

HRVATSKI VOJNIK



BROJ 11. GODINA VI.

SVIBANJ 1996. BESPLATNI PRIMJERAK



Hrvatska vojna industrija

CRO-TREND

POKAZIVAČI NA KACIGI

B-52

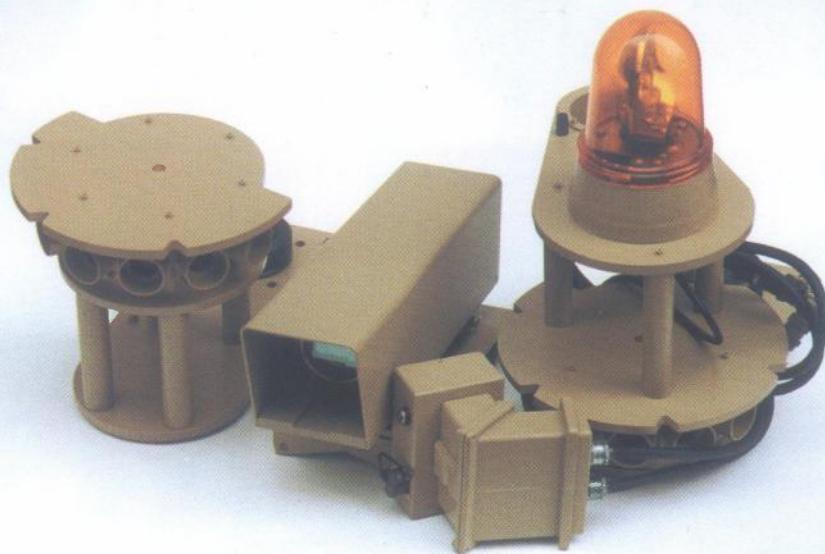


HRVATSKA VOJNA GLASINA



ISSN 1330 - 5000

9 771330 50000



Description:

LST M84 is a laser tank gun simulator. It is intended for gunnery training with 125 mm M84A tank gun. It simulates the ballistic trajectory depending on ammunition type. Hit is indicated on a target by pyrotechnical devices and flashlight. The simulator is especially useful in two-sided tactical exercises.

LASERSKI SIMULATOR CILJATELJA TANKA LASER TANK GUNNERY SIMULATOR

L S T M 8 4

Uporaba:

LST M84 je laserski simulator topa tanka M84A. Služi za izobrazbu u ciljanju na pokretne i nepokretne ciljeve s topom 125 mm tanka M84A. Uredaj simulira balističku putanju zrna, a koristi se podatcima iz balističkog računala sustava za upravljanje paljbom uzimajući u obzir vrstu streljiva. Pogodak se iskazuje svjetlosnim i pirotehničkim učincima. Simulator je posebno pogodan za dvostrane taktičke vježbe.

Tehničke značajke:

- domet: 100-3000 m
- laser: GaAlAs, klase IIIB
- pokazivanje pogotka: dimna patrona + bljeskalica
- napajanje: baterija 24 V

Technical specifications:

- range: 100 - 3000 m
- laser: GaAlAs, class IIIB
- hit registration: smoke & flash on target
- power supply: 24 V battery



Detektor mina DM-1

Mine detector DM-1

Namijenjen je za otkrivanje protupješačkih i protuoklopnih mina, koje sadrže veoma malu količinu metala, postavljenih ispod površine zemlje.

It is assigned for land mines, with very small metal content below the surface of the ground.



Tehnički podatci:

- Napajanje: -4 kom 1,5V baterije (LR20) ili NiCd 6 V blok -2,4 Ah s punjačem
- Minimalni napon baterija: 5,1 V, javlja baterijsku uzbunu
- Vrijeme rada kod + 20°C: min. 10 h
- Radna temperatura: -25° do + 50°C
- Temperatura skladištenja: -45° do + 60°C
- Masa: 3,5 kg
- Protežnosti elektroničke jedinice u torbici: 180 x 105 x 180 mm
- Teleskopski držač, radna dužina: kontinuirano od 1250 do 1700 mm

Technical data:

- Power supply: -four 1,5V battery (LR 20) or NiCd 6 V -block 2,4Ah with charger
- Minimum batery voltage: 5,1 V, emits battery alarm
- Operating time at + 20°C: min. 10h
- Operating temperature: -25° do + 50°C
- Storage temperature: -45° do + 60°C
- Mass: 3,5 kg
- Size with bag: 180 x 105 x 180 mm
- Telescopic pole, working length: adjusting from 1250 to 1700 mm



6

Hrvatska vojna industrija

CRO-TREND

Simulator za protuoklopni vođeni raketni sustav

Simulator CRO-TREND Model 1.0 trenažni je uređaj namijenjen za izobrazbu operatora u gađanju protuoklopnim vođenim raketama "Maljutka". Razvijen je vlastitim snagama hrvatskih znanstvenih ustanova te hrvatske vojne industrije, i predstavlja trenažni sustav nove generacije koji ujedinjuje najsuvremenija svjetska dostignuća na polju primjene računalske tehnike, programiranja, matematičkog modeliranja objekta upravljanja, digitalne obradbe signala te procesiranja slike



64

Povijest zrakoplovstva RYAN FIREBALL

Iako je ovaj lovac američke mornarice ostao samo kratko vrijeme u službi, saznanja dobivena njegovom uporabom pridonijela su dalnjem razvoju mlažnih borbenih zrakoplova u SAD



72

Fregate klase BROADSWORD

Britanske fregate klase Broadsword u početku su ponajprije bile namijenjene za protupodmorničku borbu, no kasnije su prerasle u višenamjenske brodove

HRVATSKI VOJNIK

Nakladnik:

Ministarstvo obrane Republike Hrvatske

Glavni i odgovorni urednik
general bojnik Ivan Tolj

Zamjenik glavnog i
odgovornog urednika
brigadir Miro Kokić

Izvršni urednik
satnik Dejan Frigelj
Grafički urednik
satnik Svebor Labura
Technički urednik
natporučnik Hrvoje Sertić

Urednički kolegiji:
Vojna tehnika
satnik Tihomir Bajtek
Ratno zrakoplovstvo
natporučnik Robert Barić
Ratna mornarica
poručnik Dario Vuljanić

Vojni suradnici
brigadir Dr. Marko Parizoski, dipl. ing.
pukovnik Dr. Dinko Mikulić, dipl. ing.
pukovnik Vladimir Superina, dipl. ing.
pukovnik J. Martinčević-Mikić, dipl. ing.
pukovnik Vinko Aranjoš, dipl. ing.
bojnik Mr. Mirko Kukolić, dipl. ing.
bojnik Damir Galešić, dipl. ing.
bojnik Berislav Šipicki, prof.
Dr. Vladimir Pašagić, dipl. ing.
Dr. Dubravko Risović, dipl. ing.
Mislav Brlić, dipl. ing.
Dario Barbalic, dipl. ing.
Josip Pajk, dipl. ing.
Bartol Jerković, dipl. ing.
Vili Kežić, dipl. ing.

Grafička redakcija
zastavnik Denis Lešić (voditelj pripreme)
Predrag Belušić
Robert Orlovac
Hrvoje Budin
poručnik Davor Kirin
zastavnik Tomislav Brandt

Marketing
Ivan Babić
Tajnica uredništva
Zorica Gelman

Kompjuterski prijelom i priprema
HRVATSKA VOJNA GLASILA
Lay out
Svebor Labura
Tisk
Hrvatska tiskara d.d., Zagreb
Naslov uredništva
Zvonimirova 12, Zagreb,
Republika Hrvatska
Brzoglossi
385 1/456 80 41, 456 88 11
Dalekomnoživač (fax)
385 1/455 00 75, 455 18 52
Rukopise, fotografije i
ostalo tvarivo ne vraćamo

VOJNA TEHNIKA

- 6 CRO-TREND *Berislav Šipicki*
- 10 Člankasto vozilo Bv 206 S *Dinko Mikulić*
- 16 Koliko je opasna prijetnja? *S. Bokan i Z. Binefeld*
- 28 Informacija - ORUŽJE STOLJEĆA? *Josip Pajk*
- 42 FRANCUSKA VOJNA IND. *Berislav Šipicki*

RATNO ZRAKOPLOVSTVO

- 46 B-52 i dalje u službi *Robert Barić*
- 52 MAW krilo *Klaudije Radanović*
- 58 Pokazivači na kacigi *Dubravko Risović*
- 64 RYAN FIREBALL *Mladen Krajnović*

RATNA MORNARICA

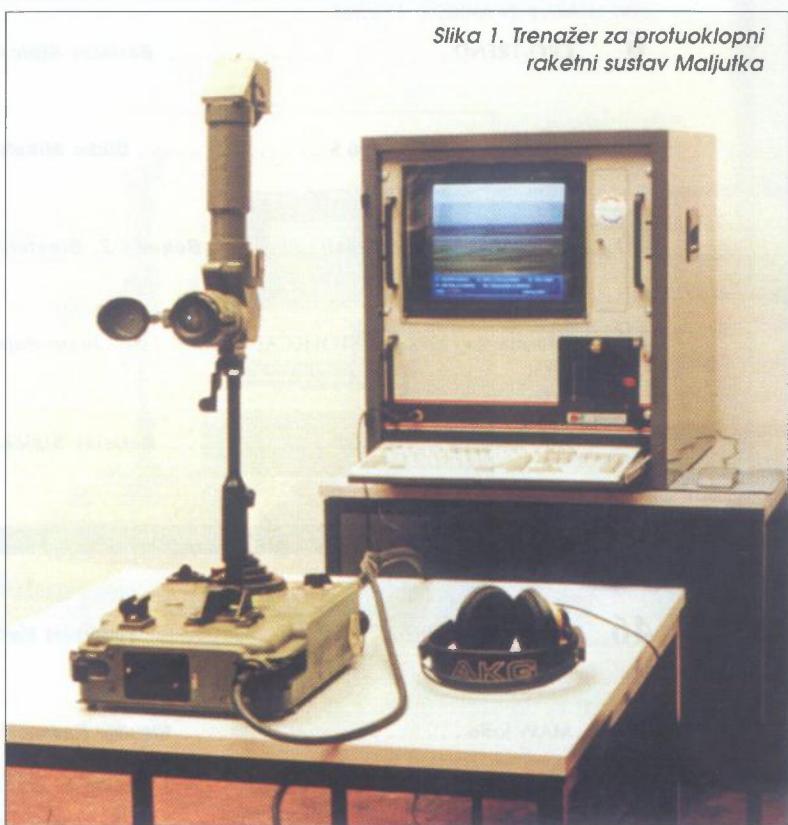
- 72 Fregate klase BROADSWORD *Dario Vuljanić*
- 78 "Meko" i "tvrdi" suprotstavljanje *Vili Kežić*



FOTO: Davor Kirin

Hrvatska vojna industrija

Slika 1. Trenažer za protuoklopni raketni sustav Maljutka



plovnih snaga s jedne strane i sveučilišta u Pensilvaniji, započinje razvoj prvog univerzalnog digitalnog trenažera leta. Ovim su digitalnim trenažerom demonstrirane mogućnosti i perspektiva uporabe digitalnih računala u sklopu real-time simulacija subsoničnih i supersoničnih zrakoplova. Dalnjim razvojem digitalnih računalskih sustava dolazi do daljnog poboljšanja performansi složenih simulatora leta glede vjernosti simulacije realnih procesa ili sustava, što je svakako značajno utjecalo na kakvoću i učinkovitost treninga. No, simulatori i trenažeri nisu korišteni, odnosno, ne koriste se samo na polju izobrazbe vojnih i civilnih pilota nego i na polju izobrazbe časnika, dočasnika i vojnika za uporabu drugih složenih oružničkih sustava kao što su PZO raketni sustavi, PO vođeni raketni sustavi, protubrodski raketni sustavi, oružnički sustavi oklopnih bojnih vozila itd. Naravno, prvi su, kao i današnji trenažeri i simulatori konstruirani ponajprije zbog pojeftinjenja vrlo složenih procesa izobrazbe koji bi iziskivali iznimno velika finansijska sredstva kad bi se sve faze izobrazbe provodile na stvarnim bojnim sustavima. Ovo posebno vrijedi za faze izobrazbe tijekom kojih operatori na složenim raketnim sustavima moraju uvježbavati sekvence

CROTREND

Simulator za protuoklopni vođeni raketni sustav

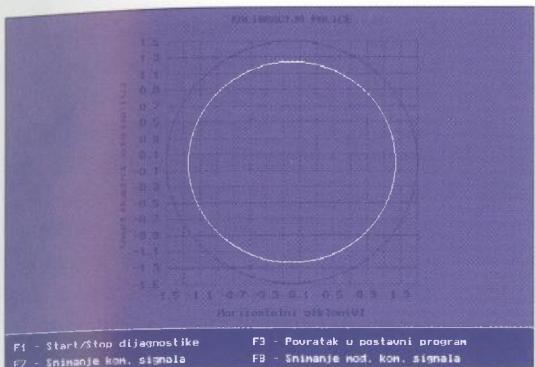
Simulator CRO-TREND Model 1.0 trenažni je uređaj namijenjen za izobrazbu operatora u gađanju protuoklopnim vođenim raketama "Maljutka". Razvijen je vlastitim snagama hrvatskih znanstvenih ustanova te hrvatske vojne industrije, i predstavlja trenažni sustav nove generacije koji ujedinjuje najsuvremenija svjetska dostignuća na polju primjene računalske tehnike, programiranja, matematičkog modeliranja objekta upravljanja, digitalne obradbe signala te procesiranja slike

Prije negoli prijeđemo na opis simulatora CRO-TREND reći ćemo nešto o razvoju trenažera i simulatora u posljednjih 50-ak godina. Naime, značajna primjena i uporaba trenažnih sredstava za razne oružničke sustave započinje tijekom II. svjetskog rata razvojem mehaničkih trenažera. Ovi su trenažeri u stvari predstavljali vrlo skromne trenažne uređaje ograničenih mogućnosti. Razvojem tehnologije, prije svega na polju elektronike, a kasnije i računalske tehnike, došlo je do značajnog razvoja i na polju trenažne opreme i simulatora. Tako već u početku 50-ih godina prvi mehanički trenažeri ustupaju mjesto prvim analognim trenažerima i simulatorima. Sredinom 50-ih godina nakon potpisivanja ugovora između američke mornarice te zrako-

uocavanja, lansiranja, praćenja i pogađanja ciljeva, odnosno za oružničke sustave koji za cilj imaju uništavanje neprijateljskih borbenih sustava složenim i vrlo skupim vođenim raketama.

Moderni simulatori omogućavaju organiziranje i provođenje izobrazbe koja za cilj ima izobrazbu operatora za učinkovitu bojnu uporabu složenih oružničkih sustava u uvjetima simulacije realnog okruženja (simulirani okoliš vrlo blizak realnom, zapovedni sklopovi i upravljačke konzole iste kao na stvarnom sustavu, ciljevi prilično realno simulirani) te procesa (uočavanja, lansiranja, leta rakete, kretanja cilja, praćenja i pogadanja cilja, simulacije stvarnih zvukova lansiranja, detonacija zvukova u pozadini/) u realnom vremenu. S obzirom da su vojni budžeti sve više predmetom ograničavanja i smanjivanja finansijskih sredstava,

Berislav ŠIPICKI

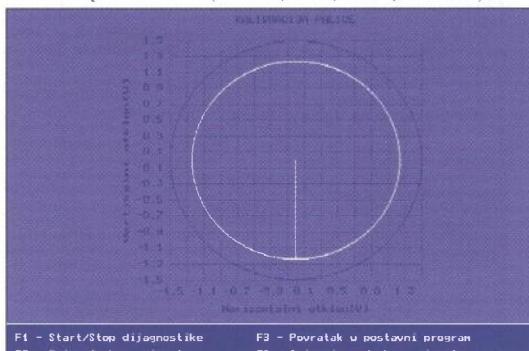


Slika 2. Izgled zaslona na početku dijagnostike

te da se sve više koriste sofisticirani skupi oružnički sustavi čije korisnike treba osposobiti za njihovu učinkovitu uporabu, sve više u posljednje vrijeme, dakle, do izražaja dolaze simulatori za izobrazbu posada koji višestruko pojefitnuju proces izobrazbe. Ovdje treba napomenuti da se ne radi samo na razvoju i proizvodnji simulatora za složene oružničke sustave već se danas radi čak i na izradbi elektroničkih simulatora za uvježbavanje gadaanja sa streljačkim naoružanjem, tako da se na ovom, na oko beznačajnom glede cijene, polju izobrazbe uštide također velika finansijska sredstva. Isto tako danas se u svijetu puno radi i na razvoju taktičkih simulatora čime se značajno podiže "kakvoća" zapovjednog kadra te ubrzava i pojefitnuje izobrazbu. Ovakvim se simulatorima simuliraju konkretna C'I okruženja, pri čemu zapovjednik koji se nalazi na stožernom trenažu dobiva uvid o stanju na terenu preko sustava C'I, digitaliziranog zemljovida kao i direktnim osobnim motrenjem zbivanja na terenu (simulirana scena dijela bojišta na kojem dotični zapovjednik vodi svoju postrojbu). No, vratimo se na razvoj simulatora, pri čemu ćemo nešto više o njihovom razvoju i problemima s kojima su se susretali razvojni timovi reći na primjeru razvoja simulatora za protuoklopne vodene raketne sustave. Kad je riječ o simulatorima za izobrazbu operatora na protuoklopnim vođenim raketnim sustavima prve generacije (tzv. ručno vođenje) treba naglasiti da se pri razvoju ovakvih simulatora ističe problem simulacije leta ručno vodene protuoklopne rakete pri čemu treba riješiti problem uključivanja operatora u formiranu petlju vođenja kako bi se omogućio njegov učinkovit i kvalitetan trening. Da bi stečena znanja, iskustva i vještine na ovakvom simulatoru bila uporabljiva u praksi, odnosno da bi se uspješno transferirala na realni sustav od posebnog je značenja razina vjernosti čitavog procesa u odnosu na realni. Zbog ovog razloga razvoj istraživanja na ovom području nastao je osigurati simulaciju u realnom vremenu na raspoloživim mikroračunalskim resursima i kompleksnijih modela. Razina složenosti modela za simulaciju dinamike i kinematike leta rakete kretao se od najjednostavnijih lin-

eariziranih modela do visokovjernih nelinearnih i nestacionarnih modela. Uz ovaj korak u razvoju koji je poduzet s ciljem podizanja razine vjernosti simuliranih procesa treba spomenuti i nastojanje da se u petlju vođenja uključi realni hardware. Ovo se nije nastojalo učiniti samo s ciljem da se osigura visoka razina vjernosti čitavog procesa u odnosu na realni, nego i da se kroz proces sprezanja realnog hardwarea u petlju vođenja, osiguri i njegova provjera i dijagnostika. Ovakav pristup ima vrlo veliku važnost zbog praktičnih implikacija koje ovakav sustav ima na kompletan sustav dijagnostike i održavanja konkretnih, u ovom slučaju protuoklopnih raketnih sustava.

Čitav proces razvoja iznimno je složen i zbog vrlo složenog puta iznalaženja praktičnih tehničkih rješenja, odnosno, usvajanja određenih tehnologija, kao i zbog vrlo složenog procesa identifikacije dinamičkih parametara rakete (posebno kad se kreće od "nule" u smislu "poznavanja" određenog sustava za koji se želi razviti spomenuti sustav), složenih poligonskih eksperimentata (snimanja trajektorije rakete),



Slika 3. Zapovijed GORE

rekonstrukcije trajektorije iz dobivenih rezultata i obradba rezultata ili izradba matematičkog modela (ovo drugo u slučaju da ne posjedujemo dovoljno "kvalitetne" podatke o svim važnim parametrima može dovesti u konačnici do stvaranja sustava koji u nekim elementima odstupa manje ili više od realnog sustava), generiranje aproksimativnih kontinualnih modela, njihova diskretizacija, te implementacija na odgovarajućem računalskom sustavu. No ni tada nije posao završen, jer slijede praktične primjene realiziranog sustava koje se odnose na trenažu operatora, tzv. "man-in-the-loop" provjeravanje, odnosno provjeravanje realnih pod-sustava hardwarea tj. njihovu staticku i dinamičku dijagnostiku tzv. "hardware-in-the-loop" provjeravanje.

Namjena, sastav i temeljne osobine

Simulator CRO-TREND, Model 1.0, namijenjen je za osposobljavanje

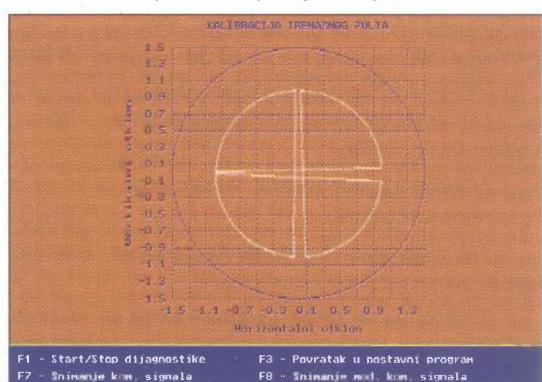
operatora i održavanju potrebnog stupnja uvježbanosti za ručno vođenje protuoklopnih vodenih raketa 9M14M "Maljutka".

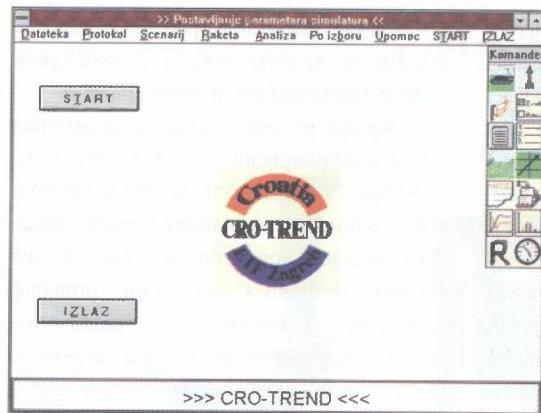
Razvijen je vlastitim snagama znanstvenika i inženjera okupljenih na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu te hrvatske vojne industrije, i predstavlja trenažni sustav nove generacije koji ujedinjuje najsuvremenija svjetska dostignuća na polju primjene računalske tehnike, programiranja, matematičkog modeliranja objekta upravljanja, digitalne obradbe signala te procesiranja slike.

Simulator se temelji na višeprocesorskom sustavu visokih performansi što omogućava kvalitetnu simulaciju stvarnih uvjeta, što opet vodi k trajnom stjecanju ispravnih navika u radu s bojnim sustavom 9K11. Fotorealistična slika terena, snimljena kroz optički sustav sličan (po osobinama) optičkom sustavu operatorova monokularnog periskopskog dalekozora i superponirana na 3D-zemljovid terena daje vrlo uvjерljiv prikaz stvarne scene terena. 3D simulacijski sintetizirani model cilja superponiran je na scenu i u gibanju slijedi konfiguraciju terena. Ako se k tome doda i simulirana zvučna kulisa koju čini zvuk raketnog motora prigodom lansiranja i leta, zvuk udara rakete u cilj ili zemlju, zvukova na stvarnom bojnom polju (detonacije topničkih projektila, brzometna paljba strojnica, paljba pušaka i dr.), te potpuno vjerno simulirano kretanje trasera rakete u operatorovu vidnom polju ostvareno simulacijom najsloženijih modela dinamike i kinematike rakete, može se reći da je u kabinetskoj izobrazbi postignuta najveća približnost stvarnim uvjetima protuoklopne borbe. Simulator omogućuje zadavanje velikog broja različitih trajektorija i brzina cilja te određen skup početnih uvjeta lansiranja rakete. Isto tako moguće je zadavati različite atmosferske uvjete na odabranoj sceni (vidljivost, vjetar, temperatura).

Što se tiče uporabe bojnog i trenažnog pulta, treba reći da nema bitne razlike u radu s bojnim pultom i trenažnim pultom, odnosno simulacijskim modelom pulta, što dodatno pokazuje korektnost matematičkih modela u simulaciji. Operator se može izučavati samostal-

Slika 4. Nulla zapovijed (palica je u srednjem položaju)





Slika 5. Izgled temeljnog prozora postavnog programa

no (samoizobrazba) ili pod nadzorom operatora. Svako vođenje na simulatoru moguće je naknadno analizirati grafičkim prikazom trajektorija rakete i cilja (sl.10). Isto tako se na kraju svakog vođenja, u slučaju pogotka cilja, grafički na povećanoj slici cilja u gornjem lijevom kutu zaslona monitora pokaže mjesto pogotka na cilju. Svi rezultati izobrazbe memoriraju se i stalno su na raspolaganju za naknadne raščlame i obradbe.

Fleksibilnost simulatora ogleda se u mogućnosti izbora različitih scena stvarnog terena, izbora različitih trajektorija cilja i uporabe bojnog ili trenažnog pulta za vođenje uz mogućnost dijagnosticiranja ispravnosti i jednog i drugog tipa pulta.

Simulatorom CRO-TREND jednostavno se rukuje u "Windows" okruženju tako da nikakva posebna računarska znanja nisu potrebna za uporabu simulatora. Prigodom uključivanja simulatora provodi se samoprovjeravanje simulatora pri čemu se odmah otkriva (ukoliko postoji) bilo kakva hardware ili software pogreška unutar sustava. Instalacija i prilagodavanje vrlo su jednostavni i ne zahtijevaju nikakve specijalne alate.

Cilj predočava troprotežni sintetički model odgovarajuće boje kako bi što više sličio stvarnom. Veličina cilja na sceni ovisi o udaljenosti cilja od "PP-a", smjeru kretanja i stalno se mijenja tijekom kretanja, tako da operator ima realnu vizualnu predodžbu.

Operator sam određuje trenutak lansiranja, lansira raketu te je prema pravilima propisanim metodikom izobrazbe operatora vodi k cilju. Pritom je vrlo realno prikazan položaj rakete u prostoru pomoću sintetičkog modela trasera, odnosno, rakete.

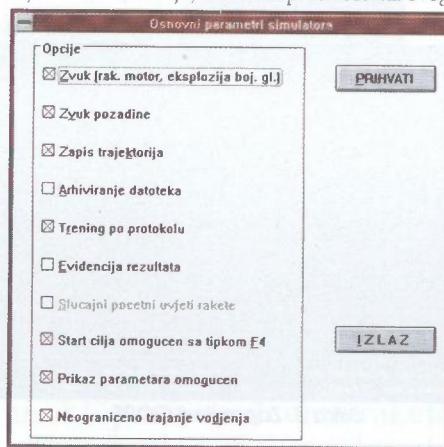
Simulator CRO-TREND sastoji se od:

- multiprocesorskog računalskog sustava u industrijskom kućištu,
- monitora u industrijskom kućištu,
- tipkovnice i miša,
- međusklopa za prilagodbu signala između pulta za vođenje i simulatora,
- kabela za povezivanje pulta za vođenje s međusklopom,
- mrežnih kabela,

- korisničkih uputa,
 - tehničkih uputa,
 - pulta za vođenje (za rad se može koristiti i bojni pult).
- Svi sastavni dijelovi simulatora integrirani su unutar jednog zaštitnog kućišta koje ujedno služi za prijenos i prevoženje simulatora. Simulator se napaja naponom iz mreže (220 V) ili naponom iz aggregata (220 V).

Uporaba simulatora

Uporaba simulatora CRO-TREND vrlo je jednostavna čemu uvelike pridonosi Windows okruženje pomoću kojeg se na vrlo jednostavan način ostvaruje interakcija između hardvera i čovjeka, odnosno simulatora i operatera, a isto tako je uporaba pulta za vođenje sustava 9K11 potpuno jednaka uporabi pulta u stvarnim bojnim uvjetima, što operatoru omogućava da se vrlo brzo "poveže" sa sustavom simulatora te u uvjetima vrlo bliskim realnim provede izobrazbu u vođenju. Kad je riječ o vjernosti simulacije, odnosno prednostima ovog



Slika 6. Dijalog-prozor za postavljanje temeljnih parametara

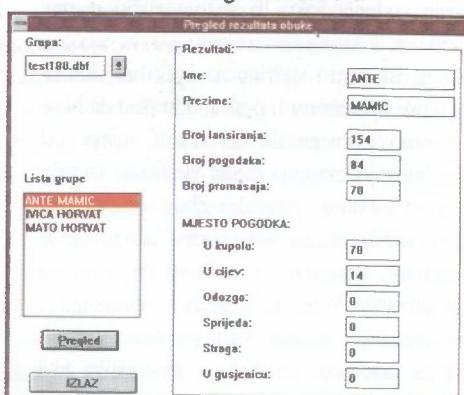
simulatora pred ostalim trenažerima i simulatorima treba reći da se te prednosti očituju u sljedećem:

- vjernoj audiovizuelnoj simulaciji stvarnog bojnog gađanja,
- jednostavnom rukovanju maksimalno prilagođenom korisniku,
- jednostavnom postavljanju i izmjeni parametara simulacije,
- mogućnosti ponavljanja snimljenog gađanja, te analize vođenja rakete,
- vođenju evidencije gađanja polaznika izobrazbe po protokolu,
- jednostavnom održavanju,
- nepromjenljivosti parametara simulacije u ovisnosti o stareњu komponenata uređaja i zagrijavanju,
- dijagnostici ispravnosti pulta za vođenje (trenažnog i bojnog),
- mogućnosti provođenja trenaža i bojnim i trenažnim pultom.

Puštanje simulatora u rad. Simulator CRO-TREND sastoji se od dva temeljna dijela. To su računalski sustav i međusklop za prilagodbu signala. Operator može provoditi trenaž na simulatoru ili s bojnim ili trenažnim pultom. Ovi pulovi razlikuju se po načinu povezivanja i radu, te će svaki put prigodom prolaska određenih procedura za vrijeme puštanja u rad simulatora, biti naglašena uporaba tipa pulta. Kad želimo "pokrenuti" simulator, nakon otvaranja kutije simulatora, spajanja pulta, priključivanja slušalica te mrežnih kabelova za napajanje uključujemo preklopnik na prednjoj strani računala i monitora te preklopnik za uključivanje međusklopa. Nakon uključivanja ovih elemenata simulatora upali se odgovarajuća signalna LED dioda (lampica). Isto tako je potrebno na kućištu međusklopa odabrati tip pulta (bojni ili trenažni). Nakon što je izvršeno podizanje računalskog sustava otpočinje samoprovjeravanje simulatora. Pritom se provjeravaju automatski svi važniji podsustavi simulatora te ukoliko dove do otkaza bilo kojeg podsustava na zaslonu se daje odgovarajuća poruka. Ako se svi testovi provedu bez pogreške na zaslonu monitora pojavljuje se pitanje o tipu pulta koji korisnik koristi. Nakon odgovora na pitanje postavlja se pitanje o potvrđi izbora pulta, a nakon potvrde pojavljuje se pitanje da li se želi provesti dijagnostika pulta s kojim radimo ili se želi prijeći u trenažni mod. Ako odaberemo dijagnostiku pulta (npr. trenažnog) pojavljuje se na monitoru nekoliko opcija. Odaberemo li opciju dijagnostika palice trenažnog pulta pojavljuje se slika na zaslonu kakva je prikazana na slici 2. Nakon toga na pultu se sklopka za izbor lansera postavi u takav položaj da lampica "raketa postavljena" zasvijetli, pritisne se tipka za lansiranje te se pomicanjem palice u krajnje položaje lijevo, desno, gore i dolje mijenja grafički prikaz na zaslonu monitora.

Na slici 3 prikazan je izgled dijagrama kad se palica pomakne u krajnji položaj "gore" za ispravnu palicu pulta. Na slici 4 prikazan je izgled dijagrama prigodom dijagnosticiranja trenažnog pulta s palicom u nultom položaju. Ukoliko tijekom dijagnosticiranja pulta (bilo bojnog bilo trenažnog) dijagrami na zaslonu

Slika 7. Pregled rezultata



odstupaju od dijagrama prikazanim u uputama za uporabu simulatora, ispitivani pult je neispravan. Ako je pult ispravan može se prijeći na tre-naž operatora.

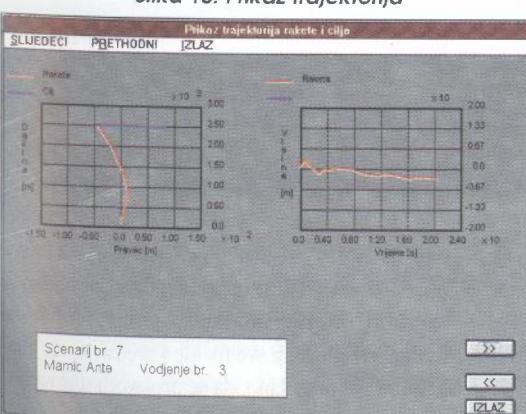
Naćini rada simulatora. Prigodom uporabe simulatora može se koristiti nekoliko načina rada simulatora. To su: postavni način, trenažni način, replay (repriza vođenja) način, i demo vođenje.

• *Postavni način rada simulatora* omogućava zadavanje i postavljanje parametara simulatoru koji u trenažnom načinu rada određuju scenarije po kojima se odvija proces izobrazbe operatora na simulatoru. Postavni način je realiziran u prozorskom ("Windows") sučelju primjenom izbornika i dijalog prozora kojima se upravlja na jednostavan način pomoću tipkovnice ili miša. Izgled glavnog prozora postavnog programa prikazan je na slici 5.

• *Trenažni način* je temeljni način rada simulatora kojim se za odabrane scenarije, definirane ciklusom trenaža, izvodi proces izobrazbe u vođenju protuoklopne vođene rakete na pokretne i nepokretne ciljeve. Tijekom ciklusa trenaža moguće je s jednim operatorm proći jedan ili više različitih scenarija (maksimalno 12), pri čemu svaki scenarij odgovara jednom lansiranju, odnosno vođenju rakete. Pritom treba naglasiti da se svaki scenarij može razlikovati ne samo po pozadini, odnosno sceni na kojoj se izvodi simulirana protuoklopna borba, već i po daljinu do cilja (500-3000 m), smjeru kretanja cilja (prema paljbenom položaju ili od njega i to okomito ka PP-u, koso, cik-cak itd.), brzini cilja (do 70 km/h), tipu cilja (tank, oklopní transporter, kamion-cisterna, bunker i sl.) te atmosferskim uvjetima (visoka ili niska temperatura, vjetar, magla).

• *Replay, odnosno reprizni način rada* provodi se nakon trenaža s ciljem detaljnije raščlambe svih vođenja operatora u jednom ciklusu, što omogućava instruktoru da tijekom izobrazbe kroz raščlambu simuliranih gađanja daje operatorima savjete i naputke o prihvatanju rakete, vođenju, praćenju cilja, uvođenju rakete u borbeni dio putanje itd., kako bi operator tijekom izobrazbe ili trenaža stekao ili zadržao.

Slika 10. Prikaz trajektorija

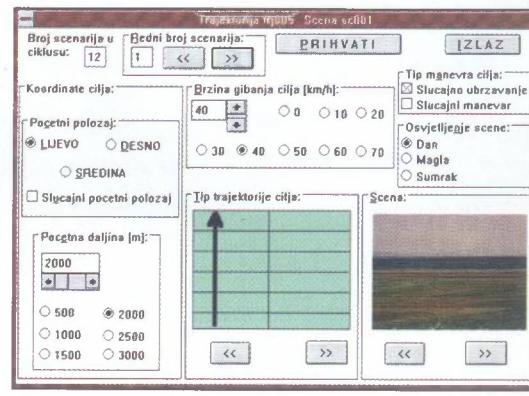


pravilne navike kod uporabe sustava 9K11.

• *Demo vođenje* je slično reprodukciji vođenja, s razlikom što se tim načinom izvodi prikaz arhiviranih gađanja koja služe kao pokazna gađanja u početnoj fazi izobrazbe.

Postavljanje parametara simulatora. Da bi se mogla provesti pravilna izobrazba na simulatoru CRO-TREND potrebno je postaviti odgovarajuće parametre u postavnom načinu rada. Na slici 5 prikazan je izgled glavnog prozora postavnog programa pomoću kojeg se može ući u određene izbornike i postaviti odgovarajuće parametre (za brzinu cilja, vjetra, daljinu, scenu itd.) S izbornicima se može raditi preko tipkovnice ili pomoću miša. Isto tako u desnom gornjem kutu glavnog prozora nalazi se prozor unutar kojeg je prikazano 14 sličica (ikona) koje simboliziraju odredene izbornike.

Prigodom postavljanja parametara prvo se ide na postavljanje ciklusa trenaža kojim se



Slika 8. Dijalog-prozor za postavljanje trenažnog scenarija

tre rakete preko dijalog prozora prikazanog na slici 9. U ovom dijalog prozoru postavljaju se parametri rakete koji određuju početne uvjete lansiranja za svaki scenarij. Osim parametara koji određuju početne uvjete lansiranja rakete, u ovom se dijalog prozoru još zadaje i temperatura okoline.

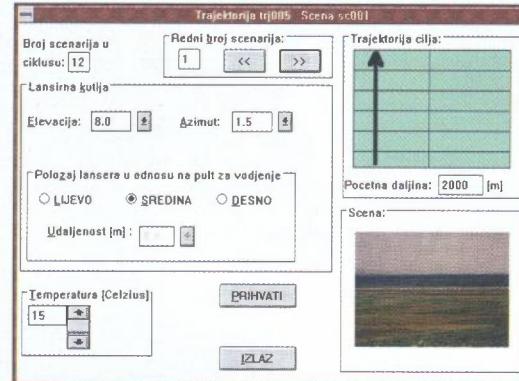
Tehnički opis simulatora

Simulator CRO-TREND je, kako smo naprijed već napomenuli, namijenjen za izobrazbu operatora u vođenju protuoklopne vođene rakete 9M14M "Maljutka" u okruženju koje vjerno simulira stvarno okruženje. Prema koncepciji to je višeprocesorski, sofisticirani, visoko pouzdani i tehnički "up-to-day" simulator. Engleski izraz "up-to-day" odnosi se na mogućnost stalnog poboljšanja performansi računarskog sustava ugradnjom novijih i bržih sklopova koji se stalno pojavljuju na tržištu informatičke opreme.

Zaglavak

Za simulator CRO-TREND se nakon svega gore rečenog može reći da je rezultat primjene najmodernijih tehnologija na polju elektronike i informatičke tehnike, odgovarajućih matematičkih metoda kojima su dobiveni matematički modeli vrlo bliski realnom sustavu i okruženju, kao i znanja i iskustva hrvatskih znanstvenika te hrvatske vojne industrije.

Simulator CRO-TREND svojim performansama i jednostavnosću uporabe omogućava provođenje vrlo kvalitetne i sveobuhvatne izobrazbe i trenaža operatora na protuoklopnim vođenim raketnim sustavima prve generacije - 9K11 "Maljutka" - čime operatori i kandidati za operatore zahvaljujući njegovim osobinama tijekom izobrazbe stječu pravilne navike te znanje i iskustvo što im omogućava da u radu s realnim sustavom postignu odlične rezultate što su i pokazali u operacijama za oslobođanje Republike Hrvatske.



Slika 9. Dijalog-prozor za zadavanje parametara rakete

određuje broj scenarija u jednom ciklusu trenaža ili izobrazbe, te se nakon toga prelazi na postavljanje parametara scenarija (svi scenariji mogu biti s istim parametrima ili potpuno različitim). Zatim se postavljaju temeljni parametri simulatora. Temeljni parametri simulatora su svi oni parametri koji globalno određuju režim jednog od načina rada simulatora i koji su neovisni o broju scenarija u ciklusu. Temeljni parametri simulatora prikazani su na slici 6. Nakon postavljanja temeljnih parametara simulatora upisuju se podatci o polaznicima tečaja. Za svakog se upisanog polaznika nakon završetka ciklusa izobrazbe mogu dobiti rezultati preko prozora prikazanog na slici 7. Kad se završi s upisom polaznika prelazi se na postavljanje scenarija (jednog ili više). Trenažni scenarij određen je fotorealističnom scenom na kojoj se odvija simulirana protuoklopna borba te trajektoriju cilja. Dijalog prozor za postavljanje trenažnog scenarija prikazan je na slici 8. Prigodom postavljanja parametara moguće je postaviti i paramete



Oklopni transporter Bv 206 S je oklopna inačica sveterenskog gusjeničnog člankastog vozila Bv 206 S. Prevozi 12 vojnika s kompletom borbenom opremom ili 1600 kg korisnog tereta

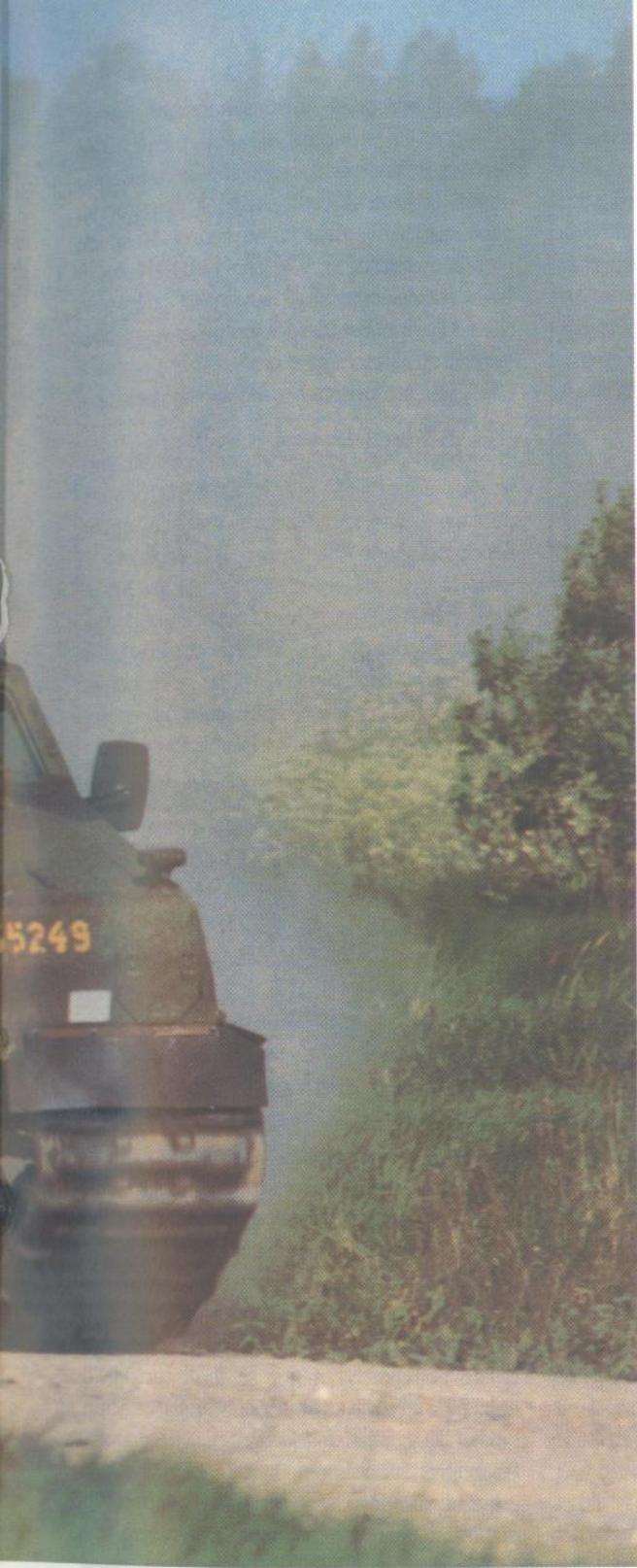
ČLANKASTO

Dinko MIKULIĆ

Z

ahtjev švedske vojske bio je složeniji nego što se to na prvi pogled činilo. Vozilo koje ga može ostvariti mora se i brzo kretati po cestama, mora sva-

dati močvare, prepoloviti prilično velike vodene površine, svladavati ispresjecano zemljište i, napokon, mora biti sposobno za uporabu u sniježnim uvjetima. Uz sve to, ide i preuvjet da vozilo mora biti pouzdano, da se proizvodi u dovoljn



im količinama i da ga je lako održavati. Osim svega, vojska je zahtijevala da troškovi održavanja vozila

Tijekom sedamdesetih godina švedska vojska postavila je proizvođačima vozila kratak i jasan zahtjev - vozilo mora omogućiti da se na svako odredište u Švedskoj može doći u svako doba godine. Razvijeno je člankasto gusjenično vozilo Bv 206 iz dva dijela, što je bilo temelj razvoja obitelji specijalnih vozila. Vozilo se ističe performansama prohodnosti i upravljanja u ekstremnim uvjetima uporabe

oznakom Bv 206, nakon što su provedena opsežna ispitivanja pod najtežim uvjetima. Dosad je iz tvornice izšlo više od 10.000 ovih vozila, raznih inačica kako za vojne tako i za civilne svrhe. Vozilo Bv 206 i Bv 206 S koristi 28 zemalja, uključujući i osam zamalja članica NATO saveza. U vojnoj izvedbi prodana su u više od 16 zemalja.

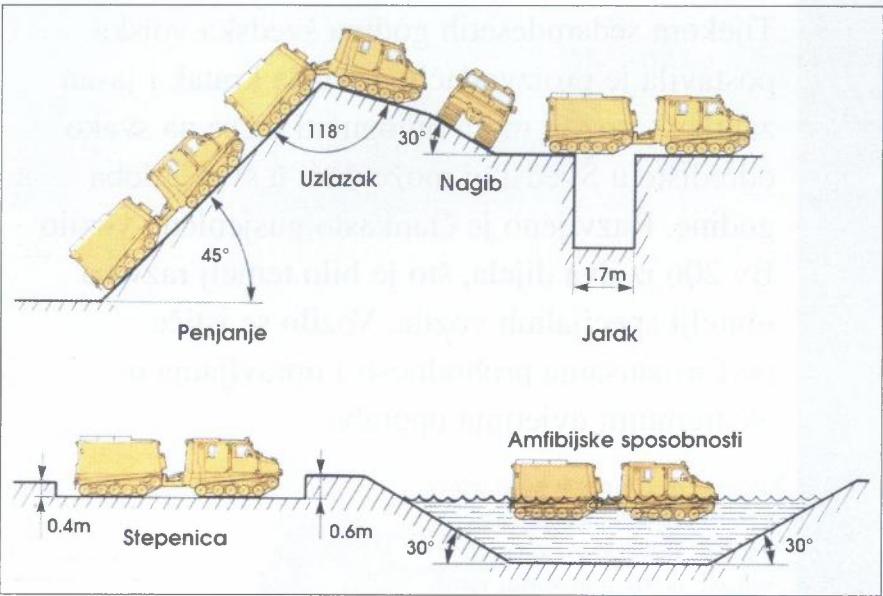
Temeljne značajke

Bv 206 je člankasto vozilo koje se sastoji od dva članka, a opremljeno je upravljačkim hidrostatskim sustavom upravljanja čitavim gusjeničnim vozilom (artikulirano kretanje vozila) za razliku od klasičnog upravljanja gusjeničnim vozilom. Pogon je ostvaren na sve četiri gusjenice. Konvencionalni diferencijal na prednjem i stražnjem dijelu vozila omogućava raspodjelu bočnih sila. Za razliku od vozila u jednom dijelu, sveukupno djelovanje vučne sile usredotočeno je na gusjenice oba vozila. Prednje i stražnje vozilo je usuglašeno jedno s drugim, vodoravno u cilju upravljanja i vertikalno glede praćenja neravnog zemljišta. Prvu seriju vozila Bv 206 pokretao je Fordov V-6 vodom hlađeni benzinski motor koji je razvijao snagu od 136 KS pri 5200 okretaja u minuti. Specijalno vozilo Bv 206 S pokreće turbo Dieselov motor od putničkih vozila OM 603. 950

VOZILO Bv 206 S

udu u ponudu, da ti troškovi budu ugrađeni u proizvodne troškove i cijenu vozila. Švedska tvrtka Hägglunds Vehicle AB udovoljila je svim tim zahtjevima u početku osamdesetih godina vozilo je napokon bilo spremno za proizvodnju pod

od 6 cilindara, snage 100 kW/4600 min⁻¹, proizvodnje Mercedes Benz, a isti proizvođač isporučuje i automatsku transmisiju. Na cesti se može kretati brzinom od 52 km/h, a po vodi se kreće brzinom od 4 km/h. Gusjenice su široke 620 mm i obložene



Performanse prohodnosti člankastog gusjeničnog vozila Bv 206 S

su gumom, dok je njihovo vođenje osigurano dvostrukim redom valjaka. Prosječni vijek trajanja im je 10.000 km. Površinski tlak na tlo izrazito je nizak - svega 0,12 bara, što je manje od polovice tlaka ljudskog stopala, a postiže se korištenjem laganih tvoriva visoke čvrstoće. Ovakav niski tlak, zajedno sa zglobnim upravljanjem omogućava veliku prohodnost vozila po mekoj podlozi, kao što je močvara ili snijeg. Vozilo se može koristiti kao amfibijsko bez posebnih priprema. Pri kretanju vodom pogon dobiva preko gusjenica, a upravljanje je isto kao i na kopnu.

Vozilo Bv 206 može, pod punim opterećenjem, ulaziti u vodu i izlaziti iz nje kod nagiba obale do 25°. Uspon koji vozilo može svladati ograničen je trenjem između podloge i gusjenica. Maksimalna teoretska vučna sila koju spojnica može izdržati je 65.000 N. U praksi, maksimalna vučna sila za spojnici na suhom asfaltu je 43.000 N. Vozilo može vući

prikolicu od 2,5 tona. Konstruirano je kao vozilo za sva zemljišta i za sve vremenske prilike, što znači da može izdržati široki spektar vanjskih temperatura i količina vlage u zraku. Vozilo spada u skupinu lako oklopnih vozila na gusjenicama. Standardna zaštita vozila štiti posadu od svog streljačkog streljiva i krhotina topničkih projektila na udaljenosti od 40 metara.

Američka kopnena vojska izvršila je ispitivanja vozila Bv 206 u svezi s otpornošću na uvjete vruće i suhe klime, na ispitnom poligonu u Yumi, Arizona, te otpornošću na vruću i vlažnu klimu u Centru za

ispitivanja u tropskim uvjetima u Panami.

S malim promjenama i uz pripreme to se vozilo može koristiti na temperaturama u rasponu od -46 °C do +43 °C. Pokretljivost na putovima nema zapaženu veliku putnu brzinu. Međutim, potrebo je reći da se ovdje izraz pokretljivost sastoji iz dva elementa:

- Prohodnosti, tj. sposobnosti da se svladava neravno zemljište,

- Mogućnosti da se vozilo lako i brzo prenosi zrakoplovima.

Bv 206 može se prenositi zrakoplovom, vrtoletom, transportnim vozilom i vlakom. Da bi transport bio besprijeckorno siguran vozilo je opremljeno posebnim dijelovima za podizanje i učvršćivanje. Ako je potrebno, vozilo Bv 206 se može izbaciti iz zrakoplova i spustiti uz pomoć LVAD padobrana (Low velocity airdrop - za sruštanje malom brzinom). Podiže se uz pomoć noseće mreže, odnosno smještajem u vrtolet. Primjeri mogućnosti prijevoza zrakoplovom:

Zrakoplov:

-Transall C-160	2 x Bv 206
-C-130 Hercules	2 x Bv 206
-C-141 Starlifter	3 x Bv 206
-C-5 Galaxy	16 x Bv 206

Vrtolet:

-CH-53	1 x Bv 206
-CN-53 Chinook	1 x Bv 206

Konstrukcija širokih mogućnosti

Temeljna konstrukcija ovog vozila uključuje samonoseće oklopno tijelo od pancirnog čelika ili plastike ojačane staklenim vlaknima (civilne svrhe) i odvojeno podvozje vozila-podvozje. Stoga se vrlo jednostavno od istih temeljnih sastavnih dijelova može izraditi čitavi niz inačica vozila za vojne i civilne potrebe. Na motor se može priključiti hidraulički uredaj u svrhu stalnog rada različitih priključaka, npr. hidrauličke dizalice ili generatora. Pokretljivost vozila poboljšana je i smanjenjem protežnosti kod Bv-S inačice. Ova se inačica može prenosi u unutrašnjosti široko korištenog teškog



Svladavanje ispresijecanog zemljišta.
S artikuliranim upravljačkim sustavom gusjeničnog člankastog vozila, realizira se maksimum vučne sile u najtežim ekstremnim uvjetima uporabe, u kontinuitetu bez prekida



transportnog vrtoleta CH-47 Chinook i CH-53 vrtoleta.

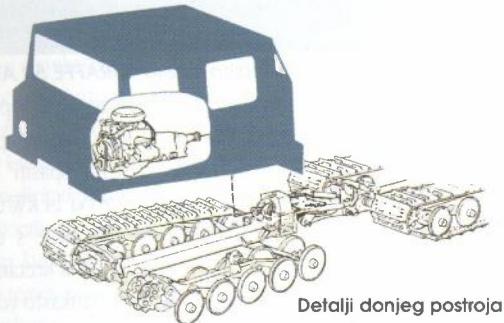
Osim korištenja u vojne svrhe, iznimne mogućnosti kretanja po otvorenom terenu omogućavaju da se ovo vozilo koristi za različite druge namjene, posebice za pomoć u slučaju nesreća, za djelovanje vatrogasnih brigada i kod spašavanja u slučaju elementarnih nesreća. Posebno treba naglasiti mogućnost pomognog prevoženja ranjenika po neravnem zemljištu. Među

nosi pričuvne akumulatore i 3 kVA diesel-ski agregat. Tu je i 20 m visoka antena koja se može postaviti na tlo ili na samo vozilo. Bv 206 Vozilo za ometanje neprijateljskih veza raspolaže za to posebnim uredajima. Antena se postavlja na antenski stup visok 18 metara koji se može brzo sklopiti. Bv 206 Radiolokatorsko vozilo s uredajem za prikupljanje radiopodataka i instrumentima za ustanavljanje smjera radiosignalata. Antena se postavlja na 18 metara visoki teleskopski antenski stup.

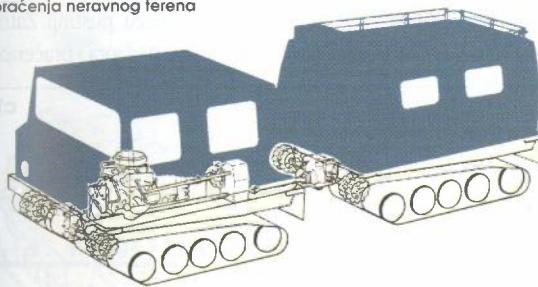
Radarsko vozilo.

Giraffe 50 ATC radar za pretraživanje postavljen na Bv 206 vozilo. Giraffe 50 AT ima domet od 50 km, a visina stupa podižeće platforme iznosi 7 m. Sve funkcije - istodobno uočavanje i praćenje do 20 ciljeva, procjena i označavanje, kao i uočavanje vrtoleta su automatske. Giraffe 50 AT može u borbi nadzirati PZO postrojbe. Stražnje vozilo ove RBS 90 jedinice nosi HARD 3D LPI radar za pretraživanje. RBS 90 je daljinski nadziran, autonoman sustav projektila za protuzračnu obranu, s mogućnošću neprekidnog 24-satnog rada. Proizvod je tvrtki Swedish Ordnance, Hägglunds i Ericsson, a namijenjen je potrebama

Konstrukcijske značajke podvozja vozila Bv 206



Dva gusjenična vozila spojena posebnim hidrostatskim upravljačkim mehanizmom. Prednje i stražnje vozilo je artikulirano, zglobno u odnosu jedan prema drugom, vodoravno u cilju upravljanja, i vertikalno radi praćenja neravnog terena



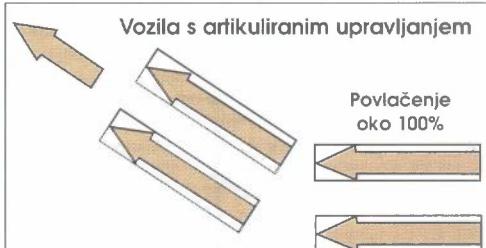
Temeljna pogonska sveza

značajnije primjene spada održavanje cjevovoda, istraživački radovi, rad na dalekovodima, zaštita okoliša.

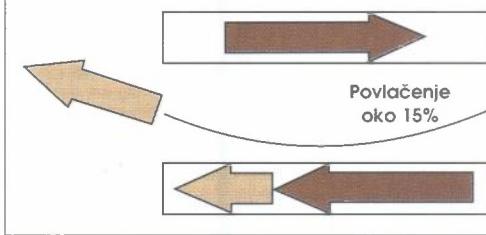
Inačice oklopnjaka Bv 206

Temeljno oklopno vozilo Bv 206 je transporter, konstruiran da udovolji oštrim vojnim zahtjevima kao što je velika prohodnost na svim vrstama zemljišta i u svim vremenskim uvjetima, visoka pouzdanost u radu, niski troškovi rada i mala potreba za održavanjem. Prepoznaje se po odličnoj prohodnosti po neravnem i mekom zemljištu, zahvaljujući minimalnom tlaku na tlo, dobrom upravljanju i pogonu na sve četiri gusjenice. Amfibijsko vozilo ne traži nikakvih posebnih priprema za kretanje vodom. Automatski mijenjač (može se dobiti na tržištu) omogućava glatko mijenjanje stupnjeva prijenosa, a vrijeme izučavanja vozača je minimalno. Loši vremenski uvjeti i težak teren ne predstavljaju ovom vozilu velike poteškoće kao na primjer zrakoplovima ili vrtolietima koji se ne mogu spustiti na ovako tlo.

Radiorelejno vozilo. Bv 206 Radiorelejno vozilo s VHF ili UHF višekanalnim radiopostajama za automatsko odašiljanje signala. Stražnje vozilo



Vozila kojima se upravlja preko gusjenica



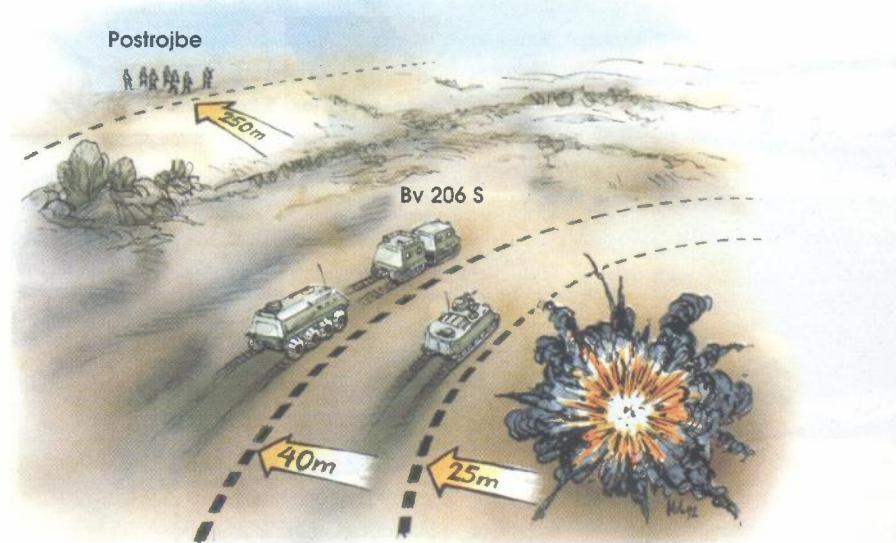
Usporedni prikaz značajki artikuliranog upravljanja vozilom i klasičnog gusjeničnog upravljanja

Švedske vojske.

Zapovjedno vozilo. Ova inačica BV 206 vozila je vrlo pokretna radna postaja za zapovjednika postrojbe. Unutrašnjost je dovoljno prostrana da se mogu smjestiti četiri standardne vojne radio-postaje, a električni sustav vozila udovoljava standardu MIL-STD-416C. Stražnje vozilo nosi pričuvne akumulatore. U prednjem je vozilu

Razina zaštite na bojišnici od krhotina haubice 155 mm HE

- Zaštita od streljiva: 5.56 AP NATO, 7.62 Ball, 7.62 AP NATO;
- Zaštita od protupješačkih mina, i vozilo je još mobilno u slučaju oštećenja jedne gusjenice;
- ABK zaštita;
- Niska razina IR radijacije;
- Smanjen rizik od radarskog otkrivanja



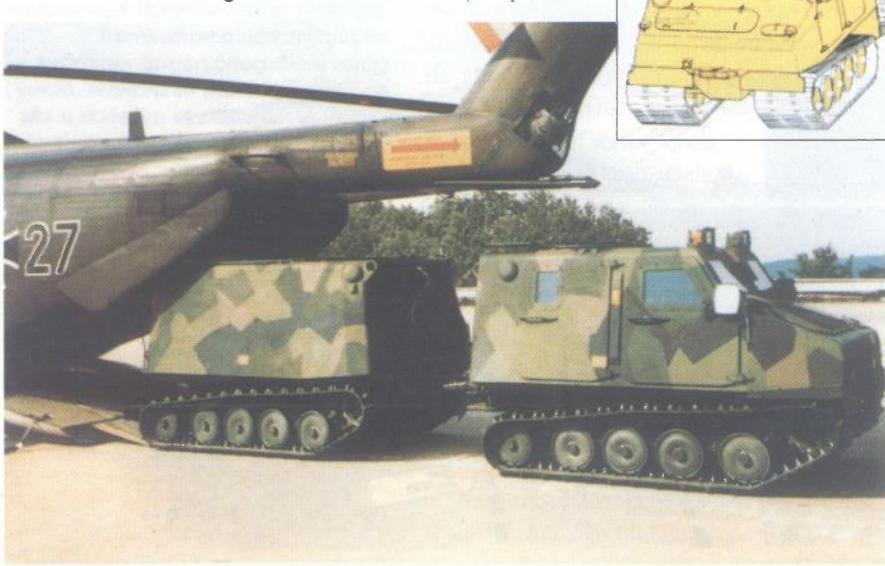


Radiolokatorsko vozilo Bv 206

Obitelj vozila Bv 206.

- Inačice:** a) Samovozni minobacač 81 mm ili 120 mm
- b) Vozilo saniteta i evakuacije
- c) Vozilo za izvlačenje
- d) Zapovjedno vozilo

Brzo premještanje vrtloptom člankastog vozila Bv 206 S



zapovjednik i on ima dvije radne postaje kojima se daljinski nadziru međusobne veze i radiooprema u stražnjem vozilu. Stražnje vozilo ima tri radne postaje i dva dopunska sjedala za posadu ili vojnike. U vozilu je radiokomunikacijska i telefonska oprema.

Ostale inačice bojnog vozila Bv 206 mogu biti: samovozni minobacač 81 mm ili 120 mm, višecijevni bacač mina za izradbu minskih polja, zaštitno vozilo za evakuacije, anti-radijacijski shelteri, nosač protutankovskih raketa, vozilo za izvlačenje, logističko vozilo, ambulantno vozilo, te klasični oklopni transporter, naoružan strojnicom 12.7 mm. Kao takvo, ovo vozilo je postalo svjetski nosač različitih bojnih i nebojnih sustava.

Zaglavak

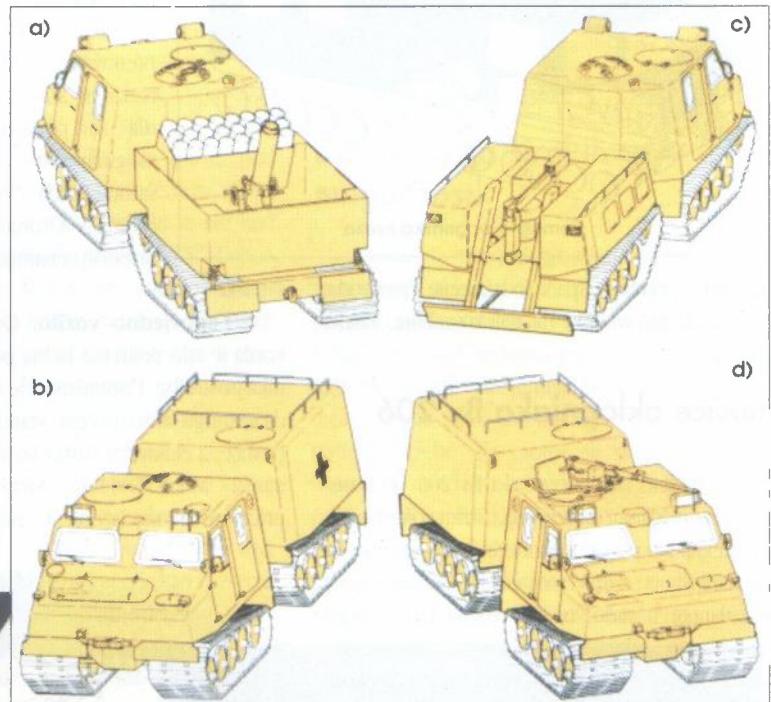
Na kraju, glavne prednosti Bv 206 S člankastog gusjeničnog vozila su: minimalni površinski tlak na podlogu od 0.12 bara, kontinuirano zglobovalno hidrostatsko upravljanje, i pogon na četiri gusjenice

pruža iznimnu prohodnost na svim vrstama tereina. Budući je stražnji članak ovisan o prednjem članku po pitanju pogona, u slučaju otkaza ili oštećenja prednjeg članka (npr. nailaskom na minsku zapreku) zadnji članak iako ispravan neće moći biti pokretan, što je jedan od nedostataka. U bojnim akcijama člankasta vozila imaju prednost



Radarско vozilo GIRAFFE 50 AT

samo ako su članci nezavisni po pitanju pogona u slučaju otkaza jednog od njih. Tada je pokretan jedan članak, i može izvući i spasiti oštećeni članak. Sa specifičnom snagom od 14 kW/t spada u skupinu vojnih vozila srednje klase s dovoljno snage u pričuvu. Maksimalna brzina kretanja vozila nije veća od 52 km/h, ali je za člankasto vozilo vrlo velika. Operativna pokretljivost ostvaruje se zračnim prijevozom. Vozilo je vrlo pogodno za uporabu u ekstremnim tropskim i arktičkim uvjetima: džungli, močvarama, snijegu, pustinji. Zato je više pogodan za vojne zadaće nadzora i praćenja, a



ne zadataka izravne bojišne crte. C³ funkcije, oklopni prevoznjak, logističko osiguranje, "peacekeeping" operacije, i slično, su za očekivati realan domet ovog vozila.

Literatura:

1. W. Rinke: Mobility has reached a new dimension, The Bv 206, ISTVS Conference "Off Road Vehicles in Theory and Practice" Vienna, 1994.
2. Prospekt vozila Bv 206 S, Armoured personnel carrier Hägglunds Vehicle AB, 1995.

Prednosti i nedostaci uvođenja ISO 9000

Na kraju spomenimo s kojim prednostima i nedostacima treba računati tvrtka koja namjerava uvesti sustav kvalitetnog upravljanja prema zahtjevima odgovarajućeg dijela ISO 9000.

• Tvrta može povećati svoju rentabilnost. Loša kakvoća industriju godišnje stoji milijarde dolara. Promet tvrtki koje ne istražuju potrebe kupca (i zbog toga ne uspijevaju zadovoljiti te potrebe) u pravilu opada za 15 pa čak i za 50 posto. Prosječna dobit britanske tvrtke iznosi 4 posto od ukupnog prometa, a svako smanjenje troškova kakvoće izravno povećava dobit. Tvrte koje imaju sustave kvalitetnog upravljanja (koji dobro funkcioniraju), mogu smanjiti troškove kakvoće tako da iznose manje od 5 posto od ukupnog prometa.

• Motiviranost osoblja u takvima tvrtkama se povećava iz više razloga:

-Osoblje nije opterećeno ispravljanjem pogrešaka i zahtjevima da se unatoč tome pridržava propisanih rokova i nije na meti nezadovoljnih

• Registriranim je tvrtkama u mnogim slučajevima dopušteno da se koriste zaštitnim znakom odobrene tvrtke, primjerice u promidžbene svrhe, ali ne smije se koristiti zato da se kupca navede na zaključak da je proizvod odobren.

Ovdje treba naglasiti da se registracija na temelju ispunjavanja zahtjeva koje propisuje ISO 9000 odnosi isključivo na sustav kakvoće koji organizacija posjeduje. Potvrdu o usuglašenosti proizvoda s propisanim standardom ili proizvodom i radnim propisima osigurava BSI koji na takve proizvode stavlja oznake Kite Mark ili Safety Mark ili kakva druga certifikacijska kuća kao npr. sanitarna inspekcija (Health and Safety Executives) s oznakom BASEEFA i sl.

Da bi proizvod mogao dobiti oznaku koja svjedoči o ispunjavanju određenih zahtjeva, kao npr. BSI-ov Kite Mark, on mora biti proizveden u tvrtki koja ima razvijen sustav kakvoće sukladan zahtjevima koje propisuje ISO 9000.

• Iako to još nije dokazano pravnim putem, opće je mišljenje pravnika, da će u slučaju spora utemeljenog na utužljivosti proizvoda, tvrtka imati

ŠTO JE ISO 9000?

J. MARTINČEVIĆ MIKIĆ

(IV. dio)

Budući da je ranije rečeno da ISO 9000 definira kakvoću kao primjerenost svrsi (fitness for purpose), tj. da li je proizvod ili usluga projektiran i proizведен tako da udovolji potrebe kupaca, to će ovdje biti rečeno što je svrha primjene standarda ISO 9000

Upravo na taj način ISO 9000 koriste u visokoindustrijaliziranim zemljama svi veliki javni kupci i mnoge nezavisne certifikacijske kuće, a izvozne tvrtke čiji su sustavi kakvoće prema međunarodno priznatom standardu certificirani od nezavisnih kuća, lakše dobivaju poslove od stranih partnera.

Kupaca,

-Standard zahtjeva da se definiraju procedure, a ako su djelatnici uključeni u aktivnosti izrade procedura oni ih se i pridržavaju,

-Standard svojim klauzulama o nezavisnom "auditu" i reviziji menagementa pozitivno djeluje na vodoravnu i vertikalnu komunikaciju unutar tvrtke,

-Standard zahtjeva da se utvrde i učinkovito provode i verificiraju korektivne akcije. Kako se pomoću kontinuiranih nadzornih aktivnosti osigura pridržavanje danim zahtjevima, eliminira se frustracija,

-Povećana rentabilnost pospješuje sigurnost očuvanja radnih mjeseta.

• Nakon što je organizacija odobrena i registrirana, podaci o njoj se unose u popis odobrenih tvrtki Ministarstva za trgovinsku i gospodarsku razmjeru, a dostavljaju se i certifikacijskoj kući. BSI takve podatke objavljuje u svojem mjesечnom biltenu kao i u Priručniku za kupca koji izlazi jednom godišnje. Sve su ove publikacije u stalnom optjecaju, tako da registriranim tvrtkama mogu osigurati dodatne poslove, jer skreću pozornost potencijalnih kupaca na ponudu registriranih tvrtki.

najbolje izgleda za pozitivnim razriješenjem spora ako se pokaže da provodi sustav kvalitetnog upravljanja prema zahtjevima koje propisuje ISO 9000, te ako pohranjuje i održava spise koje taj standard propisuje.

• Mnoga osiguravajuća društva koja nude police osiguranja protiv štete nastale zbog utužljivosti proizvoda, registriranim organizacijama daju povlastice u vidu nižih premija.

• Registracija na temelju ispunjenja zahtjeva ISO 9000, danas je nužan preduvjet poslovne suradnje s mnogim vladinim, javnim i privatnim organizacijama.

U sljedećem broju o slabostima uvođenja sustava kakvoće vezano za vrijeme i troškove koje registracija iziskuje.

(Nastavlja se)

Audit je po definiciji sustavno i nezavisno istraživanje čiji je cilj utvrditi da li su aktivnosti kakvoće i rezultati tih aktivnosti u skladu s unaprijed razradenim planovima, te da li se oni učinkovito provode i da li su prikladni za postizanje specifičiranih ciljeva.

SO 9000 je međunarodno priznati standard koji najblaže rečeno na organizirani način propisuje ono što je dobra praksa potvrđala kao "zdrav razum" u vodenju poslova. Podijeljen je u 20 točaka kako bi se korisnicima omogućila djelotvorna i jednostavna primjena njegovih zahtjeva.

Primjena ISO 9000 znači stvarno ekonomiziranje, zato što je na taj način sustav nadziran od početka do kraja, zato što će se unijeti ekonomiziranje u resurse i vrijeme utrošeno na replaniranje ili modificiranje projekta. Takoder će biti ostvareni potpuni zapisi o svakoj fazi realiziranih aktivnosti - što je od neprocjenjive važnosti za budućnost.

Dobavljači proizvoda i usluga mogu koristiti ISO 9000 kad postavljaju vlastiti sustav kakvoće, kupci mogu specificirati da kakvoća proizvoda i usluga koje kupuju moraju biti zajamčeni standardom ISO 9000. Osim toga kupci ili treća strana mogu koristiti ISO 9000 kao temelj prosudbe kakvoće dobavljačeva sustava upravljanja i sukladno tome procijeniti da li je dobavljačeva sposobnost kadra proizvesti dobru robu ili pružiti dobru uslugu.

Službena politika britanskog Ministarstva obrane (MoD) prema nezavisnoj procjeni usklađenosti sa zahtjevima standarda ISO 9001 i ISO 9002 definirana je u specijalnom biltenu 1/90 koji je u srpnju 1990. godine izdao glavni direktor Osiguranja kakvoće u obrani.

