

HRVATSKI VOJNIK



BROJ 7. GODINA VI.

SIJEČANJ 1996. BESPLATNI PRIMJERAK



SAMOSTRELI

Lovac u
XXI. stoljeću

Čestit Božić i sretna Nova godina!

ISSN 1330-500X



HRVATSKA VOJNA GLASILA

M-84AB, GLAVNI BORBENI TANK, UČINKOVIT ODGOVOR NA
BUDUĆE PRIJETNJE, S POSADOM OD TRI ČLANA I SPOSOBNOŠĆU
OTVARANJA PALIBE IZ POKRETA DANJU I NOĆU



M-84AB IDE DALJE

PALJENA MOĆ

TOP KALIBRA 125mm
S GLATKOM CIJEVI

BORBENA SPOSOBNOST

KOMPЈUTORIZIRANI SUSTAV
NADZORA PALJBE

POKRETLJIVOST

MOTOR SNAGE 1000 KS

SPOSOBNOST PREŽIVLJAVANJA

VISOK STUPANJ BALIŠTICKE
ZAŠTITE
SUSTAV ZAŠTITE POSADE



RH-ALAN d.o.o.

Stančićeva 4, 41000 Zagreb
tel. 385 1 45 54 02 2, 45 68 66 7
fax. 385 1 45 54 02 4

REPUBLIKA HRVATSKA



12

Samostreli

Kad razmišljamo o oružju današnjeg vojnika uglavnom pomislimo na pušku, samokres, puškostrojnicu ili netko drugo paljbeno oružje ...

24

Laka borbena vozila s topovima velikih kalibara

U početku osamdesetih godina nekoliko zapadnih zemalja počelo je pokazivati sve veće zanimanje za operacije brzih intervencija, kod kojih je naglasak na strategijskoj pokretljivosti ...



46

Lovci bombarderi

Čak i mala zrakoplovstva, da bi ispunila sve svoje zadaće, moraju imati u svom sastavu nekoliko različitih vrsta zrakoplova. Potreba za jednim, višenamjenskim tipom zrakoplova postoji već dugo vremena, a temeljni razlog je ekonomski prirode ...



80

Novi brod američke Obalne straže

Zbog zastarijevanja sadašnjih stražarskih brodova - kutera Obalne straže Sjedinjenih Država, javila se potreba za novim tipom broda koji će početkom sljedećeg stoljeća zamijeniti sadašnja plovila

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
Tehnički urednik
natporučnik Hrvoje Sertić

Urednički kolegij:
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.
bojnik Mr. Mirko Kukolj, 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
Denis Lešić (voditelj pripreme)
Predrag Belušić
Robert Orlovac
Hrvoje Budin
poručnik Davor Kirin
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

Brzoglas
385 1/456 80 41, 456 88 11

Dalekomernoživač (fax)

385 1/455 00 75, 455 18 52
Rukopise, fotografije i
ostalo tvrđivo ne vraćamo

© Copyright HRVATSKI VOJNIK, 1996.

- | | | |
|-----------|----------------------------------|--------------------------------|
| 12 | Samostreli | <i>M. Kukolj</i> |
| 20 | GCT 155mm | <i>Josip Martinčević Mikić</i> |
| 24 | Laka borbena vozila | <i>Dinko Mikulić</i> |
| 32 | Inteligentno streljivo | <i>Dubravko Risović</i> |
| 38 | Inteligentna tvoriva | <i>Josip Pajk</i> |

RATNO ZRAKOPLOVSTVO

- | | | |
|-----------|---------------------------------|---------------------------|
| 46 | Lovci bombarderi | <i>Dario Barbalic</i> |
| 56 | Lovac u XXI. stoljeću | <i>Klaudije Radanović</i> |
| 66 | Lovački radari | <i>Zvonimir Mahećić</i> |

RATNA MORNARICA

- | | | |
|-----------|--|-----------------------|
| 70 | Motrenje gospodarskog pojasa | <i>Vili Kežić</i> |
| 80 | Novi brod američke Obalne straže | <i>Davor Deželjin</i> |



FOTO: Davor Kirin

Pripadnik **16.TRBR**
tijekom pripreme
topničkog streljiva



Ovo su bili početci razvoja HRZ i PZO: transportni An-2 s danas čuvenim "bojler" bombama

Robert BARIĆ

Tijekom proteklog četverogodišnjeg razdoblja HRZ i PZO prerasli su, usprkos svim poteškoćama i nemogućnosti nabave najsuvremenijih borbenih sustava, od početne skupine lakih poljoprivrednih i športskih zrakoplova, u suvremeno ratno zrakoplovstvo. Lovci

borbi protiv i brojčano i tehnološki nadmoćnijeg protivnika, ali iskustvo je pokazalo suprotno.

Danas su ove letjelice ustupile mjesto modernijim zrakoplovima i vrtoljetima. Glavnu udarnu snagu HRZ-a danas čine lovci **MiG-21bis**. Ova zadnja inačica poznatog lovca nastala je na temelju iskustava stečenih u borbama na Bliskom istoku i u

SNAŽNIJE I

Ovi pridjevi najbolje opisuju naraslu borbenu moć Hrvatskog ratnog zrakoplovstva i protuzračne obrane, čiji se ubojiti arsenal mogao vidjeti na izložbi održanoj u ZB Zemunik 24. studenog 1995. godine

A ovo je današnjica:
lovac MiG-21 s
arsenalom ubojnih
sredstava koja može
ponijeti, od nevodenih
raketa zrak-zemlja i
bombe mase 50-500 kg
do projektila zrak-zrak
K-13 i R-60



Vijetnamu. Ovi sukobi pokazali su i dalje važnost bliske zračne borbe što je značilo da lovački zrakoplov mora imati dobre manevarske sposobnosti, a uz to nositi veliki broj oružja za zračnu borbu i dovoljnu količine goriva. Prijašnje inačice lovca MiG-21 imale su dobre performanse na srednjim i velikim visinama, ali zbog određenih slabosti ugrađenih pogonskih skupina (turbomlazni motori R11F2-300 ili R-13-300), performanse na malim visinama nisu bile zadovoljavajuće. Iz tih razloga u veljači 1971. godine počeo je razvoj nove inačice MiG-21bis. Nova inačica dobila je turbomlazni motor R-25-300, čiji je suhi potisak otprilike odgovarao R-

13-300, ali s većim potiskom prigodom aktiviranja naknadnog sagorijevanja (7100 kg prema 6490 kg kod ranijeg motora; nakon što pređe brzinu od 1 Macha, MiG-21bis može primijeniti i dodatni mod naknadnog sagorijevanja u trajanju do četiri minute /na visinama do 4000 m/, kojim se potisak penje na 9100 kg). Ugradnjom ovog motora MiG-

iznosi 2175 km/h (2.05 Macha), a na razini mora 1300 km/h. Najveća visina leta je 17.500 m, a dolet varira, ovisno o nošenom naoružanju i dodatnim spremnicima goriva (od 1110 do 1470 km; naravno, borbeni domet je manji, od 290 do 450 km, što opet ovisi o nošenom naoružanju). Ugrađen je i novi radar RP-22 Sapfir-21 (domet pri pretraži-



Snimio: Davor KIRIN

Laki jurišni zrakoplov Jastreb, jedna od letjelica zarobljenih u Udbini tijekom Oluje i uvedena u sastav Hrvatskog ratnog zrakoplovstva

SPOSOBNIJE

21bis dobio je izvrsne uzletne osobine i dobru brzinu penjanja (brzina penjanja na razini mora, uz nošenje dva projektila zrak-zrak R-3S i do pola punih unutarnjih spremnika goriva, iznosi 230 m/sek), najveća brzina na visini od 13.000 metara

vanju do 30 km, pri praćenju 10 km).

Na izložbi MiG-21bis prikazan je s izuzetno velikim arsenalom ubojnih sredstava koja može nositi. Uz standardno naoružanje za zračnu borbu, top GŠ-23 kal. 23 mm, i četiri projektila zrak-zrak



Snimio: Davor KIRIN

Mil Mi-24V; raznovrsne kombinacije oružanih sustava, kao i mogućnost prijevoza do osam vojnika, omogućavaju ovom vrtloetu izvršavanje različitih zadaća, od PO borbe do pružanja paljbe potpore i protuterilske borbe

Transportni vrtlolet Mi-8 MTV-1 tijekom izvođenja letačkog programa

R-13M (kasnije inačice AA-2 Atola, koje su zamijenile ranije nošene R-3S) i R-60M (AA-8 Aphid; uobičajena kombinacija je dva R-13M na unutarnjim potkrilnim nosačima, i dva R-60M na vanjskim), moguće je nošenje i ubojnih sredstava za napadaje na zemaljske ciljeve (težine do 1000 kg); MiG-21bis može se koristiti i u jurišnim misijama, iako u toj ulozi nje-gova učinkovitost ovisi o vještini pilota, pošto je ovaj zrakoplov po svojoj namjeni lovac-presretač. Uz nevodene projektille zrak-zemlja S-5 kal. 57 mm (koji se nose u 16-cijevnim lanserima UB-16 i 32-cijevnim, S-13 kal. 122 mm i S-24 kal. 240 mm, na izložbi su prikazane i različite vrste bombe koje MiG-21bis nosi pri izvršenju ovih zadaća: P-50SZ (mase 46 kg), OFAB-100 (121 kg), OFAB-250 (266 kg), FAB-250 (219 kg), FAB-500 (500 kg), ZAB-500 (410 kg), BETAB-500 (477 kg), BL755, te disperzer KMGU-2. Da naši piloti mogu uspješno koristiti ova sredstva i sa zrakoplova koji ima sasvim drukčiju primarnu namјenu, pokazali su rezultati postignuti tijekom Oluje.

Uz MiG-21bis, prikazani su i primjerici tipova zrakoplova zarobljenih na Udbini tijekom Oluje, koji su osposobljeni i zatim uvedeni u sastav HRZ-a: mlazni **Galeb** i **Jastreb**, te klipni **Kraguj**. Galeb G-2 (najveća brzina 812 km/h, najveća brzina krstarenja 730 km/h, najveća visina leta 12.000 m, dolet 1240 km) je lako naoružan školski zrakoplov (naoružan je s dvije 0.50 in /12,7 mm/ strojnice, a

na potkrilnim nosačima može ponijeti dvije 50 ili 100 kg bombe i četiri nevodene rakete zrak-zemlja kal. 57 mm; alternativno, moguće je ponijeti veći broj manjih bombi i kontejnera mase do 150 kg).

Jastreb J-1 je jednosjedni laki jurišnik, nastao iz Galeba (najveća brzina 820 km/h, najveća krstareća brzina 740 km/h, najveća visina leta 12.000 m, dolet 1520 km), naoružan s tri 0.50 in Colt-Browning strojnice; na osam potkrilnih podvjesnih točaka mogu se nositi bombe mase 100 i 250 kg (na izložbi je uz Jastreb prikazana i američka usporavajuća bomba Mk 82 Snakeye), veći broj manjih bombica, spremnike s nevodenim raketama zrak-zemlja kal. 57 mm, ili veće rakete (svaka na jednoj podvjesnoj točki) kal. 122 mm. Kraguj, koji je u letu prikazao svoje dobre manevarske sposobnosti, prvenstveno je namijenjen za protuterilska djelovanja.

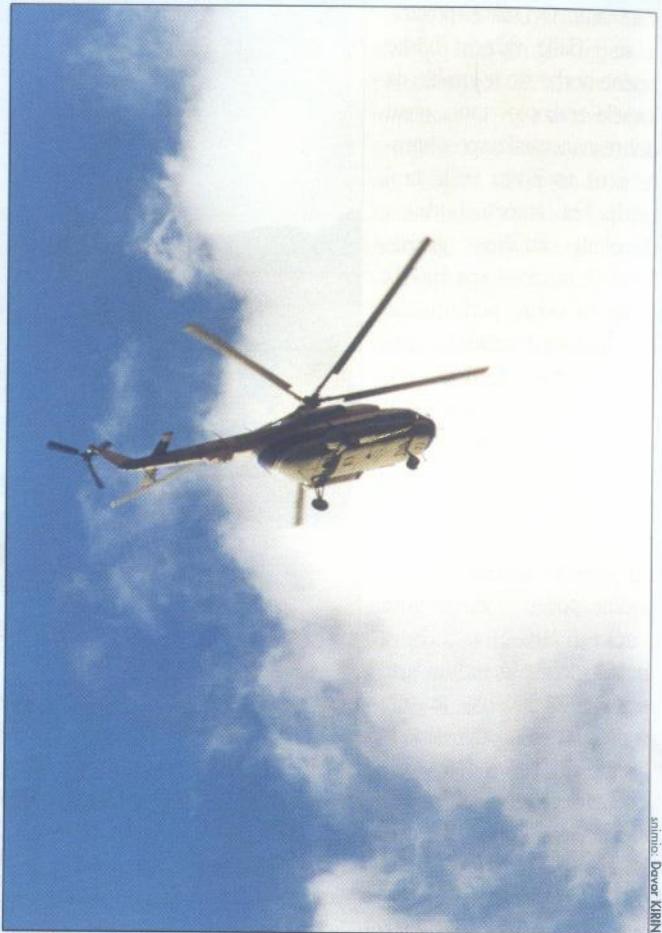
Od ostalih zrakoplova, već spomenutog An-2 i različitim lakinj poljoprivrednih, športskih i tre-nažnih zrakoplova, pažnju nazočnih privukli su i ultralaka letjelica **Albatros AE-209**, namijenjena za temeljnu pilotsku izobrazbu i ograničena bor-bena djelovanja (Albatros je opremljen motorom ROTAX-582 snage 64 KS, postiže najveću brzinu od 185 km/h, brzina krstarenja iznosi 125 km/h a minimalna brzina 64 km/h, u zraku može ostati do dva sata) i protupožarni zrakoplov **Canadair CL-215** iz sastava protupožarne postrojbe MUP-a, koji je demonstrirao svoje mogućnosti u ovoj ulozi.

Glede vrtoleta, uz borbeni **Mil Mi-24V** i transportni **Mil Mi-8 MTV-1**, prikazan je i višenamjenski laki vrtoljet **MCD-500D**, čija je pri-

Radari iz sastava postrojbi brigade ZMIN



snimio: Davor KIRIN



snimio: Davor KIRIN



snimio Davor KIRIN

marna namjena izviđanje, ali koji se lako može preuređiti i za izvršenje borbenih zadataća (pogonska skupina sastoji se od turboosovinskog motora Allison T63/250 snage 420 KS, brzina krstarenja 221 km/h, dolet 389 km).

Osim zrakoplova i vrtoleta, bili su prikazani i radarski sustavi koji se nalaze u sastavu brigade ZMIN, kao i PZ topnički raketni sustavi. Promatraljući radare P-15, P-35 i druge, na kojima počiva sustav motrenja zračnog prostora Republike Hrvatske, treba se prisjetiti činjenice da je sva ta tehnika, zarobljena od bivše JA 1991. godine, bila teško oštećena i da je u uporabno stanje dovedena zahvaljujući velikim naporima koje su uložili pripadnici brigade ZMIN, kao i hrvatske industrije koja je proizvodnjom doknadnih dijelova (koji se uslijed embarga na uvoz vojne opreme nisu mogli nabaviti iz inozemstva) pomogla u njihovom osposobljavanju. Nije se stalo samo na osposobljavanju, već se prešlo i na izradu radara domaće konstrukcije, koji je također prikazan u ZB Zemunik.

Od PZO sustava, uz već prije viderie topničke i raketne sustave, izložen je i domaći samovozni raketni PZ sustav **Strijela 10-CRO**, namijenjen za zaštitu oklopomehaniziranih postrojbi kopnene vojske od zračnih napada, kao i stacionarnih visokovrijednih objekata i instalacija (zrakoplovne baze, luke, zapovjedna središta isl.). Borbeni komplet sastoji se od osam raketa (četiri na lanserima i četiri u vozilu), kojima je moguće gađati ciljeve na visinama od 25 m do 3500 m, i daljinama do 3000 m.

Na kraju, osvrnuvši se na brojne letjelice i druga sredstva prikazana u Zemuniku, s pravom se može reći da je ova izložba bila impresivni prikaz naraslih borbenih sposobnosti Hrvatskog ratnog zrakoplovstva i protuzračne obrane, koje je u roku od samo četiri godine preraslo iz prvih postrojbi opremljenih lakin klipnim zrakoplovima u moder-

an i snažan vid oružanih snaga Republike Hrvatske, sposoban za obranu hrvatskog zračnog prostora.

Hrvatski samovozni raketni PZ sustav
Strijela 10-CRO



snimio Davor KIRIN

FUZE UT M93



UPALJAČ UT M93

1. Kratak opis

Upaljač UT M93 je udarnog, trenutačnog djelovanja, mehaničkog tipa. Upaljač djeluje samo pri udaru u prepreku.

Brief description

Fuze UT M93 is impact-detonated, instantaneous, mechanical type. The fuze is activated only by striking the object.

2. Namjena

Upaljač UT M93 namijenjen je za kompletiranje svih trenutačnih mina kalibra 60 mm i 82 mm.

Purpose

Fuze UT M93 completes all HE mortar bombs 60 mm and 82 mm.

3. Sigurnost

Upaljač je sigurnog tipa s prekinutim inicijalnim lancem. Temeljno osiguranje izvedeno je pomoću kuglica.

Safety

Safety is ensured by discontinued initiating charge. Main safety system is ball constructed.

4. Vrste djelovanja

Trenutačno

Nature

Impact

5. Zahtjevi armiranja

Obavlja se inercijskom silom na udaljenosti 1.5 m ispred usta cijevi.

Arming requirements

Arming is based on inertial force, at a distance of 1.5 m in front of the muzzle.

6. Sigurnost pri padu

1.5 m

Safe height of falling

1.5 m

7. Sigurnost ispred usta cijevi

min. 1.5 m

Muzzle safety distance

min. 1.5 m

8. Temperaturno područje rada

od -30°C do +50°C

Operational temperature range

-30°C to +50°C

9. Hermetičnost

Upaljač je hermetičan u vodi do 0.2 m dubine.

Impermeability

Fuze is impermeable in the water up to 0.2 m of depth.

10. Sigurnost pri transportu

Upaljač je siguran pri svim vrstama transporta.

Safety during transportation

Completely safe.

11. Masa

190 g

Weight

190 g

12. Remont

Upaljač je pogodan za remont.

Repair

Fuze is repairable.

13. Skladištenje

10 godina minimalno.

Safe-keeping

10 years min.



RH-ALAN d.o.o.

RH-ALAN d.o.o., Staničeva 4,

41000 Zagreb

Tel.: 385 1 45 40 22, 46 86 67

fax. 385 1 45 40 24

REPUBLIKA HRVATSKA

1. Kratak opis

Upaljač UTIU M72B1 je gornji, mehanički upaljač, trenutačnog, inercijalnog i usporenog djelovanja. Izbor djelovanja vrši se okretanjem slavine i skidanjem kapice.

Brief description

Fuze UTIU M72B1 is upper, mechanical fuze, instantaneous, inertial and delayed-activated. The delay can be set by the usual turnscrew of the side of the fuze and by taking off the safety nose-cap.

2. Namjena

Upaljač UTIU M72B1 namijenjen je za kompletiranje trenutačno-fugasnih granata kalibra 76, 85, 100, 122, 130, 152 mm.

Purpose

Fuze UTIU M72B1 completes the 76, 85, 100, 122, 130, and 152 mm HE shells.

3. Sigurnost

Zadovoljava uvjete standarda MIL - STD - 1316 B

Safety

According to MIL - STD - 1316 B

4. Vrste djelovanja

Trenutačno, inercijsko, usporeno (0.02 - 0.05 s)

Nature

Instantaneous, inertial and delayed (0.02 - 0.05 s)

5. Zahtjevi armiranja

Minimalno ubrzanje 2500 g i rotacija 3000 okretaja/min.

Arming requirements

Acceleration 2500 g and rotation 3000 turns per minute.

6. Sigurnost pri padu

3 m

Safe height of falling

3 m

7. Sigurnost ispred usta cijevi

min. 10 m

Muzzle safety distance

min. 10 m

8. Temperaturno područje rada

od -30°C do +50°C

Operational temperature range

-30°C to +50°C

9. Hermetičnost

Upaljač je hermetičan

Impermeability

Fuze is impermeable.

10. Sigurnost pri transportu

Upaljač je siguran pri svim vrstama transporta.

Safety during transportation

Completely safe.

11. Masa 420 g

Weight 420 g

12. Uvjeti okoline

Ispitivanje prema MIL - STD - 331 A

Environmental conditions

Testing according to MIL - STD 331 A

13. Skladištenje

15 godina minimalno.

Safe-keeping

15 years min.

14. Ostale mogućnosti

Upaljač s dodatkom adaptera može se koristiti na streljivu kalibra 105 i 155 mm sa standardima NATO navojem 2"

Miscellaneous

Fuze with additional adapter can be used for ammunition 105 mm and 155 mm with standard NATO thread 2"

UPALJAČ UTIU M72B1



FUZE UTIU M72B1



RH-ALAN d.o.o.
RH-ALAN d.o.o., Stančićeva 4,
41000 Zagreb
Tel.: 385 1 45 40 22, 46 86 67
fax. 385 1 45 40 24
REPUBLIKA HRVATSKA

Kad razmišljamo o oružju današnjeg vojnika uglavnom pomislimo na pušku, samokres,

puškostrojnicu ili neko drugo paljbeno oružje. To

su uostalom oružja s kojima su naoružane sve suvremene vojske svijeta,

a koja omogućava ispunjavanje najvećeg broja borbenih zadaća. Međutim, uvijek ima i

zadaća za čije se obavljanje od oružja zahtijevaju posebne tehničke značajke i mogućnosti. Takve zadaće

najčešće dobivaju postrojbe opremljene specijalnim oružjem i opremom. Samostrel je jedno od takvih oružja, a njegovu konstrukciju, te dobre i loše osobine pokušat ćemo vam predstaviti u ovom članku

Mirko KUKOLJ



Hortonov samostrel REALTREE EXPRESS



Foto: S. Labura

SAMOSTRELI

Prigodom napinjanja tetive vrlo je važan položaj ruku. One moraju biti priljubljene uz kućište samostrela kako ne bi došlo do neravnomernog opterećenja

Povijesni razvoj. Samostrele su prvi počeli rabiti Kinezi i Rimljani, ali je širu primjenu našao tek u srednjem vijeku kad ulazi u naoružanje gotovo svih europskih vojski. Prema dostupnim podatcima prvi je put rabljen u bitci kod Hastingsa davne 1066. godine. U usporedbi sa srednjovjekovnim dugim lukom samostrel je imao veću probojnost



Koloturi na krakovima samostrela znatno olakšavaju napinjanje



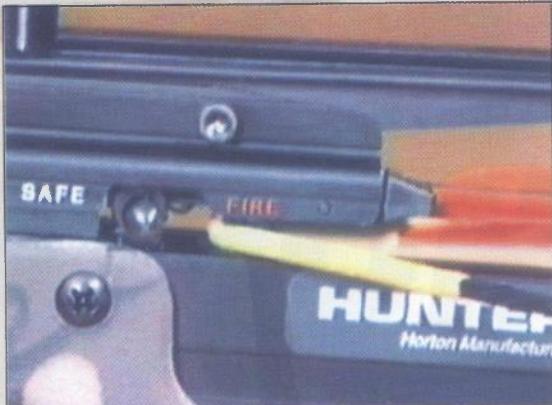
tako da je na daljinama do stotinu metara mogao probiti oklop neprijateljskog vojnika. Najveći nedostatak tadašnjih samostrela bila je relativno mala brzina gađanja budući da je u jednoj minuti iz samostrela bilo moguće odapeti samo dvije strjelice, dok je strijelac s lukom mogao odapeti do osam takvih strjelica. Pojavom paljbenih oružja samostrel se polako povlači iz naoružanja.

Konstrukcija

Većina samostrela sastoji se iz kućišta s kundakom, luka, tetive, mehanizma za okidanje, stremena i ciljnika. Prema vrsti luka kojeg rabe razlikujemo klasične i sastavljene samostrelle. Kod klasičnih samostrela luk se sastoji iz jednog komada, dok sastavljeni samostrel ima krake koji se pomoću vijaka pričvršćuje za kućište. Radi lakšeg napinjanja na krajevima luka postavljaju se koloturi. Na kućištu se nalazi vodilica s pomoću koje se stri-



U postupku pripreme za gađanje vrlo je važno pravilno namještanje strjelice. Nakon napinjanja tetive (donja slika) kočnica se automatski postavlja u ukočen položaj



jela usmjerava prema cilju.

Luk prvotnih srednjovjekovnih samostrela bio je izrađen iz tisovine, dok je kundak izrađivan uglavnom iz hrastovine. U početku petnaestog stoljeća luk se izradavao iz željeza. Za napinjanje takvih samostrela razvijeni su posebni mehanizmi. Pojavom novih umjetnih tvoriva samostreli doživljavaju pravu revoluciju budući da laminirani lukovi imaju daleko bolja svojstva od čeličnih.

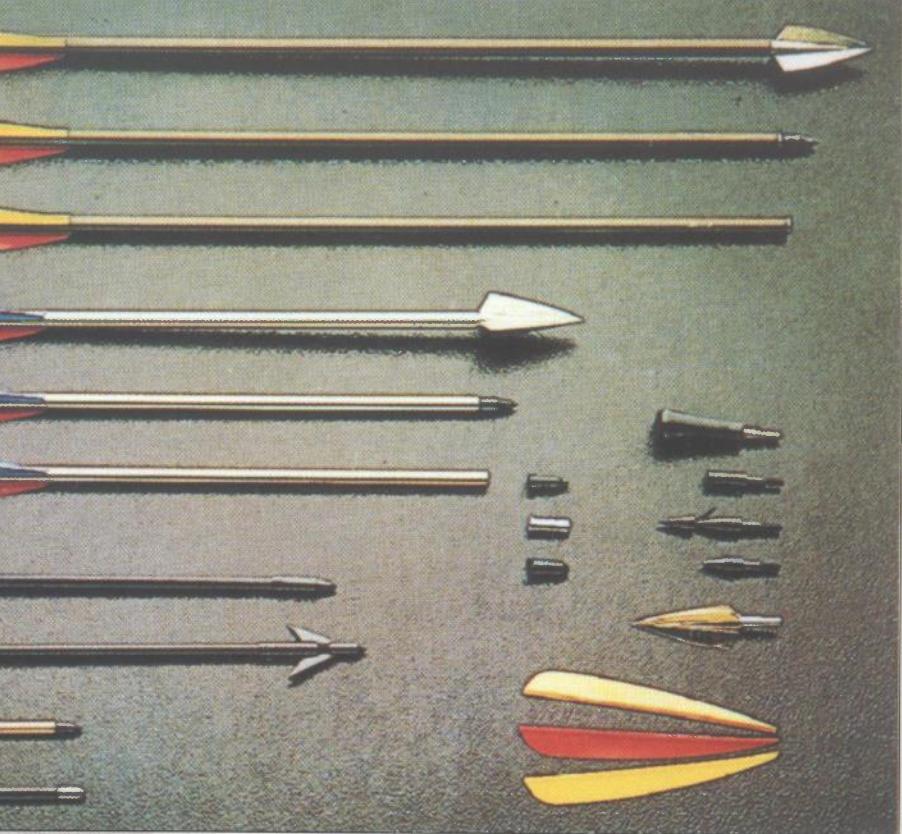
Vodilica za strijel obično se sastoji od žlijeba koji se proteže od napinjača do mjesta za izljevanje na prednjoj strani luka. Prednost takve vodilice je u tome što se strijela vodi cijelom svojom dužinom u smjeru ciljanja. Takav način omogućuje precizno gađanje čak i ako postoji mala razlika u snazi lijevog i desnog kraka luka, odnosno nesimetričnog zatezanja tetine. Mana se ogleda u povećanom trenju strijеле u žlijebu, te tetine po gornjoj plohi vodilice što ima za posljedicu povećano trošenje tetine uz istodobno smanjivanje početne brzine strjelice. Zbog toga su se neki proizvođači odlučili za rješenje kod kojeg se strjelica na prednjoj strani oslanja na poseban nosač u obliku zvijezde ili slova V, dok se oslanjanje na tetivu obavlja pomoću jahača. Pritom je vrlo važan pravilan položaj toga jahača kako strjelica ne bi skrenula sa smjera gađanja.

