren 1943 beslöt Churchill att använda remсор vid storanfallet mot Hamburg. Två skäl gjorde att Churchill nu beslöt sig för att börja använda remсор, dels att engelsmännen hade tagit fram en ny typ av radar som kunde se genom remsmolnen (troligen MTI-radar med vindkompensering) och dels på det tyska luftförsvarets ökande effektivitet. De använde nu både flygburen och markbaserad radar. Varje motåtgärd var därför värd att prova.

Anfallet mot Hamburg inleddes natten till den 24 juli 1943. Vid midnatt började bombplanen ur RAF välla in över fiendekusten och släppte buntar av aluminiumfolie, sammanlagt 92 miljoner stycken. Flygstyrkan bestod av 720 bombplan men på de tyska radarskärmarna verkade styrkan vara mångdubbelt större. Resultatet av remсорna överträffade alla förväntningar. Engelsmännen släppte 3 000 ton bomber och förlorade tolv flygplan. En för denna tid mycket låg siffra.

Det hör till historiens ironi, att remсор också upptäckts av tyska forskare. Den tyska benämningen var ”Düppel”. Den tyske flygvapenchefen Hermann Göring hade informerats om detta 1942. Hans främsta tanke gällde följderna för det tyska luftförsvaret om de allierade skulle få kännedom om metoden. Göring förbjöd därför all fortsatt forskning och lät beslagta all dokumentation. Detta fick till följd att radarpersonalen i Tyskland var helt oförberedd på de störformer som kom att uppträda.

Mot slutet av kriget beräknas över 7 000 tekniker ha arbetat enbart med motmedel mot remсорstörning. De allierade uppger att det tyska luftväret

före insats av motmedel behövde skjuta 400 skott per nedskjutet plan, efter insatsen av telemotmedel åtgick cirka 3 000 skott.

I Ploetski i Rumänien, som var det näst starkast luftvärnsskyddade målet i Europa, var motsvarande siffra 25 000, vilket tillskrivs de allierades stora insats av radarmotmedel vid dessa flyganfall.

Enligt engelska beräkningar nedgick det tyska luftvärnets effektivitet under sista halvåret av andra världskriget med 75%. Då det tyska jaktförsvaret samtidigt utsattes för bl a svår kommunikationsstörning blev resultatet flera svåra kriser för det tyska luftförsvaret.

Invasionen i Normandie

Vid de allierades invasion av Normandie (Operation Overlord) 6 juni 1944 (D-dagen) ingick för första gången i historien ledningskrig med telekrigföring som en del i de strategiska planerna. Syftet var att binda 90 tyska divisioner på tryggt avstånd från Normandie. Vilselplanen benämndes operation Fortitude.

En del av planen avsåg att hålla kvar 27 divisioner i Skandinavien genom att få det tyska högkvarteret att tro att de allierade tänkte göra en avledande landstigning i Norge. En skenorganisation bestående av ett fåtal män och kvinnor fick till uppgift att skapa en fiktiv brittisk fjärde armé på över en kvarts miljon man. I april 1944 dränkte denna spökarmé de tyska avlyssningsstationerna med en ändlös ström av falska meddelanden från falska divisioner och kårer, som t ex ”80. kåren behöver 1 800 par skidbindningar” eller ”7. kåren anhåller om utlovade instruktörer i bergsklättring”. Resultatet blev att de 27 tyska divisionerna i Norge hölls kvar istället för att transporteras söderut.

Nyckelplanen i operation Fortitude var dock att få tyskarna att först tro att invasionen skulle ske i Pas-de-Calaisområdet i stället för i Normandie. Därefter skulle tyskarna tro att invasionen i Normandie bara var en skenmanöver inför en ännu större landstigning i Calaisområdet.

För att åstadkomma denna skenverksamhet skapades bl a stommen till en hel armé (FUSAG – First US Army Group) med 50 divisioner norr om Dover. Som chef för denna skenarmé tillsattes general Patton. Vid den verkliga invasionsstyrkan rådde radiotystnad, medan det hos general Patton genomfördes en signaltrafik som efterliknade en riktig armés. Denna armé bestod i själva verket mest av signalister, radioapparater och fordon. Armén innehöll även vissa verkliga divisioner och ett stort antal skenläggningar. Storbritanniens främste arkitekt Basil Spence konstruerade en enorm konstgjord oljehamn som upptog åtta kvadratkilometer av hamnen i Dover.

FUSAG godtogs som en verklig armé av det tyska högkvarteret och fanns noterat på de tyska lägeskartorna. I maj 1944 trodde tyskarna att det fanns 92–97 divisioner i Storbritannien istället för de verkliga 35.

Signalspaning och kartläggning av de tyska radarstationerna hade genomförts under en längre tid av allierat flyg. De allierade slog systematiskt ut tyska radarstationer som hade räckvidd till Engelska kanalen. Bekämpningen blev så effektiv att endast ett fåtal av dessa stationer (18 av 92 stycken) var i funktion under själva invasionen. Mot de kvarvarande stationerna utfördes telestörning med två syften. Den ena var vilseledande störning med bl a skenmål för att simulera ett stort sjöinvasionsföretag på väg mot Calais. Det andra omfattade maskerade störning mot Normandieområdet i syfte att fördröja upptäckten av det verkliga invasionsföretaget så länge som möjligt.

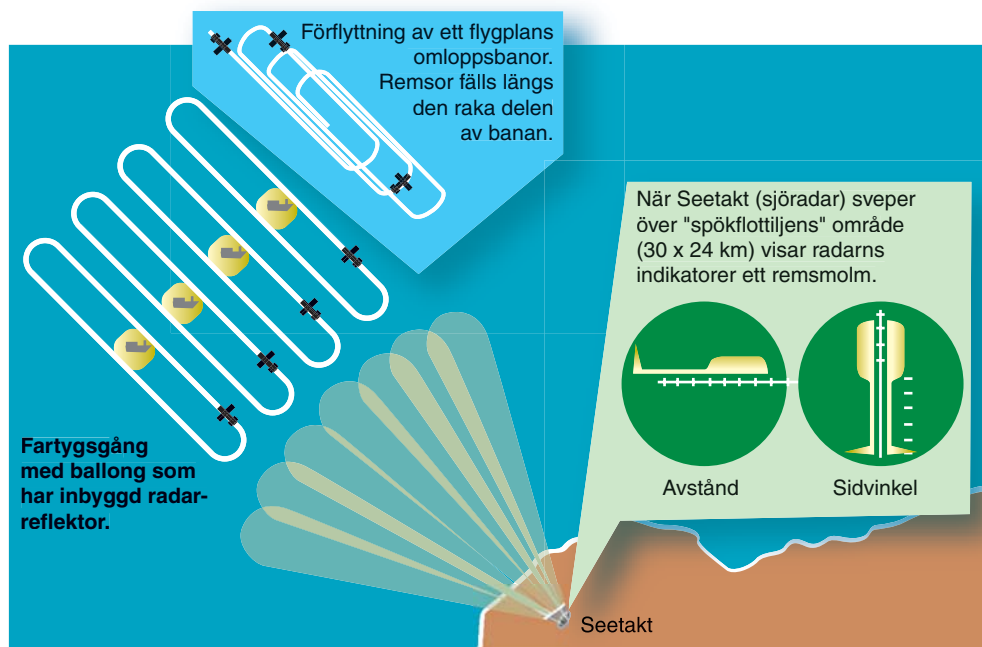


Bild 2:4. Skenflotta.

Planen hade utformats av den brittiske radarexperten Robert Cockburn och gick ut på att översvämma de tyska radarskärmarna med falska ekon som tydde på att två väldiga armador nalkades, en i luften och en till sjöss. För att genomföra detta gjorde Cockburns lag av matematiker/fysiker en serie beräkningar som utmynnade i att två RAF-divisioner skulle flyga i rektangulära banor om ca tolv gånger tre kilometer. För varje vända skulle flygplanen förflytta sig 1500 meter närmare den franska kusten för att simulera att flottan närmade sig kusten. Under tiden fällde de remсор av

2. Historik

metallfolie (Windows), 12 buntar per minut. Flottan bestod av 18 mindre fartyg, som stävade mot franska kusten och delades sedan upp i två delar. Den ena gick mot Pas-de-Calais. Detta skenföretag benämndes Glimmer. Den andra delen, Taxable, gick mot ett område norr Le Havre. Varje båt hade minst en nio meter lång ballong med inbyggd radarreflektor. Reflektorn förstärkte radarekott så att det motsvarade ett fartyg på 10 000 ton. Cockburns plan hade provats framgångsrikt mot en beslagtagen tysk radar och visade sig fungera lika bra i engelska kanalen. Tyskarna blev så övertygade om vad radarskärmarna visade att deras kustbatterier började vräka 30 cm projektiler i havet.