Dobavljači proizvoda i usluga za koje postoje zahtjevi kakvoće/inspekcije od 1. rujna 1991. godine moraju biti specificirani od strane akreditirane kuće da bi mogli biti uvršteni u popis registriranih dobavljača obrane. Certifikacija se mora kontinuirano obnavljati kako bi tvrtka mogla ostati na tom popisu. Po isteku valjanosti certifikacije MoD pridržava pravo da provodi procjene i da specificira uvjete u kojima će se takve procjene provoditi. Ove procjene mogu biti utemeljene na specifikacijama ISO standarda kao i relevantnim AQAP. U slučaju da se tvrtka poglavito bavi obavljanjem softwarea, procjena će se provoditi sukladno s AQAP-150.

Biološko i toksinsko naoružanje - KOLIKO JE OPASNA PRIJETNJA?

Biološko ("bakteriološko") oružje se koristi za vođenje biološkog ("bakteriološkog") rata ili agresije, sa ciljem namjernog izazivanja masovnih infektivnih bolesti u epidemijskim razmjerima u ljudi, životinja i korisnog bilja i slabljenja ratnih potencijala protivnika



Slika 1. Britanske su postrojbe bile najbolje zaštićene postrojbe protiv kemijskih i bioloških ratnih agenasa u Zaljevskom ratu

Prema definiciji UN 1969. godine *biološki ratni agensi* su živi organizmi prirodno ili infektivno tvorivo (materijal) izvedeno od njih, koji mogu uzrokovati bolest ili smrt u ljudi, životinja ili biljaka, ovisno o njihovim učincima i sposobnosti razmnožavanja u čovjeku, životinji ili biljki koji su napadnuti. To su patogeni mikroorganizmi: bakterije, virusi, rikecije, gljivice i protozoe, prirodni ili izmijenjeni genetskim inženjerstvom ili nekim drugim biotehnološkim postupkom, te njihovi toksini, ako su namijenjeni za nemiroljubive svrhe i izazivanje epidemija (ljudi), epizootija (životinje) i epifitotija (biljke).

Biološko naoružanje čine biološki ratni agensi i sustavi te sredstva za njihovu primjenu i prenošenje u borbeno stanje. Brojne zarazne bolesti i intoksikacije uzrokuju tzv. "dvostruko prijetići agensi" (Dual-threat agent- DTAs). To su bakterije, virusi, rikecije i gljivice, koji nisu samo prirodno opasni za živi organizam već mogu biti namjerno korišteni kao biološki ratni agensi i to

kao **biološko oružje (BO)** i toksinski ratni agensi kao **toksinsko oružje (TO)**, uzrokujući bolest i smrt u ljudi životinja i biljaka. DTAs su uzročnici endemske bolesti u razvijenim zemljama, koje imaju visok postotak smrtnosti i pobola, te su uzročnici tzv. "iznenadnih teških bolesti".

Neki od njih su uzročnici tzv. "emerging and reemerging diseases" ili zaraznih bolesti koje su u povijesti izazivale epidemije, a koje se već dulje vrijeme ne pojavljuju osim sporadično, kao i bolesti koje se prvi put pojavljuju.

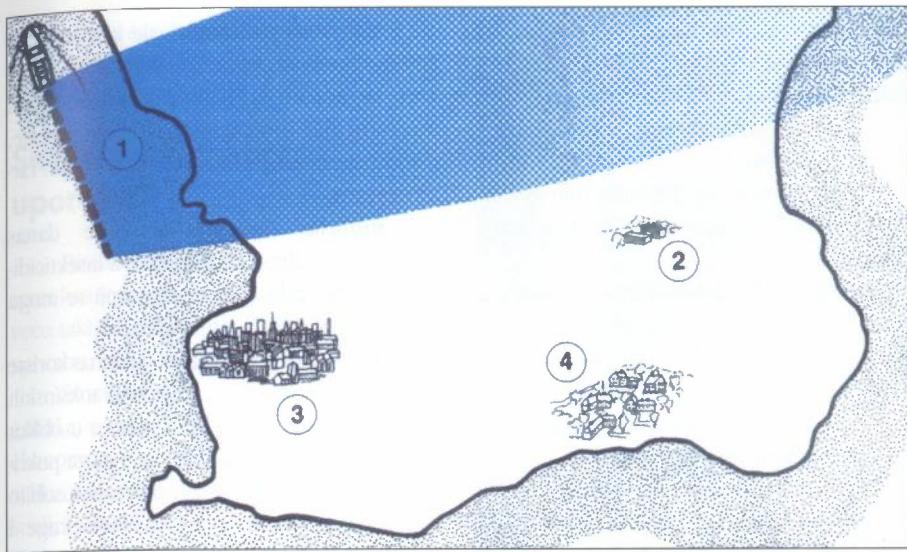
To su za razdoblje 1993.-1994. godine uzročnici:

-kolera (kolera- 01 el tor i kolera- 0139, dengua, kala azar (lišmanijaza), pertusis, krpeljni encefalitis, groznica doline Rift, tuberkuloza, žuta groznica, humana granulocitna erlihioza, DHV (dengua hemoragijska groznica), nekrotizirajući fascitič (streptokok A), AIDS (HIV- 1, HIV- 1 podtip- 0).

Uporaba bioloških ratnih agenasa u ratu nikad nije dokazana, osim opsežnih eksperimenta-

Slavko BOKAN

Zlatko BINENFELD



Slika 2. Tipovi operacija biološkim i toksinskim ratnim agensima: (1) Područje koje je kontaminirano diseminacijom u smjeru vjetra iz broda uz obalu 20 km; (2) Prostor rizika pobolaiza biološkog napadaja topništvom ili kao sabotaža; (3) Prostor rizika pobolaiza biološkog napadaja preko gradskog vodovoda; (4) Širenje bioloških i toksinskih ratnih agenasa hranom (proizvodnja i distribucija hrane)

ta koje je japanska vojska provodila u Kini tijekom II. svjetskog rata. U povijesti bioloških ratnih agenasa poznati su primjeri uporabe, a jedan od najdrastičnijih je zaražavanje kugom branitelja luke Caffa na Krimu 1346. godine, koja se kasnije prenijela preko Sicilije i Korzike do Genove, i dalje cijelom Europom. Bolest je prozvana "Crnom smrti" zbog toga što je od nje umrlo oko 25 milijuna ljudi. Godine 1763. je britanska vojska zarazila neposlušna indijanska plemena u Ohaiu boginjama, što je uzrokovalo epidemiju.

Tijekom 1941. i 1942. godine Englezi su ispitivali uzročnika antraksa (*B. anthracis*) na otoku Gruinard, a spore ove bakterije su se mogle naći i 1979. godine. Tada je uporabljeni oko 10 milijuna litara dezifičijensa za dekontaminaciju.

Ovaj je agens bio pripremljen kao biološko oružje za odmazdu ukoliko bi njemačka vojska koristila svoje biološko oružje. Japanska je vojska eksperimentirala od 1940.-1945. godine u Kini s kugom, antraksom i parafusom, a korišteni su i zarobljenici među kojima je umrlo oko 2500-3000 ljudi. Japan nije bio potpisnik ženevskog protokola 1925. godine.

Tijekom II. svjetskog rata i kasnije razvojem mikrobiološke genetike i drugih dostignuća u molekularnoj biologiji, dolazi do porasta djelotvornosti biološkog oružja selekcijom agenasa i razvojem eksperimentalne aerobiologije. Ovim metodama povećana je virulencija i otpornost na antibiotike i kemoterapeutike. Tada su započela i istraživanja bakterijskih toksina zbog povećanog interesa za njihovu uporabu kao toksinskih ratnih agenasa.

Nakon usvajanja Konvencije o zabrani biološkog oružja 1972. godine počinje vrijeme moderne biotehnologije te se genetskim inženjerstvom otvaraju neslućene mogućnosti u

raznim znanstvenim područjima, ali započinje i militarizacija biotehnologije ciljanim izmenama strukture gena u mikroorganizmima.

Genetsko inženjerstvo je unaprijedilo i razvilo kompletno nove tipove bioloških i toksinskih ratnih agenasa i to:

- izmjenom određenog patogenog mikroorganizma da se razlikuje od njegovih roditelja i klasiifikacijom kao novi agens,
- proizvodnjom novih agenasa omogućujući kombinacije "poželjnih obilježja" kao što su kontrolirana virulencija i toksičnost patogena.

Moderne rekombinatorne DNK-tehnologije omoguće su i razvoj genetskog oružja. To su biološki i kemijski ratni agensi uključujući i toksine, koji imaju kancerogene i mutagene učinke kao i teratogene učinke, a čine tzv. "buduću višegeneracijsku bombu" mnogo opasniju od danas poznatih visokotoksičnih tvari. Međutim, teško je vjerovati da bi se ovo oružje koristilo u neprijateljske svrhe, zbog svog izrazitog odgođenog djelovanja.

Etničko oružje se može definirati kao oružje za ubijanje ili oštećenje specifičnih etničkih skupina. Ovo oružje koristi razlike u genskim frekvencijama specifičnih populacija a istraživanja i mogući razvoj ovih "genotipski ciljanih oružja" prvi put se spominje 1970. godine. Etničko oružje je, međutim, predmet opširnih špekulacija.

Hvatanje u koštarac s genijem - biološkim oružjem

Utvrđivanje diplomatskog režima da se zaustavi proliferacija biološkog oružja nije samo podijelila Istok i Zapad, nego i kreira stresne lomove u zapadnoj aliansi preko verifikacije mjerena.

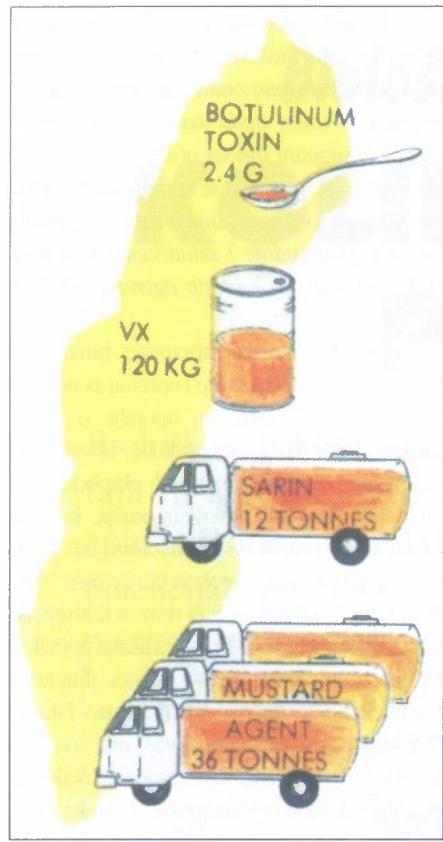
Britanski politički analitičar Colin Grey jednom je iznio mišljenje: "Kontrola naoružanja je potrebna samo onda kad nije moguća i moguća je samo onda kad nije potrebna". Njegov pesimizam izgleda posebno prikladan s obzirom na pokušaje da se verifikacijom mjerila i postupaka podupre Konvencija o zabrani razvoja, proizvodnje i skladištenja bilo koje vrste bioloških i toksinskih agenasa od 1972. godine.

Ova Konvencija zabranjuje biološke i toksinske ratne agense, kao i opremu za njihovo rasprostiranje s namjerom uporabe u neprijateljske svrhe ili oružane sukobe, te zahtjeva uklanjanje postojećih oružja, ali eksplicitno ne zabranjuje uporabu bioloških oružja, koja su zabranjena ženevskim protokolom od 1925. godine. Ako bi nacrt protokola bio usvojen 1996. godine na IV. konferenciji za reviziju Konvencije o biološkom oružju, to bi bio radikalni pomak u načinu definiranja ciljeva i granica dogovora multilateralne kontrole naoružanja. Pitanje "koliko je verifikacije dovoljno?" nije novo, ali kontekst u kojem je postavljena je vrlo nedefiniran. Verifikacija je postala sporna dvadeset godina nakon što je prihvaćena Konvencija, zbog dramatičnih promjena koje su se odigrale u tom vremenu.

Danas se vjeruje da su SAD obustavile razvoj ofenzivnog biološkog oružja 1969. godine zbog straha da ne izazovu utru u naoružavanju, a ne zbog procjene da ovo oružje ima malu vojnu vrijednost, kako je u to vrijeme tvrdio predsjednik Nixon. Godine 1972. SAD, UK i tadašnji SSSR su bili prvi potpisnici Konvencije ali je komplikirano pitanje verifikacije postupaka i mjerena zaobiđeno. Napredak biotehnologije i činjenica da sve veći broj zemalja smatra biološko i toksinsko oružje jeftinije i tehnički lakše izvedivo, kao alternativa kemijskom i nuklearnom oružju su dva glavna motiva koja stoje iza tekućih tendencija da se ojačaju pokušaji za obuzdavanje proliferacije.

Izvori u vlasti SAD računaju da oko sto zemalja mogu otpočeti s programima biološkog oružja bez suradnje ili uz pomoć razvijenih zemalja. Također je alarmantna izjava ruskog predsjednika Borisa Jelcina 1992. godine da Ruska Federacija nastavlja s programima ofenzivnog biološkog oružja usprkos potpisivanju Konvencije.

Čak i s nastavkom SAD/UK/ Ruskog programa građenja povjerenja, vuku se sumnje da Rusija nije zatvorila "dučan". Strah nastao od tzv. "sindroma rata u Zaljevu" i gužve da se snage Koalicije cijepe, dovodi do zaključka da SAD i saveznici nisu pripremljeni politički ili vojno da se suoči s prijetnjom od biološkog oružja. Dok se neki analitičari slažu da je rat u Zaljevu lekcija za zemlje Trećeg svijeta da se ne suoči sa SAD bez nuklearnog oružja, bit će također tvrdnji da se pomoću biološkog oružja može na brzi način



Slika 3. Usjedrenje djeleotvornosti toksinskog i kemijskog oružja na temelju proračuna količina koje su potrebne da ubiju svekoliko pučanstvo Švedske, uz preduvjet da je zahvaćena sva populacija, da nema zaštite i da je postignut 100 % učinak

postići ista ravnoteža.

Verifikacija mjerila i postupaka za Konvenciju zahtijeva skupu opremu i eksperitiz, vrlo nametljive inspekcije, a s obzirom da je biotehnologija multi-milijardsko dolarski posao postoji stalno strah od industrijske špijunaže i zaštitne mjere od obaveštajnih aktivnosti su vrlo skupe. Štoviše, mnoge zemlje u razvoju vide verifikacijski kodeks Konvencije o biološkom oružju kao još jedan zapadni pokušaj da se ograniči ili kontrolira njihova sloboda i sloboda djelovanja. Indija npr. zauzima tvrdu crtu protiv verifikacije. Neki članovi *ad-hoc skupine* (AHG) vladinih eksperata zaduženih za nacrt verifikacijske protokola su napravili režim nadzora biotehnoloških pogona koji je vrlo ambiciozan.

Činjenica da se može određeni gen nositelj enzimske ili toksičke aktivnosti iz stanice složenog organizma ugraditi u DNA jednostavnih prokariotskih stanica (bakterija), otvara neslućene mogućnosti za dobrobit čovjeka ali i za zlouporabu.

Rekombinatorna DNA - tehnologija se danas najviše koristi za proizvodnju velikih količina novih bioloških i toksinskih ratnih agenasa. *Danas je praktički moguće dizajnirati mikroorganizam s traženim značajkama porasta virulencije, infektivnosti, postojanosti i otpornosti na lijekove, te teškom dijagnostikom.*

Danas su aktualne tehnologije za unaprjeđenje i proizvodnju bioloških i toksinskih ratnih agenasa:

Genetska tehnologija - daje mogućnost proizvodnje potpuno novih visokotoksičkih mikroorganizama virusa i bakterija, koje se teško dijagnosticiraju, a terapija i profilaksa kao i zaštita nisu djelotvorni.

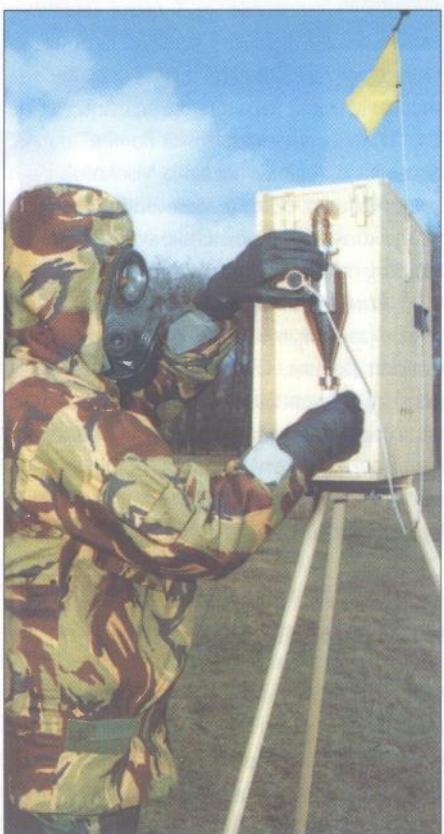
Imunološka tehnologija - se koristi za masovnu proizvodnju visokospecifičnih antitijela koji se koriste za razne postupke protubio-loške zaštite (dijagnostike i profilakse), a posebice su zanimljiva monoklonala antitijela.

Kemijsko inženjerstvo - primjenom fizikalne kemijske i drugih znanosti poboljšavaju se tehnički postupci i specijalne kemijske tehnologije za proizvodnju bioloških i toksinskih agenasa.

Serijska kultivacija - ili sustav trajne kulture mikroorganizama u posebnim hranidbenim otopinama za kultivaciju većine bakterija i glijivica, a za kultivaciju virusa i rikecija se koriste oplođena kokošja jaja. Na primjer u 10 ml hranidbene otopine za 10 sati se razmnoži oko 100 milijardi bakterija, dovoljno da se zarazi 100.000 ljudi.

Proizvodnja cijepiva - je danas napredovala i koriste se razne tehnologije i postupci za masovnu proizvodnju.

Liofilizacija - je postupak za skladištenje bioloških agenasa osjetljivih na toplinu, sušenjem i zamrzavanjem na temperaturi -70 do -170 °C, dok se voda u visokom vakuumu ukloni sublimacijom (isparavanjem leda). To je najbolji postupak konzerviranja i čuvanja bioloških i toksinskih ratnih agenasa.



Mikroinkapsulacija - je zaštita sitnih čestica posebnim farmakološkim metodama, koja se koristi za povećanje stabilnosti i otpornost mikroorganizama na vanjske utjecaje, a koristi se za zaštitu bioloških i toksinskih ratnih agenasa.

Biološki insekticidi - se danas proizvode kao alternativa kemijskim insekticidima, a to su patogeni za insekte, koji se mogu koristiti i kao biološki ratni agensi.

Aerosolne tehnologije - se danas koriste za diseminaciju ili širenje bioloških i toksinskih agenasa. Širenje ovih agenasa zrakom u obliku bioaerosola je daleko najbolja metoda za pokrivanje i kontaminaciju velikih površina, osobito za širenje uzročnika plućnih oblika kuge i antraksa kao i za većinu hemoragijskih groznica te za neke toksine.

"Nove bolesti" - kao što je pojava AIDS-a je znatno ubrzala istraživanja i unaprjeđenja bioloških inženjerskih tehnologija. Bilo je za pretpostaviti da će biti interesantan kao ratni agens, ali u stvari HIV ne ispunjava uvjete biološkog ratnog agensa i stvaranje takvog organizma je izvan postojeće tehnologije.

Uporaba biološkog oružja

Biološko i toksinsko oružje je više godina ocjenjivano kao strateško oružje. Cilj operativne uporabe biološkog i toksinskog oružja je određen izborom agensa, načinom primjene i vremenom kad se koristi u nekom sukobu. Već je napomenuto da je najbolji način uporabe širenje zrakom u obliku aerosola i to zrakoplovima, biološkim bombama, raketnim projektilima, sprej-spremnicima iz brodova za pokrivanje velikih površina. Biološke agense se može prenositi i vodom, hranom, živim prijenosnicima ili vektorima kao što su hematofagni insekti (krpelji, buhe, komarci i uši) te glodarima. Danas je sve više aktualan prikriveni način uporabe preko terorističkih skupina u raznim diverzijama i sabotažama.

Danas se postavlja ozbiljno pitanje da li će se biološko i toksinsko oružje uporabit u nekom od sukoba u svijetu, jer se zna da do danas nije javno korišteno (osim pokusi Japanaca u Kini). Zbog neizvjesnog i nepredvidivog učinka ovog oružja, odluka o uporabi je teška.

Glavno i odlučujuće pitanje nije u pouzdanosti i izboru ovog oružja, već u definiranju situacija kad bi biološko oružje bilo djelotvorno u usporedbi s konvencionalnim oružjem već u ratu ispitanim, kao i s nuklearnim i kemijskim oružjem. Charvier 1993. godine navodi da poslije 1990.-1991. godine u Zaljevskom ratu, a preteća je integriranog biološkog detekcijskog sustava, koji će biti u uporabi 1998. godine

toji mali broj sukoba gdje bi se koristilo biološko oružje, te tvrdi da se prijetnja može odbaciti kao minimalna.

Strateška ili taktička uporaba?

Biološka i toksična oružja su dugo smatra na kao strateška oružja, zbog toga što nemaju veću taktičku vrijednost, jer je vrijeme između uporabe i nastanka učinaka dugo.

Strateška uporaba bi uzrokovala goleme gubitke i civila i vojnika, te slabi protivnika ekonomski. Uporaba ovih oružja uzrokuje i velike psihološke učinke, što je ilustrirano kod koalicijskih snaga u Zaljevskom ratu, koje su imale nedostatnu zaštitu, a i primjerom s Haitija zbog prijetnji napadajem sa strelicama tretiranim krvlju s HIV.

Otvorena ili prikrivena uporaba?

Danas vojni znanstvenici raspravljaju i analiziraju razne scenarije uporabe bioloških i toksičnih oružja, ali su važna za sada tri:

- velika *otvorena uporaba* aerosolnom diseminacijom, koja se, međutim, može otkriti te kasnije dijagnosticirati i izolirati agens. Ovakav napadaj je za agresora problematičan ako je napadnuti spremjan za obranu, zaštitu i medicinsku skrb;

- uporaba u obliku *sabotaža* kad se kasno otkrije cilj napadaja, a spada u otvorenu uporabu jer bi učinci bili vidljivi (npr. pojava Ebola virusa u Evropi ili epidemija Q-groznice u velikim gradovima);

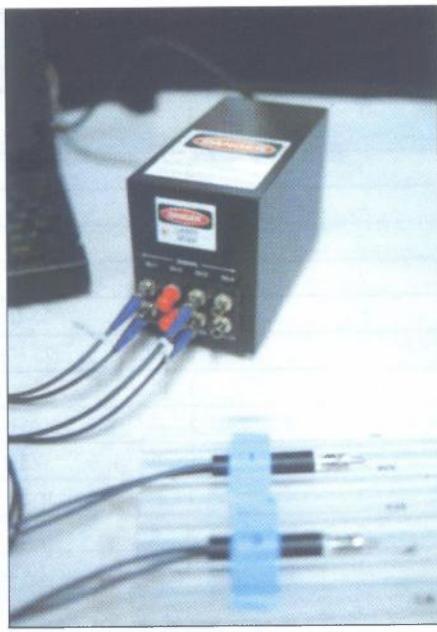
- *prikrivena uporaba* bioloških i toksičnih oružja kad napadnuti ne zna da je napadnut, a kasnije je teško dokazati napadača. Prva dva scenarija bi uzrokovali osudu susjeda i cijelog svijeta.

Uporaba zrakom ili vodom?

Najbolja metoda uporabe biološkog i toksičnog oružja je aerosolna diseminacija sustavima za raspršivanje iz zrakoplova i brodova, topničkim i raketnim projektilima. Ova metoda, međutim, nije dobra ako napadnuti ima dobru PZO, ali se može koristiti protiv tzv. trećih zemalja.

Širenje bioloških i toksičnih agenasa vodom i to preko vodovoda je pogodno za manje akcije s visokim gubitcima (veliki gradovi, važne vojne skupine - piloti i zapovjedništva i sl.). Međutim voda u gradskim vodovodima se klorira i zaštićuje raznim metodama, ali se mogu koristiti otporni mikroorganizmi.

Širenje zrakom ima nedostatak zbog visokog sekundarnog infektivnog potencijala (naknadne epidemije), a zbog visoke konta-



Slika 5. "ANALYTE 2000" je detekcijski sustav i jedan od najnovijih u svijetu za otkrivanje bioloških i toksičnih agenasa koristeći reakciju antigen-antitijelo

gionnosti (sposobnosti širenja agensa). Kod širenja vodom malen je sekundarni infektivni potencijal. Ilustrativan je primjer aerosolne diseminacije kad su Amerikanci dispergirali oko 500 litara nepatogenih (bezopasnih) bakterija u obliku aerosola iz broda uz obalu oko 150 milja, kad se pokrije (kontaminira) površina od oko 55.000 četvornih milja zemljишta. Zahvaćena populacija je inhalacijom primila po čovjeku oko 15 - 15.000 čestica aerosola. Primjeri djelotvornosti raznih tipova operacija biološkim i toksičnim ratnim agensima su prikazani na slici 2.

Količina infektivnog tvoriva potrebnog za aerosol je mala (npr. 2,2 g bakterija *Yersinia pestis* koja uzrokuje tularemiju, dovoljno je za veliki oblak koji će proširiti tisuće infektivnih doza za jednu minutu).

Ova oružja se koriste najčešće kao operativna nekoliko dana prije sukoba konvencionalnim oružjem zbog postizanja vojne prednosti. Koriste se uzročnici bolesti uobičajeni za napadnutu područje te se oponaša prirodna epidemija ali bez brzih učinaka. Time se postiže taktička prednost tijekom rata.

Do danas je ispitano oko 70 mikroorganizama (oko 20 virusa, 40 bakterija, 7 gljivica i 10 protozoa), koji su potencijalni biološki ratni agensi.

Toksično oružje

Toksini su najotrovnije danas poznate visokotoksične tvari specifičnog djelovanja na živi organizam, a proizvode ih živi organizmi ili su kemijski sintetizirani. Zbog toga što imaju obilježja neživih tvari i ne razmnožavaju se spadaju u kemijske ratne agense, ali spadaju i pod Konvenciju o biološkom oružju. Stroga granica između bioloških i toksičnih ratnih age-

nasa i kemijskih ratnih agenasa nije još jasna. Toksični ratni agensi su svrstani u kemijsko oružje ali su istodobno predmet rasprave Konvencije o kemijskom oružju i Konvencije o biološkom oružju.

Jedna molekula botulin toksina ili ricina ubit će stanicu, koja je milijun puta veća od nje.

Jako je ilustrativna njihova visoka toksičnost u usporedbi s kemijskim ratnim agensima ili bojnim otrovima, što se može vidjeti na (slici 3.). Naime, samo 2,4 g botulin toksina u inhalacijom je dovoljno da ubije pučanstvo Švedske, ili 120 kg VX- otrova, ili 12 tona sarina ili 36 tona iperita (mustard) perkutano (preko kože), uz preduvjet da je zahvaćena cijela populacija, da nema zaštite i da je učinak 100-postotan, što je gotovo nemoguće postići (slika 3.).

Danas je zbog izrazite prijetnje i velike opasnosti od toksičnog oružja 1995. godine NATO dao prioritet brzoj i djelotvornoj identifikaciji toksičnih ratnih agenasa.

Povećani interes za toksine kao ratne agense zadnjih godina je zbog:

- ekstremno visoke toksičnosti, koja je mnogo veća od organofosfornih spojeva i živčanih bojnih otrova. Zbog toga je i streljivo za toksične agense izrazito manje od ostalog. Npr. američka vojska je ispitala jedan od najboljih onesposobljavajućih toksina Stafilokokni enterotoksin, kojeg je puno manje potrebno od kemijskih onesposobljavajućih tvari da se postigne isti učinak.

- mikroinkapsulacija toksina je bitno unaprijedila djelotvornost toksina, posebice botulin toksina koji se rasprši u obliku aerosolnih mikrokapsula koje kad se inhaliraju uzrokuju teži oblik otrovanja nego kad se toksin uzme peroralno.

- novoootkriveni toksini - više od 300 novih mikrotoksina je otkriveno.

- nove metode biotehnologije (genetsko inženjerstvo, stanicne tehnike, proteinski inženjerstvo, imunološke tehnike) su jako unaprijedile proizvodnju bez rizika, i učinile toksine još otrovnijim.

- razvoj zaštite i profilakse novim djelotvornijim metodama. Američka vojska radi na projektima zaštite od neurotoksina, trichotecena, saxitoksina i tetrodotoktina.

Podjela toksina:

- 1) Peptidi i polipeptidi direktno kodirani u tzv. tox-genima (aflatoksin, trichoteceni) molekularne mase 250 - 550, i mogu se sintetizirati.

- 2) Oligomerni toksini ukodirani u nekoliko tox-gena čiji proizvodi se nakon sinteze pomiješaju (botulin neurotoksin, kolera toksin, ricin, tetanus toksin).

- 3) Neproteinski toksini niske molekularne mase, proizvod su intermedijarnog metabolizma stanice (antraks toksin, difterija toksin,).

Toksini pod 1 i 2 se mogu proizvoditi

Bolest	Uzročnik bolesti	Inkubacija u danima	Epidemiološki učinak (1-4)	Mogućnost proizvodnje (1-4)	Smrtnost neliječenih u %
Antraks	B. anthracis	1-8	1	1	5-20 plućni 100
Brucelzoza	Brucella	14-30	1	3	1-5
Kolera	V.cholerae	1-5	4	4	10-50
Tifus trbušni	S.tiphy abdom.	7-14	2	4	1-10
Paratifus	S.paratyphi	1-10	2	4	1-2
Kuga	Yersinia pestis	1-7	4	4	30-100
Maleus	M.malei	3-5	1	3	95-100
Melioidoza	M.pseudomalei	2-14	1	3	90-100
Tularemija	F.tularensis	1-10	1	2	4-8(40-60)
Q-groznica	C.Burneti	14-26	2	1	0,5-4
Tifus pješavac	R.Prowazekii	1-10	3	1	10-80
Tifus murini	S.tiphy mur.	6-24-48 sati	2	4	1-2
Scrub tifus	R.Tsutsugam.	7-14	1	1	10-50
Pješavac stjenovičnih planina	R.Rickettsii	3-14	1	1	20-60
Dizenterija	Shigella	3-7	3	4	1
Influenza	V.influenze	1-2	4	4	0-1
Dengua	V.dengua	3-15	1	1	0,5
Difterija	C.diphtheriae	2-5	-	-	10-15
Psitakoza	Chlamidia psitaci	3	1	1	9-20
Encefalitis Encefalomielitis	Skupina virusa Arbovirusi	2-15	1	1	5-60
Variola	V.variole	7-21	4	1	1-30
Žuta groznica	Virus žute groz.	3-6	4	1	1-5
Histoplazmoza	H.capsulatum	5-18	1	3	1-50
Nokardioza	N.asteroides	-	-	-	100
Kokcidiodomikoza	Coccid.immitis	10-21	1	3	1-50
Šistozomijaza	Schistosoma	-	1	3	1-50
Toksoplazmoza	Toxoplas. Gondii	-	1	3	1-5
Malaria	Plasmodium	- (vektori)	3	1	20-25
Hepatitis	V.hepatitisa	A-15-40 B-40-150	-	-	0,5
Lassa groznica	V.lassa	2-12	4	-	10-visoka
Marburška grozn.	V.marburg	-	4	-	visoka
Ebola groznoz.	V.ebola	-	4	-	visoka
Lajmska bolest	Borr.burgd.	3-30(1-180)	-	-	-

Biološki ratni agensi uzročnici infektivnih bolesti u ljudi s prikazom inkubacije u danima, epidemiološkim učinkom i mogućnošću proizvodnje 1-4 (1-vrl slab, 2-slab, 3-srednji i 4-velik), te smrtnosti neliječenih u % .

temeljnom tehnologijom i u većim količinama u laboratoriju. Za toksine pod 3 potrebna je visokosfisticirana oprema i specifično znanje.

Genetsko inženjerstvo omogućava otkrivanje i izdvajanje tzv. *tox-gen* za proizvodnju toksina, njihovo umnožavanje (kloniranje) i prijenos u ostale stanice domaćina ili u stanice primatelja - bakterije. *DNA-plazmidi* (manje molekule DNA u citoplazmi bakterija) ili ekstrakromosomalna nasljedna tvar se koriste da se u njih prenese tox-gen od izvornog organizma, od kojeg se želi dobiti toksin. Takvi kodirani plazmidi se prenose u bakteriju koja novi DNA-niz očita i tijekom staničnog dijeljenja proizvodi toksin. To je najčešće korištena metoda

da za proizvodnju toksina.

Mikotoksi su velika skupina toksina niske molekularne mase neproteinski spojevi, koje proizvode pljesni. Bolesti koje izazivaju se nazivaju mikotoksikoze, nakon što su ušli u organizam i to ingestijom, inhalacijom i perkutano (preko kože). Imaju visoki stupanj stabilnosti i otpornost na toplinu, a teško se direktno otkrivaju kao ratni agensi, i teško se dekontaminiraju. Važni za vojnu uporabu su aflatoksi i trichoteci.

Aflatoksi - B₁, B₂, G₁, G₂ su najpoznatiji predstavnici ove skupine i izratito su toksički za jetru (hepatotoksi) i jedan je od najjačih poznatih mutagena. Najtoksičniji je B₁ čiji je LD₅₀ 1,0 mg/kg.

Trichoteci su veća skupina toksina koje proizvode pljesni roda *Fusarium*. Najpoznatiji

trichotecen je T-2 i izraziti je stanični otrov (citotoksin).

Antraks toksin se sastoji od tri proteina: zaštitni antigen (PA), letalni faktor (LF) i edeme faktor (EF) u omjeru 15:3:1, koji zasebno nisu toksični. PA+EF izaziva edem kože i nije smrtonosan, a PA+LF je smrtonosan. Tetanus toksin je proizведен kloniranjem gena za antraks 1985. godine.

Botulin toksin tip A je sastavljen od dva polipeptida i jedan je od najjačih otrova danas.

Kolera toksin se proizvodi od 1983. godine.

Difterija toksin je izrazito toksičan a gen za proizvodnju je kloniran 1983. godine.

Ricin je biljni toksin koji se dobiva od sjemenke ricinusova ulja, ali se može kloniranjem proizvoditi u dosta laboratorija u svijetu od 1982. godine.

E. coli enterotoksin je toksin u čije je kloniranje i proizvodnju 1985. godine MO-USA uložilo mnogo novca.

Staphylococcus aureus enterotoksin (SEB) je kloniran 1983. godine otkada se i proizvodi i jedan je od najboljih onesposobljavajućih agenasa danas.

Zmjski otrovi se danas dosta koriste kao potencijalno toksičko oružje. Klonirani su i analizirani prekursori gena zmjskog neurotoksina kineske kobre - *Cobratoksin* i sjeverno američke zvečarke - *Crotoksin*.

Tetanus toksin je istraživan i tox-gen je kloniran još 1984. godine.

Danas se analiziraju i ispituju sinergistički učinci toksina da bi se spajanjem dva i više toksina dobili još toksičniji agensi, pa se može govoriti o razvoju "binarnog toksinskog oružja", npr.: Aflatoksin B₁ + Trichotecen T-2, SEB + E. coli enterotoksin, Antraks toksin - miješanje tri proteinske komponente.

Bioregulatori

Bioregulatori su algogeni ili tvari koje uzrokuju bol a proizvode ih živi organizmi. Algogeni vojnog značenja su pronađeni u skupinama kemijskih tvari, ali su većinom biljnog i životinjskog podrijetla. Najpoznatiji su: supstanca P, uradikinin, collidin i tzv. "histamin releasing faktori" (čimbenici oslobađanja histamina).

Supstanca P djeluje u dozi manjoj od 1 mikrogram i uzrokuje brzo pad krvnog tlaka, gubitak svijesti i smrt. Bioregulatori su kao i toksini idealno oružje za sabotaže i terorističke skupine.

"Nevidljivi neprijatelj"

Obrana od biološkog napada je lakša nego što bi se moglo očekivati, no prepozna-

vanje kad je napadaj započeo je drugi problem. Glavni napor danas u SAD su usmjereni na *Biološki integrirani detekcijski sustav* (BIDS) za brzo otkrivanje bioloških agenasa. To je pokretni biološki detektor koji skuplja uzorke zraka preko vodenog medija - protočni cito-metar, i baterije testova za agense- uzročnike bolesti, te se određuje prisutnost agenasa reakcijom antigen- antitijelo. Uzorci antitijela su miješani (antraks, botulin, kuga) a vrijeme otkrivanja je 10-12 minuta. Ovaj sustav bi do 1997. godine otkrivaо četiri agensa, a u potpunoj funkciji bi bio 2004. godine.

Fiber - optički biosenzor "ANALYTE 2000"

mjeri fluorescentne kompleksne na optičkom vlaknu presvućenom antitijelima i proteinima za vezanje DNA. Detektira toksine u koncentracijama (ng/ml), npr. botulin toksin tip A detektira do 5 ng/ml za manje od jedne minute.

Britanski sustav *BDS* nazvan integrirani detekcijski biološki sustav- *IBDS* detektira čestice promjera 2-10 mikrometara, a ispitivan je u Zaljevskom ratu. U uporabu bi trebao ući 1998. godine. Brzina identifikacije je 2-3 minute (slika 4 i 5).

Danas je aktualan automatski detekcijski i identifikacijski sustav za biološke agense koji koristi jedinstvenu *enzimsku tangencijalnu imunofiltracijsku analizu*. To je brza i osjetljiva metoda koja identificira agens i polukvantitativno mjeri koncentraciju za manje od deset minuta, a granica detekcije je 10 mikrograma/ml za stafilocokni enterotoksin B (SEB).

Genetske sonde otkrivaju tzv. "dizajnirane bacile" ili agense koji su genetski kreirani i koji mogu koristiti bezazlene bakterije kao nositelje gena za proizvodnju toksina, a ne mogu se otkriti sadašnjim detektorima. Dok detektori na načelu reakcije antigen-antitijelo gledaju vanjske osobine mikroorganizma, genetske sonde ispituju DNA- uzrokovane supstance.

Luminiscentna metoda je visoko osjetljiva metoda kojom se detektira do 100.000 bakterija/m³ zraka i 100.000 bakterija/mm³ vode. Temeljenja je na luminiscentnom reagensu koji dolazi u dodir sa specifičnim tvarima uzročnika (bakterije) i emitira svjetlost proporcionalno broju bakterija.

"*ORIGENR*" je imunomagnetski elektrokomoluminiscentni senzor koji je najosjetljiviji danas ali se još provjerava.

Detektor po LIDAR (Light impulse detecting and ranging) tehnologiji otkriva biološki agens na udaljenosti od 40 km ali je nepouzdan.

Temelji se na laserskoj tehnici kao analog radara koristeći impulse radara, a otkriva i analizira mikroorganizme u zraku.

Nova strateška oružja

Novo "rekombinatorno oružje" Sovjeta iz 1984. godine je pokušaj uvođenja tox- gena kobre unutar virusa influence (gripe), kad bi se virus ponašao kao replikacijska tvornica toksina koji bi ubijao inficirane takvim virusom. Virus influence se kapljично širi brzo u epidemiskim razmjerima i tada ta kombinacija zatvara koncept "idealnog oružja". Populacija agresora se može



Slika 6. Thyssen-Henschel Fuchs (Fox) NBC izvidničko vozilo, koje je u uporabi u nekoliko NATO država za detekciju kemijskih ratnih agenasa i korišteno je u Zaljevskom ratu. Može se koristiti za integrirani sustav detekcije bioloških i toksinskih ratnih agenasa

cijepiti protiv influence, ali djelotvornost cijepiva nije 100 postotna, a i ne može se predviđeti što bi se dogodilo ako nastupi tzv. "divlji tip" mutacija uzročnika. Ključ rješenje je nepredvidljivost i ako bi i bilo moguće dizajnirati idealni organizam prikladan za strateški razvoj teško ga je testirati u terenskim uvjetima.

Primjena tzv. moćnog samoograničavajućeg biološkog ratnog agensa kao novog strateškog oružja na jedan grad imala bi učinak kao i 1-kilotonska nuklearna eksplozija.

Prijenos tehnologije

Toxini su tipičan primjer dvostruko uporabljivih agenasa. Osim njihove uporabe za legitimne svrhe kao što su laboratorijska znanost, ili njihova aplikacija u farmaceutskim preparatima, njihovo podrijetlo i način proizvodnje su slični te su kao takvi zabranjeni Konvencijom o biološkom oružju. Zbog toga što nisu jasno definirani i njihova uporaba jasno razgraničena, slabi prevencija proliferacije, pa neke zemlje mogu slijediti nedopuštena istraživanja. Čak i striktna kontrola izvoza bi vjerojatno bila nedostatna u prevenciji transfera tehnologije. To može prouzročiti opasnost od povećane

mogućnosti nemajernog oslobođanja opasnih agenasa. Zahtjevi proizvodnog iskustva i njezini kapaciteti koji imaju namjeru proizvoditi i koristiti biološke ratne agense mogu varirati od više ili manje amaterskih tehnika za malu proizvodnju do ekstremno zahtjevnih kultivacijskih tehnika za veliku proizvodnju.

Proliferacija postaje opasna jer izravno dobivajući prilagođenu opremu neke zemlje mogu doći u iskušenje da proizvode ili kultiviraju mikoorganizme bez dovoljnog znanja i opreme. S obzirom da je poznato da je najdjelotvornija zaštita i profilaksa od bioloških i toksinskih ratnih agenasa uporaba cijepiva, pred-

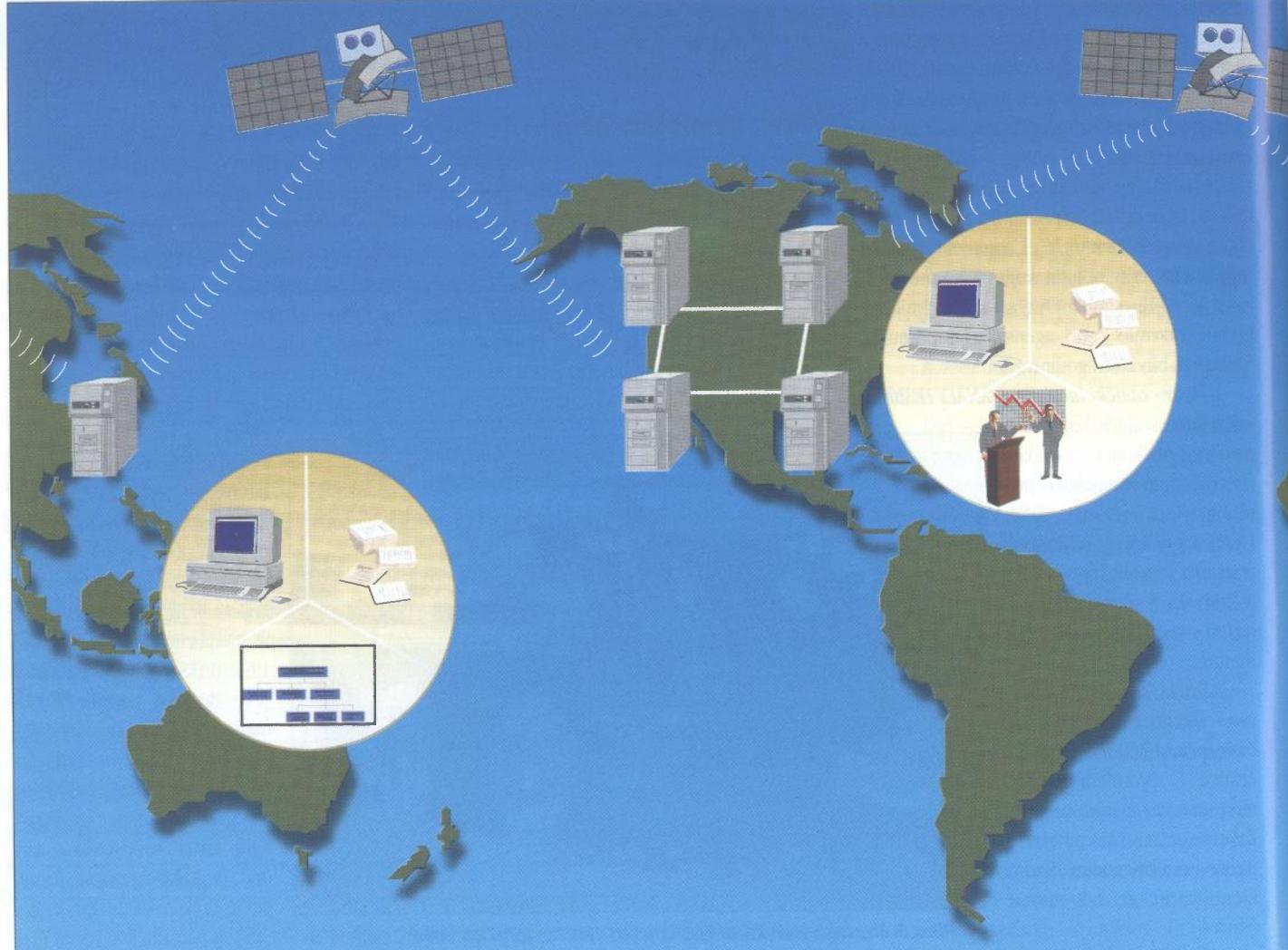
loženo je na III. konferenciji zemalja sudionica Konvencije o biološkom oružju 1991. godine da se uspostavi internacionalni program za razvoj i uporabu cijepiva protiv DTAs (*dvostruko prijetećih agenasa*). Prijedlog je modificiran i dalje razrađen 1992. u Bisentalu kao inicijativa "The Bisenthal vaccine initiative" (BVI) kao prva stepenica programa "The Vaccines for Peace Programme" (VFP) ili "Program cijepiva za mir". Kako bi se uspostavio sustav opće biološke sigurnosti, formiran je globalni sistem epidemiološkog nadzora koji danas nosi naziv "Program for Countering Emerging Infectious Diseases" - Pro CEID (Program

protumjera za infektivne bolesti koje su u povijesti izazivale epidemije a koje se i danas pojavljuju i bolesti koja se prvi put pojavljuje (Pro CEID) a pomoći profilaktičkim, dijagnostičkim i terapijskim mjerama i postupaka.

Prema nekim izvorima za program cijepiva do danas je uloženo od 260-327 milijuna dolara, a za većinu opasnih uzročnika bolesti ili bioloških i toksinskih ratnih agenasa postoje cijepiva koja su teže dostupna.

Pogled unaprijed

Ako se razmotri kemijska i biološka obrana u 21. stoljeću, jasna je kontinuirana potreba reduciranja broja agenasa koji su na raspolaganju kao ratni agensi. Postojat će određeni rizik od biološkog ratovanja, kad stupi na snagu Konvencija o kemijskom oružju, a vjerojatnost uporabe nuklearnog oružja se reducira. Popuštanje kemijske i biološke obrane će direktno povećati rizik od tog oružja. Zbog toga treba pojačati pasivnu i aktivnu protubiološku i protukemijsku obranu, kontrolu biološkog i kemijskog oružja, te imati djelotvorne režime verifikacije.



Slika 1. Složene informatičke strukture zahtijevaju sigurnu zaštitu podataka, te njihovu selektivnu dostupnost. Takva je zaštita moguća jedino šifriranjem podataka, odnosno transformacijom informacija

P.Babić

KVANTNA

kriptografija

(I. dio)

Dubravko RISOVIĆ

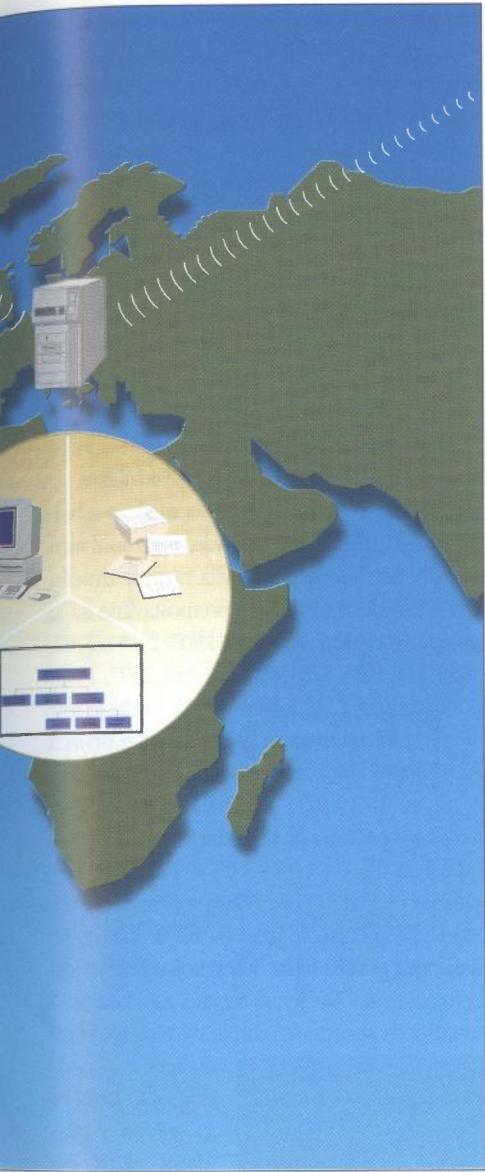
Elektroniski komunikacijski sustavi koji se rapidno šire svijetom nude brzinu, točnost i pristup praktički svim informacijama, a njihova je prisutnost sveobuhvatna. No istodobno se javlja i sve veća potreba za sigurnom zaštitom podataka, odnosno njihovom selektivnom dostupnosti. Ovakva zaštita je moguća jedino šifriranjem podataka, odnosno transformacijom informacije.

Kriptografiju možemo definirati kao matematički sustav transformacija informacije čijom primjenom ona postaje, za nekog kome nije namijenjena, nerazumljiva i zato beskorisna. No proces računanja zdržan s transformacijom informacija se uvek provodi fizičkim sredstvima te je

pritom nemoguće odvojiti matematičku strukturu od temeljnih zakona fizike koji upravljaju procesom računa. U tom kontekstu kvantna fizika obogaćuje mogućnosti kriptografije daleko iznad onih koje pruža klasičan - matematički pristup

problemu ostvarenja apsolutno sigurnog kripto-sustava.

Izvorno je sigurnost (neprobojnost) šifriranog teksta ovisila o tajnosti cijelog postupka šifriranja i dešifriranja. Danas se, međutim, u suvremenoj kriptografiji koriste šifre čiji se algoritam za šifriranje i dešifriranje može otkriti svakome a da to ne ugrozi sigurnost određenog kriptograma. Pri takvim se šiframa kao ulazne podatke za šifrirajući algoritam zajedno s tekstrom koji se želi šifrirati daje i skup specifičnih parametara - "ključ", isti ključ zajedno sa šifriranim tekstem predstavlja ulazne podatke i za dešifrirajući algoritam. Algoritmi za šifriranje i dešifriranje se javno oglaše, tako da sigurnost kriptograma ovisi isključivo o



Stoljećima su matematičari tražili sustav koji će omogućiti da se poruke izmjenjuju u absolutnoj tajnosti. Danas će se to možda ostvariti spajanjem kvantne mehanike i suvremene kriptologije

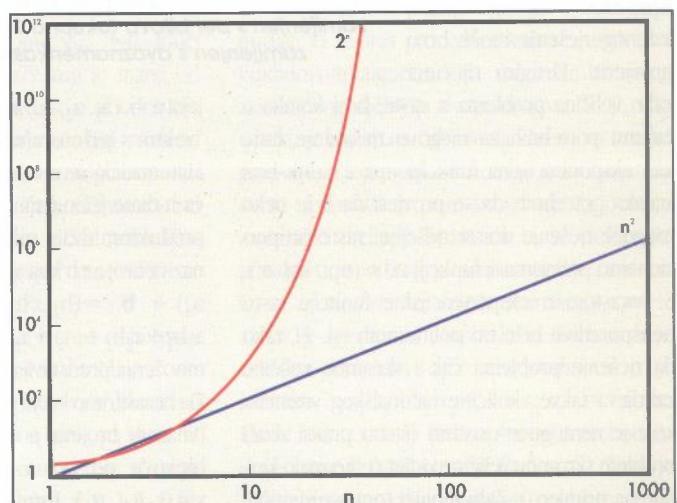
njihova kriptografska revolucionarnost moramo prvo razmotriti suvremene sustave šifriranja i njihove nedostatke.

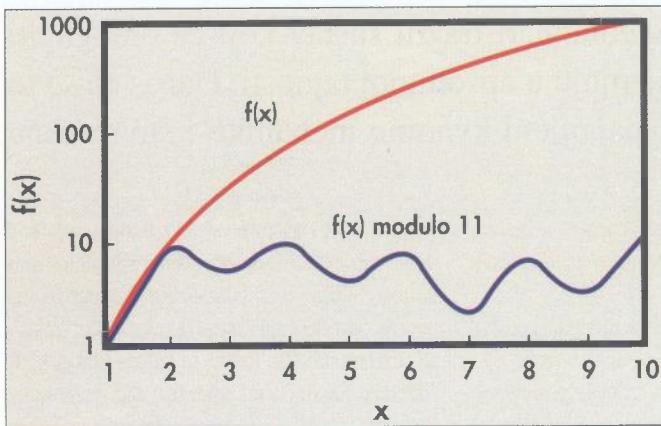
Šifriranje je poseban oblik računa, i gotovo svi suvremeni sustavi šifri zasnivaju svoju sigurnost na težini računa potrebnog za njihovo probijanje: učinak transformacije podataka je tako složen da je reverziranje procesa izvan realnih ekonomskih mogućnosti (tj. potrebni su iznimno jaki i brzi, dakle vrlo skupi računarski sustavi koji trebaju raditi vrlo dugo vremena). No uz (nerealističku) pretpostavku neograničene računalske snage takvi se računarski "neprobojni" sustavi mogu u načelu probiti, no u praksi to nije moguće. Zasad matematičari nemaju mogućnosti da dokažu da su određeni suvremeni sustavi računarski sigurni (neprobojni), a povijest kriptografije nas je naučila da "neprobojni" sustavi znaju imati tajne slabosti. Usput budi rečeno, prva neprobojna šifra je otkrivena još 1918. godine, ali je njezina neprobojnost dokazana (matematički) tek 1940. godine. No ta šifra je nepraktična, jer zahtijeva da se i odašiljalac i primač unaprijed dogovore o ključu koji se koristi samo jednom, a dugačak je koliko i informacija koja se šifrira. S druge strane skupina matematičkih problema koji su karakterizirani sa stonovitom matematičkom "neukrotivosti" poslužili su kao temelj za nove superiore tehnike šifriranja razvijene pred dvadesetak godina na sveučilištu Stanford (R. Merkle, W. Diffie i M.E. Hellman), a poznate pod imenom šifriranja javnim ključem (public-key cryptography). O čemu se tu radi?

Svaka kriptografska tehnika, kao što je zamjena i transpozicija simbola, koja djeluje na poruku bez obzira na njezinu lingvističku strukturu se naziva šifra i stvara šifrirani tekst. (Za razliku od šifri kodovi, s kojima se ovdje neće baviti, rade s većim lingvističkim jedinicama kao što su npr. riječi ili fraze). Preciznije rečeno temelj šifre je reverzibilna funkcija: operacija (koju izvodi pošiljalac) koja običan tekst pretvara u šifrirani ima obrnutu (inverznu) operaciju (koju izvodi primač poruke) koja iz šifrirane poruke vraća običan tekst. Kao što smo naveli izvorno je sigurnost šifre ovisila o

tajnosti cijelog procesa šifriranja, no kod današnjih se šifri može otkriti algoritam (niz koraka) šifriranja, a da se pritom ne ugrozi sigurnost određenog šifriranog teksta. Kod takvih se suvremenih šifri kakve se jedino i rabe, ključ šifre daje zajedno s tekstom kao ulaz u algoritam šifriranja, i zajedno sa šifriranom porukom kao ulaz u dešifrirajući algoritam. Pritom se algoritmi mogu javno obznaniti, jer sigurnost takve šifre ovisi samo o ključu (koji se naravno pomno čuva). Nedostatak je takvog sustava da se prije no što se šifrirana poruka transmitira preko nesigurnog kanala (npr. radio) obje strane moraju dogоворiti o ključu, odnosno dostaviti ključ i to preko nekog sigurnog kanala (npr. kurira), što je sporo i skupo. Taj je nedostatak uklonjen u najsvremenijem sustavu tzv. javnog ključa, u kome se mogu bez opasnosti otkriti i ključ šifre i algoritmi, a da se pritom ne ugrozi tajnost i sigurnost šifriranog teksta! Iako to zvuči nemoguće i neilogično suvremena matematika omogućava takav sustav! Naime, u tom sustavu pošiljalac i primalac umjesto da se dogovore o jednom ključu stvaraju svaki po svoja dva ključa: jedan za šifriranje (koji ćemo zvati E), a koji služi za primjenu algoritma za šifriranje i drugi ključ za dešifriranje D, koji služi za primjenu algoritma dešifriranja. Ključevi su povezani u smislu da služe za implementaciju inverznih operacija: dјelujući na običan tekst poruke prvo s transformacijama koje specificira E, pa zatim s transformacijama koje specificira D, reproducira se originalna poruka. (Kod nekih sustava vrijedi i obrat). Sigurnost sustava leži u tome da je računalski neizvedivo izvesti D iz poznatog E: potrebni računi bi, i uz najsvremenija računala, trajali tisuću ili više godina! Dakle, svaki korisnik može javno obznaniti svoj ključ za šifriranje, a da

Slika 2. NP problem: s porastom broja n problem provjere rješenja raste kao n^2 , dok problem nalaženja rješenja raste kao 2^n





Slika 3. Funkcije $f(x) = x^3$ i $f(x) = x^3 \text{ modulo } 11$

pritom ne ugrozi svoj ključ za dešifriranje kojeg drži tajnim. Svatko, tko želi poslati informaciju određenoj osobi jednostavno zašifrira tu informaciju s objavljenim ključem i pošalje je javnim kanalom (npr. radio ili novine). Samo osoba kojoj je informacija namijenjena i koja jedina zna ključ za dešifriranje D, moći će tu informaciju dešifrirati. Sustav podsjeća na kutiju na kojoj su vrata koja se uz dani ključ otvaraju samo u jednom smjeru: prema unutra, tako da se u kutiju mogu samo stavljati informacije, ali ne i izvaditi (takva kutija podsjeća na vrstu vrše ili mišolovke u koju se može ući ali ne i izaći). Da bi se izvadile informacije potreban je i drugi ključ. Društvo rečeno sustav se temelji na "jednosmjernim" funkcijama, tj. takvim funkcijama koje se lako izračunaju, ali za čiju je inverziju potreban golemi (praktički neizvediv) račun. Potraga za takvim "jednosmjernim" funkcijama koje bi poslužile kao temelj kripto-sustava s javnim ključem dovela je do klase problema koje teorija složenosti identificira kao nedeterminističkim polinomno-vremenskim problemima ili NP problemima. Za nas najvažnije svojstvo NP problema je da svi poznati algoritmi za nalaženje općih rješenja zahtijevaju sve veće količine vremena za rješavanje, dok se ispravnost nekog predloženog rješenja može brzo provjeriti. Drugim riječima

kako veličina problema n raste, broj koraka u računu potrebnih za njegovo rješavanje raste kao eksponencijalna funkcija npr. 2^n , dok broj koraka potrebnih da se provjeri da li je neko moguće rješenje doista rješenje, raste proporcionalno polinomnoj funkciji od n (npr. kao n^3). S porastom n eksponencijalne funkcije rastu neusporedivo brže od polinomnih (sl. 2), tako da rješenje problema čak i skromne veličine zahtijeva takve količine računalskog vremena koje je nemoguće ostvariti (što u praksi znači problem skromne veličine vidjet ćemo malo kasnije na primjeru). Zahvaljujući tom svojstvu NP

problemima su poslužili za konstrukciju "jednosmjernih funkcija" i izgradnju "jednosmjernih vrata" u suvremenim kriptosustavima. Razmotrit ćemo sada sustav javne šifre koji su razvili Merkle i Hellman na Stanfordu, a koji se temelji na tzv. NP "problemu naprtnjače" ili problemu sume podskupova. Problem je

sljedeći: ako imamo naprtnjaču duljine (ili dubine) C i skup od n štapova koji su istog promjera kao i naprtnjača, ali raznih duljina a_1, a_2, \dots, a_n treba naći podskup (kombinaciju) štapova koji potpuno popune naprtnjaču. Ili rečeno drugčije: za dati skup brojeva a_1, a_2, \dots, a_n i danu sumu C odrediti koji su to brojevi koji zbrojeni daju C. Sustav šifriranja s javnim ključem koji radi na temelju tog načela funkcioniра ovako: Pošiljalac počinje tako da svoju poruku pretvoriti u niz binarnih brojeva. Ovaj niz dobiva tako da svakom slovu abecede pridruži npr. pet bitova dobivajući tako abecedu od 25 odnosno 32 znaka: A = 00000, B = 00001, C = 00101, D = 00110, E = 01001, F = 01010, G = 01110, H = 00111, I = 01000, J = 01011, K = 01010, L = 01011, M = 01100, N = 01101, O = 01110, P = 01111, Q = 10000, R = 10001, S = 10010, T = 10011, U = 10100, V = 10101, W = 10110, X = 10111, Y = 11000, Z = 11001, ; = 11100, : = 11111

A = 00000	B = 00001	D = 00010	D = 00011	E = 00100
F = 00101	G = 00110	H = 00111	I = 01000	J = 01001
K = 01010	L = 01011	M = 01100	N = 01101	O = 01110
P = 01111	Q = 10000	R = 10001	S = 10010	T = 10011
U = 10100	V = 10101	W = 10110	X = 10111	Y = 11000
Z = 11001	= 11010	= 11011	= 11100	? = 11101
; = 11110	: = 11111			
a = 00	b = 01	c = 02	d = 03	e = 04
h = 07	i = 08	j = 09	k = 10	l = 11
o = 14	p = 15	q = 16	r = 17	s = 18
v = 21	w = 22	x = 23	y = 24	z = 25
C = 28	D = 29	E = 30	F = 31	G = 32
J = 35	K = 36	L = 37	M = 38	N = 39
Q = 42	R = 43	S = 44	T = 45	U = 46
X = 49	Y = 50	Z = 51	0 = 52	1 = 53
4 = 56	5 = 57	6 = 58	7 = 59	8 = 60
. = 63	, = 64	; = 65	? = 60	... = 61

Tablica I Primjeri digitalne abecede. Gore: binarna abeceda u kojoj je svaki znak zamijenjen s pet bitova (ukupno 25 znakova). Dolje: abeceda u kojoj je svaki znak zamijenjen s dvoznamenkastim brojem (ukupno 102 mogućih znakova)

jeva $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$. Taj se niz brojeva naziva "vektor jednosmjernih vrata naprtnjače". Matematički se uređeni skup od n brojeva naziva n-dimenzionalnim vektorom, a skalarnim se produktom dvaju vektora \mathbf{a} i \mathbf{b} iste protežnosti naziva broj $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ koji je za vektore $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ i $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ jednak $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_nb_n$. Taj oblik vektorskog množenja predstavlja temelj operacije šifriranja. Da bi zašifrirao svoju poruku koju predstavlja niz binarnih brojeva pošiljaljelj je prvo razdijeli u blokove od po n bitova, i za svaki blok $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ formira skalarni produkt $C =$

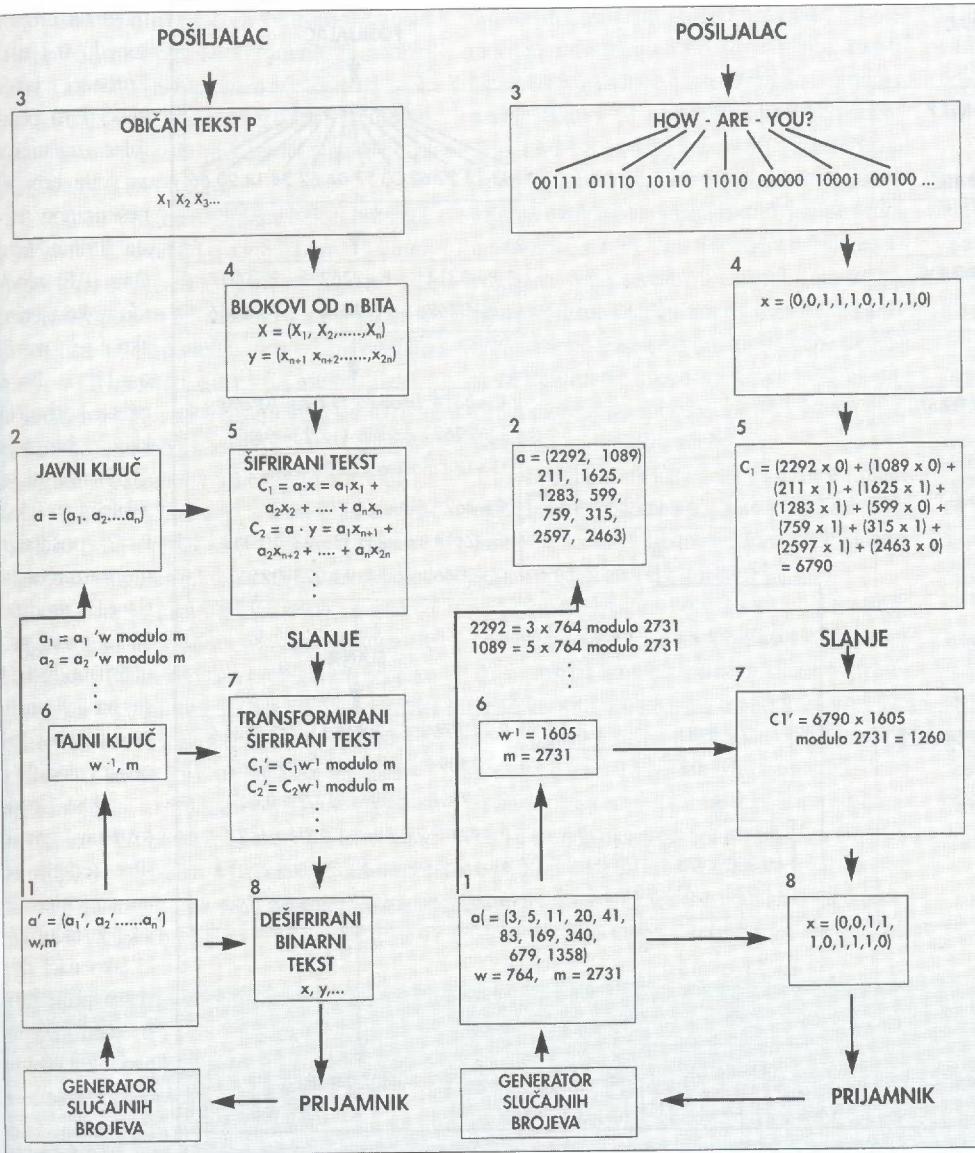
$a \cdot x$ tog bloka s javno obznanim vektorom za šifriranje \mathbf{a} . Tj. $C = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$. Ovaj broj, tj. suma C, je informacija koju pošiljaljelj šalje preko nesigurnog, javnog kanala, primjerice radioodašilača. Onaj kome poruka nije namijenjena suočen je s problemom da iz poznavanja C i brojeva a_1, a_2, \dots, a_n pokuša izračunati \mathbf{x} .

U dalnjem ćemo tekstu elemente vektora \mathbf{x} općenito označavati s x_i gdje je i broj koji poprima cijelobrojne vrijednosti od 1 do n. Budući da je svaki x_i jednak 0 ili 1, to je jasno da se problem dobivanja vektora \mathbf{x} iz C svodi na ranije opisani problem naprtnjače.

Razmotrimo jednostavan primjer: poruku koja počinje s riječi HOW (engleski kako). U binarnom kodu ova riječ glasi: 0011011101011011010 (u ovom binarnom nizu zadnjih pet bitova predstavlja razmak između HOW i sljedeće riječi). Sad pretpostavimo da je prijamnikov javni šifrirajući ključ $a = (2292, 1089, 211, 1625, 1283, 599, 759, 315, 2597, 2463)$ odnosno $a_1 = 2292, a_2 = 1089$ itd. Ovdje je $n = 10$. Prvi blok informacije koji se sastoji iz prvih n (tj. 10) bitova binarnog teksta je: $x = (0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0)$ i zašifrita se kao: $C = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ odnosno $C = (2292 \cdot 0) + (1089 \cdot 0) + (211 \cdot 1) + (1625 \cdot 1) + (1283 \cdot 1) + (599 \cdot 0) + (759 \cdot 1) + (315 \cdot 0) + (2597 \cdot 1) + (2463 \cdot 0) = 6790$. Da bi se dešifrirala poruka treba otkriti koji od brojeva a_i zbrojeni daju 6790. Jedini mogući način da se to utvrdi je da se naprave i zbroje sve moguće kombinacije podskupova brojeva a_i , njih 2^n i tako utvrdi skup čiji elementi zbrojeni daju 6790. Budući da je u ovom primjeru n mali, to je i ukupan broj tih kombinacija relativno mali: $2^n = 2^{10} = 1024$.

Netko bi dakle relativno lako mogao (ispitavši svih 1024 kombinacija) dešifrirati poruku.

Dakle broj elemenata a je u ovom slučaju pre malo da bi doista jamčio sigurnost poruke. No kao što smo rekli "problem naprtnjače" je NP problem, tako da se težina problema rješavanja eksponencijalno povećava s porastom n. Kad bi primjerice n bio samo sto puta veći tj. $n = 1000$, broj mogućih kombinacija koje bi trebalo ispitati da se otkrije rješenje šifre bi bio 2^{1000} što je veće od ukupnog broja atoma u cijelom poznatom svemiru! Dešifriranje preko provjere svih tih podskupova je dakle praktički nemoguće, dok je šifriranje 1000 bita informacije u ovom sustavu relativno jednostavno jer zahtijeva samo 1000



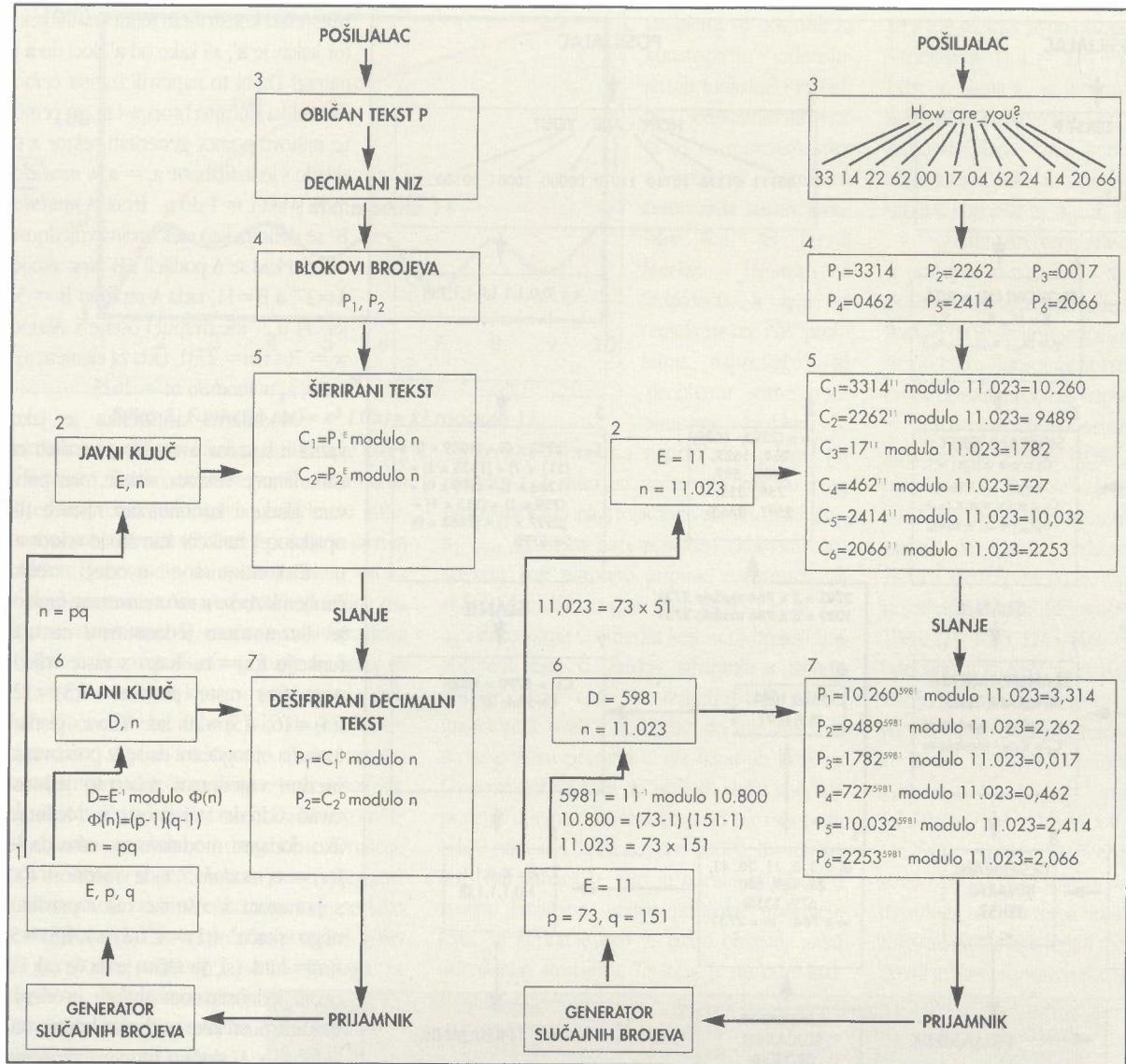
Tablica II Dijagram tijeka šifriranja u sustavu javne šifre utemeljenom na "problemu naprtnjače". Lijevo: načeln dijagram tijeka, desno: primjer

zbrajanja. To je dakle prava "jednosmjerna funkcija", nitko, uključujući i onoga tko prima neće moći dobiti \mathbf{x} ukoliko su elementi vektora \mathbf{a} izabrani slučajno. No u ovom su problemu ugrađena i "tajna vrata": vektor \mathbf{a} je strukturiran tako da se uz malu dodatnu informaciju može dobiti \mathbf{x} iz \mathbf{C} mnogo brže nego ispitivanjem svih kombinacija. No moramo napomenuti da se svi NP problemi ne daju opremiti s takvim "tajnim vratima". Ovdje se ta "vrata" mogu ugraditi zato jer postoje stanoviti vektori za koje nije teško riješiti "problem naprtnjače". Onaj tko prima poruku uzima jedan takav vektor \mathbf{a}' , preraši ga i obznani kao običan vektor \mathbf{a} . Informacija o "tajnim vratima" omogućava mu da se kreće između teškog "problema naprtnjače" koji uključuje \mathbf{a} i lakog problema koji uključuje \mathbf{a}' . Evo kako to izgleda. Pri stvaranju javnog vektora \mathbf{a} počinje se s izborom vektora \mathbf{a}' , takvog da mu je svaki element a_i veći od zbroja prethodnih elemenata. Ako je primjerice \mathbf{a}' jednak $(3, 5, 11, 20, 41, 83, 169, 340, 679, 1358)$ tada je a_2 koji je jednak 5 veći od a_1 koji je 3; $a_3 = 11$ je veće od $a_2 + a_1 = 8$ itd. Sad razmotrimo šifirani tekst $\mathbf{C}' = 1260$

koji je stvoren s ovim posebnim vektorm \mathbf{a}' . Budući da je za binarni vektor \mathbf{x}' , $\mathbf{C}' = \mathbf{a}' \bullet \mathbf{x}'$, to imamo: $1260 = 3x_1' + 5x_2' + 11x_3' + \dots + 1358x_{10}'$. Problem dobivanja vektora \mathbf{x} (poruke u binarnom obliku) se opet svodi na "problem naprtnjače", samo je ovaj put zbog posebnog svojstva vektora \mathbf{a}' lako naći rješenje \mathbf{x}' . Za početak $a_{10}' = 1358$ što je više od \mathbf{C}' koji je 1260. Dakle a_{10}' očito nije dio podskupa koji zbrojen tvori \mathbf{C}' . Prema tome $x_{10}' = 0$. Idući najveći element je a_9' ili 679 koji je manji od 1260. Kao što to posebno svojstvo \mathbf{a}' određuje zbroj preostalih elemenata \mathbf{a}' mora biti manji od 679, pa tako ti elementi sami ne mogu popuniti naprtnjaču "duljine" 1260. Zato 679 mora biti dio sume, dakle x_9' mora biti 1. Sad jednadžbu $\mathbf{C}' = \mathbf{a}' \bullet \mathbf{x}'$ možemo napisati kao: $1260 = 3x_1' + 5x_2' + 11x_3' + \dots + 348x_8' + 679 + 0$. Oduzmemmo li 679 od obje strane dobivamo: $1260 - 679 = 581 = 3x_1' + 5x_2' + 11x_3' + \dots + 348x_8'$. Budući da je $a_8' = 340$, što je manje od 581, to se on također nalazi u sumi, pa je $x_8' = 1$. Nastavimo li tako dobiti ćemo da je \mathbf{x}' originalan blok poruke $\mathbf{x} = (0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0)$.