Većina današnjih samostrela napinje se s pomoću stremena u kojem strijelac stavlja nogu, a zatim u sagnutom položaju rukama hvata tetivu i napinje je povlačenjem prema gore. U slučaju da se radi o samostrelima veće snage mogu se rabiti posebni hvatači koji se zakvače za tetivu kako bi se smanjila energija potrebna za njizino napinjanje. Ovaj dodatak je osobito pogodan za snažnije samostrelle kod kojih za ovakvu radnju treba uložiti popriličan napor.

U prošlosti su za napinjanje samostrela korišteni različiti sustavi poluga ili čekrka. Jedna od takvih poluga poznata pod nazivom "kozja nogu" rabila se za napinjanje malih samostrela. Prigodom povlačenja ručice unazad kraci poluge klizili su kraj uporišta sa svake strane kundaka. U slučaju uporabe čekrka tetiva se napinjala okretanjem ručica što je zahtijevalo poprilično vremena.

Neki su proizvodnici problem napinjanja riješili samom konstrukcijom samostrela tako da se napinjanje obavlja preklapanjem kundaka kao što je slučaj kod zračnih pušaka. Danas se sreću i posebni napinjači (aktivatori) s kojima se samostreli vrlo jednostavno napinju. Prenosivi su, a obično se napajaju iz akumulatorske baterije što omogućava do trideset napinjanja bez ponovnog punjenja. Napinjanje se obavlja na taj način da se aktivator postavi na samostrel, te pritisne gumb koji pokreće polugu za napinjanje tetive.

Okidanje samostrela obavlja se pomoću mehanizma za okidanje. Njihova konstrukcija je vrlo slična, a gotovo svi imaju ugrađenu automatsku kočnicu koja se aktivira po završetku napinjanja. Ta kočnica onemogućuje okidanje sve dok se prethodno rukom ne otkoči mehanizam za



ti više takvih igala na različitim visinama.

Neki proizvođači nude tzv. Mult-A-Range ciljnice koji znatno olakšavaju gađanje samostrelom na različitim daljinama. Radi se u stvari o optičkom ciljniku u kojem je ugrađena posebna balistička končanica sa crticama za različite daljine. Tako npr. ako se gada na 20 metara

Strjelice različite duljine i oblika. Prve tri strjelice dugačke su 50 cm, a sljedeće tri 35 cm



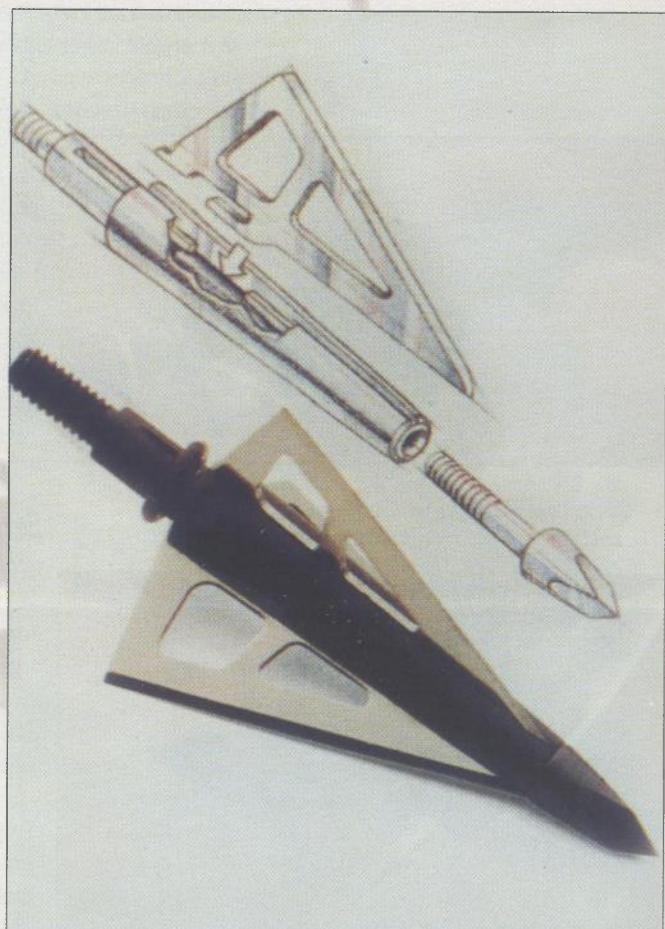
Izgled stražnjih dijelova strjelica. Uočava se specifičan (ravan) oblik po kojem udara tetiva. Po tri pera zalijepljena su pod kutem od 120°

okidanje. Na taj se način onemogućava tzv. suho okidanje odnosno odapinjanje strjelice koja nije pravilno namještена na samostrel. Kod kvalitetnijih samostrela poluga za otkočivanje nalazi se i na lijevoj i na desnoj strani kućišta kako lijevaci ne bi bili u neravnopravnom položaju.

Ciljanje sa samostrelom obavlja se pomoću ciljnika. To može biti mehanički ciljnik (sastoji se od prednjeg i stražnjeg dijela), ili optički. Mehanički ciljnici mogu biti izvedeni na različite načine. Prednji dio ciljnika obično ima iglu (pin) koji se može pomicati lijevo - desno kako bi se samostrel mogao ugoditi. Ako se ugađanje želi napraviti za različite daljine onda se mora postavi-

rabi se gornja crta, na 30 metara crta ispod nje itd.

Postoje i drugi načini kompenzacije propadanja strjelice zbog različitih daljina. Tako neki samostreli imaju mehanizam koji podiže ili spušta stražnji dio nosača ciljnika odnosno vodilicu strijele. Na taj je način moguće zakretanjem kotačića mehanizma zauzeti odgovarajuću daljinu i ciljati u metu, a ne



procjenjivati koliko treba ciljati iznad nje da se postigne pogodak. Naravno, ovakav način gađanja podrazumijeva da je daljina do cilja dobro procijenjena.

Snaga samostrela

Jedna od najvažnijih značajki nekog samostrela je snaga luka. Za njezino izražavanje u anglosaksonском jezičnom području rabi se jedinica libra (lb) odnosno funta (pound) pri čemu jednoj libri odgovara 0,4536 kg. Radi se u stvari o sili napinjanja luka tako da samostrel od 150 lbs zapravo ima silu napinjanja od 668 N. Treba spomenuti da je u zapadnim zemljama sila napinjanja samostrela (osim natjecateljskih) ograničena na 780 N odnosno 175 lbs. Naravno misli se na maksimalnu vrijednost koja se može postići na nekom samostrelu jer je, pritezanjem ili otpuštanjem vijaka moguće mijenjati silu napinjanja.

Ako ne znate snagu svoga samostrela taj se parametar može jednostavno odrediti s pomoću posude s vodom koja se zakvači na tetivu. Lagano nadolijevamo litru po litru vode i bilježimo koliko smo litara nadodali dok se šiljak strijele ne postavi u napeti položaj.

Naravno, tehničke značajke samostrela mogu se izraziti i preko kinetičke energije ispaljene strjelice ili njezine početne brzine. Tako u članku 34. Zakona o oružju koji je trenutačno na snazi u Republici Hrvatskoj stoji da građani stariji od 18 godina smiju bez odobrenja nadležnog tijela nabavljati, držati i nositi samostrel kod kojih ispaljena strjelica ima kinetičku energiju manju od 7,5 Joula ili brzinu manju od 150 m/s. Spomenimo i to da većina samostrela ispaljuje strjelice čija se početna brzina kreće od 60-70 m/s, ali da se među proizvođačima još uvijek vodi borba oko toga tko će napraviti snažniji samostrel. Ipak, preporučujemo da kod odabira budete oprezni jer snažniji samostrel obično znači veće gabarite i veću masu, a to ponekad može biti limitirajući čimbenik.

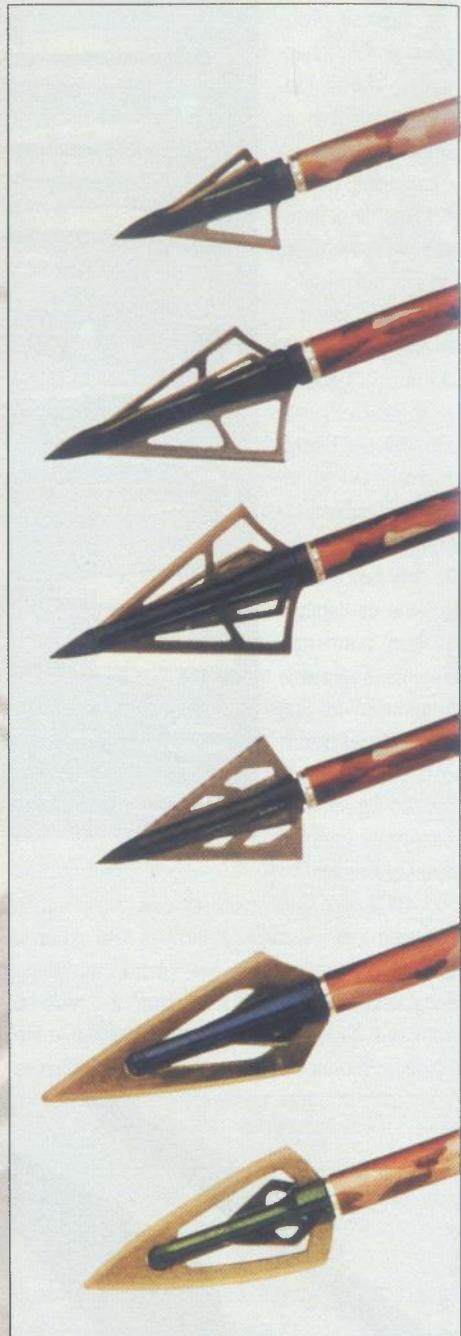


Zbog velike oštine vrhovi strjelica zaštićuju se plastičnim kapicama



Strjelice

Svaka strjelica se sastoji iz trupa, šiljka, stražnjeg dijela (zadka), i pera. Neke strijele imaju na stražnjem dijelu zalijepljene jahače koji olakšavaju njihovo postavljanje na tetivu. Trup strijele najčešće je izrađen iz dur-aluminija. Pera (tri komada) lijepe se na strjeli pod kutom od



120 stupnjeva. Mogu biti puranova (rabe ih strjeličari za gađanje na kraćim daljinama) ili plastična što je mnogo češći slučaj. Dužina strijele mjeri se od ležista na jahaču (ako ga ima) pa do kraja trupa strijele. Najčešće se rabe strjelice duljine 36 cm (14 incha) ili 50 cm (20 incha) što zavisi od konstrukcije samostrela.

Poznato je da, za razliku od metka, strjelica ne ubija šokom koji nastaje prijenosom energije, već tako što vrh strjelice siječe veće krvne sudove. Zato se vrh nekih strjelica sastoji od dva, tri ili četiri poput žleta oštra sječiva. Takve strjelice uglavnom se rabe za lov.

Treba imati u vidu da strjelica može nositi i različite terete kao što je npr. eksplozivno ili zapaljivo punjenje. Naravno, u tom su slučaju daljine gađanja i preciznost dosta ograničeni, a potrebna je i znatna uvježbanost.

Prigodom kretanja strijele se nose u tobolcu ili na specijalnim nosačima koji se mogu montirati na samostrele. Kapacitet takvih nosača iznosi od



Strjelice se obično smještaju u specijalne nosače (kapaciteta 3-6 strjelica) koji se montiraju na samostrele. Konstrukcija nosača mora omogućiti jednostavno i nečujno vadenje strjelice.

tri do šest strjelica, a izrađeni su iz aluminija ili plastike tako da posebno ne opterećuju samostrel. Prigodom izbora nosača važno je voditi računa o tome da njegova konstrukcija omogućava jednostavno i nečujno vadenje strjelica.

Vrste samostrela

Ovisno o konstrukcijskoj izvedbi razlikujemo športske, natjecateljske, lovne i vojne samostrele. Nihove cijene su vrlo različite i kreću se od nekoliko stotina njemačkih maraka za manje zahtjevne modele pa do više od tisuću maraka za one kvalitetnije.

Gađanje iz samostrela je kao športska disciplina vezana za zemlje Srednje i Zapadne Europe

(Švicarska, Njemačka, Italija itd.) ali dobiva sve više pristalica širom svijeta, posebice u Sjevernoj Americi. Prvo svjetsko prvenstvo održano je 1983. godine u Finskoj. Spomenimo i to da Republika Hrvatska trenutačno ima europsku prvakinju u jednoj od disciplina gađanja sa mostrelom.

Natjecateljski samostreli imaju, u odnosu na standardne samostrele, čitav niz poboljšanja koja im omogućavaju postizanje vrhunskih rezultata. Neki od njih imaju silu napinjanja veću od 1110 N (250 lbs). Natjecanja se održavaju na daljinama do 120 metara.

Lovni samostreli mogu biti različitih oblika, veličina i snaga. Najviše se rabe u lovu na krupnu divljač. Posljednjih godina prevladavaju samostreli sa sastavljenim lukom.

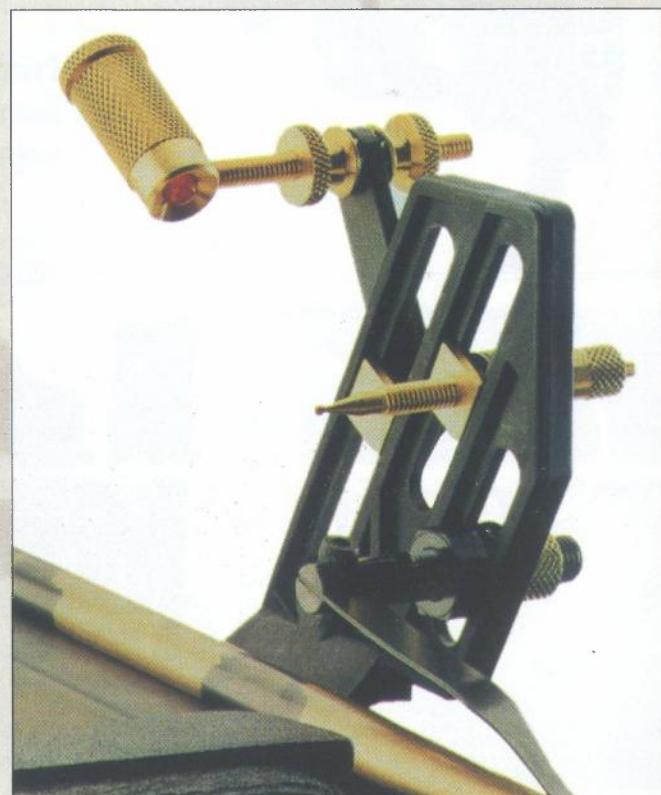
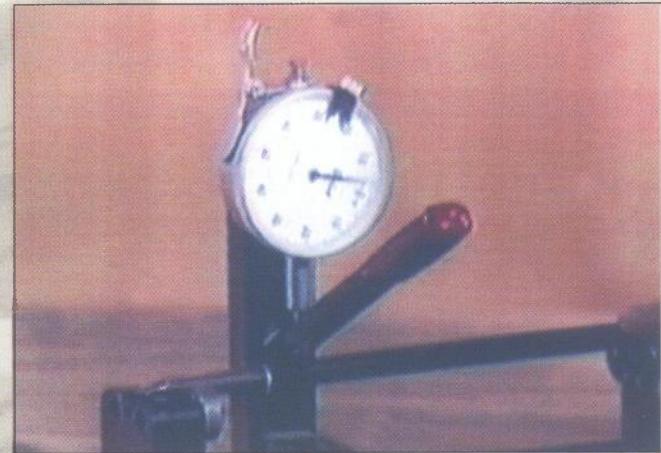
Najpoznatiji modeli

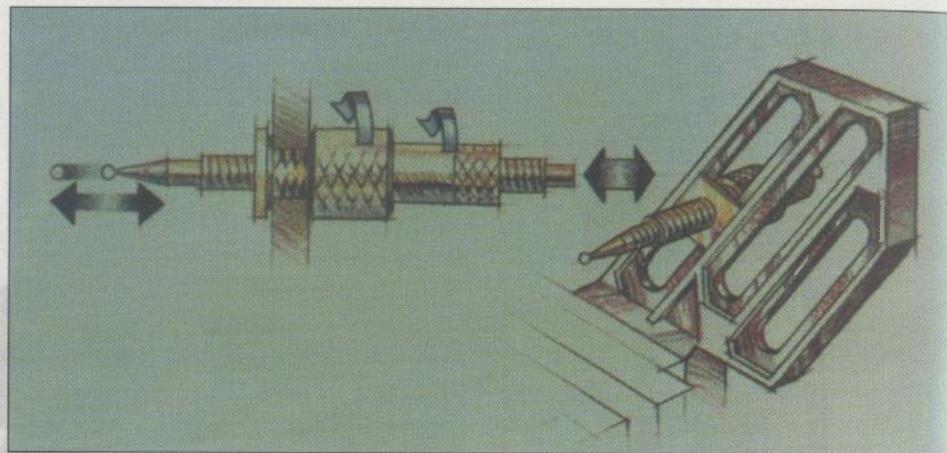
Najpoznatiji proizvodači samostrela su američke tvrtke HORTON, JENNINGS i PSE, te engleska BARNETT. Jedan od poznatijih modela tvrtke JENNINGS vjerojatno je "Devastator" (engl. razaratelj) za kojeg je razvijen novi sustav postavljana strjelica na samostrel. Tako strjelica dotiče samostrel samo u dvije točke i ne leži cijela na vodilici kao što je to slučaj kod ostalih modela. Glavna prednost takva načina postavljanja je manje trošenje teticu budući da ona prigodom odapinjanja ne klizi po vodilici samostrela.

Model Devastatora sa silom od 670 N (150 funti) izrađuje se iz fiberglasa, dok se kundak izrađuje kombiniranjem aluminija plastične i drveta. Prigodom gađanja samostrel ostaje gotovo nepokretan budući da je kundak dobro uravnotežen i anatomske oblikovan. Mechanizam za okidanje je precizno izrađen i nema tzv. koljena kao što to imaju puške tako da strijelac mora paziti da ga odapinjanje strjelice ne bi iznenadilo. Na samostrel je ugrađena sigurnosna kočnica koja onemogućuje

Neiskrivljenost i centričnost svih dijelova strjelice vrlo su važni čimbenici za precizno gađanje. Stoga ih treba redovito nadzirati i po potrebi dotjerivati

Izgled ...





slučajno odapinjanje.

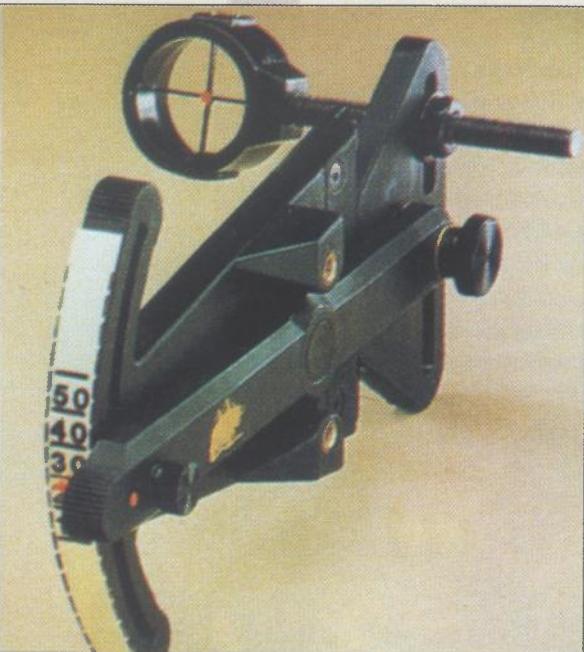
Engleska tvrtka Barnett započela je s radom davne 1966. godine. Njezin model nazvan Commando jedan je od prvih komercijalnih samostrela. Ima specifičnu konstrukciju jer se napinje s pregibom kao što se napinju zračne puške. Naime, zakretanjem kundaka oko osovine na rukohvatu posebni kukasti završetci zahvaćaju tetivu i povlače je unazad. Prednost ovakvog sustava je u tome što omogućuje i jednostavno otpuštanje tetine bez opasnosti po strjelcu ili pucanje tetine.

Izrađuje se u dvije inačice i to sa silom napinjanja od 556 N (125 funti), te 780 N (175 funti).

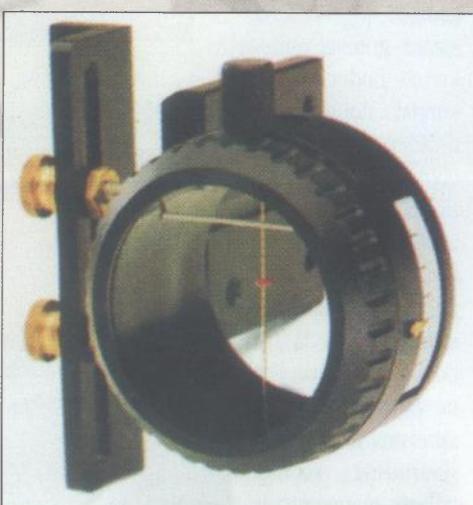
Na našem se području sreću i samostreli slovenskog proizvođača VILOK. Odlikuju ih dobar mehanizam za okidanje (preuzet od Barnetta), ali im se zamjera prevelika težina, te ponekad prenježne osovinice kolotura na krakovi samostrela.

Primjena samostrela u vojne svrhe

Poznato je da su u II. svjetskom ratu pripadnici američkog OSS-a rabili mali



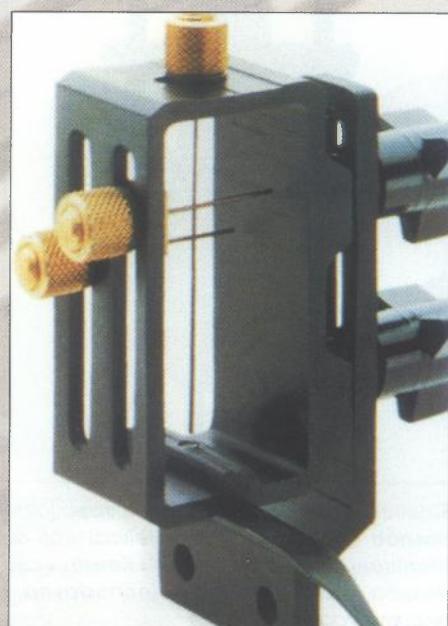
Vrste mehaničkih ciljnika



samostrel nazvan Viljem Tel za ubijanje stražara i stražarskih pasa. Bio je gotovo nečujan, a odapinjavao je strjelicu s oštrim čeličnim vrhom brzinom od oko 60 m/s. Tijekom Vijetnamskog rata korištena je njegova usavršena inačica. Samostreli su korišteni i u Sjevernoj Irskoj. Po riječima britanskih balističkih stručnjaka takvo oružje bilo je smrtonosno na daljinama do pedeset metara.

Pravilno održavanje

Kao i svako oružje samostrel je također



potrebno pomno održavati. Preporučljivo je redovito mazanje tetine voskom, te nadziranje njezine kompaktnosti. To se osobito odnosi na srednji dio omotača tetine (tzv. bandaže) koji se brzo troši. Također se preporučuje zamjena tetine nakon ispaljivanja 1000 strjelica, budući da može doći do njezinog pucanja uzrokovanoj strukturalnim promjenama u tvorivu.

Kod samostrela koji na kućištu imaju vodilicu za strjelice preporučuje se podmazivanje vodilice nakon ispaljivanja 3-5 strjelica. Najprikladnijim sredstvom pokazao se grafit.

Odapinjanje samostrela bez strjelica može lako oštetići samostrel pri čemu najčešće puca tetiva. Zbog toga NIKADA ne odapinjite samostrel bez strjelice tj. u prazno. Ako morate otpustiti

napetu tetivu radite to vrlo oprezno, a najbolje je da zamolite kolegu da vam u tome pomogne. Ako ste sami, najbolje je da strjelicu ispalite ispred sebe u zemlju.

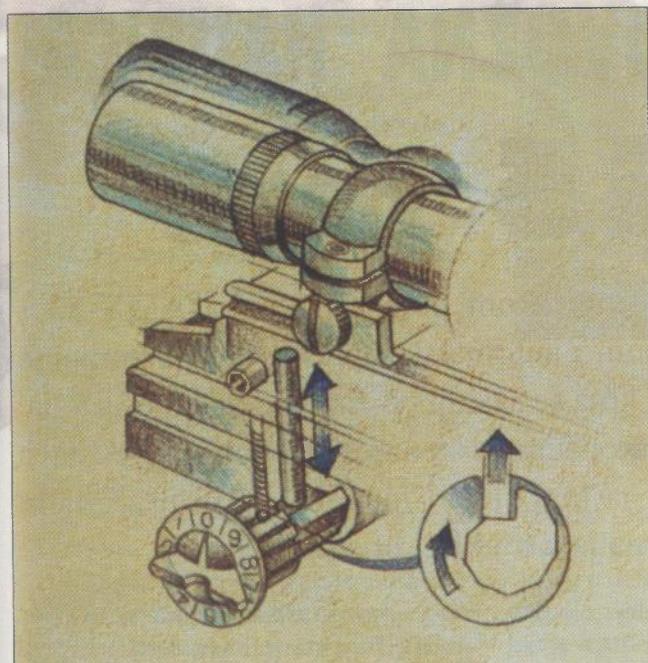
Prije gađanja potrebno je prekontrolirati učvršćenost vijaka, osobito onih koji povezuju krakove luka s kućištem budući da oni najčešće popuštaju. U slučaju da se samostrel neće rabiti duže vrijeme preporučuje se njegovo otpuštanje. To znači da s klasičnog luka treba skinuti tetivu, a kod sastavljenog luka treba otpustiti vijke (ne do kraja) s kojima su krakovi učvršćeni za kućište.

Zaglavak

Vjerujemo da se možemo složiti s tvrdnjom da samostrel neće nikada naći širu primjenu u suvremenim vojnim postrojbama. Međutim, neke njegove dobre osobine ponekad će omogućiti kvalitetnije obavljanje pojedinih specijalnih zadaća. Nasuprot tome, u svijetu će trend masovnije uporabe samostrela u lovačke i športske svrhe biti sve izraženiji.



Neki samostreli imaju poseban mehanizam koji podiže ili spušta stražnji dio nosača ciljnika odnosno vodilicu strijele. Tako se zakretanjem kotačića kompenzira propadanje strjelice prigodom gađanja na različitim daljinama



SAVJETI

1. Prigodom rukovanja nikada ne usmjeravajte samostrel prema kolegama.
2. Nikada ne odapinjite samostrel u prazno. Ako morate odapeti napet samostrel radite to vrlo oprezno. Zamolite kolegu da vam pomogne otpustiti tetivu. Ako ste sami ispalite strjelicu ispred sebe u zemlju.
3. Ako imate samostrel s vodilicom za strjelice podmazujte je nakon 3-5 ispaljivanja kako bi smanjili trenje.
4. Redovito mažite tetivu odgovarajućim voskom.
5. Kontrolirajte ispravnost tetrici i omotača (bandaže) osobito njezinog središnjeg dijela.
6. Nemojte otkočiti samostrel ako niste spremni za gađanje.
7. Ako samostrel nećete rabiti duže vrijeme preporučujemo da u slučaju klasičnog luka skinete tetivu, a kod sastavljenog luka otpustite vijke (ne do kraja) s kojima su krakovi spojeni za kućište.

SATELIT-tbm d.o.o.

OVLAŠTENI DISTRIBUTER
ODRANSKI 1-A, 41000 ZAGREB, HRVATSKA
Tel.: +385 (01) 6113 199 • Fax: 385 (01) 530 688



FRANCUSKA SAMOVOZNA HAUBICA **GCT 155 mm**

Sustav GCT 155 mm se temelji na modificiranom podvozju tanka AMX-30 s ugrađenom novom kupolom, topom 155 mm i automatskim sustavom za punjenje streljiva. Vozilo ima poslužu od četiri člana koja se sastoje od zapovjednika, ciljatelja, punitelja i vozača. Od 1988. godine na ovom učinjena su mnoga poboljšanja sustava što su uslijedila nakon iskustva stečenih na temeljnog modelu, kao i praćenjem dostignuća konkurentnih sustava drugih zemalja u toj klasi oružja

Potraj šezdesetih godina Francuska je u traženju svojeg identiteta u konstrukciji samovoznih oružja postavila zahtjeve za oružje u kalibru 155 mm.