Störning av radiosambandet genomfördes förutom av markbaserade och sjöburna störänläggningar även av 20 flygplan med störutrustningar ”Mandrel”. Resultatet blev att alla radiokommunikationer mellan tyska enheter på längre avstånd än någon kilometer omintetgjordes.

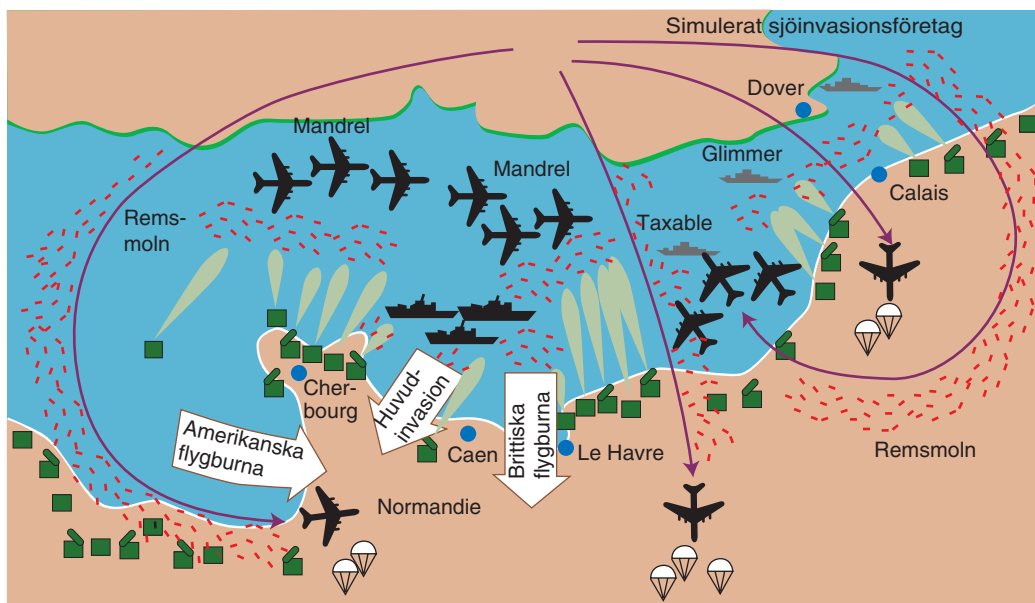


Bild 2:5. Invasionen i Normandie 6 juni 1944.

Resultatet av alla dessa motmedelsinsatser var att tyskarna blev vilseledda beträffande platsen för invasionen. En enda autentisk observation av den verkliga invasionstyrkan rapporterades till högkvarteret från en radarstation i närheten av Caen, men den försvann i mängden av falska, motsäggande eller ovidkommande rapporter.

Telekrigföringen gjorde att hela den vilseledande och fördröjande aktionen blev en stor framgång för de allierade och det strategiska syftet uppnåddes i sin helhet.

Teknik för störsändning under 1950-talet

Det första vandringsvåggröret, Travellin Wave Tube (TWT), uppfanns i England under 2:a världskriget av en österrikisk emigrant. Det visade sig snart att den var lämplig som en bredbandig förstärkare både för radarstationer och som slutförstärkare i störsystem.

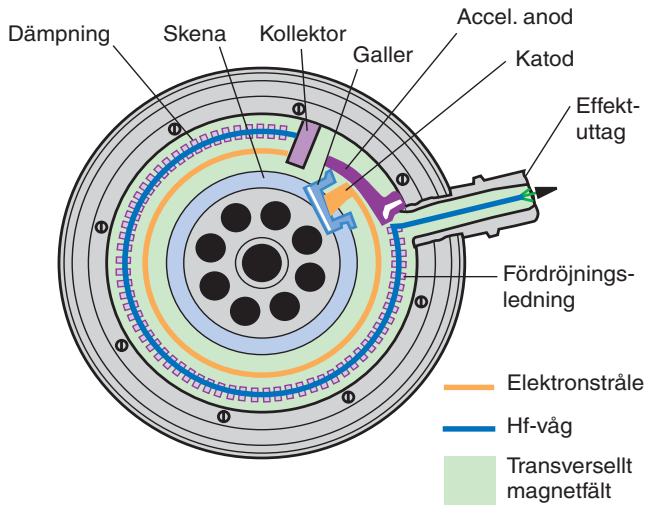


Bild 2:6. Carcinotron.

I ett franskt forskningsprojekt lyckades man under slutet av 1940-talet att ta fram Carcinotronen. Carcinotronen är en s k backvågsoscillator, släkt med magnetronen. Fördelen med Carcinotronen är att den mycket lätt kan fås att variera sin frekvens. Genom att variera spänningen till en av Carcinotronens elektroder så sveps Carcinotronens utfrekvens. Frekvensen kan på det här viset varieras med en bandbredd på upptill 100 MHz. Tack vare Carcinotronen kunde man skapa effektiv bredbandig störning. Så småningom lyckades radarkonstruktörerna dock införa vissa skydd mot svepstörning t ex den s k Dicke-Fix mottagaren.

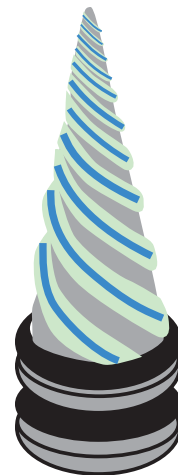


Bild 2:7. Konisk spiralantenn.

För att kunna använda bredbandig störning krävs att störsystemet har tillräckligt bredbandiga antenner både för sin mottagare och för sin störsändare. Under 1950-talet lyckades man i USA konstruera s k spiralantenner,

som kan hantera frekvensskillnader på mer än en oktav. (En oktav är ett frekvensförhållande på 1:2 t ex 1–2 GHz eller 4–8 GHz.)

Spiralantennen har en impedans som är oberoende av frekvensen. Tidigare hade man manuellt behövt impedansanpassa antennerna när man ville störsända på en ny frekvens.

Koreakriget

Den 25 juni 1950 utbröt Koreakriget. I en FN-resolution beslöts att FN skulle sätta upp en styrka under General Douglas MacArthurs ledning, för att hjälpa sydkoreanerna att slå tillbaka angriparen.

USA satte inledningsvis in ca hundra bombplan av typ B-29. Nordkorea kunde först inte påverka B-29:orna, men situationen ändrade sig när Kina anslöt sig till den nordkoreanska sidan.

Kineserna använde överljudsplanet MiG-15 och installerade ett strilssystem med spaningsradarstationer i Manchuriet, för att kunna leda sina MiG-15. Vidare använde kineserna radarriktade luftvärnskanoner.

Mål för de amerikanska bombanfallen var vägar, järnvägar, broar över Yalu-floden samt inte minst flygbaserna för de kinesiska jaktflygplanen. Under anfall mot dessa mål kom B-29 i daglig kontakt med luftvärnet samt de snabba MiG-15.

Trots erfarenheterna från 2:a världskriget tilläts inte B-29 att använda remsor mot radarstationerna, eftersom US Air Force ville visa så lite som möjligt av sin telekrigskapacitet för det kommunistiska blocket. Inte heller fick de störa talsambandet (jaktlänken) mellan de kinesiska stridsledningsanläggningarna och jaktflyget. Den enda tillåtna störformen var smalbandig störning mot luftvärnets eldledningsradar.

I april 1951 hade ett 25-tal av de ursprungliga B-29 skjutits ned av nordsidans luftvärn eller jaktflyg. Förlusterna blev slutligen oacceptabelt höga i oktober då amerikanerna genomförde ett anfall mot flygfältet i Namsi i Nordkorea. Samtliga tio B-29 som deltog i anfallet antingen sköts ned eller blev så svårt skadade att de aldrig mer kunde användas. Från och med nu förbjöds anfall under dagsljus.