Nije teško konstruirati jednostavan vektor kakav je \mathbf{a}' , ali kako od \mathbf{a}' doći do \mathbf{a} i natrag? Da bi to napravili izabrat ćemo dva velika slučajna broja w i m , pa ćemo uz njihovu pomoć generirati vektor \mathbf{a} u skladu s jednadžbom: $a_i = a_i' \text{ mod } m$ za svaki $i = 1$ do n . Izraz " $A \text{ modulo } B$ " se definira kao cijelobrojna vrijednost ostatka kad se A podijeli s B . Npr. ako je $A=27$, a $B=11$, tada A modulo $B = 5$, jer 11 u 27 ide dvaput i ostaje 5. Ako je $w = 764$ i $m = 2731$, tada za element $a_4' = 20$, $a_4' \text{ mod } m = 1625$.

Modularna aritmetika je jako važna u sustavu javne šifre, jer služi za kamufliranje vektora, naime, ona pretvara gлатke i kontinuirano rastuće (ili opadajuće) funkcije kao što je vektor \mathbf{a}' u diskontinuirane uvedeći veliki čimbenik zbrke u račun inverzne funkcije. Razmotrimo jednostavnu rastuću funkciju $f(x) = 4x$. Kako x raste vrijednost $f(x)$ raste pravilno: $f(3)=12$, $f(4)=16$, $f(5)=20$ itd. Takva "gлатka" funkcija omogućava da se iz poznavanja njezine vrijednosti relativno jednostavno odredje vrijednosti x . Međutim ako dodamo modularnost, tako da je $f(x) = 4x \text{ modulo } 7$, tada vrijednosti $f(x)$ s porastom x više ne rastu pravilno, nego "skaču": $f(1)=4$, $f(2)=1$, $f(3)=5$, $f(4)=2$ itd. (sl. 3). Očito je da će čak i u ovom jednostavnom slučaju uvođenje modularnosti jako otežati nalaženje vrijednosti x . U slučaju šifriranja uvođenje modularnosti pri stvaranju teškog vektora \mathbf{a} sprječava pronađenje vektora \mathbf{a}' u koliko se ne znaju tajni transformacijski parametri w i m . S druge strane za svakog tko zna parametre w i m pretvaranje \mathbf{a} u \mathbf{a}' je laka zadaća. Dakle s ovim će parametrima biti lako pretvoriti teški "problem naprtnjače" koji uključuje vektor \mathbf{a} i transmitiranu šifriranu poruku \mathbf{C} u lagani problem koji uključuje vektor \mathbf{a}' i zbroj \mathbf{C}' , iz kojeg se dobiva \mathbf{x} (dešifrirana poruka). Nalaženje inverzne funkcije od w u modulo m (tj. broja w^{-1} , koji pomnožen s w u modulo m daje 1) je brza procedura koja se zasniva na Euklidovom algoritmu za nalaženje najvećeg zajedničkog djelitelja dvaju brojeva. To je vrlo učinkovit algoritam čak i onda kad w i m imaju i po pedeset znamenki! Pritom je jedini uvjet da su w i m relativni prim brojevi tj. da nemaju zajednički djelitelj. Dakle da bi se dešifriralo poruku \mathbf{C} , onaj koji je prima najprije izračuna $\mathbf{C}' = \mathbf{C} w^{-1} \text{ modulo } m$, što je jednako $a_1 x_1 w^{-1} + a_2 x_2 w^{-1} + \dots + a_n x_n w^{-1} \text{ modulo } m$. Budući da je vektor \mathbf{a} generiran s $a_i = a_i' \text{ mod } m$, to je jednako $a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n = \mathbf{a}' \bullet \mathbf{x}$. Dakle vidimo da je jedino što je potrebno za dešifriranje \mathbf{C} izračunavanje $\mathbf{C} w^{-1} = \mathbf{C}'$. Time je problem sveden na jednostavan "problem naprtnjače".



Tablica III Dijagram tijeka šifriranja u sustavu javne šifre utemeljenom na problemu faktorizacije (RSA). Lijevo načeli dijagram tijeka, desno primjer

njače" za C' i a' .

U razmatranom primjeru od deset elemenata lako se vidi da su brojevi koji povezuju a i a' , odnosno C i C' jednaki $w = 764$ i $m = 2731$. $w^l = 1605$. Budući da samo brojevi w i m i vektor a' trebaju biti tajni, svi korisnici mogu rabiti isti javni računarski program za stvaranje svoga javnog ključa i svojih tajnih parametara. Korištenje generatora slučajnih brojeva za dobivanje a' , w i m osigurava da su parovi ključeva svakog korisnika različiti. Isto se tako javni program može iskoristiti za šifriranje poruka odnosno uz tajne parametre za njegovo dešifriranje. Opći dijagram tijeka informacija u procesu šifriranja kao i njihova primjena na jednostavnom primjeru šifriranja početka teksta HOW ARE YOU? (na engleskom :kako ste?) pokazana je na Tablici II.

Drugi suvremeni sustav javnog ključa koji ćemo razmotriti temelji se, također, na NP problemu koji ima čak i dužu povijest od "problema naprtnjake". To je problem faktorizacije nekog velikog broja, odnosno nalaženje svih prim brojeva koji ga dijele bez ostatka. (Prim broj je broj koji je cijelobrojan i djeljiv bez ostatka samo sam

sa sobom i s brojem jedan). Taj je problem proučavan još u staroj Grčkoj i iako je napravljen znatan napredak faktoriziranje dvjesto-znamenkastog broja uz primjenu najsuvremenijih računala trajalo bi nekoliko stotina milijuna godina! Uzmimo za primjer neki manji broj: npr. 29083. Faktoriziranje broja 29083 "na ruku" bi potrajalo možda sat vremena a našla bi se samo dva faktora: 127 i 229. Provjera da li su ta dva faktora korektna (tj. da li je $127 \times 229 = 29083$) traje desetak sekundi. Vidimo da problem faktorizacije predstavlja dobar temelj za konstrukciju "jednosmjernih funkcija". No konstruirati još i "jednosmjerna vrata" (koja su nužna za učinkovitu šifru) predstavljalo je znatan problem koji su uspješno rješili Rivest, Shamir i Adleman s Massachusetts Institute of Technology, a po kojima je sustav i dobio naziv RSA.

Da bi se generirao javni ključ za šifriranje izabiru se dva velika slučajna prim broja p i q . Produkt ova dva broja n i još jedan slučajan broj E objavljuju se kao korisnički ključ za šifriranje. Poruka se pretvara u niz brojeva koji se lome u blokove P_1, P_2, \dots . Pritom u ovom slučaju nije nužno korištenje binarnih brojeva, nego to

mogu biti brojevi između 0 i $n-1$. Koristeći javni ključ (E, n) pošiljac izračunava za svaki broj P_i nešifriranog teksta šifrirani broj $C_i = (P_i E) \text{ modulo } n$. Primjerice ako je $p=5$, $q=11$ i $E=3$ tada je korisnički ključ za šifriranje (3,55) i da bi se zašifrirao tekst $P=2$ pošiljac mora izračunati $C=(23)$ modulo 55 (u ovom primjeru, budući da su brojevi mali, modularnost još ne igra ulogu).

RSA kriptosustav javne šifre temelji se na činjenici da iako je računalski lako naći dva velika prim broja, faktorizacija produkta dvaju takvih brojeva je računalski neizvediva. (Treba imati na umu da,

zato jer postoje učinkoviti računalski testovi za utvrđivanje da li je neki broj prim broj ili ne, to predstavlja neusporedivo lakšu zadaću od faktorizacije broja iste veličine). Da bi se dešifrirao tekst C_1, C_2, \dots korisnik rabi i tajni ključ D izведен iz prim faktora p i q .

Da bi objasnili kako se izvodi ključ za dešifriranje, najprije ćemo razmotriti broj $(p-1)(q-1)$, koji se u teoriji brojeva naziva Eulerovom totient funkcijom. Ta se funkcija koja se označava kao $\phi(n)$ definira kao broj cijelobrojnih brojeva između 1 i n koji nemaju zajednički faktor s n . Nije teško uočiti da ako je $n=pq$, tada $\phi(n)=(p-1)(q-1)$. Ovaj se broj uvodi zato jer se aritmetika s funkcijama koje se koristi za šifriranje izvodi ne s modulo n , nego s modulo $\phi(n)$. Pokazat ćemo to na primjeru: $2^{11} \text{ modulo } 10$, što je jednako 8, (jer $2^{11} = 2048$, a podijeljeno s 10 daje ostatak 8). Budući da je $10 = 2 \times 5$, to je $\phi(10) = (2-1)(5-1) = 4$. Sad se s ovim brojem da bi se dobilo $2^{11} \text{ modulo } 10$, vrši redukcija samo eksponenta tj. izračuna se $11 \text{ modulo } 4 = 3$ što je reducirani eksponent koji daje traženi rezultat: $2^3 = 8$.

Svojstva $\phi(n)$ jamči da će uvijek postojati multiplikativni inverz D od funkcije E modulo $\phi(n)$. Odnosno $(ED) \text{ modulo } [(p-1)(q-1)] = 1$. Za izračunavanje D uvijek postoji brzi računalski način, a taj inverz D predstavlja tajni ključ za dešifriranje u RSA sustavu.

Da bi dešifrirao šifirani tekst primatelj izračunava C_i^D modulo n za svaki broj C_i šifriranog teksta. Budući da je $C_i = P_i^E \text{ modulo } n$, onda je $C_i^D \text{ modulo } n = P_i^{ED} \text{ modulo } n$, a budući da se aritmetika u eksponentu provodi s *modulo* $\phi(n)$, a *ED modulo* $\phi(n) = 1$ vidimo da $P_i^{ED} \text{ modulo } n = P_i^1 = P_i$ (nešifrirani tekst). Dakle podizanje šifriranog teksta na D-tu potenciju i reduciranje s *modulo* n daje nešifrirani tekst.

Težina izračunavanja D iz javne informacije (E, n) ovisi o težini rastavljanja n na faktore, odnosno nalaženja p i q. Za veće n (npr. stotinjak cifri), taj je račun praktički neprovediv. S druge strane javno šifriranje i tajno dešifriranje moraju biti računarski lako provedivi. U početku primjena RSA sustava je bila otežana upravo zbog tog problema. Razmotrimo jednostavan primjer u kome je broj običnog teksta $P=2$ transformiran u šifirani broj $C=8$. Da bi se primijenio dešifrirajući algoritam $P=C^D \text{ modulo } n$ nužno je izračunati 8^D modulo 55. No pomnožiti 8 samog sa sobom 27 puta je nezgrapan posao s velikim brojevima, a u slučaju da je D

broj sa stotinjak cifri gotovo nemoguć, čak i s moćnim računalom. Zato se u praksi koristi binarni razvoj da bi se funkciju razbilo u produkt manjih faktora. U našem primjeru eksponent $27 = 1+2+8+16$, pa je $8^{27} = 8 \times 8^2 \times 8^3 \times 8^{16}$. Na taj se način izračunavanje znatno ubrzava, jer se najprije izračunavaju manji faktori, koji se zatim međusobno množe. Na taj se način računanje 8^{27} svede na samo sedam modularnih množenja. Ovakav pristup omogućava da se čak i kad je D broj s dvjesto znamenki broj potrebnih operacija za dešifriranje svede na samo 1330 modularnih množenja, za razliku od 10^{300} koliko ih je potrebno za direktni račun.

Dijagram tijeka šifriranja i dešifriranja uporabom RSA sustava pokazan je na Tablici III. Pritom je korišten dvoznamenasti, a ne binarni sustav prikaza abecede (Tablica I).

Tradicionalne poteškoće u rješavanju "problema naprtnjače" i faktorizacije osiguravaju da su sustavi šifriranja s javnim ključem utemeljeni na ovim problemima praktički sigurni. No to se još uvijek ne može smatrati dokazom da je sustav siguran. Uvijek se može očekivati da će se u budućnosti moći riješiti takav kriptosustav, a da se pritom ne riješi odgovarajući opći problem. Kriptografija još nije uznapredovala do tog stupnja na kojem se može dokazati računalska sigurnost čak i mnogo konvencionalnijih sustava

ili jednosmjernih funkcija. Zato nas ne iznenađuje činjenica da se ne može teoretski dokazati sigurnost sustava javnog ključa utemeljenih na složenim jednosmjernim funkcijama.

Važno je, međutim, napomenuti da su NP problemi idealni kandidati za jednosmjerne funkcije. Neki od tih problema (primjerice "problem naprtnjače", ali ne i problem faktorizacije) spadaju u podskup NP problema koji se zovu NP-potpuni.

Ovaj podskup ima jedno važno matematičko svojstvo: ako **jedan** od njih ima lako primjenjivu metodu nalaženja općeg rješenja, **tada je imaju i svi** NP problemi. Dakle ako se jedan NP-potpuni problem može riješiti lako, (zašto nema matematičkog dokaza, ali ni protodokaza), tada se mogu lako probiti i svi kriptografski sustavi!

Potraga za sigurnim kripto sustavom se zato nastavlja i dalje, a pritom se poseglo u samu suštinu postojanja fizikalnog svijeta i u zdržavanju kvantne mehanike i suvremene matematike stvorena je nova disciplina **kvantna kriptografija**, koja bi trebala ostvariti davnji san: apsolutnu tajnost prijenosa informacija. No o tome više u idućem nastavku.

(nastavit će se)



AS-TIM

Poduzeće za trgovinu, turizam, ugostiteljstvo i usluge
10000 ZAGREB, Donji prečac 9 CROATIA

tel: +385 (0)1 229-693

tel - fax: +385 (0)1 223-962

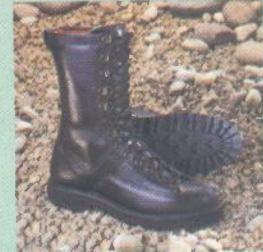
LEATHERMAN



PST II nova poboljšana izvedba originalnog Leathermana (provjeren od Hrvatske vojske) sa dvije nove alatke (škare i dijamantna turpija).



"Super tool" je univerzalni džepni alat (16 alatki) sa jedinstvenim kočionim mehanizmom (sprečava zatvaranje alatke prilikom uporabe).



100% vodonepropusne čizme (kombinacija visokoštavljene kože i Gore Tex materijala).

RIPOFFS



Korce i držači za ručne stranice (Motorola), GSM telefone i mobitele (Nokia, Panasonic itd.).



Sve vrste vojnih i ostalih futrola za sve tipove oružja i pripadajućeg

Tijekom prošle godine pojavile su se naznake nove protičnosti ratovanja, nazvane "Informacijsko ratovanje" ili "Cyberwar". Njaviši američki vojni dužnosnici sad razmatraju realnu opasnost da SAD budu izložene sinkroniziranom napadaju na njihove računalske sustave. "Strategijsko se polje zauvijek izmjenilo", tvrdi viceadmiral Arthur Cebrowski, načelnik C⁴ (Command, Control, Communications and Computers) odjela Američkog stožera združenih snaga. Po njemu informacijskom ratovanju treba pridružiti viši stupanj opasnosti za nacionalnu sigurnost nego konvencionalnom sukobu.

No, ne upozoravaju samo vojnici na opasnost. Glasnogovornik američkog predstavnika doma, Newt Gingrich, kaže da je "... **informacijski virtualni prostor (cyberspace) slobodna zona u koju svatko ima pristup** ... pa bi bilo dobro pripremiti se za nove utjecaje o kojima nismo ni sanjali".

Američko ministarstvo obrane u nastojanju da spriječi električni Pearl Harbour, ustrojio je skupinu stručnjaka koja treba procijeniti prijetnju informacijskog ratovanja. Skupina naz-

američkog zrakoplovstva John Fairfield, pomoćnik načelnika za C⁴ sustave, da su za vrijeme planiranja Pustinjske oluje na raspolažanju bili alati za informacijsko ratovanje, mogla se električni onesposobiti kompletne iračke energetske mreže.

Kao i većina zemalja Irak upravlja svojom energetskom mrežom putem računala. Ubacivanje kontradiktornih informacija u taj sustav rezultiralo bi preopterećenjem sustava tj. ispadanjem iz rada. Za razliku od razvoja atomske bombe, cijena razvoja ovakvog oružja je minimalna. Uostalom, već godinama hakeri s jeftinim kućnim računalima i modemima upadaju u top-secret računalske baze podataka.

Problem s kojim se suočavaju vojne i komercijalne organizacije u nastojanju da se obrane od ovakvih napadaja je činjenica da su računalske mreže godinama, a osobito u zadnjih nekoliko godina, organski narastale. Samo unutar američkog Ministarstva obrane (DoD) ima 12.000 različitih računalskih sustava, a unutar Pentagona postoji 45 odvojenih sustava električne pošte (E-mail). Tvrta Loral Federal Systems za Pentagon razvija novi E-mail sustav koji će, kad se instalira, pružati potporu za dva

avno, u zajedništvu sa zemljama saveznicama. U obzir se moraju uzeti i načela iz vojne doktrine koja se već godinama koristi. Ministarstvo je upoznato s radovima koji se na tom području obavljaju u SAD i sâmo je aktivno sudjelovalo u brojnim studijama i vježbama iz kojih je SAD razvijalo svoju doktrinu. Glavni pokazatelj u rješavanju ovog problema ipak mora biti način na koji su razvijani postojeći međusobno ovisni složeni informacijski sustavi i na koji način suvremeno društvo od njih zavisi."

Jedan od primjera korištenja informacijskog ratovanja koji je podigao prilično prašine dogodio se tijekom vježbe Joint Warrior Interoperability Demonstration Warfare u rujnu prošle godine. Za vrijeme serije testova kojima je bio cilj ispitati osjetljivost američkih računalskih sustava, jedan je zrakoplovni satnik iz Centra za električne sustave američkog zrakoplovstva, u bazi Hanscom (Massachusetts) električni napao računalske sustave na nekoliko američkih ratnih brodova. Da je htio, mogao je preuzeti kompletan nadzor nad tim brodovima. Sve što mu je bilo potrebno bilo je komercijalno računalo i modem za pristup **vojnom Internetu**. S njima je bio u stanju, pod okriljem

Informacija - ORUŽJE STOLJEĆA?

Kad se povjesničari budu vraćali u današnje razdoblje sa ciljem da identificiraju najznačajniji oružni sustav proizведен 1995. godine, postoji vrlo velika vjerojatnost da njihovu pozornost neće privući neka raketa, bomba ili novi zrakoplov, već nekoliko redaka programskog kôda

vana "Advanced Battlespace Information Task Force" upravo radi na tromjesečnom istraživanju svih implikacija rata informacijama, i to ne samo njegove uporabe na bojnom polju, već i protiv nacionalne gospodarske strukture, utjecajem na informacijsku infrastrukturu koja uključuje vojne, bankovne i telefonske sustave, njegova utjecaja na energetske mreže i računalske mreže.

Lažne informacije

U suštini, informacijski rat podrazumijeva korištenje računala i telekomunikacija za uništenje djelatne sposobnosti zemlje bez potrebe da se ispalji i jedan hitac. To je moguće postići unašanjem lažnih informacija u računala protivnika, uništenjem informacija, ili izdavanjem zapovijedi koje će zamijeniti prave instrukcije.

Prema scenariju kojeg je postavio general

miliuna korisnika sustava Defense Message System na 500 lokacija u SAD i širom svijeta. Ni ovaj sustav, međutim, ne će moći prenosititi najosjetljivije tajne poruke do 2000. godine, kad se pretpostavlja da će biti u potpunosti operabilan. Neki američki eksperti čak sumnjuju u mogućnost da se bilo koja komunikacijska mreža može učiniti u potpunosti sigurnom.

Amerikanci nisu usamljeni u svojim nastojanjima. Britansko Ministarstvo obrane (MoD) priznaje da već neko vrijeme radi na potencijalima informacijskog ratovanja, iako su, kako priznaje jedan visoki vojni dužnosnik, daleko iz SAD-a u razvoju vlastite koncepcije na tom području. U MoD kažu da "... razmatraju način na koji se stanovita razina povezanosti i međusobnog djelovanja može održati i u slučaju ratnih neprijateljstava. Naš je stav da se rješenja trebaju tražiti u zajedničkom djelovanju na tom području, kako u pojedinim službama unutar ministarstva, tako i u vojnoj industriji, te nar-

Josip PAJK

naizgled bezopasne E-mail poruke, poslati seriju šifri koja mu je omogućila ulaz iz nezaštićene brodske mreže u navodno sigurni dio mreže. Put koji je ovaj satnik USAF iskoristio za upad na ratne brodove bio je sustav Internet, tj. serija međusobno povezanih računala čiju je izgradnju inicirala američka vojska kao komunikacijsku mrežu sposobnu za rad čak i kad bi veći dio SAD bio uništen u nuklearnom ratu.

Složene mreže

Teorija na kojoj se temeljila izgradnja Interneta bila je da, iako nekoliko komunikacijskih središta bude uništeno u nuklearnom napadaju na SAD, poruke mogu i dalje kolati preko "preživjelih" središta. Internet nije samo povezivao vojne sustave, već i sveučilišta te komercijalne organizacije. Kako je vrijeme pro-

lazilo, broj korisnika se povećavao tako da danas sustav čini gustu mrežu korisnika koja pokriva čitavu zemaljsku kuglu. Vjeruje se da je broj korisnika danas oko sto milijuna, a u sljedećim se godinama očekuje nagli porast. Istodobno, prema procjenama, oko 95 posto američkih vojnih neklasificiranih podataka se prenosi ili je dostupno na Internetu.

Začeci informacijskog rata nastali su potrebom da se sprječi neovlašteno infiltriranje "hakera" u sustav, a za razliku od jeftine opreme potrebne da bi se upalo u mrežu, cijena obrane od takvih napadaja je golema. Svota koju će SAD morati izdvojiti ove godine za poboljšanje zaštite kreće se oko milijarde USD, a procjenjuje se da će cijena informacijskog ratovanja u sljedećem desetljeću činiti 10 posto dijela vojnog budžeta namijenjenog za elektroničku opremu.

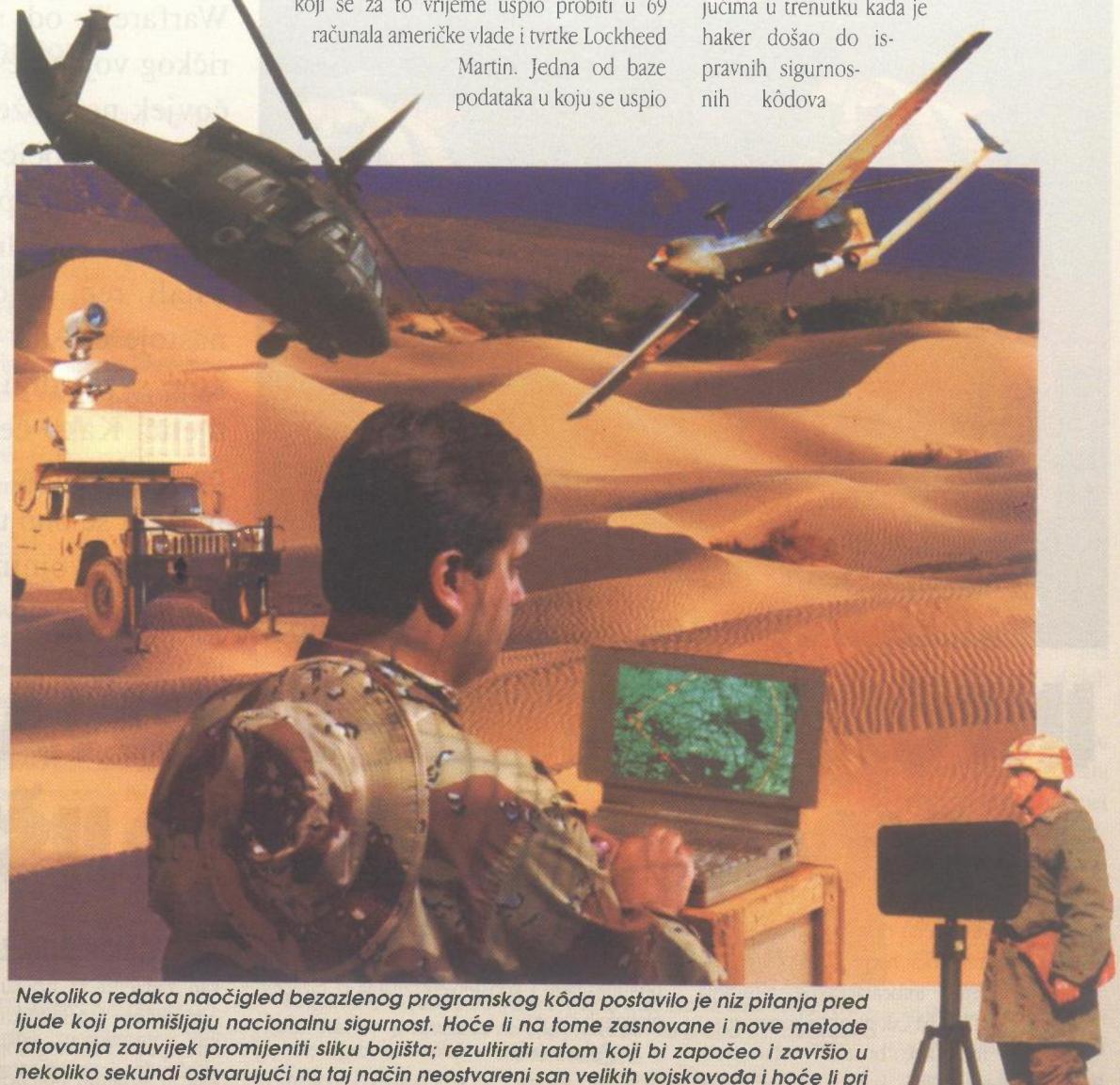
U Britaniji se ovih dana očekuje proglašenje pobjednika natjecanja za isporuku nove sigurne mreže za fiksnu komunikaciju. Cilj ovog desetogodišnjeg projekta vrijednog 1,5 milijardi USD je zamjena dosadašnje 51 različite komunikacijske mreže s jednom (Defence Fixed Telecommunications Network). Jedan predstavnik tvrtke ponuđača izračunao je da se oko 30 posto cijene sustava odnosi na zaštitu od neovlaštena upada (cyber attack). On tvrdi da bi manje od deset godina unazad ovakva struktura cijene bila okarakterizirana kao "šminka". Danas, međutim, to nije slučaj.

Iako do danas nisu objavljene nikakve informacije o napadajima pravih "cyber" terorista, ima dovoljno primjera o šteti koju mogu nanijeti bezazleni računalski zaljubljenici (hakeri) koji to rade iz "športskih" pobuda. Američko Ministarstvo obrane u svojim redovima ima tim specijalista izučenih za lov na takve hakere i za njihovo krivično gonjenje. U 1994. godini reg-

istrirana su 255 napadaja, a 1995. više od 500. Ovakav trend porasta očekuje se i ove godine.

Američkoj je službi sigurnosti trebalo 13 mjeseci da pronade hakera iz Velike Britanije koji se za to vrijeme uspio probiti u 69 računala američke vlade i tvrtke Lockheed Martin. Jedna od baze podataka u koju se uspio

dišti te položajima raketnih projektila. Iako je baza podataka Cincinnati Bell Customer Services System imala interni sustav zaštite, oni su se pokazali nezadovoljavajućima u trenutku kada je haker došao do ispravnih sigurnosnih kódova.



Nekoliko redaka naočigled bezazlenog programskog kôda postavilo je niz pitanja pred ljudi koji promišljaju nacionalnu sigurnost. Hoće li na tome zasnovane i nove metode ratovanja zauvijek promijeniti sliku bojišta; rezultirati ratom koji bi započeo i završio u nekoliko sekundi ostvarujući na taj način neostvareni san velikih vojskovoda i hoće li pri tome, što je razvijenija tehnološka baza nacije, lakše je biti poraziti?, samo su neka od tih pitanja

probiti sadržavala je informacije koje su slali američki agenti iz Sjeverne Koreje za vrijeme nuklearne krize.

Drugi primjer, objavljen u britanskom časopisu "Independent" u studenom 1994. razotkrio je osjetljivost navodno sigurnih telekomunikacija. U članku se razotkriva na koji način je jedan haker došao u posjed tisuća telefonskih brojeva najvećeg stupnja tajnosti od kojih mnogi nisu ni bili navedeni u ex-direktoriju British Telecom. U tim brojevima bili su i onaj na adresi Downing Street 10, GCHQ-a (Komunikacijsko središte britanske vlade u Cheltenhamu) i američkog elektroničkog prislušnog središta Menwith Hill u Yorkshireu.

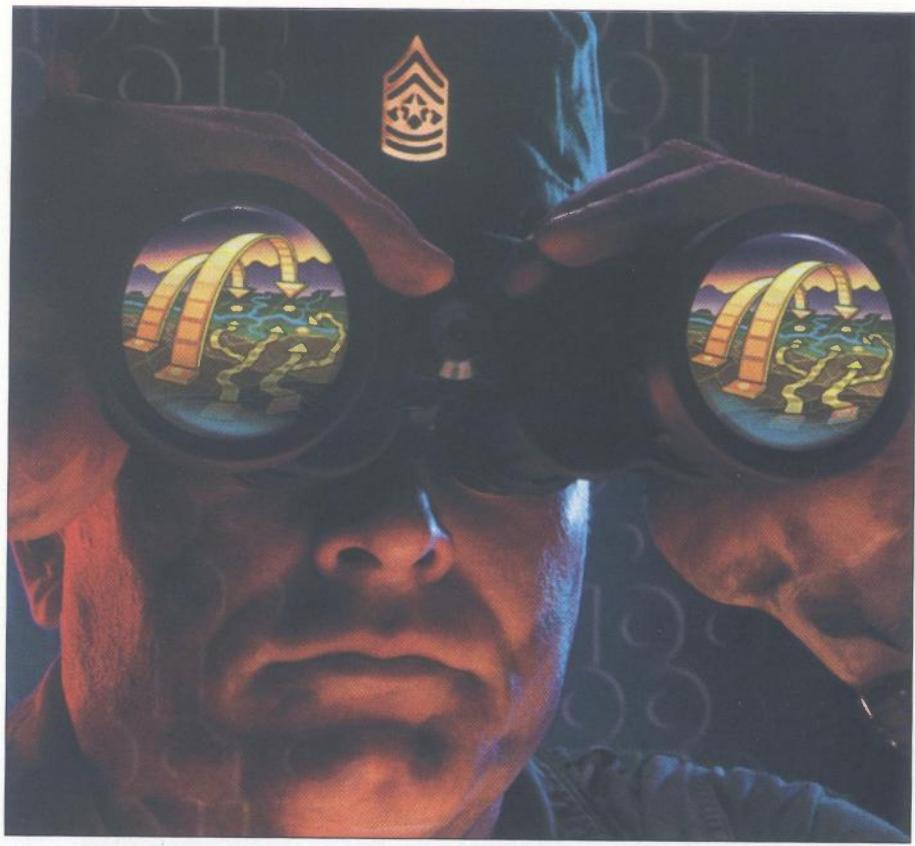
Nezadovoljavajuća zaštita

Ovaj haker je došao i u posjed detaljnih informacija o zapovjedno-upravljačkim sre-

potrebnih za ulaz u sustav. Drugi su hakeri

pak, virusima koji napadaju tvrdi disk računala i uništavaju njegov memorijski prostor, prouzročili na desetke tisuća funti štete. Opasnost koja prijeti i vojnim i komercijalnim korisnicima računala koji svoje strojeve povezuju na konvencionalan način, je stvarna. Svjetski vojni krugovi potencijalnu su opasnost prepoznali i sad poduzimaju akcije širokih razmjera kako bi se zaštitili. U isto vrijeme, oni razvijaju nove metode ratovanja koje bi u bliskoj budućnosti mogle rezultirati ratom koji bi započeo i završio u nekoliko sekundi - pri tome, što je razvijenija tehnološka baza nacije, lakše će je biti poraziti.

Jednostavna kemijska reakcija oslobodila je snagu nuklearnog razdoblja: jednostavni program u računalu mogao bi oblikovati današnje tehnološko razdoblje.



Kad se radi o definiranju pojma informacijskog ratovanja (IW od "Informational Warfare") od strane američkog vojnog establišmenta, čovjek ne može, a da se ne sjeti doskočice u kojoj nekoliko slijepih ljudi od kojih jedan drži surlu, a ostali rep, kljove i nogu, nastoje opisati životinju od koje svaki drži samo jedan djelić. Kako će IW utjecati na nove vojne doktrine, ili može li se ono uopće izraziti u čistim vojnim terminima još uvijek je otvoreno pitanje

INFORMACIJSKO RATOVANJE I DIGITALIZIRANO BOJIŠTE

Trenutačno ne postoji koherentna američka nacionalna politika na temu informacijskog ratovanja (IW), pa čak ni čvrsti konsenzus o tome kako bi se IW trebao zvati. Različiti rodovi i službe¹ koriste različite nazive kao što su "Command and Control Warfare" (C&W), "Information Operations" (IO), "Peta protežnost ratovanja", "Ratovanje temeljeno na znanju" ili pak "Digitizacija". Bilo kako bilo, većina opisa IW dijeli značajke radne definicije pojma koju primjenjuje USAF (američko zrakoplovstvo): "svaka akcija koja ima za cilj poništiti, eksplorirati, narušiti ili uništiti protivnikovu informaciju i njezinu funkciju, kao i zaštita od takvih djelovanja i eksplotacija vlastitih informacijskih operacija."

Definicija zadaća

U nastavku USAF dalje predlaže da se IW podijeli u tri temeljne zadaće:

Protuinformacijsko djelovanje, ili upravljanje i korištenje informacijskog okruženja uz zaštitu vlastitih informacijskih operacija od napada;

C² napadaj, tj. korištenje informacija za ofenzivna djelovanja;

Informacijske operacije, koje predstavljaju ukupno povećanje učinkovitosti snaga prikupljanjem i korištenjem znanja iz različitih globalnih izvora.

Pojam informacijsko ratovanje po toj definiciji, nadalje, u sebi sadrži i potčinjeni pojam "informacijske prevlasti". Kako bi se informacijsko okruženje što učinkovitije uporabilo mora se postići prevlast; informacijski resursi protivnika moraju se potisnuti dok se resursi vlastitih i savezničkih snaga moraju zaštititi radi omogućavanja informacijskih napadajnih operacija na digitaliziranom bojištu 21. stoljeća kakvo zamišljaju vojni planeri u Pentagonu.

U američkim vojnim razmišljanjima postoje dva uzajamno povezana koncepta: globalna prisutnost i virtualno bojište. **Globalna prisutnost**, prema prošlogodišnjim neklasificiranim objavama USAF, tzv. "White Paper", uključuje kao fizičku prisutnost tako i IW, sa združenom sposobnošću stvaranja, rasprostiranja, pristupa i manipulacije informacijama za vlastite potrebe, uz istodobni nadzor protoka informacija prema protivniku, a sve radi postizanja odlučujuće prednosti na bojištu. **Virtualno bojište**, prema istoj studiji, trebalo bi koristiti IW sredstva kao što su: računala, mreže, zemaljski i svemirski senzorski sustavi, te druge informatičke sisteme

Pripremio Josip PAJK

kao zamjenu za fizičku vojnu prisutnost u određenom operacijskom području. Poticaj koncepciji virtualnog bojišta daju, kako promjene u strukturi potencijalnih prijetnji, tako i potreba za smanjenjem snaga zbog budžetskih ograničenja, koja teško pogadaju američku sposobnost globalne intervencije. U istoj studiji USAF naglašava se da "u stanovitim prigodama i sama informacija može biti dovoljna za održanje američkih (vojnih) interesa" te da, potrebno je to naglasiti, sposobnost informacijskog djelovanja ima i značaj "umnoživača snaga".

Jedan izvor iz visokih vojnih krugova ide i tako daleko da tvrdi kako novi trendovi globalnog ratovanja za cilj nemaju više prevlast nad područjem (zemljom), nego nad informacijama (što sigurno ne će biti od velike utjehe narodu ciljanog područja), te da je, u stvari, u tijeku prava revolucija na vojnom planu pod utjecajem kako geopolitičke stvarnosti, tako i razvoja digitaliziranih borbenih sustava i doktrina.

Zbog daljnog pojašnjenja pojma, IW se može promatrati u skladu s njegove dvije jasne operacijske komponente, obrambene i ofenzivne. Ova dva vrlo očigledna aspekta IW su predmet doktrinarnih debata unutar američkih

vojnih krugova, obaveštajne zajednice i visokih političkih krugova, uključujući tu i trenutačnu administraciju. I DoD (Ministarstvo obrane) i ARPA (Advanced Research Projects Agency) podržavaju obrambeni IW stav.

Obrambeni napor?

Projekt "Defensive Information Warfare" agencije ARPA, jedan je od sedam većih istraživačkih područja pod nadzorom CSTO (Computing Systems Technology Office) i smatra se kao područje "naprednih sigurnosnih tehnologija radi zaštite kritičnih sposobnosti DoD od električnog napadaja na temelju ili preko njegove podupiruće računalske infrastrukture". Tu su uključeni alati za osiguranje mreža, sigurni računalski sustavi, osiguravajuće i integracijske sheme i metode za osiguranje mogućnosti preživljavanja informacijske infrastrukture (ili "infostrukture") napadnute od strane protivnika.

Međutim, veliki broj studija dovodi u pitanje prihvatljivost ovakvog čistog obrambenog IW stava. Ministar obrane i direktor CIA-e su zajednički potkraj prošle godine učinili izdašno izvješće na temu IW, a Pentagon je još prije izdao sljedeće preporuke u svezi s IW:

- Ustanovljavanje jedinstvenog plana SIOP (Single Integrated Operations Plan) za pitanja IW radi uspostavljanja ravnoteže s IW sposobnostima potencijalnog agresora;

- Ustanovljavanje namjenskih informacijskih snaga (Battlefield Information Task Force) radi stvaranja i korištenja združenih tehnologija za modeliranje i simulaciju bojišta u svrhu uvježbavanja;

- Razvoj tzv. ACTD sustava radi optimizacije i povećanja naprednih sposobnosti i radi korištenja rezultata znanstveno i tehnološki temeljenih programa²;

- Razvoj sustava za direktnu satelitsku komunikaciju s bojišnicom;

- Proširenje sposobnosti uvježbavanja simulacije i modeliranja na području C&I uključujući i "virtualno ratovanje" bez potrebe za izgradnjom namjenskih središta;

- Provodenje dubinske procjene od strane DoD-a u skladu s razvojem IW planova i politike. Takva studija bi uključivala sposobnosti i osjetljive točke protivničkih snaga;

- Potpora ministra obrane za neodgodivim povećanjem fondova za potrebe obrambenog IW, s naglaskom na zaštitu kritičnih službi i ustrojavanje tzv. "Red Teams" za ispitivanje osjetljivosti vlastitih snaga na IW djelovanja.

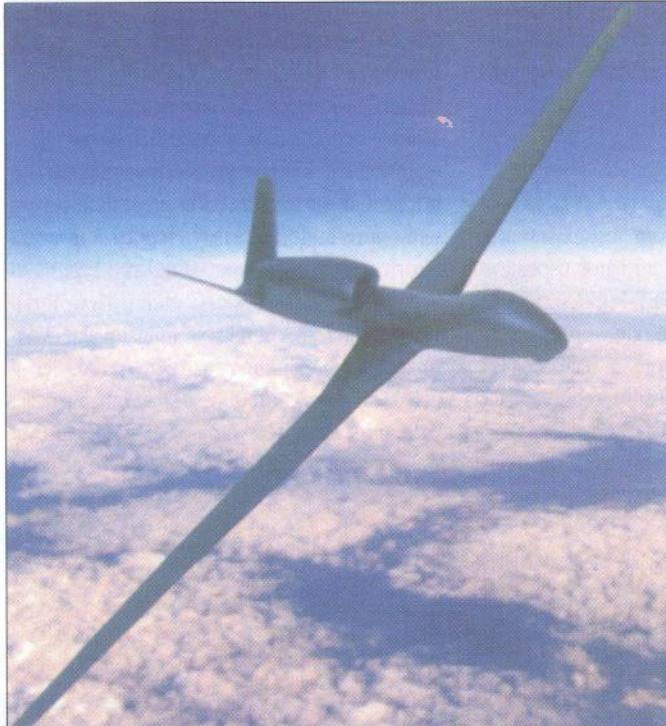
Sigurno je da se ključ uspjeha na digitaliziranom bojištu budućnosti nalazi u sposobnosti uspješnog manipuliranja informacijama, no informacijsko ratovanje moguće je voditi i današnjim sustavima. Ključni čimbenici od kojih se danas stvara borbeno okruženje temeljeno na

informacijama su zasigurno svemirski senzorski sustavi. Ovakvi sustavi slijede trag ARPA programa "Warbreaker", usredotočujući istraživačko-razvojne ACDT programe na potporu integriranog cijelovitog svjetskog zapovjedno-upravljačkog sustava kojim bi bilo moguće precizno i vremenski sinkronizirano djelovanje na vremenski kritične ciljeve (TCIs - time critical targets) kao što su pokretni lanseri taktičkih balističkih raketa poznatih pod nazivom TEL (ili kitovi "sperm whales" tj. ruski "hasholas") koji su se pokazali kao teški ciljevi za sustave za lov na rakete SCUD, tzv. "SCUD Hunters" iz operacije Desert Storm.

jskog ratovanja, poput Nemezis (božice osvete) za grčku tragediju, pojavljuje se problem opće poznat kao računalski virusi, od kojih su dva tipa najpoznatiji, oni koji napadaju sektor za inicijalizaciju (boot sector) i izvršne programe (executable file viruses).

Virusi boot sektora čine manji dio od 7500 dosad poznatih virusa (oko 500 ili manje od 10 posto). Međutim, oni su, prema podatcima američkog udruženja za računalsku sigurnost (National Computer Security Association), odgovorni za više od 90 posto "zaraza". Od procijenjenih milijun računala na kojima počiva globalna mreža Internet, glavna komponenta globalne informacijske infrastrukture (GII) ili globalne "informacijske autoceste", prema statističkim podatcima, najmanje 50 posto je pretrpjelo → "virusne infekcije". Virusi se danas programiraju takvom brzinom da se prema nekim procjenama njihov broj udvostručuje svakih osam i pol mjeseci.

Virusni upadi su na Internetu neizbjegni zbog prirode Internet Protokola (IP), skupine sklopovskih i programskih standarda kojom se omogućuje prijenos podataka kroz povezanu mrežu računalinskih čvorova koja se sastoji od podmreža spojenih na Internet



Bespilotne letjelice za velike visine kao što je ova Teledyne Ryan Tier 2+ prikazana na slici, također su jedna od aplikacija IW tehnologije

Drugi sustavi koji su u uskoj svezi s tehnologijom za informacijsko ratovanje su i: suvremene bespilotne letjelice (UAV), sofisticirana multimedija komunikacija kao što je GLOMO (od "global-mobile") koju će koristiti iduća generacija informacijskih sustava, robotizirani protuminski sustavi, sustavi nadzora širokog prostora na kopnu (wide-area ground surveillance systems) i samonavodena zemaljska oružja koja se razvijaju u sklopu programa ALS (Advanced Land Systems), te sintetički ratni prostori kao što su SIMITAR i WARSIM 2000 namijenjeni interaktivnoj distribuiranoj simulaciji bojnog polja u cilju uvježbavanja.

Virusi i globalna informacijska infrastruktura (GII)

Kao što se može pretpostaviti, primarno oružje u informacijskom ratovanju je sama informacija. Stoga, vezano za predmet informaci-

"kralježnicu". IP paketi nisu kriptozaštićeni pa predstavljaju laki plijen za "hakere". Tzv. "sniffer" programi ili "nujskala" koji mogu IP pakete uloviti "u letu", omogućuju hakerima izvlačenje korisničkih lozinki (password) koje im kasnije omogućavaju ulaska u sustave i datoteke s ograničenim pristupom. Kad se jednom nađu unutar sustava tada ne predstavlja nikakav problem sijanje virusne zaraze na različite načine.

Nekoliko ne tako davnih primjera može baciti malo više svjetla na ulogu virusa i prirodu onih koji ih kreiraju i rasprostranjuju. U VB je haker poznat kao "Crni Barun" priznao da je autor zloglasnih SMEG/Pathogen i SMEG/Queeg virusa koji su bili odgovorni za tisuće zaraza računala spojenih na Internet širom svijeta. Godine 1993. je jedan drugi britanski virus programer, predsjednik skupine programera pod nazivom ARCV, uhićen u svezi s lažnim telefonskim računima. ARCV je skraćenica od "Association of Realy Cruel Viruses" (Udruženje stvarno okrutnih virusa).

Pozornost je u svoje vrijeme privukao i tzv. Satan Bug, virusni program odgovoran za slom računalskih mreža američke tajne službe 1993. godine. Satan je zanimljiv s različitim stanovišta, od čega nije najzanimljivije to što koristi svih jedanaest poznatih sigurnosnih tokova operativnog sustava Unix (OS koji se najčešće koristi u Internetu i vojnim računalima), ni njegovo iznimno dobro korisničko sučelje kojim se namještaju parametri "zaraze", ni činjenica da ga svatko može bez problema presnimiti s Internetovih "oglasnih ploča" (bulletin boards). Ono što ga čini jedinstvenim među virusnim programima je činjenica da ga je velik broj samoproglašenih čuvara računalske infrastrukture prihvatile kao pouzdani alat za ispitivanje otpornosti sustava na namjerna inficiranja virusima.

Bliska zaštita

U američkom vojnem establišmentu, agencija ARPA, koja je bila inicijator uspostave Interneta kao mreže ARPANET, koja je opet bila kreirana zbog potrebe da se odgovori na naraštajuću IW prijetnju, predvodi u naporima za uspostavu Internet sigurnosnih tehnologija i protokola, uključujući tu i tzv. "vatrene zidove" ("firewall" se definira kao kombinacija sigurnosnih sklopovskih i programske implementacije). Pod pokroviteljstvom već spomenutog projekta "Defensive Information Warfare" provode se istraživačko-razvojni programi na području, kriptozaštite, nadzora pristupa, autorizacije podataka i shemiranja digitalne signature. Predviđa se razvoj sigurnosnih enklava pomoću kojih će distribuirani korisnici moći komunicirati kao putem zajedničkog sigurnosnog perimetra. Ovakve će mreže podržavati operacijski sustavi koji mogu izolirati sumnjiće virusne programe i pružati potporu specifičnim lokalnim načinima zaštite. Standardizirani mikroprogramski moduli od kojih će se sastavljati aplikacijski programi će već u sebi imati ugrađene programske module "visoke sigurnosti" ili otporne na viruse.

U izravnoj budućnosti, dok ne sazriju ove sigurnosne tehnologije, američka nacionalna i globalna informacijska infrastruktura su vrlo osjetljive na infonapadaje, kako od strane nacionalnih vojnih i obavještajnih tijela koja "službeno" provode IW djelovanja u skladu s politikom svojih vlasti, tako i od strane "privatnih" hakera koji djeluju pod utjecajem šarolikog spektra motiva.

Nadalje, kako su vojne računarske i telekomunikacijske mreže tijesno povezane sa civilnom infostrukturom, nema jasne razlike između ove dvije infostrukture ili među tehnologijama na kojima se one oslanjaju. Osim toga, danas na informacijskom području nema tehnološke razlike između potencijalnih protivnika, pa analitičari uspoređuju ovakvo nepredvidivo strategijsko okruženje s onim koje je vladalo prije pojave nuklearnog oružja. Čak se smatra da IW prijetnja mijenja i samu prirodu definicije suvremenog ratovanja i terorizma. U ovakvom kontekstu bombaški napadaj na World Trade Center u New Yorku 1993. godine, se, osim kao kriminalni akt, može smatrati i strategijskim napadajem na SAD, jer se u WTC-u nalaze uredi više vladinih agencija, većina najvećih telekomunikacijskih čvorova, što ga čini središtem živčanog sustava globalnog tržista.

Bombe i virusni programi nisu jedini način napadaja na infostrukturu, bila ona vojna ili civilna. Mogu se koristiti i egzotičnija oružja koja koriste zračenja velike energetske razine. HERF (high Energy Radio Frequency) topovi i EMP/T



Joint STARS je dobar primjer narastanja uloge koju će IW imati na svakom budućem bojnom polju

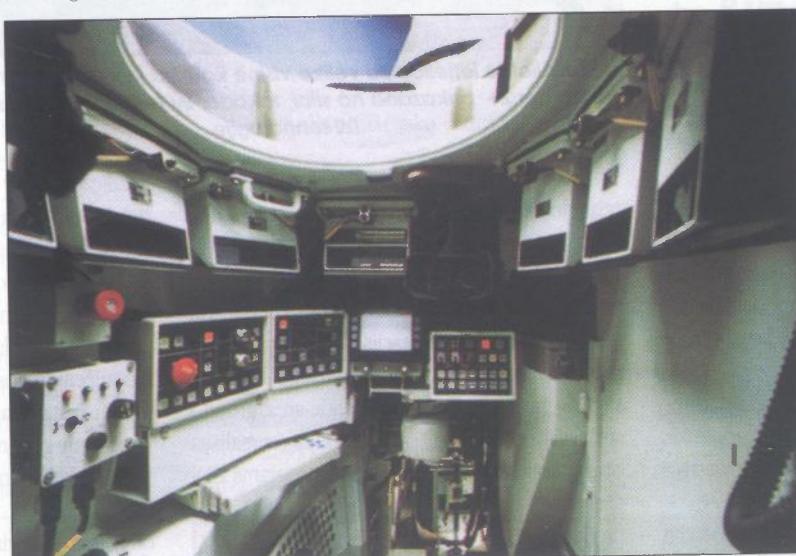
nasilnom guranju lozinke (force-feeding passwords) kako bi došli do skrivenih veza između korisničkog sučelja. Ovakvi napadaji, iako neprofinjeni, iznimno su učinkoviti.

Nova protežnost ratovanja

Studija američkog Obrambenog znanstvenog vijeća DSB (Defense Science Board) na temu "Informacijska arhitektura bojišta" u zaključku je navela da su SAD vrlo osjetljive na elektronički informacijski napadaj te da moraju primijeniti metode kojima će se moći suprotstaviti toj prijetnji. U studiji se sugerira da bi razvojna strategija i sposobnost da se vodi informacijski rat mogao biti najznačajniji vid vojnih operacija od uvođenja stealth tehnologije.

U izvješću se navodi i osjetljivost informacijskih sustava potencijalnih protivnika na informacijske napadaje, te pristup zemalja Trećeg svijeta iznimnim "off-the-shelf" IW sposobnostima zbog komercijalne dobavljaljivosti suvremene informacijske tehnologije i ne postojanja izvozne nadzora.

Sumirajući opći konzensus po ovom pitanju u vojnim krugovima na AFCE-inoj konferenciji TechNet '95 u Washingtonu u lipnju prošle godine, general američkog zrakoplovstva Ken Minihan je utvrdio: "Ovdje imate nešto što se pojavljuje



Električna oprema za vozila (Vehicle Electronics) ili VECTRONICS je još jedna aplikacija IW koja se ugrađuje u najnoviju opremu kao što je ona za zapovjedno mjesto u tanku Leclerc

(Electro-Magnetic Pulse Transformer) bombe se također mogu iskoristiti za uništenje računalskih sustava, a čak ni čiste IW metode ne zahtijevaju ubacivanje u sustav virusa ili kakvog drugog programa. Hakeri naime često koriste "sirovu snagu" u napadajima na "predstraže" sustava izlažući ih učestalim CTRL ili ALT sekvencama, ili

kao nova granica. To je nova protežnost u kojoj ćemo morati djelovati". Ili, drukčije kazano, IW dramatično mijenja prihvaćena pravila borbe.

Implikacije koje ova revolucija donosi nisu promakle američkom obrambenom establišmentu koji poduzima korake kako bi proučilo i identificiralo situaciju. Na tom poslu je angaži-

rana i Bijela kuća, i kako je već rečeno većina odgovarajućih vladinih agencija, među kojima su i Ministarstvo obrane i CIA. Osim toga, svi su oblici oružanih snaga već u određenom stupnju integrirali IW u svoju doktrinu, zapovijedanje i upravljanje.

Američka mornarica (USN) svoj IW plan naziva "Copernicus Forward" ili "Kako će mornarica i marinske snage voditi rat u informacijskom dobu". U razvijanju ovog plana mornarica je razmatrala CI strategiju i arhitekturu i u ostalim oblicima. Copernicus plan je zamišljen kao definitivna arhitektura i zajednička strategija za združene CI operacije.

Prioritet mornarice u pogledu IW je "održati vojnika u središtu pozornosti". Programom "Copernicus Forward" IW se definira kao integrirana uporaba operativnih djelovanja, sigurnosnih mjera, vojnog odvraćanja, psiholoških operacija, elektroničkog ratovanja (EW) i fizičkog uništenja kako bi se protivniku onemogućio pristup informacijama, utjecalo na, degradiralo ili uništilo njegovu sposobnost zapovijedanja i upravljanja uz istodobnu zaštitu vlastitih (savezničkih) zapovjedno-upravljačkih sposobnosti od takva djelovanja". Mornarica s istom pozornošću razmatra kako obrambeni tako i napadajni (ofenzivni) aspekt IW. U viziju plana Copernicus uključen je i tzv. Battlecube Information Exchange System", konceptualni više-protežni prostor koji uključuje podvodno, površinsko, zračno i svemirsko borbeno okruženje. Korisnicima će sustav pružiti zajedničku sliku taktičke situacije i primjenu mornaričke doktrine "sensor to shooter" kojom se naglasak stavlja na veću kakvoću gađanja, uključujući motrenje i prepoznavanje, akviziciju i lokalizaciju, borbenu identifikaciju, ciljanje, uporabu i vođenje oružja te ocjenu oštećenja.

Američko zrakoplovstvo svoju IW inicijativu naziva "Superhighway 2000" ili "Transportni sustav borbenih informacija". Cilj ove inicijative je uspostava informacijski temeljenog borbenog sustava kako bi se snage doveli u tzv. "petu protežnost ratovanja" u kojoj brza globalna razmjena informacija može povećati kakvoću sredstava za ratovanje.

Integracija informatičke tehnologije u skladu sa zadovoljenjem potreba ratovanja, a ne tehnologija sama za sebe, glavni je pokretač nastojanja zrakoplovstva na ovom području. U

planiranju se za poboljšanje CI sposobnosti nastoji iskoristiti postojeća BII (Base Information Infrastructure) oprema, koja čini dio šireg DII sustava (Defense Information Infrastructure)³. Oprema BII koja se odnosi na komunikacijsku infrastrukturu u bazama zrakoplovstva

neophodnu za daljinsko vođenje operacija zrakoplovstva (expeditionary warfare), trebala bi podržavat i prijenos slikevih, grafičkih, video i drugih širokopojasnih komunikacija između svih ključnih zapovjedno-upravljačkih središta USAF. Krajnji cilj USAF je da se suvremeno modeliranje i simulacija učine dostupnima na svim razinama "od nacionalnog zapovjednog središta pa do lisičje jazbine" kako je to slikovito opisao general Carl O'Berry, pomoćnik zapovjednika stožera USAF za CI sustave, koji IW naziva i "ključni osposobitelj".

Kopnena vojska prispjećećem programa Force XXI. namjerava preustrojiti svoje snage i prilagoditi svoje operacijske koncepte i doktrinu kako bi mogli poduprijeti informacijsku



Francuska koncepcija vojnika budućnosti

tehnologiju. Jedan je diviziju u bazi Fort Hood odabran za ispitivanje koncepcija i oružja iz programa Force XXI. To će biti prva postrojba koja će se reorganizirati i modernizirati u skladu s onim što se podrazumijeva pod pojmom "Vojnska 21. stoljeća". U konceptu se podvlači da će, kako je zamišljeno ovim programom, vojni budućnosti biti osnažen, a ne opterećen oružnim sustavima utemeljenim na informatičkoj tehnologiji, a informacijska se prevlast uspoređuje s prevlasti u zraku jer se vlastite snage opskrbljuju s više informacija koje direktno utječe da njihova agilnost, mobilnost i udarna snaga odnesu prevlast na bojištu.

Kao ključni sustav u shemi Force XXI navodi se vrtoljet RAH-66 Comanche kojeg opisuju kao "više od samog vrtoljeta", dapače "oružje 21. stoljeća izgrađeno tehnologijom 21. stoljeća". Korištenjem najnovijih zrakoplovnih i računalskih sustava, Comanche će kopnene manevarske snage opskrbljivati optimalnom integriranim slikom terena i ciljeva, puno bolje

nego s dosadašnjeg OH-58D Kiowa Warior. Predviđa se i zajedničko djelovanje novih besplotonih letjelica sa vrtoljetom Comanche, povezanih infotehnologijom. Iz vrtoleta bi se upravljalo letjelicom tako da se poveća domet objetu platformi.

Informacijsko ratovanje stvarno predstavlja novu paradigu u vojnim razmišljanjima. Da li će ono i u koliko mjeri izmijeniti pravila borbe treba još vidjeti. Međutim ratni planeri ne bi trebali olako zanemariti njegove implikacije, a njegov puni utjecaj uključujući i rizike i mogućnosti koje donosi, moraju se procijeniti u svjetlu tekućih tehnoloških trendova i geopolitičkih realiteta.

David Alexander "Information Warfare And The Digitised Battlefield", MILTECH 9/95.

1 Pojam "information warfare" (informacijsko ratovanje) i/ili IW se radi konzistentnosti rabi kroz čitav ovaj članak. U američkoj kopnenoj vojsci udomaćio se pojam "digitisation", dok USAF (zrakoplovstvo) za isti predmet rabi uglavnom pojam "fifth dimension of warfare" (pete protežnosti ratovanja).

2 ACDT (Advanced Concept Technology Demonstration), tj. projekti predloženi od strane petnaestak proizvođača, namijenjeni ispitivanju primjenjivosti novih tehnologija u vojnim sustavima, upravo se procjenjuju. Pokrivaju sljedeća područja:

- Poluautomatizirana obrada slikevih obaveštajnih podataka (Imagery Intelligence Processing), tj. sustavi sposobni da samostalno skaniraju pristigle slikevine podatke, otkriju promjene u odnosu na prijašnja stanja i označe područja koja je potrebno dodatno obraditi;

- Svijest o stanju na bojištu i raspodjela podataka (Battlefield Awareness and Data Dissemination). Projekti usredotočeni na oblik i način tijeka informacija između zapovjednika na bojištu, posebno zapovjednika u združenim snagama (Joint Task Force);

- Identifikacija Zemlja-Zemlja i Zrak-Zemlja na bojištu. Skupina za pripremu zahtjeva za združena djelovanja u Pentagonu (Joint Requirements Oversight Council) inzistira na ovim sustavima radi smanjenja opasnosti od djelovanja po vlastitim snagama zbog netočne identifikacije (fratricide);

- Navigacijsko ratovanje, u sklopu kojeg se razvijaju sustavi i koncepti koji imaju za cilj onemogućenje korištenja navigacijskih informacija agresoru, uključujući GPS, uz istodobno osiguranje pristupa takvim informacijama savezničkim snagama;

- Protuproliferacija, tj. razvoj sustava za učinkovito pružanje i uništenje spremišta i proizvodnih kapaciteta kemijskog, biološkog i nuklearnog oružja.

3 Bit će uključeno u zahtjeve za obračunsku 1997. godinu i nadalje.

Najznačajniji rezultat moderne elektronike - mikroprocesor - srce je svakog modernog oružničkog sustava. S njegovim daljnjim naprekom razvijat će se novi, puno moćniji, precizniji i učinkovitiji oružnički sustavi, što će za posljedicu imati razvoj novih taktičkih scenarija

(I.dio)



VOJNI ELEKTRONIČKI UREĐAJI

Tehnologija u poluvodičkoj industriji

Tijekom posljednjih dvadeset godina došlo je do golemog razvoja na polju elektroničkih poluvodičkih komponenti koje su sastavni dijelovi elektroničkih sklopova koji pak čine vojne i civilne elektroničke uređaje. Značajan je napredak postignut na polju diskretnih poluvodičkih elemenata, no do još većeg napretka u tehnologiji došlo je na polju integriranih poluvodičkih elemenata

Značajno povećanje performansi i smanjenje cijena integriranih krugova svih tipova i namjena, a posebice mikroprocesora, dovelo je do vrlo velikih (pozitivnih) promjena na polju razvoja složenih oružničkih sustava, kao što su raketni sustavi, zrakoplovi, tražila za inteligentne projektile, komunikacijski i informacijski sustavi itd. Za sve te sustave bitna je činjenica da se njihova učinkovitost, brzina rada (obradba signala ili informacija), propusnost sustava (količina informacija koja prođe kroz sustav u jedinici vremena), sposobnost spremanja sve veće količine informacija u određenim podsustavima te složenost funkcija koje mogu obavljati, sve više povećavaju s razvojem novih poluvodičkih tehnologija.

Sposobnost da se spremi i obradi informacija na novi način bitan je za napredak čovječanstva. Od starih Sumerana i njihovih glinenih znakova preko Gutembergovog prvog tiskarskog stroja, Daweyeva decimalnog sustava i, eventualno, poluvodiča, spremanje informacija je katalizator za sve kompleksnije pravne, političke i socijalne sustave.

Moderna je znanost, također, "zamršena" glede procesiranja informacija, s kojima ona egzistira u formi simbioze. Napredak znanosti omogućio je spremanje, popravljanje i procesiranje više informacija nego ikad dosad, što je opet pomoglo generiranju točnih znanja nužno potrebnih za daljnja napredovanja.

Tijekom proteklih nekoliko desetljeća, poluvodička elektronika postala je vodeća snaga u ovom odlučnom nastojanju, uvodeći svijet u doista jednu izvanrednu, novu epohu. Pojava integriranih krugova učinila je mogućim razvoj personalnih kompjutora (PC) koji su transformirali poslovni svijet. Isto tako je pojava integriranih krugova omogućila pojavu nadzornih sustava koji rad strojeva u npr. fleksibilnim proizvodnim sustavima, čine bržim, čistijim i učinkovitijim kao i pojavu medicinskih uređaja i sustava bez kojih bi bilo nazamislivo spašavanje života ljudi oboljelih od različitih bolesti ili ozlijedjenih u raznim nesrećama. Oni su omogućili stvaranje industrija koje su u stanju generirati stotine milijardi dolara i osigurati posao za milijune ljudi. Sve te dobrobiti, i daleko više njih negoli se ovdje mogu nabrojiti,

Berislav ŠIPICKI

proistjeću iz ne u tako maloj mjeri činjenice da je poluvodička industrija bila u stanju integrirati sve više i više tranzistora na čipove uz sve niže troškove.

Kad se spominje čip misli se na englesku riječ chip = pločica (poluvodičku) - na kojoj se posebnim tehnikama izrađuje veliki broj tranzistora, dioda, otpornika, pa i kondenzatora manjeg kapaciteta koji se međusobno, isto tako "napravljenim" vodičima, spajaju u minijaturne električke krugove.

Ta sposobnost, koja je bez presedana u industrijskoj povijesti, toliko je fundamentalna u poluvodičkom biznisu da je doslovce tumačena kao zakon. Unatoč tome, s vremenom na vrijeme, iskršnu strahovi da bi tehničke i gospodarske prepreke mogle uskoro usporiti napredak u poluvodičkoj tehnologiji. Skupine znanstvenika i inženjera često su predviđali neizbjegnost tzv. "problema stopiranja showa" (engl., show-stopping), jedino da bi vidjeli neuspjeh tih predviđanja izazvan kreativnošću i darovitošću ljudi njima ravnim.

S troškovima izgradnje novih poluvodičkih kapaciteta, sada s deset znamenki, i s gustoćom tranzistora blizu teoretskim granicama za tehnologije koje su u uporabi, još jednom se postavlja zburujuće pitanje. Što će se dogoditi industriji kad se ona bude jednom moralna suočiti s tehničkom barijerom koja je istinski nesavladiva?

Sve više i više tranzistora

Šest godina nakon što je integrirani krug izumljen, 1964. godine, Gordon Moore je zamjetio da se broj tranzistora koje proizvodači poluvodiča mogu staviti na čip svake godine udvostručava. Moore, koji je 1968. godine bio jedan od utemeljitelja dobro poznate tvrtke Intel Corporation, ispravno je predvidio da će se ova brzina razvoja održati bar u bliskoj ako ne i u daljnjoj budućnosti. Ovaj je fenomen postao poznat pod nazivom Mooreov zakon, a imao je dalekosežne implikacije.

Zbog toga što udvostručenje gustoće tranzistora nije bilo praćeno povećanjem

troškova, trošak se po jednom tranzistoru smanjivao sa svakim udvostručenjem gustoće. S dvostrukom manje tranzistora, memorijski čip može spremiti dvostruko više podataka. Više razine integracije znače veći broj funkcionalnih jedinica koje mogu biti integrirane na čip, te da puno manje razmaknuti elementi, kao što su tranzistori, mogu funkcionirati s manje zakašnjenja. Na taj se način korisnicima daje povećana "računarska snaga" za isti novac, uz istodobno poticanje prodaje čipova te zahtjeva za još većom snagom.

Na iznenadjenje mnogih eksperata - uključujući i Moorea - nastavljeno je povećanje gustoće integracije u pomalo zburujućim razmjerima. Pred kraj 70-ih godina brzina razvoja je usporena, tako da je broj tranzistora udvostručavan svakih 18 mjeseci. Ova razina održana je sve otad, da bi se danas došlo do inter-

Taj je put više slijedio putu posutom oštrim trnjem koji je stalno tražio od proizvođača čipova da nadvladaju značajna ograničenja njihove opreme i proizvodnog procesa. Ni jedan se od ovih problema nije pretvorio u opasnog "showstoppera" čije bi rješenje bilo toliko skupo da bi usporilo ili čak potpuno zaustavilo tempo razvoja poluvodiča i, zbog toga i rast industrije.

Proces izradbe čipova

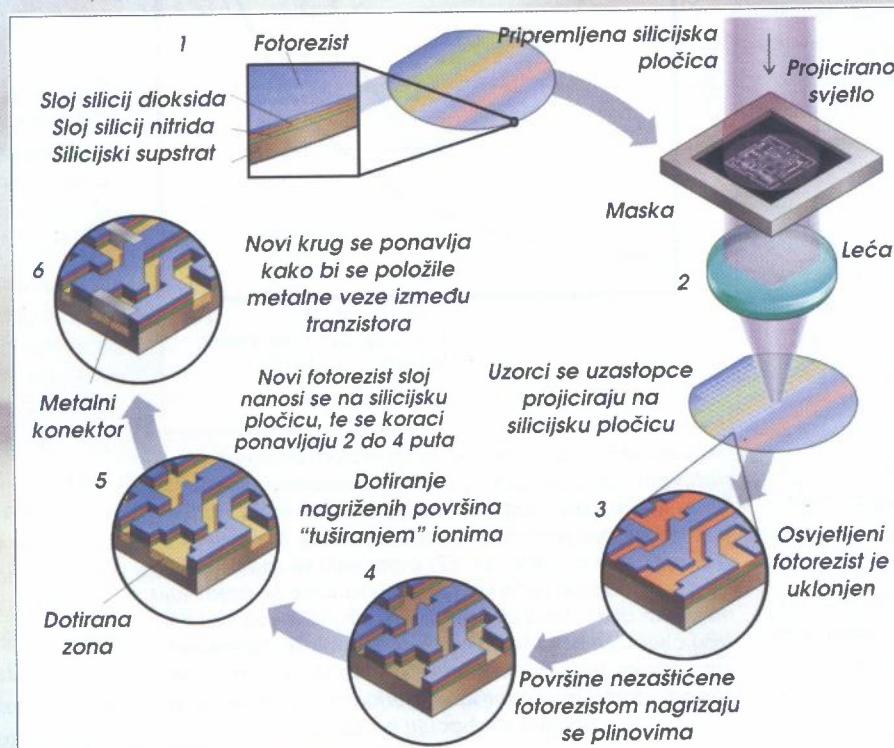
Čipovi su napravljeni kreiranjem međusobno povezanih tranzistora kako bi se formirao kompleksni elektronski sustav na minijaturnoj pločici silicija. Proizvodni proces temelji se na nizu koraka, prigodom provođenja kojih nastaju slojevi nazvani slojevi s maskom, pri čemu se filmovi (iznimno tanki slojevi) različitim tvoriva - od kojih su neki osjetljivi na svjetlo - postavljaju na pločicu od silicija i izlažu svjetlu. Nakon ove depozicije i litografskih procedura, slojevi se dalje obrađuju "urezivanjem" uzorka koji, kad se precizno poravnaju (poklope) i kombiniraju s onima na uzastopnim slojevima, čine tranzistore i veze (vodiče) između njih. Obično se, 200 ili više čipova istodobno proizvodi na jednom silicijskom disku, ili waferu /pločica/.

Kod prvog se polaganja slojeva s maskom, izolacijski slojevi oksida polažu na silicijsku pločicu kao dio tranzistora. Zatim se fotoosjetljiva prevlaka uklonjena je (3), te se površine koje su bile izložene svjetlu nagrizaju parama (4). Ove površine zatim se "tuširaju" ionima pri čemu se one dotiraju te nastaju tranzistori (5). Tranzistori se povezuju kako se nanose novi slojevi metala i izolatora tijekom sljedećih krugova ili ciklusa (6).