Sustav GCT 155 mm (Grande Cadence de Tir) je bio rezultat projekta koji je utemeljen prema zahtjevima francuske vojske za samovozno oružje 155 mm. Trebao je zamijeniti francuska samovozna oružja 105 mm i 155 mm koja su bila ugrađena na podvozje lakog tenka AMX-13, a nisu se mogla nositi s ondašnjim taktičko-tehničkim zahtjevima. Prvi prototip takvog oružja s velikom kadencijom paljbe je bio završen 1972. godine i prikazan je na izložbi Satory Exhibition of Military Equipment 1973. godine. Tijekom 1974. i 1975. godine je bilo završeno šest vozila probne proizvodnje, da bi 1977. godine započela serijska proizvodnja sustava

čija je prva narudžba realizirana za Saudijsku Arabiju. Francuska je vojska donijela konačnu odluku za uvodenje sustava u operativnu uporabu 1979. godine, da bi danas raspolagala s 251 sustavom. Oružja su razmještena po bitnicama od pet oružja, a četiri bitnice čine jednu regimentu.

Sredinom 1993. godine ukupna proizvodnja GCT 155 mm je dosegla više od 400 sustava, a osim Francuske distribuirani su po sljedećem: Irak 85, Kuvajt 18 i Saudijska Arabija 51. Francuska je zadržala 177 oružja u temeljnog modelu koji u francuskoj vojsci nosi oznaku 155 AUF1. Od 1988. godine na ovom učinjena su mnoga poboljšanja sustava što su uslijedila nakon iskustva stečenih na temeljnog modelu, kao i praćenjem dostignuća konkurentnih sustava drugih zemalja u toj klasi oružja. Modificirani je sustav dobio oznaku 155 AUF1T i takvih je sustava danas u fran-

J. MARTINČEVIĆ-MIKIĆ

čuskoj vojski ukupno 74. U navedena poboljšanja su uključeni: pomoći pogon kupole APU, poboljšani i pouzdaniji punjač streljivom, ugradnja integralnog goniometra i druga manja poboljšanja.

Opis

Sustav GCT 155 mm se temelji na modificiranom podvozju tanka AMX-30 s ugrađenom novom kupolom, topom 155 mm i automatskim sustavom za punjenje streljiva. Vozilo ima poslužu od četiri člana koja se sastoji od zapovjednika, ciljatelja, punitelja i vozača.

Tijelo vozila je gotovo identično kao na tanku AMX-30 bez obzira na modifikacije koje su uslijedile smanjenjem mase od približno 2000 kg u odnosu na tank. Postojeći nosači streljiva 105 mm su preuređeni za nosače streljiva 155 mm, a u odnosu na standardnu opremu dograđen je generator 5 kVA/28 V s ventilacijskim sustavom za provjetravanje kupole.

Vozač sjedi u prednjem dijelu vozila s lijeve strane, a za ulazak u vozilo koristi jednodijelnu poklopac-vrata. Po obodu otvora okvira vratiju su ugrađena tri periskopa. Središnji periskop može biti zamijenjen periskopom za noćnu vožnju (IC, termovizijski ili kombinirani SOPELEM OB-16-A dnevno-noćni periskop).

Kupola je na središnjem dijelu vozila, dok je motor odvojen pregradom koja odvaja motorno odjeljenje od odjeljenja kupole. Priljni dovod zraka za hlađenje motora je s gornje strane tijela u zadnjem dijelu vozila, a riješen je pomoću ventilatora kojeg pokreće motor. Broj okretaja ventilatora je reguliran temperaturom tekućine za hlađenje motora, čime je postignuta povoljnija regulacija temperature motora.

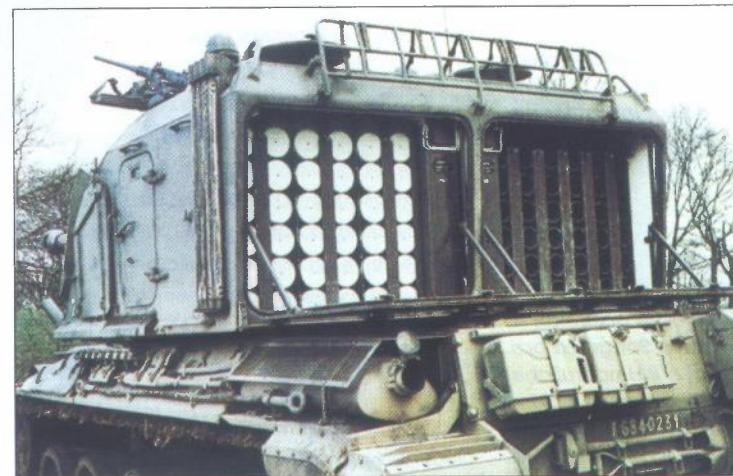
Transmisija se sastoji od automatske spojke, mjenjačke kutije, upravljačkog uređaja, kočnice i dva krajnja pogonska nazubljena kotača. Centrifugalna spojka se aktivira električnim pogonom pomoći uređaja stupnjeva prijenosa. Kombinirani mjenjač i upravljački mehanizam sadrži šest brzina naprijed i nazad i trostruki diferencijalni upravljački sustav. Kočnice su upravljane hidraulično i koriste se kao radne i parkirne.

Sustav ovjesa čine torzijske poluge preko pet dvostrukih potpornih gumiranih kotača s ljenjivcem naprijed, a pogonskim nazubljenim kotačem nazad. Tu je još pet kotača nosača gornjeg dijela gusjenica koji podupiru slobodni kraj gusjenice. Prvi i drugi, četvrti i peti potporni kotači su ugrađeni na njihajućem podvozju, a prva i zadnja potporna postaja imaju hidraulične ublaživače udaraca.

Kupola je zavarene konstrukcije sa zapovjednikovim i ciljateljevim sjedalom s desne strane, a puniteljevim s lijeve. Zapovjednikova kupola je opskrbljena periskopima za kružnu observaciju i ima jednodijelni krovni poklopac za otvaranje prema straga. Punitelj ujedno rukuje protuzrakoplovnom strojnicom do koje dolazi kroz jednodijelni poklopac koji se otvara prema straga. Ulaz posluze u kupolu je kroz vrata što su ugrađena s obje strane kupole.

Cijev 155 mm dužine 40 kalibara s dvokomornom plinskom kočnicom na ustima ima vertikalno klizni blok zatvarač koji brtvi plinove metalno prekrivnim blokom. Zatvarač se otvara hidrauličnim servo pogonom s mogućnošću ručnog upravljanja za iznenadno korištenje. Mogućnost postavljanja nagiba cijevi je 66 stupnjeva prema gore (elevacija) i 4 stupnja prema dolje (depresija), dok se kupola može okretati po smjeru punih 360 stupnjeva. Pokretanje kupole i cijevi je hidrauličnim pogonom s mogućnošću ručnog nadzora u slučaju otkaza hidraulike.

Oružje je spremno za djelovanje u vremenu od jedne do dvije minute s jednom minutom za pospremanje u ophodni položaj. Prosječna brzina paljbe je osam metaka u minuti s automatskim punjenjem i dva do tri metka u minuti s ručnim punjenjem. Za plotun od šest metaka potebno je



45 sekundi. Tijekom testiranja sustava od strane francuske vojske ispaljeno je 108 metaka za jedan sat, što predstavlja oštri režim paljbe od gotovo dva metka u minuti. U kupoli se može prevoziti 42 projektila i isto toliko barutnih punjenja koji su smješteni u zadnjem dijelu kupole u sedam okvira po šest projektila i sedam okvira po šest barutnih punjenja. Dodatnih četrdeset barutnih punjenja je moguće smjestiti u ugrađeni spremnik u obliku košare na vanjskom dijelu kupole.

Tipično punjenje može sadržavati: 36 HE projektila (6x6) plus 6 dimnih (1x6), ili 30 HE (5x6), 6 dimnih (1x6) i 6 osvjetljavajućih (1x6). Kupola se puni streljivom kroz dvoja vrata na kupoli na zadnjem dijelu koja se spuštaju u vodoravni položaj i formiraju naročitu platformu za rad posluze. Peteročlanom poslugom može se obaviti punjenje streljivom za 15 minuta, dok dva člana taj isti posao mogu obaviti u roku od 20 minuta. Za vrijeme postupka punjenja streljivom top može nesmetano raditi.

Punjac ima mogućnost selekcije vrste projektila s obzirom na zapovijedi koje dobiva od poslužitelja. Može se izabrati pojedinačna ili brzometna paljba od šest metaka.

Pogled na GCT 155 sa stražnje strane. Stražnja vrata kupole su spuštena i čine naročitu platformu za rad posluze. Vidljivi su spremnici barutnih punjenja i projektila

Iz oružja se mogu ispaljivati sljedeći tipovi streljiva:

- 155 mm HE 56/59 (OE 155 56/69) maksimalnog dometa do 23 000 metara,
- 155 mm HE HB (hollow base) maksimalnog dometa 23.000 metara,
- 155 mm HE BB (base bleed) maksimalnog dometa 29.000 metara,
- 155 mm HE US M107 s maksimalnim dometom 18.000 metara kao i ostalo streljivo: osvjetljavajuće, dimno i streljivo-nosač (cargo) koje je namijenjeno sustavima 39 kalibara.

Francuski Luchaire je proizveo projektil 155 mm F1 s tzv. šupljim dnom koji je dugo bio na korištenju u francuskoj vojsci pretežito iz sustava GCT 155. Ohrabrujući razvoj projektila 155 mm F2 s ugradnjom posebnog uredaja nazvanog "base bleed" ili generator plina je pokazao da je to još uvijek interesantno područje primjene klasičnog razornog (HE) streljiva.

Projektil OE 155 mm F2 ima masu 43,25 kilograma i dužinu 865 mm. Upotpunjena je upaljačem PD M557 ili TRT FU-RA-DE. Ispaljenjem iz topa 155 mm GCT sa sedmim barutnim punjenjem pri prosječnom tlaku od 3150 bara, pri temperaturi okoliša 21°C ima početnu brzinu 810 m/s i maksimalni domet 23,3 kilometara. Eksplozivno punjenje mase 8,7 kg (TNT+RDX=50:50) je učinkovito protiv mete čovjeka u napadnom kutu pod

60° stupnjeva u području 800 četvornih metara što je dvostruko veće područje od područja djelovanja standardnog projektila M107.

Tako rekonstruiran projektil je sposobljen za ugradnju BB uredaja ili odgovarajućeg stožastog završet-



Prikaz samovoznog topničkog sustava 155 mm tvrtke Giat Industries na podvozu tanka T-72

Francuske postrojbe iz kontingenta Snaga za brzi razmjještaj u BiH naoružane su samovoznim topničkim sustavom 155 mm GCT i kao takve postat će dio IFOR-a



ka iste mase u slučaju klasičnog ispaljenja i nosi označku OE 155 F2 K RTC. Uredaj generatora plina je sastavljen od metalne košuljice, pogonskog bloka goriva i pirotehničke potpale. Smjer navoja košuljice je suprotnog smjera od navoja cijevi tako da je onemogućeno odvrtanje s projektila zbog djelovanja inercijskih sila u trenutku ispaljenja projektila iz cijevi. Zapaljenje goriva generatora plina je u vremenu manjem od jedne sekunde i nije ovisno o podtlaku nastalom pri izlasku projektila iz cijevi. Ako iz bilo kojih razloga dođe do gašenja smjese goriva generatora plina pri napaštanju cijevi, pirotehnička potpala ima sposobnost ponovne potpale goriva. Povećanjem mase goriva generatora plina, moguće je povećanje dometa do 27,6

kilometara s početnom brzinom od 805 m/s pri šestom

punjenju. Osim toga projektil je planiran za uporabu sa

sedmim barutnim punjenjem, pa se očekuju još veći dometi. Spomenuti je projektil osim ispitivanja iz francuske haubice ispitana i iz oružja M109A3, M198, GC45 i M-74 Tampella. Osim dobivanja povećanja dometa, ugradnja uredaja generatora plina eliminira potrebu dva različita projektila jer se istim projektilom postiže dva područja primjene. Napokon ugradnja generatora plina smanjuje mogućnost točnog lociranja mjesta ispaljenja takvog projektila ako je njegov trajektorij snimljen motričkim radarom protivnika jer njegov trajektorij odstupa od klasičnog balističkog trajektorija.

Oružje može imati ugrađenu strojnici 7,62 ili 12,7 mm. Ista je ugrađena za protuzrakoplovnu

borbu, a nalazi se na mjestu punitelja. Ako je ugrađena strojnica 7,62 mm, ona ima elevaciju 45 stupnjeva i depresiju od 10 stupnjeva dok joj je okretanje po smjeru punih 360 stupnjeva. Opskrbljena je s 2050 metaka od kojih je 550 u pripravnosti za paljbu.

Strojnica 12,7 mm ima elevaciju 50 stupnjeva i depresiju 20 stupnjeva, dok joj je okretanje po smjeru punih 360 stupnjeva. Opskrbljena je s 800 metaka od kojih je 100 u pripravnosti. Osim toga oružje je opskrbljeno s po dva električno upravljana bacača dimnih kutija koji su ugrađeni na prednjem dijelu kupole u razini topa cijevi.

Standardni sustav za upravljanje paljbom GCT sadrži sljedeće:

- Zglobni ovjes namijenjen za montažu goniometra u kupolu čime je omogućeno slobodno kretanje za 10 stupnjeva aksijalno u svim smjerovima.

- Hermetički konvencionalni goniometar kojemu su kutevi po smjeru ugravirani na krugu, a kutevi po elevaciji na elevacijskoj skali.

- Ploča azimuta s razuljom koja se može ručno prilagođavati.

- Kontrarotirajući uredaj koji omogućuje "čuvanje" položaja goniometra tijekom okretanja kupole.

- Izravni ciljnik za protutankovsku paljbu.

Standardni optički sustav za upravljanje paljbom može biti zamijenjen sa CITA 20 sustavom koji sadrži zemaljsku navigacijsku opremu integriranu sa žiroskopskim senzorima promjene položaja kupole.

Giat Industries je 1992. godine prikazao svoju izvedenicu samovoznog topničkog sustava 155 mm na podvozju tanka T-72 čime se priključio natjecanju na kojem se Indija trebala odlučiti za dobavljača 600 sustava prema definiranim taktičko-tehnicičkim zahtjevima njihove vojske. Kako je već znano konkurenți su mu bili britanski VSEL sa svojom kupolom AS90 i južnoafrički DENEL s kupolom G6.

Zaglavak

GCT 155 se relativno dugo zadržao na uporabi u francuskoj vojsci. Ako se zna da je Francuska jedna od vodećih europskih snaga koje ubrzano rade na organizaciji vrlo mobilnih i univerzalnih postrojbi za tzv. brzo djelovanje, onda se nameće zaključak da ovo oružje nije prikladno za ovakvu uporabu. Da je tome tako svjedoči i činjenica razvoja novog samovoznog sustava Caesar 155 (camion équipe d'un système d'artillerie), što ga Giat Industries (EURO VECTEUR) prvi put prikazao na izložbi naoružanja Euro Satory 94.



Samovozni topnički sustav Caesar 155. Ovako će najvjerojatnije izgledati većina novih samovoznih topničkih sustava.

Francuskom Caesaru društvo čini švedski projekt FH-2000 kao i talijanski Astra 8x8 (155 mm FH-90)



Zaista, GCT 155 sa svojom masom od 42 tone predstavlja zapreku prevođenja ovih oružja transportnim zrakoplovima, što je nužni zahtjev pri uporabi snaga za brzo djelovanje. Novi je topnički sustav ugrađen na vozilo na kotačima konfiguracije 6x6 Unimog, čija je ukupna masa 18,5 tona. Vozilo ima produženu kabинu u kojoj je osiguran smještaj za šesteroclanu poslužu s nešto manjom balističkom zaštitom. Masa vozila je zadovoljavajuća glede nosivosti transportnog zrakoplova C130 Hercules, a nešto manja balistička zaštita vozila ne utječe u velikoj mjeri na samoodržanje vozila na bojišnici, kad se uzme u obzir da je domet ovog oružja više od 40 kilometara. Vozilo je pri brzini od 90 km /h u mogućnosti prijeći 600 kilometara s jednim punjenjem spremnika za gorivo, a brzina paljbe je 3 metka u 15 sekundi. Oružje ima područje djelovanja po smjeru ± 15 stupnjeva, a elevacija je u području od + 17 do + 66 stupnjeva. Caesar 155 ima određene prednosti pred GCT 155 jer zbog ugradnje na kotače ima bolje strateške pogodnosti, operativnije je i zahtjeva manje izdatke na ukupno održavanje sustava u cjelini.

Topnički projektil kalibra 155 mm F1 punjen protutankovskim minama za površinsku distribuciju

Ako se uzme u obzir da osim Caesara i švedski Bofors već duže vremena radi na razvoju topničkog sustava koji bi bio podoban za ugradnju na vozilo na kotačima konfiguracije 6x6 (APS 2000 155 mm), onda je za očekivati da se upravo iz spomenutih razloga i drugi vodeći svjetski proizvođači objelodaniti svoje slične projekte.



Topnički projektil kalibra 155 mm F2 Luchaire. U dolnjem dijelu projektila je za uočiti navojno spajanje tzv. supljeg dna ili u slučaju zahtjeva za povećanim dometom, mogućnost ugradnje generatora plina (BB)



LAKA BORBENA VOZILA

S TOPOVIMA VELIKIH KALIBARA

U početku osamdesetih godina nekoliko zapadnih zemalja počelo je pokazivati sve veće zanimanje za operacije brzih intervencija, kod kojih je naglasak na strategijskoj pokretljivosti i koje zahtijevaju raspoređivanje razmjerno velikih snaga na velikim udaljenostima od baza. Temelje toga čine i laka borbena vozila u koju spadaju: laka oklopna vozila, vozila za paljbenu potporu, lovci tankova i laki tankovi. Polako ali sigurno kod tih se vozila javljaju apetiti za jače topove, tako da su danas naoružana topovima kalibra kakvi se rabe na tankovima



Primjer napretka sa 105 mm topom, vidi se kod vozila Piranha 10x10, tvrtke Mowag. Vozilo je snimljeno za vrijeme ispitivanja paljbenе moći, a posebno je konstruirano kao platforma za visokoučinkoviti top. Potencijalno tržište je Bliski istok

Zahtjevi za oklopnim vozilima na kotačima postavljeni su između I. i II. svjetskog rata, a 30-tih godina je počela serijska proizvodnja u Njemačkoj za potrebe izvidničkih postrojbi. Široka uporaba oklopnih vozila dolazi tek poslije II. svjetskog rata, 50-tih godina.

Nove generacije oklopnih vozila pojavljuju se sredinom 70-tih, 80-tih, te 90-tih godina, prema vojnim zahtjevima za većom pokretljivošću izvan cesta, paljbenom moći naoružanja i oklopnom zaštitom. Kašnjenje razvoja oklopnih vozila na kotačima prema razvoju oklopnih vozila na gusjenicama (oklopnim transporetima, tankovima i drugim bojnim vozilima) bila je posljedica njihove slabije prohodnosti izvan cesta - po ispresjecanom zemljištu, slabije paljbenе i razorne moći naoružanja, slabije oklopne zaštite (zbog ograničene nosivosti vozila) i oštećenosti pneumatika od strel-

jačkog oružja i eksplozivnih krhotina.

Današnji pogled u svijetu na ulogu oklopnih vozila na kotačima, u obrani i u napadaju, znatno se izmjenio, u njihovu korist.

Posebice kao rezultat zapadne doktrine, zračno-kopnene bitke, velike mobilnosti bojnih snaga, kao odgovora prema nadmoći zemalja istočnog bloka u oklopnim snagama (3:1). Masovnost je također rezultat novih zahtjeva uporabe na širem operativnom prostoru, prijevozu strijelaca i njihovog naoružanja što bliže mjestu uporabe na bojišnici, i izvođenju brzih udara. Strogi namjenski zahtjevi su "iznenadni" susreti i izvođenje protuoklopne borbe s borbenim vozilima i tankovima na malim i srednjim daljinama (lovci tankova), protuzrakoplovne obrane, topničke paljbenе potpore, ..., logističke potpore, i drugo. Ugradnjom topova velikog kalibra, protuoklopnih i drugih sustava na oklopna vozila

Dinko MUKULIĆ

USMC LAV 105 trebao bi snagama za brze intervencije, koje se nalaze ispred konvencionalnih oklopnih snaga, osigurati minimum uništavanja tankova. Ovo vozilo, s uređajem za automatsko punjenje, snimljeno je tijekom nedavnog ispitivanja



visoke pokretljivosti, stvaraju se borbene cjeline koje se u potpunosti integriraju u sve bojne postrojbe. Značajan se broj bojnih vozila dodjeljuje postrojbama logističke potpore. Zoran je njihov ubrzani razvoj i posebna primjena u "Peacekeeping" operacijama. Razvojem specijalnih pneumatika "run flat" s mogućnošću prilagodavanja tlaka zraka u njima, snažnog topa, zaštitnog oklopa, i instaliranjem velike specifične snage, omogućen je ulazak oklopnih izvidničkih vozila u samu borbenu crtu.

S obzirom na poznate klase bojnih vozila na gusjenicama: luke, srednje i teške tankove, te bojnih vozila pješaštva - oklopnih transporteru gusjeničara, koji prate tankove, klasa oklopnih vozila na kotačima se najčešće naziva lakisim oklopnim vozilima na kotačima, što odgovara po masi lakisim oklopnim vozilima na gusjenicama - s lakisim naoružanjem i lakisim topom. Suvremena laka oklopna vozila na kotačima (LOV), izrađuju se kao obitelji oklopnih vozila, na više podvozja formule pogona kotača 4x4, 6x6, 8x8, i 10x10, ukupne mase do 20 (30) tona. Program budućih višenamjenskih oklopnih vozila NATO MBAV vozila (Multi-Purpose Base Armoured Vehicle), ostvarivanjem veće nosivosti kotača izvan cesta - 45 kN, postavlja relacije klasifikacije prema broju osovina, što je najuže vezano za borbenu masu: LOW 4x4, Medium 6x6, High 8x8 i 10x10.

Unatoč sve veće uporabe oklopnih vozila na kotačima, stalno se postavlja pitanje njihove djelotvornosti izvan ceste. Ta pitanja usmjerena su na njihovo funkcioniranje na mekom terenu i natjecanje s njihovim pandanima, gusjeničarima. Sposobnosti bojnih vozila na kotačima u tom smislu ovise primarno o njihovom zemljanim tlaku, o broju kotača, sigurnosnim značajkama pneumatička. Dileme više nema, moderna zapadna oklopna vozila na kotačima, osobito dolazeća nova generacija, u sklopu relevantnih - značajki: pokretljivost, paljbenu moć, smatraju se više nego konkurentnim gusjeničnim vozilima. Ali, to nije glavna misao i vodilja njihovog brzog razvoja, već

naprotiv specifičnost strategijske i taktičke namjere brzih vojnih udara na širem operativnom prostoru, i puno pokrivanje bojišnice, gdje se oklopna vozila na kotačima i oklopna vozila na gusjenicama dopunjavaju u djelovanju. Radi toga se i formacijski ujedinjuju, a ne isključuju.

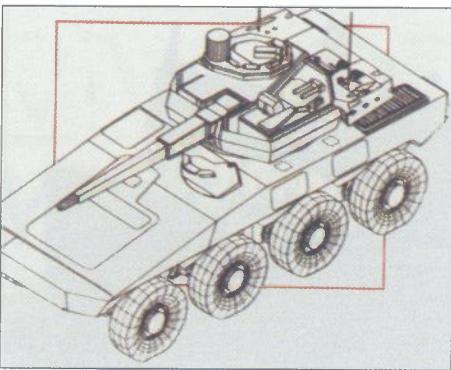
Izvidnička oklopna vozila na kotačima ili gusjenicama će u "očekivanom" području izviđanja imati sučeljavanja s oklopnim vozilima neprijatelja, koja moraju brzo uništavati s relativno kratkog rastojanja iz protuoklopног cijevnog ili raketnog oružja. Otud se i predviđa borba protiv tankova na odstojanjima oko 1200 (2000) m, s topom od 90 ili 105 mm, a na veće daljine protutankovskim raketnim sustavom.

Ovime je prevladana stara teza, da izvidnička oklopna vozila na bojišnici ne mogu opstati na daljini ciljeva 2000 - 2500 m, što je razina izravnog gađanja iz tankovskog topa (vjerojatnost pogodanja do 50 posto). Moderna izvidnička oklopna vozila, lovci tankova, cijevi topa 90 (105) mm, rade se tako da u sprezi sa svojom većom strateškom i taktičkom životinjom na kotačima, djeluju prije, brzo, iznenadno i djelotvorno. Vjerojatnost pogodanja prvim projektilom je vrlo važna, kako zbog učinka iznenađenja i osiguranja vlastitog opstanka, tako i zbog najekonomičnijeg trošenja streljiva. Vozila se opremanjuju sustavom za uprav-

Očekuje se da će elementi konstrukcije demonstracijskog vozila EXF 8x8 uključiti u GTX/VBM program koji zajednički vode Giat i Krauss Maffei



Vextra 8x8, naoružana topom 45 mm CTA koji rabi teleskopsko streljivo nove generacije



ljanje paljbom koji prije opaljenja ima vjerovatnost pogotka cilja. Za bojnu prevlast na većim daljinama, izvidnička laka bojna oklopna vozila se naoružavaju protuoklopnim raketama, 3000/4000 m dometa. Budući da moderni tankovi, krećući iz mjesta, prvi 100 m prelaze za oko 15 (20) sek., neophodno je da lovci tankova imaju manje vrijeme procesa ciljanja (≈ 10 sek), kako bi brže djelovali i nadoknadiili gubitak vremena na let protutankovske vođene rakete, tako da tank ne može izbjegći paljbu.

Iako, pogon pomoću kotača, zaostaje prema pogonu na gusjenicama, po prohodnosti i otpornosti u borbi, a prednjači po pokretljivosti i cijeni izradbe, vozila se prema tim kriterijima u vojnoj primjeni međusobno ne isključuju. Radi se o bojnim vozilima koji se koriste za dva granična područja i načina uporabe, koja se ne isključuju, već naprotiv dopunjavaju i pokrivaju različitost bojišnice i namjere na širem operativnom prostoru. U odnosu na laka oklopna vozila gusjeničare, slične ili iste namjene, laka "zapadna" oklopna vozila na kotačima su postala suvremene najpokretljivije platforme različitih borbenih sustava za razne namjene. Zato, na Zapadu više nema dileme, kojem baznom podvozju lakog bojnog vozila treba dati prednost, jer vozila na kotačima

ukupno daju više, kao što slijedi:

- prilagodljivost dugim premještanjima: ne koristi vučni vlak kao gusjeničar, brzo približavanje zoni bojišnice, jer pruža veće srednje brzine kretanja i ima veću pokretljivost vozila;

- životstvenost temeljnog oklopног vozila omogućava stvaranje suvremenog brzog lovca tankova i drugih borbenih vozila, velike paljbene i razorne moći oružja, te pojačane oklopne zaštite;

- daljnja raspoloživost vozila u slučaju oštećenja jednog ili dva kotača, što za gusjenična vozila ne vrijedi;

- jednostavnija tehnologija izradbe, manja cijena proizvodnje;

- veća ispravnost i pouzdanost (resurs za remont nekoliko puta /oko 5/ duži nego za gusjeničar), a prema tome lakše i jeftinije održavanje. Potrošnja goriva po jednom prevoženom vojniku je oko dva puta manja.

Na kraju, dileme više nema, "oklopna vozila za vojsku, na kotačima ili gusjenicama?", daje samo jedan odgovor: kotačna i gusjenična borbena vozila, ali gusjenična vozila samo tamo gdje nema druge raspoložive alternative.

Europsko proširenje "savezništva na kotačima"

Na posljednoj izložbi vojne opreme Eurosatory u Parizu, prikazan je VBM/GTK program zajedničkog razvoja i proizvodnje oklopnjaka na kotačima za XXI. stoljeće između Francuske i Njemačke. Industrijalizacija će se ostvariti između četiri kompanije: GIAT, KRAUS MAFFEI, MERCEDES BENZ, i PANHARD. Francuzi su predstavili koncept Vextre 8x8 i 6x6, a Nijemci koncept EXF 8x8. Po svoj prilici programu se priključuju i Britanci.