Även om störningen mot kinesernas eldledningsradar gav effekt fortsatte luftvärnet att skada och bomba flyget under dess nattliga anfall. Nordsidan använde sig av en taktik de hämtat från tyska Luftwaffe under 2:a världskriget. De nyttjade radarstyrda luftvärnsstrålkastare samt MiG-15. Taktiken gick ut på att MiG-15 (som egentligen bara har dagsljuskapacitet) anföll på hög höjd mot siluetten av de belysta B-29. Detta ledde till att amerikanerna fick övergå till att anfalla under molniga nätter, börja använda nattjakt och inte minst tillåta användning av remsor, samt störa av talkommunikationen mellan stridsledningscentralerna och jaktflyget.

De vidtagna åtgärderna minskade dramatiskt förlusterna så att amerikanerna under de sista sju månaderna av kriget endast förlorade tre B-29 under 4 000 uppdrag.

Vietnamkriget

I februari 1965 började US Air Force anfälla mål i Nordvietnam. Till en början var motståndet svagt och bestod av ett litet antal luftvärnskanoner och några omoderna flygplan. De amerikanska attackflygplanen kunde flyga mot målen på 3 000 meters höjd ovanför luftvärnets räckvidd. Vid anfallen litade de på höjden, farten och manöverförmågan för att minimera förlusterna. I april 1965 upptäcktes att vietnameserna börjat installera avfyringsramper för luftvärnsroboten SA-2 Guideline med lång räckvidd. Det första flygplanet som sköts ner med en SA-2 var en F-4 Phantom vilket skedde den 24 juli 1965.

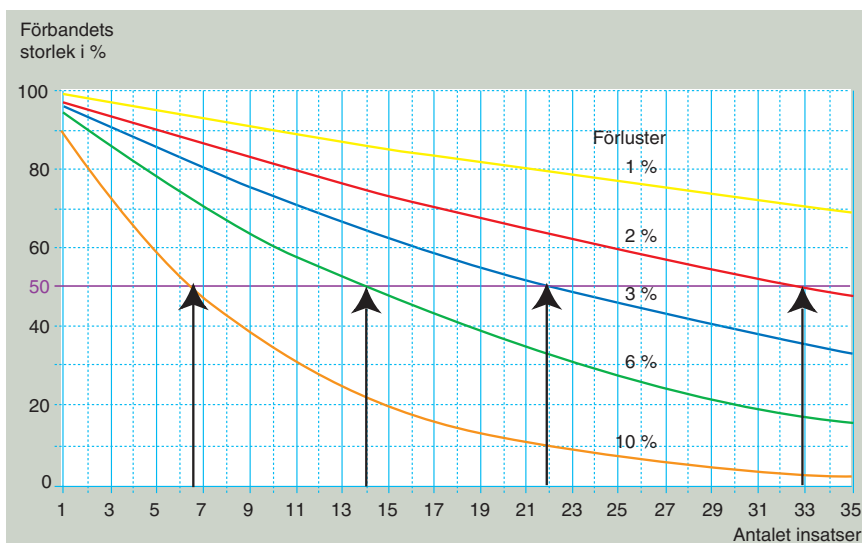


Bild 2:8. Diagram över reducering av flygförband vid olika förluster.

Efter införandet av SA-2 förlorade amerikanerna uppemot 14% av sina flygplan under ett enda uppdrag. Det innebär att efter fem uppdrag skulle bara hälften av flygplanen återstå. Förluster av denna storleksordning var helt oacceptabla. Man brukar anse att förlusterna måste vara mindre än 2-4 %.

Det gick inte att undvika att flyga nära luftvärnsbatterierna eftersom allt fler viktiga mål försvarades av dem. Lågflygning gjorde att man visserligen undvek SA-2 men medförde att man utsattes för den allt effektivare elden från luftvärnskanoner och kulprutor. Flyganfall mot robotbatterier-

2. Historik

na slog ut en del av dem men nordvietnameserna blev allt skickligare på att gruppera om robotarna och kamouflera dem.

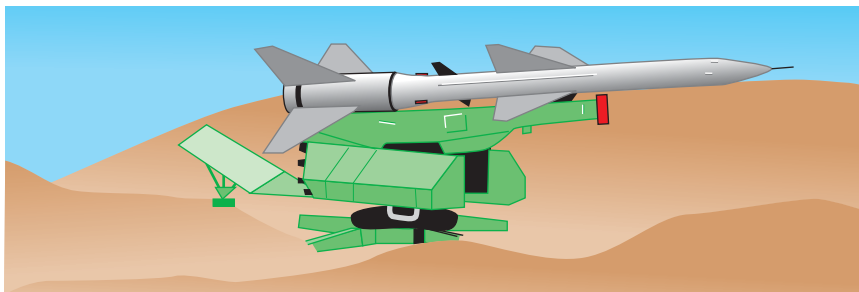


Bild 2:9. SA-2.

Ett katastrofprogram startades för att utrusta attackflygplanen med radarvarnare, APR-25. Den gav varning om flygplanet var utsatt för radarföljning och gav en riktning till hotet. Piloten kunde höra rasslet av radarsignalen från "Fan-Song"-radarn i hörlurarna och ändringen i tonhöjd när den övergick från spanings- till målföljningsmod.

Allt eftersom luftförsvaret i Nordvietnam förstärktes och allt fler batterier blev aktiva, blev det uppenbart att enbart undanmanövrer var otillräckligt som skydd. En manöver för att undvika ett slags hot kunde medföra att flygplanet blev ett perfekt mål för ett annat vapensystem. Lösningen blev att attackflygplanen försågs med störutrustning för självskydd.

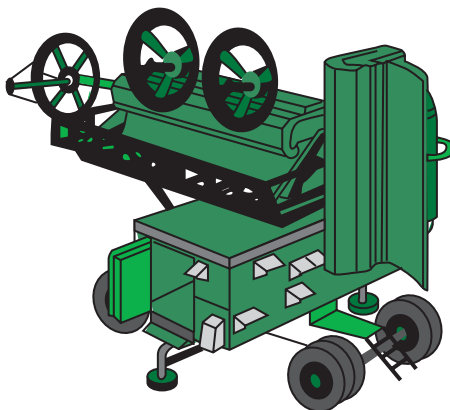


Bild 2:10. Eldledningsradar "Fan-Song" till SA-2.

Åren 1967-68 konstruerades och byggdes flera olika typer av störkapslar för prov i Sydostasien. En av de första som gick i produktion var Hughes ALQ-11, vilken byggdes i över 700 exemplar. Den hade sex separata stör-sändare, två för vardera av de tre frekvensband, som används av SA-2. Grunderna för de moderna flygburna repeterstör-sändarna lades här.

Bakgrundsstörning från EB-66 och EA-6 hade god verkan genom att störa spanings- och höjdmättningsradarn för SA-2 batterierna.

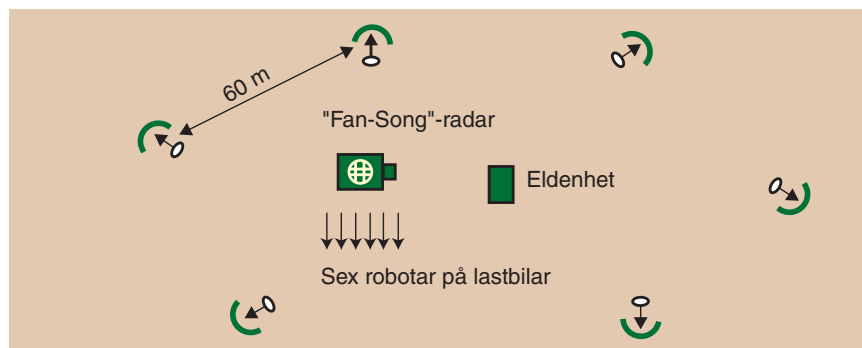


Bild 2:11. Gruppering av SA-2 batteri.

RAF hade under 2:a världskriget försökt slå ut tyska radarstationer med hjälp av Hawker Typhon försedda med radarvarnare och attackraketer. Britterna hade dock ingen större framgång. På grund av hotet från SA-2 beslöt USA 1965 att de skulle prova en motsvarande taktik som britterna.