Prigodom proizvodnje čipova koristi se kružni proces koji se odvija u koracima kojih može biti i do 20. Istodobno se radi veliki broj čipova na jednoj silicijskoj pločici (waferu), na koju se polaze prevlaka osjetljiva na svjetlo (1). Svaki krug započinje s različitim uzorkom koji se kroz masku projicira na silicijsku pločicu (2). Na svakom mjestu silicijske pločice gdje padne slika nastaje površina na kojoj će na kraju procesa nastati čip. Fotoosjetljiva prevlaka uklonjena je (3), te se površine koje su bile izložene svjetlu nagrizaju parama (4). Ove površine zatim se "tuširaju" ionima pri čemu se one dotiraju te nastaju tranzistori (5). Tranzistori se povezuju kako se nanose novi slojevi metala i izolatora tijekom sljedećih krugova ili ciklusa (6).

griranih krugova s više od šest milijuna tranzistora. Električki elementi u ovim čipovima imaju protežnosti od nekih 0,35 mikrona. Čipovi s deset milijuna ili više tranzistora koji će u sebi imati električne elemente veličine 0,25 ili čak 0,16 mikrona očekuju se uskoro na komercijalnom tržištu.

U usporedbi s onim što bi moglo biti posredno izraženo pouzdanim udvostručenjem gustoće tranzistora, put koji je vodio k današnjim čipovima bio je sve samo ne gladak.



Prigodom proizvodnje čipova koristi se kružni proces koji se odvija u koracima kojih može biti i do 20. Istodobno se radi veliki broj čipova na jednoj silicijskoj pločici (waferu), na koju se polaze prevlaka osjetljiva na svjetlo (1). Svaki krug započinje s različitim uzorkom koji se kroz masku projicira na silicijsku pločicu (2). Na svakom mjestu silicijske pločice gdje padne slika nastaje površina na kojoj će na kraju procesa nastati čip. Fotoosjetljiva prevlaka uklonjena je (3), te se površine koje su bile izložene svjetlu nagrizaju parama (4). Ove površine zatim se "tuširaju" ionima pri čemu se one dotiraju te nastaju tranzistori (5). Tranzistori se povezuju kako se nanose novi slojevi metala i izolatora tijekom sljedećih krugova ili ciklusa (6).

kako bi mogli biti napravljeni električni kontakti za tranzistore.

Slijedeći slojevi, zasnovani na potpuno istom načinu polaganja, litografije i izrezivanja, kreiraju provodne metalne ili polisilicijске filmove potrebne za povezivanje tranzistora. Sve naprijed rečeno, zahtijeva polaganje i "obradbu" 19 slojeva kako bi se dobio čip.

Gledajući s fizikalnog stajališta ove proizvodne korake, treba reći da na ovom području postoji nekoliko potencijalnih prepreka kontinuiranom tehničkom napretku. Jedna od njih proizlazi iz Rayleighova rezolucijskog ograničenja, koje je dobilo naziv po Johnu Williamu Struttu, trećem baronu od Rayleigha, koji je 1904. godine dobio Nobelovu nagradu za fiziku. Prema ovom ograničenju, veličina najmanjeg elementa koja može biti "razriješena" optičkim sustavom s kružnim otvorom proporcionalna je valnoj duljini svjetlosnog izvora podijeljenom s dijametrom otvora leće objektiva. Drugim riječima, manje valne duljine i veći otvori daju finiju rezoluciju.

Rezolucijsko ograničenje je najvažniji zakon u poluvodičkoj industriji zbog toga što može biti uporabljen za određivanje najmanjeg tranzistora koji može biti "stavljen" na čip. U litografiji integriranih krugova, najčešće korišten izvor svjetlosnog izvora je živina lampa. Njezin posebno koristan linijski spektar za ovu svrhu nalazi se u području od 436 do 365 nanometara, što predstavlja tzv. živine g i i crte spektra. Prva je vidljiva ljudskom oku, dok je druga odmah iza vidljivog dijela spektra, točnije, u ultraljubičastom području. U okviru ovog procesa mogu se koristiti otvori različitih protežnosti, od onih "malih" protežnosti (0,28 mikrona) namjenjenih za rad s industrijskim lećama do onih "velikih" protežnosti (0,65 mikrona) namjenjenih za rad sa litografskim alatima. Ove vrijednosti, uzete zajedno sa drugim uzrocima naraslim iz zahtjeva visoko produktivne proizvodnje, daju ograničenu rezoluciju od otprilike 0,54 mikrona za g-linijske leće i 0,48 mikrona za i-linijske leće.

Sve do sredine 80-ih godina, vjerovalo se da je g-linijski postupak praktički limit koji nije moguće prijeći. No, jedna po jedna prepreka na putu do i-linijskih postupaka bile su svedane i to u takvoj maniri koja vrlo jasno ilustrira kompleksne odnose između ekonomije i tehnologije u industriji. Tehničke barijere bile su svedane, no, što je još važnije, naišlo se na druge barijere pri čemu je poduzetništvo bilo spremno tolerirati preuzeti rizik. Ova je povijest potpuno u svezi sa situacijom u kojoj industrija sebe nalazi bliskom s onim što se čini praktičnim ograničenjem i-linijskog postupka.

Što dalje?

Jedna od smetnji i-operacija bila je i činjenica da većina tipova stakala uporabljenih za izradbu leća nije propusna na frekvencijama i-linijskog područja, što vodi k nužnosti uporabe leće načinjenih od kvarca. Čak i ako praktički, leće od kvarca mogu biti napravljene, verifikacija poravnjana uzoraka mogla bi biti problematična. Štoviše, samo oko 70 posto i-linijske radijacije prolazi kroz kvarc; ostatak se pretvara

pomak faze dolazeće i-linijske radijacije, dopuštajući oštru jasnoću ruba i stoga izradbu manjih elemenata. Jedno od posljednjih prilagodavanja bilo je jednostavno prihvatanje niže vrijednosti konstante proporcionalnosti, koja je u svezi sa stupnjem kontrasta u slici projiciranoj na silicijsku pločicu tijekom postupka litografije. Za i-linijske postupke, proizvođači su "škripili zubima" i prihvatali nižu konstantu proporcionalnosti nego što su prije smatrati praktički ostvarivim. Uporaba niže vrijednosti značila je da

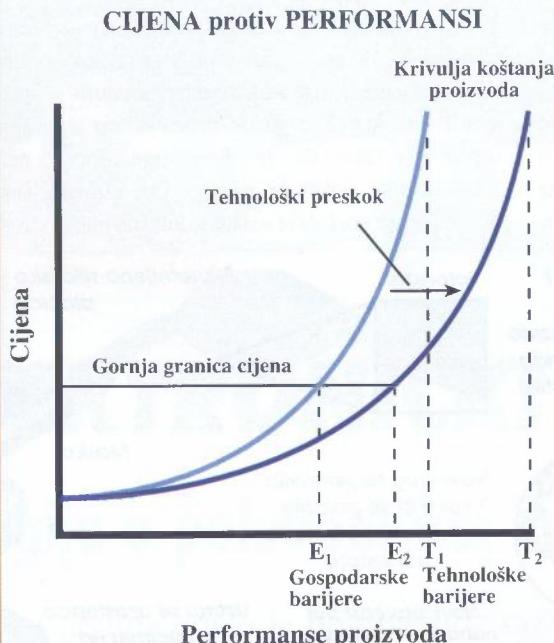
će marge tijekom proizvodnje biti niže, uz zahtijevanje čvršćeg nadzora tijekom procesa - litografije, polaganja i urezivanja - kako bi se zadržao veliki broj "ispravnih" čipova po jednoj silicijskoj pločici. Kao rezultat ovih inovacija, i-linijski steperi se sada rutinski koriste prigodom osvjetljavanja u okviru procesa izrade 0,35 mikronskih elemenata.

U ovom posljednjem primjeru, ono što je u stvari bitno za uočiti bio je gubitak u koeficijentu kontrasta koji je tvrtka koja proizvodi čipove bila voljna tolerirati. S perfektnim kontrastom, slika koja se kreira na fotorezistu je vrlo oštra. Kao i mnoga ograničenja u industriji, koeficijent kontrasta bio je shvaćen kao tehnička barijera, no on je u stvari bio rizična odluka. Niži koeficijenti kontrasta nisu smanjili prihode, oni su bili čak i povećani, ako je bilo čvršćeg nadzora na bilo kojoj razini procesa.

Bilo je problematično predvidjeti kada - ili ako - će ova struja kreativnih poboljšanja usahnuti. Unatoč tome, kako struja postaje slabija, gospodarske konsekvene prilaska tehničkim barijerama osjetit će se i prije negoli se stigne do njih. Na primjer, cijena postizanja viših razina performansi čipa raste vrlo brzo kako se približava ograničenju

ma proizvodnih tehnologija. Povećanje troškova može pokrenuti povećanje cijena iza granice koju su kupci voljni podnositi, što onda nadalje dovodi do stagnacije prodaje na tržištu i prije negoli se došlo do spomenute tehničke barijere.

Moguće je, opet s druge strane, da cijena proizvodnje čipova počne opadati s "usporavanjem" nove proizvodne tehnologije. U toj točki, industrija je preskočila s krivulje koja je povezana sa starom tehnologijom i koja pokazuje omjer troškova i performansi na novu krivulju koja pokazuje novi proces. U biti, prelazak s jedne proizvodne tehnologije na drugu "guru" krivulju cijena prema dolje, istodobno potiskujući granicu tehničkog ograničenja nadalje prema van. Kad se to dogodi, više razine performansi su dostupne bez povećanja troškova, dok se kupce "tjera" na zamjenu stare opreme. Ovakva pojавa dogodila se prigodom prelaska s poznatog Intelovog čipa 80386 koji je predstav

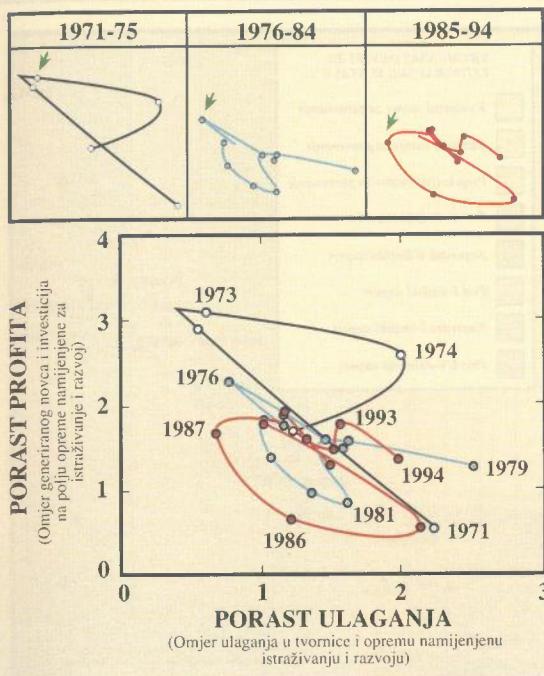


Krivulja stajanja povezana je sa svakim proizvodnim sustavom koji proizvodi čipove. Tehnološke barijere T₁ i T₂ su točke gdje mogu biti postignuta samo neznatna poboljšanja performansi i to uz goleme troškove. Gospodarske barijere (E₁, E₂) pojavljuju se znatno prije negoli se dode do tehnoloških barijera. One se pojavljuju na onom dijelu krivulja gdje kupci nisu više voljni platiti višu cijenu za određeni proizvod. Tehnološki "preskok" ima učinak pomicanja krivulje prema dolje. Kad se to dogodi, dolazi do poboljšanja performansi, pri čemu se barijere prebacuju na E₂ i T₂.

u toplinu u leći, što može izazvati iskrivljenje slike.

Ni ovo ne predstavlja pravu veličinu problema. Reyleighovo ograničenje također govori i o intervalu unutar kojeg je uzorak projiciran kroz leću u fokus. Ograničena dubina fokusa može raditi protiv rezolucijskog ograničenja: bolja rezolucija, plitka dubina fokusa. Za leću, kako je naprijed opisano, dubina fokusa je oko 0,52 mikrona za najbolje g-linijske leće i oko 0,50 za i-linijske leće. Ovakve plitke dubine zahtijevaju ekstremno ravne površine silicijske pločice - puno ravnije nego što može biti postignuto duž dijagonale velikog čipa s najboljom dostupnom opremom starom nekoliko godina.

Inovacijska rješenja nadilaze ova ograničenja. Takođe, planarne metode razvijene su kako bi se osigurala optički ravna površina silicijske pločice. Fini prilagođavanja s rubom uzorka u okviru za masku korištena su za



Dijagram faza pokazuje odnos između Intelovog profita i ulaganja u tehnologiju tijekom tvrtkine povijesti. Nacrtani kružići nalaze se na krivuljama od kojih svaka predstavlja šestogodišnji ciklus, dok kružići predstavljaju godine u dotičnom ciklusu. Svaka krivulja (ciklus) prikazana je u drugoj boji. Tijekom svakog ciklusa Intel se kreće iz razdoblja neprofitabilnih operacija izazvanih velikim investiranjem do intervala vrlo velikog generiranja novca u okviru kojeg je pokrećao manja investiranja. Zelene strjelice pokazuju godine u svakom od ciklusa kad je Intel zaradio najviše novca, a potrošio vrlo malo na nabavu opreme

Ijao srce osobnog računala (engl., PC) na čip novije generacije 80486, kao i prilikom prelaska sa 80486 čipa na čip pod nazivom Pentium. Ovakva dogadnja vrlo su važna na području električnih, posebice informatičkih i komunikacijskih, uređaja na području civilne uporabe, a još su važnija na području vojne uporabe jer svaka nova (pozitivna) promjena na ovom području vodi k mogućnosti povećanja taktičke prednosti. Iz ovoga jasno slijedi da prednost na modernom bojištu imaju one vojske koje imaju električne uređaje koji se temelje na najmodernejim (poluvodičkim) tehnologijama.

Načela koja su gore spomenuta mogu se primijeniti na sve vrste čipova, no memoriski čipovi su biznis najvišeg ranga i na neki način predstavljaju jedan od najznačajnijih proizvoda. Od nekih 550.000 američkih dolara, koliko je stajao 1 megabajt poluvodičke memorije prije 25 godina, došlo se danas do cijene od samo 38 američkih dolara po jednom megabajtu. No tijekom istog razdoblja, cijena izgradnje tvornice za proizvodnju takvih memoriskih čipova narasla je sa četiri milijuna američkih dolara na 1,2 milijarde američkih dolara, što je dovelo do toga da na svijetu danas postoji samo nekoliko velikih tvrtki koje su u stanju proizvoditi memorijske čipove. Ovakvi astronomski troškovi, uzrokovani su uglavnom željom da se postignu

što impozantniji tehnički, odnosno tehnologiski skokovi, što opet fokusira pozornost na ograničenja u poluvodičkoj industriji.

Skokovi su nužni

Čini se da poluvodička industrija vjerojatno ne će uskočiti "čepkanjem" doći do granice zaustavljanja. No barijere kojima se danas približava toliko su visoke da će njihov prelazak zasigurno zahtijevati provedbu daleko većih promjena negoli što su to zahtijevali prijašnji ciklusi te vrste. Treba shvatiti zašto zahtjevi naglašavaju neke detalje o samim preprekama.

Većina operacija u okviru procesa izrade čipa provodi se tankoslojnim (film) strukturama ili sa svjetlosnim izvorima koji trebaju pomoći pri izradi vrlo tankih kontaktnih električnih crta, ili sa samim širinama crta. Dva primjera uzimaju u obzir dielektričnu konstantu izolacijskih filmova (slojeva).

Dielektrična konstanta je električna osobina koja pokazuje, između mnogih stvari, i sposobnost izolacijskog sloja da sprječi "preskok" signala s jedne vrlo uske provodne crte u čipu na drugu provodnu crtu. Ako se još k tome uzme u obzir i činjenica da se danas s povećanjem broja tranzistora u jednom čipu i to na istoj površini, sužava međuprostor između elemenata i provodnih crta, jasno je da izolacijski filmovi moraju zadovoljiti puno strože uvjete kako ne bi došlo do prenošenja signala, (u ovom slučaju smetnji) s jedne provodne crte na drugu.

Jedno od mogućih rješenja ovog problema je i redukcija vrijednosti dielektrične konstante, čime se izolator čini puno manje otpornijim na preskok smetnji, odnosno tzv. preslušavanje između crta. Ovo, opet s druge strane inicira pokretanje dvije nove potrage. Prva je potraga za novim tvorivima s nižom dielektričnom konstantom, dok je druga, potraga za novim strukturama filma koje mogu nadalje reducirati veličinu dielektrične konstante. Neki inženjeri čak tragaju za načinima za "prošaravanje" izolacijskog filma malim porama kako bi se iskoristile prednosti vrlo male dielektrične konstante zraka ili vakuma.

Bilo gdje na čipu, tvoriva sa suprotnim osobinama - visoka dielektrična konstanta - iznimno su potrebni. Većina integriranih krugova zahtijeva ugradnju kondenzatora. U poluvodiču kao što je npr. dinamička memorija sa slučajnim

pristupom (engl. Dynamic Random Access Memory - skraćeno DRAM), svaki bit (ili znak) sprema se u stvari u kondenzator, element sposoban da zadrži električni naboј (napunjeni kondenzator predstavlja binarnu znamenu 1, dok ispraznjeni kondenzator predstavlja binarnu znamenu 0). Jednostavno rečeno, količina kapaciteta dostupna na čipu nikada nije dovoljna. Kapacitivnost je proporcionalna dielektričnoj konstanti, tako da se za izradbu DRAM-ova i sličnih čipova koriste tvoriva s visokom dielektričnom konstantom.

Traganje za još naprednijim svjetlosnim izvorima u okviru litografskog postupka također je dvojbeno. Finije rezolucije zahtijevaju kraće valne duljine. No, najpopularniji živin svjetlosni izvor koji je danas u uporabi odašilje vrlo malo energije na valnim duljinama koje su kraće od 365 nanometara (nm) koliko iznosi valna duljina i-linije. Određeni tip lasera pod nazivom eksimer laser (engl., excimer - u kemiji: dvoatomska molekula s jednim pobuđenim atmom) koristan je do 193 nm, no generira malo energije ispod te valne duljine. Posljednjih godina eksimer laserska litografija korištena je za proizvodnju nekih čipova visokih performansi posebne namjene u malim šaržama. Za još manje valne duljine, izvori koji emitiraju x-zrake predstavljaju zadnju nadu. Unatoč tome, 20 godina istraživanja na području primjene x-zraka u litografiji dalo je samo skromne rezultate. Ni jedan komercijalni čip dosad nije napravljen uz uporabu x-zraka.

Tvornice vrijedne milijarde dolara

Gospodarske barijere također rastu s povećanjem tehničkih prepreka i obično se pokazuju u formi viših troškova za opremu, posebice u litografiji. Napretci na polju litografske opreme posebno su važni jer određuju veličinu najmanjeg elementa na čipu. Premda se veličina ovih najmanjih mogućih elemenata smanjuje, ugrubo rečeno, 14 posto godišnje gledajući od najranijih dana ove industrije, cijena litografske opreme postigla je godišnji rast od 28 posto.

U ranim danima ove industrije, svaka nova generacija litografske opreme stajala je deset puta više nego što je stajala prethodna. Od tada je, intergeneracijski razvoj koračnih strojeva za osvjetljavanje reducirao ta pretjerano visoka povećanja cijena kako bi ovaj porast sveo na udvostručenje cijena sa svakim novim značajnijim razvojem. Cijena drugih vrsta opreme za proizvodnju poluvodiča povećana je u sličnom omjeru. Ovakva povećanja utjecala su na ukupno povećanje troškova prigodom izgradnje tvornica poluvodiča do iznosa koji se poklapa s otprilike polovicom iznosa određenog Mooreovim zakonom, što znači da do

udvostručenja dolazi svake tri godine. Tvrta Intel troši 1,1 milijardu dolara na izgradnju tvornice u Hillsboreu (Oregon - SAD), i 1,3 milijarde dolara na drugu tvornicu u Chandlenu (Arizona). Tvrte Samsung i Siemens grade svoje tvornice koje će stajati 1,5 milijardi dolara (svaka); Motorola ima namjeru izraditi planove za tvornicu koja će možda stajati i više od 2,4 milijarde dolara. Manje tvornice mogu, naravno, biti izgrađene za manju cijenu, no sigurno je da bi one bile puno manje učinkovite.

Ove tvornice sada stoje tako puno da je svakom poznavatelju ove problematike jasno da je to dokaz da se proizvođači nalaze vrlo blizu spomenute vrlo velike barijere. No, strah da bi barijere mogle biti nesavladive, dovodi industriju do odluke da se zaustavi u napretku, što je ipak čini nam se neutemeljena odluka. Bolje je da cijene poluvodiča narastu, a da brzina promjena u industriji bude usporena.

Cijena memorije po jednom bitu narasla je za 279 posto između 1985. i 1988. godine bez strašnih posljedica. Čak štoviše, 1988. godina bila je jedna od najboljih industrijskih godina kad je riječ o proizvodnji poluvodiča. Kad cijena po jednom bitu počne rasti permanentno, najjeroatniji rezultat će biti industrijska faza promjene koja ozbiljno mijenja modele poslovanja.

U stvarnosti, svaka industrija stara više od nekoliko desetljeća mora proći ovaku fazu promjena. Iako je poluvodička industrija očito jedinstvena ona je ipak subjekt načela ekonomije te načela opskrbe i zahtjeva.

Veliči planovi, malo promjena

Od automobilske industrije, također dolaze važne lekcije. Dvadesetih godina ovog stoljeća Henry Ford izgradio je značajno

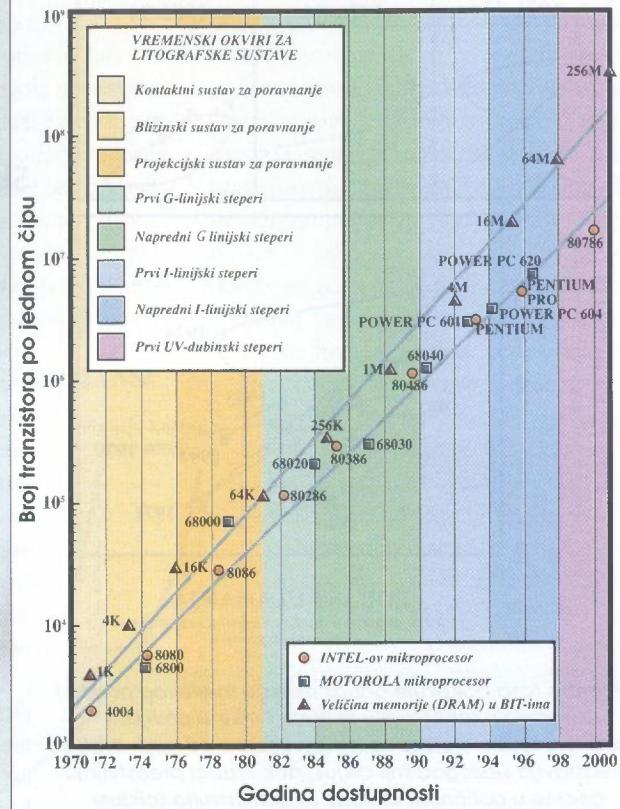
kapaciteti mogli su proizvoditi većinu dijelova za automobile. No, automobilska industrija već se promjenila, te je Ford uložio sve napore da smanji troškove proizvodnje izgradnjom većih i učinkovitijih tvornica uz malo promjena na proizvodu.

Trendovi razvoja u automobilskoj industriji natjerali su proizvođače na prihvatanje promjena performansi postojećih modela i uvođenje proizvodnje novih modela. Kako se proizvodnja razvijala tako je uočeno da se učinkovitost više ne povećava s rastom tvornice te da su velike tvornice dobre samo zato jer proizvode veliki broj istog proizvoda. Stoga su tvornice podjeljene na odjele koji su imali jasno definirana tržišta te u svom sastavu pogone s posebno definiranom proizvodnjom koji su im pružali potporu.

Sličan scenarij odigrao se na polju proizvodnje čipova. Intel je proizveo procesor 80486 nudeći ga u više od 30 inačica. Za usporedbu, tijekom ranih 80-ih godina, tvrtka je ponudila samo tri inačice procesora 8086 i dvije inačice procesora 8088. Dinamički memorijski čipovi bili su na sličan način nuđeni na tržištu. Tvrta Toshiba, na primjer, ima 15 puta više konfiguracija 4-megabitnih DRAM-ova nego što je imala sa 64-kilobitnim čipom 1984. godine.

Na polju spremanja (čuvanja) informacija, kao i na polju funkcija koje ovise o njemu, nastaviti će s razvojem. Štoviše, usporavanje razvoja na polju poluvodiča moglo bi okrenuti razvoj k smjeru gdje bi se moglo naći na neočekivane prednosti, kao što je davanje vremena računalskoj arhitekturi i softwaru da se prilagodi velikim skokovima performansi mikroprocesora.

Sve ono o čemu smo govorili u ovom članku značajno može utjecati na razvoj taktike i strategije u svijetu vojne sile. Naime, funkcioniranje modernih oružničkih sustava, komunikacijskih te informatičkih sustava zasniva se upravo na tehnologiji o kojoj je bilo riječi u ovom članku - poluvodičkoj tehnologiji i to posebice tehnologiji izrade čipova, odnosno mikroprocesora. Mikroprocesori i novi dinamički i statički memorijski čipovi čine srce svakog složenijeg oružničkog sustava, pa je sasvim jasno da ukup-

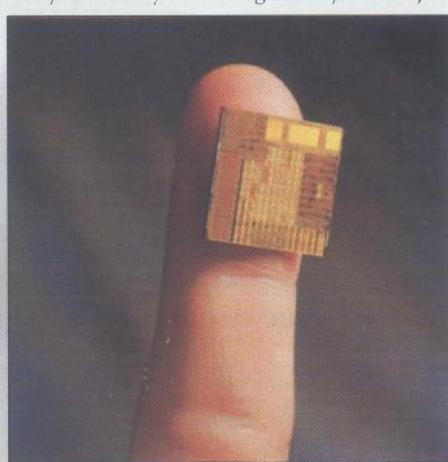


Izvor: VLSI Research, Inc., Integrated Circuit Engineering Corporation

Gustoća tranzistora u integriranim krugovima povećava se po eksponencijalnoj krivulji, kako je pokazano na dijagramu s logaritamskim mjerilom. Rast je bio podupiran uspjehom litografskih sustava, koji su korišteni pri izradbi čipova za projiciranje uzorka na silicijsku pločicu. Velike gustoće postignute su u memorijskim čipovima zbog njihove jednostavnije konstrukcije

na učinkovitost, odnosno taktička ili strateška vrijednost svakog ovog sustava, ovisi o performansama ovih električkih elemenata. Posebno visoke performanse, male protežnosti i potrošnja mikroprocesora igraju značajnu ulogu pri kreiranju vojnih uređaja i sustava koji će na današnjem (ali i sutrašnjem) modernom bojištu odigrati vrlo značajnu ulogu funkcioniраjući u troprotežnom vojnom okruženju. Kako zahtjevi i apetiti taktičkih nositelja rastu kako na scenu stupaju novi vojni oružnički, komunikacijski i informacijski sustavi, nužno je da znanstvenici i inženjeri traže nove mogućnosti za povećanje performansi poluvodičkih elemenata. Možemo zamjetiti da je ovaj proces kružni proces unutar kojeg znanstvenici iz godine u godinu ruše složene tehničke barijere kako bi zadovoljili zahtjeve korisnika vojnih električkih uređaja - taktičke nositelje. Što se na ovom polju može očekivati jasno je naznačeno u ovom članku, dok će u člancima koji će uslijediti biti više riječi o dalnjem napretku na polju razvoja mikroprocesora, memorijskih čipova, općem napretku i novim izazovima na polju elektronike, inovacijskim metodama na polju razvoja električkih nadzornih sustava, te o primjeni složenih električkih komponenti u modernim oružničkim sustavima.

nastaviti će se



Integrirani krug - Motorolin mikroprocesor Power PC 620 sadrži blizu sedam milijuna tranzistora. Smješten u keramičko kućište, koristiće se većinom u radnim postajama i serverima

učinkovitije tvornice, što je kulminiralo izgradnjom tvornice Rouge iz koje je izišao poznati i vrlo uspješni Model A 1928. godine. Postojeći



Naprave za motrenje, ciljanje i orijentaciju na TANKU M-84A

Za uspješno gađanje tijekom izvršenja borbenih zadaća, tank je opremljen napravama za motrenje, ciljanje i orijentaciju danju i noću. Te naprave pripadaju zapovjedniku, ciljatelju i vozaču tanka

Tank M-84A (sl.1) je borbeno gusjenično vozilo s jakim oklopom, snažnim naoružanjem i visokim manevarskim sposobnostima.

Namijenjen je uništavanju neprijateljskih oklopnih borbenih vozila, žive sile i drugih borbenih sredstava.

Naoružan je topom 125 mm s glatkom cijevi, strojnicom 7,62 mm spregnutom s topom i protuzrakoplovnom strojnicom 12,7 mm.

Za uspješno gađanje tijekom izvršenja borbenih zadaća, tank je opremljen napravama za motrenje, ciljanje i orijentaciju danju i noću. Te naprave pripadaju zapovjedniku, ciljatelju i vozaču tanka.

Da bi se omogućilo motrenje bojišta, otkrivanje i pokazivanje ciljeva, mjerjenje daljine do cilja i korektura paljbe, zapovjedniku tanka pripadaju sljedeće motričke naprave:

- dnevonočna periskopska naprava DNKS-2;
- 2 dnevna periskopa TNP-160;

- 2 dnevna periskopa TNPA-65.

Dnevno-nočna naprava DNKS-2 i dva periskopa TNP-160 s njezine lijeve i desne strane, smještene su na unutarnji blok poklopca kupolice zapovjednika. Njihov se vodoravni položaj određuje okretanjem kupolice zapovjednika, koja se može učvrstiti u jednom od pet položaja, u odnosu na vanjski blok kupolice,

Marko PARIZOSKI

Optičke i konstrukcijske značajke:

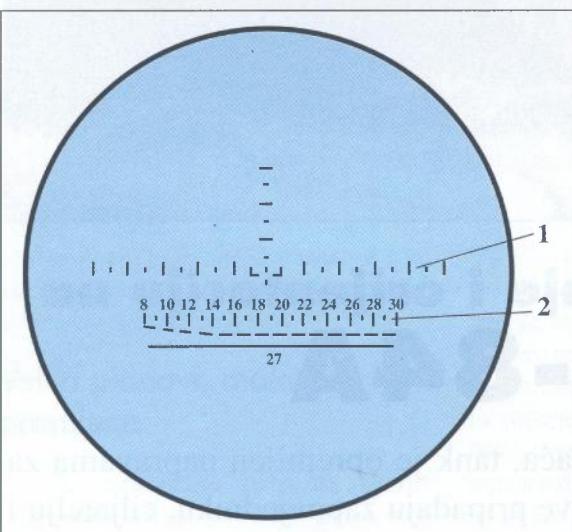
	dnevna grana	noćna grana
Vidno povećanje:	4,9 x	4,3 x
Moć razlaganja u središtu vidnog polja:	12"	0,93 mrad pri $1 \text{ } 10^3 \text{ lx}$ i kontrastu 85%
Vidno polje:	10°	10,9°
Promjer ulaznog otvora objektiva:	25 mm	88 mm
Promjer izlaznog otvora (pupile):	5 mm	
Udaljenost izlaznog otvora:	30 mm	
Mogućnost izoštivanja slike okularom:	±4 dioptrije	
Mogućnost namještanja razmaka okulara od:	54 do 72 mm	
Periskopičnost:	200 mm	
Pojačavač slike:	tip XX 1360	



Slika 2. Periskop DNKS-2

odnosno kupolu tanka. Pomicanje vizirne crte periskopa DNKS-2 po visini omogućuje zaokretno zrcalo u njegovoj glavi.

Dva periskopa TNPA-65 ugrađena su s leve i desne strane na poklopцу otvora kupolice zapovjednika.



Slika 4. Končanica

Dnevnonoćna periskopska naprava DNKS-2

Dnevnonoćna periskopska naprava, periskop DNKS-2, omogućuje zapovjedniku tanka motrenje terena, izviđanje, odabir i pokazivanje ciljeva za gadanje, približno određivanje daljine do cilja i korekturu topničke paljbe.

Periskop DNKS-2 (sl.2) je binokularni optoelektronski instrument koji se može koristiti danju i noću. Motrenje noću i u uvjetima slabe vidljivosti omogućuje njegov optoelektronski sustav (noćna grana optičkog sustava). To je pasivni pretvarač slike, koji nevidljivu sliku pred-

Slika 5. Periskop DNKS-2
 1-prekidač grijanja; 2-prekidač; 3-kotačić; 4-gornji dio tijela; 5-srednji dio tijela; 6-okular; 7-ručica - preklopnik; 8-ručica; 9-donji dio tijela; 10-kotačić - preklopnik; 11-prekidač; 12-ručice periskopa; 13-glava periskopa; 14-tijelo periskopa; 15-kotačić; 16-isušivač vlage; 17-konektor; 18-naslon za čelo; 19-dioptrijski prsten

meta, osvijetljenu m i n i m a l n o m noćnom svjetlošću zvijezda i Mjeseca, pretvara u vidljivu sliku za čovječe oko.

Optički sustav periskopa se sastoji od integrirane dnevne (optičke) i noćne (optoelektronske) grane (sl.3).

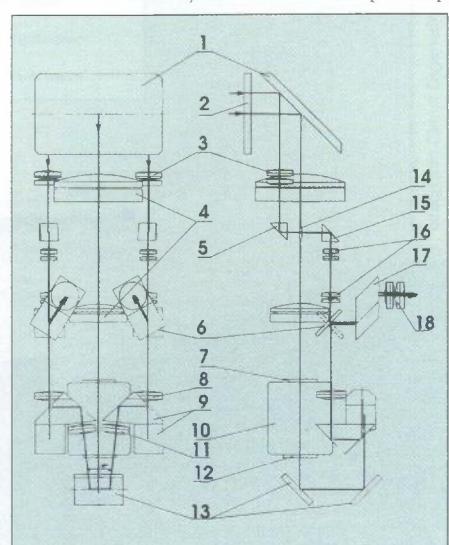
U dnevnoj se optičkoj grani slika

promatranoj predmeta oblikuje tako što snop svjetlosnih zraka ulazi kroz zaštitno staklo (2), lomi se na zrcalu (1) i dolazi na dva objektiva (3), a zatim kroz pravokutnu prizmu (5) na končanicu (14), (desni objektiv) i na kolektor (lijevi objektiv) koji se nalaze u žarišnim ravninama objektiva.

Takva zaokrenuta slika, preko prizme (15), preokretnog sustava leća (16), zaokretnog zrcala (6), romb prizme (17), pravilne orientacije dolazi u okulare (18).

Noćna optoelektronska grana radi na načelu pasivnog korištenja izvjesne minimalne količine vidljive svjetlosti koja noću postoji u prirodi (svjetlost zvijezda i Mjeseca). Slabo osvijetljena slika predmeta, nakon prolaza kroz zaštitno staklo (2) i loma na zrcalu (1), prolazi kroz objektiv (4) i dolazi na fotokatodu (7) pojačivač slike (10), koja se nalazi u žarišnoj ravnini objektiva.

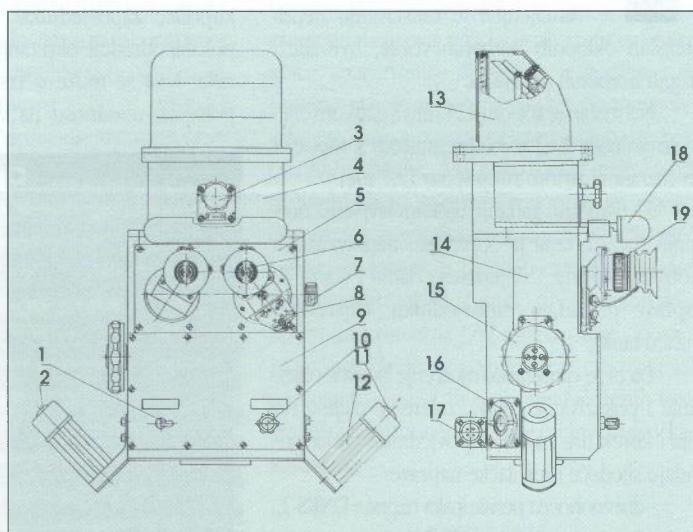
Pojačivač svojim optoelektronskim sustavom pojačava intenzitet svjetlosti slike i zaokreće je, tako da se na njegovom anodnom zaslонu (12) dobiva vidljiva, pravilno orijentirana slika predmeta. S anodnog zaslona, vidljiva se slika preko zrcala (13), leća (11), prizma (9) i leća (8) prenosi do zaokretnog zrcala (6), a zatim preko romb prizme (17) dolazi u okulare (18). Zaokretno zrcalo (6), romb prizma (17) i okulari (18) zajed-

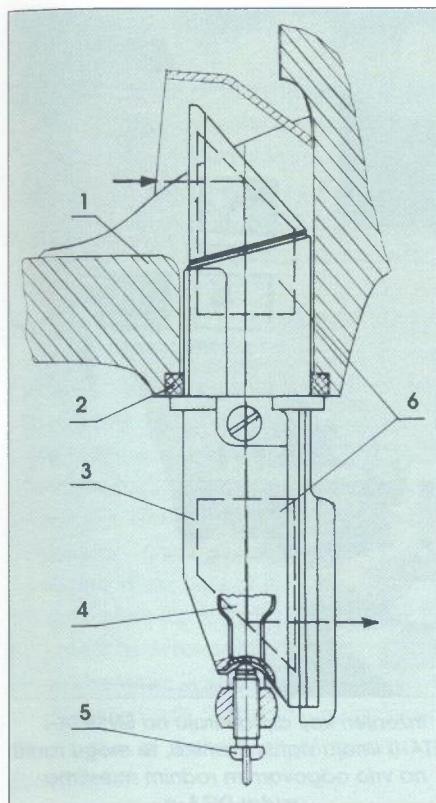


Slika 3. Optički sustav periskopa
 1-zrcalo; 2-zaštitno staklo; 3-objektiv dnevne grane; 4-objektiv noćne grane; 5-pravokutna prizma; 6-zaokretno zrcalo; 7-katoda; 8-leća; 9-prizme; 10-optoelektronski pretvarač; 11-leća; 12-anoda; 13-zrcala; 14-končanica (kolektor); 15-pravokutna prizma; 16-preokretni sustav (leće); 17-romb prizma; 18-okular

DNKS-2 (sl.5) sastoji od glave (13) i tijela (14) u kojima su smješteni optički i optoelektronski sustavi dnevne i noćne grane. Periskop se sa četiri vijka učvršćuje na unutarnji blok kupolice zapovjednika.

U glavi periskopa smješteni su zaštitno staklo i zaokretno zrcalo. Zaštitno staklo istodobno je i ulazni otvor i štiti unutarnje optičke elemente od oštećenja, vlage i nečistoće. Po njegovu rubu ugrađen je grijač koji





Slika 6. Dnevni periskop TNP - 160
1-kupolica; 2-brtva; 3-periskop;
4-obujmica; 5-vijak; 6-prizme

potresa i trzaja. Urezanim kotačićem zapovjednik prema potrebi može prilagoditi njegov razmak. U srednji dio tijela (5) smješteni su zaokretno zrcalo, dio objektiva (dvije leće) noćne grane, dio preokretnog sustava dnevne grane i romb prizma, a u donji dio tijela (9) smješteni su elektronski pretvarač slike, zrcala, prizme i leće noćne grane.

Dijelovi za uključivanje u rad i posluživanje periskopa nalaze se na vanjskoj strani srednjeg i donjeg dijela tijela.

Na stražnjoj strani srednjeg dijela tijela smješteni su okulari (6) koji se mogu razmaknuti od 54 do 72 mm (i prilagoditi razmaku očiju korisnika). Zauzeti razmak okulara učvršćuje se ručicom (8). Gumene školjke štite korisnika od mehaničkih ozljeda. Okulari se, prema različitoj dioptriji očiju zapovjednika tanka, mogu prilagoditi urezanim prstenovima (19) za ± 4 dioptriјe. Okulari imaju grijage koji sprječavaju njihovo zamagljenje. S desne strane okulara je ručica-preklopnik (7) za uključivanje dnevног (slovo D) ili noćног (slovo N) optičког sustava. Kad se ručica nalazi u položaju "N" (noć) tada zaokretno zrcalo, koje obavlja funkciju prijenosnog elementa noćne optičke grane, preko polužnog mehanizma aktivira mikro-prekidač za uključivanje pojačivača slike.

Na prednoj strani donjeg dijela tijela nalaze se isušivač (16) vlage, topilivi osigurač i konektor (17) za priključivanje periskopa na izvor napajanja električnom energijom. Isušivač (silikagel) upija vlagu iz unutarnjeg dijela periskopa, a time štiti površine optičkih elemenata od zamagljenja pri promjeni vanjske temperature.

Na lijevoj je strani kotačić (15) za zaokretanje ulaznog zaokretnog zrcala koje omogućuje pomicanje vizirne crte po visini od -8° do $+12^\circ$. Kotačić ima ručicu (kočnicu) kojom se učvršćuje zauzeti položaj vizirne crte.

Na stražnjoj strani donjeg dijela tijela su dva prekidača. Lijevi je prekidač (1) grijage zaštitnog stakla i okulara, a desni je kotačić-preklopnik (10) za uključivanje optoelektronskog



pretvarača slike. Kotačić ima kovinski štitnik radi zaštite od slučajnog pomicanja.

Ručicama (12) zapovjednik tanka navodi periskop po smjeru zaokretanjem kupolice. U ručicama su smješteni prekidači za upravljanje. U desnoj je ručici prekidač (11) za brzo zaokretanje kupole tanka, radi pokazivanja važnih ciljeva ciljatelju. U lijevoj je ručici prekidač (2) za uključivanje elektromagneta kardana kupolice zapovjedniklja, radi zadržavanja vidnog polja periskopa na cilju za vrijeme zaokretanja kupole tanka.

Dnevni periskop TNP-160

Lijevo i desno od dnevnonoćnog periskopa DNKS-2 u unutarnjoj kupolici zapovjednika ugrađena su dva prizmatična periskopa tipa TNP-160 (sl.6). Periskop TNP-160 sastoji se od dvije prizme (gornje i donje), koje su smještene u kovinsko tijelo. Na tijelo periskopa postavljena je gumena brtva, koja sprječava prodror prašine i vlage u unutarnost tanka.

Periskopi se postavljaju u ležište i učvršćuju pomoću obujmice i vijka.

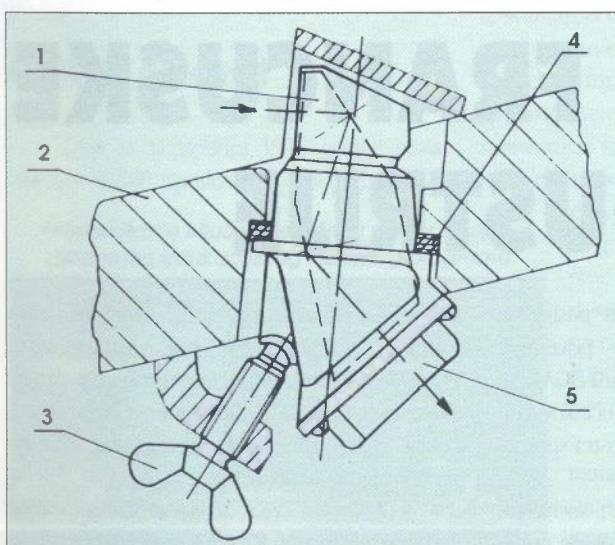
Dnevni periskop TNPA-65

U poklopac otvora kupolice zapovjednika, s lijeve i desne strane, ugrađena su dva prizmatična periskopa tipa TNPA-65 (sl.7). Oni omogućuju da zapovjednik tanka ima veći kut motrenja pri nepomičnoj kupolici. Postavljaju se u posebna ležišta i učvršćuju se vijcima. Periskopi imaju i gumene brtve.

sprečava zamagljenje stakla u uvjetima visoke vlažnosti i niskih temperatura.

U gornji dio tijela periskopa smješteni su objektivi dnevne i dio (dvije leće) objektiva noćne grane, prizme, končanica i dio preokretnog sustava dnevne grane.

Na stražnjoj strani (strana periskopa prema zapovjedniku) gornjeg dijela tijela (4) je kotačić (3) s kojim se otvara i zatvara blenda (otvor) za objektiv noćne grane. Ona ograničava ulazak



Slika 7. Dnevni periskop TNPA - 65

1-prizma; 2-poklopac kupolice; 3-vijak; 4-brtva; 5-periskop

količine svjetlosti, a time štiti pojačivač slike od pregaranja pri slučajnom izlaganju periskopa jakoj dnevnoj svjetlosti. Kotačić ima dva položaja, blenda otvorena (O) i zatvorena (Z).

Ispod kotačića učvršćen je naslon (18) za čelo korisnika periskopa. Služi za udobnije motrenje, a sprječava ozljede pri radu uslijed

Uprava za administraciju i ljudske resurse (franc., i ljudske resurse (franc.,

Direction de

l'Administration et des Ressources Humaines, skraćeno - DARH) ima

svoju ulogu na polju pružanja administrativnih servisnih usluga pri čemu

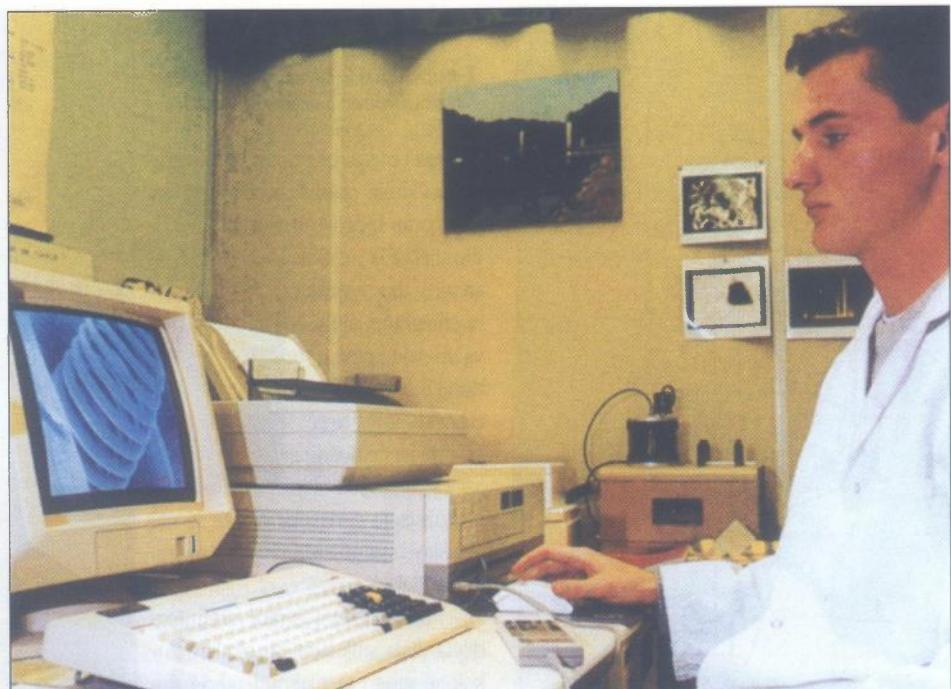
asistira predsjedniku

DGA-e pri provođenju njegovih zadaća na polju personala, organizacije,

administracije i budžetskih pitanja, kao i

operativnu ulogu provođenja nadzora nad određenim brojem vanjskih ustanova

(V.dio)



Središnja administracija uprave DARH (270 uposlenih) uključuje: načelnika i njegovog zamjenika; ured odgovoran za opće poslove (pošta, povjerljivi poslovi, interne servisne usluge, administrativni poslovi na polju menadžmenta personala); nekoliko službenih predstavnika, trenutačno ih je šest (za područja: napredovanje u karijeri vojnog personala, informacijski sustavi, opći studij, znanstvena uloga Palaiseau, međunarodna izobrazba, senior menadžment koledži); te četiri poduprave ili odjela (za vojni personal, civilni personal, zapošljavanje i izobrazbu, te opću administraciju).

Inženjeri koji diplomiraju na ENSIETA-i (IETA-i) imaju status časnika, te mogu raditi na vrlo odgovornim radnim mjestima unutar DGA-e

Središte za izučavanje naoružanja, s nekoliko službi razmještenih na četiri odvojene lokacije:

- *Arceuil*: Administrativna visoka škola za područje naoružanja (École Supérieure d'Administration de l'Armement, ESAA), Visoka vojna izobrazba (Enseignement Militaire Supérieur, EMS), Industrijsko središte za izobrazbu na polju sigurnosti naoružanja (Centre de Formation en Sécurité Industrielle de l'Armement,

ORGANIZACIJA FRANCUSKE VOJNE INDUSTRIJE

Ova struktura, koja je rezultat posljednje reorganizacije DGA-e, cilja na povećanje "uočljivosti" ciljeva svih uprava u okviru DGA-e, te na poboljšanje njezine operativne učinkovitosti zahvaljujući jasnoj podjeli odgovornosti i sposobnosti:

- Po pitanju pravnih, finansijskih, socijalnih, radnih uvjeta, te informacijske tehnologije primjenjenih na polju ljudskih resursa;

- Za vođenje administrativskih poslova i menadžmenta civilnog osoblja, s jedne strane te vojnog osoblja s druge strane;

- Kroz determinaciju i implementaciju originalne, prema budućnosti okrenute politike menadžmenta i za područje zapošljavanja i za područje kapaciteta.

Vanjske ustanove koje se nalaze pod "zapovjedništvom" DARH-e su kako slijedi:

CISIA), Središte za izobrazbu kadra na polju zabrane i nadzora kemijskog oružja (Centre Français de Formation à l'Interdiction des Armes Chimiques, CEFFIAC), plus kontinuirana opća izobrazba za sve razine te organizacija ulaznih ispita po objavljenim natječajima;

- *Bourges*: Viša tehnička škola (École Technique Normale, ETN), Tehnička škola (École de Formation Technique, EFT), kontinuirana izobrazba tehničke prirode (posebice što se tiče automatizacije, računalske znanosti, pirotehnike);

- *Latresne (Bordeaux)*: Pripredrena tehnička škola za naoružanje (École Technique Préparatoire de l'Armement, ETPAr), EFT, te kontinuirana izobrazba tehničke prirode (posebice na polju zrakoplovnih tehnologija);

- *Villebon sur Yvette*: EFT, kontinuirana izobrazba opće ili tehničke prirode.

Berislav ŠIPICKI

Dvije više tehničke škole (ETN) u Brestu i Parizu.

Vojni arhiv u Chatelleraultu (CAA), čija je zadaća proširena uključivanjem vodenja i podataka o svim civilnim osobama uposlenim u Ministarstvu obrane.

Uprava DARTH je također odgovorna za provođenje nadzora Ministarstva obrane nad pet znanstvenih i tehničkih fakulteta, koji imaju status javnih ustanova. U ovu skupinu spadaju Politehnička škola (École Polytechnique) u Palaiseau, Nacionalna visoka škola za aeronaftiku i svemir (École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, ENSAE) u Toulouseu, Nacionalna visoka škola za napredne tehnologije (École Nationale Supérieure de Techniques Avancées, ENSTA) u Parizu, Nacionalna visoka škola za izobrazbu konstruktora zrakoplova (École Nationale Supérieure de Constructions Aéronautiques) u Toulouseu te Nacionalna visoka škola za oružničko inženjerstvo (École Nationale Supérieure des Ingénieurs des Études et Techniques d'Armement) u Brestu.

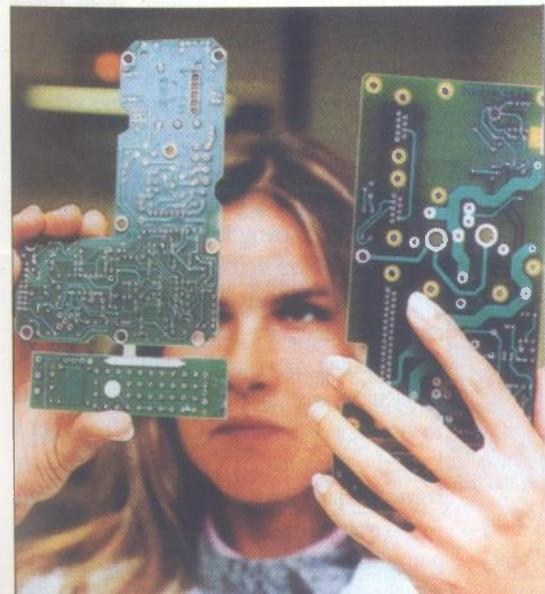
Plan djelovanja DARTH-e za dolazeće mjesecе posebice će biti usmjeren na:

- Pripremu plana razvoja ljudskih resursa za čitavu DGA;
- Priprema opisa poslova za čitavi menadžment-personal;
- Razvoj tzv. karijernog menadžmenta, profesionalne mobilnosti te trenažnih (nastavno-izučnih) sekvenci;
- Priprema pojedinačnih sustava za izradbu kalkulacija i isplata plaća personalu u okviru DGA-e.

DGA-ov personal

DGA je 31.prosinca 1994. godine imala ukupno 50.000 uposlenih, što uključuje 3200

Elektronika je ključni element u okviru svakog modernog edukacijskog i izučnog programa



djelatnih vojnih namještenika i 46.800 civilnih namještenika. Od ukupnog broja uposlenih, 21.000 namještenika radi na poslovima vezanim uz državne zadaće, dok ostatak od 29.000 namještenika radi na poslovima vezanim uz vojnu industriju.

Od ukupnog broja uposlenih u DGA-u, 8000 ih je na funkciji starijeg menadžera, 11.000 na funkciji mlađeg menadžera i nadzornika, dok ih 31.000 radi na funkciji operativaca.

Kvalifikacija personala. DGA-ov personal ima vještine koje mogu biti podijeljene u dvije kategorije:

Kao prvo, oni posjeduju one sposobnosti koje egzistiraju u većini glavnih javnih organizacija slične veličine - naime, oni su sposobni za provođenje menadžmenta finansijskih i ljudskih resursa te općih dobara;

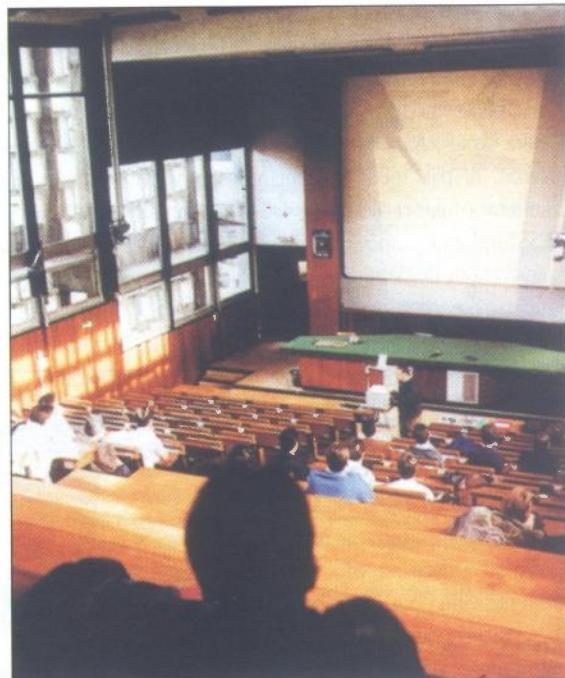
I, kao drugo, DGA uključuje svoj najvažniji ljudski potencijal u proces stjecanja specijalnih znanja i vještina kako bi mogao izvršavati svoje specifične zadaće.

Ovaj "specijalno izučen" personal uključuje: znanstvene i istraživačke specijaliste; inženjere specijalizirane na polju različitih tehnika i tehnologija koje se koriste u sklopu oružničkih sustava ili vojne opreme, konstrukcije, razvoja, proizvodnje, proba, logističkih razina te svih razina održavanja; test pilote i mornare; vojne savjetnike osigurane od strane francuske vojske, mornarice, i zračnih snaga; vojne liječnike i veterinarske kirurge (osiguranih od strane vojne sanitetske službe), kao i biologe; inženjere za područje nadzora kakvoće; inženjere specijalizirane za menadžment programa koji za cilj imaju razvoj i proizvodnju vojne opreme i naoružanja; osoblje za područje menadžmenta specijalizirano za međunarodne odnose kad god se radi o vojnoj opremi i naoružanju.

Većina tehničara i operativaca mora također usvojiti određene vještine i znanja na određenim područjima kako bi mogli biti uposleni u okviru DGA-e, a posebice tehničari koji rade u konstrukcijskim biroima, test središtima, proizvodnjama i održavanju.

Unutar DGA-e, ima oko 8000 vojnih i civilnih inženjera, viših časnika i menadžera sa sljedećim kvalifikacijama:

Vojni inženjeri: Ingénieurs de l'Armement (IA), te Ingénieurs des Études et Techniques d'Armement (IETA). IA-i rade na području formuliranja



Sup'Aéro producira visokokvalificirane inženjere na području visokih tehnologija i zrakoplovnog inženjerstva

ranja i menadžmenta glavnih vojnih programa, te isto tako imaju određenu ulogu u okviru menadžmenta industrijskih tvrtki. Oni se regutiraju iz redova diplomata Politehničke škole (École Polytechnique), ili na temelju završenog stupnja u inženjerskoj "velikoj školi" ("grand école"). IEAT-i rade na području konstrukcije, testova i proizvodne faze opreme i sustava. Oni diplomiraju na ENSIETA-i.

Časnici: Časnici (officers) "du Corps Technique et Administrative de l'Armement" (OCTAA) diplomanti su škole ESAA (naprijed spomenute), kojoj pristupaju nakon prolaska na ispitima koji se organiziraju po objavljenom natječaju i kojima mogu pristupiti svi oni koji su završili prvi stupanj odgovarajuće visoke škole. Ovi se časnici zapošljavaju na polju menadžmenta ljudskih i industrijskih resursa.

Civilni inženjeri i stariji voditelji (menadžeri): Civilni administratori, administrativni atašei, i inženjeri koji rade na konstrukciji i proizvodnji vojne opreme i naoružanja (IEF), civilni agenti pod ugovorom (ICT i ASC).

Civilni administratori i administrativni atašei funkcionišu u okvirima koje propisuje zakon o općoj javnoj službi. Ovi stariji (prema položaju) namještenici odgovaraju za pravilno provođenje aktivnosti na polju menadžmenta ljudskih i finansijskih resursa. IEF-i izvršavaju zadaće na polju menadžmenta u sferi različitih aktivnosti: konstrukcijski birovi, radionice ili konstrukcijski i servisni pogoni, laboratoriji, i test, nadzorna i motrička središta. Oni moraju imati odgovarajuće iskustvo te uz to moraju proći i odgovarajuće ispite.

Civilni agenti koji rade prema potpisanim ugovorom predstavljaju 7 posto od ukupnog civilnog personala koji radi u Ministarstvu

brane. Ovaj broj obuhvaća inženjere, administrativne radnike i starije tehničare. Inženjerski i tehničko/komercijalni manadžment kada se regrutira se među diplomantima inženjerske "velike škole", ili komercijalnih i menadžment koledža, ili pak među diplomantima mnogih fakulteta (doktori znanosti, DEA [diploma], DESS [diploma specijalizacije], itd.) sa znanstvenom ili ekonomskom specijalizacijom. Tehničari se regrutiraju između studenata s DUT-om [Diploma tehnološkog fakulteta] ili s BTS-om [viši tehnički sertifikat].

Inženjeri, tehničko/komercijalni manadžment kada i tehničari participiraju u programima implementiranim od strane DGA-e i, u okviru svoje specijalizacije pri čemu izvršavaju zadaće na vrlo velikom broju različitih područja.

Agenti pod ugovorom (ASC) regrutiraju se prema kvalifikacijama (od DEAUG do DEA-DESS) koje posjeduju. Oni izvršavaju zadaće na mnogim područjima: proračunske tehnike, ugovori, administrativna organizacija, pravo, menadžment personala, komunikacije itd.

Personal (kojeg ukupno ima 11.000 osoba) koji radi na području menadžmenta te nadzora (supervizori), podijeljeni su između starijih tehničara (TSEF) i tehničara sa statusom operatora (TSO). TSEF popunjavaju manadžment, konstrukcijska i proizvodna radna mjesta u DGA-ovim službama, test središtima i laboratorijsima. Oni moraju proći prijamne ispite na BTS-DUT razini. TSO-i uglavnom izvršavaju zadaće na području konstrukcije (konstrukcijski i pripremni poslovi). DGA regrutira agente pod ugovorom koji imaju najniži akademski stupanj na razini više izobrazbe za administrativne poslove, te osobe s nižim akademskim stupnjem, S serije, s opcijom za rad na tehničkim radnim mjestima u okviru industrijske tehnologije.

DGA također zapošljava administrativne sekretarice prema općem zakonu o javnim radnim mjestima.

Operativci kojih ima 31.000 uglavnom su izučeni radnici, koji predstavljaju najveći dio DGA-ove pokretačke snage i koji provode zadaće na području direktnе proizvodnje i tehničkih poslova. Oni su uglavnom visoko profesionalno izučeni i specijalizirani za sva područja ove profesije. Ovi radnici izučavani u EFT-u prije su morali proći prijamni ispit za područje trećeg stupnja stručne spreme.

DGA također upošljava personal prema zakonu o općoj javnoj službi (administrativni asistenti i administrativni agenti/zastupnici).

Edukacijske i regrutacijske metode.

Unutar DGA-e postoji dva tipa edukacije: početna edukacija koja prethodi ulasku u profe-

sionalni život, te kontinuirana edukacija koja se provodi tijekom profesionalnog rada.

Za početnu izobrazbu DGA ima svoje vlastite koledže koji omogućavaju izobrazbu i obuku većeg dijela vojnog znanstvenog kadra (IA-i i IETA-i) te civilnog znanstvenog kadra (inženjeri koji rade na konstrukciji te inženjeri koji rade u proizvodnji), kao i njezini tehničari i operativci. U ovim se koledžima također izučavaju (školju) i DGA-ovi administrativni radnici s vojnim statusom.



Kontinuirana edukacija je prema vodstvu DGA-e vrlo važna aktivnost, a obuhvaća sve kategorije personala

Civilni administrativni kada u glavnom dolazi iz civilnih struktura. Neki su kadrovi regrutirani putem ispita na koje izlaze kandidati nakon raspisanih natječaja ili se pak izabiru prema kvalifikaciji kako bi onda postali vojni inženjeri, ili civilni službenici, ili pak sklopili kratkoročni ugovor što ovisi o njihovoj stručnoj spremi.

Kontinuirana izobrazba važna je aktivnost za DGA-u ako sve kategorije personala provedu u projektu 2,5 posto svoga vremena na tečajevima ili na treninzima, koji se uglavnom organiziraju unutar DGA-ovih središta za izobrazbu. Namjena ovog procesa je u prvom redu poboljšanje individualnih vještina i znanja, što osobito čini puno sposobnijim za izvršavanje novih zadaća ili ih čini sposobnijim za preuzimanje radnih mjesta za rad na kojima se traži puno veća odgovornost, odnosno vještina i znanje.

Unutar svakog polja, izobrazba se provodi na četiri razine koje ovise o budućim zadaćama personala s kojim se izobrazba izvodi:

Informativna razina: osoba koja se izučava nije predviđena za određenu specijalizaciju ali mora znati dovoljno kako bi bila sposobna za suradnju s onima koji su odgovorni za njegovu implementaciju u sustav;

Naukovanje: osoba koja se izučava mora biti sposobna zaigranje aktivne uloge prigodom aplikacije specijalizacije za koju je izučavana;

Nadzor: osoba koja se izučava ili školuje mora biti sposobna da igra ulogu nadzornika prigodom aplikacije specijalizacije za koju je prethodno izučena;

Specijalizacija: osoba koja se školuje postaje specijalist za područje za koje je škоловana.

Većina tečajeva za izučavanje traje dva ili tri tjedna, no neki mogu trajati i nekoliko mjeseci.

DGA-ov personal također usvojiti i neke od vještina radeći na određenom poslu. Za njih je važno da imaju "uzorak karijere" koji će im omogućiti da akumuliraju iskustvo i sposobnosti, posebice kad su planirani za rad na mjestima na kojima se traži značajna odgovornost, znanje i vještina. Između svih tih "viših" radnih mesta, mjesto menadžera programa traži posebnu pozornost. DGA ima negde oko sto ovakvih radnih mesta kojima pokriva sve vojne programe uključujući zrakoplov-lovac Rafale, nosač zrakoplova Charles de Gaulle, glavni bojni tank Leclerc i satelitski sustav Helios.

Trenutačno je cilj kontinuirane izobrazbe u okviru DGA-e, davanje većeg naglaska na sve tipove izobrazbe koje za rezultat imaju poboljšanje na polju cijene stajanja vojnih sustava s jedne strane, te poboljšanje na polju kakvoće proizvoda i usluga s druge strane.

Inženjerski koledži pod nadzorom DGA-e

École Polytechnique

Upis na ovu politehničku školu nakon selektivnog natječaja otvoren je i francuskim i stranim kandidatima (posljednji moraju dobiti odobrenje od francuskog Ministarstva vanjskih poslova, no koledž može primiti na školovanje i neregistrirane strane studente.) Kvalifikacijska razina odgovara drugoj godini pripremnih razreda. Maksimalna starost kandidata je za Francuze 22 godine te 26 za strane studente-kandidate.

Dužina školovanja je tri godine za francuske studente, od kojih studenti provode jednu godinu na vojnoj izobrazbi (koja se ne primjenjuje za strane studente) te dvije godine znanstvenog školovanja. Što se tiče napretka u karijeri, diplomirani studenti iz École Polytechnique mogu:

- izraziti želju da rade u državnoj službi (uz potpisivanje desetogodišnjeg ugovora). Politehničari koji se žele prijaviti za vojnu službu,

ovisno o razini njihove diplome, postaju IA-i ili časnici;

- izabrati da nastave školovanje sljedeće dvije godine u drugom odborenju im tehničkom koledžu;

- steći višu izobrazbu baveći se istraživanjima;

- iznimno, započeti s karijerom odmah.

École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace (ENSAE)

ENSAE osigurava početnu i specijalističku edukaciju kao i školovanje orientirano istraživanju te praktičnom iskustvu kako bi se dobili inženjeri s visokom kvalifikacijom koji trebaju raditi na polju visokih tehnologija, s posebnim naglaskom na aeronautiku.

Civilni studenti polažu ispite na prvoj godini ili prema kvalifikaciji na drugoj godini. AI-i koji diplomiraju na École Polytechnique te časnici koji su određeni da rade na polju aeronauteke imaju pravo upisa na drugu godinu.

Školovanje se organizira kako slijedi: prvu godinu i pola druge godine slušaju se kolegiji prema zajedničkom temeljnog znanstvenom te tehničkom nastavnom planu i programu; u drugoj polovici druge godine, slušaju se kolegiji iz izbornog dijela (konstrukcija zrakoplova, zrakoplovni motori ili avionika); treću godinu studenti mogu izabrati između dva glavna područja (zrakoplovna vozila ili zrakoplovni sustavi), a u okviru svakog od tih područja mogu odabratи jedno od tri podpodručja.

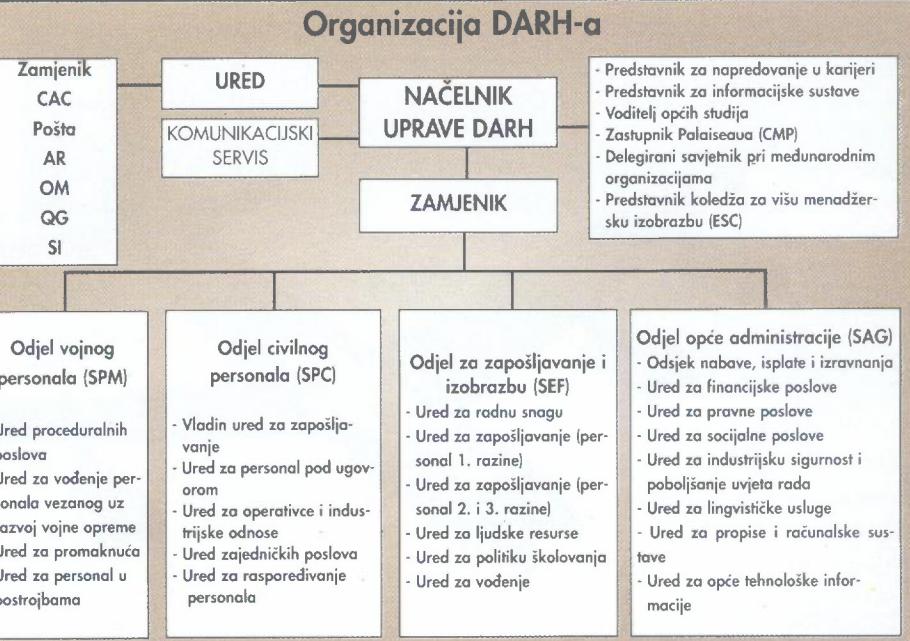
Civilni diplomanti iz ENSAE mogu započeti s karijerom u bilo kojem sektoru, uglavnom u industriji koja je u vlasništvu Ministarstva obrane, a osobito u okviru zrakoplovne vojne industrije.

École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA)

ENSTA školjuje civilne francuske inženjere te inženjere iz prekomorskih zemalja kako bi zadovoljila zahtjeve industrijskog sektora, posebice na polju brodogradnje, nuklearnih, kemijskih, električnih i računalskih znanstvenih disciplina. Ona također školjuje i inženjere koji rade na području vojne opreme i naoružanja, kao i časnike koji rade na istom području.

Civilni studenti se primaju nakon položenog prijamnog ispita na prvu godinu ili na temelju kvalifikacija na drugu godinu. IA-i koji diplomiraju na École Polytechnique ili časnici primaju se odmah na drugu godinu.

Školovanje koje pokriva zajednički temeljni znanstveni te tehnički nastavni plan i program (NPP) za prvu i drugu godinu, prati u trećoj godini NPP u okviru kojeg se može izabrati šest specijalizantskih opcija (mornarički okoliš, brodogradnja, električni sustavi, sustavne analize, mehanički sustavi,



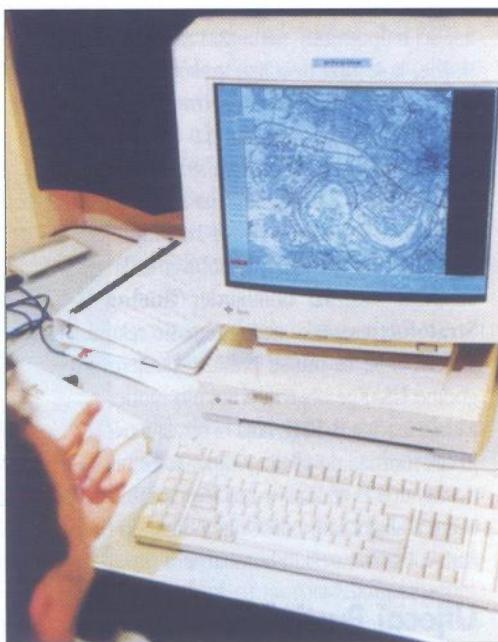
kemijski sustavi).

Civilni diplomanti ENSTA-e mogu započeti karijeru u bilo kojem sektoru, a posebice u industriji u vlasništvu Ministarstva obrane, kao i u DGA-i.

École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Constructions Aéronautiques (ENSICA)

ENSICA je opći koledž orijentiran k zrakoplovnim znanostima, te još više k području mehaničkih sustava. Civilni studenti primaju se nakon položenih prijamnih ispita na prvu godinu ili s obzirom na kvalifikaciju na drugu godinu. Vojni studenti (IETA-i) koji su izabrali specijalizaciju "proizvodnja zrakoplova" primaju se na drugu godinu nakon što su prvu godinu proveli u ENSIETA-i u Brestu.

Prvu i drugu godinu studenti provode



Računalska kartografija demonstrirana je na ETCA-i

svrstani u opće, znanstvene i tehničke edukacijske skupine, iza cega u trećoj godini slijedi

daljnja zajednička jezgra dopunjena dodatnim instrukcijama (izbor modula).

Civilni studenti koji diplomišu na ENSAE mogu započeti svoju karijeru u bilo kojem sektoru, uglavnom u industriji u vlasništvu Ministarstva obrane, a posebice na području zrakoplovne industrije, kao i u DGA-i.

École Nationale Supérieure des Ingénieurs des Études et Techniques d'Armement (ENSIETA)

Vojni studenti primaju se na ENSIETA-u nakon položenih prijamnih ispita, kao studenti inženjerskog smjera za područje vojnih studija i tehnika ("élève-IETA"), pri čemu u obzir dolaze francuski studenti do 30 godina starosti, diplomanti pripremnih razreda za tzv. "grandes écoles". ENSIETA također prima i civilne studente koji produ prijamni ispit na prvoj godini.

Ispitu mogu pristupiti francuski i strani civilni studenti te oni koji su prošli pripremne razrede za "grandes Écoles", ili mogu biti upisani na drugu godinu prema već stecenoj kvalifikaciji.

Školovanje traje tri godine za "élève-IETA"-e, nakon godine dana vojne izobrazbe. Prva godina pokriva zajednički nastavni plan i program (opće inženjersko školovanje na ENSIETA-i), dok tijekom druge i treće godine studenti mogu birati između nekoliko opcija - hidrografije, pirotehničke kemije, mehaničkih automatskih sustava, električnih sustava i brodogradnje. Neki studenti mogu, također, provesti svoju završnu godinu na ENSERG-u u Grenoble, ili čak na školovanju u inozemstvu.