U temelju GTK/VBM program pokriva

Tablica temeljnih tehničkih značajki oklopnih vozila na kotačima

Model	VAB 4x4	Pandur 6x6	Piranha 8x8	Fuchs 6x6	AMX-10 RC 6x6	Centauro 8x8	Piranha 105 10x10
Zemlja	Francuska	Austrija	Švicarska	Njemačka	Francuska	Italija	Švicarska
Tip	APC	APC	APC	APC	IZV	IZV	IZV
Posada	2+10	2+10	3x12	2+10	4	4	4
B.masa, t	13	13	12.5	17	16	24	18
Dužina, m	5.98	5.6	6.36	6.83	6.36	7.4	7.2
Visina, m	2.89	2.53	1.85	2.43	2.66	2.44	2.6
Širina, m	2.49	2.5	2.5	2.98	2.95	3.05	3.0
Klirens, m	0.41	0.4	0.5	0.4	0.35	0.41	0.47
Auton, km	1000	670	780	800	1000	800	800
Brzina	92	100	100	105	85	100	100
Gaz, m	amfibija	1.2	amfibija	amfibija	amfibija	1.5	1.4
Motor, kW	160	190	220	235	190	380	260
Top, mm	varijab.	varijab.	varijab.	varijab.	105	105	105 G2
B/kompl	varijab.	varijab.	varijab.	varijab.	38	40	12 + 26

njemačku zamjenu barem dijela oklopnjaka na gusjenicama M113 i Marder 1, te stvaranje mogućnosti za zamjenu Luchs izvidničkog vozila na kotačima i Fuchs oklopног transportera. U Francuskoj VBM program okosnica je programa zamjene svih AMX-10P, AMX-10RC, AMX-30 i VAB vozila na kotačima, od jednostavnog oklopног transportera (VTT) do vozila za paljbenu potporu (VAD), koje će najvjerojatnije imati CTA top kalibra 45 mm tvrtke GIAT i izvidničkog/protutankovskog vozila (VPSA), koje će nositi tankovski top velikog kalibra (120 mm).

Načelnici stožera Francuske i Njemačke formalno su potpisali dokument kojim se izražava zajednička namjena nabave oko 3000 vozila klase GTK/VBM (18. ožujka 1993.). Nakon toga je slijedio tehnički sporazum glede svojstava obitelji vozila koja će se razvijati za zadovoljavanje zajedničkih potreba. Na temelju toga, tvrtke Giat/Panhard za Francusku i Krauss Maffei/Mercedes Benz za Njemačku, sačinile su industrijsku skupinu, kojoj je upućen zahtjev za izradbu vozila na kotačima, na temelju francuskog Vextra koncepta i njemačkog EFX eksperimentalnog vozila, a čime se dobrijem dijelom ispunjavaju zadani zahtjevi. Do početka 1996. godine prvi prototipovi GTX/VBM vozila ova će skupina staviti na raspolaganje obim zemljama, u svrhu probnih vožnji i ispitivanja, nakon čega će se konstrukcijska poboljšanja proizšla iz tih ispitivanja ugraditi u krajnju temeljnu inačicu vozila. Početak serijske proizvodnje očekuje se do 1998. godine, pod uvjetom da dođe do čvrstih narudžbi.

Potrebe Velike Britanije uključuju 1000 vozila pod oznakom Višenamjenska oklopna vozila (MRAV), a vrijednost programa je milijardu funti. Prva isporuka MRAV vozila planirana je za razdoblje od 2003. do 2005. godine i njima će se zamijeniti postojeća vozila serije 430, a dobit će se i dodatna pomoćna oklopna vozila za pružanje potpore postojećim vozilima. MRAV program ne treba brkati s TRACER programom, kojem je cilj konstrukcija oklopnih izvidničkih vozila za prve crte bojišnice koja bi zamijenila CVR(T) vozila. No, na kraju će najvjerojatnije neke logističke funkcije i funkcije potpore postrojbe opremljene TRACER vozilima pasti u dužnost MRAV vozilima. Na temelju svega toga već se izvjesno vrijeme očekuje britansko prilaženje francusko-njemačkom programu.

Stanje kalibra topa 90 mm

U prošlim vremenima, teška oklopna vozila (tankovi) imala su snažne topove velike brzine ispaljenja, dok su lakša vozila na kotačima ili gusjenicama bila zadovoljna sa značajno manje ambicioznim rješenjima. Kad se došlo do zaključka da je potreban top srednjeg kalibra (a u svrhu ispaljenja dovoljno teškog projektila na prihvatljuvu udaljenost kad je vozilo vršilo paljbenu potporu, s tim da je promjer projektila bio dovoljno velik da se u njega smjesti učinkovito objlikovana protutankovska glava), dugo godina odluka je padala na



svestrani top niskog tlak, kalibra 90 mm. Taj je top bio sasvim uskladen (glede mase, protežnosti, sile trzaja, potrebnog prostora za doknadno streljivo, ergonomskih aspekata i dr.) s tijelom vozila na kotačima ili gusjenicama, relativno skromnih protežnosti. Stotine oklopnih vozila i vozila za paljbenu potporu naoružane ovim oružjem proizvedene su širom svijeta, a mnoga od njih i danas se koriste.

Sadašnje (i buduće) potrebe stalno dovode do nezadovoljstva (čovjekova prirođena nesposobnost da bude zadovoljan s onim što ima). Nastojanje da se dođe do boljeg balističkog učinka, a posebice do mogućnosti ispaljenja KE streljiva, koje se u međuvremenu pokazalo kao najučinkovit-

Kupola tvrtke Textron Marine Systems, naoružana topom RO LRF kalibra 105 mm može se koristiti na svakom oklopnom vozilu težem od 13 tona. Ovdje se vidi na vozilu 6x6 Commando 600



tija vrsta protutankovskog streljiva, dovele su do potrebe da se stvari topničko oružje koje može podnijeti veći tlak i koje će imati dulju cijev. Razvijena je nova generacija topova kalibra 90 mm sa srednjim do visokim tlakom i, jasno, bilo je potrebno značajno veće i teže vozilo da se takav top smjesti i da može otvoriti paljba s boka vozila, a da se vozilo ne prevrne. Radi se o dobrom oružju na tržištu ono nije postiglo niti djeliči uspjeha svog mnogo skromnijeg prethodnika; u stvari, vrlo brzo ovaj je top zamijenjen topom od 105 mm.

Premda nikad nije prihvaćen u nekom službenom programu Rheinmetall je izvršio značajan istraživačko-razvojni posao na polju topova malog trzaja za uporabu na oklopnim vozilima. Na slici se vidi lagani zaštićeni sustav kupole (LPTS) naoružan RH105-11 topom na Shark podvozju tvrtke Mowag

Zašto top 105 mm?

U početku osamdesetih godina nekoliko zapadnih zemalja počelo je pokazivati sve veće zanimanje za operacije brzih intervencija, kod kojih je naglasak na strategijskoj pokretljivosti i koje zahtijevaju raspoređivanje razmjerno velikih



Stingray laki tank, naoružan RO LRF topom kalibra 105 mm koristi se u tajlandskoj vojski. Planira se razvoj poboljšane inačice kupole, bolje oklopne zaštite, oznake Stingray II

snaga na velikim udaljenostima od baza. Nepotrebitno je isticati da je to zanimanje još ojačalo kroz sveukupnu novu strategijsku situaciju koja je stvorena potkraj hladnog rata i raspadom Sovjetskog Saveza, a pogotovo iskustvima Zaljevskog rata. Na takvim temeljima, i premda detalji potreba mogu značajno varirati, mnoge zapadne vojske izrazile su potrebu za "lakim borbenim vozilom", onakvim kakvo je prethodno definirano: teškim oklopnim automobilom, oklopnim izviđačkim vozilom, vozilom za paljbenu potporu, vozilom za uništavanje tankova - lovci tankova tzv. "razarači tankova", odnosno nekom kombinacijom ovih vozila. U svakom slučaju, u svim vojskama ovakvo borbeno vozilo je drugo po razini sposobnosti među oklopnim vozilima, odmah nakon tanka.

Premda postoji široki raspon mogućih interpretacija relativne važnosti strateške nasuprot



U Južnoj Africi koristi se Rooikat 8x8 vozilo, s topom od 76 mm, premda je za izvoz izrađena opcija inačice s topom kalibra 105 mm

taktičke pokretljivosti, odnosno važnosti željene razine oklopne zaštite (s ili bez dodatnog oklopa koji se može postaviti na terenu), u većini slučajeva od vozila se očekuje da nosi dovoljno velik i snažan top kojim se može pružiti odgovarajuća paljbena potpora i da učinkovito angažira u najmanju ruku predzadnju generaciju tanka (uključujući i one koji imaju ERA pločice - reaktivni oklop). Ovo drugo je sigurno najveći poticaj s tehničkog, a u mnogim slučajevima i taktičkog stajališta. Kao rezultat svega toga, vozila u ovoj klasi su najčešće opremljena visokopotisnim tankovskim topničkim oružjem s velikom izlaznom brzinom zrna i najčešće ih se smatra

lakom zamjenom za tank, te obavljaju tankovske zadaće kad tankovi nisu na raspolaganju, premda im je službena oznaka i zadaća drukčija, pa se tako koriste čak i u situacijama kad im konstrukcijska svojstva (posebno nedovoljna zaštita oklopa i ne dopuštaju korištenje za ovakve zadaće). Zbog svih ovih razloga laka borbena vozila opremljena moćnim topom privlače pozornost velikog broja zemalja u razvoju, mada te zemlje i ne planiraju izvoditi operacije brzog raspoređivanja snaga (iako se i tu stvari mogu brzo promjeniti zahvaljujući sve većoj političkoj važnosti sudjelovanja u mirovnim zadaćama Ujedinjenih naroda). Za te je zemlje kombinacija gotovo tankovskog naoružanja i lakšeg i jeftinijeg vozila, pogodnog za kretanje većinom cesta i mostova, korisnije i praktičnije rješenje nego pravi tank.

Najnovija generacija visokoučinkovitog topa od 90 mm bio bi kompromis koji bi možda mogao udovoljiti širokim zahtjevima. No, ti su topovi ipak istjerani s tržišta, barem što se tiče zapadnih zemalja, djelovanjem dvaju medusobno povezanih čimbenika. S jedne strane, daljnji rast protežnosti vozila (bez obzira na apsolutnu važnost male mase zbog transporta zrakom) stoga da bi se dobila bolja oklopna zaštita. S druge strane, razvojni rad na oružju s malim trzajem obećavao je stvaranje visokopotisnog topa od 105 mm uskladivog s lakiom (premda ne baš sasvim lakiom) vozilima. Privlačno u ovom kontekstu bilo je ne samo povećanje balističkih sposobnosti topa od 105 mm u usporedbi s topom od 90 mm, nego i možda još važnija činjenica da taj top može ispaljivati standardno NATO streljivo koje se može dobiti za svestrani L7 top - sa svim logističkim i finansijskim prednostima koje ta činjenica nosi. Dakle, čini se da je postignuta zadovoljavajuća krajnja ravnoteža kod vozila mase 20-25 tona i da su za takva vozila pogodni topovi kalibra 105 mm, s trzajem između 600 i 750 mm i silom trzaja od nekih 200 kN.

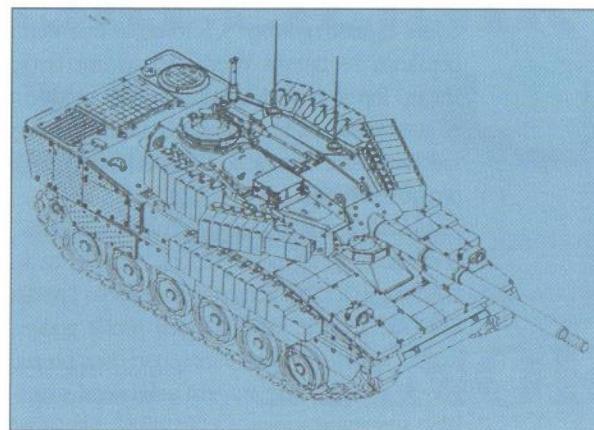
Tekući razvoj

Još u početku osamdesetih godina tvrtka Royal Ordnance (sada dio korporacije British Aerospace) razvila je LRF inačicu (niske sile trzaja) svog vlastitog L7A3 topa. Uz novu kočnicu, sila trzaja je smanjena. Duljina trzaja ovog topa je 762 mm, u usporedbi s 290 mm kod L7 topa. To je oružje ugrađeno u niskoprofilnu kupolu za tri člana, koju je konstruirala tvrtka Textron Marine Systems (nekadašnji Cadillac Gage Textron). Kupola ima masu 4,7 tona s deset kompleta streljiva, pa je pogodna za sva vozila veća od 13 tona, i prodana je Tajlandu, ugrađena u Stingray laki tank. Ova kupola ima dnevni i noćni vizor i sedam periskopa, a u nju se može ugraditi i Marconi digitalni sustav za upravljanje paljbom (DFCS), laserski daljinomjer i termoviziju. Usavršena inačica ove kupole, s oklopnom pločom posebne čvrstoće, uključujući i posebni vanjski sloj, konstruirana je za Stingray II tank i sad je u fazi demonstracija. Ista

je kupola ugrađena i u Commando 600 6x6 vozilo tvrtke Textron Marine Systems.

Tvrtka Giat počela je djelovati na području topova kalibra 105 mm, namijenjenih za laka borbenu vozila, konstrukcijom F2 (MECA) 105/48 oružja. Ovaj top ima vrlo lagunu cijev (top ima masu 720 kg), malo uvijanje žljebova u cijevi, i ima jedan hidropneumatski cilindar s lijeve strane topa koji služi kao kočnica za trzaj, a cilindar povratnik nalazi se na desnoj strani. Konstruiran je tako da može ispaljivati AP i HE projektili s krilcima stabilizatorima, uključujući i najnovije APFSDS streljivo. F2 je postavljen u TGG kupolu koja se koristi kod AMX-10RC 6x6 oklopнog izvidničkog vozila francuske vojske (vozila su raspoređena u Bosni), vojske Maroka i Katara. TGG kupola je mase 4,4 tone i ima posadu od tri vojnika. Na kupoli se nalazi sedam periskopa, COTAC sustav upravljanja paljicom, a moguća je i ugradnja termovizije. No, top F2 ne može ispaljivati standardno NATO streljivo. Zbog toga je Giat konstruirao novi G2 105/52 top s dugačkim putom trzaja, a koji je balistički jednak topu L7/M68. Ovo topničko oružje ima toplinski izolator, uredaj za izbacivanje otpadnih plinova i kočnicu cijevi s jednim žljebom. Postoje dvije inačice, jedna s 28 žljebova u cijevi pri $9^{\circ} 54'$, koja ispaljuje standardno NATO streljivo, i druga s 32 žljeba u cijevi pri $7^{\circ} 10'$, koja može ispaljivati i Giat HEAT streljivo. Obje inačice imaju vertikalni klizni mehanizam zatvarača. G2 top može se postaviti u TGG kupolu, a može se instalirati i u novu TML 105 kupolu u koju dolazi 12 kompletata streljiva (10 u TGG). Standardna TML kupola teži 4,6 tona, a računalni sustav upravljanja paljicom uključuje teleskopski i panoramski vizor, te neobvezne noćne vizore i termoviziju. TML kupola se može postaviti na vozila koja su teška tek 11 tona! TML kupola prikazana je na Euro Satory izložbi na Hägglunds CV90 podvozju (gusjeničar) i na Mowag Piranha 10x10 podvozju (na kotačima), a ozbiljan je kandidat za ugradnju na vozilo za prijevoz naoružanja koje se stvara u njemačko/francuskoj suradnji u okviru GTK/VBM programa, ukoliko se ne prihvati opcija s topom od 120 mm.

Tvrtka OTO Melara (novi ime OTOBreda) konstruirala je za potrebe talijanske vojske oružje koje je konceptualno slično Royal Ordnance LRF tanku. Ovaj top kalibra 52 mm ima maksimalnu duljinu trzaja 750 mm i vertikalni klizni zatvarač, a u konstrukciji je i uredaj za izbacivanje plinova, kočnica, toplinska obloga i referalni sustav za otvor cijevi. Top je postavljen na posebnu kupolu, oznake 105 LRF, koja može primiti 14 kompletata streljiva. Kupola ima elektrohidrauličke servomehanizme za elevaciju i traverzu i isti Officine Galileo TURMS sustav za upravljanje paljicom kakav je prihvaćen za ARIETE tank, što se smatra neuobičajenim "luksuzom" za laka borbenu vozila. TURMS sustav uključuje stabilizirani panoramski vizor za zapovjednika, stabilizirani periskopski dnevno-noćni vizor s ugrađenim laserskim daljinomjerom za topnika, digitalno balističko računalo, osjetila



okoliša i referalni sustav otvora cijevi. Kupola 105 LRF koristi se također kod Centauro B1 8x8 vozilo "lovac tankova" tvrtke IVECO-OTO Melara, kojeg je kupila talijanska vojska, a o kupnji pregovara i Španjolska.

Američka vojska htjela bi za potrebe svojih snaga za brze intervencije zamijeniti Sheridan laki tank, koji se koristi u 82. zračnoj diviziji, pa je otpočela namjenski program Top za oklopna vozila (AGS), a u isto vrijeme marinici pokušavaju formulirati zahtjeve za svoje LAV 105 vozilo. Za oba je sustava u američkoj vojsci odabran XM-35 top, proizvod tvrtke Benet Laboratory (Watervliet Arsenal), pa premda je USMC prekinuo LAV-105 program 1991. godine, osigurana su sredstva da se završi razvoj kupole koja se sada može koristiti za druga laka vozila. Top XM-35 mase 1,325 kg ima posebno konstruiranu cijev koja omogućava smanjenje energije trzaja za 22 posto. Ispitane su inačice

Američka AGS vozila proizvode se u više inačica, ovisno o razini prijetnje s kojom se američka vojska susreće na određenom terenu. Na slici se vidi potpuno pasivna zaštita Razine III (konfiguracija: ploče su napregnuti čelik, ne ERA-reaktivni oklop)



sa duljinom trzaja od 559 mm i 762 mm (prvu su odabrali marinici), a konstruirani su vodoravni i vertikalni zatvarači. U obje verzije za američke oružane snage ovo oružje ima uredaj za automatsko punjenje, što se smatra najlogičnijim načinom smanjenja mase, a uz zadržavanje odgovarajuće oklopne zaštite. Kod XM8 AGS vozila tvrtke United Defense, oružje je postavljeno u kupolu za dva člana posade (uredaj za automatsko punjenje ima 21 komplet streljiva spremjan za ispaljenje), vozilo ima stabilizirani dnevni vizor i termovizor tvrtke Hughes i sedam periskopa. LAV-105 kupola tvrtke Textron Marine Systems prima dva člana posade, konstrukcija joj je od zavarenog

Na slici je prikazano američko AGS vozilo koje postrojbama što se prve raspoređuju pruža mogućnost protutankovske borbe što se osjetilo kao nedostatak na početku operacije Pustinjski štit, kad su se američke luke snage naše suočene s iračkim tankovima

čelika i mase gotovo 3,7 tona, a ima četiri periskopa te dnevni vizor i termovizor tvrtke Huges. Top se puni elektromehaničkim uređajem za automatsko punjenje postavljenim straga, koji sadržava osam kompleta streljiva i nedavno je prošao ispitivanja.

Inačica malog trzaja južnoafričkog topa G7 postavljena je na novu kupolu, koju je tvrtka LIW/Reumech OMC konstruirala za vozilo Rooikat 8x8 LAV, a čiji je razvoj završen prošle godine. Kupola je mase 6,8 tona, u njoj su tri člana posade i do 32 kompleta streljiva, ima uobičajenu koaksijalno spregnutu strojnici kalibra 7,62 mm, osam blokova vizora i panoramski dnevno noćni vizor.

Napokon, mada još nije prihvaćen kao službeni program, značajan je razvojno-istraživački rad koji se u tvrtki Rheinmetall vrši na planu topova malog trzaja za laka borbena vozila, posebno rad na oružju sa serijskim oznakama Rh105-60, Rh105-40, Rh105-30, Rh105-20 i, napokon, Rh105-11. Ovo zadnje oružje, poznato i pod nazivom 105SLR (super mali trzaj), mase 1380 kg, a sila trzaja mu je 110 kN (u usporedbi sa 600 kN kod stan-

jefta nije dotjeran do kraja. Treba primjetiti da tvrtka Mowag, koja je prvotno konstruirala Piranha seriju kojoj LAV pripada, nikad nije uložila ozbiljan napor da razvije inačicu od 105 mm, već se usredotočila na namjenska vozila, poput ranijeg Shark vozila ili novog Piranha 10x10.

Bilo kako, tek treba vidjeti koliko će se dugo sadašnja ravnoteža održati. Njemačko-francuski program GTK/VBM jasno ukazuje na to da će se protežnosti oklopnih vozila na kotačima još jednom skokovito povećati. Taj rast uglavnom treba zahvaliti želji da se u potpunosti iskoriste neke tehnološke novosti na planu taktičke pokretljivosti (a treba se nadati i želji da se ojača zaštita posade), a vozilo koje će proizići iz ovog trenda automatski će dati pravu podlogu za visokoučinkovite sustave oružja.

Nije isključeno, može se dogoditi da je, na neki način, već "prekasno" za topove od 105 mm. Do vremena dok se u uporabi nađe dovoljan broj US AGS vozila, zadnji M1 Abrams (s topom kalibra 105 mm) u američkim vojnim snagama bit će pretvoreni u M1A2 konfiguraciju. Isto tako, do vremena dok buduće VPSA vozilo za prijevoz oružja iz obitelji programa GTK/VBM planirano dode na uporabu u francusku i njemačku vojsku (nakon godine 2005.), najvjerojatnije više neće biti tankova naoružanih topovima kalibra 105 mm niti u jednoj od tih vojski. Top kalibra 105 mm već i sada gubi logističku potporu, kao što se dogodilo i s topom od 90 mm, a iskušenje da se poboljša "lagano" borbeno vozilo ugradnjom inačice topa malog trzaja od 120 mm teško će se dulje moći zanemarivati, posebice stoga što će novi tenkovi do tada već imati topove kalibra 140 mm. Veće i teže vozilo u GTK/VBM stilu bit će dobar temelj za daljnji rad. No, vrlo je vjerojatno da će učinkovito koristenje topa od 120 mm zahtijevati razvoj posebnih podvozja lakih oklopnjaka, pa će se krug opet zavrtiti.

Ako se prihvati istinitom tvrdnjom da laka borbena vozila na kotačima ili gusjenicama imaju svoju važnu ulogu u oružanim snagama, onda će ova utakmica između mase i paljbe moći otvoriti prostor za stvaranje vozila koja su značajno lakša i jeftinija? Na kraju, postoje li gornje i donje granice kalibra za laka borbena vozila, "koliko snažan udarac, koliko lako vozilo?" pokazat će daljnji razvoj.



Literatura:

1. A Big Punch For Light, MILTECH 3/95.
2. I. Bustin: Widening The "Wheeled Alliance", MILTECH 3/95.
3. D. Mikulić: Oklopni automobili, HV 46/93.
4. D. Mikulić: Kotači ili gusjenice za bojna vozila, HV 75, 76, 77/95.
5. D. Mikulić: Laka oklopna vozila obitelji LOV "Torpedo" 4x4, HV 1/lipanj-srpanj/95.



Centauro 8x8 vozilo "lovac tankova" talijanske vojske, jedino je vozilo na kotačima naoružano NATO standardnim topom od 105 mm koje se danas koristi

dardne Rh105-60 inačice), s duljinom trzaja od 925 mm.

Gdje su granice?

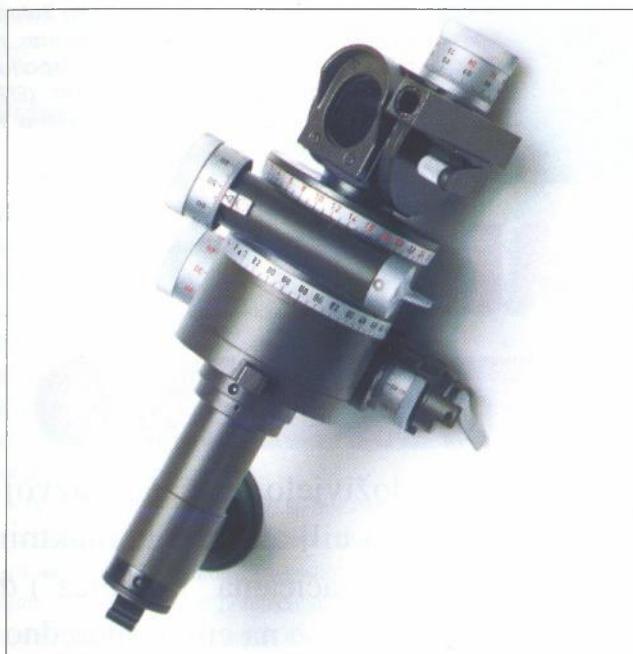
Kao što je rečeno, čini se da je današnja generacija lakih oklopnih vozila, s visokopotisnim topom kalibra 105 mm koji može ispaliti standardno NATO streljivo, dosegla zadovoljavajuću ravnotežu. No, treba istaknuti da, premda proizvođači govore da se takvo oružje može instalirati na vozila već od 15 tona mase, pa čak i 11 tona, korisnici su mnogo konzervativniji. U stvari, sva oklopna vozila koja se sada isporučuju, ili ona koja su u fazi ispitivanja, iznad su mase od 20 tona, pa se za njih koriste vozila (na gusjenicama ili kotačima) posebno konstruirana za tu svrhu. Postoji veliki broj ponuda od strane industrije za proizvodnju kupola od 105 mm, koje bi se postavile na izvedene inačice vozila prvo nomen menjenih drugim potrebama, no jedina konstrukcija dosad službeno prihvaćena je LAV-105, prihvaćen od USMC i Saudijske Arabije, ali ni taj pro-

PANORAMSKI CILJNIK



UPORABA

Panoramski ciljnik kao periskopski optički instrument omogućuje kružno (panoramsko) promatranje zemljišta. Kako pri takvom načinu promatranja okular panorame ostaje nepokretan, to cilijatelj u odnosu na oružje zauzima točno određeno mjesto pri bilo kojem položaju ciljničke točke. Koristi se na haubici odnosno topu. Panoramski se ciljnik isporučuje u kompletu s kolimatorom K-1 i direktnim ciljnikom DC-1.



Optičke značajke:

• povećanje:	3,7x
• vidno polje:	10°25'
• promjer izlazne pupile:	4 mm
• udaljenost izlazne pupile od zadnje leće okulara:	20 mm
• raspon dioptrija okulara:	-0,5 do -1,5 dptr.
• podjele u funkciji vrijednosti kuta:	60-00
• podjeljak na bubenju kutomjera:	1-00
• podjeljak na ploči kutomjera:	0-01
• podjeljak na visinskom bubenju:	1-00
• podjeljak na visinskoj ploči:	0-01

PANORAMIC TELESCOPE

DESCRIPTION:

Panoramic telescope provides means for circular (panoramic) observation of the area. During the observation the eyepiece and thus the observer remains stationary regardless of aiming point. The panoramic telescope is delivered in a set with the collimator K-1 and direct fire sight DC-1.

• magnification:	3,7x
• field of view:	10°25'
• exit pupil diameter:	4 mm
• eye relief:	20 mm
• eyepiece adjustment:	-0,5 do -1,5 dptr.
• angular division:	60-00
• azimuth drum division:	1-00
• azimuth plate division:	0-01
• elevation drum division:	1-00
• elevation plate division:	0-01



RH-ALAN d.o.o.

RH-ALAN d.o.o., Stančićeva 4, 41000 Zagreb
Tel.: 385 1 45 40 22, 46 86 67
fax. 385 1 45 40 24
REPUBLIKA HRVATSKA

Upaljači. Tijekom dvadesetog stoljeća, a posebice nakon II. svjetskog rata razvoj metalurgije i eksploziva uz usporedno povećanje kalibara znatno je povećao ubočnost topničkog streljiva. Posebnu ulogu pritom imala je poboljšana



Topničko streljivo tijekom XX. stoljeća doživjelo je značajan razvoj i izmjene. Jedna od tih razvojnih faza je i senzorski aktivirano "pametno" substreljivo Bonus koje predstavlja zajednički švedsko-/francuski razvojni program tvrtki Bofors i GIAT. Kad je cilj uočen i identificiran, na njega se s visine od oko 200 m ispaljuje eksplozivno formiran penetrator (EFP). Manja slika prikazuje učinak EFP-a na čeličnoj ploči

SUVREMENO TOPNIČKO STRELJIVO

Od II. svjetskog rata na ovomo topničko je streljivo doživjelo značajan razvoj i izmjene: od pukog nosača eksploziva koji se pri udaru u cilj aktivira kontaktnim upaljačem preko streljiva-nosača s manjim "bombicama" (inačicama "zvončića") do inteligentnog streljiva koje samo traži, prepoznaje i usmjerava se na cilj. Usporedno s ovim razvojem povećavao se i domet i točnost paljbe

fragmentacija streljiva pri eksploziji, a s tim je povezano i prvo veliko unaprednje: pojava tempirnih i blizinskih upaljača.