Fyra tvåsitsiga F-100 FS utrustades med radarvarnare, signalspaningsutrustning och en form av robotskottvarnare. Flygplanen kallades "Wild Weasel". De flög framför sina egna attack- eller bombflygplan och försökte få SA-2 batterierna att starta sina radarstationer. När amerikanerna hittat ett batteri anföll de med raketer eller napalm.

Från och med mars 1966 utrustades luftvärnsjägarna med F-105 och den första operativa signalsökande roboten AGM-45 Shrike som var specialiserad för att slå ut "Fan-Song" radarn. Luftvärnsjägarna hade normalt till uppgift att eskortera och skydda attackplanen när de anföll sina mål.

Båda sidor började använda IR-robotar som jaktbeväpning på flygplanen. Som motmedel installerades IR-facklor för att avleda robotarna. Tack vare varnare, motmedel och taktikändringar minskade förlusterna hos amerikanerna till 2% per uppdrag.

Effektiviteten hos SA-2 minskade allteftersom kriget fortskred. Under 1965 behövdes det 15 Guideline för att skjuta ner ett attackflygplan. Mot slutet av 1968 krävdes 50.

Yom Kippurkriget 1973

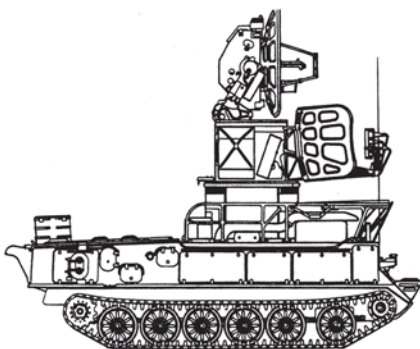
Den 6 oktober 1973 anföll Egypten och Syrien Israel på två fronter. Syftet var att återta de landområden som Israel erövrade sex år tidigare i det s k sexdagarskriget. Anfallsdagen och tid på dagen hade valts med stor omsorg.



Bild 2:12. Lavettfordon till SA-6. Räckvidd 30 km, höjdtäckning 18 km, minsta skjutavstånd 4 km.

Anfallet inleddes under en stor judisk helgdag, Yom Kippur, och en stor mängd militär personal hade permission. Anfallsförberedelserna hade gjorts under stor sekretess och överraskningen var fullständig.

En av anledningarna till att israelerna kunde överraskas var att egyptierna övat anfall mot och övergång över Suezkanalen så många gånger att israelernas vaksamhet trubbats av. Vissa av enheterna lär ha övat sina uppgifter 300 gånger. Vid minst ett av dessa tillfällen hade israelerna dessutom genomfört partiell mobilisering.



Kl 14.00 började egyptiska MiG-23 och Su-7 anfälla israeliska baser i Sinai. I norr förstörde syriska flygvapnet israeliska radarinstallationer på Golanhöjderna. Strax därefter började araberna störa de israeliska radiokommunikationerna.

Bild 2:13. Spanings- och eldledningsradar till SA-6.

Israel var dåligt förberett och underrättelsetjänsten hade missat stora delar av den fientliga uppladdningen och arabländernas användning av luftvärnsrobotar. "Essen" i det arabiska luftvärnet var de mobila luftvärnsrobotsystemen SA-6 och kanonluftvärnssystemen ZSU-23. SA-6:ans bättre prestanda (i förhållande till de kända SA-2 och SA-3) och dess eldledningssystem, som till stor del var okänt för västmakterna, gjorde det israeliska flygvapnet nästan försvarslöst. Det resulterade i stora förluster, i storleksordning 50 till 80 flygplan under de första tre stridsdagarna. De varnare och den störutrustning, som varit så effektiv mot SA-2 och SA-3 var ineffektiv mot SA-6 målföljnings- och belysningsradar.

Det visade sig att den nya eldledningsradarn arbetade med två olika höga frekvenser och använde CW-mod (continuous wave – kontinuerlig bärvåg) för målbelysning. Radarvarnarna i de israeliska flygplanen tog enbart emot pulsade signaler. Israelerna saknade metod att störa SA-6 roboten på tele-teknisk väg.

Även ”Gun Dish”-radarn för de mobila ZSU-23-4 var en överraskning, eftersom den använde en högre frekvens än tidigare system. Israelernas radarvarnare var byggda för att emot frekvenser upp till 12 GHz, medan ”Gun Dish”-radarn arbetade vid 16 GHz. För första gången konfronterades också israelerna med den handburna IR-roboten SA-7 ”Strela”.

Som en första hjälp fick israelerna remsfällare och fackelfällare från USA där de redan var färdigutvecklade. När dessa installerats på israeliska flygplanen A-4 och F-4 gällde det att utveckla en taktik för överlevnad. Taktiken gick till stor del ut på att bekämpa luftvärnssystemen direkt.

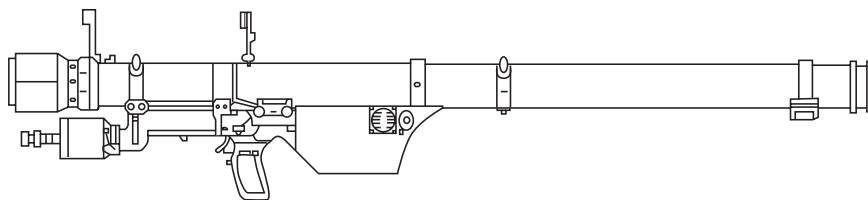


Bild 2:14. IR-robot SA-7 ”Strela”.

Anfallen byggde på mycket avancerad flygning med användning av remsor och facklor och nyttjande av vissa konstaterade brister hos luftvärnssystemen. Modifierade radarvarnare och störutrustningar som kunde komma tillrätta med de nya frekvenserna installerades efterhand. Med det återvunna absoluta luftherraväldet kunde Israel snart bromsa upp invasionen och återta initiativet. När vapenvilan trädde i kraft hade israelerna förlorat sammanlagt 110 flygplan och ett stort antal piloter. Arabländerna hade förlorat många flygplan men få piloter. Det ska dock tilläggas att egyptiska och sovjetiska tekniker arbetade intensivt under krigets slutskede för att förbättra SA-6 störskydd och på slutet lyckades man även skjuta ner flygplan som var utrustade med störkapslar.

Kriget mellan flottstyrkorna artade sig ur israelisk synpunkt betydligt lyckosammare. Tack vare bättre användning av motmedel, främst remsor och radarstörning, kunde israelerna sänka ett tiotal egyptiska och syriska krigsfartyg utan egna förluster. Den israeliska marinen hade erfarenhet från sexdagars kriget 1967 då man inte nyttjat telekrigföring i tillräcklig omfattning och därför fått en jagare sänkt av en sjömålsrobot avlossad från en liten egyptisk torpedbåt.

Bekaadalen 1982 och invasionen av Libanon

Södra delen av Libanon med den sk Bekaadalen var ockuperad av Syrien. För att hindra israelerna att få luftherravälde hade syrierna installerat 19 luftvärnsrobotbatterier i dalen.