Inženjeri koji diplomišu na ENSIETA-i (IETA-i) imaju časnički status; unutar DGA-e mogu zauzeti odgovorna radna mjesta.

Civilni studenti koji diplomišu na ENSIETA-i mogu započeti s radom u bilo kojem sektoru u okviru industrije koja je u vlasništvu Ministarstva obrane, kao i unutar DGA-e.



Prema sadašnjim planovima, USAF namjerava zadržati nakon modernizacije zadnju verziju strateškog bombardera B-52 Stratofortress u naoružanju možda i do 2030. godine

B-52 I DALJE U SLUŽBI

Snapretkom zrakoplovne tehnologije (a još više sa stalnim povećanjem cijene razvoja, nabave i uporabe novih letjelica), vrijeme aktivne službe borbenih zrakoplova neprestano se produžuje. Primjerice, u I. svjetskom ratu životni vijek pojedinog tipa lovca bio je oko godinu dana, u II. svjetskom ratu već se popeo na četiri do pet godina. U poslijeratnom razdoblju je npr. američki lovac F-86 Sabre uveden u operativnu uporabu USAF-a u veljači 1949. godine, a povučen je u lipnju 1960. godine (određen broj F-86L ostao je u naoružanju nekoliko skvadrona Zračne nacionalne garde /Air National Guard, ANG/ do 1965. godine a neki strani korisnici nastavili su ga upotrebljavati u šezdesetim i sedamdesetim godinama, međutim u usporedbi s lovcima koji su u istom razdoblju uvedeni u upotrebu Sabre je zastario). Čuveni McDonnel Douglas F-4 Phantom II ušao je u operativni sastav USAF-a 1961. godine: iako je F-4 danas skoro nestao iz sastava USAF-a, ANG-a i zrakoplovstva američke mornarice, zahvaljujući programima modernizacije u zračnim snagama drugih zemalja (npr izraelski Phantom 2000, ili njemačka modernizacija F-4F) ovaj će zrakoplov ostati u naoružanju do 2010. godine. Novi američki

lovac Lockheed F-22 Lightning II trebao bi ostati u službi oko 40 godina.

Međutim, bez obzira na to, teško je očekivati da će većina letjelica koje su sada u upotrebi u zračnim snagama diljem svijeta (ili koje će tek ući u upotrebu) nadmašiti rekorde u duljini službe, koje drži nekoliko zrakoplova, nalazeći se u operativnoj upotrebni već između 35-60 godina (a još nema naznaka da će uskoro biti povučeni). Na prvom mjestu svakako je čuveni Douglas DC-3/C-47, a uz njega su Lockheed C-130 Hercules, Antonov An-2 i Tupoljev Tu-95/142. U ovaj ekskluzivni klub već sada spada i američki strateški bombarder **Boeing B-52 Stratofortress**. Iako neće premašiti rekord DC-3/C-47, B-52 će mu se približiti: krajem prošle godine USAF je objavio odluku o modernizaciji zadnje inačice **B-52H**, koja bi ostala u naoružanju čak možda i do 2030. godine. To će biti veliko dostignuće za zrakoplov koji je prvi put trebao ostati u službi samo desetak godina, do dolaska nadzvučnih strateških bombardera.

Utjecaj Pustinjske oluje

Na odluku USAF-a o modernizaciji B-52H suvremenim rezultatima postignutim tijekom Pustinjske oluje 1991. godine.

Robert BARIĆ

Tijekom ovog sukoba u akciji je bila inačica **B-52G**, namijenjena za konvencionalne napadaje, dok su B-52H zadržani u SAD gdje su zajedno s B-1B Lancerima sačinjavali zrakoplovni dio nuklearne triade (primarna uloga B-52H bila je nanošenje nuklearnih udara dok su konvencionalni udari bili sekundarna zadaća; B-1B u tom trenutku nisu imali sposobnost nošenja konvencionalnog ubojnog tereta).

Tijekom Pustinjske oluje, u akciji su sudjelovali B-52G iz sastava sljedećih postrojbi, djelujući iz nekoliko zrakoplovnih baza:

- 2nd Bomb Wing (BW; bombarderski ving), 62nd Bomb Squadron (BS; bombarderski skvadron) i 596th BS iz Barksdale AFB (ovi B-52G uzljetali su na misije iz zrakoplovne baze RAF Fairford u Velikoj Britaniji; u daljnjem nabiranju u zagradi će navesti bazu iz koje su B-52G u sastavu postrojbe djelovali tijekom Pustinjske oluje);

- 42nd BW, 69th BS, Loring AFB (Diego Garcia);

- 93rd BW, 328th BS, Castle AFB (RAF Fairford);

- 97th BW, 340th BS, Eaker AFB (Diego Garcia);

- 379th BW, 524th BS, Wurtsmith AFB (RAF Fairford i Moron, Španjolska)
- 416th BW, 688th BS, Griffiss AFB (RAF Fairford i Moron).

Također, skoro svi B-52G (osim zrakoplova iz sastava 97th BW) koristili su i zrakoplovnu bazu King Abdul Aziz u Jeddahu (jugozapadna Saudijska Arabija), a postoje izvješća da su Stratofortressi uzlijetali na borbene zadatke i s egipatske baze Cairo West. B-52G izvršili su 1624 borbene misije, pri čemu su na iračke položaje bacili 25.700 tona bombi (oko 30 posto od ukupne tonaže ubojnih sredstava koje su svi zrakoplovi tijekom sukoba bacili na iračke položaje). Pri tome izgubljen je samo jedan B-52G (59-2593 iz sastava 69th BS s posadom iz sastava 340th BS), i to ne u borbi - nakon 18-satne noćne misije došlo je do otkazivanja ključnih sustava i pada zrakoplova u Indijski ocean (tri člana posade su poginula jer su predugo odlagala napuštanje B-52G, očito u nadi da bi mogli ipak spasiti zrakoplov).

Glavna zadaća Stratofortressa bilo je bombardiranje položaja iračke Republikanske garde, ali uz tu zadaću vršeni su i napadaji na zrakoplovne baze, industrijske komplekse, rafinerije nafte, skladišta, željeznička čvorista i ostale ciljeve velike površine. Svaki B-52G nosio je do 51 bombe, od kojih su se 24 postavljale na dva vanjska nosača (pod svakim krilom po jedan), dok su se ostale nosile unutar trupa. Koristile su se sljedeće vrste bombe: **M117** od 340 kg (bačeno je 44.660 M117); **Mk 82** od 227 kg (17.678); kasetne bombe **CBU-52** (2939), **CBU-58** (5931), **CBU-71/-87/-89** (804); britanske bombe od **454 kg** (287). Kad su se nosile kasetne bombe **CBU-87** ili **CBU-89**, zbog većih

Ugradnja sustava EVS predstavljala je, zajedno s strukturalnim poboljšanjima, početak poboljšavanja B-52G i H



Prvi B-52H napravljen u Boeingovoj tvornici u Wichita (u pozadini se vide modeli projektila Skybolt)

dimenzija ovih bombi nošeno ih je manje (36 primjeraka). B-52G trebali su koristiti i vođene bombe **GBU-12** za uništavanje iračkih oklopnih vozila (označavanje ciljeva trebali su osigurati F-111F i F-15E), ali rat je završio prije nego što se to moglo sprovesti.

Tijekom jedne misije B-52G koristili su i krstareće projektili **AGM-86C CALCM (Conventional Air Launched Cruise Missile)**; AGM-86C je verzija ALCM-a namijenjena za konvencionalne napadaje (umjesto nuklearne bojne glave postavljena je konvencionalna visokoeksplozivna fragmentarna bojna glava mase 454 kg), koja je u operativnu upotrebu ušla 1988. godine. Ova misija izvedena je u prvoj noći sukoba (kad su AGM-86C zajedno s mornaričkim krstarećim projektilima Tomahawk korišteni za uništenje prioritetskih ciljeva u Iraku /između ostalih, komunikacijskih središta pored Mosula u sjevernom Iraku/; te noći lansirano je 35 AGM-86C s položaja udaljenih otprilike 80 km od saudijsko-iračke granice, prema objavljenim izvještajima bar 30 je pogodilo ciljeve). Ova misija istodobno je bila i najduža zrakoplovna borbena misija u povijesti: sedam B-52G (iz sastava 2nd BW) poletjelo je iz SAD (iz baze Barksdale AFB) i ostalo u zraku ukupno 42 sata (o točnoj dužini trajanja misije postoji nekoliko izvora: prema prvim podatcima 34 sata, zatim se pojavio podatak o više od 35 sati, ali uvezvi u obzir udaljenost koju su B-52 morali preletjeti na polasku i na povratku, skloniji sam zadnjem podatku od 42 sata) preletjevši pri tome više od 22.526 km (pri čemu su izvršene četiri dopune gorivom u letu, po dvije u svakom smjeru). Svi projektili nošeni su na rotacijskim lanserima unutar trupa, što je objašnjeno razložima sigurnosti.

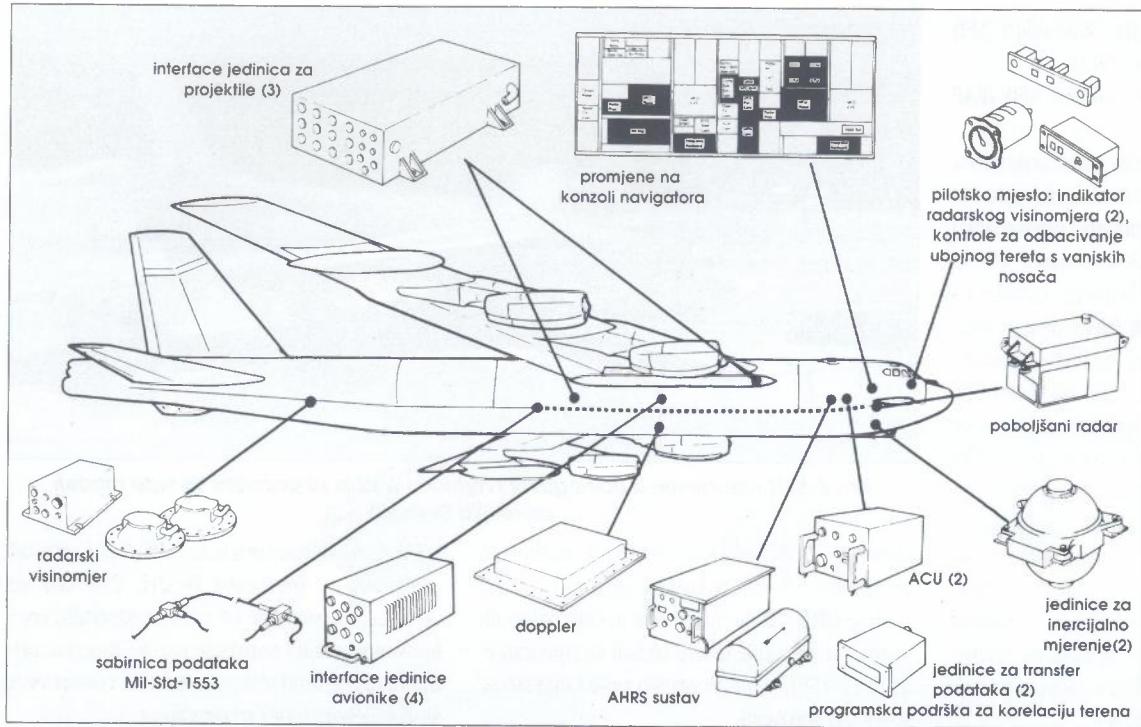
B-52H

Prema sadašnjim planovima

USAF-a, modernizirat će se barem polovica od preostala 94 primjerka B-52H, čime će se omogućiti izvršavanje ne samo nuklearnih, već i konvencionalnih napadaja (to je zapravo primarni razlog modernizacije B-52H), i ostajanje u službi tijekom iduća tri desetljeća.

B-52H je zadnja varijanta ovog poznatog bombardera, koja je prvobitno zamisljena kao nosač balističkog projektila **GAM-87A Skybolt**. Kompanija Boeing primila je narudžbu za 102 primjerka nove inačice u rujnu 1959. godine. Prvi B-52H prikazan je 30. rujna 1960., a prvi let izведен je 6. ožujka 1961. godine. Zadnji primjerak završen je 22. lipnja 1962. godine, a svi su isporučeni SAC-u (Strategic Air Command) zaključno s 26. listopadom 1962. Međutim, glavni razlog za izradu B-52H, projektil Skybolt, prestao je ubrzo postojati. Razvoj ovog izvrsnog projektila (dometa do 1850 km, s termonuklearnom bojnom glavom; B-52H mogao je nositi četiri Skybolta) obustavljen je zbog političkih razloga, a B-52H morao je nositi projektil AGM-28 Hound Dog, koji je daleko zaostao za Skyboltom. Glavno poboljšanje u odnosu na prethodnu inačicu B-52G bila je primjena turboventilatorskog motora TF33, čime je povećan borbeni dolet ovog bombardera za 4023 km, kao i potisak za 25 posto (pogonska skupina B-52G sastojala se od osam turbomlaznih motora J57-P-43WB, svaki potiska 61.2 kN). Upotreba jačih motora na B-52H donijela je i određene probleme: ako je ubrzavanje bilo prenaglo, gorivo u spremnicima počelo bi se prelijevati, što je dovodilo do pomicanja središta gravitacije zrakoplova i do propinjanja (koje se nije moglo kompenzirati malim kormilom visine, te je ponekad dolazio i do gubitka kontrole).

Šezdesete su predstavljale razdoblje dvije velike promjene za flotu B-52. Prvo, pojava protuzrakoplovnih projektila (SA-1/2/3) potkraj pedesetih i početkom šezdesetih dovela je (nakon obaranja američkog izvidničkog zrakoplova U-2 1960. godine) do primjene nove takteke upotrebe B-52, odnosno prijelaza na male visine pri probijanju protivničke PZO (što je dovelo do velikih strukturalnih problema, jer B-



Program OAS, poduzet tijekom osamdesetih predstavlja je veliko poboljšanje borbenih sposobnosti B-52G/H, kojim je poboljšana preciznost navigacije i gađanja različitim vrstama oružja, smanjena cijena operativnog korištenja i potpore, povećana pouzdanost

B-52 nije bio zamišljen za let na malim visinama. Druga promjena uslijedila je za vrijeme vietnamskog rata, kad su Stratofortressi upotrijebili u ulozi za koju prvo bitno nisu bili namjenjeni - kao konvencionalni bombarderi. U ovoj ulozi korišteni su modificirani B-52D i F (detaljni podatci o korištenju B-52 u Vijetnamu, i uopće razvoju ovog bombardera, mogu se naći u člancima objavljenim u Hrvatskom vojniku br. 30-34), dok su G i H ostali u SAD, zaduženi za strateške zračne nuklearne udare.

Kako su se ranije inačice od šezdesetih počele postupno povlačiti iz sastava SAC-a (do 1965. godine povučene su inačice B-52B/C/E), u prvoj polovini sedamdesetih otpočelo se s modernizacijom B-52G i H. Najuočljivija promjena bila je dodavanje sustava **EVS (Electro-optical Viewing System) AN/ASQ-151** 1973. godine. Ovaj elektrooptički sustav omogućio je siguran let na malim visinama, kao i jednostavniju analizu izvršene misije. AN/ASQ-151 se sastoji od LLTV sustava **Westinghouse AN/AQ-22** (skanira po 45° lijevo/desno, te po 15° gore/dolje od pravca leta) i FLIR senzora **Hughes AN/AAQ-6**, postavljenih u malim turetama (prvi sustav u lijevoj, a drugi u desnoj) na donjem dijelu nosa (svaka tureta može se rotirati za 180°); oba navedena senzorska sustava povezana su s glavnim radarem i sustavom za izbjegavanje sudara sa tлом (ovaj sustav stalno prikazuje domet, azimut i procjenu terena na odabranim

udaljenostima /5, 10 ili 16 km/ ispred bombardera, i ima dva moda rada, tzv. "Profile" /prikazivanje samo visine terena/ i "Plan" /kom-

glavom W-69 snage 200 kT, namijenjen olakšavanju probijanja protivničke PZO (uništavanje protivničkih radara, zračnih baza i lansirnih mesta SAM-ova na smjeru leta B-52; svaki B-52H mogao je ponijeti 12, a B-52H 20 SRAM-ova).

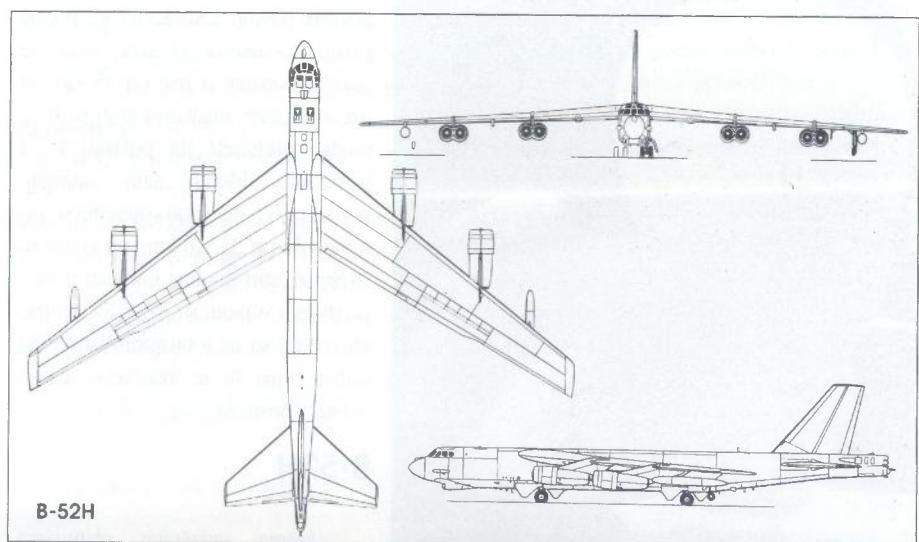
Idući korak u poboljšavanju B-52G/H bio je program **Phase IV ECM**. Tim programom dodano je 17 modula s elektronskim sustavima namijenjenim za detekciju/ometanje radarskog zračenja i upozoravanje/obranu od radarskih i IC vođenih protuzrakoplovnih projektila. Za detekciju

i ometanje neprijateljskih radara ugrađen je sustav **Motorola AN/ALQ-122 SNOE (Smart Noise Operations Equipment)**, koji nakon

Tehničke značajke B-52H

pogonska skupina:	osam turboventilatorskih motora TF33-3 (svaki potiska 75.6 kN)
duljina	49.05 m
visina	12.05 m
raspon krila	56.39 m
površina krila	371.60 m ²
najveća uzletna masa	više od 221.357 kg
najveća brzina na velikoj visini	956 km/h
brzina krstarenja na velikoj visini	819 km/h
brzina pri proboru protivničke PZO na maloj visini	652-676 km/h
najveća visina leta	16.765 m
domet na visini (bez opskrbe gorivom u letu)	16.300 km
potrebna duljina piste pri uzlijetanju	2900 m
naoružanje:	do 22680 kg ubojnog tereta

pletni prikaz zemljovidu terena/; sustav omogućava posadi održavanje programirane visine leta iznad bilo koje vrste terena, indicira-



jući kad je potrebno izvršiti korekcije radi izbjegavanja zapreka na smjeru leta). Uz to, izvršeno je ojačavanje konstrukcije zrakoplova, kako bi se smanjila strukturalna opterećenja prigodom turbulencije u letu na malim visinama. Instaliran je i novi sustav za poboljšanje stabilnosti u letu (Stability Augmentation System), kojim su zamjenjeni originalni prigušivači skretanja novom elektronikom radi povećanja brzine reakcije kormila i elevona. Od naoružanja, dodat je projektil zrak-zemlja kratkog dometa **AGM-69A SRAM**, opremljen nuklearnom bojom

detekcije signala protivničkog radara na odabranoj valnoj duljini počinje njegovo automatsko ometanje (cilj ometanja je sprječavanje protivničkog radara da precizno odredi udaljenost i azimut) i sustav za elektronsku potporu **Northrop AN/ALQ-155(V)** (ovaj programabilni sustav ima, između ostalog, sposobnost brzog mijenjanja radne frekvencije, stvaranja lažnih odraza, koherentnog i inkoherentnog ometanja). Za upozoravanje na dolazeće prijetnje ugraden je digitalni RWR sustav **AN/ARL-46**.

Od 1979. godine počela je ugradnja komunikacijskog sustava **AFSATCOM** (Air Force Satellite Communication), koji je omogućio komunikaciju s B-52 (glasom ili prenosom šifriranih podataka) bilo gdje u svijetu. Radi uštede goriva ugraden je sustav **PMS** (Performance Management System), a najskuplji dio ovog programa bilo je postavljanje novog digitalnog navigacijsko/bombarderskog sustava **AN/ASQ-38**. Ugradnja sustava za upozoravanje **AN/ALQ-27** (koji je posadi trebao signalizirati ne samo približavanje protuzrakoplovnih projektila zemlja-zrak, već i manjih projektila zrak-zrak, pa čak i topničkih zrna iz topova na lovci-ma; glavni senzor u okviru sustava, impulsno-doplinski radar Westinghouse AN/ALQ-153, bi na temelju podataka dobivenih od jedinice za skaniranje /prvo smještene na lijevom horizontalnom stabilizatoru, a zatim premještene na sredinu vertikalnog stabilizatora/ određivao način izbacivanja radarskih i IC mamaca) u rep zrakoplova je kasnila zbog problema s potonjem. Konačno, do 1985. instaliran je ukupno 321 komplet. Ostale promjene u okviru programa Phase IV ECM bile su postavljanje sustava za protumjere **AN/ALQ-117** i dodatnog broja ometača **AN/ALT-28**. Cijena cijelog programa bila je 362.5 milijuna USD.

Najveći program poboljšanja proveden na B-52G/H bio je ugradnja sustava **OAS (Offensive Avionics System)** od 1980. godine kojim je zamijenjena stara analognna elektronika, umjesto koje su primjenjeni digitalni elektronski

sustavi posebno zaštićeni od učinaka nuklearne eksplozije (ponajprije EMP efekta). OAS je omogućio precizno korištenje običnih i nuklearnih bombi, SRAM-a i novih krstarećih projektila na visinama do minimalno 90 m. OAS je uključivao postavljanje Tercom sustava vođenja, dopplerskog radara kompanije Teledyne Ryan, inercijalnog navigacijskog sustava

Honeywell SPN/GEAS AN/ASN-131, zamjenu analogne elektronike u AN/ASQ-38 digitalnom, modernizaciju Nordenovog strateškog radara (poboljšanje moda za izbjegavanje prepreka u niskom letu i moda za mapiranje terena, smanjivanje broja modula s elektronskom opremom s 50 na 8; Norden je napravio 59 elektronskih kompleta za modernizaciju), radarskog visinomjeru i displaya/kontrola kompanije Honeywell, referentnog sustava za određivanje visine i smjera leta (**AHRS**) kompanije Smiths. Postavljanje OAS-a na 152 B-52G i 95 B-52H završeno je 1989. godine.

Odluka o ugradnji OAS-a na B-52G/H proizašla je iz odluke tadašnjeg američkog predsjednika Cartera donesene u lipnju 1977. godine o obustavi programa razvoja strateškog bombardera Rockwell B-1A i umjesto toga, produženju životnog vijeka preostalih Stratofortressa. OAS i nove krstareće projektili **Boeing AGM-86B** dobili su samo B-52G/H (prvo je bilo predviđeno prilagođavanje 173 B-52G za nošenje krstarećih projektila, ali kasnije je odlučeno da to bude 98 B-52G i 95 B-52H). Svaki B-52G/H dobio je mogućnost nošenja 12 AGM-86, koji su smješteni na dva potkrilna nosača, na svakom po šest. Na rotacijskom **CSRL** (Common Strategic Rotary Launcher) lanseru u stražnjem unutarnjem prostoru za bombe B-52G nosi osam AGM-69A, ali ne i krstareće projektili (za razliku od njega, B-52H može nositi i AGM-86 na rotacijskom lanseru u trupu). Pri nuklearnim misijama uobičajen ubojni teret za B-52G bio je četiri termonuklearne bombe B28 u prednjem unutarnjem prostoru za oružje, rotacijski lanser s osam AGM-69A u stražnjem, te do 12 AGM-86B



Impresivni rezultati koje su B-52G postigli tijekom rata s Irakom 1991. godine (na slici je B-52G pri uzlijetanju iz Fairforda, Velika Britanija, 10. veljače 1991. godine) vjerojatno su utjecali na odluku da se zadrije i moderniziraju B-52H

na potkrilnim nosačima (kod B-52H jedina je razlika u tome što mogu nositi AGM-86B na rotacijskom lanseru).

Tijekom osamdesetih 40 primjeraka B-52G koji nisu modificirani za nošenje krstarećih projektila, osposobljeni su za nošenje konvencionalnih ubojnih sredstava i to za nošenje konvencionalnih bombi i/ili protubrodskih projektila **AGM-84 Harpoon** (30 od 40 B-52G, svaki je dobio mogućnost nošenja 12 Harpoona na potkrilnim nosačima). Od 1991. godine B-52G iz sastava 42. bombarderskog vinga (42nd Bomb Wing, Loring AFB) osposobljeni su za nošenje projektila zrak-zemlja AGM-142A Raptor.

Daljnja poboljšanja

Ipak, usprkos konverziji 40 B-52G, svi primjerici ove inačice povučeni su iz naoružanja 1993.-94. godine. Međutim, B-52H ostaje i dalje u službi. USAF je otpočeo s programom poboljšavanja dijela B-52H (više od polovine bombardera, od preostala 94 primjerka), usmjerenim na poboljšavanje konvencionalnih sposobnosti. Cilj svih promjena je omogućiti B-52H izvršavanje uloge dvonamjenskog bombardera (za nanošenje nuklearnih udara, ali i za korištenje konvencionalnog oružja) početkom idućeg stoljeća. Pretpostavlja se da će B-52H ostati u naoružanju najmanje deset godina, međutim uvezši u obzir njegove borbene sposobnosti, kao i činjenicu da USAF nema bombarder sličnih sposobnosti koji bi ga mogao zamijeniti, vjerojatnije je da će ostati u upotrebi narednih 20-30 godina. Proizvodač, kompanija Boeing, procjenjuje da zmaj svakog B-52H ima oko 13.000 sati leta (i da svaki bombarder ima svake godine prosječno 395 sati leta); s obzirom da su ovi bombarderi u službi više od tri desetljeća, to i nije previše. Boeing procjenjuje da bi bilo moguće proizvesti životni vijek strukture svakog zrakoplova do 2030.-2040. godine.

Sadašnji program poboljšavanja, tzv. **CEM (conventional enhancement modification)** usmjeren je ka davanju sposobnosti B-52H koje

Jedan od oružanih sustava koji nose modernizirani B-52H je i AGM-142 Raptor, kojeg je razvila izraelska tvrtka Rafael. Projektil je opremljen konvencionalnom bojnom glavom mase 887 kg





Usprkos sve većem naglasku na izvršavanju konvencionalnih misija, B-52H i dalje zadržavaju sposobnosti za nanošenje nuklearnih udara. Uz krstareće projektile Boeing ACM AGM-86B, najnovije oružje za ovakvu vrstu misija je **AGM-129 Advanced Cruise Missile** (usavršeni krstareći projektil).

Razvoj AGM-129 počeo je 1983. godine, s ciljem stvaranja zamjene za AGM-86B. Novi projektil u odnosu na prethodnika ima značajno smanjen radarski i IC odraz (što je vidljivo i iz samog oblika - "zaravnjenog" tijela sa zašiljenim klinastim nosom, krila obrnute strijele i preklapajućeg vertikalnog stabilizatora). Duljina AGM-129 je 6,35 m, visina 640 mm, širina 700 mm, a masa (procijenjena) 1250 kg. Pogonska skupina sastoji se od turboventilatorskog motora Williams International F112-WR-100 (uvodnik zraka nalazi se na donjem dijelu projektila,iza

krila). Domet je 3000 km. Što se tiče sustava vođenja AGM-129, prema objavljenim izvještajima tijekom srednje faze leta koristi se inercijalno vodenje, da bi se u završnoj fazi aktivirao laserski radar (ne postoje podatci o CEP-u). Postoje dvije verzije projektila: AGM-129A s nuklearnom bojom glavom (vjerojatno jačine 200 kT) i AGM-129B s visokoeksplozivno konvencionalnom (alternativno, moguće je postavljanje bojne glave s podstreljivom).

Ispitni program dovršen je 1991. godine (u 1990. je završen razvojni

AGM-129 na desnom potkrilnom nosaču B-52H



je u osamdesetim dobio B-52G - nošenje AGM-84 Harpoona, mogućnost upotrebe **AGM-142 Rapporta** (ovaj projektil zrak-zemlja prije je bio poznat pod nazivom **Have Nap**; tu sposobnost zasad treba dobiti samo 10 B-52H), novi integrirani sustav za kontrolu ubojnog tereta, univerzalni adapter u unutarnjem prostoru za ubojni teret, GPS navigacijski sustav.

Ostala poboljšanja, koja će se provesti ili se tek planiraju usmjerena su ka poboljšanju pouzdanosti i smanjivanju cijena održavanja preostalih B-52H. Ovdje je ključno pitanje zamjene pogonske skupine, odnosno osam turboventilatorskih motora **TF33-P-3**. Do ove zamjene može doći isključivo iz ekonomskih razloga: sadašnji motori mogli se bi bez problema upotrebjavati do kraja karijere B-52H, ali njihova zamjena znatno bi smanjila operativne troškove (smanjena potrošnja goriva uz povećanje doleta za 30 do 40 posto, povećanje pouzdanosti /navodi se brojka od čak 800 posto, što je vjerojatno ipak pretjerano/, olakšano održavanje uz manje troškove). Svakako najatraktivnija opcija je zamjena TF-33 s komercijalnim turboventilatorskim motorima (COTS) koji se koriste na putničkim zrakoplovima. Uz ovu opciju mogu se izdvojiti tri

mogućnosti nabave:

- kupnja COTS motora, po četiri primjerka za svaki B-52H (svaki motor morao bi imati nešto veći potisak od potiska dva TF33 zajednički smještena u jednoj gondoli (znači više od 151 kN), da bi ih mogao zamijeniti: odabere li se ova opcija, B-52H će trebati ostati u naoružanju do 2030. godine ako se želi ostvariti povrat uloženog novca kroz smanjenje troškova održavanja i povećanje pouzdanosti;

- unajmljivanje COTS motora, ali uz plaćanje unaprijed cijene razvoja (odnosno prilagodavanja novih motora) i izvođenja preinaki (time bi razdoblje potrebno za povrat uloženog novca bilo svedeno na 10-15 godina);



Ubojni arsenal B-52H

- unajmljivanje COTS motora s uključivanjem cijene razvoja i preinaki u cijenu unajmljivanja.

program koji je obuhvaćao 22 leta AGM-129, a 1991. izvedeno je još osam evaluacijskih letova) i iste godine projektil je ušao u naoružanje. Prema prvobitnim planovima, trebalo se nabaviti 1000 AGM-129 (880 AGM-129A i 120 AGM-129B), ali 1993. godine taj je broj smanjen na 480. Proizvodnja je završena 1993. godine. Glavni ugovarač cijelog programa je kompanija Hughes Missle Systems, a podugovarač McDonell Missle Systems.

Za sada nisu donesene nikakve konkretne odluke o mogućnosti promjene motora na B-52H: konačna odluka ovisit će o dugoročnim planovima USAF-a o broju bombardera koji će se zadržati u operativnoj službi.

Dok se mogućnost ugradnje novih motora još razmatra, već je (u okviru programa CEM) u tijeku provođenje niza poboljšanja kojima B-52H dobiva mogućnosti izvođenja misija korištenjem konvencionalnih ubojnih sredstava (što su mogli do sad samo B-52G). Do kraja ove godine treba se modernizirati 47 B-52H (program modernizacije je počeo 1993. godine), a najvjerojatnije će uslijediti poboljšanje još 19 primjeraka do 1999. godine (FY96 je planirano povlačenje 28 B-52H, no s obzirom na sposobnosti ovog bombardera, moguće je da će i ovi ostati u naoružanju i možda proći program modernizacije). Jedan od ciljeva svih promjena je poboljšanje pouzdanosti i olakšavanje održavanja preostalih B-52H. U okviru CEM programa predviđeni su sljedeći koraci:

- instaliranje integriranog sustava za kontrolu konvencionalnih ubojnih sredstava (ICMS, integrated conventional stores management system), potrebnog za nošenje i korištenje preciznih oružanih sustava iduće generacije (JDAM, JSOW, Wind-

Corrected Munition System, Joint Air-to-Surface Munition);

- dodavanje adaptera za teži ubojni teret;
- postavljanje univerzalnog adaptera u unutarnji prostor za naoružanje, što bi trebalo omogućiti brz prelazak s nuklearnih na konvencionalna oružja bez potrebe uklanjanja i zamjene brojnih adaptera (unutarnji nosači za bombe se modifciranju tako da omoguće zadržavanje adaptera CSRL-a kad se nosi konvencionalno oružje);
- modifciranje osvjetljenja pilotske kabine (da bi se mogli upotrebljavati sustavi za noćno motrenje /night vision goggles/);
- ugradnja sustava za elektronsko ratovanje AN/ALQ-172 (koji bi uklonio neke probleme uočene tijekom Desert Storma); najvjerojatnija lokacija smještaja ALQ-172 bit će u repu (da bi se zadržala masa i balans zrakoplova, nakon što je 1. listopada 1991. godine uklonjen top Vulcan M61A1 kal. 20 mm).

• instaliranje navigacijskog GPS sustava (pod tim se vjerojatno misli na modernizaciju postojećeg sustava AN/ARN-151(V) ili njegovu zamjenu; zbog potreba nuklearnih misija zadržat će se autonomni inercijalni navigacijski sustav ali će dosadašnji sustav Honeywell SPN/GEANS vjerojatno biti zamijenjen prstenastim laserskim žiroskopskim sustavom, ponajprije zbog visoke cijene održavanja Honeywellovog sustava).

Sveukupno, napravit će se osamnaest modifikacija. Međutim, razmatraju se i dodatna

poboljšanja: ugradnja novog LLTV, zamjena starih zaslona s katodnom cijevi; modernizacija kokpita (korištenjem avionike s komercijalnih zrakoplova i ugradnjom kolor displaya), ugradn-

ponovno upotrijebiti - baza iz koje bi poletio na misiju do njegovog eventualnog povratka vjerojatno bi bila uništena).

Ali dani uvježbavanja ovakvih misija danas su prošlost. Od posada B-52 sada se traži u izvršavanju borbenih zadaća s konvencionalnim sredstvima (koje su sada doble prioritet pred nuklearnim misijama) koordinacija s drugim borbenim zrakoplovima - lovциma (F-15, F-16), zrakoplovima za elektronsko ratovanje (EF-111A Raven) i onesposobljavanje protivničkog PZO sustava (F-4G Wild Weasel) te AWACS zrakoplovima (E-3). Uostalom, čini se da će koncept eskortnog lovca, koji je nakon pedesetih praktično nestao iz USAF-a, ponovo dobiti na značenju kako se bude povećavala konvencionalna uloga B-52H (a time i potreba za njihovom zaštitom). Ovakva nova uloga Stratofortressa uklapa se i u novi USAF-ov koncept kompozitnog vinga.

Prema prošlogodišnjoj studiji Instituta za obrambene analize, do 2014. godine radi zadovoljavanja svojih potreba USAF bi trebao zadržati flotu slijedećih bombardera: **66 B-52H, 95 B-1B, 20 B-2** (pod uvjetom da se ostvare planovi nabave dalekodometnih visokopreciznih oružanih sustava zrak-zemlja). Dok za B-1B i B-2 nema bojazni da bi mogli biti povučeni, glavni činilac koji će odlučiti koliko dugo će B-52H ostati u naoružanju je pitanje daljnog smanjivanja američkog vojnog budžeta. Ipak, s obzirom na to da je B-52H za sada jedini strateški bombarder u sastavu USAF-a koji može nositi najrazličitija konvencionalna (različite vrste bombi i projektila) i nuklearna oružja (B-1B i B-2 još su daleko od toga da mogu ponijeti sva ubojna sredstva koja može nositi B-52H), kao i to da su za modernizaciju preostalih B-52H potrebna relativno mala sredstva, može se očekivati da se ova zadnja verzija Stratofortressa zadrži u naoružanju barem još 10-15 godina, a vrlo vjerojatno i do 2030. godine.

Literatura:

- 1) William B. Scott: B-52H refurbished for 21st century; Aviation Week&Space Technology December 11, 1995
- 2) William B. Scott: Flight Crews Reinvent B-52's Tactical Potential; Aviation Week&Space Technology December 11, 1995
- 3) John Boatman: Pentagon to reassess heavy bomber fleet; Jane's Defence Weekly, 21 August 1993
- 4) Bob McIntyre: Maintaining the Balance; Air International, July 1992
- 5) Air Forces of the World; Flight International 5-11 July 1995
- 6) Robert Baric: Niz članaka o B-52: HV br. 30-34
- 7) Jane's All the World Aircrafts 81/82, 84/85, 90/91
- 8) Jane's Avionics 94/95
- 9) Jane's Electronic Warfare 94/95
- 10) Jane's Strategic Weapon Systems, London 1994
- 11) Jane's Civil and Military Aircraft Upgrades 94/95
- 12) Lindsay Peacock: B-52 Stratofortress; Osprey Publishing Ltd, London 1987
- 13) Bill Gunston: An Illustrated Guide to Modern Bombers; Salamander Book, London 1998
- 14) Bill Gunston, Peter Gilchrist: Jet Bombers; Osprey Aerospace, London 1994
- 14) Barry N. Katzberg: Aircraft and Weapons of the Desert Storm; Kalambach Books, 1994.



B-52H s teretom bombi Mk 84 na potkrilnim nosačima

ja radara visoke rezolucije, modifikacija potkrilnih nosača krstarečih projektila, postavljanje sustava za primanje podataka o ciljevima u realnom vremenu iz vanjskih izvora (sateliti, bespilotne letjelice, izvidnički zrakoplovi itd.).

Promjena taktike

S promjenom uloge B-52H neophodna postaje i promjena načina upotrebe ovog bombardera. Korištenje konvencionalnih oružanih sustava zahtjeva sasvim novu takтику, drugačiju od korištenja nuklearnih ubojnih sredstava. Za početak, u pripremama napadaja traži se veća fleksibilnost. U bivšem SAC-u, moguće nuklearne misije planirane su nekoliko dana; tijekom Desert Storma od početnog briefinga pa do polaska na misiju protekao bi samo jedan sat, što je za neke posade B-52 navikle na dugotrajno planiranje predstavljao šok.

Dalje, B-52 prestaže s izvođenjem samostalnih misija, kao za vrijeme hladnog rata, kad je primarni cilj bio uništiti određenu metu bez obzira na cijenu, odnosno broj oborenih bombardera. Ako bi se npr. u eventualnom nuklearnom konfliktu od deset B-52 do cilja probio jedan, i nuklearnim oružjem uništio dodjeljeni cilj, to se moglo nazvati uspjehom (iako se i taj preživjeli B-52 više ne bi mogao



Klaudije RADANOVIĆ

Krilo zrakoplova predstavlja najkritičniji element njegove konstrukcije o njemu, više nego li o bilo čemu drugome, ovise letne sposobnosti zrakoplova. Do sada su, tijekom razvoja zrakoplovne tehnike, stvoreni razni oblici krila. Jedno od njih je i MAW krilo, čiji je koncept opsežno ispitivan tijekom proteklog desetljeća

Upionirsko doba zrakoplovstva, kada su brzine leta bile male (manje čak od onih kojima se danas kreću osobni automobili) krilo je bilo tek samo jedan od dijelova letjelice. Bilo je bitno postići samo dovoljan uzgon, te kod prvih borbenih zrakoplova osigurati kakvu-takvu otpornost na neprijateljsku paljbu i mehanička naprezanja koja su se javljala. Povećanjem područja brzina leta problematika pravilne konstrukcije krila je počela izbijati u prvi plan. Rješenje problema prevelike brzine kod slij-

tanja nađeno je u postavljanju zakrilaca. Ovo rješenje bilo je, u načelu, poznato još od 1904. godine, kada je francuski konstruktor **Clement Ader** predložio upotrebu krilnih i vodoravnih repnih površina kojima se mijenja geometrija s ciljem smanjivanja brzine. Osim ovog pionirskog pothvata, bilo je još nekoliko pokušaja tijekom prvih 40 godina postojanja zrakoplova da se stabilnost leta i povećanje pokretljivosti postignu promjenom geometrije uzgonskih i zapovjednih površina. Svi ovi projekti su završavali neslavno, ali su redovito davali vrlo zanimljive letjelice. Tako su ruski kon-

MAW krilo



MAW krilo na F-111



Model F-111 opremljen MAW-om snimljen tijekom ispitivanja ponašanja pri nadzvučnim brzinama u zračnom tunelu

struktori Nikitin i Ševčenko stvorili krajem tridesetih jedno-dvokrilac tj. zrakoplov koji je tijekom faza polijetanja i slijetanja bio dvokrilac dok je u svim ostalim fazama leta bio jednokrilac. Ovaj zrakoplov je objedinjavao sve dobre strane obiju konfiguraciju uzgonskih površina: povećani uzgon koji rezultira malom potrebnom stazom polijetanja i slijetanja te veliku brzinu potrebnu za lovačke zadatke. Negativna strana ove konstrukcije je znatno povećanje mase i bitno usložnjavanje mehaničke izvedbe.

Ratne godine zakočile su daljnji razvoj aerodinamičkih izvedbi sa promjenjivom geometrijom davši samo dva veća dostignuća: mlazni motor i vođeni projektil zrak-zrak. Nakon završetka II. svjetskog rata polagano počinju ponovno oživljavati privremeno odloženi projekti na ovom polju.

Svim predratnim projektima je bilo zajedničko da se geometrija krila mijenjala povećanjem odnosno smanjivanjem njegove površine. Zbog relativno malih brzina leta to je bilo moguće, ali kako su sada zrakoplovi letjeli brzinama koje su bile bliske brzini zvuka u proračun aerodinamičkih profila je ušao novi čimbenik - valni otpor fluida tj. zraka. Ravno krilo posjeduje znatno veći valni otpor u odnosu na strelasto. Ovo je usmjerilo daljnji razvoj uzgonskih površina prema aerodinamički

povoljnijim oblicima. Ta promjena je onemogućila primjenu do tada izvedenih načina promjene geometrije krila.

Zakošenjem krila u odnosu na tok fluida postiže se tzv. **princip neovisnosti**, koji omogućava neovisan proračun toka fluida preko krila u oba glavna smjera (duž krila i preko širine krila). Usput, nagnemo li krilo pod određenim kutem u odnosu na smjer toka fluida postići

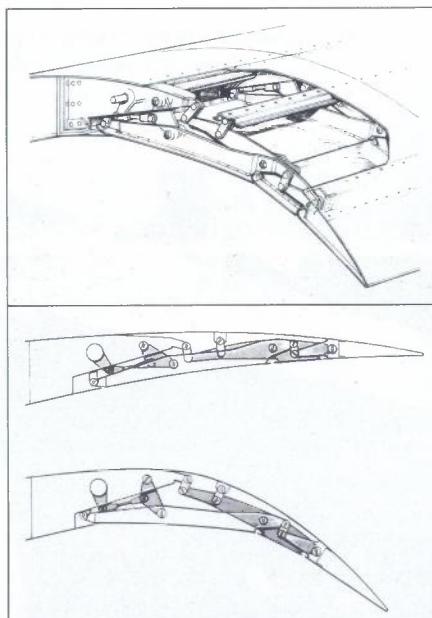
ćemo prirodno-laminaran tok oko profila. Turbulentno gibanje zraka dobitvamo kada lokalni Machov broj MLOC prijeđe ukupni Machov broj M . Kod ovakvog strujanja fluida udarni val možemo podijeliti na dva dijela tj. možemo definirati dva neovisna Machova broja za svaku komponentu strujanja:

$M_{\text{os}} = M \cos \sigma$ gdje je σ kut nagiba strijele i M . Distribucija tlaka o kojoj ovisi uzgon je tada dana sa :

$$C_{\text{pn}} = \frac{p - p_0}{\frac{1}{2} r_\infty v_\infty^2 \cos^2 \sigma} = \frac{(p/P_0) - 1}{\frac{1}{2} g M_\infty^2}$$

tj. ovisi samo o M_{os} odnosno o Machovom broju slobodnog toka. Ovdje smo iskoristili Prandtl-Glauert-Gothertovu transformaciju kako bi dobili konačnu ovisnost tlaka o Machovom broju. Vidljivo je kako s povećanjem kuta nagiba strijele je vrijednost raspodjele veća, čime se odlaže nastanak turbulentnog strujanja pri

Svaka od tri fleksibilna izlazna ruba MAW krila pokreće se pomoću sustava za prijenos izrađenih od čelika, povezanih s hidrauličkim aktuatorima. Oplata krila izrađena je od karbonskih vlakana, gornji paneli se svijaju bez produžavanja, a donji pomiču da bi omogućili skraćivanje. Moguće je i dizajn bez skraćivanja donjih površina, no on bi bio znatno teži i skuplji





Dovršeni AFITI F-111

većim brzinama. Gladamo li cjelovito, laminarno strujanje fluida postoji sve do trenutka kada Machov broj slobodnog toka ne dostigne vrijednost kritičnog Machovog broja. U tom trenutku se stvara udarni val koji izaziva odvajanje toka zraka od površine na udarnoj plohi i smanjivanje sile uzgona. Kritični Machov broj ovisi o aerodinamičkom profilu, ali i njegovom položaju u odnosu na smjer strujanja.

Pogledamo li pobliže kako možemo prilagođavati geometriju krila prema letnim uvjetima, vidimo da kao prvo možemo mijenjati kut nagiba krila prema okomici na uzdužnu os zrakoplova, tj. kut s, ali isto tako možemo mijenjati i aerodinamički profil krila kako bi pri stalnoj općoj geometriji leta dobili parcijalnu prilagodbu fiksног krila na promijenjene uvjete leta. Dok je prvi način relativno široko primijenjen pri konstrukciji modernih borbenih letjelica poput npr. Grumanovog **F-14 Tomacata**, europskog **MRCA Tornada** ili ruskog **Suhoeva Su-24**, drugi pristup nije korišten u praksi dovoljno često, zapravo teško je i reći da je uopće bio upotrijebljen, ne uzmemu li u obzir njegove rudimentarne instalacije na svim zrakoplovima, ali zbog njegovih perspektiva i radikalnosti pristupa zahtijeva detaljnije razmatranje.

Mission Adaptive Wing - MAW

Potonji koncept u svijetu je poznat pod terminom **MAW - Mission Adaptive Wing** (krilo prilagođljivo misiji) odnosno **VCW - Variable Camber Wing** (krilo sa promjenjivom zakrivljenosću). Svi zrakoplovi posjeduju rudimente ovog rješenja u vidu zapovjednih površina poput, ailerona, zakrilaca i pretkrilaca koja svojim položajem mijenjaju tok zraka oko krila, mijenjajući tako ponašanje zrakoplova u danom trenutku. Iako vrlo korisne, sve ove površine posjeduju i određene negativne strane.

Razmotrimo konvencionalno krilo koje se sastoji, gledano od napadnog ruba prema izlaznom, od pretkrilaca, glavnog nepomičnog dijela i zakrilaca. Da bi u neutralnom položaju sva tri dijela činila neprekinutu površinu spojevi moraju biti glatki, bez ikakvih procjepa u kojima bi se mogle stvarati turbulencije. Glatkost spojeva nam, na žalost, implica kutne završetke, koji u bilo kojem položaju osim nultog stvaraju neželjene procjepne i proizvode turbulencije koje umanjuju njihovu učinkovitost i smanjuju uzgonsku silu koju stvara krilo, unoseći tako djelomične nestabilnosti u profil leta. Otklanjanje potonjih vrši se korekcijom položaja istih površina koje su u biti izazvale ove nestabilnosti. Vidljivo je da smo dobili zatvoreni krug kojem za kvalitetno i iskoristivo ponašanje moramo osigurati kompleksan senzorski i upravljački sustav.

Ovaj način ostvarivanja VCW tipa krila poznat je i primjenjivan već tijekom tridesetih godina ovog stoljeća, da bi se razvio sa pojmom prvih mlaznih zrakoplova tijekom II. svjetskog rata. U ono doba nije bilo potrebe za dalnjim

razvojem aerodinamičkih profila, ako uzmemu u obzir područje brzina kojima su se tadašnji zrakoplovi kretali i koje je pokrivalo raspon od 650-850 km/h (približno). U ovakvim uvjetima i ravno krilo zadovoljava svojim osobinama. Prelaskom na područje brzina iznad zvučnog zida moralo se pristupiti, zbog usložnjavanja problema, dizajniranju aerodinamičkih profila koji zadovoljavaju radikalno izmijenjene uvjete leta.

Pronađeno je nekoliko sustava koji rješavaju ove probleme u većoj ili manjoj mjeri. Kao najučinkovitiji je proisteklo krilo promjenjivog napadnog kuta ili kako je poznatije u svijetu krilo promjenjive geometrije (**swing wing**; u dalnjem tekstu **SW**).

Drugo rješenje, koje je potencijalno jednako kvalitetno, a svakako primjenjivije od gore spomenutog je primjena VCW principa u konstrukciji krila. On koristi (za razliku od SW-a koji mijenja kut krila u odnosu na uzdužnu os zrakoplova), promjenu samog oblika aerodinamičkog profila, čime se mijenja način strujanja zraka oko istog. Za potpunije razumijevanje rada ovog

Na slici se vidi razlika između normalnog (lijevo) i MAW krila (prvo krilo, koje je Boeing isporučio sredinom 1983. godine) s većom tetivom



principa razmotrit ćemo pobliže način rada i konstrukciju MAW-a primijenjenog na eksperimentalnom zrakoplovu **F-111 AFTI (Advanced Fighter Technology Integration** - integriranje naprednih tehnologija za lovačke zrakoplove, program u okviru kojeg je ispitivan i MAW).

Američka mornarica je 1970. godine izdala ugovor za izradu studije koncepta MAW-a, razmatrajući mogućnost njegove upotrebe na borbenim zrakoplovima smještenim na nosačima. Pet godina kasnije i USAF se pridružio mornarici u ispitivanju koncepta. Godine 1979. kompanija Boeing dobila je ugovor vrijedan 12.5 milijuna dolara za dizajn i izradu MAW krila. Za potrebe provođenja ispitivanja u okviru AFTI programa modificiran je jedan jurišni zrakoplov General Dynamics F-111: ovaj tip zrakoplova je odabran zbog nekoliko činjenica: posjedovanje SW krila koje je moguće precizno nadzirati u različitim položajima, sposobnosti ostvarivanja brzina u području $M=2+$, sposobnosti nošenja različitih kombinacija ubojnih sredstava i provjera njihove djelatne interakcije sa MAW-om, dvočlane posade koja omogućava potpuni i stalni nadzor rezultata postignutih novim tehnološkim rješnjem, te kao zadnje, ali ne i najmanje važno jednostavnost zamjene krila na ovom zrakoplovu. Za ovaj eksperiment F-111 bio je opremljen Whitecombeovim superkritičnim krilom s aeroprofilom koji je 20 posto veće površine (ona ovdje iznosi 58.141 m^2 ; ovo krilo ispitivano je u okviru prethodnog TACT programa) od originalnog krila primijenjenog na serijskim zrakoplovima ovog tipa. Program su zajednički provodili USAF i NASA u kalifornijskoj zrakoplovnoj bazi Edwards između 1985. i 1988. godine.

Konstrukcija MAW krila

Na zrakoplovu AFTI F-111 MAW je izведен putem prilagodljivog napadnog i izlaznog ruba krila koji posjeduju oplatu od fleksibilnog kompozitnog tvoriva pojačanog karbonskim vlaknima. Podešavanje položaja vrši se putem sustava poti-snika koji su međusobno vezani sa četiri šipke-nosača, te okretnih podiznika koji prenose pokrete potisnika na oplatu pokretnog dijela krila. Napadni rub krila je izведен u jednom dijelu, dok je izlazni rub podijeljen u tri segmenta podjednakih protežnosti. Razlog ovakvoj izradi je odnos površine i djelatne sile koja djeluje na nju kod pojedinog segmenta, a gledi minimiziranje naprezanja koje bi moglo dovesti do oštećivanja fleksibilne oplate.

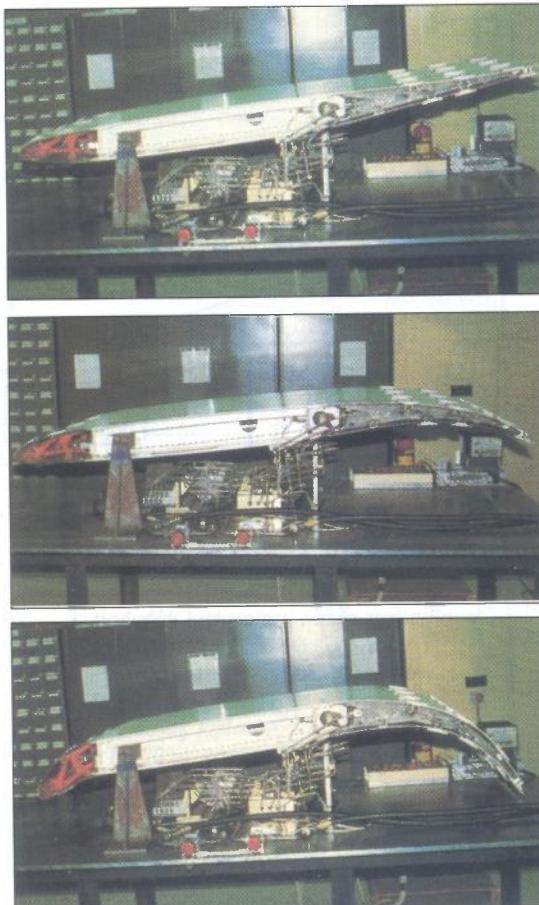
Promjenu profila je moguće izvršiti u vrlo kratkom vremenu: napadnom rubu krila se mogao promjeniti nagib za $15^\circ/\text{sec}$, dok je za sekcije izlaznog ruba ova promjena bila još i veća te iznosi $30^\circ/\text{sec}$.



Napadne i izlazne ivice krila mogu se otklanjati za 15° (napadna ivica) i za 40° (izlazna ivica)

40°/sec. Ovako velike brzine promjene omogućava kvalitetan sustav za prijenos koji se sastoji od rotacijskih aktuatora reduktora (proizvodnje kompanije Garrett AiResearch), prvotno izrađenih za primjenu na McDonell Douglas F/A-18 Hornetu, koji prenose gibanje rotacijskog sustava (brzina okretanja je 10.000 okretaja u minuti). Cijeli sustav posjeduje dodatno osiguranje u vidu hidrauličkih akumulatora koji u trenutcima kada je to potrebno daju

Model presjeka MAW krila s mogućim profilima



potreban pritisak u sustavu. Visok stupanj sigurnosti osiguravaju zasebni aktuatori sklopovi u svakom od okretnih segmenata s neovisnim rotacijskim sustavima. Svaki od ovih sustava posjeduje vlastiti par hidrauličkih motora velike brzine koji osiguravaju gore spomenutu brzinu okretanja. Uzmemo li u obzir postojanje osam neovisnih okretnih dijelova krila tada postaje jasan stupanj složenosti konstrukcije ovog krila, pogotovo ako kao otežavajući faktor imamo potrebu za superkritičnošću aeroprofila.

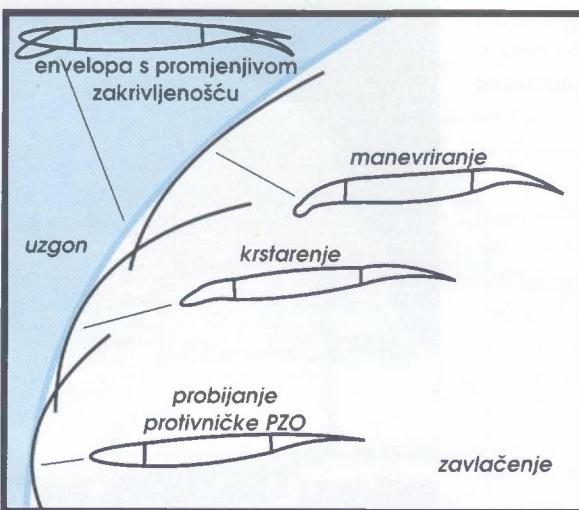
Posebnu zanimljivost predstavlja sam vrh krila koj je također prilagodljiv tj. njegova zakrivljenost se mijena u skladu sa zakrivljenošću napadnog i izlaznog ruba krila. Da bi se ovo postiglo, moralo se pristupiti da tada nikada korištenim konstrukcijskim zahvatima na ovom u odnosu na cjelinu malom, ali vrlo bitnom dijelu uzgonskih površina. Pomicanje tj. promjena nagiba izvedena je pomoću dviju ploča koje su spojene u tzv. "škarasti" spoj na koji je čvrsto vezan vršni dio izведен od elastičnog materijala. Ovakva izvedba je bila neophodna kako bi se smanjila mogućnost nastajanja turbulentacija pri vrhovima koje značajno umanjuju učinkovitost zapovjednih površina, a bitno opterećuju krilo.

Ovakav složeni mehanički sustav za ispravno djelovanje zahtijeva pouzdan, ali isto tako komplikiran sustav za nadzor i upravljanje. U svrhu ostvarivanja zalihosti upravljačkih informacija, svaki hidraulički motor iz pojedinog para je spojen na zasebno računalo za nadzor leta. Cijelim sustavom se upravljalo pomoću trokanalnog digitalnog sustava za kontrolu leta, koji sadrži dva digitalna računala, a kao osiguranje na zrakoplovu postojala još i dodatna dva analogna računala koja

preuzimaju kontrolu nad zrakoplovom u slučaju otazivanja primarnog sustava. Analogni sustav može korigirati isključivo nestabilnosti oko uzdužne osi zrakoplova.

Zrakoplov F-111 sposoban je letjeti brzinama sa $M=2+$, pri kojima je zagrijavanje površine zbog otpora zraka već prilično. Ovo je bio dovoljan razlog za iznalaženje načina obrade kompozitnih tvoriva sa manjim udjelom karbonskih i većim udjelom staklenih vlakana, koja bi bila sposobna izdržati uz mehanička i termička opterećenja koja se javljaju tijekom leta tako velikim brzinama. Proveden je postupak toplinske obrade na temperaturi 200°C , nakon čega je postignuta potrebna razina termičke otpornosti. Ovaj tip tvoriva je odabran zbog pogodnog faktora elastičnosti i do šest puta dužeg životnog vijeka od bilo kojeg klasičnog metalnog tvoriva koje se primjenjuje u konstrukciji zrakoplova.

Oblikovanje krila je rezultiralo glatkom površinom, bez ikakvih izbočina koje bi mogle narušavati aerodinamičku čistoću profila. To je još jedan od čimbenika kojima je osiguran laminearan odnosno kvazilaminaran tok fluida oko profila pri podzvučnim odnosno nižim nadzvučnim brzinama respektabilno. Neravnine i izbočine na krilima modernih borbenih zrakoplova povećavaju silu zavlačenja (drag) do 30 posto u odnosu na isti model letjelice s aerodinamički čistim profilom krila.



Variranje profila MAW krila na AFTI F-111
ovisno o režimu leta

Letna ispitivanja

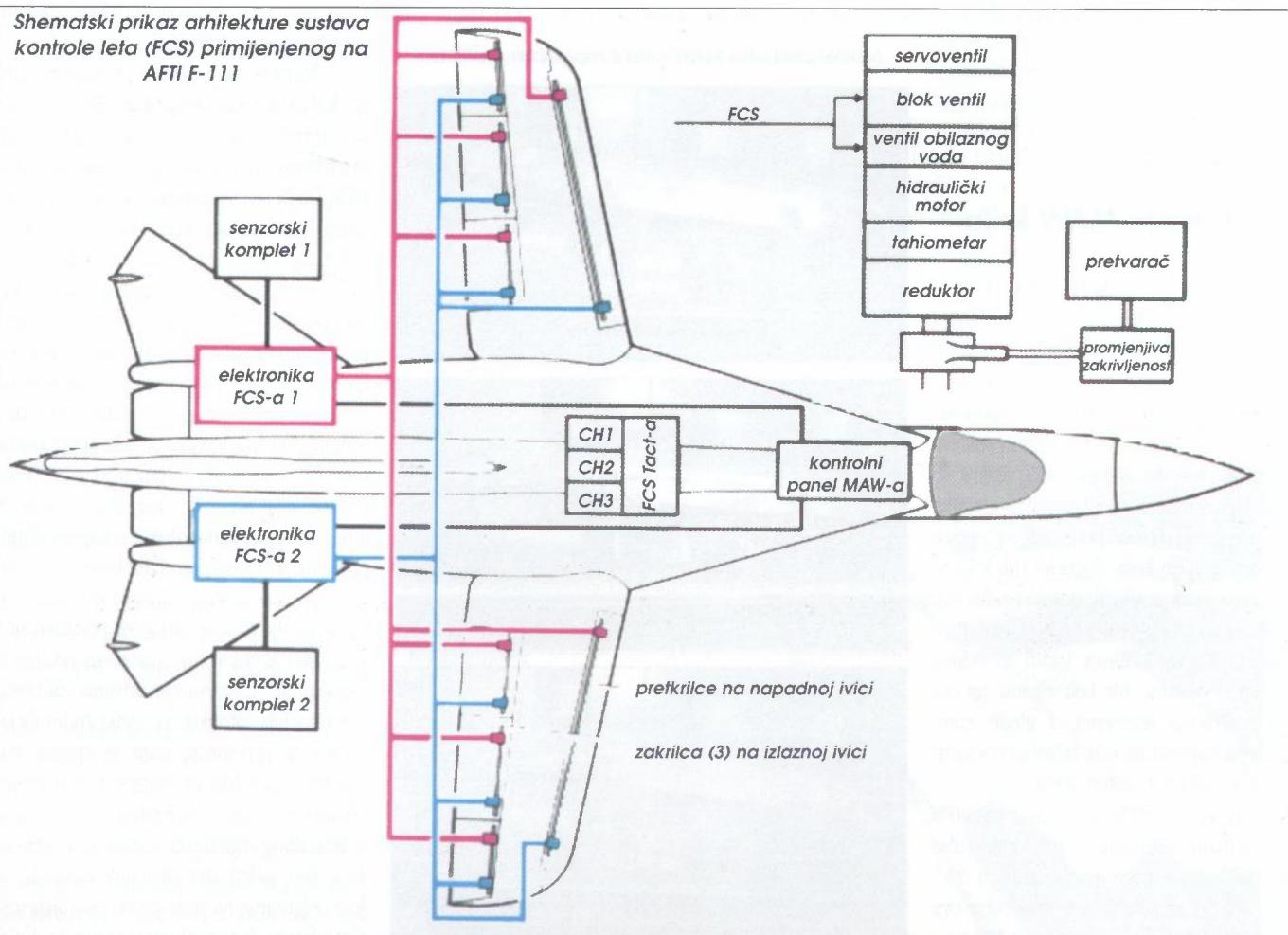
Potkraj 1985. i početkom 1986. godine AFTI MAW je ušao u prvu seriju letnih testova pri kojima je promatrano ponašanje krila u normalnim letnim uvjetima: prvi let izведен je 18. listopada 1985. godine (ispitni letni program potrajan je do kraja 1988. godine - radi provjere koncepta izvedeno je 59 letova u ukupnom trajanju od 143 sata). U svrhu sakupljanja podataka desno krilo je bilo opremljeno pretvornicima tlaka, dok su u lijevom bili ugrađeni mjerači naprezanja. Tijekom ovih pokusa promjenama

profilu krila se upravljalo ručno, kako bi se i pri sigurnim režimima leta postigle kritične vrijednosti opterećenja i naprezanja (krilom je ručno upravljao drugi pilot). U izvedbi mehanizma posebna pozornost se pokazivala prema ostvarivanju programa ispitivanja ponašanja krila u letu. Da bi se omogućila sva neophodna mjerena, u njega su ugrađeni konstrukcijski elementi koji omogućavaju učvršćivanje pojedinih pomicnih dijelova u različitim konfiguracijama otkloni, s ciljem osiguravanja potpunog seta podataka. Ovako sveobuhvanji mjerni sustav

pretvorio je ovaj eksperimentalni zrakoplov, u biti, u leteći zračni tunel.

Uz ručno podešavanje MAW-a, bila je predviđena ugradnja automatskog sustava, koji bi ovisno o konfiguraciji leta odabirao jedan od četiri moguća osnovna moda rada krila: **zakrivljenošć pri krstarenju** (cruise camber) - koji osigurava maksimalan odnos uzgona i sile zavlačenja (**lift-to-drag ratio, L/D**), a ostvaruje se promjenom zakrivljenosti napadnog i izlaznog ruba krila do iznosa kada više ne postoji promjena brzine. U ovom modu rada krilo će se prilagođava u intervalima od po pet sekundi

Shematski prikaz arhitekture sustava kontrole leta (FCS) primjenjenog na AFTI F-111



tj. nakon prve promjene slijedi mjerjenje brzine leta, a tada u intervalu od pet sekundi slijedi nova promjena geometrije. Ukoliko ona rezultira povećanjem brzine, cijeli se ciklus ponavlja, a u obratnom slučaju se nakon navedenog vremenskog intervala krilo vraća u prethodni položaj. Drugi mod rada je **zakrivljenost pri maneviranju** (manoeuvre camber) u kojem se krilo prilagođava za najveći odnos uzgona i zavlačenja, ali tijekom maneviranja. Ovo rezultira dužim vremenom koje zrakoplov može provesti u zaokretu bez gubitka brzine. Pri ovom načinu rada promjene su moguće i do 50 puta u sekundi. **Kontrola opterećenja u manevru** (manoeuvre load control), tj. treći mod, postaje djelatna u trenucima kada zrakoplov dostigne maksimum g opterećenja (4.0 g za AFTI F-111 zbog ograničenja konstrukcije Tact krilne kutije u odnosu na 7.0 g kod serijskih zrakoplova). U tim trenucima se smanjuje zakrivljenost krila, što rezultira smanjenjem uzgonske sile, ali se ujedno smanjuje i opterećenje krila, čje se središte pomiče prema sredini. Ovime se reducira povijanje krila i omogućava dodatnih 0.5 g opterećenja pri manevru bez opasnosti od uvijanja krilnih površina. Zadnji mod rada je **povećanje manevrabilnosti/smanjivanje udara**. Namijenjen je trenutačnom povećavanju manevrabilnosti bez negativnih posljedica na stabilnost leta zrakoplova. Kod letjelica s konvencionalnim krilima povećanje g opterećenja u manevru automatski dovodi do smanjivanja brzine i gubitka visine, koji nastaju kao posljedica smanjivanja uzgona. Opterećenje repnih površina u tim trenucima mora biti negativno kako bi se ostvario zaokret, ali se time smanjuje ravnoteža zrakoplova. Ovaj mod rada bi u tim trenucima povećavao zakrivljenost krila kako bi se sila uzgona održala na stalnoj vrijednosti.

Ona što nam ova četiri moda rada zapravo pokazuju je da se može ostvariti zrakoplovno krilo koje će omogućavati brži ulazak u manevr te bolje ponašanje zrakoplova pri manevriranju.

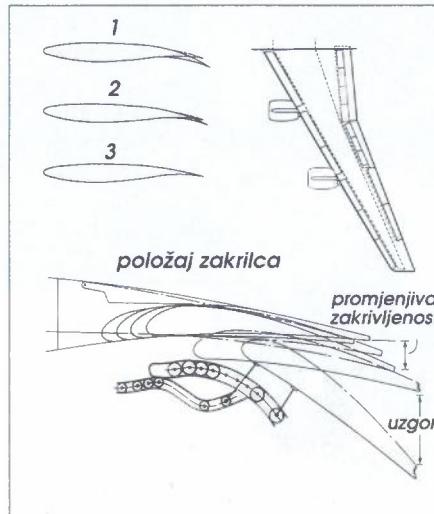
Mogućnost primjene MAW-a

Taj koncept potpuno je primjenjiv u svim poljima zrakoplovstva. Do sada je razmatran samo zrakoplov na kojem je eksperimentalno primijenjena MAW tehnologija AFTI F-111, ali u svijetu je vođeno još nekoliko projekata koji su se pokušali koristiti sličnim tehnološkim rješenjima. Jedan od njih pokazuje potpunu primjenjivost ovog koncepta i na putničko-transportne zrakoplove, a proistekao je od trenutno jednog od najjačih proizvođača putničkih zrakoplova na svijetu, europskog konzorcija Airbus, u prijedlogu zrakoplova **A330/A340**. Razlog za primjenu VCW koncepta je ovdje različit u odnosu na striktno borbene zrakoplove, ali baš zbog toga se dobro vidi njegova univerzalnost i isplativost.



Umjetnički prikaz mogućeg izgleda F-111 s MAW krilom u upotrebi

Konvencionalno krilo nepromjenjive geometrije optimizirano je za samo jedan Machov broj i koeficijent uzgona CL te zbog toga postoje gubitci kada se režim rada udaljava od dane kombinacije M/CL. Krilo promjenjive zakrivljenosti omogućava jednaku učinkovitost pri raznim vrijednostima ovih dvaju čimbenika ujedno smanjujući L/D odnos. Poteba za VCW krilom kod ovako velikih zrakoplova proizlazi iz velike promjene mase letjelice tijekom prelete od nekoliko tisuća kilometara. Sa smanjenjem mase se smanjuje i potrebna sila uzgona. Kada bi se primijenilo konvencionalno krilo na



Prijedlog upotrebe MAW-a na putničkim zrakoplovima Airbus A330/A340

1. početak krstarenja: masa zrakoplova 226 t, zahtijevani CL 0-6
2. srednja faza krstarenja: masa zrakoplova 192 t (-15%), zahtijevani CL 0-5
3. završetak krstarenja: masa zrakoplova 158 t (-30%), zahtijevani CL 0-4

početku bi se nos zrakoplova podizao prema gore u odnosu na središte mase zrakoplova inducirajući tako velik otpor, a let bi završio sa nosom prema dolje, čime bi se značajno smanjio

faktor uzgona CL. Djelovanje VCW-a bi se kod ovog, ali i sličnih tipova zrakoplova ostvarivalo tzv. Fowler djelovanjem, kada zakrilca pojačavaju uzgonsku silu relativnim povećanjem djelatne površine. Ujedno se ovim postupkom bitno umanjuje nastanak udarnih valova i odvajanje toka fluida od površine krila. Konkretno gledano, ovom tehnologijom se poboljšava odnos L/D prema CL faktoru za oko 3 posto u korist VCW krila, uz podjednako smanjivanje utroška goriva (tj. zrakoplov sa VCW krilom troši oko 3 posto manje goriva od letjelice jednakih protežnosti, mase i pogonske sile koja je temeljena na konvencionalnom krilu). Ovaj prijedlog na kraju nije usvojen kod A330/A340, međutim to je jasni prikaz daljeg razvoja do kojeg će doći u budućnosti.

Pogledamo li ovo u svjetlu stalnog smanjivanja zaliha fosilnih goriva koncepcija krila promjenjive geometrije mogla bi postati relativno široko primjenjivana u godinama koje dolaze. Ona predstavlja jedan od većih tehnoloških probaša koji su ostvareni na poboljšanju zapravo postojećih tehnologija, te je zbog relativne jednostavnosti izvedbe vjerojatnija u primjeni nego neke možda spektakularnije tehnološke novosti kojima se nastoji privući pažnju svjetske javnosti.

Literatura:

- 1) Flight International 13/12/1986.: Airbus plans adaptive A330/A340 wing
- 2) Flight International 10/8/1985. : Mission adaptive wing
- 3) Arnold M. Kueth, Chuen-Yen Chow: Foundation of Aerodynamics - Bases of Aerodynamic Design; Wiley, 1986.
- 4) Arthur Peacey: Flying the Frontiers - NACA and NASA Experimental Aircraft; Airlife Publishing, 1993.
- 5) Mike Spick: Designed for Kill; Airlife Publishing, London 1994.

POKAZIVAČI NA KACIGI

Pokazivači na kacigi (HMD - Helmet Mounted Display) obećavaju revoluciju u upravljanju borbenim zrakoplovima, pružajući pilotu vitalne informacije o brzini, smjeru i parametrima ciljanja, bez obzira kako je zrakoplov usmjeren i kamo pilot gleda



Svaki pilot suvremenih borbenih zrakoplova dobro poznaje klasičnu frustrirajuću situaciju u zračnoj borbi: uočava neprijateljski zrakoplov postrance od smjera leta, posjeduje protuzrakoplovni projektil sposoban da manevrir s ubrzanjem od $35g$ ($9.81 m/s^2$), ali da bi ga ispalio na cilj mora svoj zrakoplov okrenuti u smjeru cilja s frustrirajuće sporih $9g$. U situaciji u kojoj "onaj tko puca prvi preživjava", sposobnost da se lansira projektil zrak-zrak na protivnika, a da se pritom zrakoplov ne mora okrenuti u

smjeru cilja postaje odlučujuća. Korištenje pilotove doglednice (tj. smjera gledanja) za usmjeravanje zrakoplovnih sustava prema cilju, a time i brže ofenzivno djelovanje samo su jedna od prednosti ciljničkih sustava na kacigi.