Pri eksploziji streljiva fragmenti se razlijeću pod pravim kutem u odnosu na os streljiva i prema naprijed uslijed momenta gibanja. Takva fragmentacija ima za posljedicu da se, pri udaru o tlo, a u koliko streljivo ne pada gotovo okomito, velik dio fragmenata (gotovo 50 posto) izgubi bez ikakvog učinka (fragmenati odlete u zrak ili se zabiju direktno u zemlju). Takvi gubitci su posebice naglašeni pri udaru u meku zemlju. S druge strane kod tvrdog tla dio udarnih upaljača na streljivu se jednostavno otkine tako da streljivo ne eksplodira. Sva ova iskustva ukazala su na logično rješenje: eksploziju streljiva ne pri udaru o tlo nego u zraku na određenoj visini od tla. Takva eksplozija omogućava da se učinkoviti broj fragmenata poveća za oko 25 posto uz mogućnost dosizanja i ukopanih ciljeva. Takva zračna eksplozija zahtijeva odgovarajući upaljač koji će izazvati eksploziju u pravom trenutku odnosno na pravoj visini. Ova se visina kreće obično u rasponu 5-15 m, što u vremenskoj domeni odgovara približno

0.02 - 0.06 sekundi. Zahtijeva se dakle precizno tempiranje upaljača, što kod mehaničkih upaljača nije baš uvijek zadovoljeno. Drugi tip upaljača ne radi na načelu mjerenja vremena, nego reagira na otkrivanje cilja u izravnoj blizini. Prvi blizinski upaljač koristio je refleksiju radiovalova od bliskog cilja za njegovo otkrivanje i aktiviranje eksploziva, a napravljen je 1944. godine. Koristio se u američkoj mornarici za borbu protiv zračnih ciljeva, a dugo vremena je bio strogo čuvana tajna. Takvi su upaljači bili relativno skupi pa su u naoružanju i poslije II. svjetskog rata uglavnom prevladavali mehanički vremenski upaljači. Danas, zahvaljujući razvoju elektronike dominiraju elektronski upaljači koji kombiniraju udarnu aktivaciju s vremenskom. Njihova je odlika da su puno precizniji i pouzdani od mehaničkih upaljača.

Također su, posebice za protuzrakoplovnu ulogu, rašireni i laserski blizinski upaljači, kao i upaljači koji koriste mikrovalove. Ti upaljači koriste refleksiju laserskog, odnosno mikrovalnog zračenja od cilja da bi detektirali njegovu prisutnost (blizinu) ili čak (u sofistiranim inačicama) mjerili njegovu udaljenost. Kod

**Dubravko
RISOVIĆ**

Projektil kalibra 155 mm, HE, M483A1



**Presjek streljiva
nosača M483A1
kalibra 155 mm i
njegove glavne
komponente**

takvih se sustava lasersko zračenje emitira kružno, sa strane i malo prema naprijed u odnosu na os streljiva (bojne glave). Kada se streljivo približi cilju na udaljenost od 5-10 m lasersko zračenje koje se od njega reflektira pada na detektore u glavi streljiva i aktivira upaljač.

Streljivo

Drugi veliki skok u razvoju topničkog streljiva predstavlja pojava streljiva-nosača. Tijekom Vijetnamskog rata zrakoplovstvo USA je počelo koristiti cluster-bombe, a od 1967. godine zemaljsko je topništvo počelo koristiti poboljšano konvencionalno streljivo (ICM - Improved Conventional Munitions), popularno nazvano "bombicama" koje je nosilo streljivo-nosač. U to doba je to smatrano vrlo važnom i osjetljivom tehnologijom, koja nije bila dostupna ni američkim saveznicima.

Prve "bombice" (M35-M39) su bile namijenjene za uporabu samo protiv mekih ciljeva odnosno vojnika, pa su tijekom sedamdesetih godina zamijenjena serijom M42-46/77. Nove bombice su imale dvojnu namjenu: protiv ljudstva i tvarnih sredstava, te su bila poznata kao poboljšano konvencionalno streljivo dvojne namjene (DPICM). Po konstrukciji podsjećaju na suvremene "zvončice": teže oko 230 grama, imaju kumulativno punjenje s 30 g eksploziva s fragmentirajućim kućištem i najlonskom trakom za stabilizaciju. Potonja je potrebna zbog redukcije vrtnje, što pak osigurava učinkovitost kumulativnog punjenja. Pritom broj bombica u pojedinom nosaču varira od 18 u 105 mm streljivu do 644 komada u bojnoj glavi 227 mm projektila višecijevnog bacača raketa MLRS. Pritom je sadržaj eksploziva u 155 mm M483 nosaču samo 2.6 kg - znatno manje od 6.6 kg u klasičnom 155 mm M107 streljivu i daleko manje od 11.3 kg eksploziva u L15 streljivu haubice 155 mm FH-70. Izbacivanje bombica određeno je s vremenskim upaljačem, koji je u početku bio mehanički a u novije vrijeme se koriste isključivo elektronički upaljači. Tipična visina izbacivanja bombica je oko 350 m, a u svom padu pokrivaju eliptično područje promjera oko 150 m. Pojedine bombice su učinkovite protiv oklopa debeljine do 65 mm. Glavni nedostatak ove konцепцијe je da bombice eksplodiraju pri udaru o tlo, tako da je učinak fragmenata umanjen jer već i neznačajne neravnine terena štite vojnike od fragmenata. Drugi nedostatak je da se oslobođanje

bombica iz streljiva jasno čuje i vidi, a da bombicama treba nekoliko sekundi da dođu do zemlje, što predstavlja upozorenje i pruža šansu za traženje zaklona.

Daljnji se razvoj bombica i streljiva-nosača kreće u dva smjera. Sjedinjene Države u dalnjem razvoju idu na veći broj manjih bombica, tako da 132 komada bombica XM80 stane u streljivo-nosač formata M483. Ove bombice navodno imaju 85 posto učinkovitosti serije M42 uz samo 75 posto

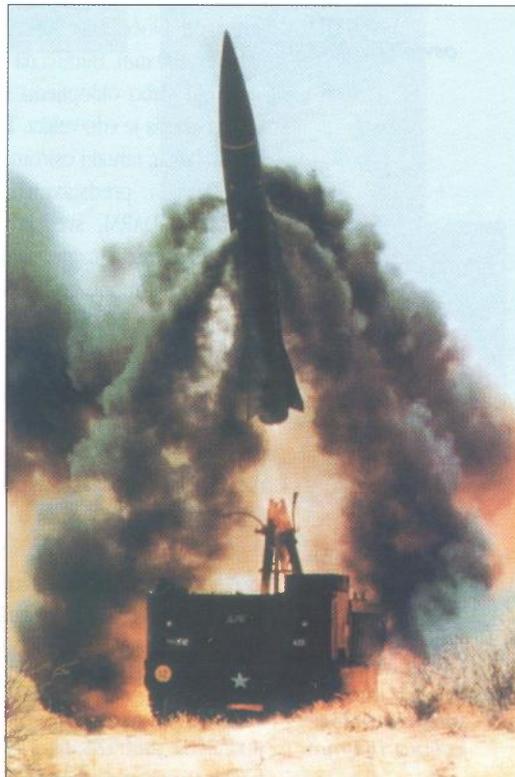
njihove veličine. S druge strane postoji trend manjeg broja većih bombica, u kojem prednjače Njemačka i Izrael. Ove su bombice teške 296 g i sadrže 45 g eksploziva, a u 155 mm streljivo ih stane 63 komada. Sličnu veličinu imaju i ruski modeli bombica od kojih 42 komada stanu u streljivo kalibra 152 mm. Drugo pak rusko 152 mm streljivo nosi samo osam bombica od 1.4 kg s po 230 g eksploziva.

Bojne glave taktičkih projektila nose veći broj težih bombica: klasična bojna glava od 450 kg M251 za projektil Lance nosi 860 bombica BLU-63, dok bojna glava ATACMS težine 585 kg nosi čak 950 komada 600-gramskih bombica M74.

U posve drugu klasu "tereta" u topničkom streljivu-nosaču spada senzorski aktivirano substreljivo, popularno nazvano "pametno streljivo". Začetci tog tipa streljiva potječu iz sedamdesetih godina kada je imiciran američki program SADARM. Izvorno je "pametno" streljivo koncipirano za kalibr 203 mm, međutim praktički se je razvoj odvijao za kalibr 155 mm. Osim Sjedinjenih Država i Bofors/GIAT i Rheinmetall imaju 155 mm senzorski aktivirano streljivo koje se nalazi u fazi izravnog pred uvođenje u naoružanje. Kod sva tri sustava temeljna su načela vrlo slična: topničko streljivo 155 mm nosi 2-3 substreljiva s kumulativnim punjenjem.

To se substreljivo izbacuje iz streljiva-nosača na visini od oko 1000 m iznad područja cilja. Po izbacivanju aktivira se neki usporači i stabilizacijski mehanizam (padobran, zakrilca) koji omogućava da senzori na substreljivu pretražuju teren ispod streljiva. Senzori na streljivu mogu biti mm-radar, infracrveni senzori ili pak dvojna kombinacija. U dvojnoj se kombinaciji mm-radar koristi za akviziciju cilja, a IC za validaciju i final-

**Trenutak lansiranja
taktičke rakete
MGM-52 Lance, čija
bojna glava može
biti nuklearna,
kemijsko-biološka te
konvencionalna pri
čemu može poslužiti i
kao nosač većeg
broja težih bombica**

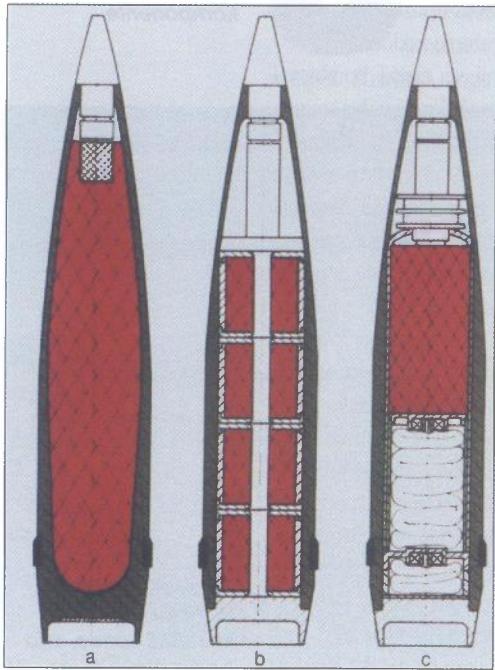


no vođenje, iskorištavajući tako pozitivna svojstva oba sustava. Senzori imaju posebnu programsku potporu i takvu obradbu signala koja im dopušta pretraživanje

područja od oko 150-200 m u promjeru i prepoznavanje i diskriminaciju oklopljenog cilja. Kad je cilj uočen i identificiran, na njega se s visine od oko 200 m ispaljuje eksplozivno formirani penetrator (EFP). Ključ EFP procesa je razorna energija koja se generira kad se konkavna metalna ploča pod utjecajem eksplozivnog punjenja u bojnoj glavi deformira i kolapsira sama u sebe, pretvarajući se u poluplastično metalno koplje koje brzinom od oko 2000 m/s leti prema cilju. Nakon približno 100 m metalno

prelazi u položenju putanju koja je gotovo usporedna s tlom. Tijekom terminalne faze senzori pretražuju područje ispred i ispod streljiva u širini do 300 m, i kad se detektira i prepozna cilj streljivo se usmjerava prema njemu korištenjem zakrilaca. Zbog položenosti putanje streljivo može tako tražeći cilj prijeći i više od kilometra, što u odnosu na "pametno streljivo" znatno povećava i mogućnost pronalaženja, praćenja i uništenja cilja. Inteligentno streljivo se češće koristi u projektilima koji se lansiraju iz višecijevnih lansera zbog većeg raspoloživog volumena. No zbog povećanja otpornosti oklopljenih ciljeva javlja se tendencija smanjenja broja terminalno vođenog (TGW) streljiva u pojedinom nosaču. Primjerice, u bojnoj glavi MLRS-faza 3 (program je sada kao višenacionalna suradnja prekinut, ali ga nastavlja Francuska) bilo je izvorno predviđeno šest komada terminalno vođenog streljiva, što je sada palo na samo tri komada, jer je postalo jasno da otpornost najnovijih a pogotovo budućih modela tankova zahtjeva mnogo jače kumulativno punjenje ili tandem bojnu glavu. Također se poboljšava senzorski dio, tako da se uglavnom ide na dualne senzore (mm valovi i IC) koji se teže ometaju a fuzioniranjem podataka lakše otkrivaju i identificiraju ciljeve i u lošim vremenskim uvjetima.

Osim autonomnog terminalno vođenog streljiva postoje i streljiva koja u petlji vođenja imaju i vojnike-operatera. Tipičnu klasu predstavljaju laserski vođena streljiva poput američkog Copperhead, ruskih Kitolov-2, 9K25 Krasnopol i 2K24 Santimetr, njemačkog Bussard. Laserski vođeno streljivo se ispaljuje iz topova/haubica 152-155 mm ili minobacača (ruski 240 mm 1K113 Smelchak, ili njemački 120 mm Bussard) kao i klasično streljivo. Streljivo slijedeći klasičnu balističku putanju dolazi u zonu cilja, gdje se na udaljenosti do 5 km od cilja nalazi operater koji obilježava cilj laserom. U posljednjoj fazi leta aktivira se senzor u streljivu koji detektira lasersko zračenje koje se reflektira sa cilja



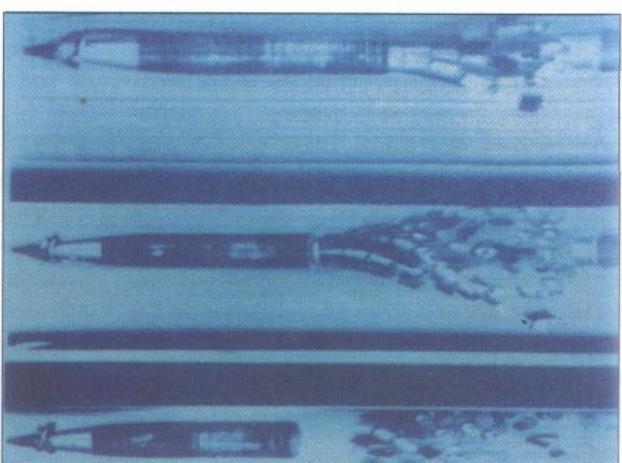
Tri glavna tipa topničkog streljiva kalibra 155 mm razvijenog za vučnu top-haubicu FH-70 (slijeva nadesno): HE (visoko razorni), dimni i osvjetljivajući

"koplige" poprima optimalna svojstva u smislu razaranja (brzinu, oblik i gustoću) koja zadržava još približno dalnjih 300 m. U tom rasponu udaljenosti (100-300 m) ovo će "koplige" probiti oklop čija je debljina približno jednaka početnom promjeru metalnog diska od kojeg je stvoreno. Dakle ovakav eksplozijom stvoren penetrator od ploče promjera 100 mm probit će oklop debljine 100 mm. Budući da napadaj dolazi odozgo, na u načelu slabo oklopljenu stranu tanka, vjerojatnost uništenja cilja je vrlo velika. Tipična tvoriva pogodna za EFP su bakar, tantal i osiromašeni uran.

Tipični predstavnici ove klase streljiva su američki SADARM, švedski BONUS i njemački SMArt. Posebno mjesto zauzima pametno minobacačko streljivo za protuoklopnu borbu. Švedski sustav 120 mm Strix koristi IC senzor koji radi na dva valna područja i ima kumulativno punjenje s 1.7 kg oktola. Britanski Merlin je predviđen za minobacače 81 mm, a za razliku od švedskog sustava koristi mm-radar (94 GHz) za pronalaženje i identifikaciju cilja.

Glavni nedostatak pametnog streljiva je nemogućnost manevriranja, što znatno umanjuje njegovu učinkovitost protiv brzopokretnih ciljeva (npr. tanka u napadaju), koji mogu prijeći i do 300 m za vrijeme spuštanja streljiva te tako izići iz područja pretraživanja. "Pametno" se streljivo zato rabi primarno ne toliko za pokretne ciljeve koliko za protubitničku borbu, kao i napadaj na grupirane ili slabo pokretne oklopne ciljeve, a i tada u salvama.

Ovi nedostaci "pametnog" streljiva su otklonjeni razvojem "inteligentnog" - terminalno vođenog streljiva, koje uz mogućnosti traženja i prepoznavanja cilja ima i mogućnost manevriranja. Streljivo u završnom (terminalnom) dijelu leta napušta balističku putanju i



kojeg operater (ili automatski sustav na vrtloetu ili zrakoplovu) obasjava (obilježava) laserom. Sustavom zakrilaca streljivo se zatim usmjerava na cilj. Pritom su manevarske sposobnosti manje nego kod inteligentnog streljiva, a primjena i učinkovitost znatno ovise o meteorološkim uvjetima. S druge strane prednost je činjenica da operater može posve proizvoljno birati cilj, koji ne mora biti automatski preprogramiran kao što je to slučaj kod inteligentnog streljiva, koje je

Fotografije snimljene kamerom velike brzine prikazuju sekvence izbacivanja bombica iz nosača streljiva DM642 kalibra 155 mm

praktički usmjeren jedino na jednu vrstu cilja (tankove). Specifičan problem vezan uz laserski vođeno streljivo je njegova velika duljina: primjerice streljivo 155 mm Copperhead je dugačko 1370 mm, a to je približno i dužina 152 mm 9K25 Krasnopol, što onemogućava uporabu automatskih punjača.

Pose novu klasu predstavljaju projektili koji se vode putem optičkog vlakna. U tom slučaju vođenje je na udaljenostima i do 50 km, a izbor cilja je također prepustan operateru, što sustav čini vrlo fleksibilnim i prilagodljivim raznim taktičkim situacijama.

Osim streljiva s klasičnim eksplozivom postoje naravno i posebna topnička streljiva. Ova streljiva uključuju nuklearno punjenje jakosti 1-2 kT (1 kT odgovara snazi eksplozije 1000 tona klasičnog eksploziva) za haubice 155 mm odnosno 203 mm, kao i streljivo odnosno bojne glave s kemijskim odnosno biološkim oružjem. Iako je uporaba takvog oružja zabranjena međunarodnim konvencijama ono još uvek postoji u naoružanjima pojedinih vojski.

Izvan kategorije zabranjenog streljiva nalaze se streljiva s punjenjima tipa gorivo-zrak (FAE - Fuel-Air Explosive) poznatija i kao aerosolni eksplozivi. Streljiva ovog tipa ispuštaju tvari koje se šire u zraku, miješaju s njim i eksplodiraju. Po definiciji to su eksplozivna tvoriva koja većinu ili sav potreban kisik za izgaranje dobivaju iz zraka, pa im je težinska učinkovitost mnogo veća od klasičnih eksploziva koji u sebi sadrže oksidans. 42 posto težine TNT otpada na kisik koji nosi u sebi (u vidu $[NO_2]_3$), dok propilenoksid (C_3H_6O) pri eksploziji 41 posto potrebnog kisika dobiva iz zraka, tako da za istu težinu osloboda 7.9 puta više energije od TNT. Ove eksplozije po svojoj dinamici sliče eksplozijama plina i vrlo su razorne obuhvaćajući veliki prostor. Impulsi koje one stvaraju su mnogo jači od impulsa klasičnih "točkastih" eksplozija. Takve bojne glave imaju stanoviti ruski projektili a pojavile su se i u 300 mm višecijevnom sustavu za lansiranje raketa Smerch. Jedino američko FAE streljivo uporabljeno u velikom broju u Vjetnamskom ratu je BLU73/B koji je sadržavao 33 kg etilenoksida. Izbacivan je iz cluster bombe CBU-55B, koja je sadržavala tri komada streljiva. Razvijena su s više ili manje uspjeha i druga streljiva (primjerice FAESHED, MADFAE, HFS-I i II, BLU-96/B) ali nisu ušla u širu uporabu. Kanadska vojska koristi FAE sustav FALLON za čišćenje minskih polja. Utjecaj atmosferskih prilika na razvoj oblaka FAE i detonaciju nije još sasvim dobro poznat. No u svakom slučaju je utvrđeno da temperatura i vlažnost mogu promijeniti energiju detonacije čak 10-20 posto. Budućnost FAE u klasičnom borbenom kontekstu ovisit će o procijenjenoj korisnosti i učinkovitosti FAE kao totalnog sustava unutar danih borbenih zahtjeva.

Posebnu kategoriju topničkog streljiva čine nerazorna streljiva. Posebno mjesto u toj kategoriji zauzima streljivo za osvjetljavanje, kao i dimno streljivo odnosno streljivo za obilježavanje. U većini slučajeva to se streljivo izbacuje kroz dno streljiva-nosača, iako postoji i samorasprskavajuće inačice (poput bijelog fosfornog dima). U posljednje se vrijeme dimnom streljivu posvećuje sve veća pozornost. Razloge treba tražiti ponajprije u njegovoj potencijalno vrlo važnoj

ulozi u protumjerama. No glavni problem svih postojećih dimova predstavlja upravo njihova relativna prozirnost u infracrvenom dijelu spektra, što ograničava njihovu učinkovitost kao maskirnog sredstva.

Domet

Maksimalni domet jednostavnog klasičnog topničkog streljiva ovisi najviše o energiji u cijevi. Izlazna je brzina streljiva određena s jedne strane količinom goriva odnosno eksploziva i načinom na koji on izgara a s druge strane težinom streljiva, što je naravno povezano s kalibrom. Kinetičke energije streljiva općenito rastu s povećanjem kalibra, tako da kinetičke energije suvremenog 105 mm streljiva iznose oko 11 MJ (mega joulea), 152-155 mm streljiva oko 20 MJ, a streljiva kalibra 203-210 mm oko 49 MJ. Kinetičke energije ovise o tlaku koji se u cijevi stvara uslijed izgaranja punjenja. Tipično se samo oko 1/3 kemijske energije punjenja pretvoriti u kinetičku energiju streljiva. Pritom nemalu ulogu igra duljina cijevi i volumen komore za izgaranje. Pet NATO zemalja se usuglasilo da



Fotografije prikazuju način djelovanja "pometnog", senzorski aktiviranog podprojektila



Crtеж prikazuje presjek njemačkog streljiva SMART kalibra 155 mm s dva "pometna" podprojektila.

kao standard prihvate 52-kalibarsku duljinu cijevi i 23 litarsku komoru što rezultira s maksimalnom brzinom u cijevi od 945 m/s. Iako su mogući i dizajni s boljim performansama ovaj predstavlja kompromis učinjen zbog kompatibilnosti s postojećim streljivom. Takav standard omogućava domete od oko 30 km. Američki top 175 mm M107 iz 1950. godine sa cijevi duljine 60 kalibara ispaljuje streljivo teško 67 kg na udaljenost od 32 km, dok 155 mm FH 70 sa cijevi dugačkom 39 kalibara ispaljuje L15 streljivo na 24.7 km. Suvremeni ruski 203 mm 2S7 sa cijevi od 56 kalibara ispaljuje 110 kg teško streljivo na daljinu od 37.5 km. Jednom kad streljivo napusti cijev, njegov domet osim o početnoj kinetičkoj energiji ovisi i o zračnom otporu, dakle obliku i kalibru streljiva. Nakon II. svjetskog rata velika je pozornost posvećena aerodinamičkim značajkama streljiva, tako da je danas na tom planu ostalo malo prostora za poboljšanje performansi. Svojedobno je velika pozornost posvećivana aerodinamičkom dizajnu

za povećani domet ERFB (Extended Range Full Bore). Međutim usporedba s klasičnim L15 streljivom sa sličnim punjenjem ERFB ima 1.7 posto manju brzinu a 5.7 posto veću masu što rezultira sa samo 1 posto većom kinetičkom energijom uz manje od 5 posto povećanja dometa za streljivo koje nosi 23 posto manje eksploziva! Uzmemo li u obzir da trošenje cijevi i meteorološki uvjeti mijenjaju maksimalni domet većine topova i do 10 posto izgleda da se ERFB previše ne isplati.

Drugi, učinkovitiji pristup povećanju dometa predstavlja raketno pripomognuto streljivo (Rocket - Assisted-Projectile) ili streljivo "base-bleed" tipa. U potonjem se pristupu laganim dotokom plina u niskotlačnu zonu izravno iza streljiva smanjuje otpor koji u letu izaziva baza streljiva. Oba ova pristupa osiguravaju povećanje dometa i do 30 posto. Naravno ova pristupa imaju i svoje nedostatke: to su manji korisni teret i duže streljivo kod "base bleed" tipa odnosno povećana disperzija streljiva kod RAP tipa.

Postoje i sklopovi za konverziju klasičnog streljiva u "base-bleed" koji se jednostavno dodaju na zadnji kraj streljiva. Iako je ovo vrlo atraktivan pristup s logističkog gledišta, produženo streljivo predstavlja problem za automatske spremnike.

Za sada najveće domete kako u raketnim topničkim sustavima tako i u klasičnim imaju ruski sustavi. Višestruki lansirni sustav 300 mm Smerch ima domet oko 70 km, dok 203 mm top 2S7 s klasičnim streljivom ima domet 37.5 km a u RAP domet čak 47 km. No na tim maksimalnim udaljenostima disperzija streljiva mora biti znatna, što nije zanemariv čimbenik pri procjeni ukupnog učinka topničkog sustava.

Disperzija i točnost

Konačan cilj svakoga topničkog sustava neovisno

Trenutak približavanja laserski vođenoga topničkog projektila Copperhead cilju



o tipu streljiva i dometu je da se streljivo dovede ako ne točno na cilj, a ono što je moguće bliže cilju. Pritom se razlikuje nekoliko mogućih odstupanja od idealne situacije:

- pogreškom u lokaciji cilja se naziva odstupanje između ciljničke točke i stvarnog mesta cilja u trenutku udara streljiva (TLE - Target Location Error).
- odstupanje srednje točke udara (mesta pada streljiva) od ciljne točke se javlja uslijed razlike u izračunatoj i stvarnoj putanji streljiva (MPI - Mean Point of Impact).
- disperzija opisuje veličinu površine na koju pada streljivo oko srednje točke udara.

Drugo odstupanje, koje se najčešće naziva "točnost" i disperzija pri gađanju odnosno konzisten-cija dva su važna čimbenika koja odlučuju koliko streljiva treba ispaliti na zadani cilj. Pritom je točnost određena s trima čimbenicima: odstupanjem stvarne brzine streljiva na izlasku iz cijevi od proračunske brzine, točnosti meteoroloških podataka te točnosti pri određivanju položaja topa odnosno lansera. Pritom se podrazumijeva da se koristi adekvatan balistički model, ostvaruje odgovarajuća točnost u proračunima i precizno zauzimaju elementi.

Uvođenje boljih i bržih računala dopušta i korištenje boljih i točnijih balističkih modela, kao i brže i preciznije proračune. No poboljšanja koja se na taj način mogu ostvariti mijere se metrima i nisu od primarnog značenja. Daleko veći utjecaj imaju meteorološki uvjeti koji mogu znatno varirati duž trajektorije i po visini. Ovi učinci su dakako to izraženiji što je cilj udaljeniji. Meteorološki podatci mogu prouzročiti netočnosti od 10-20 m na udaljenostima od 5 km odnosno vremensko odstupanje i do 10 s u vremenu leta. No na udaljenostima od 40 km ta odstupanja mogu u prostornoj domeni iznositi i više od 200 m, a u vremenskoj i više od 100 s. Da bi se ti učinci umanjili koriste se meteorološke sonde koje prikupljaju podatke o stanju atmosfere i u višim slojevima koji odgovaraju vrhuncu balističke putanje, a najnovije inačice nije potrebno pratiti radarom da bi se utvrdila njihova putanja u atmosferi. Primjena više meteoroloških sondi omogućava da se stvari dobra meteorološka slika na širem području i shodno tome adekvatniji meteorološki model. Raketi sustavi su posebno osjetljivi na bočni vjetar, posebice u vremenu izravno nakon lansiranja, s obzirom na relativno velike protežnosti, zakrilca i brzinu koja je relativno mala u odnosu na streljivo.

Topovi i lanseri, kao i većina uređaja za prikupljanje podataka zahtijevaju točno određivanje položaja, što je nekada bio dugotrajan posao. Tijekom šezdesetih godina uvođenje žiroskopskih uređaja je ubrzalo utvrđivanje točnog položaja, no revoluciju je izazvala tek pojava inercijalnog sustava za određivanje položaja i azimuta (PADD) sedamdesetih godina. Ovaj sustav omogućava brzo i pouzdano utvrđivanje položaja, a trend je da se PADD integrira sa svakim topom. Pojava GPS sustava nije imala većeg odjeka, bar ne tamo gdje je postojao sustav PADD, zbog manje preciznosti GPS, iako njegova uporaba u kombinaciji sa sustavom PADD može poboljšati sveukupne performanse.