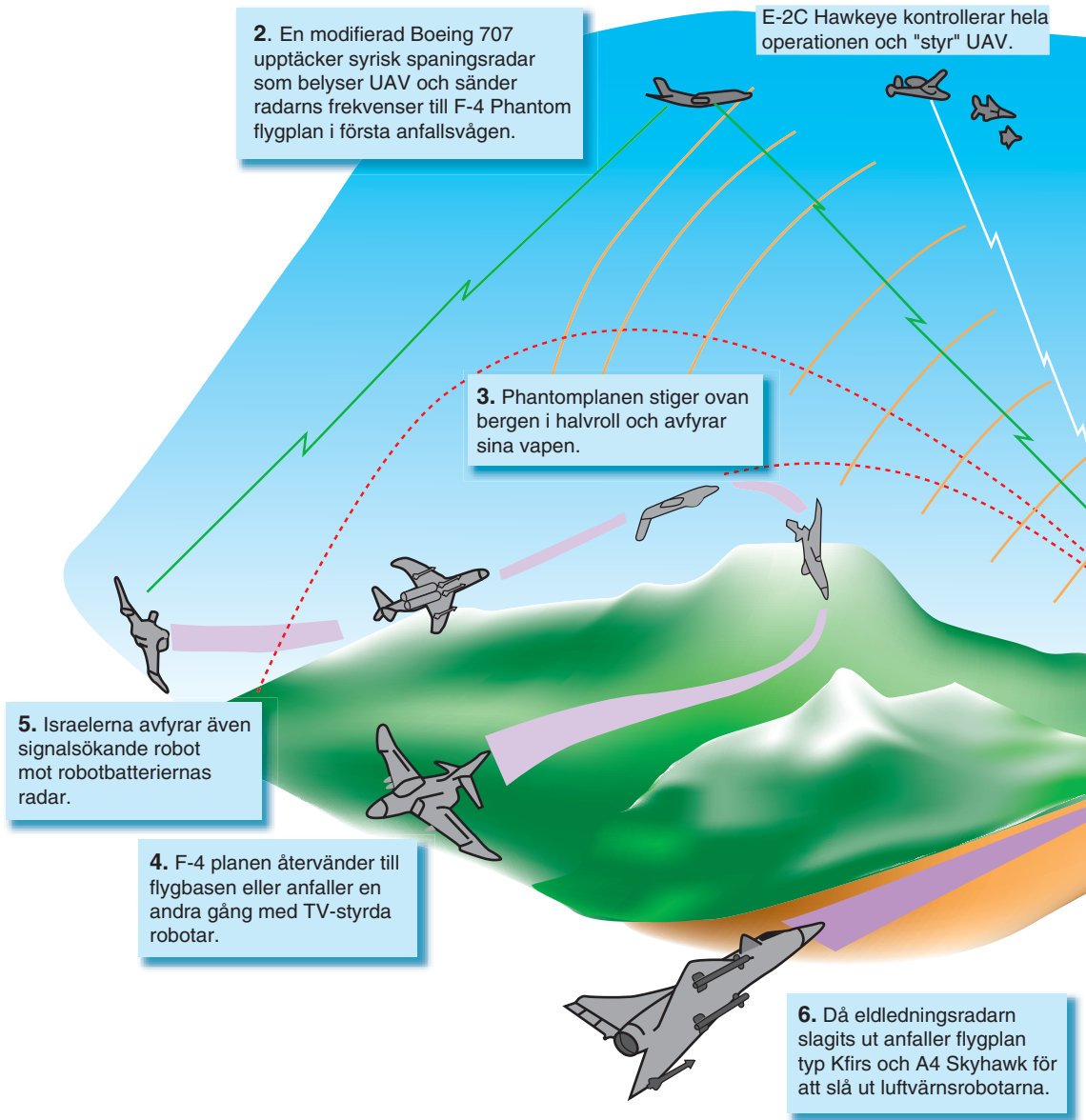


Bild 2:15. Bekaadalen 1982 och invasionen av Libanon.

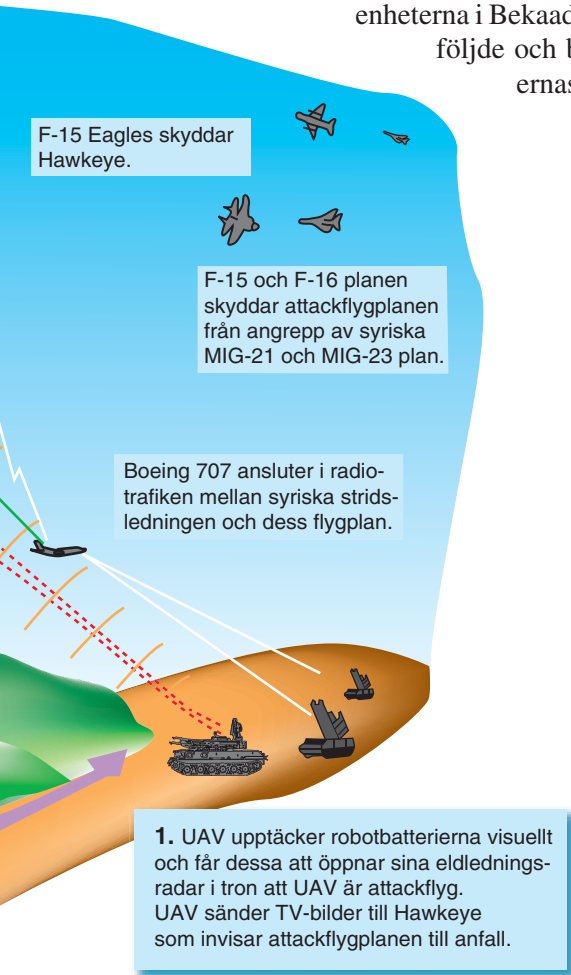
Erfarenheterna från Yom-Kippurkriget gjorde att israelerna inför sin invasion av Libanon satte in stora resurser för att slå ut det syriska luftförsvaret.

Genom ett briljant koordinerat anfall lyckades israelerna slå ut 17 av 19 robotbatterier. De luftvärnssystem som israelerna i första hand inriktade sig mot var SA-6 och ZSU-23 vilka orsakat stora förluster i Yom-Kippurkriget. SA-2 och SA-3 hade man redan utvecklat motmedel emot.

Första steget var att genom signalspaning och optisk spaning från bl a UAV Scout lokalisera och identifiera de syriska luftvärnsenheterna i Bekaadalen. Genom att radarstationerna malföljde och belyste UAV:erna kunde radarstationernas data fastställas.

Nästa steg var att sätta in bakgrundstörning från en Boeing 707 vilken även hade till uppgift att förmedla radardata från signalspaningen till luftvärnsjägarna (Wild Weasel). Därefter angrep luftvärnsjägare, beväpnade med signalsökande robotar typ Shrike och Wolf samt attackroboten Maverick, de syriska eldledningsstationerna. När eldledningsradarstationerna var utslagna anföll attackflygplan typ Kfir och Skyhawk robotenheterna och förstörde dem.

Attackföretagen skyddades av F-15 och F-16-flygplan vilka hindrade de syriska MiG-23 jaktplanen från att ingripa. Vid de efterföljande luftstriderna lyckades israelerna skjuta ner 82 syriska flygplan mot en förlust av endast två egna flygplan.



Gulfkriget

Den 2 augusti 1990 invaderades Kuwait överraskande av Irak. Den irakiska militärledningen hade lagt stor vikt vid att dölja sina trupprörelser från att upptäcktas via satellit eller signalspaning. Senare samma dag antogs en FN resolution som krävde att Irak omedelbart skulle dra tillbaka sina trupper. Den irakiske presidenten Saddam Hussein hörsammade inte FN:s resolutionen.

Den 6 augusti deklarerade president George Bush d ä att USA skulle starta operation Desert Shield för att skydda SaudiArabien från att invaderas.

Bland de första amerikanska flygplan som nådde området var RC-135 Rivet Joint, vilket hade till uppgift att kommunikationssignalspana mot området. Under de följande dagarna anlände enheter för att bekämpa irakiskt luftförsvaret såsom EF-111 Raven, Wild Weasel F-4G och EC 130 Compass Call (kommunikationsstörning).



Bild 2:16. RC-135 Rivet Joint.

Efter en tid började planeringen för ett offensivt angrepp mot Irak för att tvinga irakierna att lämna Kuwait. Brigadgeneral Larry Henry fick uppgiften att planera hur det irakiska luftförsvaret skulle slås ut.