U ovom tremutku jednostavne **ciljničke sustave na kacigama (HMS - Helmet-Mounted Sight)** koristi nekoliko vojnih zrakoplovstava u različitim zemljama, dok su mnogo složeniji pokazivački sustavi na kacigi praktički spremni za uvođenje u naoružanje.

Prvi HMD su bile nezgrapne naprave koje su više prijetile da pri naglim manevrima pilotu slome vrat no što su mu davale stvarnu prednost u borbi. Ali napredak u tehnologiji stvaranja slike, dizajnu kacige i optičkih puteva doveli su konačno do stvarno učinkovitih i prihvatljivih sustava pokazivača na kacigi. i integracije sustava HMD/HMS.

Jedna od temeljnih prednosti HMS je sposobnost da obilježi cilj dok je on još izvan vidnog polja tragača projektila. Projektil se zatim putem računala za upravljanje paljbom i ciljanje može programirati da se odmah nakon lansiranja okreće u smjer cilja i veže za njega. Koristeći sustav inercijalne navigacije (INS) zrakoplova, pilot ili posada također mogu obilježiti i ciljeve za vođene projektile zrak-površina, koji se nalaze po strani od smjera leta. S druge strane, koristeći simbole obilježenog cilja pilotu se može pokazati na koji se cilj radar i/ili projektil usmjerio (vezao).

Jednostavni ciljnički sustavi na kacigi koji su pružali minimalne simbolički prikazane informacije i bili povezani s tragačem projektila ili radarem, pojavili su se u naoružanju raznih oružanih snaga još početkom osamdesetih godina. Prve zračne snage koje su koristile HMS u borbi bio je **SAAF**

Dubravko RISOVIĆ

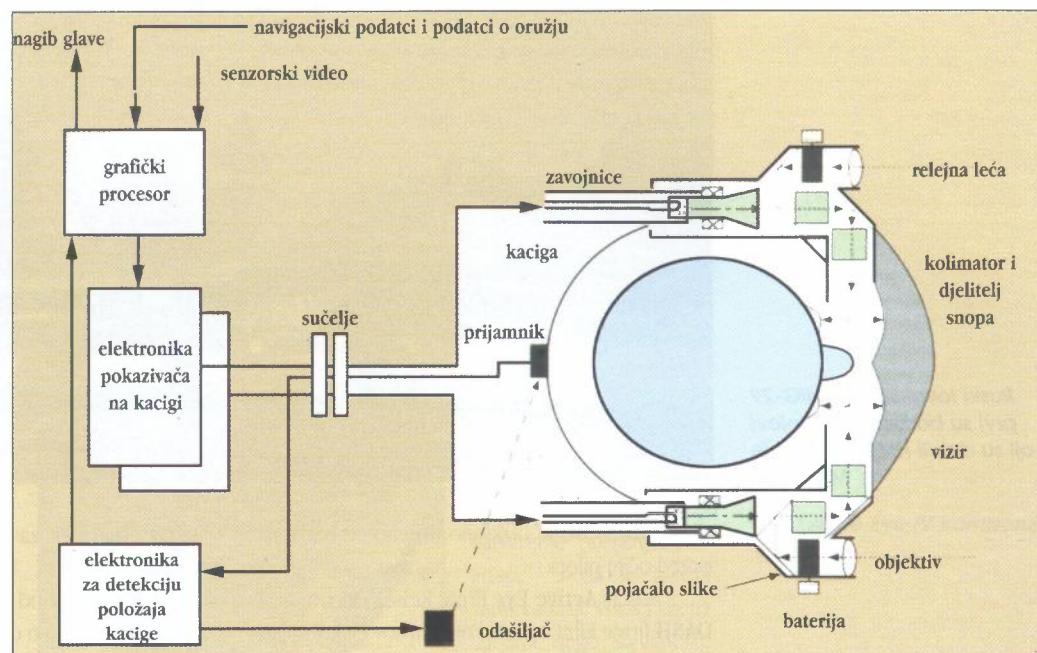
(South African Air Force, Južnoafričke zračne snage). U borbama iznad Angole korišteni su ciljnički sustavi na kacigi Kentron Kukri Helmet Sight, no bez rezultata. U novije su vrijeme i Rusija i Izrael (koji upravo uvodi u naoružanje 200 primjeraka sustava Elbit DASH HMD) uveli u opremu eskadrila ciljničke sustave na kacigi. I SAD i zapadnoeuropejske zemlje su razvile slične pa čak i naprednije HMD i HMS sustave, ali se s njihovim uvođenjem u naoružanje nije brzalo. Razlozi za to odgovarajuće su bili visoka cijena u odnosu na procijenjenu korisnost odnosno učinkovitost te medicinski sigurnosni razlozi. No odnedavna su dva čimbenika promjenila tempo rada na HMD problematiki na Zapadu. Prvo: rezultati programa ispitivanja postojećih zapadnih ali i ruskih HMD i HMS u letu, provedeni u Njemačkoj, Francuskoj, Engleskoj i SAD pokazali su da se korištenjem projektila povezanog sa sustavom za prikazivanje cilja i usmjeravanje na kacigu doista ostvaruje znatna borbena prednost.

Druge: prevladalo je uvjerenje da će se takve kacige, kombinirane s projektilskim tragačima za traženje cilja u širokom vidnom polju, tj. izvan pravca leta (HOBS - high off-boresight seeker), poput **Vympel R-73**, uskoro pojavit na globalnom vojnem tržištu. U takvoj situaciji zemlje članice NATO ne samo da žele sudjelovati na tom tržištu i zauzeti jedan dio, nego su i suočene s činjenicom da se uskoro mogu naći u situaciji da se sukobe s protivnikom koji raspolaže takvom tehnologijom. Takvo poimanje stvari rezultiralo je pojačanim istraživačko-razvojnim aktivnostima u kojima, osim spomenutih firmi, u razvoju sustava HMS/HMD aktivno sudjeluju i Kaiser Electronics, ELOP/Bendix, GEC Avionics, Honeywell, Thomson-CSF, AEG i Ferranti.

Sustav HMD/HMS

Sustav HMD/HMS se sastoji iz kacige, optičkog sustava za prikazivanje simbola, sustava za određivanje položaja kacige u odnosu na pilotsku kabину, koji se sastoji od dijela na kacigi i senzora u kabini, te računala s odgovarajućom programskom potporom. Odgovarajuće napajanje može biti na kacigi ili izvan nje, a osim niskonaponskog dijela sadržava i visokonaponski dio za napajanje katodnih cijevi (CRT).

Shematski prikaz tipičnih elemenata HMD sustava s integriranim izvorima slike prikazani su



Shematski prikaz tipičnog HMD-a s integriranim izvorom slike

na slici priloženoj uz tekst. Podaci o položaju glave/kacige se prenose u računalo gdje se izračunavaju kutevi odnosno smjer gledanja pilota. Ti se podatci kombiniraju s navigacijskim podatcima i podatcima vezanim uz sustav oružja i preko grafičkog procesora predstavljaju u vidu jednostavnih simbola na CRT. Ove se slike iz dva CRT (radi stereoskopskog dojma) preko relejne optike i kolimatorskog sustava, a preko djelitelja snopa, precizno superponiraju na sliku vanjskog svijeta. Uloga kolimatorskog sustava se sastoji u tome da se slika, koja se nalazi na CRT tj. blizu pilotovih očiju, prikaže mnogo udaljenijom (u "beskonačnosti"), kako ne bi bilo problema u fokusiranju očiju kada se ta slika preklopi sa slikom stvarnog svijeta koja je mnogo dalje od očiju a na koju je pilot fokusiran. U uvjetima slabije osvjetljenosti (sumrak) koriste se slike realnog svijeta dobivene dvijema kamerama s pojačalima slike. Slika scene se u tom slučaju putem djelitelja snopa superponira na simboliku izkazanu na CRT. Na isti se način kombinira i slika FLIR-a.

Jezgru HMD ili HMS sustava čini sustav za određivanje položaja kacige. Ovaj sustav može koristiti elektromagnetske, elektrooptičke ili akustičke senzore koji pribavljaju podatke za prateće računalo koje izračunava položaj kacige i njen položaj u odnosu na kabinu zrakoplova. Na signal pilota koji obilježava cilj, ovaj se položaj prenosi u glavno računalo za kontrolu paljbe, odnosno naoružanja.

Većina postojećih, kao i sustava u razvoju, koristi elektromagnetski način određivanja položaja. Mali odašiljač na vrhu pilotske kabine generira troosno magnetsko polje. Senzori na kacigi detektiraju ta magnetska polja, a njihova relativna jakost na mjestu kacige ovisi o njenom položaju u prostoru. Iz tih podataka računalo izračunava položaj kacige. Da bi sustav učinkovito funkcionirao, pilot mora u trenutku obilježavanja cilja gledati ravno pred sebe i pratiti cilj ne očima već pokretom



Ruski lovci Su-27 i MiG-29
pri su borbeni zrakoplovi
koji su dobili HMD (na slici je
MiG-29A)

cijele glave. Ovo je olakšano posebnom optikom ispred očiju pilota.

Sustav **Active Eye** firme Keiser Electronics i **DASH** firme Elbit koriste Polhemusov elektromagnetski sustav za određivanje položaja. Polhemus Navigation Sciences je originalno bila firma u sastavu kompanije McDonnell Douglas, ali je 1988. godine prodana Kaiser Electronicsu. S druge strane Ferranti i Honeywell koriste magnetske sisteme vlastite izrade, dok AEG u svome HMS/LOS sustavu koristi ultrazvučni sustav za određivanje položaja kacige.

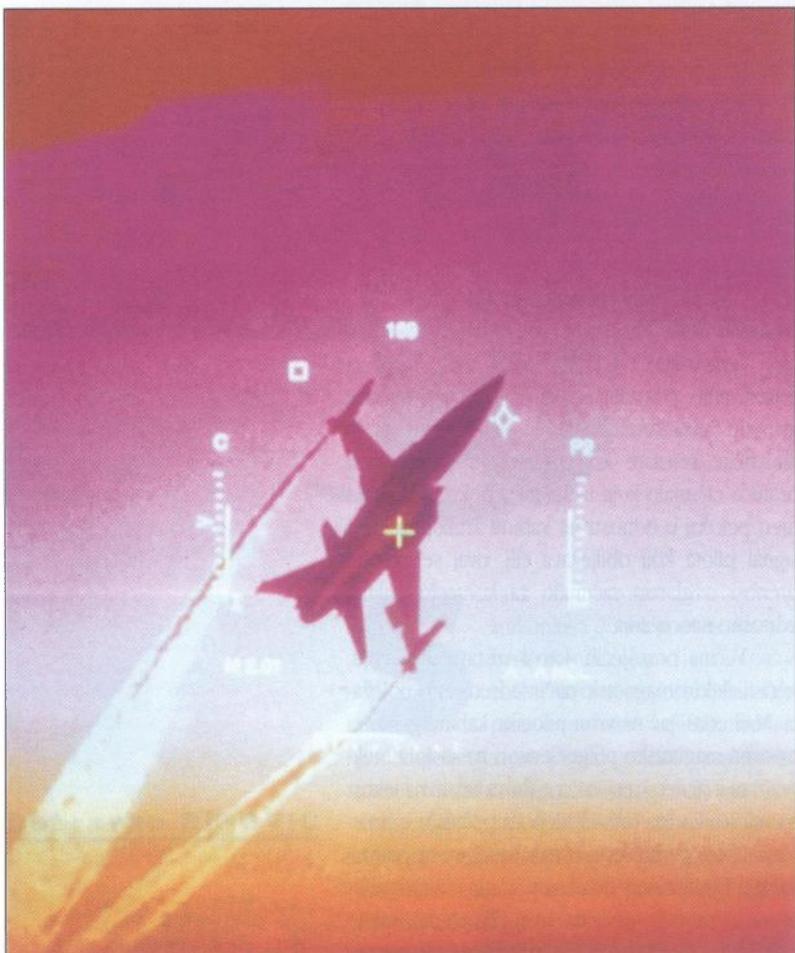
Točnost određivanja položaja kacige s elektromagnetskim sustavom se kreće od 0.250-10, što je dovoljno točno za (početno) usmjeravanje projektila, ali je nedovoljno točno za topovsku paljbu

u zračnoj borbi ili za gadanje ciljeva na zemlji s klasičnim oružjem bez vođenja (greška u određivanju smjera od 0.50 rezultira odstupanjem od 9 m na udaljenosti od 1000 m). Zbog toga GEC razmatra alternativne načine pozicioniranja. Izraelska kompanija ELOP, koja radi sustav **HADAS** (Helmet Airborne Display and Sights) koristi posve drugačiji pristup: za određivanje položaja kacige koristi se mala CCD kamera, koja s frekvencijom od 50Hz snima, odnosno mjeri položaj kacige. ELOP tvrdi da je na ovaj način postignuta točnost određivanja položaja kacige od 2 mrad (0.10) što je dovoljno precizno i za topovsku paljbu. Na tragu ovog uspjeha ELOP i Bendix su se udružili da za potrebe nekoliko američkih programa razviju sustav **HITADS** (Helmet Integrated Tracking and Display System).

Problem težine

Drugi bitni problem predstavlja ukupna težina kacige i cijelog sustava. Standardne borbene pilotske kacige imaju težinu između 1.5-1.8 kg, i veće težine su teško prihvatljive, jer predstavljaju rizik pri naglim manevrima zrakoplova (npr. s 8 g) ili izbacivanju pilota iz kabine. Naime, njihov moment, koji se javlja u tim situacijama, može povrijediti ili čak slomiti pilotov vrat. Da bi se to izbjeglo pri konstrukciji kacige treba voditi računa o relativnim položajima težišta glave i kacige. Težište ljudske glave je oko 7.5 cm iza očiju i oko 1.25 cm niže, i s tom bi se točkom trebalo poklapati i težište kacige ukoliko se ne želi javljanje jakih zakretnih momenta koji mogu povrijediti pilota pri manevriranju zrakoplova. Pritom kaciga mora zadržati i sve svoje ostale funkcije. Kompenzacija povećanja težine uslijed dodavanja HMD/HMS sustava (optike, CRT, kablova i napajanja) zahtijeva upotrebu novih laganijih ili kompozitnih tvoriva za konstrukciju kacige kako bi se ukupna težina održala na prihvatljivoj razini. Primjerice standardna pilotska kaciga američke mornarice teži 1.7 kg, a cilj je da se težina kompletne kacige s HMD i sustavom za noćno gledanje zadrži na 1.94 kg.

U tom se kontekstu javila i ideja da se CRT ne smjesti na kacigu nego u kabinu, a da se slika



dovodi do kacige s koherentnim fiberoptičkim kablom. Smještanje CRT na kacigu ili u kabinu s dovođenjem slike do kacige s koherentnim fiberoptičkim kablom je djelimice pitanje težine, ali također i pitanje odmicanja visokog napona (7-10 kV), potrebnog za pogon CRT od pilotove glave. Potonji pristup (vođenje slike od CRT do kacige putem koherentnog fiberoptičkog kabla) koristi samo ELOP, dok druge firme smatraju da su problemi vezani s rješenjem spajanja i odspajanja fiberoptičkog kabla prezahhtjevni. Također postoje i razlike u veličini korištenog CRT: Keiser koristi 1/2 inčne CRT, dok u GEC smatraju da je 1 inčni CRT nužan zbog razlučivanja.

Značajne razlike postoje i u pogledu veličine trenutačnog vidnog polja potrebnog za sustav HMD/HMS. Tako primjerice HMD sustav za zrakoplov Rafale, tvrtke Thomson CSF, ima trenutno vidno polje od 200, Elbit Dash 150, a Kaiserovi rani modeli samo 120. ELOP, GEC i Honeywell smatraju da potrebno trenutačno vidno polje iznosi barem 300 kako bi se mogli pregledno prikazati svi potrebni simboli i FLIR video.

Tehnološki zahtjevi

Glavni tehnološki zahtjevi HMD mogu se svrstati u četiri kategorije:

- stvaranje i obrada slike
- optika
- sustav za praćenje položaja kacige
- ergonomija kacige

Unatrag nekoliko godina u svakoj od ovih kategorija učinjen je golem napredak, koji je kulminirao ispitivanjem nekoliko različitih prototipova, kako jednostavnih monokularnih sustava za dnevnu uporabu jednostavnom crtičnim simbolima, tako i složenih binokularnih sustava s crtičnim i raster simbolima i vidnim poljem od 400. No još uvijek su, kako industrija tako i odgovarajući vladini krugovi odnosno institucije, poput primjerice britanske DRA (Defence Research Agency), skeptični u pogledu zrelosti HMD za uvođenje u naoružanje. Jedan od glavnih razloga je taj da izvor napajanja, izvori slike i optički sustav opterećuju kacigu, te njena težina postaje tolika da naprezanja na pilotovom vratu postaju kritična za vrijeme naglih manevra ili izbacivanja. Neki se od ovih problema mogu riješiti smanjenjem izvora slike i boljim intrinzičnim uravnoteženjem kacige, no još uvijek preostaju ozbiljni problemi povezani s položajem težišta, u odnosu na oštре sigurnosne zahtjeve koje postavljaju američko i britansko zrakoplovstvo (USAF i RAF).

Druge područje koje zahtijeva posebnu pažnju je ergonomija: treba izabrati i ostvariti optimalan način pokazivanja simbola i slike rastera a da se pritom ne dezorientira pilot i/ili ograniči njegovo normalno gledanje. U britanskoj agenciji DRA drže da kod HMD još uvijek nije provedeno dovoljno ispitivanja sučelja čovjek/stroj, i da je u razvoju, barem do sada, žrtvovan sigurnosni aspekt na račun performansi ili obrnuto, te da

optimalno rješenje koje bi zadovoljilo oba aspekta još nije nađeno. No neki se proizvođači s tim ne slažu, primjerice u GEC-Marconi Avionics drže da je "tekuća tehnologija adekvatna za ostvarenje postavljene zadaće", a da je glavna zapreka prije visoka cijena sustava nego sigurnosni aspekt. Monokularne kacige za (samo) dnevnu upotrebu su po svojim težinama unutar sigurnos-

nih granica (GMAv Viper HMD teži bez maske za kisik 1.72 kg), a binokularni Viper II HMD sustav je još lakši (1.6 kg bez maske) a ima vidno polje od 400.

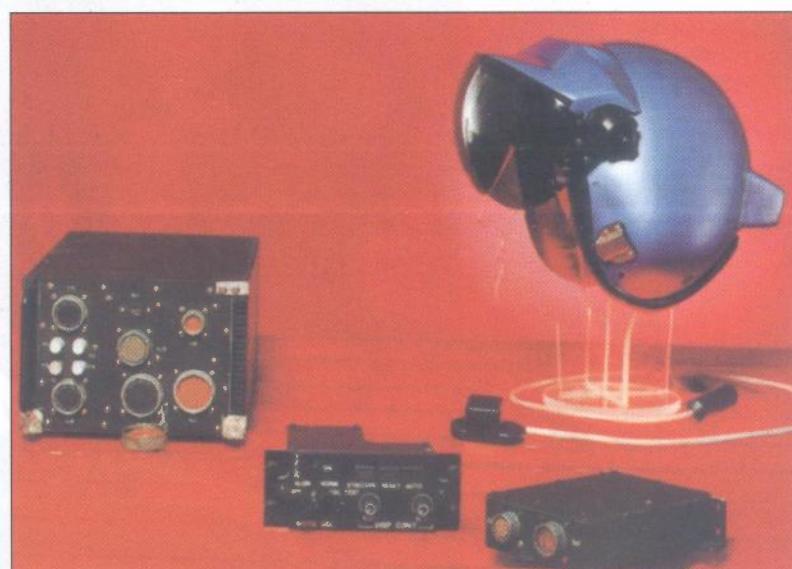
Značajna redukcija u težini HMD sustava postignuta je i u Francuskoj, gdje je Intertechnique kojem je Sextant Avionique povjerio razvoj Topsight HMD za zrakoplov Rafale, postigao da njihov Topsight sustav zajedno s maskom teži 1.6 kg, čak 0.2 kg manje od standardne kacige (bez maske) zrakoplova Mirage. I ovdje drže da atributi proizvodnje HMD ovise primarno o cijeni. Naočale za noćno gledanje i HUD FLIR su za sada dostatni za noćne misije, a urgentna je potreba za dnevnim ciljničkim sustavom na kacigi.

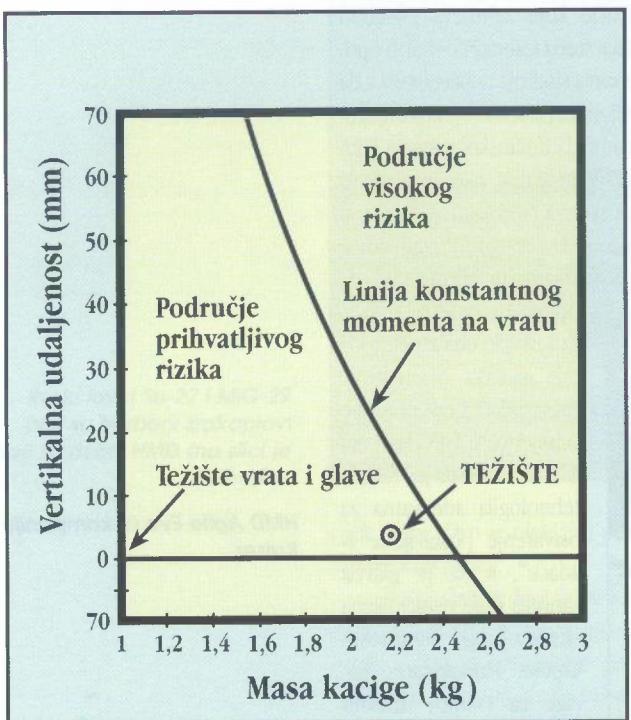
U SAD su zrakoplovstvo i mornarica formalni zajednički zahtjev za HMD sustav za F-15 i F/A-18 a utemeljen je i Združeni HMD ured koji rukovodi programom. Na taj se način proba donekle nadoknaditi relativno spori razvoj:

HMD Agile Eye IV kompanije Kaiser



Izraelski Elbit nudi HMS DASH (Display and Sight Helmet), koji koriste izraelske zračne snage





Sigurnosna krivulja povrede vrata: ovisnost vjerojatnosti povrede vrata pilota u ovisnosti o težini kacige i razmaku težišta kacige i glave pilota

končanicom za traženje i upravljanje kakav primjerice imaju ruski zrakoplovi (Su-27, MiG-29). Drugi razlog leži u problemima tehnološke prirode. Primjerice, pokazalo se da je razvoj malih ali pouzdanih CRT (Cathode Ray Tube- katodna cijev) daleko teži no što se to očekivalo. Ako je redukcija u težini važan cilj, tada je minijaturizacija ključ za ostvarenje učinkovitog HMD. Gledajući u budućnost u srednjoročnom razdoblju tvorba slike ovisi o malim CRT dobrog razlučivanja, koji će omogućiti kvalitetan prikaz. Ostvareni progres na tom polju je dobar: razvijeni su CRT promjera 12 mm a boja je ostvarena dodavanjem sekvencijskog RGB filtera ispred CRT. Nedostatak klasičnih CRT koji predstavlja potreba za visokim naponom (i s time skopčanim povećanjem težine), nastoji se nadvladati razvojem prikazivača s aktivnom matri-

HMD Topsight, namijenjen za opremanje lovaca Rafale, ima integralni sustav za opskrbu kisikom



com tekućeg kristala (AMLCD) i elektroluminiscentnih pokazivača s aktivnom matricom (AMEL). Ovi plosnati izvori nude veliku sjajnost, dobro definirane boje uz rad na niskom naponu, i nesumnjivo predstavljaju budućnost u HMD stvaranju slike. Za sada su problem relativna robustnost i visoka cijena. Očekuje se da će u budućnosti integracija AMLCD ili AMEL generatora s minijaturnim pojačalima slike, CCD kamerama s visokom osjetljivošću (low light level CCD) ili FLIR senzorima izvan kacige omogućiti HMD sinkroniziran sa zbivanjima u stvarnom svijetu, sposoban za noćne napadaje na ciljeve u zraku i na tlu. Za sada ostvarivanje ovakvih performansi zahtijeva preveliku težinu. Razvoj se u naznačenim smjerovima odvija kako na razini vlade (uglavnom preko ARPA) tako i u industriji (Honeywell, Plašar Systems).

Visoka je sjajnost sustava nužna zbog složenog optičkog puta u HMD, bez obzira pokazuje li se slika na kombinirajućem okularu ili na samom viziru kacige. Na putu od izvora slike do pokazivača degradira se i svjetlina i razlučivanje. Čak i najbolji HMD s vidnim poljem od 400 imaju razlučivanje koje je tek 40-50 posto razlučivanja ljudskog oka. Bolja oštRNA odnosno razlučivanje, blisko onom ljudskog oka, može se postići tek na suženom vidnom polju od oko 200. Pritom naravno suženo vidno polje ograničava pilotu pregled nad situacijom i posljedično zahtijeva puno više pokretanja glave odnosno duže vrijeme za otkrivanje i prepoznavanje cilja, tj. orientaciju.

Nadalje, projiciranje FLIR slike na vizir rezultira smanjenjem vidljivosti vanjskog svijeta. Naime za projekciju slike potreban je na viziru tankofilmski nanos (niz dielektričnih slojeva raznih optičkih svojstava debljine ispod tisućinke milimetra), koji rezultira sa smanjenjem njegove svjetlosne propusnosti. Kvalitetni HMD imaju svjetlosnu propusnost od oko 70 posto (vanjska scena se doima kao da je gledana kroz sunčane naočale tj. zatamnjene).

Najveća svjetlosna propusnost (88 posto) ostvarena je kod GMA Viper HMD i to zahvaljujući ponajprije relativno jednostavnoj optici. Govoreći o optici važno je napomenuti jednu izuzetno važnu značajku, a to je tzv. veličina izlazne pupile. Pojednostavljeno govoreći to je veličina "prozorčića" ili "rupice" kroz koju pilot promatra pokazivač. Poželjno je da izlazna pupila bude što veća, budući da je to prostor unutar kojeg se mora nalaziti pilotova zjenica, da bi on mogao neprekidno promatrati sliku na pokazivaču. Veća izlazna pupila zahtijeva veću i složeniju optiku, tako da većina suvremenih HMD ima

izlaznu pupilu od oko 15 mm u promjeru. Ovakva veličina pupile dozvoljava da se slika može kontinuirano promatrati i pri udarima i vibracijama kacige (dakle relativnim pomacima u odnosu na pilotovo oko) koji se javljaju pri naglim manevrima. Pritom stabilizacija kacige kroz bolji dizajn i individualnu prilagodbu igra znatnu ulogu.

HMD ili HMS sustavi su nedjelotvorni bez sustava za praćenje položaja pilotove glave u odnosu na kabinu zrakoplova. Kao što smo vidjeli netočnosti reda veličine nekoliko stupnjeva mogu se tolerirati kod najjednostavnijih HMS, jer oni u suštini samo usmjeravaju tražilo projektila u općem smjeru cilja. S druge strane, topovska paljba ili FLIR koji se superponira na sliku realnog svijeta zahtijevaju točnost reda veličine miliradiana. Pozicioniranje položaja kacige elektromagnetskim sustavima omogućava veliku točnost, ali zahtijeva i preciznu elektromagnetsku "kartu" kabine, kako bi se identificirala sva elektromagnetska polja i osigurao dovoljno veliki prostor u kome se mogu precizno pratiti pokreti glave. Prema tome očito je da će HMD biti vezan uz određeni tip kabine zrakoplova što onemogućava njegovu jednostavnu integraciju u zrakoplov drugog tipa. Ovaj se problem probalo riješiti optičkim praćenjem. Kentronov sustav **Hermes HMD** za Atlas Cheetah uključuje dvije kamere od kojih je jedna iznad, a druga iza pilotove glave, dok je niz LED (Light Emitting Diode) raspoređen na kacigu i uokolo po kabini zrakoplova. Kamere prate relativni položaj ova dva sustava LED (kabina/kaciga) i iz toga se izračunava položaj glave. Sustav je imun na elektromagnetske smetnje, ali mu zato mogu smetati promjene razine osvjetljenja kao i blježenje. Protiv zasljepljenja se bori trenutačnim blokiranjem kamera u slučaju zasićenja, dok se ostale (sporije) svjetlosne smetnje filtriraju.

Drugi zajednički problem svim HMD sustavima je kašnjenje, koje je funkcija sustava za praćenje ali i procesne snage računalskog sustava. Kašnjenja zнатно variraju od sustava do sustava, ali učinak im je isti: prouzrokuju da prikaz "stoji" pa zatim "skoči" pri pokretanju pilotove glave.

Većina proizvođača se bori protiv te pojave povećanjem brzine obnavljanja slike HMD (obnavljanje s 200 Hz daje kašnjenje od samo 5 ms) uz uvodenje prediktivnih algoritama.

Daljnji razvoj

U budućnosti će HMD umjesto praćenja položaja glave koristiti sustave utemeljene na usmjerenju oka (**EPS - Eye Pointing System**), koji omogućavaju postizanje najveće moguće točnosti. Mogućnosti u odnosu na praćenje kacige su dvostrukе, a oko je pritom, za razliku od kacige,



Viper HMD kompanije GEC-Marconi Avionics

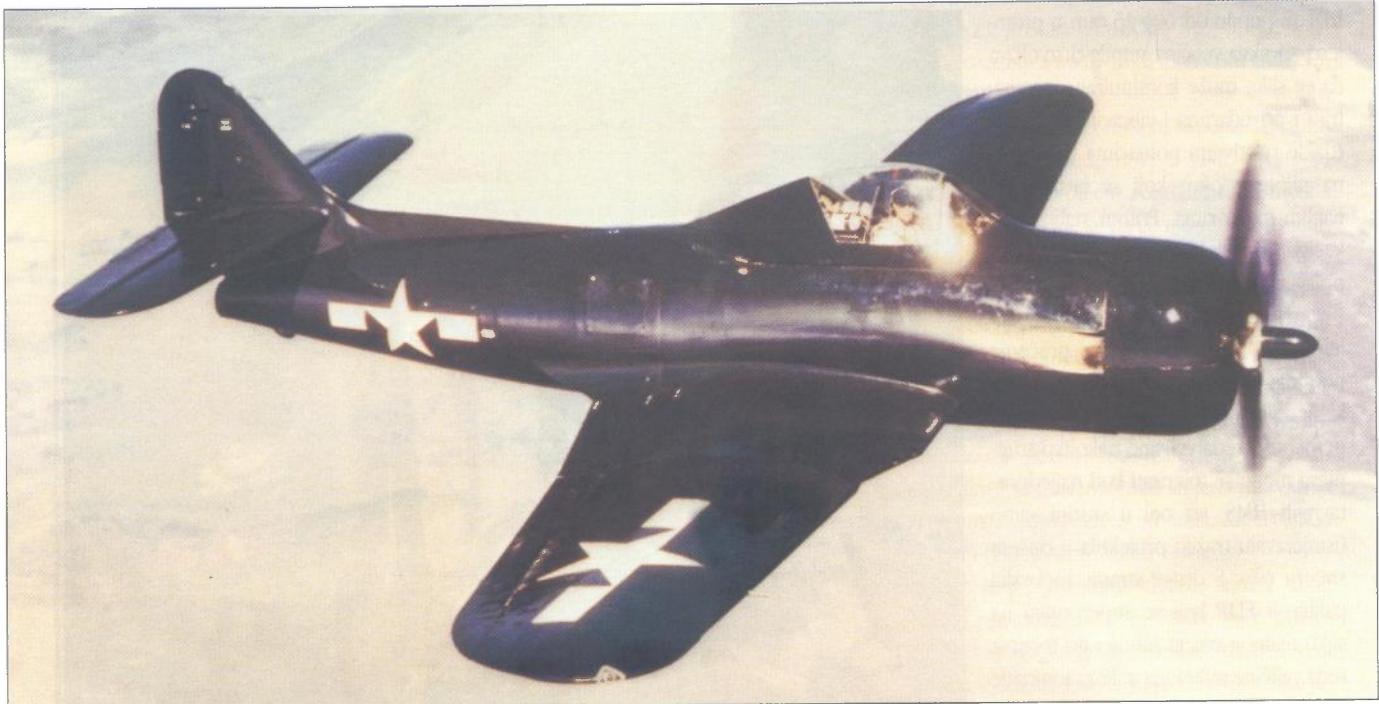
prirodno stabilizirano u odnosu na vanjske vibracije i trzaje. Za sada ovo načelo zahtijeva posebnu optiku ispred oka za mjerjenje položaja, no u budućnosti će se i to integrirati u postojeći optički put. Prototip takvog sustava ispitivan je u Velikoj Britaniji, a razvijen je od DRA u suradnji s GMV i King's College London (algoritmi). Nakon pokusnih letova započelo se je s programom EPIC (Eye Pointing in Combat) u kojem se simuliraju manevri zrakoplova s visokim ubrzanjima.

U zaključku možemo reći da se na sadašnjem stupnju razvoja može govoriti o ciljničkim sustavima na kacigu (HMS) i samo dnevnim (ili samo noćnim) prikazivačkim sustavima (HMD), dok su HMD s noćno/dnevnim mogućnostima stvar budućnosti. Pregledu postojećih sustava i daljnjim smjerovima razvoja posvetiti ćemo više pažnje u idućim brojevima Hrvatskog vojnika.

EZ

Kentron Hermes HMD, jedan od novih sustava ove vrste, trebao bi uskoro ući u proizvodnju





Prvi prototip XFR-1 u letu. Iza pilotskog sjedišta vidljive su boce s kisikom, koje su zatim premještene (na pod kokpita), a kasnije vraćene na prvobitnu lokaciju

Povijest zrakoplovstva

RYAN

Iako je ovaj lovac američke mornarice ostao samo kratko vrijeme u službi, saznanja dobivena njegovom uporabom pridonijela su dalnjem razvoju mlaznih borbenih zrakoplova u SAD

Mornarica Sjedinjenih Američkih Država (US Navy) u početku II. svjetskog rata bila je u velikoj nedoumici je li mlazni borbeni zrakoplovi, koji su se prvi počeli pojavljivati, mogu ući u operativnu uporabu na nosačima zrakoplova (CV), a posebice na manjim eskortnim nosačima (CVE). Razlog tome bila je znatno veća brzina polijetanja i slijetanja te veća masa prvih mlaznih zrakoplova u odnosu na letjelice pokretane klipnim motorima, dok su tadašnji mlazni motori bili vrlo slabi i nepouzdani. Zbog velike potrošnje goriva dolet je bio znatno kraći no što je to bilo prihvatljivo, uz to novi oblik podvozja (tricikl) još nije bio rabljen pri slijetanju na nosače, a za smještaj nove vrste goriva trebalo je pronaći odgovarajući prostor na brodu (uz nošenje dodatašnjeg goriva za klipne zrakoplove).

Jedno od predloženih rješenja kojim se trebala omogućiti uporaba mlaznih borbenih zrakoplova na nosačima bio je zrakoplov u koji bi se ugradila dva motora, klipni i mlazni, te bi se na taj način iskoristile njihove prednosti. Klipni motor bi se radio pri uzljetanju i slijetanju te pri krstarenju

kako bi ušteda goriva bila veća, dok bi mlazni omogućio veću snagu odnosno brzinu i tako poboljšao letne osobine na svim visinama što ima veliki značaj u zračnoj borbi, a ujedno bi se povećala i sigurnost te mogućnost povratka u slučaju kvara ili oštećenja jednog od motora.

Početak razvoja

U prosincu 1942. godine devet proizvođača zrakoplova, uljučujući i tvrtku Ryan Aeronautical Corporation iz San Francisca, primilo je poziv američkog Ureda za zrakoplovstvo (Bureau of Aeronautics) da posalju prijedloge novog, "kompozitnog" palubnog lovca. Iako do tada tvrtka Ryan nije imala iskustva u izradbi mornaričkih letjelica, čelnici tvrtke temeljito su proučili zahtjeve i u vrlo kratkom vremenu uvjerili odgovorne u mornarici da su to kadri učiniti. Na izbor je, kao i u slučaju tvrtke McDonnell (vidi Hrvatski vojnik br.79, FH-1 Phantom) utjecala činjenica kako nisu proizvodili niti jedan borbeni zrakoplov nužan za vodenje rata, pa su se stoga mogli posvetiti projektiranju i proizvodnji novog lovca.

Od samog početka bilo je jasno da je projekt

Mladen KRAJNOVIĆ

tvorničkog naziva Model 28 samo prijelazno rješenje, koje bi konstruktorima pružilo nove spoznaje o mlažnim motorima i olakšalo razvoj mlažnih borbenih zrakoplova. S druge strane, američki piloti, dok mlažne letjelice ne uđu u operativnu uporabu, imali bi znatno veće šanse u mogućem sukobu s protivničkim zrakoplovima. Prvog veljače 1943. godine sklopljen je ugovor kojim je predviđena izradba tri prototipa sa službenom oznakom **XFR-1** a rokovi isporuke bili su vrlo strogi: deset mjeseci za model za statička ispitivanja, te četrnaest odnosno petnaest mjeseci za letne prototipove. Temeljni zahtjev bio je da najmanja brzina te brzina polijetanja i slijetanja zrakoplova budu u granicama što ih je zahtjevala uporaba na eskortnim nosačima.

Konstruiranje i gradnja tekli su bez većih problema pa je mornarica, zadovoljna do tada učinjenim, 2. prosinca 1943. godine naručila 100 serijskih zrakoplova **FR-1** nazvanih **Fireball**.

Prototip XFR-1 bio je lovac jednosjed, niskokrilac kojega su pokretala dva motora. Polumonomokok trup zrakoplova sastojao se od prednje i zadnje sekciјe, koje su bile povezane s cilindara, snage 994 kW (1350 KS) sa zračnim hlađenjem. Iza pilotske kabine nalazio se turbomlazni motor **General Electric I-16** (oznaka je kasnije izmjenjena u **J-31**) potiska 7,12 kN (765 kg).



Devet FR-1 snimljenih iznad poligona u Kaliforniji 1945. godine

FIREBALL



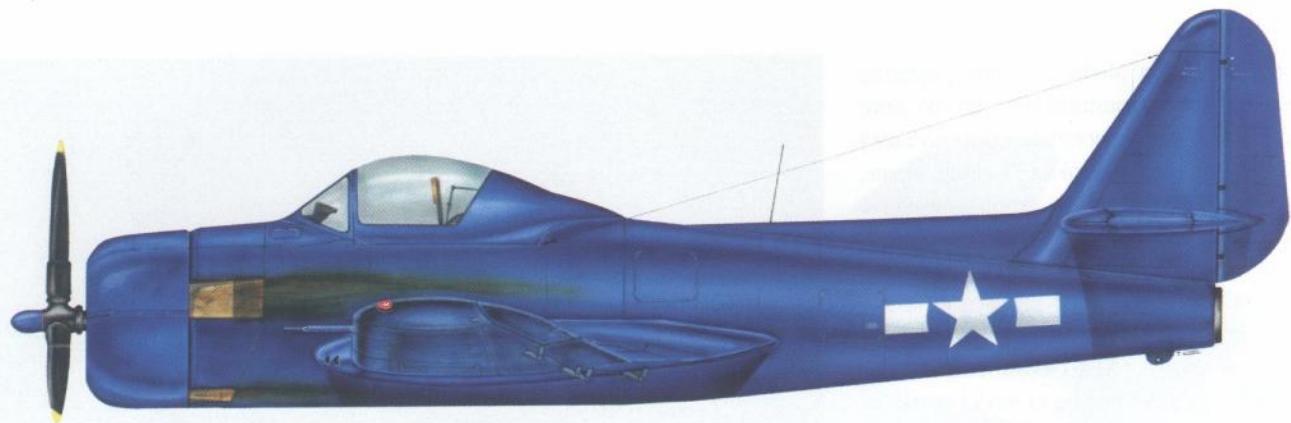
Dva od tri prototipa u letu iznad Južne Kalifornije

četiri spoja. U nosu je bio ugrađen zvjezdasti motor **Wright Cyclone 9 R-1820-27W** s devet

Prvi puta, jedan mornarički palubni zrakoplov dobio je podvozje tipa tricikl. Krila su imala lami-

Dva FR-1 iz sastava squadrona VF-66 pripremaju se za uzlet s nosača USS Ranger, tijekom svibnja 1945. godine





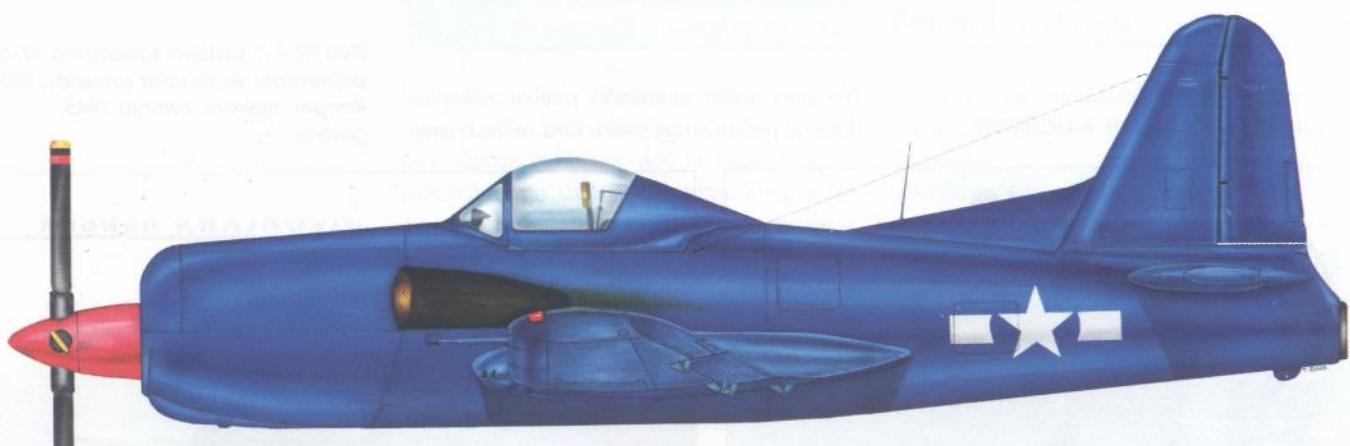
Prvi XFR-1 (Bu.No. 48232) imao je vertikalni stabilizator zasnovan na stabilizatoru lovca F4F Wildcat



FR-1 iz sastava mornaričkog squadriona VF-41 Firebirds tijekom 1946. Na zrakoplovu je letio poručnik James Swope, zračni as sa deset priznatih pobjeda



XFR-4, preinačeni FR-1 (Bu.No.39661), korišten kao platforma za ispitivanje mlaznog motora Westinghouse J34



XF2R-1 Dark Shark koji je postigao 2. svibnja 1947. godine svjetski visinski rekord za turbopropelerske zrakoplove

crteži: Tihomir Likso

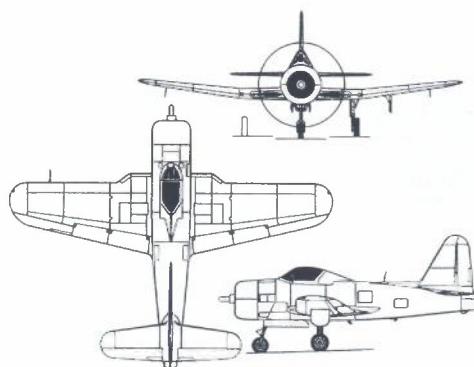


Slijetanje na USS Ranger

narni profil, dok su upravljačke površine u cijelosti bile izrađene od metala. Radi uštade prostora na palubi, krila su se mogla sklopiti dok je kuka za zaustavljanje zbog novog oblika podvozja pomaknuta prema sredini trupa. Bio je naoružan sa četiri strojnice Browning kalibra 12,7 mm (u svakom krilu po dvije) s ukupno 1200 naboja. Osim toga, na dva potkrilna nosača moglo se podvjesiti do 454 kg bombi ili dodatni spremnici za gorivo. Zanimljivo je kako su repne površine prototipa u cijelosti preuzete od lovca Grumman F4F Wildcat. Ryanove konstruktore vodila je misao da zrakoplov sa sličnom površinom krila i snagom motora treba imati i slične repne površine.

Pri određivanju položaja uvodnika zraka za mlazni motor razmatrano je nekoliko mogućnosti. Ugradnja u nos zrakoplova, ispod zvjezdastog motora, zahtijevala je vrlo složena konstrukcijska rješenja koja su tražila dosta vremena, pa se od toga odustalo već na početku. Razmišljalo se i o uvodnicima koji su se prije uporabe trebali izvlačiti iz trupa, ali je postojala bojažan da bi povećanje otpora zraka umanjilo aerodinamičke značajke letjelice. Uz to, bilo je problematično pitanje smještaja izvlačivih uvodnika: kako se mlazni motor nalazio iza pilotske kabine, uvodnici bi se morali postaviti na jednom od tri mesta: ispred kabine (no, tu za njih nije bilo mesta), na jednom od bokova trupa ispred

napadnog ruba krila (postojala je bojažan da bi ovako smješten otvoreni uvodnik poremetio strujanje zraka prema krilu), ili na donjem dijelu trupa (međutim, na mjestu gdje je trebao biti smješten uvodnik nalazio se nosni kotač i zaustavna kuka). Tako je i ova mogućnost otpala. Nakon ispitivanja umanjenog modela zrakoplova u zračnom tunelu, uvodnici su smješteni u napadni rub krila, uz sam



trup. Iskustva na drugim zrakoplovima koji su takve uvodnike koristili za npr. sustave za hlađenje ulja ili motora, te kasniji letovi prototipa pokazali su da je čelnji otpor neznatno povećan i da nema negativnih utjecaja na letne značajke.

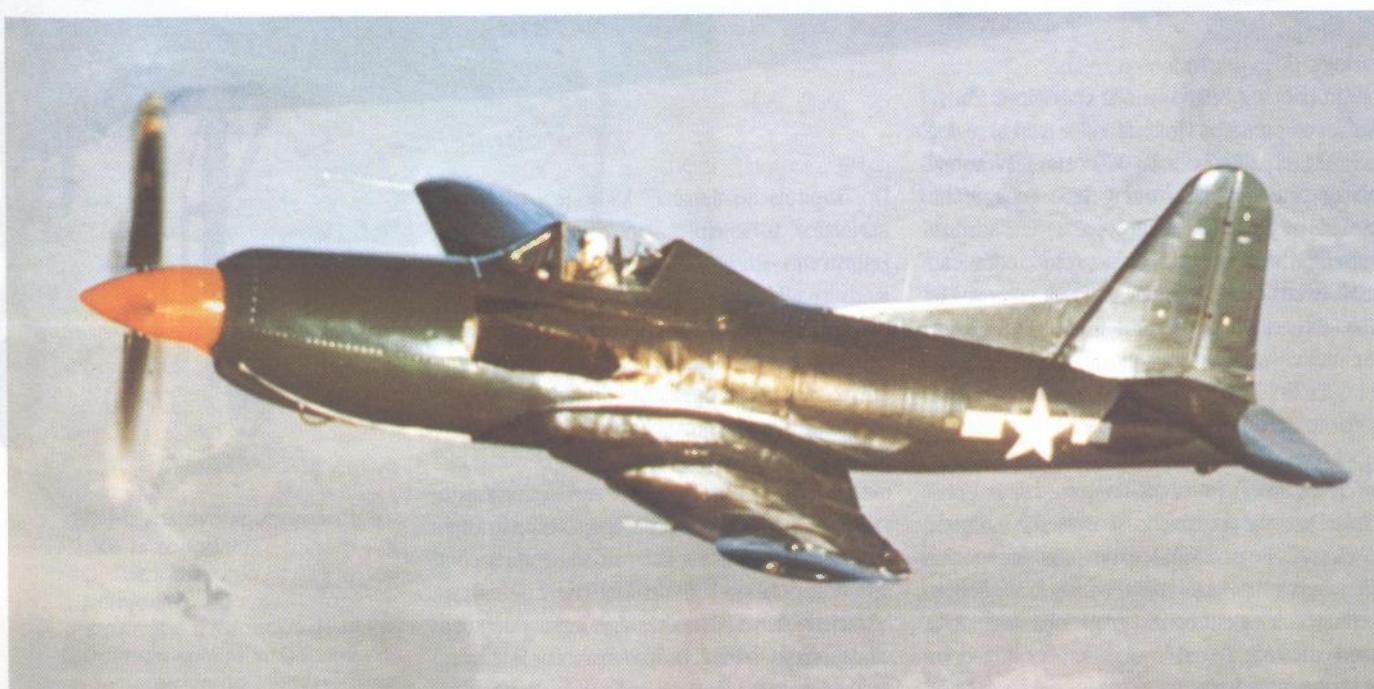
Prvi letovi

Prvi XFR-1 (Bu.No. 448232) poletio je 25. lip-

Ryan FR-1 Fireball

-motori:	jedan klipni zvjezdasti 9-cilindrični motor Wright Cyclone 9 R-1820-72W snage 1006 kW (1350 KS) i jedan turbomlazni motor General Electric I-16 (J-31) potiska 7,12 kN (765 kp)
-raspon krila	12,19 m
-duljina:	9,75 m
-visina:	4,11 m
-površina krila:	
-masa praznog zrakoplova:	3509 kg
-najveća poletna masa:	4473 kg
-najveća brzina:	674,2 km/h
-brzina krstarenja:	
-brzina penjanja:	24,4 m/s
-operativni vrhunac leta:	13.136 m
-dolet:	1710 km
-naoružanje:	četiri strojnice Browning M-2 kalibra 12,7 mm, mogućnost nošenja bombi (ili dodatnih spremnika goriva) mase do 454 kg

Daljnji razvoj Fireballa predstavljao je Dark Shark; na slici je XF2R-1





nja 1944. godine, opremljen samo klipnim motorom jer je isporuka mlaznog kasnila (on je ugrađen i ispitani tijekom sljedećeg mjeseca). Pokusni letovi u potpunosti su potvrdili rezultate dobivene ispitivanjima u zračnom tunelu. Zahvaljujući aerodinamičkim površinama koje su pružale mali člani otpor, a koje su uporabljene pri izradbi, Fireball je bio pokretljiviji od bilo kojeg mornaričkog lovca, dok je radijus zaokreta pri velikim brzinama bio iznad svih očekivanja. Dodatna snaga mlaznog motora posebice je došla do izražaja na većim visinama, gdje XFR-1 nije imao dostažnog suparnika. Primjećeno je da u određenim situacijama nije moguće pri punoj snazi motora napraviti desni zaokret. Kako je rep u cijelini preuzet od Wildcata,

došlo do pojava oscilacija dijelova konstrukcije zrakoplova (tzv. compressibility effect) a da toga nije bio svjestan, pa nije uspio sprječiti pad; u to vrijeme nije se puno znalo o ovom učinku uslijed kojeg na određenoj brzini nastaju podrhtavanja, pa se zrakoplov može doslovno raspasti u zraku. Pet mjeseci kasnije, u vrlo sličnim okolnostima probni pilot M.G. "Mickey" McGurie izgubio je život u drugom prototipu (Bu.No. 448233) jer ga nije uspio izvući iz poniranja.

Prvobitno ugovoren broj zrakoplova mornarica je povećala za još 600 primjeraka, tako da ih je ukupno trebalo biti izrađeno 703.

razlog je otkriven

nakon pomognog ispitivanja oba zrakoplova. Za razliku od prototipa Fireballa, čiji je trup okruglog presjeka do samog kraja, Wildcatov završava u obliku oštice noža, što mu daje veću repnu površinu i stabilnost. Osim toga, na učinkovitost kormila visine utjecalo je pogrešno određeno središte ravnoteže. Problem je riješen povećanjem okomitih repnih površina, dok je kormilo visine premješteno na trup zrakoplova.

Probni letovi trajali su do sredine listopada, kada je jedan prototip trebao biti poslan u Mornaričko zrakoplovno ispitno središte (Naval Air Test Center) Patuxtent River na daljnja ispitivanja. Dan prije predviđene isporuke, 13. listopada 1944. srušio se prvi XFR-1, a tom prigodom poginuo je glavni pokušni pilot tvrtke Ryan Robert Kerlinger. Iako službena istraga nije ustanovila uzroke nesreće, nagdalo se da je pilot prigodom poniranja prekoračio granični sloj nakon čega je

Do kapitulacije Japana, kada je narudžba u cijelosti opozvana, isporučeno ih je 66. Prva četiri Fireballa stigli su u NATC sredinom siječnja 1945. godine. Simulirana slijetanja na nosač pokazala su da FR-1 ima veću brzinu propadanja od one koja je prihvatljiva za palubni zrakoplov. Razlog je bila povećana ukupna masa letjelice te povećani otpor zraka Douglasovih zakrilaca s dvostrukim procijepom. Umjesto njih ugrađena su zakrilca s jednostrukim procijepom koja su se pokazala kao vrlo dobro rješenje - bila su lakša, jednostavnija za održavanje a pri otklonu od 40 stupnjeva brzina propadanja bila je sasvim zadovoljavajuća.



FR-1 iz sastava squadrona VF-66 (s konačnim načinom označavanja koji se primjenjivao do raspuštanja postrojbe u listopadu 1945. godine; u kutu je vidljiv simbol squadrona VF-66)

Priprema za operativnu uporabu

Namjera američke mornarice bila je čim prije uvesti Fireball u borbu protiv Japanaca. Da bi to ostvarila, potkraj 1944. u Mornaričkoj zrakoplovnoj postaji (Naval Air Station) North Island kod San Diega, osniva poseban squadron. Njega su činili najbolji piloti i zemaljsko osoblje dostupni u tom trenutku, posebice oni s bogatim iskustvom u borbi. Za zapovjednika je postavljen poručnik John F. Gray, veteran sa 24 priznate zračne pobjede koji je u San Diegu čekao raspored na novu dužnost. Prvog siječnja 1945. godine postrojba dobiva službenu oznaku **VF-66** i uzima ime Firebirds. Nakon završene popune, mjesec dana provode u tvornici Ryan kako bi što bolje upoznali svoj budući zrakoplov. Kako bi zadržali kontinuitet, piloti su do dolaska Fireballa letjeli na

prebačena su 1. svibnja 1945. na nosač zrakoplova USS *Ranger* (CV-4). Sljedećih dana napravljeno je nekoliko letova, istina samo s klipnim motorom, koji su pokazali da FR-1 može bez ikakvih ograničenja ući u službu na nosačima zrakoplova.

No, 15. kolovoza 1945. godine Japan je potpisao bezuvjetnu kapitulaciju. Tako je, na žalost, propala prigoda da Fireball potvrdi svoje iznimne kvalitete u sukobu s neprijateljem. Nakon rata proces uvođenja u operativnu uporabu osjetno je usporen. Kako nije više bilo razloga za tajnost, zrakoplov je tijekom rujna prikazan javnosti na svečanostima koje su istodobno održane na istočnoj i zapadnoj obali SAD-a. Mjesec dana kasnije, točnije 18. listopada 1945. godine VF-66 je raspušten a svи preostali zrakoplovi, piloti te ostalo osoblje i oprema premješteni su u mornarički squadron VF-41.

U tijeku 1945. i 1946. godine na nekoliko serijskih primjeraka vršene su razne preinake. Tako

je označku **XFR-2** dobio primjerak kojem je klipni motor za-

mijenjen poboljšanom inačicom

Wright R-1820-74W snage 1067 kW (1450 KS). XFR-3 trebao je pokretati turbomlazni motor

General Electric I-20 potiska 907 kg, koji nikada nije ugrađen. **XFR-4** bio je modificirani serijski Fireball (Bu. No. 398655) koji je služio kao platforma za ispitivanje mlaznog motora **Westinghouse J-34** potiska 1905 kg. Zbog njega je stražnji dio trupa zrakoplova produžen za dvadesetak centimetara, a uvodnici zraka premješteni su u trup. Ovaj motor trebao se ugraditi u XF2R-2 za koga je američko zrakoplovstvo pokazalo veliki interes.

U međuvremenu squadron VF-41, koji je zadržao ime i oznaku svoga prethodnika, obavio je potrebite pripreme za odlazak na eskortni nosač zrakoplova USS *Wake Island* (CVE-65) zbog uvođenja u operativnu uporabu. Šestog studenog 1945. godine, odmah nakon polijetanja na još jedan rutinski zadatka, zastavnik Jake C. West uspio je (nakon kvara prednjeg klipnog motora)



aktivirati mlazni motor General Electric I-16 i posve neočekivano uči u povijest kao prvi pilot koji je na nosač sletio u zrakoplovu s mlaznim motorom. Kako FR-1 nije bio "čist" mlazni zrakoplov, prvo slijetanje s mlaznim motorom službeno je priznato lovcu

je nove tehnike slijetanja koju je zahtijevalo tricikl podvozje. Naime, često se događalo da pri dodiru s palubom cijeli zrakoplov odskoči prije no što kuka zahvati metalno uže za zaustavljanje. Zbog snažnog trzaja opterećenje nosnog dijela bilo je toliko veliko da je dovelo do otpada-

d e
Havilland
Vampire bri-
tanskog mornari-
čkog zrakoplovstva
(Fleet Air Arm) kada je 3.
prosinca iste godine sletio na
britanski nosač HMS Ocean.

Za vrijeme boravka na nosaču USS *Bairoko* (CVE-115), kod nekoliko zrakoplova pojavila su se strukturna oštećenja prednje noge podvozja, izazvana učestalim polijetanjima i slijetanjima. Nepredviđeni povratak u NAS North Island iskorišten je za usavršavanje

danja prednjeg kotača podvozja ili njegove noge. To je dalje izazvalo savijanje ili lomljene krakova propelera te oštećenja na motoru i trupu. Slična situacija javljala se kada je kuka zahvatila uže dok je Fireball još bio u letu. Ispitivanja su pokazala da je opterećenje prednjeg dijela za 100 posto veće nego što je bilo predviđeno proračunima na osnovi kojih je napravljena konstrukcija. Kako bi se rizici sveli na što manju moguću mjeru, nakon brojnih pokusa razvijena je nova tehnika slijetanja. Ona je zahtijevala pažljiv

pritisak upravljačke palice prema dolje neposredno prije dodira s palubom, da bi se izbjeglo (ili smanjilo na što manju mjeru) poskakivanje zrakoplova pri slijetanju. Ova tehnika slijetanja tražila je od pilota pažljivu procjenu, i bila je u potpunoj suprotnosti od dotadašnje tehnike slijetanja na nosač. Istodobno, nogu prednjeg kotača podvozja, koja je zbog manje težine izradena od magnezija, zamijenjena je mnogo čvršćom čeličnom nogom.

U studenom 1946. godine squadron mijenja oznaku u VF-1E. Slijede dva kraća "gostovanja" na nosaču USS *Badenig Strait* (CVE-116), tijekom kojih je uvježbavana protupodmornička borba. Svoju karijeru na nosačima zrakoplova Fireball je okončao u lipnju 1947. godine. Prigodom vrlo grubog slijetanja na nosač USS *Rendova* (CVE-114) zadnji dio trupa u potpunosti se odvojio od ostatka zrakoplova. Detaljni pregled pokazao je veliki zamor tvoriva kod svih FR-1, koji je bio toliko

velik da je zabranjen svaki daljnji let. Mjesec dana kasnije svi Fireballi povučeni su iz operativne uporabe i predani mornaričkoj pričuvnoj postrojbi VRF-32, gdje su letjeli do proljeća 1947. godine.

oznaku XF2R-1. Kao temelj za preinaku poslužio je jedan serijski FR-1 (Bu. No. 39661). Umjesto motora Wright Cyclone u nos je smješten turbopropelerski **General Electric XT31-GE-2** snage 1251 kW (1700 KS) zbog čega je Dark Shark produžen za 1,22 m. U stražnjem dijelu trupa nalazio se standardni General Electric J-31-GE-3. Iako nije bila ugrađena sva oprema uobičajena za zrakoplove smještene na nosaču (uredaji za katapultiranje i zaustavljanje, mehanizam za sklapanje krila ...)

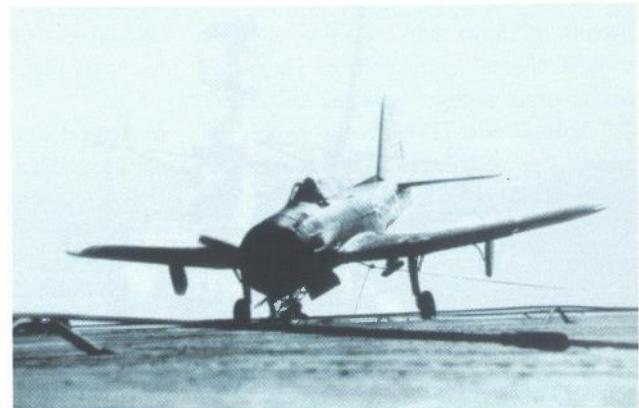
ukupna težina bila je 517 kg veća nego u Fireballu. Okomite repne površine povećane su dodavanjem većeg vertikalnog stabilizatora. Zrakoplov je poletio u studenom 1946. godine. Najveća brzina iznosila je 805 km/h, što je djelomice bio neuspjeh jer je usprkos znatno većoj snazi prednjeg motora u odnosu na FR-1, ona povećana za 121 km/h. Razlog tome bila je velika težina ugrađenog turbopropelerskog motora. Vrhunac leta bio je 9479 m a brzina penjanja 1524 m u minuti. Dark Shark dobio je veliki četverokraki propeler Hamilton Standard Super-Hydromatic promjera 3,65 m, koji je omogućio primjenu novog sustava aerodinamičkog kočenja.

Zbog struktturnih oštećenja prednje noge podvozja koja nije mogla izdržati udare prigodom dodira palube nosača zrakoplova, slijetanja poput ovog (na nosač USS Bairoko) nisu bila rijetkost. Problem je na kraju riješen primjenom nove tehnike slijetanja i upotrebom novog tvoriva u konstrukciji prednjeg kotača podvozja

Prototip

Dark Shark je testiran u Muroc Dry Lakeu, gdje je probni pilot Al Conover 2. svibnja 1947. postavio novi svjetski rekord u visinskom letu za turbopropelerske zrakoplove kada je dosegao 9498

m. Američke zračne snage (USAF) bile su impresionirane letnim značajkama Dark Sharka. Kako je više obećavao nego Convair XP-81 koji se tada nalazio na ispitivanju, naručena su dva primjerka inačice **XF2R-2**. Pored turbopropelerskog motora TG-100 trebao je biti ugrađen i mlazni Westinghouse J-34, koji je već izvjesno vrijeme ispitivan u modificiranom XFR-4. U vrijeme otkazivanja projekta, bio je završen samo model u prirodnoj veličini. Uvodnici zraka premješteni su iz krila u trup, povećani rep dobio je četvrtasti oblik dok su u krila postavljena četiri topa kalibra 20 mm. Napredak u razvoju mlaznih lovačkih zrakoplova doveo je do otkazivanja daljnog razvoja Dark Sharka, i odustajanja od koncepta lovačkih zrakoplova s kombiniranim pogonskom skupinom.



Umjesto njih, VF-1E dobio je lovac Grumman F6F-5N (Hellcatova inačica noćnog lovca) opremljen radarem AN/APG-6.

Dva primjerka Fireballa predana su NAS Memphis, u kojoj je vršena izobrazba osoblja za održavanje zrakoplova. Nekoliko ih je poklonjeno sveučilištima u Mississippiju i Illinoisu, dok je izjedan broj korišten na mornaričkim vježbalištima kao mete.

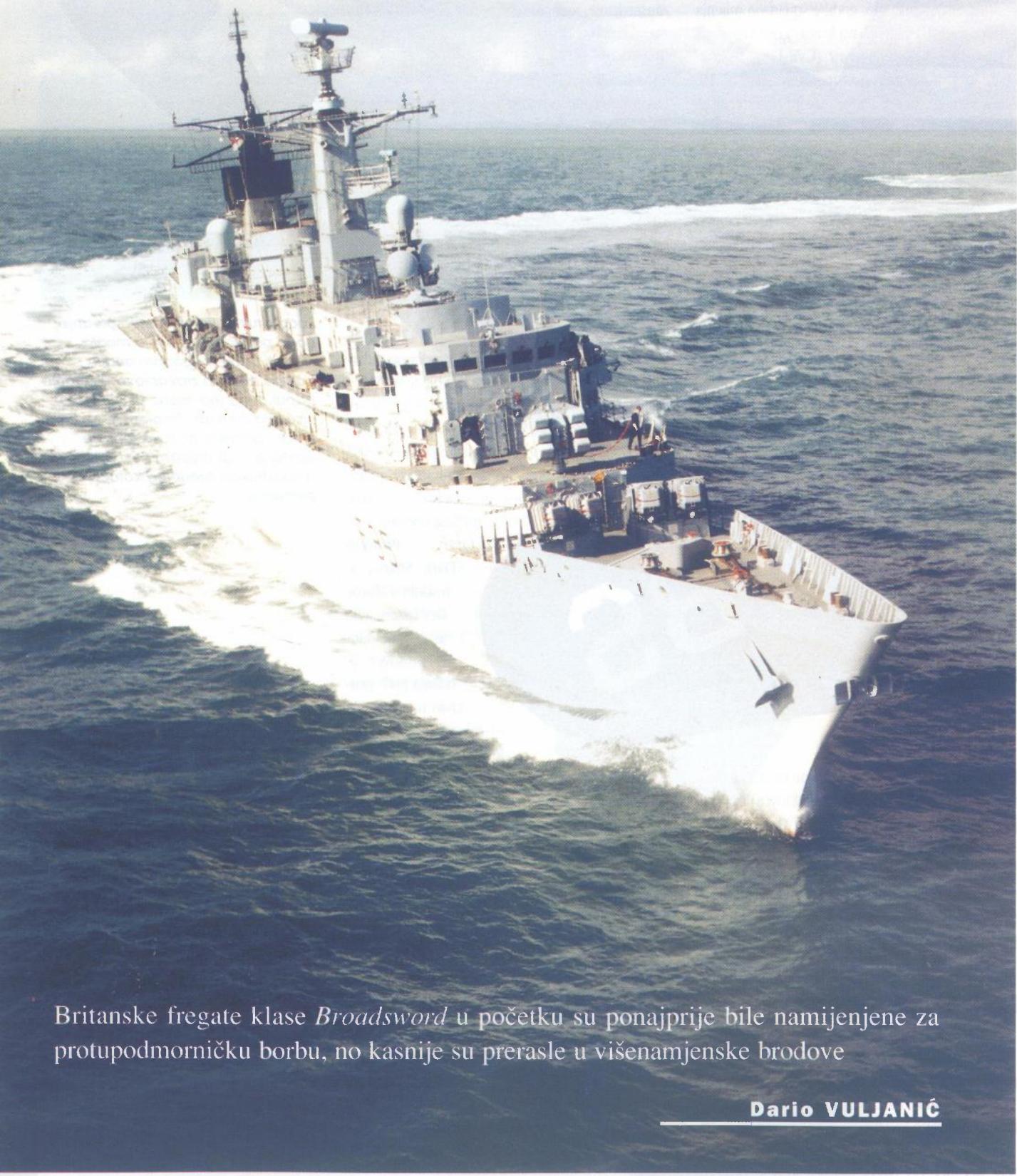
Dark Shark

Pokušaj daljnje primjene koncepta na kome je bio zasnovan Fireball predstavlja je Ryan **XF2R-1 Dark Shark**, nastao kao kao opsežna modifikacija temeljne konstrukcije FR-1.

Na temelju specifikacije američke mornarice Nav. Aer. SD 399 tvrtka Ryan izradila je prototip kopnenog lovačkog zrakoplova koji je dobio

Fregate klase

BROADSWORD



Britanske fregate klase *Broadsword* u početku su ponajprije bile namijenjene za protupodmorničku borbu, no kasnije su prerasle u višenamjenske brodove

Dario VULJANIĆ

Kao potpora međunarodnim provedbenim snagama IFOR-a Jadranskim morem plove i brodovi britanske Kraljevske mornarice (Royal Navy), a među njima je i fregata HMS London klase **Broadsword**, što se nalazi u pratnji malog nosača zrakoplova HMS **Illustrious** (vidi Hrvatski Vojnik br. 4), koja je posjetila Split od 7. do 11. ožujka ove godine.

Razvitak i 1. niz

Nakon drugog svjetskog rata Kraljevska mornarica uvela je u službu čitav niz klasa fregata projektiranih na temelju iskustava što su ih Britanci stekli tijekom ratnih operacija na Atlanskom i Tihom oceanu. Radilo se o više specijaliziranih klasa, poput protupodmorničkih fregata klase **Whitby**, protuzrakoplovne klase **Leopard**, klase za navođenje zrakoplova **Salisbury**, sve do uspješne višenamjenske klase **Leander**, koja je sjedinjavala kompaktnu pogonsku skupinu, suvremenu elektroniku (za to doba), sposobnost nošenja vrtloleta i razmjerno snažno naoružanje. Fregate klase **Leander** dobro su se pokazale u službi britanske mornarice (ukupno su izgrađena 23 broda), a po licenci su građene u Nizozemskoj (klasa **Van Speijk**), Australiji (zadnja dva broda klase **River**) i Indiji (klasa **Nilgiri**), a prodane su i mornaricama Čilea, Ekvadora, Novog Zelanda i Pakistana. Potkraj šezdesetih godina počelo se razmišljati o klasi koja bi trebala naslijediti klasu **Leander**. Nakon neuspješnog početka postizanja dogovora s Nizozemskom o standardnoj konstrukciji fregate, izrađen je projekt fregate **Type 22** (u Nizozemskoj je nastala klasa **Kortenaer**). Dana 8. veljače 1974. godine potpisani su ugovor s poduzećem Yarrow Ship-

builders o gradnji prvog broda nove klase, nazvanog **HMS Broadsword** (F 88), za koji je kobilica položena 7. veljače 1975. godine u brodogradilištu u Glasgowu. Radovi su brzo napredovali, pa je porinuće uslijedilo 12. svibnja 1976. godine, a brod 3. svibnja 1979. godine ulazi u flotu. Sljedeća tri broda takozvanog **1. niza (Batch 1)**, **HMS Battleaxe** (F 89), **Brilliant** (F 90) i **Brazen** (F 91) ulazila su u službu otprilike u jednogodišnjim intervalima. Fregate 1. niza imaju standardnu istisninu 3500 tona, punu 4400 tona, duljinu 131,2, širinu 14,8 i gaz 6 metara.

Kako bi se omogućilo duži boravak na moru, brodovi nose velike količine goriva, streljiva, doknadnih dijelova i drugih potrepština. Kao zanimljivost napomenimo kako su fregate klase **Broadsword** prvi brodovi

građeni za britansku mornaricu čiji su nacrti rađeni u metričkom mjernom sustavu.

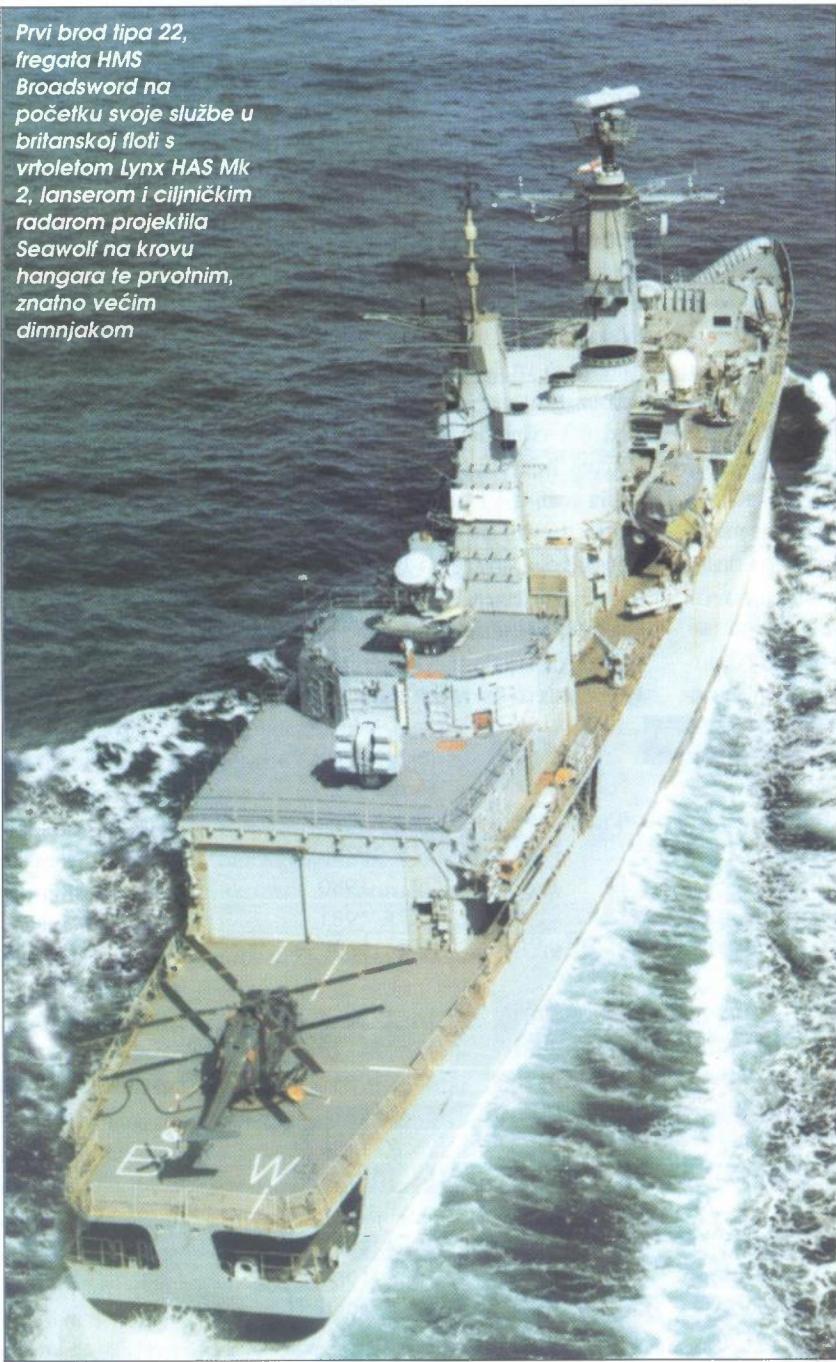
Naoružanje

Brodovi 1. niza konstruirani su ponajprije za borbu protiv podmornica i u tu su svrhu u njih su ugrađeni složeni sonarni sustavi, senzori i naoružanje. Na bokovima srednjeg dijela trupa smješteno je glavno protupodmorničko naoružanje koje čine dva trocijevna uredaja Plessey STWS (Shipborne Torpedo Weapon System) za lansiranje torpeda zasnovana na američkom sustavu SVTT Mk 32 Mod 5/7. Prvotno ugrađena inačica STWS Mk 1 tijekom osamdesetih godina modernizirana je prema standardu Mk 2, te se uz američka torpeda Aliant TechSystems Mark 44 (više nisu u uporabi) i

Mark 46 (mase 231 kg), mogu ispaljivati i britanska torpeda Marconi Sting Ray (mase 265 kg). Oba tipa imaju kalibr 324 mm, domet 11 km i najveću brzinu 45 čvorova. Za otkrivanje i napadaj na podmornice rabi se aktivni sonar (Marconi Type 2016 ili noviji Ferranti/Thomson Sintra Type 2050) čija je antena ugrađena u stakloplastičnom kućištu ispod kobilice u ravnini zapovjednog mosta. Uz to, za protupodmorničku borbu služi i brodski vrtoljet tipa Westland Lynx koji u toj ulozi nosi dva samonavodena torpeda Sting Ray ili Mk 46.