Kao najveći pojedinačni uzrok netočnosti javljaju se fluktuacije u brzini streljiva u cijevi. Brzina se u cijevi mijenja ovisno o starenju cijevi i vremenom postaje sve manja. Takoder su prisutne i varijacije između pojedinih komada streljiva uslijed temperature i drugih uzroka koji mijenjaju brzinu izgaranja, kao npr. proizvodne tolerancije. Kod raketnih se projektila također javljaju varijacije zbog sličnih razloga kao i kod topova. Poseban problem kod raketa su razlike u temperaturi goriva, koje se mogu javiti npr. ako se rakete ostave na suncu. Veća se je pozornost varijacijama u brzini počela posvećivati nakon uvođenja radara za mjerjenje brzine u šezdesetim godinama. Iako su prvi

radari bili vrlo nezgrapni ipak su kolektirali dragocjene podatke. Suvremene se inačice radara mogu postaviti na top, a njihova cijena je takva da ih može imati svaka bitnica, a u nekim vojskama čak i svaki top. Na taj je način moguće dobro praćenje trošenja cijevi i motreњe drugih relevantnih učinaka. Postavljanje radara na top dopušta praćenje izlaznih brzina i točno predviđanje brzine svakog idućeg streljiva, otvarajući tako mogućnosti za korekcije paljbe. EDS-Scicon je razvio dva načina za predviđanje izlazne brzine streljiva koji su omogućili da se razlike između očekivane i stvarne brzine streljiva svedu na pola. Ovo je pak rezultiralo sa znatnim smanjenjem disperzije streljiva, a i umanjilo je važnost varijacija između pojedinih proizvodnih serija streljiva, smanjujući na taj način proizvodne troškove.

Što se tiče disperzije najkonsistentniji topovi poput FH-70 daju standardnu devijaciju disperzije na 75 posto maksimalnog dometa od samo 0.25 posto, dok je za većinu suvremenih topova ona nešto veća i iznosi oko 35 posto. Istina je da dobar top ne može popraviti inkonzistentno streljivo, ali loš top sigurno može degradirati kvalitetno streljivo. I na kraju, razmatrajući disperziju streljiva moramo imati na umu da ona i nije totalno nepoželjna, jer osigurava da oružje pokriva cijeli cilj. Dapače tradicionalne razlike u točnosti različitih bitnica daju stanoviti stupanj međubitničke disperzije koji osigurava dobro pokrivanje velikih ciljeva. No kako bitnice postaju podjednako točne, to se više ne događa, te je potrebno uvođenje raznih ciljnih točaka.

Logistika

Učinkovito djelovanje topništva ovisi o dobroj logističkoj potpori, a topničko streljivo predstavlja najveći dio dnevnih opskrbnih potreba suvremene mehanizirane postrojbe. Dnevne potrebe u streljivu znatno variraju, prosjek u Vijetnamskom ratu iznosio je oko 50 komada streljiva po topu po danu, dok su u nekim drugim sukobima troškovi bili i red veličine veći: i do 500 komada streljiva po topu po danu tj. više od 35 tona 155 mm streljiva (zajedno s ambalažom). U NATO zemljama koristi se sustav (flat rack) rekova koji se prenose kamionima ili vlakom, a svaki sadrži nekoliko paleta, jediničnih kontejnera ili kontejnera za višestruke lansere raketa. Ovaj sustav omogućava relativno brzo i jednostavno transportiranje i prekrcavanje, no u jednom trenutku streljivo se mora prirediti za topove ili lansere i tu počinju pravi problemi.

Američki je pristup da se po svakom samovoznom topu koristi oklopno gusjenično vozilo za transport odnosno dopremanje streljiva. Samovozni se top opskrbljuje streljivom direktno preko konvejera (conveyer), ostavljajući tako zalihe streljiva koje nosi sa sobom netaknute za uporabu u razdoblju dok se transportno vozilo ukrcava ili je ostalo bez određenog tipa streljiva. Ovakav pristup koliko je učinkovit toliko i zahtijeva dvostruko rukovanje sa streljivom: raspakiranje i utovar u transporter, pa zatim prebačaj do topa. Pitanje doknade streljiva, odnosno kompleta samovoznog topa je također problematično. Koliko i

kakvog streljiva treba top imati da bi to bilo dovoljno dok je opskrbljivanje odsutno. Povećanje raznovrsnosti streljiva ne pridonosi rješenju ovog problema.

Britanski je pristup potpuno drukčiji: svaka 155 mm bitnica ima značajne kapacitete za nošenje jediničnih kontejnera od kojih svaki sadrži 17 kompleta streljiva 155 mm. Po deset jediničnih kontejnera se



nalazi na jednom reku s kojeg se viličarima prebacuju do topova.

Poseban problem za logistiku predstavlja interoperabilnost između savezničkih vojski. Interoperabilnost ponajprije znači mogućnost topništva jedne vojske da koristi streljivo skupljeno u drugoj vojski. To ne podrazumijeva samo dopuštenje uporabe, nego ponajprije da su balistički podaci u računalima sustava za upravljanje paljbom kao i to da je pravodobno bila dostupna određena tehnička dokumentacija za izobrazbu. Unutar NATO-a postoji znatna interoperabilnost za 155 mm streljivo i punjenja, međutim problem predstavljaju elektronski upaljači, koji se ne mogu tempirati bez odgovarajućih elektronskih uređaja koji nisu standardizirani.

Načelo rada "inteligentnog" streljiva samonavodenog u terminalnoj fazi leta s potpunom autonomijom u traženju, identifikaciji te napadaju na cilj



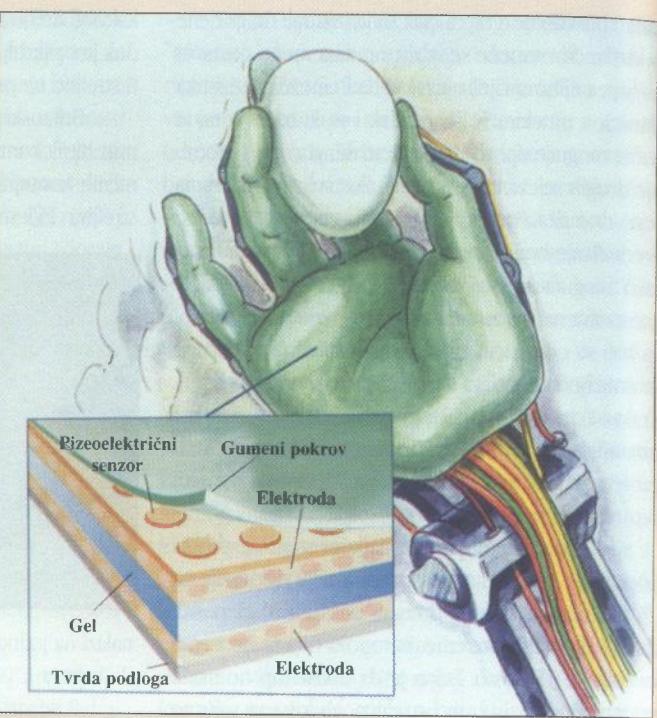
Trenutak aktiviranja SADARM substreljiva. Začetci tog tipa streljiva potječu iz sedamdesetih godina pri čemu je inicijalni razvojni program tog "pametnog" streljiva prvotno bio koncipiran za kalibr 203 mm

Zamislite na trenutak glazbu u vašoj sobi koju zrače vrata, pod ili strop; dizalice koje nas upozoravaju kad su preopterećene, i postoji velika mogućnost da se sruše pod teretom; zgrade i mostove koji sami sebe ojačavaju tijekom zemljotresa i samostalno popunjavaju nastale pukotine. Poput živih bića ovi bi sustavi mijenjali vlastitu strukturu, javljali oštećenja, obavljali popravke i odlazili u mirovinu - nadamo se bez prisile - kad godine donesu svoje.

Ovakve se strukture mogu činiti nedostižnima. Međutim, mnogi su istraživači dokazali mogućnost izgradnje takvih tvoriva. Da bi oživjeli u biti inertnu tvar, današnji suvremeni alkemičari koriste različite naprave: aktuatore i motore koji se ponašaju kao mišići; senzore koji služe kao živci i memorija; te komunikacijske i računalske mreže koje predstavljaju mozak i kralježnicu. U nekim područjima ovakva tvoriva imaju značajke koje se mogu smatrati super-

Koža ruku robota mogla bi se načinuti od piezoelektričkih polimera koji pod tlakom induciraju napon između elektroda. Ovakva tvoriva su dovoljno osjetljiva da mogu čitati Braillevo pismo

strukcije nastale tradicionalnim inženjerom. Tradicionalna načela izgradnje je možda najbolje artikulisao Henry Petroski u svojoj knjizi "To Engineer Is Human". Iskusni dizajner uvijek predviđa najgori scenarij uporabe sustava kojeg izgrađuje. Rezultat su široke granice sigurnosti rada



Tehnologije 21. stoljeća INTELIGENTNA TVORIVA

Inspirirani prirodom, istraživači stvaraju tvoriva koja mogu predvidjeti vlastite strukturalne pogreške, sami sebe popraviti i koji se mogu prilagoditi uvjetima okruženja

ornijim od bioloških funkcija - neka tvoriva mogu u jednom trenutku biti tvrdi i čvrsti, da bi se u drugom ponašala kao želatina.

Ovi tzv. inteligentni materijalni sustavi imaju značajne prednosti u odnosu na kon-

koje se očituju u brojnim ojačanjima, redundantnim podsklopovima, pričuvnim podsustavima i dodatnim masama. Ovakav prilaz, naravno, zahtijeva veći utrošak prirodnih resursa nego što je to u većini slučajeva potrebno, te se tako troši više energije za izgradnju i održavanje tih struktura. Također se troši i više ljudskih (stručnih) resursa u nastojanju da se predvide svi uvjeti pod kojima će se, npr. zrakoplov u procesu razvoja operativno rabiti i zlorabiti.

Nastojanje da se predviđi najgora mogućnost ima i daleko ozbiljniji, očitiji, nedostatak; o njemu s vremenom na vrijeme možemo čitati u novinama i slušati u vijestima: nemogućnost da se predvide svi mogući slučajevi. Osobne nesreće i okrivljavanja su tada sadržaj

Upravljanje svojstvima lopatica rotora može se izvesti aktuatorima koji će djelovati kao krilca eliminirajući potrebu za mehanizmom koji mijenja nagib cijele lopatice

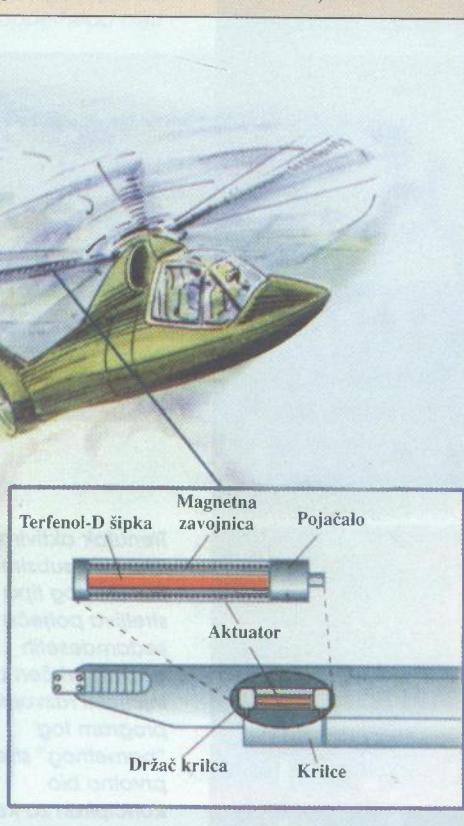
Josip PAJK

teških rasprava koje slijede kao posljedica katastrofe.

Sustavi inteligentnih tvoriva bi, nasuprot tome, trebali izbjegći sve ove probleme. Sačinjeni za dane svrhe, oni bi trebali također biti i sposobni promijeniti svoje ponašanje u teškim uvjetima. Na primjer, kran preopterećene dizalice mogao bi koristiti električnu energiju za vlastito učvršćenje i upozoravanje korisnika o problemu. Reakcije na preopterećenja bi se temeljile na stvarnom "životnom iskustvu" dizalice, uzimajući u obzir starenje i/ili oštećenja. Krajnja posljedica takvog pristupa bila bi mogućnost dizalice da procijeni svoje trenutačno zdravlje; kad ne bude mogla obavljati ni najjednostavnije zadaće, dizalice bi najavila svoj odlazak u mirovinu. Na taj način kran dizalice u suštini imitira kost u životnom organizmu, koja se remodelira pod različitim opterećenjima. No, za razliku od kosti koja počinje odgovarati na promjenu sile u razmaku od nekoliko minuta, a za završetak procesa rasta treba i nekoliko mjeseci, intelligentnoj dizalici za promjenu treba manje od sekunde.

Mišići intelligentnih sustava

Tvoriva koja omogućuju strukturama kako je kran dizalice da se adaptiraju uvjetima



Personalizirana proizvodnja

Gdje bi biciklist na proputovanju kroz mali gradić u Nevadi mogao naći zamjenu za slomljeni zupčanik svog bicikla? Za desetak godina odgovor će se nalaziti u malom floppy disku u njegovoj naprtnjači. U sljedećim dekadama će se doknadni dijelovi za bicikl, automobil ili bilo koje drugo potrošno dobro moći jednostavno "otisnuti" iz CAD filea u bilo kojoj radionici, futurističkom ekivalentu cijelodnevne foto-kopiraonice. U slučaju zupčanika stroj bi s "fajla" na disku pročitao geometrijski opis slomljenog dijela. Programom bi se nakon toga strojem, nanosili slojevi, ili špricanjem tekućeg metala, ili laserom rastapanjem metala u prahu. Sljedeći slojevi spajali bi se zajedno stvarajući tako postupno čitav zupčanik.

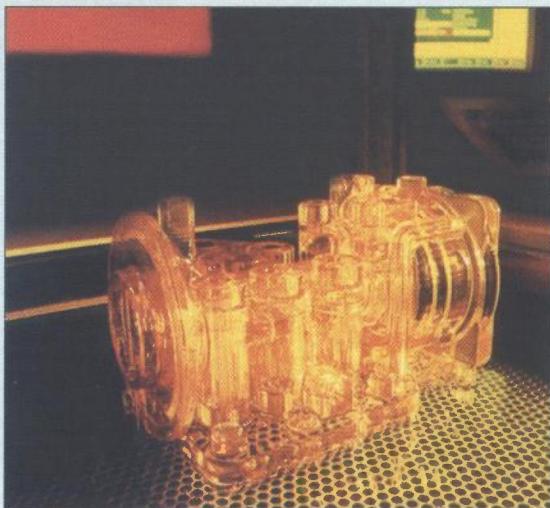
Ovaj pristup proizvodnji začet je u skupini tehnologija poznatih pod zajedničkim nazivom "rapid prototyping" (brzi prototipni razvoj). Današnja stereolitografija, slojevita nadgradnja oblika (shape deposition) i lasersko spajanje (laser sintering) i druge srodne tehnologije mogu izgraditi ispitni model stvarne veličine ili mogu pomoći u izgradnji alata za proizvodnju pojedinog dijela. U sljedećim se godinama očekuje njihov razvoj i istodoban pad cijena tako da će biti dostupne i za široku komercijalnu uporabu za proizvodnju gotove robe ili čak za proizvodnju novih tvoriva (vidi tekst "Inteligentna tvoriva").

Svojim sazrijevanjem ove tehnologije u svakodnevnu proizvodnju unose i dosada nedostupnu prilagođenost proizvodnje zahtjevima kupca-potrošača (customization). Isti stroj koji je na gore opisani način proizveo zupčanik za bicikl, može drugoj mušteriji napraviti karburator za automobil. Ova sposobnost da se informacije o individualnim potrebama pojedinca smjeste u seriju računalskih zapisu na disketama, dio je velikog pomaka od koncepcije masovne proizvodnje standardiziranih dobara, kakvu je inicirao automobilski magnat Henry Ford. Postindustrijska proizvodnja razvija se prema eri masovne prilagodbe (customization): proizvodnji velikog broja personaliziranih dobara. Najveća ulaganja u ovo područje poznato kao agilna proizvodnja (agile manufacturing) dolaze iz američkog ministarstva obrane. Vojska se, za zadovoljenje svojih potreba, sve više oslanja na komercijalne proizvođače umjesto na specijaliziranu vojnu industriju.

Primjer agilne proizvodnje moguće je pronaći u računalskoj industriji. Kupac može računalo naručiti preko telefona i odabrati kon-

figuraciju kakvu želi iz velikog broja mikroprocesora, memorijskih kartica, hard diskova i monitora. Čak i tradicionalne industrije kao što su one koje se bave proizvodnjom slavin ili električne sklopne opreme počele su primjenjivati ovakav način rada.

Personalizirana proizvodnja je, međutim, nešto više od odlaska u tvornicu iza ugla. Proizvođači trebaju količine koje se ne svode na jedan zupčanik ili karburator. Za proizvodnju u većim količinama nužno je potrebno dobavljače spojiti računalskim mrežama s



Model uljne pumpe izgrađen stereolitografijom, tehnikom za slojevitu izgradnju struktura pomoći lasera

proizvođačima npr. automobila ili traperica kako bi se narudžbe što brže realizirale. Mreže bi trebale čvršće povezati i same potrošače s proizvođačima. Trgovina odjevnim predmetima u idućem stoljeću trebala bi vjerojatno biti opskrbljena optičkim scannerima koji bi kupca izmjerili, podatci bi se mrežom dostavili proizvođaču, koji bi, recimo hlaće sašivene po mjeri dostavio kupcu za nekoliko dana. Neke trgovine već eksperimentalno uvode ovakvu ponudu, a mjere uzimaju ručno. Fleksibilni proizvodni kapaciteti koji omogućavaju da se proizvodna strojna vrpca brzo prilagodi novom dijelu ili gotovom proizvodu su nužnost ako tvornica želi brzo reagirati na promijenjene zahtjeve ili specijalne narudžbe.

Proizvođač mora voditi računa ne samo o potrebama kupaca, već i o mogućnostima konkurenčije. Tu može opet pomoći tehnologija brze izradbe prototipa. Sposobnost da se brzo reproducira gotov proizvod ili neki njegov dio može olakšati traganje za odgovorom na pitanje kako je konkurenčija napravila taj dio. Računalske tomografske slike, veće rezolucije od onih koje se danas u medicini rade za mozak ili srce pacijenta, već omogućavaju, recimo, General Motorsu da napravi troprotežnu

sliku npr. Fordovog bloka motora i na temelju nje izgradi identični plastični model u prirodnjoj veličini, koristeći se tehnologijom stereolitografije, postupka brze izradbe prototipa koji rabi laser za izgradnju struktura od polimera. Ovaj oblik obrnutog inženjeringu (reverse engineering) bit će sve češći kako bude padala cijena potrebnе opreme.

Troprotežna kserografija bi se isto tako mogla koristiti, ali u manje sebične svrhe. Prijenosni CT scanner omogućio bi snimanje oštećene kosti već u vozilu za prvu pomoć. U bolnici bi kirurzi koristili model kosti za planiranje i izvođenje operacije. Po potrebi bi se već tijekom operacije na temelju modela izradila proteza koja bi se odmah mogla ugraditi u nogu. University of Dayton je počeo s razvojem tehnologije za brzu izradbu prototipa od keramičkih kompozitnih tvoriva koja se može prilagoditi za korištenje u protetici.

Takve tehnologije mogu nadalje omogućiti da se tvoriva u kombinaciji s elektroničkim sklopovima ugradu u jedinstvene oblike kao što su konture ljudske glave. Na univerzitetima Carnegie Mellon i Stanford ispituju se tehnike tzv. "shape deposition" (polaganja prema obliku), kojima se plastika, metal ili keramika mogu tako modelirati da okružuju mikročipove i žice kojima su povezani.

Istraživači su koristili metode koje se mogu uporabiti za izradbu računala "za oblaćenje" (wearable computers)-njima je moguće npr. izgraditi kacigu s ugrađenim mikroracunalom. To bi računalo moglo u svojoj memoriji imati uskladištene sve informacije iz nekog uputstva za rukovanje ili održavanje, a podatci bi se IC linkom (kao kod daljinskih upravljača za TV) ili žicom mogli dovoditi na minijaturni zaslon montiran u naočale. Tako izrađena kaciga ili kapa mogla bi imati ugrađene i minijature GPS senzore koji bi korisniku (planinarima ili šumarima npr.) davali stalne podatke o mjestu na kojem se nalaze.

Spojem ovakvih izglednih tehnologija i novih ideja u upravljanju, moguće je doći do zapanjujućih rezultata. Sastavni je moguće da proizvođač "pametne" odjeće na primjer, danas proizvodi majice sa senzorima koji mogu detektirati prisustvo bojnih otrova na bojištu, a sutra već pokrene proizvodnju odjeće koja će ispuštaći kontrolirane količine dezodoransa kad senzori u bluzi detektiraju određenu razinu znojenja. Pravi agilni proizvođač morao bi se s istom lakoćom uhvatiti u koštač i sa znojem i sa sarinom.

Suvremena kompozitna tvoriva

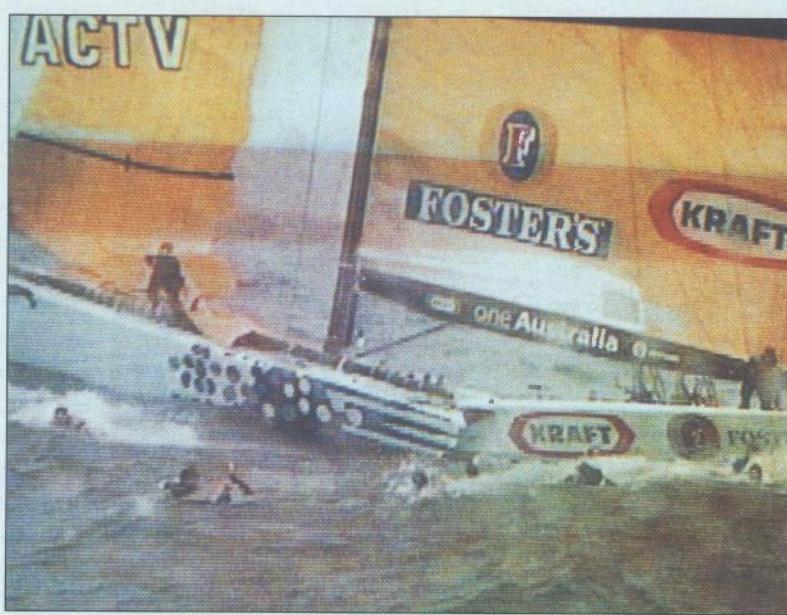
Već kod njihove prve pojave 60-tih godina, suvremena kompozitna tvoriva obećavala su novu - da ne spominjemo lagatu i trajnu budućnost. Inženjeri su zamišljali velike zrakoplove i automobile koji će trošiti manje goriva zbog svoje manje težine. Iako su u međuvremenu kompozitna tvoriva pronašla svoje mjesto samo u pojedinim dijelovima zrakoplova i automobila i sportskoj opremi, čini se da ova nova tvoriva mogu zauzeti mjesto i u sasvim novom području: graditeljstvu.

Složenost ovih tvorivaa je u uskoj svezi s njihovim relativno slabim pojavljivanjem u svakodnevnom okruženju. Tvoriva se izgrađuju od vlastita sačinjenih od ugljika, stakla i drugog tvoriva koja se nakon toga utapaju u matricu od plastike, keramike ili metala. Dick J. Wilkins s University of Delaware objašnjava: "To su sofisticirane kombinacije koje u startu čine problematičnom masovnu proizvodnju, što opet povećava njihovu cijenu u odnosu na drvo i metal. Za njihovu isplativost potrebne su aplikacije velikih razmjera."

Ovakve aplikacije industrija kompozitnih tvoriva vidi u infrastrukturi. Inženjer graditeljstva Hota V. S. GangaRao s West Virginia University predviđa da će "u sljedećih pet godina biti sve više kompozitnih tvoriva u građevinskim konstrukcijama". On tvrdi da će oni najprije zamijeniti čelične mreže u armiranom betonu. Cijena kompozitnih tvorivaa za koje se danas plaća 1,5 do 2 USD po težinskoj funti, mogla bi pasti na približno 1,2 USD. Iako je i

ova cijena nekoliko puta veća od 20 do 40 centi koliko se plaća za težinsku funtu čelika, GangaRao upozorava na činjenicu da su kompozitna tvoriva i do pet puta lakša od čelika. Od njih bi se moglo izgraditi i čitave strukture: nekoliko zgrada sa samo kompozitnim strukturama su već izgrađene, a planovi za izgradnju nekih mostova se već rade.

Kompozitna tvoriva se mogu koristiti i za



Jahta oneAustralia izgrađena od kompozitnih tvoriva, slomila se tijekom regate America's Cup u početku ove godine. Kompozitna tvoriva mogu biti osjetljiva na nepredviđene promjene sile, što otežava njihovu primjenu u dizajnu

opravak nastalih oštećanja na drugim strukturama. Doug Barnow sa Composites Institute, trgovinske asocijacije smještene u New Yorku, naglašava da je ovim tvorivima zakrpano teško oštećenje na mostu u sklopu ceste Interstate 95 kod mjesta Boca Raton, po cijeni koja je činila samo mali dio cijene potrebne za zamjenu cijelog mosta, kako je prije bilo planirano. Kompozitne strukture bi mogle zamijeniti i određeni broj drvenih trupaca kojih ima na tisuće uz obale New Yorka, gdje je čišćenje luke

okoline, nazivaju se aktuatori. Oni mogu mijenjati oblik, krutost, položaj, prirodnu frekvenciju i druge mehaničke značajke kao odgovor na utjecaj temperaturnih i elektromagnetskih polja. Četiri najprimjenjivanija aktuatorska tvoriva danas su: slitine koje pamte oblik, piezoelektrička keramika, magnetostruktivna tvoriva te elektroreologički i magnetoreologički fluidi. Iako se nijedna od ovih kategorija ne može smatrati idealnim umjetnim mišićem, svaka od njih sigurno može zadovoljiti posebne zahteve za više zadaća.

Slitine s pamćenjem oblika (shape-memory alloys) su metali koji na određenoj temperaturi ponovno zauzimaju oblik koji im je bio promijenjen mehaničkim utjecajem (npr.

istezanjem). U procesu povratka u svoj "zapamćeni" oblik ove slitine proizvode silu značajne jačine koja se može koristiti za pokretanje drugih dijelova sustava. Najperspektivnija među njima je vjerojatno skupina nikl-titanijinskih slitina razvijenih u Naval Ordnance Laboratory (prije Naval Surface Warfare Center). Tvorivo nazvano NITINOL (NI od nikl, TI od titan i NOL od Naval Ordnance Lab) pokazuje iznimnu otpornost na koroziju i zamor, te se dobro oporavlja nakon velikih deformacija. Šipka nitinola istegnuta unutar 8 posto od njezine ukupne duljine, može se vratiti na svoju originalnu duljinu zagrijavanjem, uglavnom električnom strujom.

Japanci koriste nitinol u mikromanipula-

bilo toliko učinkovito da vodeni crvi i drugi morski svrđlari sada buše i probavljaju drvene strukture.

Na daljnju primjenu kompozitnih tvorivaa bi moglo najviše utjecati bolje obrazovanje. Wilkins tvrdi: "Ljudi koji diplomiraju na fakultetima su zaplašeni i ne znaju kako uporabiti kompozitna tvoriva". Ta su tvoriva, naime, čvrsta samo u smjeru polaganja vlakana. Zbog toga zahtijevaju veću pozornost kod dizajniranja nego, recimo, metali koji obično imaju jednaku čvrstoću u svim smjerovima. Nepredviđene promjene opterećenja mogu biti katastrofalne za kompozitne strukture. Jedna od prepostavki zbog čega se trougao jahte *oneAustralia* na nadmetanju u jedrenju America's Cup slomio je mogućnost da je posada produžila zatezač jedra na alternativni winch, čime je promijenila strukturu sila opterećenja trupa.