Luffförvarssystemet Kari

Planeringen började med att försöka analysera uppbyggnaden av det irakiska luftförvarssystemet, benämnt Kari (Irak skrivet baklänges). Systemet hade byggts med hjälp av franska ingenjörer under 1980-talet. Eftersom Frankrike nu var en av USA allierade, så fanns goda möjligheter att analysera systemets prestanda. Kari's centrala nav, var det nationella luftförvarscentret utanför Bagdad. Härifrån leddes luftförsvaret av hela landet. Under detta centrum fanns fem luftförvarskommandon, vilka tillsammans svarade för luftförsvaret av hela Irak och Kuwait. Från kommandona styrdes såväl jaktflyg som luftvärnskanoner och luftvärnsrobotsystem. I Kari

ingick en stor mängd olika typer av radarstationer, vilket gjorde att systemet var väl spritt över frekvensbandet och man hade en god redundans. Kommunikationssystemet som band samman de olika kommandona sinsemellan samt den centrala luftförvarsledningen, använde sig av flera parallella kommunikationsmedel. Härvid nyttjades UHF-, VHF-, HF-radio, radiolänk samt fasta förbindelser. Kari kontrollerade en betydande vapenarsenal. USA:s underrättelsetjänst bedömde att Irak disponerade 160 jaktflygplan av typ MiG-23, MiG-25, MiG-29 och Mirage F1. Runt Bagdad, det mest luftförvarade området, fanns 550 luftvärnsrobotenheter av typ SA-2, SA-3, SA-6, SA-8 och Roland. Vidare fanns 1 200 luftvärnskanoner med kalibrar från 23 mm till 85 mm.



Bild 2:17. MiG-29.

Underrättelser

För att kunna hitta svagheterna i Iraks luftförvarssystem så började de allierade att göra skenanfall med jakt och attackflygplan i närheten av den irakiska gränsen. Vid dessa tillfällen fanns längre bak RC-135 Rivet Joint beredda att signalspana på hur det irakiska försvaret reagerade på ”anfällena”. En ytterligare fördel var att de upprepade skenanfallen med tiden trubbad av vaksamhet hos det irakiska luftförsvaret.

Brigadgeneral Larry Henry var under skenanfallen särskilt intresserad av hur flygkommandona och jaktledningen skulle agera. Skulle de agera självständigt eller skulle de bara skicka sina underrättelser vidare uppåt i kommandokedjan? Man upptäckte att den mesta informationen vidareförmedlades såväl mellan sektorerna som uppåt i kommandokedjan. De olika delarna i försvaret larmade följaktligen varandra.

Man upptäckte även en jaktledningscentral där informationen bara sändes uppåt i kedjan aldrig i sidled. Det tycktes som om personalen i den här kommandocentralen i Nukhayb aldrig pratade med någon annan. Det här

var den svaga punkt som brigadgeneral Larry Henry hade letat efter. Vad som var förvånande var att det var samma luftförsvarssektor som israelerna hade flugit igenom då de 1981 bombade den irakiska kärnreaktorn i Osirak. Uppfattningen blev att detta skulle vara ett lämpligt ställe att flyga igenom vid den inledande attacken mot Bagdad. Om den här luftförsvarssektorn slogs ut under inledningen skulle inte grannsektorerna bli alarmerade genom att kommunikationen försvann.

Planen

När amerikanerna hade kartlagt Kari-systemet kunde de börja planera hur de skulle slå ut systemet.

Planen gick ut på att inledningsvis genom precisionsanfall slå ut det nationella luftförsvarscentret samt ett antal av jaktledningscentralerna. Samtidigt skulle det genomföras ett samordnat angrepp för att neutralisera luftvärnsrobotsystemen som försvarade området kring Bagdad.

Amerikanerna hade noggrant studerat det israeliska anfallet mot de syriskas luftväret i Bekaadalen. Detta anfall skulle användas som modell för alliansens betydligt mer storskaliga SEAD-plan för att trycka ner och oskadliggöra det irakiska luftväret.

Den allierade planen drog följande nytta av de israeliska erfarenheterna genom

- att underrättelser skaffa sig detaljerad bild av irakiernas luftförsvär.
- att genomföra ett skenanfall med hjälp av skenmål, omedelbart före den verkliga attacken. Man hade noggrant analyserat hur lång tid det skulle ta att ladda om de större luftvärnsrobotsystemen. Syftet med skenanfallet var dels att få irakierna att skjuta iväg de robotar som fanns på lavetterna så att de inte hann ladda om före det verkliga anfallet, dels att få mer underrättelser.
- att med störning från flygplanen EA-6B och EF-111 störa ut robotsystemens spaningsradarstationer så att robotsystemen skulle bli tvungna att använda sina smallobiga eldledningsradarstationer för att söka efter målen. Detta skulle göra eldenheterna mer sårbara för anfall med hjälp av signalsökande robotar.
- att med luftvärnsjägare F-4G och marinens EA-6B och F/A-18 genomföra ett samordnat anfall mot robotsystemens eldledningsradar, med hjälp av signalsökande robotar.



Bild 2:18. F/A-18 Hornet.

Kari kontrollerade luftförsvaret i Irak medan i det ockuperade Kuwait användes mobila luftvärnsenheter som t ex SA-6, SA-8 och Roland. Brigadgeneral Larry Henry ansåg att dessa system var ett stort problem eftersom de var mobila och kunde uppträda autonom. Men lyckligtvis, för alliansen, använde irakierna sina SA-6 mer som syrierna hade gjort än som Sovjetunionen hade för avsikt att använda dem. De flyttade inte runt dem med sina arméförband, utan uppträdde mer statiskt för att skydda det republikanska gardet.

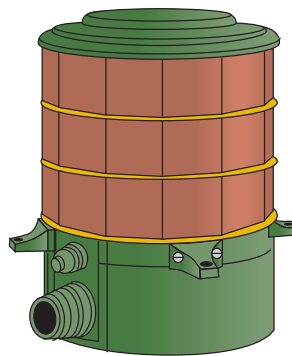


Bild 2:19. ALQ-144.

En analys visade att Irak hade en stor mängd IR-styrda robotsystem med kort räckvidd. Dessa utgjordes till stor del av den sovjetiska nya generationens SA-14 Gremlin och SA-16 Grimlet. Mot dessa system hade det befintliga IR-störaren ALQ-144 bara marginell effekt. En modifierad IR-störare ALQ-144 A fanns som prototyp men var ännu inte testad. Man visste inte hur mycket bättre den var än den gamla typen. Genom en snabb insats så införde man trots detta modifieringen på en stor del av sina helikoptrar. När Desert Storm började fanns ALQ-144 A på två tredjedelar av Apache-helikoptrarna.



Bild 2:20. Luftvärnsrobotsystemet SA-8.

Ett exempel, som visar hur viktigt alliansen ansåg det vara att ha full kontroll över motståndarens alla telesystem, är uppgiften om ett blandat amerikanskt/brittiskt SOF-team (Special Operation Force). Understödda av heli-

2. Historik

koptrar, några dagar före flygoffensiven flögs de in på djupet av det ockuperade Kuwait och hemförde ett komplett SA-8 luftvärnssystem inkluderande manualer och teknisk personal. Anledningen till detta drastiska grepp var troligtvis att signalspaningen misslyckats med att helt fastställa detta systems prestanda.

Den erövrade SA-8 gjorde sedan det möjligt att ge radarvarnarna och motmedelssystemen i alla allierade flygplan optimal inställning mot detta system.

Under månaderna före Desert Storm skedde en kontinuerlig signalspanning 24 timmar om dygnet för att bestämma position och identitet hos Iraks samtliga stridskrafter. Under den här tiden programmerades USA:s telekrigssimulatorer REDCAP och AFEWS med en detaljerad bild av det irakiska luftförsvaret. Varje del av USA:s telekrigsutrustning och taktik testades för att bestämma dess effektivitet. Personal som arbetade med REDCAP ansåg att Irak hade ett mycket hierarkiskt ledningssystem, innebärande att beslut var tvungna att fattas på mycket hög nivå och det delegerades sällan. De lägre delarna i organisationen hade liten autonomitet. För att slå ut denna typ av ledningssystem avsåg man att förstöra radarstationerna så att ledningen får en ofullständig information samt störa ut sambandet för att ytterligare förvirra.

Tabell 2:1. USA:s telekrigsresurser inför Gulfkriget 20 januari 1991

Placering	Typ	Antal
At Taif, Saudi Arabien	EF-111 A	18
Incirlik, Turkiet	EF-111 A	6
Hangarfartyg	EA-6B	27
Shaik Isa, Bahrain	EA-6B	12
Saudi Arabien, diverse baser	EC-130H	15
Incirlik, Turkiet	EC-130H	3
Shaik Isa, Bahrain	F4-G Wild Weasel	48
Incirlik, Turkiet	F4-G Wild Weasel	12
Incirlik, Turkiet	F-16C (HARM-bärare)	13
Jeddah, Saudi Arabien	EA-3B	2
Bahrain	EA-3B, P3-B	3
Masirah, Oman	EP-3E	1
TOTALT		160

Desert Storm

De allierade hade fastställt tidpunkten då flygangreppet skulle inledas till den 17 januari 1991 kl 0300. De första flygplanen som skulle ingå i anfallet lyfte från Louisiana USA klockan K- 11 timmar 35 minuter. Det var sju B-52:or som var och en var utrustade med sju kryssningsrobotar typ AGM-86.