Iako je temeljna namjena ovih brodova protupodmorničko ratovanje, oni su opremljeni i za napadaj na ciljeve na površini mora, iznad nje i samoobranu. Protubrodsko naoružanje čine dva para lansera (cijeli sklop naziva se ITS, a teži 13,5 tona) projektila Aerospatiale MM 38 Exocet postavljena na prednjoj palubi pod kutem od 12 stupnjeva. Projektili Exocet duljine 5,21 m, promjera tijela 0,35 m, raspona krila 1 m i mase 735 kilograma imaju domet od 4 do 42 kilometra. Nakon lansiranja iz hermetički zatvorenih metalnih kontejnera, pro-

Prvi brod tipa 22, fregata HMS Broadsword na početku svoje službe u britanskoj floti s vrtloptom Lynx HAS Mk 2, lanserom i ciljničkim radarom projektila Seawolf na krovu hangara te prvotnim, znatno većim dimnjakom





Ispred zapovjednog mosta F 95 smješteni su lanseri projektila Exocet i Seawolf, na njegovom krovu vidi se ciljnički radar Type 911, a na vrhu prednjeg jarbola je antena radara Type 967/968, dok su ova jarbola puna raznih komunikacijskih i antena sustava za ometanje

projektilom koji leti brzinom 0,9 Macha upravlja sustav za inercijalnu navigaciju, a kada projektil stigne na 12 do 15 km od cilja uključuje se radarski tragač ADAC smješten u glavi rakete koji vodi projektil do pogotka i eksplozije njegove bojne glave mase 165 kg. Za borbu protiv površinskih ciljeva vrtlojet Lynx može ponijeti četiri protubrodska projektila British Aerospace Sea Skua duljine 2,5 m, promjera 0,25 m, mase 145 kg i dometa barem 15 km (vjerojatnije oko 20 km), s bojnom glavom mase 30 kg što je dovoljno za uništenje ili teško oštećenje manjih ratnih brodova te u slučaju pogotka na vitalno mjesto i izazivanje ozbiljnih oštećenja većih brodova.

Za protuzračnu obranu i obranu od protubrodskih projektila na manjim i srednjim visinama

i manjoj udaljenosti služi sustav British Aerospace Seawolf/GWS 25. Sustav čine dva šesterostruka lansera projektila, svaki sa svojim ciljničkim sustavom. Prednji lanser nalazi se na palubi ispred zapovjednog mosta, a stražnji na krovu hangara za vrtlojet. Brodovi 1. niza imali su inačicu GWS 25 Mod 0 s ciljničkim sustavom Marconi Type 910 što je osim radara (radi u I/J - području) imao i televizijsku kameru za praćenje cilja, koja je od 1987. godine zamjenjena termovizijском i TV-kamerom niskog intenziteta svjetlosti. Godine 1989. počeo se rabiti novi

Tonislav Brandt

ciljnički sustav Marconi Type 911 Mod 1, a sadašnja inačica sustava je modernizirani GWS 25 Mod 4. Fregate klase *Broadsword* u spremištima nose ukupno 32 projektila Seawolf. Svaki projektil duljine 2,0 m, mase 80 kg ima fragmentirajuću bojnu glavu mase 14 kg i domet do 5 km. Seawolf je ušao u operativnu uporabu na F 88 u svibnju 1979. godine, a prva borbena uporaba bila je tijekom Falklandskega (Malvinskog) rata 1982. godine u kojem su sudjelovali HMS *Broadsword* i *Brilliant*. Nakon rata potvrđeno je da su ovim projektilima oboren dva argentinska zrakoplova A-4B Skyhawk, jedan se srušio u more tijekom proturaketnog manevra, a postoji mogućnost da su njima uništeni i po jedan Dagger u A-4B.

Kada su fregate projektirane, smatralo se kako topovi većeg kalibra nisu potrebni, što je bio odraz tendencije za smanjenjem (sa krajnjom namjerom potpunog odbacivanja) topničkog naoružanja. Stoga su na bokovima nadgrada brodova 1. i 2. niza postavljena samo dva topa Bofors Mk 9 kalibra 40 mm/60 namijenjena ponajprije za protuzrakoplovnu obranu, ali i za upozoravanje i zaustavljanje sumljivih plovila pri zadaćama ophodnje, nadzora i blokade. Izvorno se predviđala ugradnja dva jednocijevna topa

Uređaj za lansiranje torpeda Plessey STWS Mk 2



Oerlikon/BMARC (od 1993. g. Royal Ordnance), kalibra 20 mm na postoljima GAM-BO1 s elevacijom od -15 do +60 stupnjeva i dometom od 1700 m za blisku obranu broda, no oni su ugrađeni tek naknadno uslijed potreba uočenih tijekom Malvinskog (Falklandskeg) rata. Topovi Mk 9 na fregatama 1. i 2. niza početkom 90-ih godina zamjenjeni su dvocijevnim topovima Oerlikon/BMARC GCM-A03-2 kalibra 30 mm/75, brzine paljbe 650 hitaca u minuti po cijevi, učinkovitog dometa 3500 m protiv ciljeva u zraku i 3000 m protiv ciljeva na površini te elevacijom od -15 do +85 stupnjeva.

Brod je opremljen jednim vrtoljetom Westland Lynx no u slučaju potrebe u hangar je moguće smjestiti dva vrtoljeta. Uz to što nosi već spomenuta samonavodena torpeda i protubrodske projektilte te dubinske bombe, ovaj vrtoljet se može rabiti za potragu i spašavanje, izviđanje, transport, vezu te opskrbu tijekom

FREGATE KLASE BROADSWORD

Ime	Oznaka	Kobilica	Porinuće	Služba
1. niz				
<i>Broadsword</i>	F 88	1. 2. 1975.	1. 5. 1976.	3. 5. 1979.
<i>Battleaxe</i>	F 89	4. 2. 1976.	18. 5. 1977.	28. 3. 1980.
<i>Brilliant</i>	F 90	25. 3. 1977.	15. 12. 1978.	15. 5. 1981.
<i>Brazen</i>	F 91	18. 8. 1978.	4. 3. 1980.	2. 7. 1982.
2. niz				
<i>Boxer</i>	F 92	1. 11. 1979.	17. 6. 1981.	14. 1. 1984.
<i>Beaver</i>	F 93	20. 6. 1980.	8. 5. 1982.	18. 12. 1984.
<i>Brave</i>	F 94	24. 5. 1982.	19. 11. 1983.	4. 7. 1986.
<i>London</i>	F 95	7. 2. 1983.	27. 10. 1984.	5. 6. 1987.
<i>Sheffield</i>	F 96	29. 3. 1984.	26. 3. 1986.	26. 7. 1988.
<i>Coventry</i>	F 98	29. 3. 1984.	8. 4. 1986.	14. 10. 1988.
3. niz				
<i>Cornwall</i>	F 99	14. 12. 1983.	14. 10. 1985.	24. 4. 1988.
<i>Cumberland</i>	F 85	12. 10. 1984.	21. 6. 1986.	10. 6. 1989.
<i>Campbeltown</i>	F 86	4. 12. 1985.	7. 10. 1987.	27. 5. 1989.
<i>Chatham</i>	F 87	12. 5. 1986.	20. 1. 1988.	4. 5. 1990.

plovidbe. Prva inačica bila je Lynx HAS Mk 2, uslijedila je HAS Mk 3 opremljena radarem Seaspray, a u tijeku je preinaka vrtoleta ove inačice u moderniziranu HAS Mk 8.

Propulzija i pomoći strojevi

Sve fregate tipa 22 imaju pogon na plinske turbine (u 1. i 2 nizu konstrukcije COGOG - Combined Gas or Gas turbine) koje preko reduktora pokreću dvije osovine s prekretnim vijcima. U 1. nizu i prva dva broda 2. niza ugrađene su dvije turbine Rolls-Royce Olympus TM3B snage 37,3 MW (50.000 KS) i dvije Rolls-Royce Tyne RM1C snage 7,4 MW (9900 KS). Najveća brzina je 30 čv, a za krstarenje se rabe samo turbine Tyne čime se postiže doplov 4500 nautičkih milja pri najvećoj brzini od 18 čv. Struju za sve potrebe broda osiguravaju četiri diesel generatora Paxman snage 1 MW. Nakon gradnje prva dva broda dimnjak je smanjen, a prvi su brodovi naknadno modificirani.

Elektronička oprema

U zajedničkom kućištu na vrhu prednjeg jarbola nalaze se antene impulsno-dopplerskog radara za motrenje zračnog prostora Marconi Type 967 (radi u D-području) i radara Type 968 (radi u E/F-području) koji osigurava pokrivanje malih visina i morske površine, a ovaj sklop (uključuje i sustav IFF) rotira brzinom 30 okretaja u minuti te pruža podatke o ciljevima za projektilje Seawolf i Exocet. Za navigaciju služi

radar Kelvin Hughes Type 1006 koji radi u I-području.

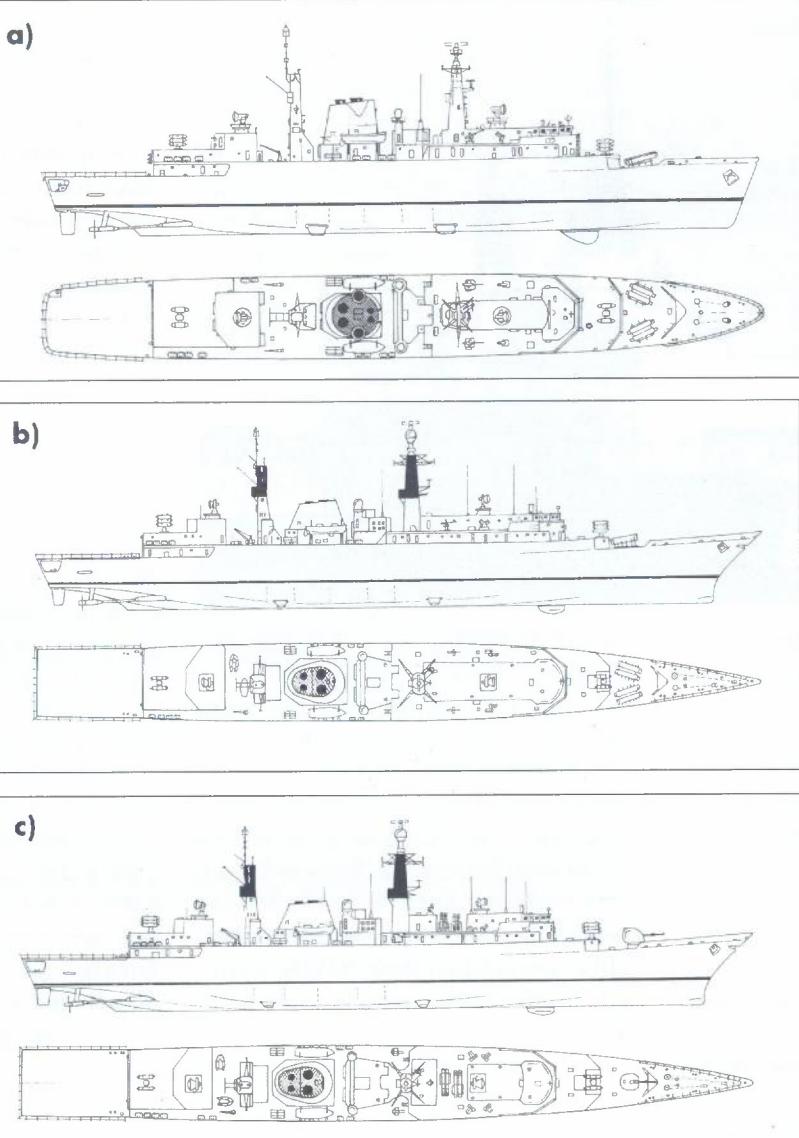
Komunikacijski sustavi broda i senzori dio su integriranog sustava Ferranti CAAIS DBA (5) za prikaz taktičke situacije (prema nazivlju britanske mornarice, riječ je o Akcijskoj informacijskoj organizaciji, /Action Information Organisation, AIO/), koji na svojim pokazivačima smještenim u operativnoj prostoriji brzo i jasno pruža podatke potrebne za donošenje odluka. Ovaj sustav osigurava automatsko praćenje ciljeva u zraku, na površini, obradu podataka dobivenih sonarom i sustavom za elektronička djelovanja, uporabu digitalnog sustava za prijenos podataka, označavanje ciljeva, nadzor

torpeda i navođenje vrtoleta. Sustavom CACS 1 željelo se zamijeniti CAAIS u fregatama 1. niza, ali je modernizacija otkazana zbog nedostatka sredstava.

Za obranu broda od projektila na nadgrađu iza zapovjednog mosta najprije su bila ugrađena dva 8-cijevna lansera IC-mamaca i chaffova Vickers Corvus, koji su danas zamijenjeni 12-cijevnim laserima Plessey Shield, a uz njih tu je i mamac torpeda Graseby Type 182 koji se tegli na oko 370 m od broda. U podnožju stražnjeg jarbola nalaze se antene sustava za elektroničku potporu MEL (danasa Thorn EMI) UAA-2 Abbey Hill koji vjerojatno radi u frekventnom području od 1 do 18 GHz. Radi suzbijanja različitih prijetnji poput motričkih radara i radara na projektilima, služe i dva aktivna omotača Racal Type 670.

Brodovi 1. niza služe u sklopu 2. Frigate Squadrona s matičnom luku Devonport, a danas se rabe većinom za izobrazbu, pa su obavljene preinake kako bi se uz stalna 222 člana posade (17 časnika) osigurao smještaj za dodatnih 65 časnika na izobrazbi.

Na temelju ugovora potpisano 18. studenog 1994. godine četiri fregate klase



Fregate klase Broadsword: a) 1. niz, b) 2. niz, c) 3. niz



Dvocijevni top GCM-A03-2 kalibra 30 mm/75

Broadsword 1. niza, koje od ožujka 1995. godine ulaze u pričuvu Royal Navy, kupila je brazilska ratna mornarica. Britanski su brodovi izvorno trebali biti samo iznajmljeni, a kupljeni su nakon otkazane nabave američkih fregata

ZNAČAJKE FREGATE HMS LONDON

Istisnina praznog broda	4100 tona
Puna istisnina	4800 tona
Duljina	146,5 m
Širina	14,5 m
Gaz	6,2 m
Brzina	30 čv
Posada	270 do 290
Doplov	4000 Nm sa 18 čv

Tomislav Brandt

Na krovu hangara vidi se lanser, a iza njega i ciljnički radar sustava Seawolf, dok se u podnožju stražnjeg jarbola nalazi antena sustava za elektroničku potporu UAAA-2, a ispred nje je antena za satelitske komunikacije

Tomislav Bondi



klase **Knox**. Prvi brod, **Greenhalgh** (bivši HMS *Broadsword*) primljen je u flotu brazilske mornarice 30. lipnja 1995. godine. Sljedeća dva broda, **Dodsworth** (ex HMS *Brilliant*) i **Bosisio** (ex HMS *Brazen*), trebala bi ući u službu 31. kolovoza ove godine, a preostali brod **Rademaker** (ex HMS *Battleaxe*), 30. travnja 1997. godine.

Brodovi 2. niza

Promjene u zahtjevima vodile su ugradnji dodatne opreme, što je konačno dovelo do produljivanja trupa i tako nastaje **2. niz (Batch 2)**, ponekad neslužbeno nazvan klasa *Boxer*. Ovaj niz čine fregate **HMS Boxer (F 92)**, **Beaver (F 93)**, **Brave (F 94)**, **London (F 95)**, **Sheffield (F 95)** i **Coventry (F 98)** koje su ušle u flotu između siječnja 1984. i listopada 1988. godine. Trup je produljen za 17,9 m na prva dva broda 2. niza (ukupna duljina 148,1 m), odnosno 15,4 m (ukupna duljina 146,5 m) na preostala četiri primjerka. Ovo produljenje trupa dovodi do povećanja standardne istisnine na 4100 tona, odnosno 4800 tona pune istisnine, no nisu uslijedile očekivane korisne popratne pojave produljavanja, poput povećanja doplova na 7000 nautičkih milja i povećanja najveće brzine za oko 2 čv. Tankovi broda izmijenjeni su ugradnjom uređaja za ubacivanje morske vode umjesto potrošenog goriva, kako kako bi se omogućila uporaba svog goriva bez narušavanja stabiliteta broda. Brodogradilište Yarrow izgradilo je sve brodove 1. niza i prva četiri broda 2. niza, dok je posljednja dva broda 2. niza i zadnji brod 3. niza izgradilo brodogradilište Swan Hunter.

Uz već spomenuti aktivni dodan je i tegljeni pasivni sonar Ultra Electronics (Dowty) Type 2031Z vrlo niske frekvencije. F 92 i F 93 zadržali su inačicu GWS 25 Mod 0 sustava Seawolf, no u ostale brodove 2. i sve brodove 3.

na ostale brodove.

Radari Type 967/968 su zadržani (F 94 ima poboljšanu inačicu 967M), no za navigaciju i motrenje služi radar Kelvin Hughes Type 1007. Umjesto sustava CAAIS ugraden je sustav za zapovijedanje i nadzor oružja Ferranti CACS 1 sa znatno povećanim mogućnostima za obradu podataka. Na bokovima nadgrada fregata klase *Broadsword* 2. i 3. niza sustav Shield zamijenjen je s četiri fiksna 6-cijevna lansera IC-mamacama i chaffova sustava Sea Gnat. Ispred i iza hangara za vrtolet na F 95 smješten je po jedan lanser mamacama Warrant kalibra 76 mm.

Brodovi 2. niza služe u sklopu 1. Frigate Squadrona iz Devonporta. Svaki brod ima 273 člana posade (30 časnika) raspoređena u četiri glavna odjela - ratovanje, potpora i tajništvo, održavanje oružja te održavanje pomorskog dijela. Osiguran je udoban smještaj posade bez ugrožavanja borbene učinkovitosti broda, a brodovi su potpuno klimatizirani.

Zanimljivo je da je fregata 2. niza HMS *Brave* (u službi od 1986. g.) bila prvi strani ratni brod koji je nakon proglašenja hrvatske neovisnosti uplovio u službeni posjet u neku od hrvatskih luka, a to se zbilo tijekom listopada 1994. godine u Splitu. U tijeku ožujka ove godine ondje je boravila i fregata HMS *London* pod zapovjedništvom kapetana fregate A. S. Brooksa. Ovaj brod trebao se zvati **Bloodbound**, no to je promijenjeno prije njegovog primanja u flotu 5. svibnja 1987. godine, nakon čega je bio na mnogim vježbama i krstarenjima. U tijeku 1990. i 1991. godine djelovao je u operacijama u Perzijskom zaljevu zajedno s fregatama HMS *Battleaxe* i *Brazen*.

Povratak topa - 3. niz

Brodovi **3. niza (Batch 3)**, koji se ponekad označavaju kao klasa *Cornwall*, temel-



Unutrašnjost zapovjednog mosta

Tomislav Bondi

je se na produljenom trupu 2. niza, ali su na temelju pouka iz britansko-argentinskog rata 1982. godine načinjene mnoge preinake (ponajprije naoružanja), radi čega je poprilično izmijenjen izgled brodova. Provedene preinake dovele su do promjene uloge iz specijalizirane protupodmorničke fregate u brod opće namjene te se stoga 3. niz u literaturi ponekad spominje.

Između lansera Harpoona i prednjeg jarbola, na povisrenom dijelu nadgrađa nalazi se nizozemski CIWS sustav Signaal Goalkeeper sa 7-cijevnim rotirajućim topom General Electric Sea Vulcan kalibra 30 mm, učinkovitog dometa od 200 do 3000 m, brzine paljbe 4200 hitaca u minuti.

Topovi kalibra 30 mm/75 različiti su u

skih projektila, na manjim udaljenostima (vjerojatno do oko 2750 m). Fregate 3. niza opremljene su za ulogu zastavnih brodova i omogućen je ukrcaj dodatnog stožernog osoblja. Posada broji 250 ljudi (31 časnik), a ovi brodovi su zajedno s fregatama 1. niza u sklopu 8. Frigate Squadrona.

Literatura:

1. David Miller, Chris Miller, "Modern Naval Combat", Salamander Books, London 1986.
2. (skupina autora) "Almanacco Navale 1990-91", Instituto Idrografico della Marina, Genova 1990.
3. Richard Sharpe (ured.), "Jane's Fighting Ships 1994-95", Jane's Information Group, Coulsdon 1994.
4. Bernard Blake (ured.), "Jane's Radar and Electronic Warfare Systems 1994-95", Jane's Information Group, Coulsdon 1994.
5. Anthony J. Watts (ured.), "Jane's Underwater Warfare Systems 1994-95", Jane's Information Group, Coulsdon 1994.
6. Mike Critchley, "British Warships and Auxiliaries 1995/96", Maritime Books, Liskead 1995.
7. E. R. Hooton, "Jane's Naval Weapon Systems 1995-96", Jane's Information Group, Coulsdon 1995.
8. Duncan Lennox (ured.), "Jane's Strategic Weapon Systems 1995-96", Jane's Information Group, Coulsdon 1995.
9. Richard Sharpe (ured.), "Jane's Fighting Ships 1995-96", Jane's Information Group, Coulsdon 1995.
10. Promidžbeni materijali fregate HMS London

Mario Todorčić

Fregata HMS London isplovljava iz splitske luke

inje kao višenamjenski razarač. Napomenimo kako su pri tome zadnji brodovi klase *Broadsword* zapravo veći nego poznati britanski razarači **Type 42** klase *Sheffield*.

Od travnja 1988. do svibnja 1990. godine fregate 3. niza: *Cornwall* (F 99), *Cumberland* (F 85), *Campbeltown* (F 86) i *Chatham* (F 87), ulaze u britansku flotu. Standardna im je istinsina 4200 tona, puna 4900 tona, a duljina 148,1 m (poput prva dva broda 2. niza).

Protubrodski projektili Exocet zamijenjeni su sustavom GWS 60, tj. američkim projektilima McDonnell Douglas UGM-84B Harpoon Block 1 čija su dva četverostruka lansera Mk 141 smještena na nadgradu iza zapovjednog mosta. Ovaj projektil sa aktivnim radarskim i inercijalnim vođenjem ima domet 130 km i bojnu glavu težine 222 kg.

Rat na Falklandima (Malvinima) pokazao je kako je izostavljanje topa srednjeg kalibra iz izvornog projekta bilo pogrešno pa je na brodovima 3. niza na pramcu (umjesto Exoceta) ugrađen višenamjenski top standardnog britanskog kalibra 4,5 in.

Kalibr topa Vickers 4,5 in Mark 8 zapravo je 4,45 in, tj. 113 mm, duljina cijevi je 55 kalibra, elevacija od -10 do +55 stupnjeva, domet 22 km, a brzina paljbe 25 hitaca u minuti. Navodno, tijekom britansko-argentinskog sukoba jednim takvim oružjem srušen je argentinski zrakoplov A-4C, no to nije potvrđeno (pogodak se pripisuje i PZ projektlu Sea Dart).

odnosu na one ugrađene na prva dva niza, i radi se o oružjima DES/Oerlikon ugrađenima palubu niže u jednostruka postolja DS 30B. Njihove značajke su približno iste kao i već spomenutih topova istog kalibra ugrađenih na ranije brodove, osim elevacije koja iznosi -25 do +70 stupnjeva.

Pogonska se skupina sastoji od po dvije turbine Spey SM1A snage 22 MW (29.500 KS) i Tyne RM3C snage 8 MW (10.680 KS) u COGAG-(Combined Gas and Gas turbine) konfiguraciji.

Među novom električnom opremom ugrađenom na 3. niz jesu i zapovjedni sustav CACS 5 te aktivni i pasivni sustav Thorn EMI Type 675 (2) Guardian koji služi za detekciju i ometanje radara, posebice radara za navodenje protubrodskih projektila. Na krovu zapovjednog mosta postavljena su dva optoelektronička sustava za nadzor paljbe British Aerospace Sea Archer 30 GSA8 opremljena termovizijskom i TV-kamerom te laserskim daljinomjerom. Poput nekih drugih britanskih ratnih brodova i na fregate klase *Broadsword* tijekom plovidbi postavljaju se (kod dolaska u luke obvezno se uklanjuju) laserski sustavi male snage Irwin-Desman DEC za ometanje pilota zrakoplova, posada manjih plovila te za onesposobljavanje IC-glava za vodenje protubrod-

Na prednjoj palubi fregate 3. niza klase Broadsword postavljen je top kalibra 113 mm, a u podnožju prednjeg jarbola nalazi se CIWS-sustav Goalkeeper



Suvremenim ratnim brodovima najveću prijetnju predstavljaju protubrodski projektili, a rješenje je u kombiniranoj i integriranoj uporabi sustava za elektroničko ratovanje te topova i proturaketnih projektila

McDonnell Douglas



"Meko" i "tvrdi" suprotstavljanje PROTUBRODSKIM PROJEKTILIMA (I. dio)

Dok je tehnološki razvoj posljednjih godina činio goleme korake naprijed, omogućujući stvaranje sve učinkovitijih sustava oružja, jedan čimbenik mornaričkog ratovanja - zastrašujuća ranjivost površinskog broda na otvorenom moru - ostao je desetljećima praktički nepromijenjen. Svjetski vojni stručnjaci oduvijek su bili uvjereni u to, a posebice nakon prve borbene uporabe protubrodskih samonavođenih projektila. Uvođenje protubrodskih projektila u naoružanje mnogih ratnih mornarica nametnulo je bitne promjene u tradicionalnim mornaričkim taktikama vođenja rata na moru. Relativno mali brodovi, naoružani protubrodskim projektilima more-more (engl: Surface-to-Surface Missile - SSM) s moćnim bojnim glavama, postali su sposobni uništiti jednim pogodkom višestruko veće

brodove na daljinama većim od optičkog ili radarskog horizonta.

Vodeni protubrodski projektili spadaju u kategoriju preciznih projektila s visokom vjerojatnošću pogadanja odabranog cilja (od 0,6 do 0,9), što je dokazano i pri prvoj povjesnoj borbenoj uporabi protubrodskih projektila ruskog tipa P-15 (SS-N-2 Styx) 1967. godine protiv izraelskih brodova (od 6 lansiranih projektila postignuto je 6 pogodaka u gađane ciljeve) te 1971. godine protiv pakistanskih brodova (od 13 lansiranih projektila P-15 bilo je 12 pogodaka), koji u to vrijeme još nisu bili posebno zaštićeni od takvih napadaja.

Prve generacije protubrodskih projektila, koje su se tih godina razvijale i proizvodile diljem svijeta, imale su potpunu samostalnost tijekom cijele putanje ("ispali i zaboravi"), uz uključivanje sustava aktivnog ili pasivnog samonavodenja u završnoj etapi

Vili KEZIĆ

leta, pomoću kojega su postizali tako visoku vjerojatnost pogadanja. Projektilima kasnijih generacija, posebice onima za gadanje brodova daleko iza horizonta, do daljina od nekoliko stotina kilometara, moglo se dodatno upravljati vanjskim intervencijama (sa satelita ili zrakoplova) za korekciju putanje i usmjeravanje prema prije odabranom cilju ili nekom novom i opasnijem objektu koji se u međuvremenu pojavio.

Od tih dana do danas rastao je broj proizvedenih protubrodskih projektila taktičke namjene sa sve sofisticiranijim sustavima vođenja i samonavodenja, koji im omogućavaju let iznad samih kriješta morskih valova (engl: Sea Skimming Missiles) i jamče visoku vjerojatnost pogadanja u teškim uvjetima morskog clutera (engl: Sea Clutter = refleksija elektro-

magnetske energije od valova) i intenzivnih protuelektroničkih djelovanja (engl: Electronic Counter Measures - ECM). Danas je protubrodskim projektilima različitih generacija naoružano više od 70 ratnih mornariča, uključujući prve projektili Styx s relativno primitivnim radarskim samonavodenjem neotpornim na protuelektronička djelovanja, do najnovijih koji koriste dvostruke sustave samonavodenja otporne na ECM.

Iako, s jedne strane, protubrodski projektili postavljeni na vlastitome brodu pružaju osjećaj moći, posebice na malome brodu, s druge zaštitu od njih zadaje velike brige svim ratnim mornaricama svijeta, jer je lansirani neprijateljski projektil teško detektirati, pratiti i uništiti. Već tijekom proizvodnje prvih protubrodskih projektila, vojni stručnjaci i inženjeri počeli su razmišljati o koncepciji obrane od njih i raditi na razvoju brodskih sustava za suprotstavljanje tome opasnom oružju. Početkom sedamdesetih godina zaneseni pristaše elektroničkog ratovanja (engl: Electronic Warfare - EW) iznosili su prijedloge i razloge, ali ne i sasvim uvjerljive argumente, kako bi se protuelektroničkim djelovanjima ("mekom" obranom) mogla osigurati potpuna zaštita broda od protubrodskih samonavodenih projektila. Predlagači "tvrdog" obrane oštro su se tome suprotstavljali, tvrdeći da je dobar projektil jedino "mrtav" (tj. uništen) projektil, odnosno da jedino topovi i proturaketni projektili mogu osigurati svu potrebnu zaštitu brodu. Međutim, Ratna mornarica SAD uočila je jasnou i hitnu potrebu za razvojem obrane broda, bilo kojega oblika ona bila - "meka", "tvrdog" ili "tvrdomeka" - u svrhu suprotstavljanja elektronički vođenim projektilima bivšeg SSSR-a i njihovim koordiniranim taktkama.

Većini vojnih planera bilo je jasno da samo jedna vrsta obrane (samo "meka" ili samo "tvrdog") ne može jamčiti odgovarajuću zaštitu bez sudjelovanja druge koja onu prvu dopunjava i poboljšava. U Pentagonu se smatralo da brodovi ne mogu nositi neograničene količine streljiva i proturaketnih projektila, koji bi se trošili pri suprotstavljanju masovnom raketnom napadaju, već da ranim otkrivanjem lansirnih platformi i namjera napadačkih snaga, te protuelektroničkim djelovanjima treba djelomično onemogućiti napadačke akcije, odnosno smanjiti broj ciljeva-projektila kojima bi se trebala suprotstaviti obrana broda i na taj način povećala



Švedski protubrodski projektil Saab RBS-15 ima sustav vođenja koji mu omogućava let iznad samih kriješta morskih valova

njena učinkovitost.

Zajedničko djelovanje sustava za "meku" i "tvrdog" obranu, uz pretpostavku da svaki od njih ima najučinkovitije performanse za obranu određene platforme, može i treba povećati šansu za preživljavanje broda u borbenoj situaciji za nekoliko redova veličine iznad onoga što se očekuje kada bi se brod branio samo jednom varijantom.

Suvremene mornarice primjenjuju slojevitost obrambene taktike protiv zračnih napadaja (i protubrodskih projektila), počevši od vanjskog, najdaljeg sloja ranog otkrivanja napadača, do najbližeg sloja bliske obrane topovima i proturaketnim projektilima (engl: Close-in-Weapon System - CIWS). U nekim slojevima zaštite primjenjuje se

zaštite broda, ali i obrnuto.

Sustavi "mekog" i "tvrdog" obrane broda uključuju čitav niz uređaja, oružja, opreme, metoda i taktika za suprotstavljanje protubrodskim projektilima, pri čemu kompleksnost, sofisticiranost i brojnost ovise o vrsti i veličini broda.

"Meku" obranu broda, u širem smislu, predstavljaju:

(1) daleko radarsko motrenje (izravno ili neizravno) kojim se otkriva platforma koja namjerava lansirati protubrodski projektil,

(2) lažni radarski ciljevi-mamci koji, izbačeni na veću ili manju daljinu od branjenog broda, stvaraju konfuziju na radarima neprijatelja pri traženju pravog cilja u mnoštvu lažnih,

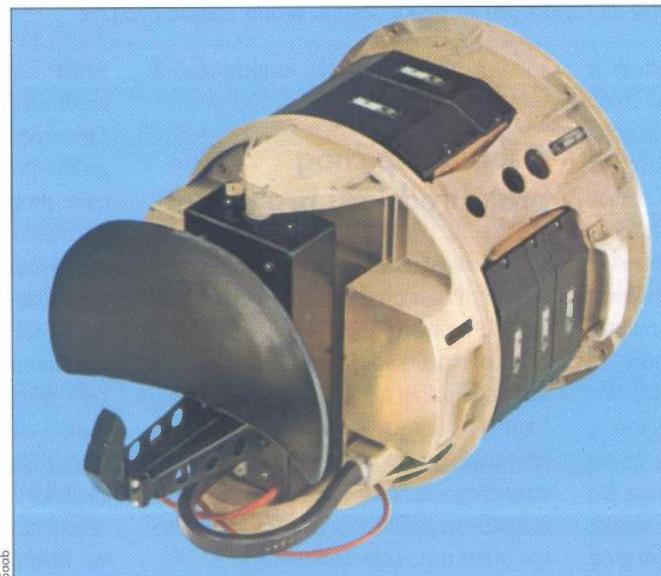
(3) obmanjivači koji generiraju elektroničke lažne ciljeve koji također dovode radarskog operatora u dvojbu pri izboru cilja na kojega namjerava lansirati projektil,

(4) detektori radarskih signala, koji otkrivaju projektil odmah nakon uključivanja njegova radara za samonavodenje; infracrveni detektori koji otkrivaju i prate toplinska zračenja projektila; ciljnički radari za upravljanje sustavima bliske obrane topovima i proturaketnim projektilima,

(5) radarski i IC mamci srednjeg dometa, koji već lansirani projektil, nakon uključivanja njegovog sustava za samonavodenje, trebaju privući na sebe, odnosno trebali bi za njega predstavljati privlačniji cilj nego je brod i tako spriječiti "zahvat" broda,

(6) radarski ometači i obmamnjivači koji bi trebali:

- šumnim ometanjem spriječiti normal-



Radar za samonavodenje smješten je u nosu RBS-15

samo "meko" ili samo "tvrdog" djelovanje, dok se u ostalima rabi njihova kombinacija. Osim prostornog rasporeda tih obrambenih slojeva, bitan je i vremenski raspored pojedinih djelovanja po slojevima ili unutar jednog sloja, jer dobra vremenska koordinacija može znatno poboljšati ukupni učinak

no funkcioniranje radara za samonavođenje projektila, ili

- servirati projektilu lažne odraze po smjeru, koji bi ga trebali skrenuti od putanje prema brodu u neki drugi smjer, ili

- servirati projektilu lažne odraze po daljini, koji će postupno odvlačiti projektilova "vrata daljine" s broda-cilja do konačnog prekida zahvata, ostavljajući radar bez cilja, pa će on ponovno tražeći cilj zahvatiti vjerojatno jedan od velikog broja ranije izbačenih chaffova malog dometa oko broda-cilja.

Svaki moderniji ratni brod opremljen je i komponentama "tvrdi" proturaketne obrane koju mogu sačinjavati proturaketni projektili i topovi, ili samo jedno od njih, uz visoki stupanj automatizacije njihova djelo-

kojega motrilački radar (ili drugi izvor podataka o cilju) pruža podatke o detektiranom projektilu (smjer i visinu) cilnjom radaru, koji zatim usmjerava svoju antenu, a skupa s njome topove i lanser proturaketnih projektila, prema naznačenom cilju kojega uzima u praćenje i čvrsto ga "hvata". Nakon toga se lansiraju proturaketni projektili velike brzine (3-6 Macha) ili se otvara topovska paljba velike brzine, do nekoliko tisuća projektila u minuti.

Ciljnički radar prati istodobno cilj-protubrodski projektil i lansirani proturaketni projektil ili putanju topovskih projektila, te temeljem izmijerenih pozicija računalo izračunava pogrešku i šalje zapovijed projektilu (kroz radarski snop) ili topovima za

Exocet postala je veoma popularna, što je potvrdila i izložba vojne opreme u Parizu u listopadu 1982. godine, gdje su razne inačice tih projektila bile izložene na svim mogućim platformama koje su stalno bile okružene potencijalnim kupcima, posebice onima iz arapskih zemalja.

Učinkovita repriza Exoceta dogodila se pet godina kasnije, kada je teško oštećena američka fregata **USS Stark** pogodena projektilom koji je bio lansiran s iračkog zrakoplova.

Obzirom da je Exocet jedini protubrodski projektil taktičke namjene, koji se do danas dokazao u realnim i teškim ratnim uvjetima, on će u ovome članku biti predstavljen i razmatran kao tipični prosječni predstavnik te skupine, sa svim karakteristikama i svojstvima kojima bi se trebala suprotstaviti proturaketna obrana broda.

Prvi projektil MM 38 Exocet (more-more, dometa 42 km) proizvela je francuska tvrtka Aerospatiale 1972. godine, a do 1982. godine više od 2200 projektila bilo je postavljeno na 180 ratnih brodova 18 različitih ratnih mornarica. Nakon uspjeha 1982. godine, rasprostranjenost projektila Exocet po svijetu je rasla još brže.

Od 1978. u operativnoj uporabi je njena inačica AM 39 zrak-more, čiji se domet kreće od 50 do 70 km, ovisno o visini i brzini letjelice u trenutku lansiranja. Projektili AM 39 lansirani s argentinskih zrakoplova Dassault Super Etendard, pogodili su britanske brodove **HMS Sheffield** i **Atlantic Conveyor**. Tvrta Aerospatiale je 1976. godine počela razvijati novu inačicu more-more protubrodskog projektila Exocet, MM 40, znatno većeg dometa (70 km), koji je u operativnoj uporabi Francuske ratne mornarice od 1982. godine. Razvijena je i inačica SM 39 dometa 50 km, koja se lansira s podmornice u podvodnoj plovidbi.

Svi projektili obitelji Exocet su tipa "ispali i zaboravi", koje od trenutka lansiranja vode nezavisni sustavi u njima. Ovim projektilima prije lansiranja prema određenom cilju treba pružiti sljedeće podatke: (1) brzinu lansirne platforme, (2) referentnu vertikalnu, (3) udaljenost do cilja i smjer prema njemu s točnošću 1-2 stupnja. Ovi podatci su općenito dostupni na svim ratnim brodovima, čak i na onim najmanjim, kao i na zrakoplovima, vrtloletima i podmornicama. Dodatni programirani ulaz u projektil je podatak o stanju mora (visina valova), na temelju kojeg radiovisinomjer bira visinu leta u završnoj etapi, koja inače iznad srednje val-



Američki razarači klase Arleigh Burke opremljeni su borbenim sustavom Aegis, sustavom za električno ratovanje AN/SLQ-32 i sustavom za blisku obranu broda Vulcan Phalanx

vanja. Ta oružja su sposobna suprotstaviti se zračnim napadajima koji dolaze prema brodu s visokih elevacijskih kuteva, pa sve do malih visina iznad same morske površine. Najvažnija osobina tih sustava "tvrdi" obrane je brza reakcija prema cilju, reda nekoliko sekundi, i njihova kontinuirana spremnost za brzu uporabu. Brza reakcija, od prve detekcije protubrodskog projektila do trenutka otvaranja paljbe prema njemu, može se postići uz punu automatizaciju sustava. Najkritičniji aspekt tako brzog reagiranja je uspješnost funkcioniranja ciljničkog radara (i/ili drugih osjetnika) i njegova računala, što može biti zajamčeno jedino uz visoku kakvoću odraza od cilja-projektila, čistog od morskih cluttera i ometačkih signala.

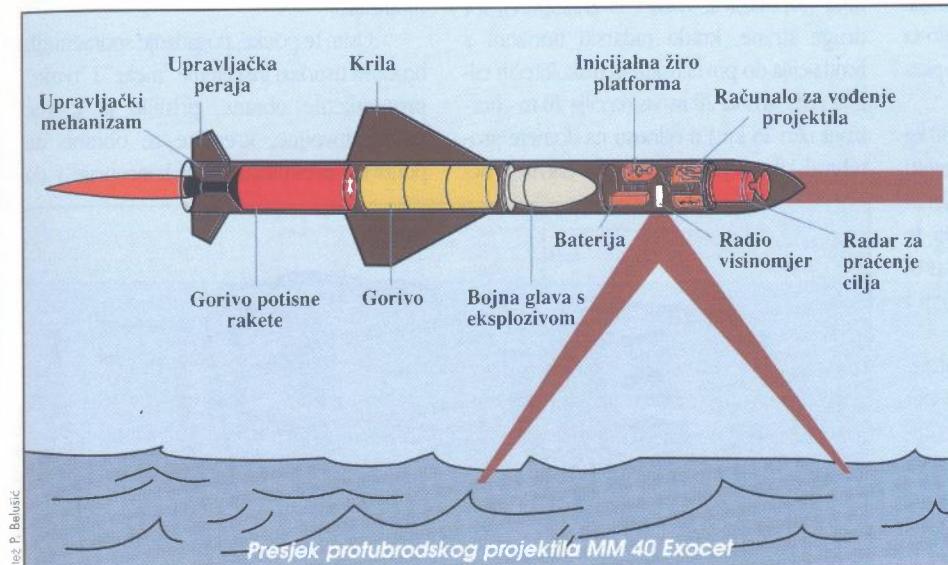
Niskoleteći protubrodski projektil radarske površine oko $0,1 \text{ m}^2$, gledano prema glavi projektila, trebao bi biti detektiran i radarski prihvaćen u praćenje na daljinu od najmanje 11 km, da bi ga se moglo početi gađati na daljinu oko 4-5 km. Naime, sekvenca detekcija-suprotstavljanje-uništenje projektila zahtijeva određeno vrijeme tijekom

korekciju njihove putanje, usmjeravajući ih točno prema cilju.

Osobine tipičnog protubrodskog projektila

Razvoju sustava "meke" ili "tvrdi" obrane trebaju prethoditi vrlo detaljna saznanja o protubrodskim projektilima kojima bi se oni morali suprotstavljati i uništavati ih. Izbor optimalnih tehnika i taktika "mekog" i "tvrdog" suprotstavljanja napadaju protubrodskih projektila, pretpostavljaju poznavanje njegovih "čudi", ukoliko je to uopće moguće saznati obzirom da su to uvijek strogo čuvane tajne pojedinih zemalja.

Uništavanjem dvaju britanskih brodova i oštećivanjem trećega tijekom Malvinskog (Falklandske) rata u svibnju 1982. godine protubrodski projektili Exocet pokazali su učinkovitost protiv obrambenih sustava britanske flote. Budući je to bila uspješna premjera uporabe protubrodskih projektila protiv brodova s instaliranim proturaketnom obranom, obitelj francuskih projektila



crtan P. Belušić

ovitog mora iznosi oko 2 m.

Nakon lansiranja projektila Exocet, u prvoj etapi letom upravlja inercijalna navigacija (70-75 posto od ukupne dužine putanje), a na oko 15 km od cilja automatski se uključuje radar za samonavodenje, koji vodi projektil u završnoj etapi do broda-cilja. Tijekom prve tri četvrtine vremena leta projektil je elektronički "tih", a u završnoj etapi radar zrači uski vretenasti snop prema cilju. Radar je podložan ometanjima i obmanjivanjima, pa su u njega ugrađene razne elektroničke protu-protu mjere (engl: Electronic Counter Counter Measures - ECCM) kojima se štiti od elektroničkih protudjelovanja (ECM). Odašiljač radara, impulsne snage 60 kW, generira promjenljivu frekvenciju od impulsa do impulsa (engl: Frequency Agility), a međuimpulsni interval je promjenljiv (engl: Jitter) uz frekvenciju ponavljanja impulsa oko 3.000 Hz i širinu impulsa 100 ns (nano sekundi). Osim tih ECCM mjeru, za kutno praćenje cilja koristi se monoimpulsni princip koji je imun na mnoge tehnike kutnog obmanjivanja, a prijamnik radara je logaritamski uz sposobnost detekcije eventualnog šumnog ometanja; u tom slučaju se automatski isključuje odašiljač radara i uključuje se tako-zvani HOJ režim (engl:

Home on Jam - HOJ) kojim se projektil usmjerava prema izvoru šuma, odnosno prema brodu-cilju ako je ometač na njemu.

Mehanizam praćenja cilja po daljinu temelji se na takozvanim rascijepljenim "vratima daljine" koja su široka +/- 500 ns, odnosno +/- 75 m, što osigurava dovoljnu diskriminaciju zadanog cilja od drugih ciljeva u tome području.

U prvoj etapi leta profil puta projektila Exocet ovisi o lansirnoj platformi (letjelica, brod ili podmornica), međutim, u završnom dijelu putanje svih inačica su skoro jednake: projektili lete na visini oko 2 - 3 metra iznad morske površine. Kratko nakon lansiranja projektil postiže brzinu oko 0,93 Macha (oko 300 m/sekundi) kojom leti do cilja. Horizont radara u projektilu, iznad mirnog mora i sa visine 3 m, do broda veličine fregate iznosi oko 20 km, što je i razlog da se taj radar uključuje tek na 15 km od cilja a ne prije, jer bi radarski signal bio bespotrebno izložen ranjoj detekciji, odnosno radar ranjem ometanju.

Odmah po uključivanju radara slijedi kratki proces traženja zadanog cilja, koji traje oko dvije sekunde, tijekom kojega vretenasti snop radarske antene pretražuje sektor +/- 20 stupnjeva, a nakon pronalaženja cilja snop se "lijepi" za njega po smjeru i daljini. Približavanjem projektila brodu, u trajanju oko 50 sekundi, amplituda odraza cilja brzo

Protubrodski projektili taktičke namjene

Oznaka projektila	Proizvodac i zemlja	Domet gađanja (km)	Sustavi vođenja	Masa projek.	Lansirna platforma (kg)
MM 38 Exocet	Aerospatiale Francuska	42	inercijalno + aktivno radarsko	735	brod
MM 40 Exocet	"	70	"	850	brod
AM 39 Exocet	"	50-70	"	670	zrakoplov
SM 39 Exocet	"	50	"	652	podmornica
Otomat Mk 2	OTO-Breda, Matra Italija, Francuska	100	"	720	brod obala
Gabriel Mk 2	Israel Aircraft Industries, Izrael	35	radio upravljanje + poluaktivno	522	brod
Gabriel Mk 3	"	36	radarsko ili IC aktivno radarsko	560	brod
Penguin Mk 2	Norsk Forvarsteknologi	30	inercijalno + pasivno IC	340	brod vrtoljet
Penguin Mk 3	"	40	inercijalno + pasivno IC	350	brod zrakoplov vrtoljet
3K-60 Bal	Zvezda	130	inercijalno + aktivno radarsko	420	brod
SS-N-25	Rusija		aktivno radarsko		zrakoplov
RGM-84A	McDonnell Douglas	130	inercijalno + aktivno radarsko	682	brod
Harpoon	SAD		aktivno radarsko		obala
RBS-15	Saab Bofors Missle Corp. Švedska	80-100	inercijalno + aktivno radarsko	780	brod obala zrakoplov
Sea Eagle	British Aerospace V. Britanija	100	inercijalno + aktivno radarsko	600	zrakoplov
Sea Skua	British Aerospace V. Britanija	15-20	poluaktivno radarsko	145	vrtoljet

raste, što osigurava sve "čvršći" zahvat brod-a cilja i smanjuje šansu ometanja radara, bilo sa cilja, bilo s ometaćima s drugih pratećih platformi na moru ili u zraku.

Bojna glava projektila Exocet, sa 180 kg visokoeksplozivnog punjenja, može rabiti blizinski upaljač ili upaljač sa zakašnjelim djelovanjem (imao ga je projektil koji je pogodio HMS **Sheffield**). Ovaj tipični projektil je dužine oko 5 m, promjera 0,35 m i ukupne težine oko 800 kg.

Protubrodski projektili drugih proizvođača, koji su u naoružanju različitih ratnih mornarica, slični su Exocetu. Najnoviji trenodi njihova razvoja predviđaju više osjetnika za samonavođenje u glavi projektila, koji će biti mnogo žilaviji na protuelektronička djelovanja i na utjecaj cluttera.

"Meka" obrana br. 1 - Rano otkrivanje opasne platforme

Obrana od protubrodskih projektila ponajprije bi trebala biti usmjerena na rano otkrivanje potencijalnih lansirnih platformi na moru, pod morem, u zraku ili na obali. Svaka od tih platformi, zbog vlastite sigurnosti, nastojat će lansirati projektil prema cilju s najveće moguće udaljenosti koja je određena dometom raspoloživih motričkih sredstava (na platformi ili izvan nje) i dometom protubrodskog projektila. Otkrivanje lansirne platforme prije lansiranja projektila znatno povećava šansu preživljavanja brod-a cilja, jer on u tom slučaju ima na raspolaganju više obrambenih opcija visoke učinkovitosti, počevši od fizičkog uništenja platforme pa do obmanjivanja ili ometanja motričke radarske mreže koja servira lansirnoj platformi podatke o poziciji cilja. Osim toga, tada je raspoloživo vrijeme za pripremu obrambenih sustava na brodu-cilju dovoljno dugo, što pridonosi učinkovitosti njihova djelovanja protiv eventualno lansiranog projektila.

Pri procjeni mogućnosti ranog otkrivanja lansirnih platformi, treba sva-kako uzeti u obzir najnepovoljnije situacije kao što su, s jedne strane, objekti relativno male radarske površine na velikim udaljenos-

tim (topovnjača, vrtolet ili zrakoplov), i s druge strane, kratki radarski horizont s broda-cilja do površinskih ili niskoletećih ciljeva (vrh jarbola 20 m/visina cilja 20 m - horizont oko 26 km) u odnosu na domete protubrodskih projektila. Rezultati takvih proce-

motrenja.

Osim te pouke, pogadanje spomenutih brodova usprkos instalirane "meke" i "tvrdje" proturaketne obrane, prisililo je i, već samozadovoljne, kreatore te obrane da ponovno preispitaju svoje koncepcije i da



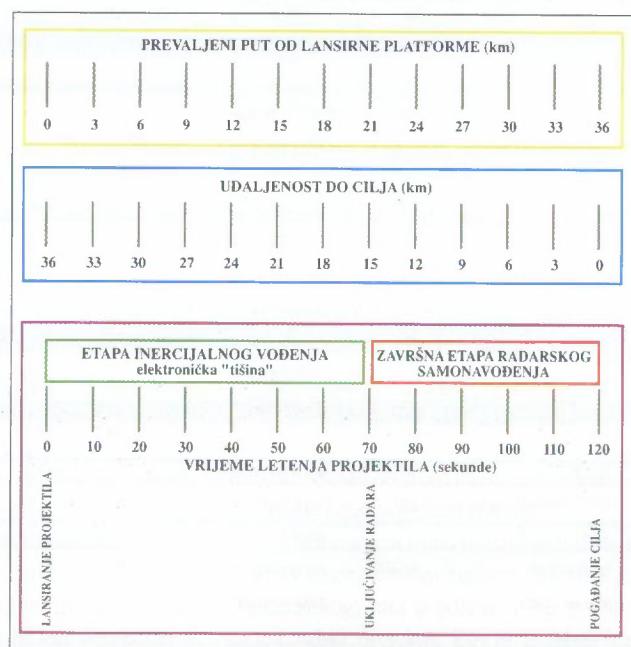
Lanseri projektila MM 38 Exocet

jena ukazuju da je brod-cilj, sam na otvorenom moru bez dotoka vanjskih informacija, vrlo ranjiv protubrodskim projektilima, čak i kada je opremljen sofisticiranim sredstvima za daleko motrenje, kao što je bio, primjerice, britanski razarač HMS **Sheffield**. Tadašnja taktika argentinskih zrakoplova pri izvođenju napadaja bila je

pokušaju naći slabe ili nedostajuće karike u lancu obrane od protubrodskih projektila. Tijekom hladnog rata vojni stručnjaci su ponajprije predviđali sukobe na otvorenome moru ("blue water operations") u uvjetima koji su bili jednostavniji nego u područjima obalnih mora ("brown water operations"), koja su danas, u razdoblju novih međunarodnih odnosa, postala standard za planiranje eventualnih budućih sukoba na moru. U okruženju obalnog mora, koje se u ovom kontekstu može definirati kao obalno područje, pojavljuje se intenzivni kopneni clutter (refleksija elektromagnetske energije od zemljista) unutar dometa i horizonta brodskih motričkih radara, povećavajući broj lažnih odraza, odnosno smanjujući vjerojatnost detekcije interesantnih ciljeva na moru, posebice protubrodskih projektila male radarske površine.

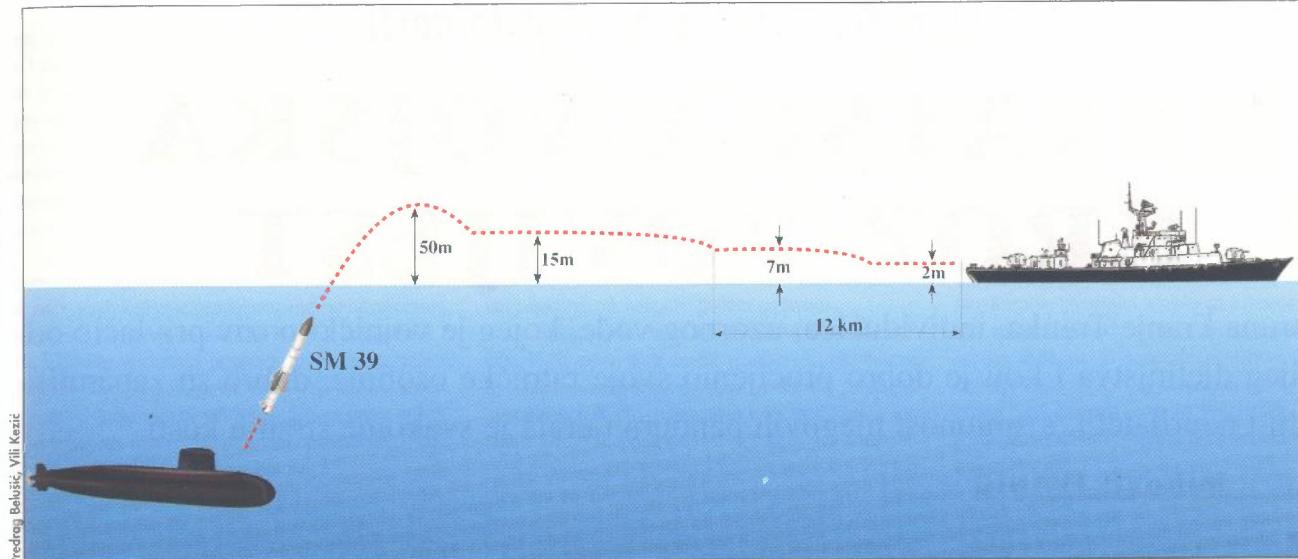
Uspjesi projektila Exocet poglavito su rezultat iznenađenja (zapovjednik razarača HMS **Sheffield** kasnije je izjavio da su samo imali vremena reći "U zaklon!") zbog slabog ili nikakvog funkcioniranja vanjskog sloja zaštite broda - dalekog radarskog motrenja. Očito je to bila jedna od slabijih karika britanske flote, o kojoj se od tada počelo voditi više računa.

Napadaji protubrodskim projektilima u obalnom području postaju problematičniji, ali isto tako to područje pruža vrlo dobre mogućnosti nadzora i obrane širokog



Tijek leta MM 38 od lansiranja do pogadanja cilja

neposredna pouka ostalim britanskim brodovima i zapovjedništvu na Malvinima za poduzimanje što učinkovitijeg dalekog



Profil leta projektila SM 39 Exocet lansiranog iz podmornice

morskog pojasa s visokih dužobalnih pozicija ili s otoka (vidi HV br. 7 i 8: "Motrenje gospodarskog pojasa i teritorijalnog mora"). Očekivanje sukoba sa zemljama Trećeg svijeta u posthladnoratovskom razdoblju u njihovim obalnim područjima, već je natjeralo neke velike ratne mornarice da modifikuju visokovrijedne brodske radare s ciljem prilagodavanja i poboljšanja njihovih performansi za učinkovitije motrenje u takvim kompleksnim okolnostima. U tijeku je modifikacija američkog radara AN/SPY-1D(V), koji je "srce" poznatog obrambenog sustava Aegis (vidi HV br. 1: "Aegis obrambeni štit američke flote") u svrhu njegova korištenja kao obalnog motričkog radara. Ispitivanja te nove inačice radara AN/SPY-1 u realnim uvjetima planiraju se tijekom ove godine.

Američka tvrtka ITT Gilfillan modificirala je brodski motrički radar AN/SPS-48E, a

američka tvrtka Raytheon poboljšala je karakteristike svoga radara AN/SPS-49.

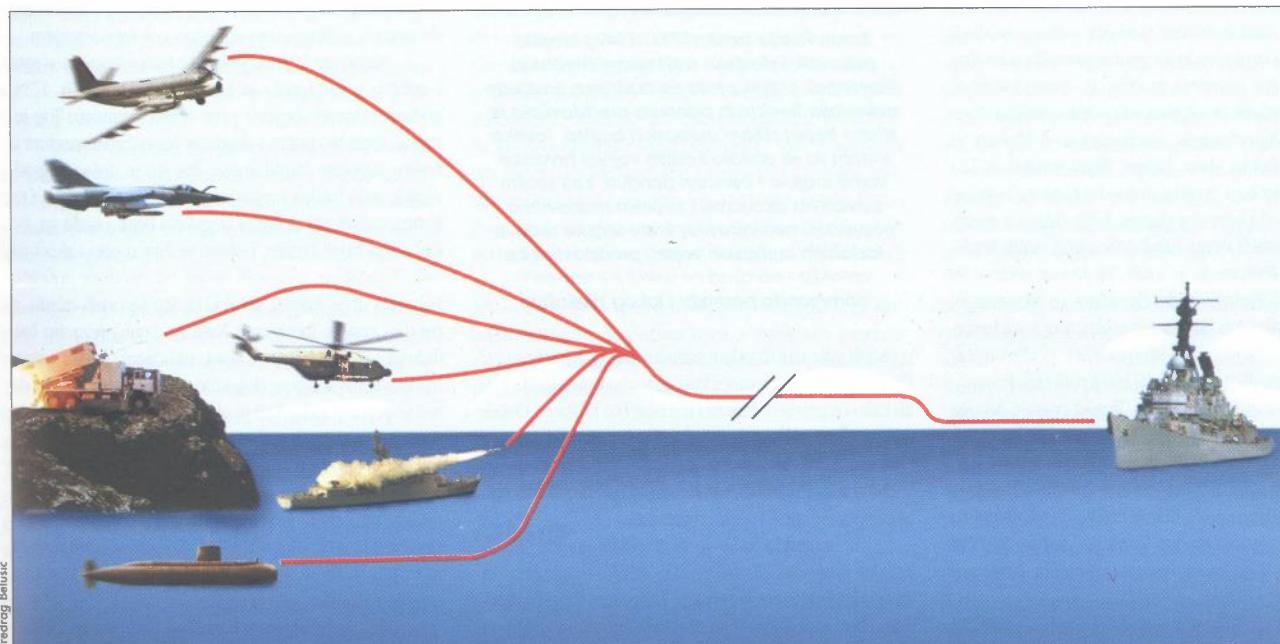
Radarsko daleko motrenje zračenjem elektromagnetske energije odaje svoju prisutnost i poziciju, pa je uputnije rabiti, kada je god to moguće, sustave pasivnog motrenja neprijateljevih elektromagnetskih signala, bilo radarskih bilo radiokomunikacijskih. To je posebice učinkovito kada su detektori signala instalirani na visokoj obali odakle im se pruža daleki horizont (vidi HV br. 8: "Otkrivanje i identifikacija radarskih sustava").

Osim dorada na radarima, posebni se naporovi ulažu i u čvrše povezivanje svih važnijih sudionika na moru, kopnu i zraku u jednu mrežu suradnika s kontinuiranim protokom informacija o svim objektima u području njihova djelovanja. Tako ratna mornarica SAD planira uvesti suradničku

mrežu pod nazivom Cooperative Engagement Capability - CEC, povezujući sve važnije brodove određene skupine sa zrakoplovom za rano otkrivanje i nadzor površinskih i zračnih objekata Northrop Grumman E-2C Hawkeye. Početna operativna ispitivanja planirana su za 1996. godinu. Brodovi će biti opremljeni procesorom (Cooperative Engagement Processor) koji će moći pratiti veliki broj zračnih ciljeva simultano i sustavom za distribuciju podataka koji automatski uspostavlja mrežu i prosljeđuje podatke u realnom vremenu i dovoljne točnosti (mogu se rabiti za upravljanje paljbom) do slično opremljenih platformi. Ustvari, svaki brod će moći gledati radarsku sliku s bilo kojeg broda ili zrakoplova u skupini.

(nastavit će se)

Potencijalne lansirne platforme protubrodske projektila na površini mora, pod njom, na obali i u zraku predstavljaju prijetnju brodu te je njihovo rano otkrivanje od iznimne važnosti



Na vječnom putu borbe i opstojnosti

HRVATSKA VOJSKA KROZ POVIJEST

Ime baruna Franje Trenka, individualca, uzornog vođe, kojeg je vojnički poziv privlačio od najraniјeg djetinjstva i koji je dobro procijenio svoje ratničke osobine, dobro su zapamtili prijatelji i neprijatelji, a smionost njegovih pandura tjerala je svakome strah u kosti.

Mihovil IVANIĆ

Hratska vojna povijest jedna je od tabu-teme u našoj historiografiji za vrijeme postojanja jugoslavenskih država. Vojska je, naime, temeljna institucija svake države pa je narodu osuđenom na životarenje bez suverene vlasti trebalo prebrisati sjećanje na nju. Osobito su se prešućivale, marginalizirale ili u krivom svjetlu predstavljale markantne osobe koje su se istaknule poznavanjem vojne vještine ili junaštvom na bojnom polju. Hrvati su sustavno prikazivani kao narod bez značajnije vojne prošlosti, dakle nejunački, anemičan, dekadentan, sposoban eventualno za poneku tvorbu duha ali ne i za podvige u kojima jedinstvenom snagom duha i tijela nastaju ili se brane države.

Svrha ovog podliška - cijeli sam temu svojedobno obradio i za zagrebački "Večernji list" - jest obnoviti povijesno sjećanje na baruna Franju Trenku, jednu od najosebujnijih osoba u hrvatskoj vojničkoj prošlosti. To nije pisanje povijesti nego tek rekonstrukcija Trenkova života na temelju nekih dosadašnjih radova, pisanih mahom u prošlom stoljeću (!).

Jednu "istoričku raspravu" o slavonskom junaku napisao je naš poznati povjesničar Ferdo Šišić i objavio je pod naslovom "Franjo barun Trenk i njegovi panduri" davne 1900. godine. Prema njoj donosimo dio Trenkova životopisa koji se odnosi na razdoblje od pune njegove vojničke afirmacije.

Predodređenost za vojni poziv

Plemenita obitelj slobodnih baruna "von der Trenck" spominje se potkraj srednjeg vijeka u srednjoj Njemačkoj, da bi se oko 1450. godine preselila u Istočnu Prusku. Od tada tamošnje kronike su "pune junaštva" Trenkova predaka po kojima su dobili predikat "von Grosz und Kleinscharlack, Schakulack und Meiken". I otac Franje Trenka, Ivan barun Trenk (rođen 1652.) također je započeo u pruskoj službi da bi nakon uspješne obrane Beča od Osmanlija godine 1683. stupio u austrijsku službu, ostavši vjeran habsburškoj kući punih šezdeset godina. (Pritom je u znak lojalnosti prešao na katoličanstvo.) Prešavši pedesetu, ozeni se plemenitom gospodom Keiler von Hargvatten iz glasovite kuće hercega Kurlandskih, koja mu 1. siječnja 1711. godine u kalabreškom gradu Reggiu u južnoj Italiji rodila Franju.

Zivotopisci Franje baruna Trenka opisuju mnoge zgodne iz djetinjstva koje su, uz obiteljsku tradiciju, ukazivale na njegovu predodređenost za vojni poziv na koji se "odazvao" 10. srpnja 1727. godine, počevši kao barjaktar u regimentu palatina grofa Nikole Pallfy. Trenk će dobro zapamtiti taj trenutak pa će u životopisu zabilježiti: "Od toga dana stala se moja sreća s nesrećom izmjenice radati."

Kao i drugi aristokrati onog doba već u šesnaestoj

godini kreće u svijet i od onda se sam brine za sebe. "No za našeg Trenka, bilježi Šišić, to nije bilo dobro, jer je naučio na svojeglavost i otresitost, misleći da se vojnički zanat sastoji jedino u tome, da se neprestano razbijaju i zamećuju kavge. To ga mišljenje nije nažalost nikad ostavilo, štoviše, to mu je doduše pribavilo glasovito ime, ali i preran grob."

Iako će vojničku slavu stjecati na bojnim poljima diljem Europe, Trenk će cijeli život biti čvrsto vezan na Slavoniju. (Slavonstvo Trenkova započelo je u početku dvadesetih godina osamnaestog stoljeća kad je Ivan barun Trenk dobio zapovjedništvo nad tvrdavom u Brodu na Savi.) Čim je primio "patent" odmah se zaputi



Barun Franjo Trenk (1711.-1749.) kraljevski pukovnik i vlastelin u sjevernoj Hrvatskoj (Slavoniji). U tijeku rata za austrijsko naslijede pukovnija Trenkova pandura predstavljala je strah i trepet diljem europskih vojnih. Taktika kojom su se obilato koristili vojnici hrvatske Vojne krajine i Trenkovi panduri, koji svojim odvažnim akcijama i smjelim manevrima pobijedu nemajuštove, krute linijske redove tadašnjih europskih vojski, predstavljat će preteču i obrazac za ustroj suvremenih commando postrojbi i lakog pješaštva

u Osijek gdje naruči odgovarajuće odjelo. No na putu u Đakovu uhvati ga groznica koja ga toliko oslabi da su mislili kako će umrijeti. Čak mu je i otac bio poslao u Osijek nužnu svotu za pogreb te nekoliko husara koji su ga iz Đakova trebali prenijeti u Brod. Snažna mladićeva tjelesna grada, međutim, odoli bolesti, te se štoviše vrlo brzo oporavi i uputi svojoj regimentu.

U Beogradu, gdje je služio dvije godine, mlađi Franjo provodio je vrijeme u svadi, dvobojsima sa časnicičkim kolegama, ljubakanju i kartanju. O toj posljednjoj strasti zapisat će: "Tko se u naše pokvareno doba ne

karta, u toga nema svega onoga, što se od valjanog vojnika traži. Jer onaj tko se plaši staviti na jednu kartu sav svoj imetak, taj nema smjelosti ni staviti svoj život protiv vatre i mača."

U listopadu 1729. regimenta mu bijaše premještena u Osijek, gdje nastavi živjeti istim životom. Tek što je stigao već je dva puta sudjelovao u nekakvom dvoboju. Budući je bio vrstan mačevalac to je uvijek sretno prolazio u takvim prigodama, no zato ga nisu mimoilazile kazne, pa je već dio te godine proveo u regimentskom zatvoru.

Godine 1731. Trenkovima se dogodi velika nesreća. Stariji Franjin brat umre u Beču gdje je bio adutant kod jednog generala. Bile su mu tek dvadeset i dvije godine. Starog oca to silno rastuži te pobojavši se za jedinca Franju, srednji sin mu je prethodno nastradao u nesreći odmah otide ministru prinцу Sachsen-Hillburgshausenu te mu u sinovljevo ime položi njegovu vojničku čast. Javivši sinu u Osijek što je u njegovo ime učinio, zapovijedi mu da ide na prostrana imanja koja su imali u Slavoniji te da se oženi.

Naiome, stari barun Trenk još po dolasku u Brod bio je kupio posjed Breštovac, a godine 1723. od baruna Imse na Pakrac i Pleternicu. Očeva želja da se sin okući i pozabavi oko gospodarstva bila je posve razumljiva, tim više što je poznavao pustolovnu čud Franjinu, radi koje je uvijek strahovao za njegov život. Na iznenadenje mnogih, sin posluša oca te se čak i oženi u Petrovaradinu s kćerkom feldmaršal-lajtanta* Tilliera. Vrativši se kući, (16. studenoga 1732.) bijaše svečano uveden u posjed imanja pleterničkog i brestovackog. Nešto prije toga stari Ivan Trenk bude premješten u grad Levoču gdje ostane do smrti te je Franjo sam upravlja golemlim imanjem.

Mirno razdoblje u kojem se bavio gospodarstvom i odlazio u lov trajalo je kratko. Već 11. srpnja 1734. godine, pratimo njegovu prvu veliku avanturu. Tog je, naime, dana bio pošao s dvadeset naoružanih pandura u Našice na sajam kupiti konje. Tek što je došao u grad, ukrade neki hajduk njegovim pandurima dva konja. Ovi krenu za njim slijedeći mu tragove u blatu i nadu ga, no kad su ga htjeli svezati, pobuni se čitavo selo i skoči na njih. Našavši se u nevolji jedan od pandura potegnu kuburu i ubije jednog seljaka, na što se ostali razidu, a panduri vrate s Trenkom u Našice s onim svezanim hajdukom. Trenk izruči lopova našičkom poglavarstvu ispriporijedavši što se dogodilo na što sudac zatraži da mu se preda pandur koji je ubio seljaka. Jasno da to ovaj ne htjede učiniti pa sudac pošalje četrdeset vojnika koji navališe na Trenka i njegovu pratinju. U sukobu pogine pandurski harambaša, a Trenk ljudi krene u Osijek da se prituži sudu, no tu ga bacise u tamnicu iz koje ga izvuče general Khevenhüller plativiš 1700 forintu kao naknadu za sudske troškove. Onaj pandur koji je ubio seljaka biva osuđen na sedam godina robije.

Taj dogadaj toliko razljuti Trenka te odluči

napustiti Slavoniju i skupa sa ženom i djecom otiće k ocu u Ugarsku. No Trenk je mogao mijenjati mjesto boravka ali ne i čud: u Levoči je nastavio s dvobojima i ljubakanjem što je bacalo ružnu sliku na obiteljsko ime, te mu nije preostalo nego vratiti se u Slavoniju. U to ga snade strašna nesreća: od kuge mu umre žena i četvero djece. Barun Franjo Trenk u dvadeset i šestoj godini našao se posve sám na svom prostranom imanju.

Zreo i neovisan, sada je mogao posve samostalno donositi odluke o budućem životu. Pritom nije dvojio - vojnički poziv koji ga je neodoljivo privlačio od najranijeg djetinjstva bio mu je jedini izbor. Tome u prilog išla je i okolnost što se Austrija upravo u to vrijeme zarađila s Turskom kao ruska saveznica. Zbog toga ponudi generalu grofu Seckendorfu, vrhovnom zapovjedniku austrijske vojske, da o svom trošku opremi postrojbu od 4000 pandura s kojima bi provalio u Bosnu.

(Kako će odsad Trenkovo ime biti posve povezano s pandurima, potrebno je ponešto objasniti taj pojam. Naime, pandursko ime, dobrim dijelom i zbog ponašanja Trenkove družine, poprimilo je tijekom vremena neke negativne oznake. Izvorno pak značenje te riječi pratrna - latinski banderium - ili naoružana postrojba nekog od feudalne gospode.)