Tehnike za recikliranje odbačenih dijelova od kompozitnih tvoriva su se u zadnjih nekoliko godina stalno usavršavale, što je još

jedna prednost uporabe kompozitnih tvoriva. Barnow naglašava da su razvijena najmanje tri procesa odvajanja vlakana (fibers) od smola koje ih drže zajedno (resin), a to pridonosi većoj uporabi ovih tvoriva. Uz više iskustva i njihovom mudrijom uporabom, inženjeri bi mogli učiniti mnogo dobrih stvari s kompozitnim tvorivima. Uostalom, kako Wilkins primjećuje "ni svijet nije jednake čvrstoće u svim smjerovima".

torima i aktuatorima robota kako bi postigli glatke pokrete nalik onima pod nadzorom ljudskih mišića. Nadzirana sila koja se javlja kad se nitinol vraća u svoj prvobitni oblik omogućuje manipulatorima u kojima se ova slitina koristi da sa sigurnošću rukuju nježnim papirnatim čašama punim vode. Nitinolska žica ugrađena u kompozitna tvoriva koristi se za izmjenu vibracijskih značajki konstrukcije. To se postiže promjenom krutosti ili stresnog stanja unutar strukture, tj. izmjenom prirodne (rezonantne) frekvencije strukture od kompozitnog tvoriva. Na taj način malo je vjerojatno da će struktura ući u rezonanciju na bilo kojoj od frekvencija na kojima bi se inače ostvario proces rezonancije poznat po tome što može srušiti i daleko

masivnije strukture (mostove npr.). Pokusi su pokazali da se ugrađenim nitinolom mogu primijeniti postupci kompenzacijске kompresije tvoriva kako bi se reducirali unutarstruktturni

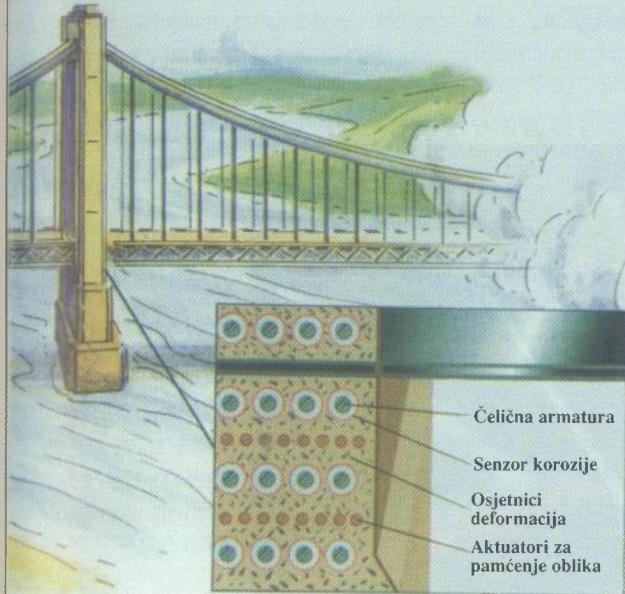
zvuka, prigušenje strukturalnih vibracija i nadzor stresnih unutarstrukturalnih stanja (sile koje uzrokuju deformaciju). Na Virginia Polytechnic Institute i State University piezoelektrički aktuatori korišteni su u zglobnim spojevima na mjestima s velikom koncentracijom deformacijskih sila. Eksperimentalno je za više od reda veličine prođen vijek trajanja nekih tako opterećenih komponenti.

Treća skupina aktuatora temelji se na magnetostruktivnim tvorivima. Ta su tvoriva slična piezoelektričnim, osim što su, umjesto na električne, osjetljivi na podražje izazvane magnetnim poljem. Elementarne magnetne domene unutar tvoriva rotiraju sve dok se, pod utjecajem magnetnog polja, ne postave u identičan smjer, čime se i sama struktura, od njih izgrađena produžava (ekspandira). Terfenol-D, koji sadrži rijetki element terbij, ekspandira za više od

0,1 posto. Ta, relativno nova tvoriva koriste se u nisko-frekventnim primopredajnicima velike snage u sonarima, motorima i hidrauličkim aktuatorima. Po uzoru na Nitinol, i za Terfenol-D se ispituje mogućnost primjene u aktivnom prigušenju vibracija.

Cetvrta skupina aktuatora za inteligentne materijalne sustave sadrži specijalne tekućine nazvane elektroreologički i magnetoreologički fluidi. Ova tvoriva sadrže mikronske čestice koje se spajaju u lance kad se nalaze u električnom ili magnetskom polju,

čime se postiže prividno povećanje viskoziteta tekućine za više redova veličine u nekoliko milisekundi (vidi "Electrorheological Fluids" T.C. Halsey i J.E. Martin; Scientific American, Listopad 1993.). Uz pomoć ovih fluida pokazane su aplikacije kao što su: prilagođavajući amortizeri, sustavi za izolaciju vibracija, spojevi za robotske ruke i frikcijske naprave, kao što su hvataljke, kočnice i sustavi za kontrolirano pružanje otpora kod



Strukture od armiranog betona bi u sebi mogle imati ugrađene senzore koji će detektirati pukotine i koroziju željeznih šipki armature, a slitine s pamćenjem oblika bi mogle služiti kao aktuatori za povećanje čvrstoće

stresovi. Druge aplikacije za ove aktuatore uključuju primjenu u temeljima i postoljima kojima je moguće nadzirati vibracije na njih montiranih strojeva.

Temeljni nedostatak ovih slitina je njihova sporost u izmjeni stanja. Kako promjena zavisi od brzine zagrijavanja i hlađenja, njihov je odziv sukladan brzini kojom im se može promijeniti unutarnja temperatura.

Druga vrsta aktuatora, kojom se kompenziraju nedostatci slitina s pamćenjem oblika, temelji se na piezoelektricitetu. Ta vrsta tvoriva, kojeg su 1880. otkrili francuski fizičari Pierre i Jacques Curie, ekspandira se i steže (kontrahira) u skladu s priključenim naponom. Piezoelektrički uređaji ne proizvode silu takve jačine kao slitina s pamćenjem oblika; u najboljem slučaju mogu se oporaviti samo kod promjena oblika koje su ispod 1 posto od normalnog. No, vrijeme reakcije im je daleko manje, mjeri se u tisućinkama sekunde. Iz tih razloga ova su tvoriva neophodna kod izradbe preciznih i brzih aktuatora. Sustavi koji se temelje na piezoelektričkim tvorivima su, između ostalog, i optički sustavi praćenja (vidi Hrvatski vojnik, br. 5, Lasersko oružje za protuprojektilsku obranu, str. 28-31), magnetske glave i adaptivni optički sustavi za robote, ink-jet pisači i zvučnici. Jedan od najrasprostranjениjih piezoelektričnih tvoriva je olovni cirkonat titanat (PZT).

Najnovija istraživanja usmjereni su na PZT aktuatore za atenuaciju (smanjenje razine)

opreme za rekreaciju. Ipak, nekoliko problema kao što je njihova kemijska nestabilnost i nagrizajući učinak, još opterećuju ove fluide, a većina novijih istraživanja koja bi trebala rješiti ove probleme provode se na magnetnim substancama.

Stakleni živci

Aktuatore informacijama opskrbliju senzori, koji opisuju fizikalno stanje materijalnog sustava. Napredak u mikrostrojnoj obradi omogućio je stvaranje velikog broja obećavajućih elektromehaničkih naprava koje se mogu koristiti kao senzori. Naglasak ćemo staviti na dvije vrste koje su dosad postigle najveći napredak i vrlo vjerojatno će se koristiti u materijalnim sustavima: optička vlakna i piezoelektrička tvoriva.

Optička vlakna ugrađena u "pametno" tvorivo mogu davati podatke na nekoliko načina. Prije svega, mogu senzor opskrbljivati stalnim svjetlosnim signalom; prekidi svjetlosne zrake ukazuju na strukturalnu promjenu koja je prekinula vod. Drugi, suptilniji pristup temelji se na mjerenu ključnih značajki svjetlosne zrake-jakost, fazu, polarizaciju i sl. Istraživačko središte National Aeronautics and Space Administration i drugi koriste takve fiber-optičke sustave za mjerjenje naprezanja u kompozitnim tvorivima. Fiber-optički senzori mogu mjeriti i magnetska polja, deformacije, vibracije i akceleraciju. Jedna od prednosti ovih senzora je i njihova imunost na električne i magnetske utjecaje.

Uz to što služe kao aktuatori, piezoelektrična tvoriva su i dobri senzori. Piezoelektrični polimeri kao što je polivinilden fluorid (PVDF) se široko koriste kao senzori jer se mogu formirati u tankim filmovima koje je moguće zalijetiti na više vrsta podloga. Osjetljivost PVDF film-



Tijelo zrakoplova moglo bi biti načinjeno od tankih slojeva aktuatora i fiber-optičkih senzora kojima bi se kompenzirale promjene nastale zamorom tvoriva i detektirale inače neuočljive fizikalne i kemijske promjene u tvorivu koje prethode kvarovima

va se pokazala dovoljnom za taktilne senzore kojima se npr. može čitati Braillevo pismo za slijepje osobe i razlikovati brusni papir različite hravosti. Ultratanki PVDF filmovi (200-300 mikrona) predviđeni su za korištenje u robotici. Takvi senzori bi mogli imitirati značajke ljudske kože detektiranjem temperaturnih razlika i geometrijskih oblika kao što su rubovi i kutevi, ili razlikovanjem različitih vrsta tvoriva.

Aktuatori i senzori su ključni čimbenici u inteligentnim materijalnim sustavima, no suština ovog novog pristupa dizajnu ostaje i dalje manifestacija najkritičnije funkcije života, inteligencije. O stupnju inteligencije, tj. granici do koje tvorivo može biti pametno ili bolje adaptivno, dalo bi se raspravljati. Minimum koji treba zadovoljiti je, sigurno, sposobnost da se primaju informacije iz okoline i uči, te živi u njoj.

Sposobnost mišljenja, koju društvo koje se bavi inteligentnim tvorivima nastoji u njih ugraditi, ima niz ograničenja kakva inženjeri još nisu dosad osjetili. Posebice, vrlo velik broj senzora, aktuatora i pridruženih im izvora napajanja nemoguće je spojiti u jednu, središnju, procesnu jedinicu. Umjesto toga dizajneri su (opet) posegnuli za rješenjima iz prirode. Neuroni nisu ni približno tako brzi kao suvremeni silikonski čipovi, no ipak mogu obaviti kompleksne zadaće začudujućom brzinom zato što su tako učinkovito povezani u mrežu.

Ključ rješenja je, čini se, hijerarhijska arhitektura sustava. Obradba signala i rezultirajuće djelovanje mogu se izvesti na nižim razinama daleko od mozga. Refleks odmicanja ruke podalje od vrele peći je, primjerice, ograničen do razine kralježnice. Manje automatizirana ponašanja uspješno se organiziraju na sukcesivno višim razinama u mozgu. Osim što je učinkovita, ovakva organizacija je i pouzdana: osim ako iza toga ne стоји kakav organski poremećaj, rijetko ćemo kada imati osjećaj topline dok držimo u ruci hladno piće.

Mozak koji stoji iza inteligentnih materijalnih sustava slijedi sličnu organizaciju. U stvari, istraživači pronalaze smjernice iz istraživanja na području umjetnog života koje je izraslo iz kibernetike. Između upravljačkih koncepcata koji su najviše u trendu ističe se koncept umjetnih neuronskih mreža, računalskih sustava koji imitiraju funkcije stvarnih neurona. Takvi programi mogu učiti, mijenjati odziv u odnosu na potrebe, predvidjeti potrebe i ispraviti pogreške-više nego dovoljno funkcija za potrebe inteligentnih materijalnih sustava. Na kraju će računalska oprema (sklopovska i programska)

odrediti najveći stupanj složenosti ovih sustava, tj. koliko je senzora i aktuatora s njom moguće uporabiti.

Um iznad snage

Stručnjaci ugrađuju inteligentne materijalne sustave na nekoliko područja. NASA koristi elektroaktivna tvoriva konstruirana na Pennsylvania State University za modifikaciju Hubble Space teleskopa.

Vjerojatno najzrelijija aplikacija trenutačno



Magnetostriktivna tvoriva kao što je Terfenol-D, od kojeg su načinjene ove šipke dugačke svega nekoliko centimetara, mijenjaju duljinu u magnetskom polju. Razvijen za primjenu u vojnim sonarima, ove slitine se danas koriste u aktuatorima, senzorima i kontrolerima vibracija

je upravljanje zvukom. Cilj je atenuacija zvuka, bilo da je to buka u trupu zrakoplova uzrokovana radom motora, ili akustička signatura podmornice. Jedan od načina smanjenja buke je, naravno, korištenje sirove snage. Jednostavno se doda dovoljna količina tvoriva i poveća masa kako bi se smanjile vibracije. Nasuprot tome, pristup pomoću inteligentnih tvoriva koristi osjetnike kojima se detektiraju strukturalne oscilacije koje proizvode buku i aktuatori raspoređene po strukturi za smanjenje najvećih vibracija. Ovakav koncept se koristi i u konstrukciji pilotskih slušalica za prigušenje buke (mogu se već i naručiti putem kataloga kojeg dijele zrakoplovne tvrtke), a svekoliki zrakoplovni sustav u fazi je ispitivanja na turbovijčanim zrakoplovima za kratke relacije.

No koliko daleko inženjeri mogu otići u korištenju inteligentnih tvoriva? Budućnost je u izgradnji sustava koji će se ponašati na nešto složeniji način. Na primjer, inteligentne strukture koje se danas prikazuju sadrže daleko više senzora od broja potrebnog za bilo koju aplikaciju.

Možda je najperspektivniji način izgradnje onaj koji će kao rezultat dati adaptivne strukture na koje se prigodom izgradnje želenog sustava može naknadno ugraditi potreban broj senzora. Osim toga, ovakav način izgradnje je i fleksibilniji, jer ukoliko pojedini senzor otkaže, adaptiv-

na arhitektura omogućit će zamjenu neispravnog senzora sa sljedećom najboljom alternativom kojom će se promijeniti način međusobna spajanja senzora i upravljački algoritam u skladu s tom izmjenom.

Ovakva razina sofisticiranosti sigurno će opteretiti proces proizvodnje. Velik broj senzora i aktuatora, izvora napajanja i upravljačkih procesora će vjerojatno zahtijevati tropotežne veze. Takav stupanj složenosti vrlo bi vjerojatno učinio proizvodnju pametnih tvoriva vrlo skupom. Jedno od rješenja za pojeftinjenje proizvodnje je izgradnja složenih struktura na način kako se izgrađuju mikroelektrični skloovi: fotolitografijom. Proces sličan fotokopiranju, može u načelu masovno proizvoditi komponente po vrlo niskoj cijeni. Senzorska mreža će tako vjerojatno sličiti na dio silikonskog mikročipa.

Novi putevi inženjeringu

Inteligentni sustavi bi mogli, ne samo prouzrokovati revoluciju na području tvoriva, već i dovesti na novu stepenicu naše shvaćanje kompleksnih fizikalnih pojava. Na više načina, oni su idealni sustavi zapisa. Mogu osjetiti vlastito okruženje, zapamtiti detaljne informacije o stanju tvoriva kroz vrijeme i "eksperimentirati" na pojavama promjenom vlastitih značajki.

No najveći utjecaj bit će učinjen na filozofiju dizajna. Inženjeri ne će trebati dodavati mase i povećavati cijenu proizvoda da bi se osigurala sigurnost. Saznanja će stjecati, ne na oštećenju struktura koje su popustile u nekim nenormalnim uvjetima, već iz iskustava koja će im priopćavati same strukture. Uskoro ćemo moći takvim strukturama uputiti pitanje kako se osjećaju, gdje ih boli, jesu li nedavno bile zlorabljeni. Mogle bi biti sposobne i identificirati zlorabljevaca.

Hoće li pametni materijalni sustavi eliminirati katastrofalne pogreške? Ne će, kao što ni stabla ne će ostati neoštećena u uraganu, a ptice ne će prestati padati kod udara u staklene prozore. No, inteligentni materijalni sustavi će omogućiti mrtvim objektima da postanu prirodni i sličniji živim organizmima. Bit će vjesnici nove inženjerske revolucije - zore doba novih tvoriva.

Literatura:

Craig A. Rogers, Intelligent Materials, "Scientific American", rujan 1995.

Organizacija

FRANCUSKE vojne industrije

Francusko ministarstvo obrane sastoji se od dvije velike cjeline. Jednu cjelinu čine oružane snage (KoV, zrakoplovstvo, mornarica, žandarmerija) nad kojima zapovjedništvo ima glavni (zdrženi) stožer francuskih oružanih snaga, čija je zadaća provođenje vojnih operacija. Drugu cjelinu čini vojna industrija koju francuzi skraćeno nazivaju DGA (Délégation Générale pour l'Armement) koja pak ima zadaću da opskrblije naoružanjem i opremom oružane snage

Koncentracija proizvodnje vojne opreme kao i logističkih funkcija u okviru jedne strukture, opslužujući sva četiri vida (KoV, mornarica, zrakoplovstvo, nacionalna žandarmerija) te zdrženi stožer (glavni stožer) francuskih oružanih snaga nudi mnoge prednosti kroz kombiniranu uporabu kapaciteta (ekipe za management određenih programa, test kapaciteti /poligoni/ itd.) te podjelu ciljeva (veće mogućnosti za definiranje programa s primjenom u okviru nekoliko vidova oružanih snaga).

Funkcija DGA u okviru ministarstva obrane je definiranje, razvoj, proizvodnja i opskrba postrojbi francuskih oružanih snaga modernim oružničkim sustavima koji su im potrebni za obranu Francuske.

"DGA je organizacija koja je, u stvari, originalna kreacija generala De Gaullea" - rekao je u jednom interviewu gospodin M.Henri Conze koji je predsjednik "organizacije" DGA. "U vrijeme kad je bio predsjednik Francuske Republike tvrdio je da sigurnost Francuske i njezin položaj u svijetu ne može biti zasnovan samo na snazi njezinih oružanih snaga nego se također mora temeljiti i na sposobnosti njezine tehnološke baze i industrije da razvije i proizvede ključne visoko-tehnološke sustave i to potpuno samostalno i nezavisno bez moljakanja za dopuštenje ili autorizaciju stranih vlada." Isticanje tehnološkog razvoja i industrijske strategije ostali su jedan od kamena temeljaca obrambene i sigurnosne politike Francuske, a baš je to zadaća koja je od samog početka dodijeljena organizaciji DGA.

Da bi se već prilično stara, da ne kažemo zastrjela organizacijska struktura obnovila i organizirala na potpuno novim temeljima francuska je vlada odlučila prije nekoliko godina krenuti u reorganizaciju DGA-a. Pritom se krenulo od tri glavna cilja.

Prvi je i glavni prioritet prigodom formulacije reorganizacijskog procesa bilo postizanje puno učinkovitije politike kontrole troškova. Prvi je korak pritom bio organiziranje tehničkih servisa i uprava na taj način da se osloboди nepotrebnih duplicitacija u zadaćama i odgovornostima. To znači da se programi vezani uz npr. zapovjedne i informacijske sustave koje danas vode uprave, bez obzira da li će krajnji "kupac"

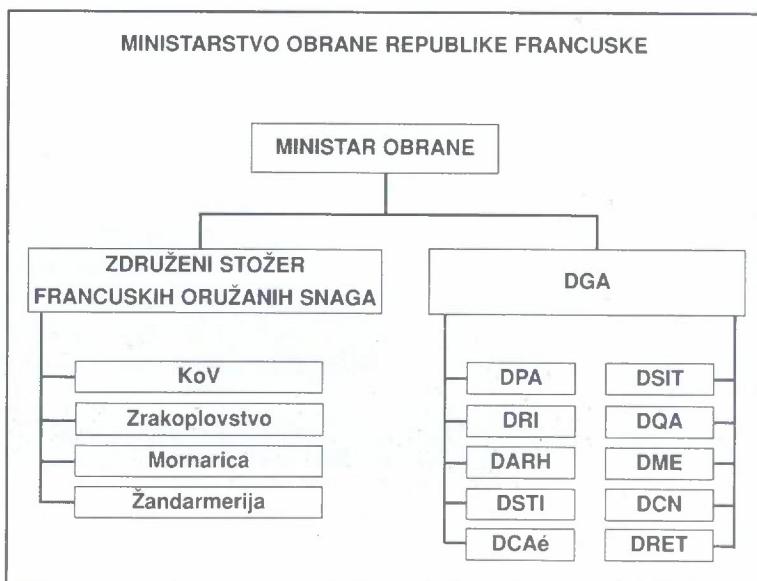
biti KoV, zrakoplovstvo, mornarica ili zdrženi stožer. Opet s druge strane, na primjer, svi su raketni programi - od onih vezanih uz razvoj i proizvodnju pješačkih PO vođenih sustava pa sve do strateških raketa - sad pod "kišobranom" jedne uprave.

Drugi značajni aspekt rekonstrukcijskog procesa bio je uvodenje jasne distinkcije između razine odlučivanja - na kojoj se definira i formulira politika vezana uz određene programe, politika vezana prema budućnosti orijentirane istraživačko-razvojne aktivnosti i aspekte industrijske strategije, te politika vezana uz internacionalnu kooperaciju i izvoz - i razine na kojoj se takva politika tada implementira.

Treći značajni korak bio je kreiranje čvrste Uprave za nadzor kakvoće koja se nalazi pod direktnim nadzorom predsjednika DGA-a. Ova uprava ima zadaću ne samo da nadzire kakvoću opreme i naoružanja razvijenog i proizvedenog od strane industrije (što je sasvim standardna praksa), već ima i zadaću da nadzire "kakvoću" rada unutar DGA sa ciljem

(I.dio)

Berislav
ŠIPICKI



práćenja učinkovitosti radnih procedura uz predlaganje promjena ukoliko se pokažu određeni nedostatci. Ova je uprava odmah nakon ustrojavanja provedla istragu o tome kako predsjednik DGA-a i njegovi surad-

nici izvršavaju svoje zadaće.

Osim ovoga gore navedenog management struktura projekata modificirana je na taj način što su pojedini menadžeri (voditelji projekata) postali odgovorniji za uspjeh svojih programa.

Organizacija DGA-a

Planiranje budućnosti

DGA razvija i implementira ukupne industrijske i tehnološke djelatnosti usmjerenе prema osiguranju toga da adekvatan znanstveni i tehnološki "znam-kako" bude održavan i u budućnosti, kao i prema osiguranju odgovarajućih industrijskih opskrbnih izvora potrebnih za opremanje oružanih snaga. Zbog toga DGA provodi istraživanja na mnogim znanstvenim i tehnološkim poljima, i u stvari, uvijek razmišlja i planira unaprijed kako bi identificirala napredne tehnologije i istraživanja koja će omogućiti izvršavanje budućih zahtjeva glavnog stožera francuske vojske. Osim toga DGA, zajedno s francuskom vladom ima nadzor nad zrakoplovnom i obrambenom (vojnom) industrijom. Stoga, ona participira i podupire promjene, restrukturiranja i nova partnerstva u ovom sektoru i na nacionalnoj i na internacionalnoj razini. DGA također osigurava potporu za mala i srednja industrijska poduzeća.

Vodenje programa

DGA je odgovorna za management i implementaciju programa naoružavanja, i to sve od formulacije tehničkih specifikacija oružničkog sustava pa do uvođenja sustava u operativnu uporabu u okviru postrojbi francuskih oružanih snaga. Svakom progra-

mu, za koji određene zahtjeve postavi glavni stožer ili stožer nekog od vidova, dodjeljuje se menadžer (voditelj tog programa) koji usko surađujući s dotičnim stožerom i budućim korisnicima prati napredak programa koji mu je dodijeljen. U slučaju pokretanja internacionalne suradnje, DGA sklapa ugovore s vojnom industrijom sa ciljem razvoja i

Ekspertiza

Implementacija programa koji imaju za cilj razvoj i proizvodnju nekog novog sustava, opreme ili sredstva, oslanja se na ekspertizu različitih DGA test središta i specijaliziranih tehničkih odjela. To omogućava timovima koji provode određene programe da usvoje najbolje moguće tehničke opcije te da procijene opremu ili oružničke sustave što ih proizvode vojne industrie, koje ona nudi vojsci kao proizvod razvijen u okviru samostalno pokrenutog programa.

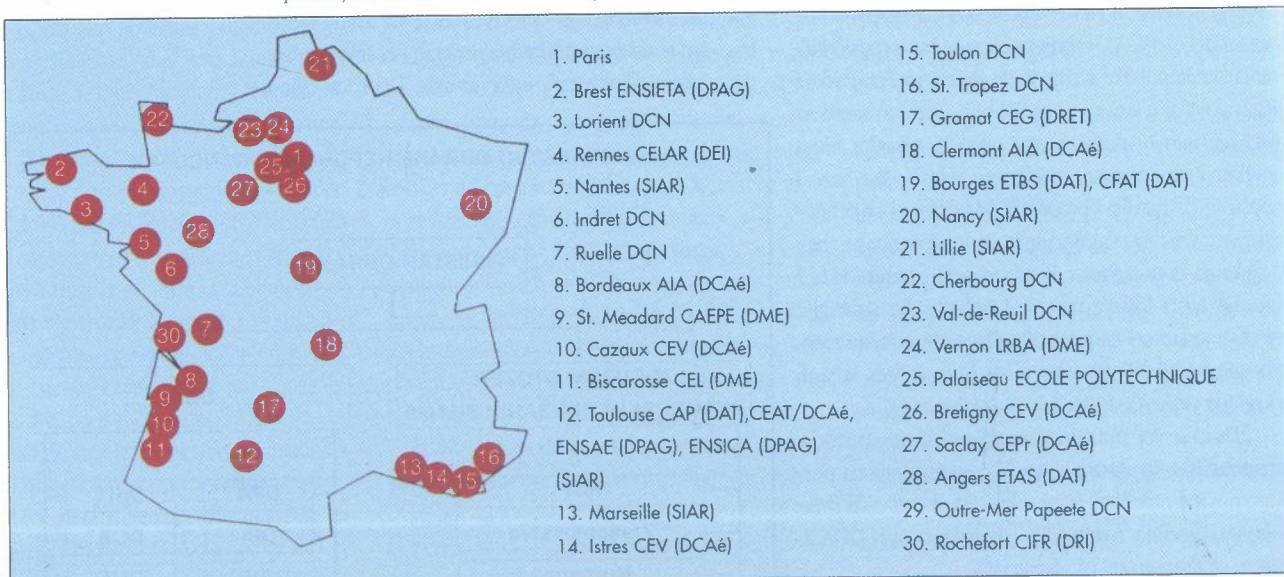
Industrijske aktivnosti

DGA ima vlastite industrijske kapacitete na području brodogradnje kao i zrakoplovnog održavanja tako da na ova dva područja ima potpuno nezavisan položaj glede tehnološkog razvoja, tvoriva, razvoja novih plovila ili letjelica kao i glede istraživanja na tim područjima te, naravno, provjeravanja novih i održavanja već postojećih sustava.

Internacionalne aktivnosti

DGA promovira internacionalnu suradnju trudeći se da pojača postojeće veze između Francuske i njezinih europskih partnera. Što se tiče sektora za naoružanje, kolaboracijski programi omogućavaju podjelu fiksnih troškova namijenjenih vojnoj opremi i predstavljaju jamstvo njihove interoperativnosti.

I na kraju, DGA participira i nadzire izvozne aktivnosti od trenutka potpisivanja ugovora do procesa izobrazbe estranog personala koji će koristiti opre-



Raspored DGA-ovih ureda, laboratorija, poligona i pogona u Francuskoj

mu, za koji određene zahtjeve postavi glavni stožer ili stožer nekog od vidova, dodjeljuje se menadžer (voditelj tog programa) koji usko surađujući s dotičnim stožerom i budućim korisnicima prati napredak programa koji mu je dodijeljen. U slučaju pokretanja internacionalne suradnje, DGA sklapa ugovore s vojnom industrijom sa ciljem razvoja i

mu ili naoružanje.

Brojke

DGA raspolaže s oko 100 milijardi francuskih franka što predstavlja 2,4 posto od ukupnog godišnjeg nacionalnog dohotka Francuske. DGA ima

50.500 uposlenih koji rade u 50 ustanova (laboratorijski, test središta, industrijska postrojenja) razmještenih širom Francuske.

Ukupne investicije koje pokrivaju istraživanja i razvoj iznose 30 milijardi francuskih franaka godišnje, što predstavlja jednu trećinu ukupnog novca koji francuska vlada utroši na istraživanja i razvoje, odnosno jednu četvrtinu ukupnog novca koji se općenito utroši na istraživanja i razvoje u Francuskoj. Sve u svemu, 26 posto od 30 milijardi francuskih franaka odvaja se za određene studije.