Nästa flygföretag att lämna sina baser (K-2 timmar), var åtta attackhelikoptrar AH-64 Apache. Målet för helikoptrarna var två lågfrekventa spaningsradarstationer med lång räckvidd belägna ca 80 km in i Irak. De här radarstationerna var underställda det flygkommando som brigadgeneral Larry Henry hade kommit fram till att det var den svaga länken hos irakierna. Genom att slå ut dessa radarstationer skulle helikoptrarna öppna en korridor genom vilken sedan resten av alliansens flyg oupptäckta skulle kunna nå Bagdadområdet. Orsaken till att man hade valt helikoptrar att utföra detta viktiga anfall var flera:

1. Lågfrekventradar är svåra att slå ut med SSRB,
2. Lågfrekvensradar har bra möjligheter att upptäcka stealthflygplan,
3. Deras förmåga att stanna kvar i området och göra upprepade attacker, för att få en högre sannolikhet att målet skulle slås ut.

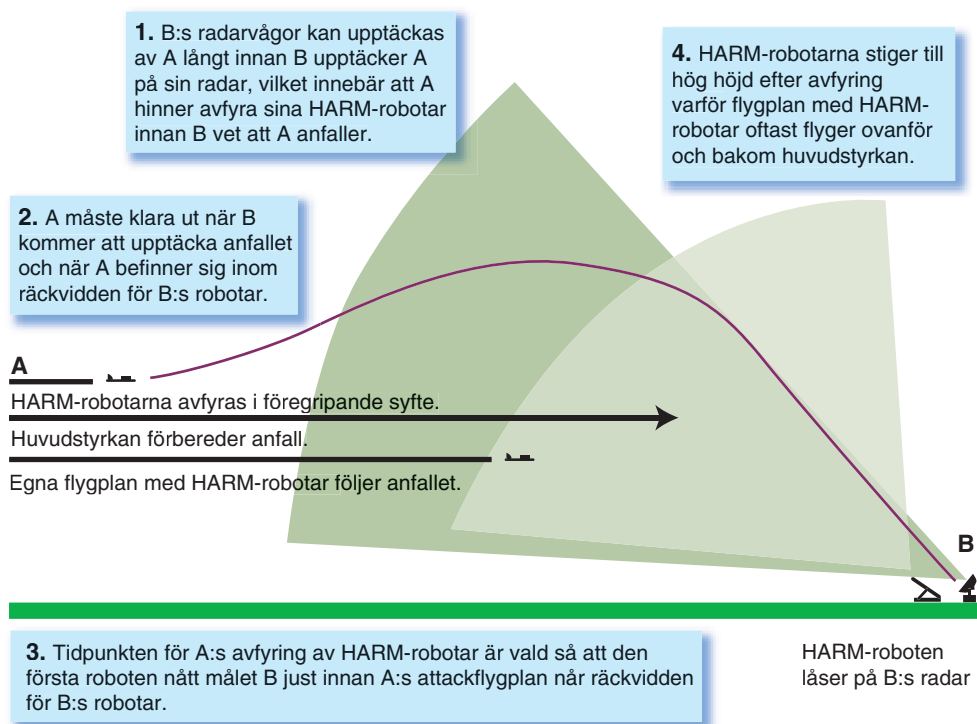


Bild 2:21.HARM-robot.



Bild 2:22. Apache

Klockan 0131 (K- 1 timme och 29 minuter) avfyrades den första kryssningsroboten från fartyget USS San Jacinto i Röda Havet. Totalt avfyrades 52 kryssningsrobotar från fartyg under det inledande anslaget. K- 45 minuter formerade sig de olika flygföretagen med attackflygplan F-117, F-111, F-15E, A-6 och Tornado och började röra sig mot den irakiska gränsen.



Bild 2:23. Tornado.

Som eskortskydd flög F-14, F-15 och F-18. Varje flygplan var utrustat med störutrustning för egenskydd, radarvarnare samt rems- och fackelfällare. För att ytterligare förvilla radarstationerna understöddes de olika anfallsföretagen med bakgrunds- och medstörning från EF-111 och EA-6B. Tillammans eller före attackplanen flög även EA-6B, F4-G, F/A- 18 och A-7 med signalsökande robotar beredda att bekämpa fiendliga eldenheter som startade sin radar.

En stund före de första attackflygplanen nådde det luftvärnsförsvarede området så inleddes en vilseledningsmanöver benämnd ”Pubas party”. 38 BQM-74 Chukar skenmål (UAV) sändes iväg från baser i Saudiarabien. De flög i formationer på medelhög höjd mot Bagdad för att efterlikna attack-

företag. Vid samma tidpunkt släpptes även de glidflygande skenmålen TALD (Tactical Air Lunched Decoys) i riktning mot Bagdad. De irakiska spaningsradarstationerna upptäckte skenmålen och när de kom inom luftvärnets porté gavs order om att öppna eld. Eldledningsradarstationerna började följa målen och salva efter salva med robotar och granater avfyrades mot skenmålen. Vid de irakiska batterierna rådde stor upphetsning, målen var som att skjuta på "sittande fågel". Oturligt nog för irakierna hade dock inte dessa "fåglar" kommit ensamma. En bit bakom och under skenmålen flög även tolv F-4G Wild Weasel, två EA-6B, tio F/A-18 Hornet och åtta A-7, alla fulladdade med roboten AGM-88 HARM. Två EF-111 och två EA-6B skyddade dem genom bakgrundsstörning.



Bild 2:24. F/A-18 Hornet.

Precis enligt plan svalde irakierna betet och luftvärnsjägarna kunde i lugn och ro rikta in sina signalsökande robotar mot radarstationerna. Enligt vissa rapporter avlossades minst 200 HARM under denna del av natten.

Nästa del i operationen inleddes klockan 0238 (K- 22 minuter). Då började attackhelikoptrarnas angrepp mot de två irakiska förvarningsstationerna. Helikoptrarna var utrustade med laserstyrda Hellfirerrobotar, 70 mm raketer samt sin ordinarie 30 mm kanon. Besättningen hade fått i uppgift att slå ut radarsystemen i en bestämd prioritetsordning. Först elgeneratorerna, sedan sambandsutrustningen, därefter själva radarn och slutligen övriga mål. Resultatet blev att båda radarstationerna slogs ut.

Analyser hade visat att de irakiska luftförsvarscentralerna normalt sett strömförsörjdes från det vanliga nationella elnätet. Vid strömbortfall kunde de få ström från reservkraftaggregat. Ett antal Tomahawkrrobotar hade programmerats att anfalla kraftförsörjningen som t ex elcentraler, transformatorstationer m m. Robotarna var lastade med trådrullar med kolfibertrådar. Rullarna sköts ur roboten när den passerade över sitt mål. När rullarna föll mot marken nystades kolfibertrådarna ut som serpentiner. Då de hamnade över kraftledningar eller i transformatorer uppstod kortslutningar varvid elnätet slogs ut. När strömmen försvann slutade datorer m m i luftförsvarscentralerna att fungera under ett antal viktiga minuter innan reservkraften hunnit startas.