General prihvati Trenkov prijedlog, no princ Sachsen - Hillburgshausen poznavajući otprije silovitu Trenkova narav, ne da pristanak. Trenka je to ogorčilo pa je u autobiografiji zapisao: "Uvjeravam svakog, da je moj prijedlog prihvaćen imao bi za četraest dana priličnu vojsku gotovo samih turskih podanika, koji su mi se već i prije toga nudili, pa bih tako uvelike olakšao vojevanje po kraljevstvu bosanskom. Jer svi ovi turski podanici imaju rodaka svojih amo preko Save na našoj strani, pa kako bih u Bosnu doveo tu našu momčad, to bi im se pridružili svi njihovi rodaci, te s nama udarili na Turčina; a tako opet kako mi je odbio prijedlog, više su ti turski podanici nanijeli štete cesarskoj vojski, nego li sami Turci."

Uskoro ipak dobije "zadovoljstvu": Austrija je u tom ratu bila loše sreće te je beogradskim mirom izgubila sve zemlje s one strane Dunava i Save.

No od svega toga najvažnije je da je Trenk već tada točno procijenio svoje ratničke osobine. Individualac kakav je bio, nije podnosio ničije zapovjedništvo te je mogao pružiti najviše ako je imao vlastitu postrojbu nad kojom je bio neograničeni gospodar.

Odbijen od Austrije, Trenk se ponudio Rusiji. Ta mu se služba činila pogodnom već i stoga, što je ruska carica Ana Ivanovna bila u bližem srodstvu s kurlanskim vovodama Keilerima, iz koje je obitelji bila njegova majka. Rusija ga doista primi i on uđe u husarsku regimentu pukovnika Kuminga sastavljenu gotovo od samih Madara. Dobivši čin kapetana zaputi se u Madarsku vrbujući tri stotine momaka s kojima potkraj travnja 1738. stigne u Kijev.

Trenkova narav, međutim, pokazala se i ovdje ograničavajućim čimbenikom u njegovoj vojnoj karijeri. Tek što je došao, odmah se našao u aferama i sukobima s nadredima tako da mu je došla u pitanje ne samo karijera nego i život.

U Kijevu se, naime, zavadi s pukovnikom Kumingom i to radi nekih 338 dukata, što mu ih je pozajmio još u Ugarskoj. U aferu se ubrzo upleo i major Novata, inače čovjek vrlo sumnjičavog karaktera, pa kako se Trenk vrlo odrješito vladao, završi u zatvoru iz kojeg se izvuče samo zahvaljujući svom junaštvu. Dok je bio zatočen zametne se bitka na rijeci Bugu u kojoj je 20.000 Tatara počelo snažno potiskivati carsku vojsku, koja se pod zapovjedništvom pukovnika Kuminga počela povlačiti. Trenk je bitku promatrao iz zatvora pa videći uzmak bijesno izleti pred regimentu i poviće: "Tko je junak, za mnom!" Koliko je dogadaj stvaran teško je utvrditi, no Trenk je doista sudjelovao u toj bitci, dobio javnu pohvalu od vojskovođe generala Münicha te bio

osloboden tamnice.

Trenku su smetale beskrajne spletke u Rusiji pa je unatoč sjajnom položaju koji je izborio nakon navedene bitke zatražio od grofa da ga otpusti iz službe. Umjesto otpusta ovaj obnovi istragu o prethodnoj aferi u kojoj je major Novata optuživao Trenka da se neprestano hvali kako je rodak ruskoj carici. Cijeli slučaj je završio Trenkovim bacanjem u lance i progostvom u Sibir. No izgleda da se samo radilo o smišljenu pokušaju da ga se omekša jer je na Münichovu zauzimanje uskoro pomilovan odsjedivši tek nekoliko tjedana u zatvoru.

Našeg junaka ništa nije moglo ukrrotiti. Na proljeće 1739. opet je u zastojku svadi s pukovnikom Kumingom. Čuvši da je ovaj izdvojio naredbu da ga okuje i zatvori, Trenk doleti u pukovnikov šator sasuvši mu u lice bujicu uvreda. Kuming na to izvuče sablju no Trenk mu je otme, izgura ga pred šator i izazove na dvoboj. Bijesan pukovnik na to otme pušku jednom stražaru ali ne uspije opaliti jer mu Trenk i nju otme pa nastane tučnjava u kojoj se Kuming brzo nađe pod Trenkovim nogama. Na opće čudenje glavozapovedajući Münich potom pohvali Trenka imenujući ga premijer-majorom u orlovskoj dragunskoj regimenti.

No naš Slavonac nije se dao smiriti ni kaznama ni nagradama. Vrlo brzo u sukobu je s novim nadredenim pukovnikom Mayerom. Nakon što su se potukli batinama, Trenk pred cijelom regimentom pljusne pukovnika. Stvar je bila tim ozbiljnija što se dogodila u ratno doba. Glavozapovedajući Münich, koji je usprkos svemu ipak simpatizirao Trenku, ne htjede sam suditi nego stvar povjeri grofu Rumjancovu koji pod optužbom neposlušnosti i nepokornosti osudi Trenka na smrt. Osuda bude proglašena 10. siječnja 1740. i istoga dana trebala je biti izvršena. Osudnik već bijaše izveden iz tamnica na stratištu, no prije nego što je uslijedila posljednja zapovijed, dođe pomilovanje i smrtna kazna biva preinačena u šestomjesečnu robiju i vječni izgon iz Rusije.

Nije nam poznato tko je stajao iza ovog obrata, no u svakom slučaju radilo se o nekom močniku jer ni zatvorska kazna nije odslužena do kraja - već 8. veljače iste godine Trenk je pod jakom stražom zauvijek protjeran iz Rusije.

Vrativši se u Slavoniju, nade je u velikom neredu. Kmetovi koji su mu se razveselili stadoše se tužiti na hajduke koji su oko neprestano robili i ubijali. Oni su dobro znali da ih jedino Trenk može oslobititi te napasti jer hajduci respektiraju samo silu. Budući da su izravno bili ugroženi i njegovi posjedi, Trenk se odmah da na posao. Na brzinu skupi tridesetak odvažnih pandura te krene u potjeru na hajduke. Bilo mu je stalo da što prije zavede red jer se po svemu čini da je bio odlučio makar dio života čvrsto vezati sa Slavonijom, budući da je po povratku kupio gospoštiju Nuštar. (Osim toga pri povratku imao je dirljiv susret s ocem koji ga je u Suzama zaklinjao da se skrasi na svojim posjedima u Slavoniji te da se okani opasnih lutnja po svijetu.) Stvar je vrlo brzo bila rješena. Nešto hajduka pohvata, nešto poubjija, tako da Slavonija ubrzo odahne. No ne i barun Franjo Trenk. Zbog ubojuštva opasnog hajduka Vidaka imao je silnih peripetija iz kojih se izvukao stupivši u službu carice Marije Terezije koja je upravo u to vrijeme bila u zastojku sukobu s pruskim kraljem Fridrikom II. za austrijsko naslijede. Tu počinje fama o Trenkovim pandurima, za koje su neki povjesničari tvrdili da su najsmjelija vojska osamnaestog stoljeća.

Rat za austrijsko naslijede - Hrvati diljem europskih ratišta

No prije nego počnemo prikaz vojevanja Franje baruna Trenka i njegovih pandura, potrebno je ukratko objasniti suštinu rata za austrijsko naslijede.

Došavši na austrijsko prijestolje godine 1711., Karlo III. nije imao muškog potomstva. Time je doveđeno u opasnost nasljedno pravo habsburške dinastije jer su prema zakonu iz 1687. Hrvati i Mađari po izumiranju muške loze Habsburgovaca imali pravo slobodno izabrati svoga kralja. Skupiši se u biskupskom dvoru na vijećnje 9. ožujka 1712. godine, hrvatski Sabor je poslije duljeg burnog raspravljanja koje je trajalo dva dana zaključio "da će se povjeriti onoj i onakvoj ženskoj lozi austrijskog roda, koja će posjedovati ne samo Austriju nego i Štajersku, Korušku i Kranjsku, a stolovati u Austriji", tj. koja će kao zakoniti nasljednik naslijediti austrijske nasljedne zemlje, koje su se smatrале posjedom habsburške obitelji. Objasnjavajući taj znameniti saborski zaključak poznat pod nazivom hrvatska Pragmatička sankcija, u adresi kralju Karlu 15. ožujka 1712. godine, hrvatski izaslanici su izjavili:

"Kod primanja naše koristi ne će nas zastrašiti što smo dio Ugarske. Mi smo, doduše, kako zakoni kažu, zemlje pridružene Ugarskoj, ali joj nismo podanici. Nekada smo imali svoje rodene, a ne ugarske kraljeve. Nije nas Ugrima podvrgla nikakva sila, nikakvo ropstvo, već se sami od svoje volje pokorismo, ne kraljevstvu, nego kralju njihovu. Njihova kralja također priznajemo dok bude gospodar Austrije, aako se dogodi da ti ne možeš biti, ne čemo slušati zamamljiva glasa slobodna izbora, ni poruku da smo dužni nerazrješivo slijediti Ugarsku; slobodni smo, a ne robovi."

Hrvatskom pragmatičkom sankcijom Hrvati su dokazali da su suveren narod ne samo prema Ugarskoj, što se vidi iz prethodnog navoda, nego i prema Austriji, budući da su Habsburgovce sami izabrali za svoje vladare.

Budući da je 1722. godine i ugarski sabor prihvatio Pragmatičku sankciju, to poslije smrti Karla III. godine 1740. nije bilo prepreke da na austrijsko prijestolje sedne njegova kćer Marija Terezija. No sve europske vlasti nisu odmah priznale Pragmatičku sankciju pa je to bio uzrok austrijskom nasljednom ratu koji je trajao od 1741.-1748. godine u kojem je protivnik Austrije bio pruski kralj Fridrik II. kojemu su se pridružile Bavarsku i Francusku. Bitke su se vodile u Šleskoj, Češkoj, Bavarskoj i Francuskoj, a u njima su na strani Austrije osim baruna Trenka i njegovih pandura i hrvatske krajiske postrojbe kao i mnogi Hrvati dobrovoljci.

No vratimo se Trenku. Shvativši ozbiljno buduću službu, on podnese kraljici pismeni prijedlog u kojem se obeže da će u roku od tri tjedna, računajući od dana povratka na svoje imanje, pripremiti za rat potpuno opremljenu oružanu postrojbu od tisuću ljudi, koje će unovačiti u Slavoniji i Srijemu i dovesti na Šlesko bojište. Kraljica odgovori otvorenim pismom, kojim se daje na znanje svim vojničkim i građanskim vlastima u Slavoniji i Srijemu, da se "ruskom majoru" Franji barunu Trenku dopušta prikupljanje dobrovoljaca u navedenim zemljama. U pismu su navedeni i uvjeti novčanja.

Majoru Trenku dopušteno je primiti po jednog momka od svakih pet zadruga. Od podravskih i posavskih krajinskoga može također uzimati one, koji mu se dobrovoljno jave, a isto tako i sve pomilovane slavonske hajduke. Svekolika se postrojba treba tri tjedna po Trenkovu povratku u Slavoniju sastati u Osijeku, otkud će krenuti za Šlesku. Na svakih pedeset momaka ide harambaša, a vrhovno zapovjedništvo vodi sam Trenk. Svakom panduru, kako harambaši tako i "prostaku" pripada dnevno šest novčića iz kraljevske blagajne od čega su panduri dužni sebi kupovati kruh. Sam Trenk nema nikakvih novčanih primanja. Prema ovoj odredbi panduri su trebali nositi običnu narodnu nošnju "skrojenu po tursku", a od oružja morali su imati dva para kubura, sablju, pušku i handžar. Iz kraljevskih sklađa bit će opskrbljeni sa šatorima, barutom i olovom. Prema uvjetima službe bilo je predviđeno da se na svaki način moraju čuvati "izgreda i psina" te da vladajuće

načelo bude: jedan za sve, sví za jednoga. Učinjenu štetu pandur je morao nadoknaditi na licu mjesta, a za izgrednike je predviđena oštra kazna. Materijalni interes zbog sudjelovanja u ratu, panduri su vidjeli u ratnom pljenju. Bilo je, naime, predviđeno da im pripadne sav pljen koji učine u neprijateljskoj zemlji. Jedino im nisu pripadale zaplijenjene ratne blagajne, barjaci i topovi. S druge strane bilo je najstrože zabranjeno pljeniti po vladaričnim zemljama.

Sve te odredbe bile su navedene u otvorenom kraljičinom pismu. Istoga dana kad je izdano, dvorsko ratno vijeće javilo je osjećkom zapovjedniku feldmaršal-lajtantu Ascaniju markizu Guadagniju da se što odlučnije zauzme za stvar, a osobito da nastoji unovacišti što više pomilovanih slavonskih hajduka "jer će tako jasno dokazati da su bili vrijedni i dostojni kraljevske milosti."

No novačenje je u početku išlo loše. Odasvud su stizale vijesti o nevoljkom pristupanju Trenkovoj četi, a seoski knezovi izjavile da su kroz mnogobrojne ratove osiromašili i propali, pa nemaju ni pluga ni tegleće stoke koju je pomorila kuga, a kamoli odijeli i oružja za pandure. Osim toga Šleska se činila daleko da bi novi ratni namet bio opravdan, a budući novaci su izjavljivali da je šest novčića dnevnice premalo za takо skupo opremanje. U zakazano vrijeđe, osim nekoliko ljudi koje je opremio sam Trenk sa svojeg vlastelinstva, u Osijeku se nije pojavio gotovo nitko. Već je izgledalo da je zamislio potpuno propala jer se nije vidjelo načina kako okupiti postrojbu budući da je u kraljičinoj naredbi izričito stajalo da se pri novačenju ne smije nasilno postupati. Ipak na ponovljeni poziv zemaljskog odbora prijavili se nešto više dobrovoljaca, a polako se počne otkrivati zagonetka neuspjeha koji je uzrokovao ne nehajem pučanstva nego nemarom činovnika, među kojima je još otprije bilo mnogo Trenkovi osobnih neprijatelja i zavidnika. Kad je to išlo na javu, zemaljski odbor oštro istupi prijeteći činovništvu da će ih stići teška kazna ukoliko i dalje budu ometali vrbovanje. Tada sve krene na dobro tako da je Trenk mogao prisutputiti približoj organizaciji postrojbe. Do kraja travnja sve je bilo spremno.

Na temelu sačuvanih dokumenata do nas je stiglo dosta točno stanje Trenkove postrojbe. Iz trideset i dva kotara bilo se javilo 890 dobrovoljaca na čiju je opremu potrošeno 62.055 forinta i 43 novčića.

Nakon nekih peripetija koje su u zadnjem čas zaprijetile - zbog navodnog neispunjenja svih obećanja kao i nekih teških kazni za izgrednike pod vodstvom dvojice harambaša bilo je u jednom trenutku postrojbu napustilo gotovo 300 momaka - napokon je 11. svibnja 1741. godine, Trenk prešao Dravu i ulogorio se u Marezali. Za dva tjedna panduri, kojima se u međuvremenu broj peopeo na 1022 momka, stiglo u Beč. Sad je postrojba bila ovako sastavljena: jedan major (Trenk), dva kapetana, jedan natporučnik, pet poručnika, jedan konakdžija, jedan pobočnik, dva kapelana (katolički i pravoslavni), dva ranarnika, četrdeset harambaša, pet pisara, osamdeset kaplara, dvanaest glazbara i osam stotina i devedeset "prostaka".

U subotu, 27. svibnja u 9 sati kraljica Marija Terezija uputila se ususret Trenkovim pandurima s najodličnijim društrom u kojem su bili nadvojvoda Franjo Toskanski, vojvoda Karlo te kraljičine sestre Marija Ana i Marija Magdalena. Kad panduri ugledaše kraljicu gromoglasno je pozdrave, pokažu vježbu iz svog načina vojevanja te na kraju promarširaju u najljepšem redu

mimo njezine kočije. Za cijelo vrijeme marširala je njihova "turska banda".

Ostalo je zapisano da se toga dana cijeli Beč strčao vidjeti tu čudnu vojsku, ne znajući čemu da se više divi, visokom stasu, divovskoj snazi, šarenom odijelu ili mnogobrojnom oružju. Kraljica očito zadovoljna bogato obdarili momčad: dva dvorska časnika razdjile među pandure po tri "novoskovane šestice" po momku. No na tome se nije ostalo. Vrativši se u dvor, kraljica odredila da joj dovede u predsjoblje dvanaestoricu najviših pandura s jednim časnikom da ih vidi njezina mati, carica Elizabeta.

Cijeli Beč je tih dana živio u znaku pandura. Svatko ih je želio vidjeti pa i sama udovica Josipa I., carica Amalija, za koju je Trenk promarširao pokraj salezijanskog samostana iz kojeg ih je s pratnjom promatrala. Uputivši se zatim put Šleske, bili su otpraćeni do Dunava od nekoliko tisuća znatiteljnika.

Poslije odlaska pandura, Trenk se još koji dan zadrži u Beču, te ih poštom stiže 6. lipnja kod moravskog Karthausa. Odatile javi feldmaršalu Neippergu da je stigao s 1020 dobrovoljaca koji je o tome već bio obaviješten od dvorskog ratnog vijeća koje se osobito dobro izrazilo o mnogobrojnom časništvu "jer tu celjad je ionako teško

sukobljuje te dospjeva pod istragu. Od tada će Neipperg uporno raditi protiv Trenka koji će zaštitu nalaziti u feldmaršalu Khevenhülleru.

Panduri su se istaknuli 23. srpnja 1741. godine pri navalu na gradić Strehlen kod Zoptena. Nakon se Trenk vrati svojim pandurima dok je Menzel na njihove pritužbe odstranjen.

Sljedeći podvig bila je navalna na zalaznicu cijele pruske vojske kod Schweidnitzia. Pritom se osobito istaknuo sam Trenk zarobivši veliki pljen i sasjekavši mnogo neprijateljskih vojnika. Fridrik Veliki je bijesnio.

Tijekom godina 1741. i 1742. Trenkovi panduri bore se u Austriji i Bavarskoj. Položaj Marije Terezije postao je nakon bitke kod Mollvitza vrlo težak. Sjedinjeni Bavarci i Francuzi nastupaju prema Češkoj polovicom kolovoza 1741. Na savjet Fridricha Velikog udari Karlo Albrecht, bavarski knez izborni na Beč te osvoji Passau i ude 15. rujna u Linz, a potkraj listopada dode na domak Beča. I Francuzi prijedoše austrijsku granicu. Na njihov savjet promijeni Karlo Albrecht smjer prodiranja te uđe u Češku gdje se 7. prosinca 1741. proglaši češkim kraljem, a 24. siječnja 1742. bude izabran i za njemačkog cara. No austrijskoj vojsci ipak uspije protjerati Bavarske i Francuze



Krv krajiskih Hrvata - graničara, vojnika i ratnika, natapala je plodne nizine rijeke Pada, kvasila poljane njemačkog carstva i snježne ravnice Rusije sve do Moskve. Proljevala se po raznim bojištima austrijskih pokrajina. Silni car Napoleon Bonaparte rekao je: "Les Croates sont les premiers soldats du monde" (Hrvati su prvi vojnici na svijetu). Graničari u svojoj odjeći iz 1742. godine: Rheysser, Slavonac, Ličanin, Banačanin, Varaždinac i Karlovčanin, prikazani u boji u Ilustriranoj povijesti K.K. vojske izdanoj 1886. godine u Beču

držati na uzdi bez većeg broja nadredenih."

Kao što smo u početku istaknuli, ovaj dio Trenkova životopisa uglavnom smo preuzeли iz "istorične rasprave" dr. Ferde Šišića, "Franjo barun Trenk i njegovi panduri", Zagreb 1900. Samo vojevanje, zbog preglednosti opisa, dajemo prema radu Slavka Pavičića, "Hrvatska vojna i ratna povijest i prvi svjetski rat", Zagreb, 1943.

Trenkovi panduri - prethodnica carske vojske

Već 18. lipnja Trenkovi panduri zauzeše Zoptenburg, nedaleko Schweidnitzia, te im uspije odvući pljen usprkos navale 600 pruskih husara i pješaka. U tom prvom pothvatu panduri su počinili i teške prijestupe, pa ih je Trenk izveo pred sud pri čemu su dvojica kolovoda izgubila glavu. Neipperg je sam ukorio Trenku radi ponašanja njegovih pandura. Čak ga je bio prijavio i velikom vojvodi Franju Toskanskom previše ga ocrnivši. Usljed toga dolazi do promjene u vodstvu pandura koji je dodijeljen pukovnik Menzel s kojim se Trenk brzo

iz svoje države.

Sada Austrijanci provale u Bavarsku. Za ratovanja u njoj istaknuli su se na poseban način Trenkovi panduri. Svaki važniji austrijski uspjeh bio je postignut upravo njihovom zaslugom. Panduri su postali prava napast za neprijatelja koji ih je znao nazivati i drugim imenima poput husara ili jednostavno Hrvata, a davao im je i razna pogrdna imena.

Panduri se ističu pri obrani dunavskog mosta pred Bečom. Sam Trenk uhada neprijatelje i izvida njegove položaje. Kod Strenberga, nedaleko Linza, napadne neprijatelja i potuče jedan dio vojske, a na Dunavu zaplijeni pet velikih lada koje su prevozile sijeno i zob.

Trenkovi bojovnici osobito se proslavile u borbama oko gradića Clausa, Windichgartena i Spitala na sjeveru Štajerske. Trenk je prednjačio. U početku siječnja 1742. navalni iznenada na Claus, pobije stražu, uspne se na čardak te prodre do vrata tvrđave te pozove branitelje da se mirno predaju. Kad ovi to učinile, predadoše se i druga dva spomenuta gradića. Pritom su zarobljena 664 neprijateljske vojnika, dva časnika, a zaplijenjeno je 48 velikih pušaka i pet topova. Trenkovi panduri bili su

pohvaljeni za junačko držanje.

Odmah zatim ističu se pri navalni na Linz kojeg je branio francuski zapovjednik grof Segur. Trenk započne napadaj 22. siječnja te iste noći zapali palisade i osvoji pregrade. Još prije no što će glavnina austrijske vojske ući u grad, Trenk koji joj je otvorio prolaz osvoji uršulinski samostan i prisili Francuze na predaju. Branitelji dobiju dopuštenje izlaska iz grada s oružjem, ali pod uvjetom da se kroz godinu dana ne će boriti protiv Marije Terezije. Tako je samo šaka hrvatskih junaka vratila Austriju taj tvrdi grad. Pritom su imali 6 mrtvih i 15 ranjenih, među njima bio je i sam Trenk.

Nešto kasnije panduri krenu u Bavarsku s vojskom koju je vodio barun Bernklau i zaustave se kod Plattlinga na riječi Isaru. Tu se Trenk posluži varkom. Preobuće se u svećenika, uđe u grad i savjetuje građanima da poprave mostove kod Isara, jer će inače panduri preplivati rijeku, a to će ih skupo stajati. Dok je razgovarao s građanstvom, 25 pandura preveze se preko rijeke. Iznenadani građani i vojnici pobegnu, a panduri osposobe mostove, prevedu cijelu momčad i osvoje mjesto.

Nakon toga Trenk sa 600 hrvatskih kraljica osvoji tvrdi grad Deggendorf koji su branili Francuze. I ovdje se poslužio prepadom i varkom.

Trenkovi panduri iskažu se malo kasnije i kod Mainburga i Neustadta. Tu zaplijeniše dvije neprijateljske zastave, a zatim zauzeće utvrđeni Reichenhall na tirolskoj granici. Branio ga je bavarski general Fermian, raspolažući s mnogo više snaga nego Trenk. I ovdje se dokopa značajnog pljenata neprijatelju odnese kamene soli u vrijednost većoj od 300.000 forinti.

Slijedeći podvig učini pri kaznenoj ekspediciji protiv bavarskih dobrovoljaca-seljaka sela Lenggriesa na gornjem Isaru koji su se drznuli zaplijeniti osobnu prtljavu generala Herbertsteina. Take akcije najviše su odgovarele Trenku. S lakoćom prisili seljake na predaju, razoruža ih, ubere kontribuciju i zaplijeni nekoliko stotina konja.

Panduri aktivno sudjeluju i u zauzimanju grada Münchena, kojeg su branili Francuze. I tom prigodom pomažu im hrvatski kraljici. Trenk najprije uspije zauzeti kneževski vrt kraj dvorca, a cijeli grad pred se još istog dana. To je pomutilo mnoge francuske planove te brzo odluče napasti Passau, no bez uspjeha. U tim borbama Trenk je izveo jedan od svojih najsmrtonosnijih potpresa. Napadne na dobro branjen grad Diesenstein na česko-bavarskoj granici kojeg su branili bavarski strijelci pod vodstvom potpukovnika baruna Drexchslera. Djelovanja započnu 22. lipnja, a u njima su sudjelovali i Hrvati Forgačeve pukovnije. Istog dana Trenk opkoli grad i pozove branitelje na predaju, no ovi to ne poslušaše nego odgovore paljborom iz topova. Panduri uzvrate pa je ujutro obrambeni zid već bio porušen, a sam grad dobrano oštećen. Pokušaj bavarskih strijelaca da prodrui iz grada ne uspije pa ih dio bude ubijen, a dio uhićen nakon čega se grad predao na milost i nemilost. Pljen je bio golem - najviše streljiva, oružja i hrane. Prigodom pljenidbe Trenk umalo ne izgubi život. Pretražujući jedan podrum nađe na spremište baruta te neoprezno baratajući svjećom aktivira ga uslijed čega dobije teške opeklone. Na životu ga je održala iznimna fizička grada kao i njega petorice liječnika koji su ga vidali. Austrijanci su dobro znali koliko im koriste Trenkove ratničke sposobnosti pa nisu žalili truda da ga čim prije osposobe za nove rate. A na to se nije mnogo čekalo: već za petnaest dana, doduše "pun zakrpa" mogao je poći u posjet generalu Khevenhülleru koji ga je ugodno iznenadio putpukovničkim dekretom.

Uskoro Trenka nalazimo pred Weissensteinom gdje sa 38 konjanika rastjeruje 200 neprijateljskih vojnika i poziva mjesto na predaju. No neprijatelj se čuti dovoljno jakim pa ne udovoljava zahtjevu, a Trenk nije imao dostatno snage da provede naum silom pa mu

bijaše dodijeljeno 6000 momaka za pomoć. Za vrijeme opsade Trenku podže za rukom uhiti glasnošu francuskog vojskovode od kojeg je saznao da gradu dolazi pomoć, pa ne čekajući, navali sa 146 pandura na grad kojeg je branilo 3000 Bavaraca i Francuze. Uspjeh bijaše potpun jer su branitelji bili ili ubijeni ili protjerani. Pritom je zarobljeno mnogo vozova sijena i slame od čega je morao većinu zapaliti jer nije mogao sve odvesti.

Nabrojeni Trenkovi ratni uspjesi samo su dio mnogobrojnih ratnih zbivanja. Na širem planu austrijskoj vojski dotad je išlo uglavnom loše. Dana 28. srpnja 1742. pruski kralj Fridrich II. sklopio je s Marijom Teretom mir u Berlinu po kojem mu je ustupljena čitava Šleska osim vojvodstva Teschen te grada Troppau i kraja s obje strane rijeke Oppe. Austrija nije imala što tražiti ni u Bavarskoj pa se sva usmjerila na Češku koja je u to vrijeme još bila puna bavarskih vojnika. Pritom je značajna uloga pripala Trenku. On od generala Khevenhüllera dobije zadaću da najprije osvoji pogranični grad Cham. U taj pothvat krenuo je sa 146 pandura, 300 hrvatskih graničara te dvije satnije drugih vojnika, a u gradu su ga čekali Bavarci s jednom bojnom garde, dvije satnije grenadira sa 13 topova, dva mužara i 48 dvostrukih velikih pušaka. Među braniteljima bilo je i vojnika koji su se predali prigodom zauzimanja Linza i koji su se bili obvezali da godinu dana ne će ratovati protiv Marije Terezije. Zbog svega toga Trenk zatraži od glavnozapovjedajućeg grofa Küingla da preda grad jer nema pravo na obranu. Ovaj je otezao čekajući pomoć. Nastane nadmudrivanje, pri čemu iz grada ubiće jednog pandura. Trenk na to odlučno zatraži da mu se preda krivac, na što mu odgovoriše da će to učiniti, ali nakon pregovora s austrijskim generalom Khevenhüllerom. Ovaj popusti, no uhiti glasnika koji je nosio pismo za generala te s njim počne ucjenjivati branitelje. Ponovno nastane natezanje koje prekine Trenk napadom na grad, te u prvom naletu zauzme predgrade i zapali ga. Jak vjetar raširi vatru na grad, gdje planu barutana. Iskoristivši pomutnju, panduri prijedoše preko zidina te pobiju i pokolju sve što im je stiglo u ruke. Cijeli grad Cham izgori do temelja. U ruke pandura padne 722 momaka, pet zastava, 10 topova te mnoštvo opreme i raznih potrepština. Time je Austrijancima bio otvoren put u Češku. Trenkovi panduri bili su prethodnica koja je otvarala put carskoj vojsci. S našim barunom nastupalo je 807 hrvatskih husara, 600 njemačkih konjanika i 300 hrvatskih graničara.

Po zapovijedi više komande, Trenka uskoro nalazimo pod gradom Deggendorfom. I taj je grad dobro branilo 500 Bavaraca, no panduri ovaj put nisu htjeli otici praznih ruku. Trenk se posluži ratnim lukavstvom: na mnoštvo slaminatnih snopova da navući pandurske odore te ih u borbenom redu postavi oko grada. Varka je uspjela jer se obrana, misleći da je opkoljena s mnogo nadmoćnjim neprijateljem, predala.

To je jedno bilo posljednje djelo Trenkova pandura u godini 1742. U početku prosinca nastupi im dopust i oni se uputile preko Linza u Hrvatsku, a Marija Terezija, dobro znajući od kolike su joj pomoći, osobno zapovjedi banskom namjesniku da ih što bolje smjesti i opskrbiti najnužnijim stvarima.

Na prostranim imanjima u Slavoniji Trenk je te zime mogao biti zadovoljan sjećajući se vojevanja iz prethodne godine. Svi veći austrijski uspjesi bili su vezani uz njegovo ime i vojsku koju je vodio. Njegovo ime dobro su zapamtili prijatelji i neprijatelji, a smionost njegovih pandura tjerala je svakome strah u kosti. Bilo je dostatno proširiti glas "panduri idu", pa da se razbjere čitava sela, a tvrdi gradovi predaju.

Mozda se Trenkovi uspjesi čine pretjeranim. To više što su u historiografiju ušli njegove autobiografije. No, ozbiljni istraživači koji su se bavili tim problemom potvrđuju da se činjenice iz životopisa slažu sa službenim izvješćima i drugim povijesnim vrelima.

Prije nego je došao u Slavoniju, Trenk je svratio u

Levoču, gdje je zatekao bolesnog oca. Starac kao da je čekao sina jedinca pa da u miru umre. To se ubrzilo i dogodilo, no prije smrti stari Ivan Trenk napiše oporuku u kojoj sina učini glavnim nasljednikom svih svojih vlastelinstava, i to Breštova, Pešternice i Pakraca, dok je Franjo sam kupio Veliku i Nuštar. Na njima je bilo 150 seli, a njihov vlasnik raspologao je godišnjim prihodom od 60.000 forinti. Po tome je Franjo barun Trenk bio jedan od najbogatijih ljudi u Hrvatskoj. Zbog toga ne iznenadjuće što je oporuku ovjerilo svojim potpisom sedam kanonika šipuskog kaptola, a potom i sam palatin grof Palfy, koji je uruči bečkom ratnom vijeću na čuvanje.

Dok se bavio teško bolesnim ocem, dove mu nalog iz Dvora da hitno krene u Slavoniju gdje je u Maloj Vlaškoj buknuла buna. Ona je bila uperena protiv gradanske uprave, a buntovnici su tražili pripojenje varadinskoj krajini te oproste od davanja, uzdržavanja prolazeće vojske i drugih dača. Bila je to jedna od tišišnih buna u Slavoniji u kojoj je pretežito pravoslavno pučanstvo tražilo da dode pod jurisdikciju Vojne krajine, gdje su im uvjeti života bili lakši jer su bili oslobođeni davanja zemaljskim gospodarima, a zauzvrat su se obvezali služiti u vojsci. U Beču su se dugo nečekali da primjene silu prema pobunjenicima, no kad su bili sigurni da su iscrpili sva miroljubiva sredstva, istupe vrlo odlučno. Kolovođe izgube glavu, a tridesetak najvatrenijih buntovnika završi na galijama. U gušenju pobune sudjelovao je i Trenk sa svojim stotinom pandura. Osim naredbe iz Beča, imao je i osobnih razloga jer se buna bila protegla i na njegove posjede.

Nakon ugušenja pobune dio pučanstva na ovom prostoru bio je za kaznu unovačen i stavljen pod Trenkovo zapovjedništvo. Uz pandure koje je okupio i opremio sam Trenk bila je to zatnata sila od 3300 ljudi s kojima Franjo u svibnju 1743. godine kreće u Bavarsku stavivši se na raspolaganje tamnošnjem velevojvodi.

U međuvremenu, nešto su se izmjenili odnosi snaga u ratu za austrijsko naslijede. Berlinskim mirom 28. srpnja 1742. raspala se antiaustrijska koalicija. Pruski kralj Fridrich II. istupio je iz kruga kraljevina neprijatelja, tako da su Bavarci pod carem Karлом VII. ostali sami s Francuzima u borbi protiv Marije Terezije. U uspješnoj austrijskoj ofenzivi koju vodi u prvoj polovici 1743. godine, Trenk ne sudjeluje jer je zabavljen gušenjem bune u Slavoniji. Priključuje se tek u lipnju, kad je nakon velikih austrijskih uspjeha francusko-bavarska sila bila satjerana u kut što ga pravi ušće rijeke Lech s Dunavom.

Došavši s pandurima iz Slavonije, utabori se kod mjesta Rain. U prvoj akciji sa samo dvadeset pandura prepadom zauzme most na Dunavu. Željan "pravoga rata", osobno je vodio pandure s golom sabljom u ruci. Vrhovni zapovjednik austrijske vojske princ Karlo Lotariški, ushićen tim uspjehom, pozove Trenku s nekoliko pandura na večeru tijekom koje se ovaj ponudi da još iste noći osvoji francuski logor preko Lecha. Bude mu odobreno, a on se posluži varkom: lupom i bukom zavara Francuze, prijeđe preko Lecha i zauzme logor koji su Francuzi, iz straha misleći da ih napada snažan neprijatelj, bili napustili. Za taj podvig Trenk je imenovan pukovnikom.

Nekako, u isto vrijeme bila je razbijena i glavna francuska vojska na Majni, pa ovi uzmakoše preko Rajne. Taj prostor bit će u idućem razdoblju poprište borbi u kojima će s velikom odlučnošću sudjelovati Trenk sa svojim pandurima.

Trenkovi ljudi su često prelazili Rajnu. Tako 6. kolovoza prijeđe riječu sa 130 momaka i napadne neki mlin u kojem je bila smještena postrojba francuskih konjanika. Zapalivši mlin, rastjera konjanike koji ostavise barjak i trbu. Kao dokaz da je doista prešao Rajnu, bogat pljen poslaje prinцу Karlu, no ovaj mu vrati barjak uz obrazloženje da pripada onima koji su ga "svojom krvlju posvetili."

Tjedan dana kasnije opet je s druge strane Rajne. Tom prigodom uhiti jednoga francuskog maršala, četiri kirasira i dva oboržana seljaka. Sljedećih dana triput je palio jedan francuski čardak dok se graditelji nisu okanili jalova posla. Trenk i panduri u to vrijeme prava su napast za Francuze. Zbog crvene kukuljice zvali su ih "crveni kapucini", a uz to su još bili "počašćeni" nizom imena, kao "divljaci" i slično. Trenk je to zabavljalo, pa jednom prigodom dobaci francuskom časniku kako je upravo i došao u ovu zemlju da se nauči lijepom ponašanju i kulturni.

Dana 3. rujna bio je određen za prijelaz cijele vojske preko Rajne. Hrvatske postrojbe bile su predviđene za predstraže. I doista, Hrvati su prvi prešli Rajnu kod Kalte Herbergea. Oko 150 hrvatskih krajšnika i nešto pandura zauzme rajnski otok Rheinach i pobi Francuze. Zatim počnu graditi most preko Rajne, koji završe unatoč stalnom ometanju francuskog topništva. Prešavši rijeku, zauzmu francuske utvrde. Sagrade zatim još jedan most, ali unatoč hrvatskom junaštvu, cijela austrijska vojska nije uspjela prijeći Rajnu. Zbog toga vojvođa Karlo pošalje Trenku u švicarski grad Basel da zamoli poglavarstvo da austrijskoj vojsci dopusti prolaz kroz grad.

Usprkos velikom trudu i "mudrovaju"

to mu ne pode za rukom jer su interesi grada bili više vezani za pograničnu Francusku nego daleku Austriju. Vojsci ne preostane drugo nego vratiti se u Bavarsku, prethodno porušivši mostove i utvrde na Rajni. Jedino u Freiburgu ostane jaka posada, i to uglavnom od pandura koji tu nevoleko prezime jer bi radije to vrijeme proveli u Slavoniji.

U početku 1774. godine Franjo barun Trenk opet sakupi tri tisuće pandura i husara s kojima 6. travnja stiže u Beč. Ovaj put bili su nešto drukčije obučeni: odjelo im je uglavnom bilo zelene boje, a samo su kukuljice bile crvene ili žute. Nakon što se prikazuju kraljici i nadvojvodu, upute se na bojište.

Austrijska vojska bila se okupila u Münchenu te se u četiri kolone uputila prema Rajni u namjeri da je prijede. Panduri su i ovaj put bili prethodnica.

Europi je zastao dah

O Trenkovu značenju u to vrijeme najbolje svjedoči podatak što je uz feldmaršala grofa Trauna i generala Nadeždija jedino njegova glavnazapovedajući princ Karlo obavijestio o vremenu prelaska Rajne. I dok se tako 30. lipnja 1774. na večeri kod princa u širem krugu raspravljalio kako je teško sa cijelom vojskom prijeći Rajnu jer su se Francuzi s druge strane bili dobro utvrdili, oko 11 sati iskrade se Trenk neopazice, doleti svojim pandurima i javi im da se primiče čas kad će ići u "obećanu zemlju", gdje je svega u izobilju, a bogati plijen bit će nagrada velikoj hrabrosti. Ubrzo zatim već je 1300 momaka bilo ukrcano na lade koje su ih prevele na drugu stranu. Nakon Trenka, Rajnu je prešla postrojba karlovačkih i varadinskih krajšnika.

Do jutra Trenk je načinio mostobran, tako da se u sljedeća tri dana sva austrijska vojska od 70.000 ljudi prebacila na francusko zemljiste. Cijela ondašnja Europa bila je iznenadena ovim pothvatom, a svu slavu pobratio je princ Karlo.

Ipak, u pismu bratu Franju Karlo ističe zasluge pukovnika Trenka i generala Nadeždija, tako da je naš barun dobio zadovoljstvu, ali ne i hrvatski vojnici koji se nigdje ne spominju, premda je poznato da su obojica bila na čelu isključivo hrvatskih postrojbi.

Glas o prijelazu austrijske vojske prestraši cijelu

Francusku. "Nitko živ u tim zemljama" piše Trenk u životopisu "nije mogao nazad tri ili četiri godine sebi zamisliti, da će doskora u tako tjesno poznanstvo stupiti s pandurima, Hrvatima i husarima, jer svak se i suviše pouzdanjavao u tadašnju premoć francusku u Europi. Štoviše i na versailleskom dvoru prouzročio glas o prijelazu toliko zadivljenja, koliko i strave. Njegovo najkršćansko Veličanstvo u prvi čas nije htjelo vjerovati u istinitost novosti. Međutim, elzaško se pučanstvo razbjelo na sve strane, dapače ni u Strassbourgu se nisu osjećali sigurnim, te stoga otpremi sve dragocjenosti svoje u Švicarsku. Seljaci opet stadoše svoje dobro unašati u gradove, gdje su svih trgovci i ulice bile prepunjene, jer po kućama nije bilo dovoljno mesta, da se smjesti toliki ljudi i blago. Doista, onome, u koga nema vojničkog srca, bila je prava žalost pogledati takav prizor, gdje pate toliki ljudi.

Grad Lauterburg je bio veliki problem za austrijsku vojsku jer ga je branio francuski general Geusac sa 2000 vojnika. Trenk 4. srpnja pozove grad na predaju, ali od toga nije imao uspjeha. Nato panduri odmah krenu u juriš te postaviše na gradske zidine svoje tugove. Pritom je Trenk ranjen u desno rame. General Geusac se predao čim je video da će panduri zapaliti grad. Uz uvjet da ne će godinu dana ratovati protiv Marije Terezije dopušten mu

pokazivali za novac kao rijetku zvjerad. Taj slučaj nije mogao zaobići ni Trenk u životopisu: "Svakom se pričinjavaju da su užasni, a osobito se narod čudio njihovu kurjuku, handžaru, kuburama i karabinku, a najviše još, što je među njima bilo ljudi od 80-90 godina, ali brzih kao vjeverice."

Panduri i ostali hrvatski krajšnici dobro su zapamtili ovu pogibiju svojih drugova te su se zavjetovali da će ih osvetiti.

Na takvu prigodu nisu trebali dugo čekati. Potkraj srpnja Nadeždi i Trenk dobiju zapovijed da osvoje dobro utvrđen grad Zabern. Time bi bilo zaštićeno desno krilo kraljičine vojske, a protivniku odsječena veza s Nizozemskom, odakle mu je stizala pomoć. Pod Trenkovim zapovjedništvom bilo je 800 pandura, 300 hrvatskih krajšnika i 50 husara. Nakon što je na poziv za predaju došao negativan odgovor, otpočne napadaj na grad. Kako je razbijanje tzv. strassburških gradskih vrata sjekirama išlo sporo, nestrpljivi krajšnici i panduri, ne čekajući zapovijedi, uspnu se na zidove nedaleko od biskupijskog vrata te se sasvim nenadano nađu u gradu. Vidjevši pandure u gradu, zapovjednik obrane markiz Chatelet pobježe na druga "francuska" vrata iz grada, a s njime i glavnina od 3000 branitelja. U gradu je ostalo dvjesto momaka i oveća postrojba oboružanih seljaka koji nisu imali nikakve mogućnosti obraniti se od razjarenih pandura koji s poklicima "Allah, Allah..." produ gradom kao vihor, sasjekavši sve što im je došlo pod ruku. I dok je Nadeždi po gradu sprječavao pandure da ne opljačkaju sjajanj dvorac kardinala Rohana, Trenk se dao u potjeru za odbjeglim braniteljima. Padom Zaberna bila je sprječena svaka obrana Elzas.

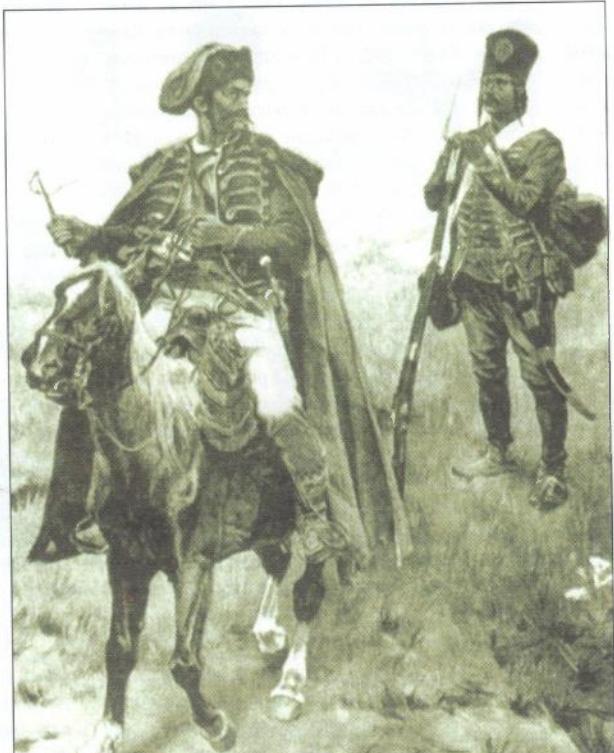
Učvrstivši se u gradu, Austrijanci odluče utjerati ratnu kontribuciju. Za utjerivača je bio određen barun Trenk. Ne treba isticati da je to provodio na grozan način. Sam dvorac Zabern morao je platiti 50.000 dukata, a grad 25.000 talira. Kako se u to vrijeme proglašalo da će opet doći do rata s Fridrikom II. i Češkom, jedan dio austrijske vojske ostavi Francusku, pa se Trenku pri utjerivanju ratnog nameta žurilo. Sva mjesta što se odmah ne pokoriše njegovoj volji, ili se čak usudiše buniti, budu spaljena, orobljena i uništena. Narod se tih gostiju toliko bojao, piše povjesničar Ferdo Šišić, da je njihovo ime upleo i u svoje molitve: "Čuvaj nas, Bože, kuge, gladi, rata i Hrvata", nije tek pjesnička fraza, nego potpuna povjesna istina."

Ratna se sreća ubrzno okrene te su Trenk i Nadeždi morali napustiti Zabern. No, za sobom su jako "zalupili vratima." Prije odlaska, panduri sasjeku 1500 Francuza vičući pri egzekuciji: "Osvera za Weissenburg!" Takoder oplijene i popale sav grad, ostavivši netaknute samo dvije kuće i kardinalinski dvorac.

Bilo je to posljednje krvavo djelo Trenkovih pandura učinjeno u Francuskoj.

Rat se ubrzno prenese na Češku. Hrvatski ban Karlo Batthyany nije se s nejakom vojskom mogao oduprijeti prejaku neprijatelju, pa se pruska vojska razleti po čitavoj zemlji, a 16. kolovoza ulazi i u sam Prag. U međuvremenu, u Češku se vratio iz Francuske princ Karlo, sjedinivši se s hrvatskom vojskom 2. listopada kod grada Mirotića. Jedno vrijeme vojske su stajale jedna nasuprot drugoj, čekajući najpovoljniji trenutak za napadaj, a čarke koje su se pritom dogadale uglavnom su poticali Trenkovi panduri.

Vidjevši da se Karlo još ne želi upustiti u borbu, Fridrik se povuče na desnu stranu Vltave kod mjesta Tyn. Trenk koji ga je skriven u šumi stalno držao na oku, pode za njim. Ne čekajući mnogo, Trenk sa 1800 pandura napadne Tyn. Zapovjednik grada, videći s kim ima posla,



Hrvatski graničari u vrijeme ratova carice Marije Terezije

napusti položaje i povuće se na obližnji brežuljak. No, panduri nisu odustajali i do noći ga prisile na ponovni uzmak. Sutradan se Tyn preda Trenku, a sav ugrabljeni plijen dā princ Karlo porazdijeliti hrabrim pandurima.

Dana 15. listopada Trenk ostavi Tyn i sa značajnim snagama od 2300 ljudi uputi se u grad Pohradu. Nakon što mu je uspjelo prekinuti dovod pitke vode, Trenk ostavivši 700 pandura pod Pohradom, krene do tvrđave Budjejovice koju su Prusi bili dobro opremili i utvrdili, načinivši preko Vltave kameni nasip koji je visoko podigao vodu što je branila prilaz. Pouzdavajući se u tu prirodnu zaštitu, general Kreytzen odbije Trenkov poziv na predaju, pa ovaj odluči zauzeti grad na juriš. Usred noći panduri stadoše hrabro jurišati na sva troja gradska vrata. Pritom su se mnogi utopili u nabujaloj Vltavi, a oni koji su je preplivali, upadoše u žestoku vatru. Prva dva juriša bila su odbijena, a pri trećem pokušaju tek se mali broj pandura uspio popeti na gradske zidine. Trenk je imao velike gubitke: 12 časnika i 400 momaka poginulo je ili ranjeno. I baš kad je pomicala na uzmak, branitelji daju znak bubenjem da žele pregovarati. Iksusni Trenk nije propustio prigodu koja mu se pružila. Ne prihvati primirje nego stane žeće navaljivati i groziti se da će po osvojenju grada sve živo sasjeći ne preda li mu se smjeshta čitava posada kao zarobljenik. Za cijelo to vrijeme njegove trube zvala su na nov juriš. Ta odvâžnost uplaši branitelje i oni pristanu na Trenkove uvjete. Pandurima se pred: general Kreytzen, 31 časnik, 73 podčasnika, 5 trubača, 21 bubenjar, 751 momak i 50 husara. U pljenim padne deset barjaka te četiri mala i deset velikih topova. Za uspomenu na taj junački čin, Trenk dopusti pandurima da stave na glavu pruske grenadirske kape, a princ Karlo da im onih deset zarobljenih barjaka s kojima su ratovali do kraja rata na veliku srdžiju Prusa.

Prigodom sljedećeg podviga naš barun umalo ne izgubi život. Dana 14. studenoga 1744. Trenk dobije analog da udari na grad Kolin u kojem je bio odsjeo sam pruski kralj Fridrik II. Već navečer istog dana natjeraju panduri predstraže u grad, a to toliko uznenim kralja da se popne na crveni toranj i dalekozorom stane motiti okolicu. Oko 10 sati, unatoč velikom pljusku, panduri su već pod gradom i jurišaju na zidine. U gradu zavlada panika. Strah se poveća kad Trenk da zatrpati šančeve te vodu usmjeri u grad. Fridrik II. nade se u velikoj opasnosti i te bi noći vjerojatno bio određen ishod rata da jedno zalatalo topovsko zrno ne pogodi Trenku u ljevu nogu, od čega se onesvijesti te su ga morali odnijeti s ratišta. Panduri se toliko uplaše za svojeg vođu da odustanu od navale. Teško ranjen, Trenk je najprije odvezan u obližnji dvorac Pačkov, a zatim premješten u moravski grad Znojmo. U pruskom taboru u kojem se nalazio i Trenkov brat Fridrik Trenk, bili su uvjereni da je pandurski vođa poginuo.

Trenk se sporo oporavlja. Liječnici su čak pomislijali da mu amputiraju nogu. Ranjenik pak izjavlja da voli umrijeti nego živjeti bez noge. Da je bolest bila ozbiljna, vidi se i po tome što je Trenk odlučio načiniti oporuču. Kako nije imao djece, sav svoj golemi imetak ostavi kraljici Mariji Tereziji kao glavnjoj nasljednici. Uz to se još sjeti bavarskog grada Chama, koji su panduri bili zapalili i opljenili, te ostavi 12.000 forinti da se razdjeli među gradane. No, bolest se polako počela povlačiti kad se namjeri na nekog vještog liječnika koji točno ustanovi zašto rana sporo zarasta. Ubzro je barun mogao hodati služeći se štakama. Osjetivši da se primiče vrijeme ratovanja, otide preko Brna u Beč, gdje ga 17. siječnja primi kraljica u audienciju. Do dvora se doveze kočjom, a uza stepenice ponesu ga dva pandura na nosiljci. Marija Terezija ga primi vrlo srdačno te stane uvjeravati da će mu uvijek biti skloni. Trenk, pun zahvalnosti, ponudi kraljici da će urediti svoju pandursku postrojbu po uzoru na regularne regimete koja će imati 3000 ljudi. Njezinovo veličanstvo prihvati ponudu tako da je pukovnikova postrojba od tada nosila naziv "Trenkova pandurska reg-

imenta".

Sredinom ožujka otputovalo je u Slavoniju da vrbuje novu momčad, ali naide na posverašnji nerед kojeg prouzročišće hajduci. U samom Osijeku gradska vrata bila su zatvorena tijekom cijelog dana, osim onih što vode prema dravskoj skeli. Prije odlaska, Trenk odmah udari po hajducima te neke poubjija, druge preda sudu, a dio unovači za svoju pandursku regimentu.

Ratnici za najteže ratne zadaće

Prema nekim mišljenjima, time je Trenk zadao posljednji udarac hajduštvu u Slavoniji.

Sakupivši 800 momaka, zaputi se u svibnju preko Beča put Šleske, gdje je već dobrano bijesnio rat s Fridrikom II. Trenkovi podvizi opet su bili na dnevnom redu. Osobitu pozornost zasljužuje osvajanje tvrđave Kosel na Odri. Ona je imala veliku stratešku važnost te ju je Fridrik II. dao dobro učvrstiti. Oko cijelog grada bio je iskopan jarak napunjeno vodom, tako da je pristup bio vrlo otežan. I kao i obično, osvajanje grada palo je u dužnost pandurima. Oni iskoriste trenutak nepažnje dok se mijenjala straža te se začas nadoše na zidinama.

Posade su bile kasno obavještene i tvrdi Kosel padne za manje od dva sata borbe. Posada se preda tako da se u znak pokornosti uputi ususret pobednicima s puškama okrenutim naopako. Panduri su imali samo deser mrtvih i 35 ranjenih, a bilo je zarobljeno 600 Prusa.

Posljednji veliki Trenkov potpovit odigrao se potkraj rujna 1745. godine. U bitci kod Zarova, prema unaprijed dogovorenom planu, Trenk je trebao napasti pruske snage s leđa, no zakasni i bitka je bila odlučena: austrijska vojska bila je raspršena, a pruska pobjeda izvan svake sumnje. Trenk, koji je stigao cijeli sat prekasno, iskoristi prigodu pa napadne pruski logor osvojivši kraljev šator i sve što je bilo u njemu: ratnu blagajnu sa 80.000 dukata, kraljev srebrni servis, konja, oružje, cijelu prtljagu i sva pisma. No, to je Trenku donijelo više nepričika nego koristi. Njegovi neprijatelji, naime, stadoše tvrditi da je tom prigodom i sam Fridrik II. bio pao u ruke pandura, no da se obilnim mitom Trenku brže bolje oslobođio. Zanimljivo je da je poslije bitke kod Zarova istupio iz Trenkove regimente kapetan (budući feldmaršal) Laudon, da bi kasnije bio glavni tužitelj našeg baruna.

Nakon ove posljednje bitke nastupi mir koji je potpisani u Drezdenu na sam Božić 1745. godine. No, Trenk dospijeva u zatvor, pod teškim optužbama. Očito uplašen, napiše kraljici pismo u kojem je odbacivao optužbe te molio kraljicu da ga spasi, da preuzme sve njegovo imanje, a samo da mu dodjeli malu potporu kojom bi u budućini mogao pod drugim imenom proživjeti preostale godine daleko od svojih neprijatelja.

Marija Terezija ne ispunila mu želju, pa je morao napustiti službu, oprostivši se potkraj 1745. godine u češkom selu Gablu sa svojim pandurima zauvijek.

Osim niza točaka, tužitelji su još okrivljivali Trenka da je u bitci kod Zarova živa uhvatio pruskog kralja Fridrika II., no pustio ga je za tri milijuna forinti mita, te da je tajno otpremio na svoje slavonske posjede 30.000 pušaka jer je kanio podići bunu protiv vladarice i zavladati Slavonijom.

Kad je upoznao cijeli sadržaj optužnice, Trenk pohititi na dvor istupivši pred Mariju Tereziju, stane još dokazivati kako je sve za što ga se tereti obična izmišljotina čiji je cilj da se ugrabi i razdjeli njegov imetak. Kraljica mu odgovori kako je čitavu stvar povjerila trojici odličnih članova ratnog vjeća koji će sve objektivno ispitati te izreći presudu po duši i savjeti.

Komisija je počela rad 6. veljače 1746. godine. Za šest tjedana objavila je da je Franjo Trenk nevin jer da je najveći dio u optužbi zlobna izmišljotina. Jedino što pandurski vođa zasljužuje jest oštar ukor što je ponekad prekoračio ovlasti. Zbog toga je trebao nekim časnici-

ma koje je otpustio platiti odštetu za obustavljenu plaću od 12.000 forinti. Tako je prvo suđenje povoljno završilo po Trenku jer su se za njega zauzeli princ Karlo i brat mu car Franjo I.

No, tužitelji se nisu zadovoljili takvom osudom, tražeći reviziju procesa uz mnogo novih svjedoka. Kako je među Trenkovim neprijateljima bilo mnogo uglednih osoba, kraljica popusti, naredivši novu strogu istragu.

Trenk bi i sada vjerojatno sretno prošao da ga njegova narav nije navela da učini jednu neoprostivu nesmotrenost. Umjesto da se drži odredbe suda prema kojoj nije smio napuštači svoju sobu dok se problem ne riješi, on dan uoči suđenja naruči elegantnu kočiju i odveze se ravnu u kazalište. Tu je, za nesreću, u loži ugledao glavnog tužitelja grofa Laudona (inače svog bivšeg kapetana) pa skoči sa svog mesta kao lud, pogradi ga za prsa i stane vući do ruba da ga stropošta u parter. Publike to zapazi, stane vikati, a nekolincina priskoči i spasi Laudona. Trenk je pod stražom otpraćen kući, a ratno vijeće stavi mu pred vrata dva poručnika s dva naoružana stražara. U memoarima Trenk će duboko žaliti za tim nepromišljenim činom. Bilo je prekasno. Nakon incidenta sve se okrenulo protiv baruna. Nova komisija oglasi po svim bečkim novinama da joj se javi svi koji infaju kakvu tužbu protiv pandurskog pukovnika Franje Trenku, a kao odštetu za izgubljeno vrijeme dobit će po dukat na dan. To poveća broj tužitelja od 30 na 54. Više od 40 osoba zaklelo se na pojedine točke nove opširnije optužnice. Svjedočili su da je mnoge pandure ubio svojom rukom, da je harao i pljačkao crkve i oltare, da je mrvario svećenike i gradane itd.

Sudenje je izazvalo veliko zanimanje u gotovo cijeloj Europi. Najviše zanimanja iskazivalo se za glavne točke optužnice, tj. hoće li se dokazati da je pripremio bunu u Slavoniji te je li za novac oslobođio Fridrik II. No upravo se to na suđenju pokazalo kao izmišljotina.

Sam princ Karlo, kao glavni austrijski zapovjednik u bitci kod Zarova, da pismeno očitovanje da je tvrdnja nekih tužitelja sasvim neosnovana, a isti rezultat pokazala je i premetačina na Trenkovim slavonskim imanjima. Međutim, predsjednik komisije grof Lienwald da neke primjedbe na prinjevno pismo, a to okriviljenog Trenka toliko raspali da skoči s optuženičke klupe i uhvati ga za grkljan. Nakon toga bio je okovan i odveden u zatvor. Samo nekoliko dana nakon novog incidenta donesena je presuda: Franjo barun Trenk bude osuden na smrt radi nasilja i brojnih zločina ubojstava, a imanja mu zaplijenjena. O presudi je obavijestena kraljica 19. prosinca 1746.

Suvremenici su zabilježili da je presuda prenerazila sve slojeve pučanstva. Smatrali su je nepravednom jer je Trenk sve donedavna slavio kao jedan od najhrabrijih kraljičinih časnika, bio miljenik princa Karla i brata mu Franje, časnik pred kojim su drhtali svi neprijatelji kraljevstva i koji je toliko puta stavio život na kocku u obrani Austrije. Nasta opće negodovanje. Govorilo se da je komisija bila složena od samih Trenkovih neprijatelja, a svjedoci da su lažno svjedočili makar i pod prisegom. Uostalom, ni glavnozapočevajući austrijske vojske princ Karlo Lotarinski nije mogao biti nezainteresiran jer je puste zločine za koje je terećen Trenk učinio pod njegovom zapovijedi.

Zbog svega toga, na izricitu kraljičinu zapovijed, Trenkova parnica još je jednom obnovljena. Marija Terezija očito je bilo teško žrtvovati pandurskog pukovnika čiji je ime godinama bilo na svacičim ustima. Jedno vrijeme Trenkov položaj bio je prilično dobar, no opet je učinio pogrešku kad na kraljičin zahtjev nije tražio oprost, što bi mu vratio slobodu i čast, nego je tvrdoglavovo odbio kraljičinu želju, misleći da će i bez toga trijumfirati nad brojnim neprijateljima koji su mu radili o glavi.

Trenku se pružila prilika da i na drugi način razriješi situaciju. Posjetio ga je brat Fridrik Trenk i nagonvarao na bijeg, ali Franjo je to s indignacijom odbio.

No, tada opet učini nesmotrenost. Za

dvogodišnjeg tamovanja napiše životopis te ga potkraj 1747. godine objavi u Frankfurtu. U njemu je nemilice šibao svoju neprijatelje, tako da je mnoge oper okrenuo protiv sebe. U to vrijeme završi i parnica. Ovaj put Trenk bijaše riješen pukovničkog čina i osuden na doživotnu tamnicu na Spielbergu kod Brna u Moravskoj. Njegova velika imanja u Slavoniji predana su na upravljanje dvojici dvorskih savjetnika koji su mu svake godine morali podnosići račun. Kraljica mu dopusti da sam izabere upravitelje i on imenuje pl. Kempfa i baruna Marka Pejačevića.

Skrhan duševno i tjelesno, u zatvoru proveđe dvije godine. Samoču mu je olakšavalo pisanje i druženje s brnskim kapucinima. U njihovoj kućnoj kronici pandurski vod spominje se kao "veoma ljubazan i iskren." Na nagovor kapucina sagradi i jednu kapelu u podnožju Spielberga. Imajući mnogo vremena za razmišljanje, prisjećao se mnogih djela učinjenih iz objesti, za koje se sada iskreno kajao. Pritisćeće na nepravde i za koja je nanio mnogim ljudim pospešivalo je njegov kraj. Četeći to, 24. rujna 1748. godine napiše oporuku. U njoj odredi da ga poslige smrti obuku u kapucinski habit i pokopaju u Brnu među ostalom braćom u samostanskoj grobnici. Nije zaboravio sirotinju, kojoj ostavi 80.000 forinti, a izrijekom odredi 30.000 forinti za bolnicu u bavarskom gradu Chamu. Glavnim nasljednikom imenova bratića Fridrika, ali uz uvjet da prijede na katolicizam i stupi u austrijsku vojnu službu.

Primivši sakramente za umiruće, preminu uz plač kapucina 4. kolovoza 1749. godine. Bilo mu je tek 38 godina.

Nasljednik Fridrik barun Trenk u svojim memoarima lažno tvrdi da Franjo nije umro prirodnom smrću nego od otrova koji je stalno imao uza se. To je u potpunoj suprotnosti s onim što piše u posve pouzdanom kapucinskom zapisu. Tijelo mu počiva u sarkofagu koji je 1873. dao izraditi rodak Freiherr von Trenk-Tönsen.

Iako je ispunio sve uvjete iz testamonta, Fridrik barun Trenk ipak nije dobio u naslijede slavonska imanja - pala su u komorske ruke, a nakon toga bila dodijeljena kraljičinu ljubimcu Grasalkoviću.

jed, a zadnji, kad je morao i to da čini.

U vojevanju držao se samo jednog pravila, da se junaštvo postizava; mudrovanje, spremanje, uopće, da rat vodi znanost, o tome nije ništa znao. Da je kojom srećom u njemu bila plemenitija duša, bio bi ideal vojnika, ali tako valja priznati, da je nažalost i odviše bio sklon grabežu, krvoljotu i nasilju.

Otimao je sve što mu je pod ruke došlo, jer je u plijenu video nagradu za svoju hrabrost, dušmana najviše totalno uništiti mačem i ognjem, oprostiti nije umio, a svaki prigovor i neposluh, pa bio on još tako malen, kaznio bi smrću. U tom i leži glavni razlog propasti njegove, jer su brojni njegovi zavidnici izobilno izrabili te slabosti. Ne može biti sumnje da mu je sudbina preoštra, te više umjetno stvorena nego li zaslужena, a to pokazuje i brza mu smrt, jer u prvom redu ga je ubio pečaj duše i neprestana tvrdnja da nedužno stradava.

Kad god mu se dogodila prilika, on nikad ne će propustiti u svojim memoarima naglasiti, da su Francuzi

i Nijemci još gore haraćili, pa da nije pravedno, da mu se ono zamjera i spočitava, što se drugima prašta. Dakako, ali Trenk je zaboravio, da su njega domaći ljudi tužili, pred kojim se nije bilo tako lako obraniti, pa uz to da je politika dvorska mislila, ako kazni pandurskog vodu, da će se tako umiliti južnog Nijemaca, posebice Bavarcima te Šlezijcima, ne bi li odbio od Fridrika II.

Mi smo duboko uvjereni, da je naš Franjo u prvome redu žrtva politike, a slabosti njegove, počinjene u ratu u tudioj zemlji, slabiji razlozi. Mnogo mu je dušmana pribavilo i neprestano ljubakanje sa ženama, kod kojih je neobičnom srećom uspijevao; kad se na sudu preslušavahu mnoge svjedokinje radi silovanja, ispostavilo se u najviše slučajeva, da su se žene i djevojke od svoje volje dale Trenku u naručaj. I u šali kojoj je Franjo vrlo odan bio, pokazivao se skroz vojnikom. Što je svoje ljude obukao u odijelo turskog kroja, dao im tursku bandu, tug i konjski rep, te naložio da glavu briju ostavimo kurjuk, a pri jurišu da viču: 'Allah, Allah', očito pokazuje, da se obijesni pukovnik htio našaliti s uljundnim zapadom, koji nikad nije imao prilike, da na svojim granicama ugleda Turaka, te ga osmanlijskim strahom napuni. Da je to uspjelo, vidi se otale, što Francuzi i Nijemci u sav glas viču, da je među pandurima mnoštvo Turaka, kojim dakako nije vladala Marija Terezija. To opet nije istina, jer osim neznatnog broja slavonskih hajduka, sve su ostalo bili dobrovoljci, ali hrabri i za boj sposobniji od premnogih regulaša.

Franjo Trenk nije ni po rođenju ni po krvi Hrvat, ali on svakako nema nikakve veće veze ni s Italijom ni s Pruskom, štoviše, Pruske nije nikad ni vido. Po svojim prostranim imanjima njemu je već od mlađih dana postala hrvatska zemlja domovina, a preko pandura zauzimljene on odlično mjesto u našoj povijesti; nitko dosad još ga nije, a čeljade zdravih moždana i ne će, održući od imena hrvatskoga. To su već panduri pokazali velikom privrženošću svojom, a danas i potomci njihovi, koji o Trenku pričaju koješta lijepo, ali kao o svom čovjeku. Pokazuju i pisci hrvatski, uzimajući ga za središte nekim svojim pjesničkim radnjama iz domaćeg života. Mislim da nema sumnje, da Trenkov rad pripada hrvatskoj prošlosti i ako on sam nije Hrvat, već je vazda ističao da je slavonski velikaš, te poželio, kako znamo, da sudjeluje kod sjedinjenja Slavonije s Hrvatskom.

Da, ne kao s tudincem, koji se medu nama nastanio, već kao domaćim mužem, svojim pripadnikom, Hrvat, a posebice onaj iz ravne Slavonije, vazda i zauvijek se ponosi s Franjom Trenkom, pandurskim vodom. Imao je doduše mana, ali te su često divljeg mnogogodišnjeg ratovanja po raznim stranama Europe, i žalosne zapuštenosti naše Slavonije. Danas, kad se o njemu piše i govori, onda ih svak i zaboravlja i prašta, a ostaju u prvom redu riječi velevojvode, a kašnje cara Franje I., da se malo 'plaši neprijatelja' i one Khevenhüllerove, da mu na 'kuraži i srčanosti na daleko nema para'. A to i jest ona osebina, koja je Hrvata vazda oduševljavala i kojom se uviđek dići."

*Svekolika vojna terminologija u duhu je tadašnjeg vremena.

Riječ povjesničara

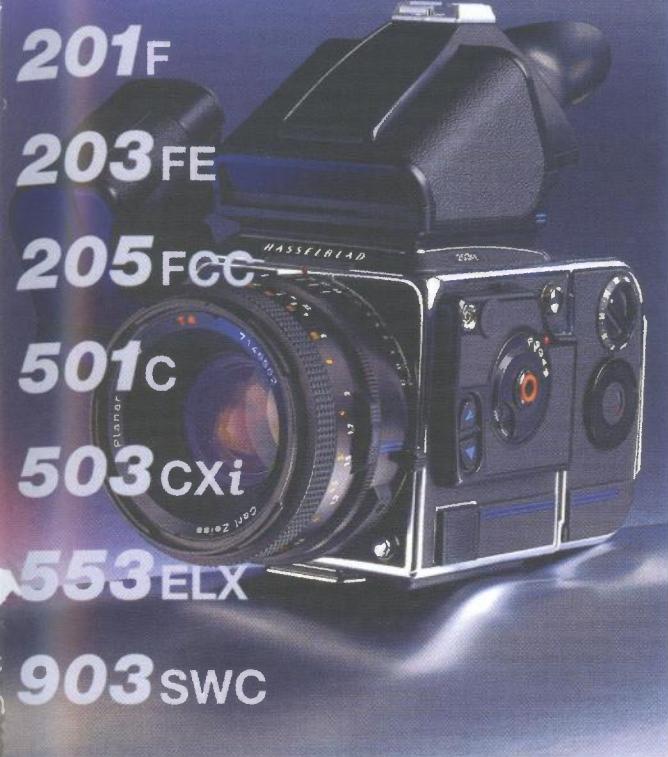
O osobi Franje baruna Trenka ovako se sažeto izrazio povjesničar Ferdo Šišić:

"Po ličnosti i pojavi svojoj Franjo Trenk je osebujno biće. Visokim stasom svojim prešao je dva metra, tako da je nadvišivao gotovo svu momčad svoju, koja je inače bila izabrana, baš s obzirom na stas. Toj visini odgovarala je potpuno i neobična snaga u mišicama, da je sa svojim golemim brkovima vrijedio ne samo kao jedan od najjačih, već i najkrasnijih muževa. Otkad ga je ono ofurio barut, bio je još crnji u obrazu, u kojem se tim većma isticahu žarke i bistre oči, poput dvije žeravice. Smionošću i junaštvo u povijesti sviju vječova i naroda može se dostojno mjeriti jedino s ljudim Arbanasom Skenderbegom, inače mu povjesnica ne može tako lako da nade druga. Kad pomislimo na sva njegova djela, gotovo smo skloni, da ga proglašimo fatalistom, koji se drži rečenice 'nema smrti bez sudnjeg dana'. On je uzor vode jer što traži od prostog momka, to i sam u punoj mjeri čini: svagdje je prvi kad treba napri-



Trenkov pandur iz vremena rata za austrijsku baštinu 1740.-1748 godine (autor crteža: Zvonimir Grbašić)

HASSELBLAD



vrhunska marka • robusna izvedba • ručno i harmonično precizno sastavljen od 900 komponenti • 6x6 cm format • horizontalno i vertikalno fotografiranje bez okretanja kamere • mogućnost priključenja Polaroid magazina kao i svih ostalih filmova • nezamjenjiv u rukama profesionalaca

Može crveno...



...ali uvijek birajte cjelinu.



...može zeleno...



...može plavo...



Generalni zastupnik:
Pasarićeva 12, Zagreb
Tel/Fax: 01 33 55 44

Polaroid

...Mi imamo skener!



35 mm digital scanner!

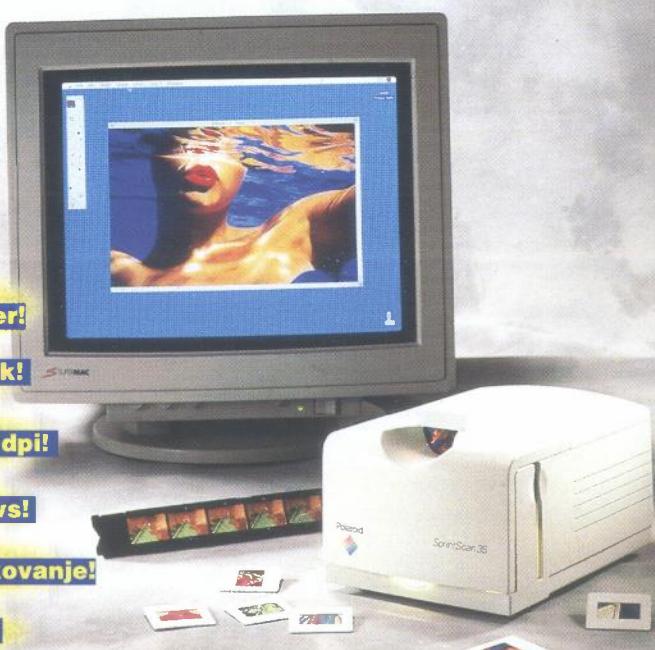
skaniranje za <60 sek!

rezolucija do 2700 dpi!

Macintosh / Windows!

jednostavno rukovanje!

atraktivna cijena!



Poletti

Generalni zastupnik:
Pasarićeva 12, Zagreb
Tel/Fax: 01 33 55 44

NOV
Z

HRVATSKI SAMOKRES 95



- ORUŽJE
- STRELJIVO
- KOMISIONA PRODAJA
- PRIBORI ZA ČIŠĆENJE
- FUTROLE
- NOŽEVİ
- OPTIKE
- LOV
- LOVAČKA ODJEĆA
- RIBOLOV
- ŠPORT

VELEPRODAJA

telefon: 01/42 23 55
01/43 15 34

MALOPRODAJA

Zagreb, 01/42 17 39
Split, 021/58 70 88
Osijek, 031/41 309

10000 ZAGREB

Varšavska ulica 4

telefon: 01/42 23 44

telefax: 01/42 23 45