2. Historik

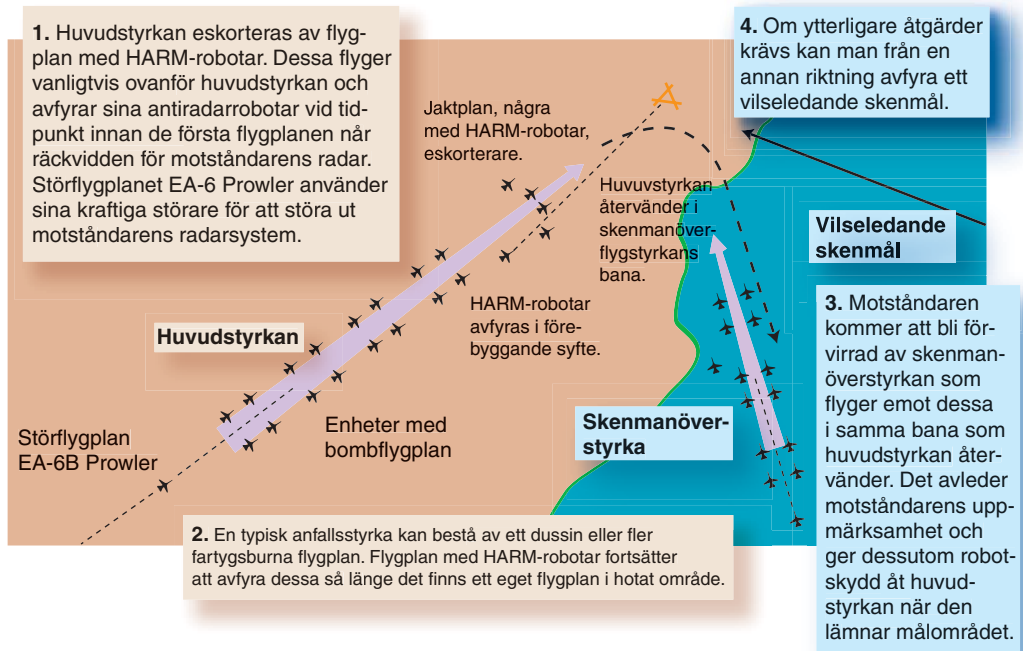


Bild 2:25. Exempel på amerikanskt flygangrepp under Gulfkriget.

Nästa steg för att skapa en säker väg för den efterföljande flygplanen bestod i att ett antal F-117 slog till mot ett antal välförsvrade nyckelmål som bl a luftförsvarscentralen i Nukhayb, vilken brigadgeneral Larry Henry hade ansett vara den svaga länken. Klockan 0251 (K- 9 minuter) träffade en styrd bomb luftförsvarscentralen och slog ut den. Vidare slog F-117 flygplan ut den centrala telefonväxeln i Bagdad och flygstaben. Klockan 0302 träffade kryssningsrobotar presidentpalatset, Báath-partiets högkvarter och robotlager. Vid samma tidpunkt började kryssningsrobotar som släppts från B-52 orna att slå ut kommunikationer, luftförsvaret och flygfält runt Mosul i norra Irak. Med luftförsvarscentralen i Nukhayb och två av dess underställda radarstationer utslagna så hade en säker korridor skapats genom iraks luftförsvaret. Av de luftvärnsrobotsystem som skulle kunnat öppna eld mot angriparna så var många tysta eftersom deras eldledningsradar redan slagits ut av signalsökande robotar under det inledande skenanfallet. Andra eldenheter hade slut på robotar efter det att robotarna skjutits iväg mot skenmålen. Genom den säkrade korridoren strömmade sedan mängder av attackflygplan på väg mot mål i bl a Bagdadområdet. Under den första natten flög koalitionen 671 bemannade flygföretag mot Irak och Kuwait. Förlusterna uppgick till endast ett flygplan, en F/A-18.

Elektronisk krigföring under Gulfkriget

Även F-117 fick understöd av störning från EF-111 och EA-6B vid sina angrepp. Under de två första veckorna utgjorde 70 % avstörningen "områdesstörning" dvs alla inom ett område fick nytta av störningen. 30% av störningen utgjorde störning till ett speciellt företag (s k man-man) Den senare metoden användes mot tungt luftförsvarade områden som Bagdad och Basra. Under senare delen av kriget då de allierade fick bättre kontroll på fienden så ökade andelen områdesstörning.

"Wild Weasel" flygplanen (luftvärnsjägare) utrustades med olika typer av materiel och vapen beroende på typ av uppdrag. En del letade efter SA-6 andra efter SA-3. Efter den fjärde dagen hade radarsändningen nedgått så kraftigt på den irakiska sidan, att det skapade problem hos de allierade. Berodde det på att radarstationerna hade slagits ut eller var de avsiktligt tysta beredda att slå till vid senare tillfälle? Eftersom förluster aldrig uppstod så drog man efter ett antal dagar slutsatsen att man faktiskt lyckats slå ut huvuddelen av det irakiska luftväret.

I marinflyget kunde dels EA-6B men även attackflygplanen F/A-18 och A-7 skjuta signalsökande HARM-robotar. Uppfattningen var att man fick ut avsevärt större effekt av de robotar som avfyrades från EA-6B då den hade bättre signalspaningsutrustning samt flera störoperatörer ombord på varje flygplan. Förmågan att välja ut ett speciellt mål blev på detta vis avsevärt större. Besättningen på de andra flygplanen hade ingen förmåga att skilja olika typer av radarstationer från varandra. Detta ledde till att de sköt så många robotar att de fick börja ransoneras. Under kriget låste signalsökande robotar vid några tillfällen på egna radarstationer. Vid två tillfällen låste de på egna artillerilokaliseringsradar. Vid det ena tillfället döddes en marinkårssoldat.

Vid kommunikationsstörning var frågan om man skulle störa ut en radioförbindelse eller om det var lämpligare att lyssna och dra nytta av informationen. I Vietnam hade man mycket sällan fått tillåtelse att störsända. Till skillnad mot i Vietnamkriget fanns en plan för hur man skulle agera vilket gjorde att det var möjligt att vid olika tillfällen använda valfri metod.

Några amerikanska slutsatser av kriget

Ungefär 7% av vapnen som användes under flygkriget var s k precisionsvapen. Alliansens förluster var ungefär 0,04% per flygföretag.

2. Historik

Tabell 2:2. Amerikanska flygförluster genom fientlig eldgivning fördelat på olika eldenheter.

Eldenheter	Förluster
Jakt	1
Kanonluftvärn	7
Lvrobot (radarstyrd)	5
Lvrobot (IR-styrd)	12
Annat	1
Okänt	1
Totalt	27

Under Vietnamkriget hade de amerikanska piloterna oftast bara haft ett luftvärnsrobotsystem att bekymra sig för och aldrig mer än två. I Irak fanns minst tio olika luftvärnsrobotsystem. Orsaken att de inte gav upphov till fler förluster kan till stor del tillskrivas den elektroniska krigföringen. Detta var det första kriget där en fungerande störutrustning var ett villkor för om ett flygplan skulle delta i ett anfall eller inte. Under Vietnamkriget hade huvuddelen av förlusterna orsakats av kanonluftvärn. I Gulfkriget orsakades 70 % av förlusterna av luftvärnsrobotar (se tabellen ovan). Huvuddelen av dessa förluster orsakades av IR-styrda robotar som t ex SA-9 Gaskin, SA-13 Gopher och de portabla SA-14 Gremlin och SA-16 Grimlet. De IR-styrda robotarna har fördelen att de i princip inte gav piloten någon förvarning före de avlossades. De var därför också svåra att bekämpa med luftvärnsjägare. Genom den kraftfulla luftvärnsbekämpningen vid de inledande anfällen utsattes de radarriktade systemen för förluster vilket ledde till att de överlevande systemen sände mycket sparsamt. Detta var troligen orsaken till att de radarstyrda luftvärnssystemen endast orsakade 18 % av förlusterna. Man bör här notera att Iraks SA-2, SA-3 och SA-6 var minst 20 år gamla. De radarstyrda systemen gav piloten förvarning då de började belysa flygplanet varvid piloten fick tid att sätta igång motåtgärder som elektronisk störning eller remsfällning. De med kort räckvidd som SA-8 Gecko och Roland var mer effektiva. Dessa fanns emellertid bara i ett mindre antal. Två flygplan, en F-14 och en F-15E, sköts ner av SA-2E. Detta robotsystem hade dock genomgått ett antal olika modifieringar vilket visar att även ett i grunden gammalt system kan utgöra ett hot om det modifieras undan för undan.

Kanonluftvärn svarade för 26 % av förlusterna. Orsaken till att det inte blev mer var troligen att alliansen aldrig flög under 3 000 m höjd om det inte behövdes för att styra in något vapensystem.

Det är viktigt att inse att de allierades framgång inte bara berodde på tekniken utan lika mycket på träning och taktik.