4,5 posto od plaća u DGA odlazi na organizirani trenaz (izobrazbu) na poslu. Obrambena (vojna) industrija upošljava 250.000 ljudi.

Uprave u okviru DGA

DGA je tako organizirana da predstavlja jednu cjelinu unutar koje postoje manje podcjeline (uprave) koje su međusobno odvojene i specijalizirane svaka za svoje područje (djelokrug rada) no svaka od njih ima vezu s ostalim upravama preko upraviteljstva čitave DGA. Upraviteljstvo nadzire i koordinira rad svih uprava sa ciljem ostvarivanja što učinkovitijeg rada na istraživanju razvoja i proizvodnji u okviru svih projekata koje DGA provodi. Na čelu svake uprave nalazi se njezin načelnik koji komunicira s predsjednikom DGA kao i s drugim načelnicima prigodom suradnje na programima koje pokriva DGA, a posebice na području strategije razvoja svakog od područja koje pokrivaju pojedine uprave. U sastavu DGA nalaze se sljedeće uprave:

- **DPA** (franc., Direction des Programmes d'Armement) - Uprava obrambenih (vojnih) programa, koja je odgovorna za vodenje programa nabave opreme i naoružanja;

- **DSIT** (franc., Direction de la Stratégie Industrielle et Technologique) - Uprava za industrijsku i tehnološku strategiju, odgovorna je za "planiranje za u budućnost" glede razvoja industrije i tehnologije;

- **DRI** (franc., Direction des Relations Internationales) - Uprava za internacionalne odnose, odgovorna je za formuliranje i podstavljanje odgovornim autoritetima političkih smjernica koje trebaju biti usvojene glede kooperacijskih i izvoznih programa na području vojne opreme i naoružanja, a isto tako je odgovorna i za nadzor njihove korektne implementacije;

- **DQA** (franc., Direction de la Qualité) - Uprava za nadzor kakvoće, odgovorna je za nadzor kakvoće (vezanih uz troškove, rokove i performanse) DGA-ovih službi a isto tako i za nadzor rada industrije koja je sklopila ugovore s DGA;

- **DARH** (franc., Direction de l'Administration et des Ressources Humaines) - Uprava za administraciju i ljudske resurse, provodi i središnje administrativne poslove pri čemu pomaže predsjedniku DGA pri izvršenju njegovih obveza glede personala, organizacije, administracije i poslova vezanih uz budžet, kao i operativne poslove pri čemu nadzire i odredeni broj eksternih tvrtki;

• **DME** (franc., Direction des Missiles et de l'Espace) - Uprava za rakete i svemir, osigurava funkciranje primarnog (ih) ugovarača u okviru programa za strategijske i taktičke rakete kao i za programe koji pokrivaju razvoj, konstrukciju i proizvodnju vojnih satelita;

• DSTI

(franc., Direction des Systèmes Terrestres et d'Information) - Uprava za Informacije i komponente oružničke sustave,

zadužena je za provođenje studija, razvoja, testiranja, tehničke procjene i proizvodnje specifične opreme namijenjene kopnenoj vojsci, telekomunikacijskih sustava, obaveštajnih sustava te sustava za donošenje odluka kao i svih tipova hardwarea, softwarea i njihovih aplikacija za koje je ova uprava djelo-mice ili globalno odgovorna;

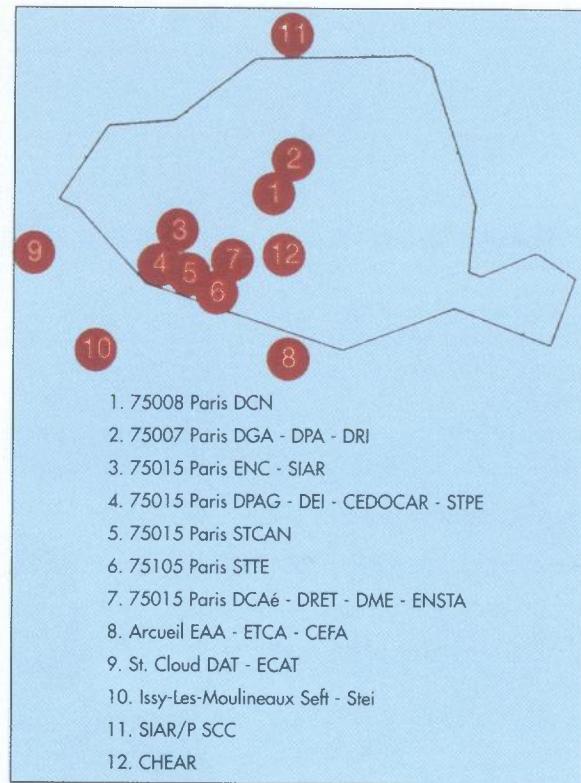
- **DCN** (franc., Direction des Constructions Navales) - Uprava za brodogradnju, zadužena je za razvoj, proizvodnju i održavanje ratnih brodova, podmornica i njihovih borbenih sustava;

- **DCAé** (franc., Direction des Constructions Aéronautiques) - Uprava za konstrukciju letjelica, zadužena je za razvoj, proizvodnju i održavanje vojnih letjelica (zrakoplova, vrtloleta);

- **DRET** (franc., Direction de la Recherche et de la Technologie) - Uprava za istraživanje i tehnologiju, ima i funkcionalnu i operativnu ulogu. Njezina funkcionalna uloga uključuje tehničke koordinacijske zadaće vezane uz provedbu istraživačkih vojnih programa, dok je u okviru svoje operativne uloge DRET odgovoran za usmjeravanje i provođenje dijela takvih programa kao i za provođenje istraživanja i razvoja te proizvodnih aktivnosti na području NBK obrane.

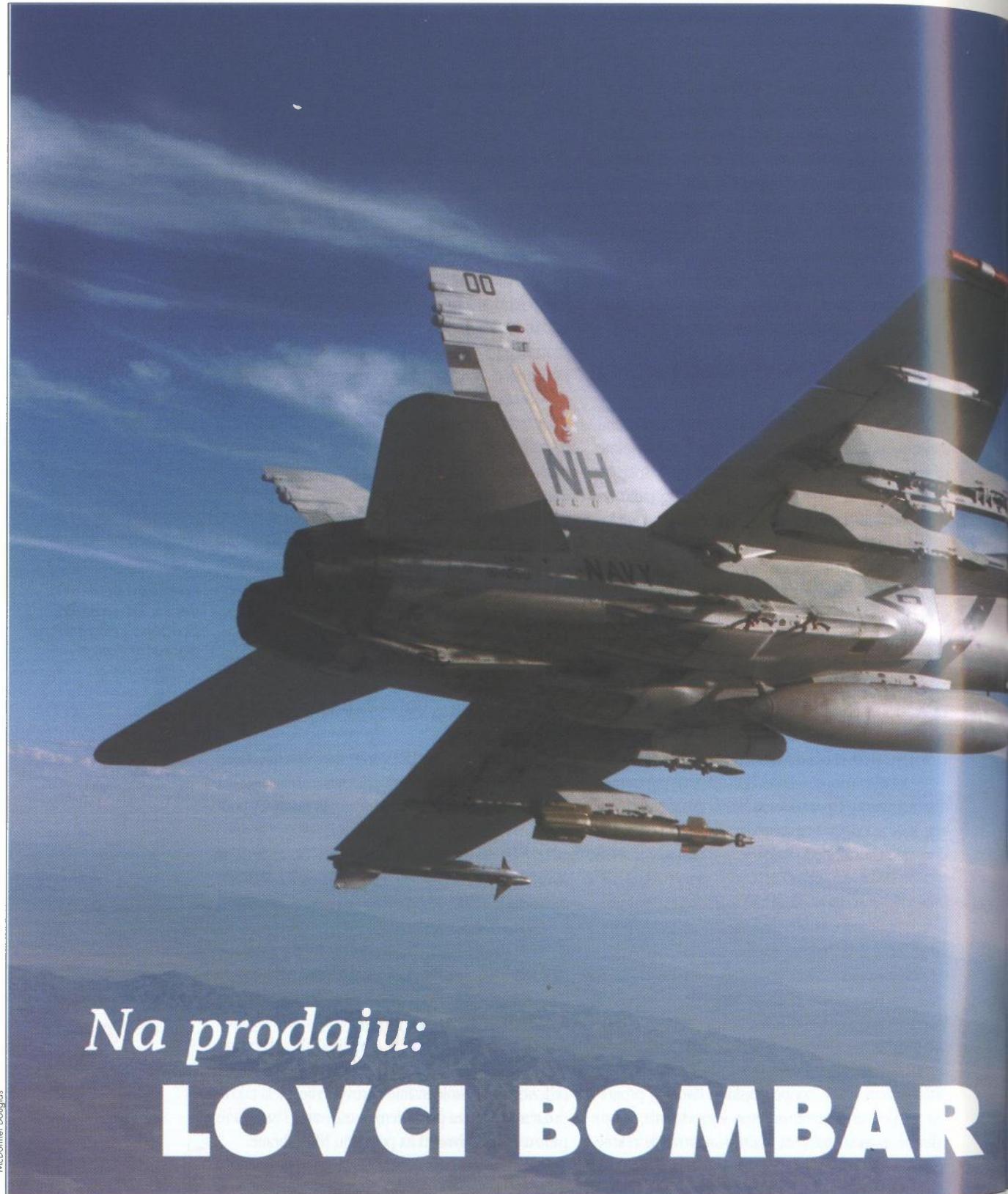
Kako se iz gore navedenog vidi svaka uprava u okviru DGA ima precizno određen djelokrug svojeg rada što ponajprije osigurava učinkovito funkcioniranje svih uprava pri čemu nema više duplicitiranja zadaća i odgovornosti, što sve skupa vodi k smanjenju ukupnih troškova koji su prije negoli je provedena reorganizacija DGA-a bili iznimno veliki.

U sljedećim čemo brojevima *Hrvatskog vojnika* detaljnije opisati djelokrug rada, odgovornost i općenito organizaciju svake od gore navedenih uprava u sastavu DGA kako bismo dali cijelovit prikaz jedne od najmodernejših vojnih industrija u svijetu.



Raspored DGA-ovih ureda, laboratorija, poligona i pogona na području Pariza





McDonnell Douglas

Na prodaju: **LOVCI BOMBAR**

Dario BARBALIĆ

Komparacija pojedinih vrsta zrakoplova vrlo je nezahvalan posao jer se radi o velikom broju parametara, pa su neki strani zrakoplovni stručnjaci su nastojali broj bitnih parametara za usporedbu smanjiti na najmanju moguću mjeru. Neke od usporednih tablica će biti dane i u ovom tekstu, no neprestano treba imati na umu (što i oni priznaju) da pojedini podatci ne moraju uvijek biti točni. U samom nazivu lovac-bombarder već je sadržana kontradik-

cija koja se postavlja pred konstruktore, a to je sposobnost nanošenja što jačeg udara po ciljevima na zemlji (što veća nosivost) uz zadržavanje sposobnosti za borbu u zraku. Kako bi si olakšali posao autori studija su najprije izvršili temeljnu podjelu na **lake**, **srednje** i **teške** lovce bombardere. U prvoj skupini se nalaze jeftiniji zrakoplovi koji svi, ne slučajno, imaju po jedan pogonski motor. Zrakoplovi srednje veličine imaju većinom po dva pogonska motora, premda to odmah iziskuje veće troškove u eksploataciji i



Čak i mala zrakoplovstva, da bi ispunila sve svoje zadaće, moraju imati u svom sastavu nekoliko različitih vrsta zrakoplova. Potreba za jednim, višenamjenskim tipom zrakoplova postoji već dugo vremena, a temeljni razlog je ekonomске prirode, premda su važni i drugi razlozi. Shodno tome, konstruktori tvrtki proizvođača zrakoplova nastoje u svoje modele ugraditi što je moguće više fleksibilnosti za obavljanje svih uloga, a da pri tome ne žrtvuju previše letnih karakteristika zrakoplova

Američki F/A-18C Hornet je balansiran dizajn lovca-bombardera, sposoban za uspješno izvršavanje zadaća lovačke borbe, ali i jurišnih misija

U svakom slučaju, lovci-bombarderi nabrojani u ovom članku predstavljaju široki spektar letjelica ovog tipa, koje se razlikuju kako po operativnim sposobnostima, tako i po cijeni. Time potencijalni kupci imaju veliku mogućnost odabira, ovisno o svojim potrebama i finansijskim mogućnostima.

JAS-39 GRIPEN

To je jedan od najmanjih lovaca-bombardera, i dobar primjer za ograničenja koja proizlaze iz malih dimenzija letjelice. No, ovaj je zrakoplov od početka koncipiran prema prije spomenutom zahtjevu malog višenamjenskog lovca-bombardera, sposobnog za udare po ciljevima na kopnu, moru, izviđanje te zračnu borbu. Stoga su konstruktori zamislili bazičnu konstrukciju na koju se različiti tipovi opreme potrebni za različite vrste misija dodaju u obliku podvjesnih spremnika. Očigledna je temeljna taktička prednost takvog koncepta, koji omogućava da broj zrakoplova namijenjenih nekom specifičnom zadatku (npr. napadajući protivničke brodove) može biti povećavan po potrebi, da bi već sutra oni mogli vršiti udare po ciljevima na kopnu. Dakle, nisu potrebne dvije različite letjelice za iste zadatke, pa je i održavanje olakšano jer treba osigurati logističku potporu za samo jedan tip zrakoplova. Švedani su u ovom konceptu otišli i korak dalje postigavši da održavanje Gripena mogu održavati vojnici na služenju vojnog roka i rezervisti. Ovo je vrlo važno, s obzirom da švedsku vojsku čine većinom vojnici na služenju vojnog roka, a istodobno je vrlo atraktivno za potencijalne kupce iz redova zemalja Trećeg svijeta, gdje je tehnička kultura na nižoj razini od europskog. Indikativan je i potez Saab-a da na marketinškom planu nastupa zajedno s britanskim tvrtkom BAe, koja ima raširenu prodaju mrežu u zemljama Trećeg svijeta. Imajući

veliku obalnu crtu koju treba braniti, švedski su konstruktori dužnu pažnju posvetili protubrodskim misijama, omogućivši Gripenu nošenje protubrodskih raketa **RBS-15F**, što može biti vrlo zanimljivo za Hrvatsku koja koristi istu obitelj raketa, samo s brodskih i obalnih lansera. No, svaki dodatni podvjesni teret stvara velik aerodinamički otpor ili smanjuje manevarske sposobnosti zrakoplova. Pored toga, dodatni vanjski spremnici za gorivo zauzimaju dragocjene podvjesne točke koje bi se mogle iskoristiti za nošenje naoružanja. Ovaj problem postoji i kod većih zrakoplova, no kod Gripena je on posebno vidljiv pošto ovaj zrakoplov ima samo pet podvjesnih točaka (uz dvije na vrhovima krila za raketu zrak-zrak).

MIRAGE 2000-5

Ovaj je zrakoplov prvobitno zamišljen kao lovac presretač namijenjen obrani vlastitog zračnog prostora. S vremenom je u svojim mnogobrojnim varijantama sve više evoluirao u verzije optimizirane za udare po ciljevima na zemlji (varijanta 2000D opremljena konvencionalnim sredstvima, te 2000N namijenjen nuklearnim udarima). Obje ove verzije su dvosjedi, no razvoj avionike (višemodni radari i novi navigacijski sustavi) omogućio je i pojavu lovca-bombardera jednosjed, **Miragea 2000-5**, koji je zadрžao originalne karakteristike za borbu u zraku. Od oružja koja se trenutno nude s ovim zrakoplovom, tu su Matra MICA raketa zrak-zrak kratkog i srednjeg dometa, s IC ili radarskim vodenjem (moguće je ponijeti osam komada). U konfiguraciji za napadaj na brodove Mirage 2000-5 može ponijeti rakete tipa Exocet, dok u konfiguraciji za napadaj na dobro branjene kopnene ciljeve nosi dispensorski sustav Apache s kasetnim streljivom. Uz dodatak podvjesnog laserskog obilježavača moguće je ponijeti vodene bombe mase

održavanju. U posljednjoj kategoriji teških lovaca bombardera riječ je o letjelicama sposobljenim za izvršavanje svih zadataka, ali cijena nabave ovakvih zrakoplova i njihovog održavanja je vrlo visoka te si ih mogu priuštiti samo zemlje velike ekonomiske snage ili one koje imaju realnu opasnost na svojim granicama. Tako se naprimjer Češka odrekla svojih 12 lovaca tipa MiG-29 baš zbog previsoke cijene održavanja, te problema pri nabavi doknadnih dijelova.

do 1000 kilograma. Premda je skuplji od svog glavnog konkurenta, lovca F-16, Mirage 2000-5 je bolje opremljen u bazičnoj konfiguraciji za obje uloge. Pored toga, što nije nevažno, francuska vlada pravi mnogo manje političke probleme svojoj vojnoj industriji kada treba davati dozvole za prodaju naoružanja, kao što je to bilo u slučaju prodaje Miragea 2000 Tajvanu (čak i po cijenu trenutačno lošijih odnosa s Kinom). Potencijalnim kupcima se nudi verzija dvosjeda Mirage 2000E, jednaka tipu Mirage 2000D kakvo koristi francusko zrakoplovstvo. Prisustvo drugog člana posade olakšava navigaciju te precizno gadanje ciljeva na zemlji, a i olakšava vođenje elektronske borbe. No u ovoj su verziji uklonjena dva topa DEFA 30 mm kako bi se stvorio prostor za drugog člana posade, što do određene granice ipak degradira sposobnost vođenja zračne borbe.

F-16 FIGHTING FALCON

Svakako najuspješniji lovac bombarder danas predstavlja **Lockheed Martin** (prije General Dynamics) **F-16 Fighting Falcon**. Razlog treba tražiti i u činjenici da je ovu letjelicu u početku naručio velik broj zemalja NATO pakta, pa je cijena bila niža. Temeljna karakteristika ovog tipa lovca-bombardera je relativna jednostavnost (jedan motor), male protežnosti te lako i stoga jeftino održavanje. Zrakoplov je od početka bio zamišljen kao jednostavan i jeftin dnevni lovački zrakoplov, a ostavljeno je i dosta mjesta za daljnja poboljšanja i modernizacije. Do danas je jednostavni lovac evoluirao u iskoristiv lovac-bombarder povećanog dometa, nakrcan sofisticiranom elektronskom opremom. Prvobitni radar ograničenog dometa je zamijenjen višemodnim radarem namijenjenim i zračnoj borbi i napadajima na ciljeve na zemlji. To uključuje i borbu protiv protivničkih zrakoplova izvan vizualnog dosega (BVR), traženje i praćenje zemaljskih ciljeva, te funkciju praćenja kon-

Jedna od značajnih prednosti novog francuskog lovca-bombardera Rafale je veliki broj podvjesnih mjesto za naoružanje (ukupno 14), što mu omogućava istodobno nošenje velike količine ubojnog tereta i dodatnih spremnika za gorivo

tura terena nad kojim se let obavlja. Sustavi za navigaciju i ciljanje u slabim svjetlosnim uvjetima i noću, poput LANTRIN sustava su već dugo vremena ispitani i u uporabi. Radi se i na sustavu vektorskog potiska, te na sustavu pokazivača taktičke i letne situacije na viziru pilotove kacige. Oboje će bitno

senzorske glave pokriva prednju i bočnu hemisferu omogućujući pronalaženje i napadaj ciljeva noću. IFTS stvara minimalan dodatni aerodinamični otpor, a na ovaj način su također oslobođeni dodatni nosači za oružje. Na nosačima pod krilima mogu se ponijeti umjesto 1420 litarskog spremnika

goriva novi spremnici kapaciteta čak 2271 litara svaki, što dodatno povećava akcijski radijus. Ova verzija će biti posebno zanimljiva za one zemlje koje su teritorijalno velike, a takvi su i njihovi potencijalni protivnici. Smatra se da će potreba za "projekcijom moći" uz pomoć ovog tipa zrakoplova rasti, pogotovo među zemljama Tihooceanskog bazena. Stoga se procjenjuje da su mogućnosti za prodaju zrakoplova F-16 i dalje vrlo velike, a kao nedostatak se uzima potreba za visoko uvježbanim osobljem za održavanje letjelice.

MIG-29SE

Ovo je oznaka izvozne inačice poboljšanog ruskog lovca **MiG-29S**, posljednje verzije koja je ušla u naoružanje ruskog ratnog zrakoplovstva. Strukturalno je izmijenjen, na gornjem dijelu trupa iza pilotske kabine postavljeno je "zadebljanje" čime je stvoreno više prostora za smještaj elektronskih uređaja i goriva (time je smanjen i najveći nedostatak MiG-29, mali domet). Riječ je o lovcu srednje veličine s dobrom sposobnošću vođenja zračne borbe po



Iako je Mirage 2000 originalno zamišljen kao presretač, u svojoj zadnjoj inačici 2000-5 ovaj zrakoplov je transformiran u višenamjensku letjelicu

poboljšati borbene sposobnosti zrakoplova. No na posljednjoj verziji zrakoplova **F-16ES (Enhanced Strategic)** poboljšani strategijski najviše je napora konstruktora bilo usmjereni na poboljšanje sposobnosti zrakoplova za duboke udare na udaljene kopnene ciljeve. Izvršene su i konstruktivne promjene, pa su u trupu (malo iznad spoja trupa i koričena krila) dodana dva 7,3 metra duga unutarnja spremnika za gorivo (kapaciteta 1450 litara). Istodobno takvim su potezom sačuvani slobodni podvjesni nosači za nošenje naoružanja. Dodan je i ciljnički FLIR sustav ugrađen unutar trupa (IFTS, Internal FLIR Targeting System) koji sa svoje dvije



KOMENTARI I OBJAŠNJENJA NEKIH PARAMETARA U TABLICAMA

PODATCI O PRVOM LETU I ULASKU U SLUŽBU. Ovi su podaci bitni jer daju temeljnu ideju o mogućoj tehnološkoj razini zrakoplova u ovisnosti o vremenu kada je poletio prvi prototip. Naravno moguće su i modifikacije i modernizacije, no to ovisi o tome koliko je uspješno zamišljen temeljni model. Može se generalno uzeti da "korisnost" nekog zrakoplova bez obzira na moguće modernizacije opada s godinama.

PROTEŽNOSTI ZRAKOPLOVA. Temeljne protežnosti zrakoplova imaju značajan utjecaj na njegovo preživljavanje u borbi. Manji zrakoplovi su vizualno manje uočljivi, što znači da ih se optičkim i elektrooptičkim sustavima može uočiti tek na manjim udaljenostima, dakle skraćuje se vrijeme reakcije protivnika. S druge strane veći zrakoplov je obično izdržljiviji na oštećenja. Veći zrakoplovi također obično imaju veće mogućnosti za ugradnju modernizacijskih paketa (najčešće elektronike). Pored toga, površina krila ima značajan utjecaj na ponašanje zrakoplova u letu i zračnoj borbi, te u krajnjoj liniji na njegovu nosivost ubojnog tereta.

BROJ MOTORA. Broj motora utječe na cijenu zrakoplova kao i na cijenu održavanja, pošto su kod dvomotornih tipova zrakoplova i ostali podsustavi vezani za pogonsku skupinu složeniji, a sam strukturni dio mora biti čvršći. Što se tiče veće mogućnosti preživljavanja u borbi, ova tema je i dalje otvorena. U slučaju pogotka protuzrakoplovne rakete s velikom bojnom glavom nije važno ima li borbeni zrakoplov jedan ili dva motora. Ali, u drugim slučajevima može se reći da dvomotorni zrakoplovi imaju veće šanse preživljavanja, pogotovo ako su im gondole motora razmaknute između 70 i 100 cm, kao kod ruskih Su-27 i MiG-29.

TEŽINSKI UDIO GORIVA U UKUPNOJ TEŽINI ZRAKOPLOVA. Postotak težinskog udjela goriva u unutarnjim spremnicima u ukupnoj težini zrakoplova (bez nošenja vanjskog tereta) važan je za određivanje izdržljivosti u zračnoj borbi (gorivo nošeno u dopunskim spremnicima se ne razmatra, pošto se ovi odbacuju prije početka borbe). Postotak ukupne težine goriva u uzletnoj težini zrakoplova govori o mogućnostima izvršavanja jurišnih zadaća na velikim udaljenostima. Što se tiče nošenja goriva u vanjskim spremnicima, treba spomenuti sljedeći činjenicu: veća je potrošnja goriva zbog povećanog aerodinamičkog otpora. Pored toga zrakoplov sa vanjskim spremnicima gubi pokretljivost, a smanjuje se i broj podvjesnih nosača slobodnih za nošenje ubojnog tereta. Sve to znači da se smanjuju borbene performanse zrakoplova. Vanjski spremnici su "isplativi" tek u nekim slučajevima kao što su izvođenje zračnih borbenih ophodnji na velikoj udaljenosti, pa je gorivo iz unutrašnjih spremnika moguće čuvati za eventualne opasnije situacije, kada se vanjski spremnici odbacuju.

UZLETNA MASA. Dati su podaci za dvije vrste misija, onu lovačku (relativno "niska" uzletna masa, tj. nošenje projektila zrak-zrak i dodatnih spremnika goriva), te jurišnu (viša uzletna masa zbog nošenja ubojnih sredstava veće mase i /posebice pri vršenju dubokih udara/ maksimalnog broja dodatnih spremnika goriva).

OPTEREĆENJE KRILA I ODнос ПОТISKA I MASE. Ove vrijednosti posebno su važne u zračnoj borbi (za postizanje visoke pokretljivosti zahtijeva se nisko opterećenje krila, visoka vitkost krila i visoka vrijednost odnosa potiska i mase), a pri jurišnim misijama utječu na duljinu staze potrebne za uzljetanje i slijetanje, i pokretljivost iznad cilja (koja oper utječe na mogućnost preživljavanja zrakoplova).

RADAR. Višemodni radar danas je nezaobilazan dio modernog lovca-bombardera, koji mu omogućava učinkovite napadaje kako na zračne tako i na zemaljske ciljeve.

IRST. IRST senzori polako postaju nezaobilazni u opremi lovaca-bombardera, i kao nadopuna radaru, ali i kao protumjera smanjivanju radarskog odraza protivničkog zrakoplova.

LASERSKI DALJINOMJER/OZNAČIVAČ. Laserski daljinomjer najkorisniji je u jurišnim misijama kad služi i kao označivač cilja. Ako je moguće, najbolje rješenje je da zrakoplov ima ovaj sustav kao dio svoje avionike (da ne ovisi o vanjskom izvoru za označavanje ciljeva na zemlji). Moguće je i nošenje ovog sustava u dopunskom spremniku, ali negativna strana tog rješenja je povećanje aerodinamičkog otpora, radarskog odraza i zauzimanje dragocijenog nosača. Positivna strana ovog rješenja je mogućnost konštenja manjeg broja skupih spremnika na više zrakoplova.

HMS. Pod ovom kraticom podrazumijevaju se ciljnički sustavi na pilotskoj kacigi, čijim je korištenjem u bliskoj zračnoj borbi značajno olakšan zahvat ciljeva.

SUSTAVI ZA NOĆNU NAVIGACIJU I CILJANJE. Ove sposobnosti generalno su zasnovane na FLIR i LLTV senzorima i laserskim daljinomjerima/označivačima. Zrakoplovi opremljeni ovim sustavima imaju značajno povećane borbene sposobnosti.

PUNJENJE GORIVOM U ZRAKU. Punjenje zrakoplova u zraku navodi se kao standardna osobina modernih lovaca-bombardera, no treba naglasiti da taj uvjet nije jednako bitan za svako zrakoplovstvo, a pogotovo nije bitan za zrakoplovstva koja brane malu teritoriju.

BROJ PODVJESNIH TOČAKA. Daje ideju o broju oružanih sustava i druge opreme koje zrakoplov može ponijeti (pri tome vanjski nosači normalno se koriste za nošenje laksih tereta, poput projektila zrak-zrak, a unutarnji za teže).

MAKSIMALNI VANJSKI TERET. Ovaj podatak treba uzimati s rezervom i tumačiti ga samo kao maksimalni potencijal nošenja tereta. Naime, smanjenje perfomansi zrakoplova opterećenog maksimalnim teretom vjerojatno će onemogućiti većinu misija. U najvećem broju slučajeva podatak o maksimalnom teretu označava najveći broj nevođenih bombi koje se mogu ponijeti do bliskog cilja.

BROJ NOŠENIH PROJEKTILA ZRAK-ZRAK. U procjeni borbenih sposobnosti lovca važna je mogućnost nošenja kratkodometnih i dugodometnih projektila zrak-zrak. Borbena izdržljivost, kao i broj protivničkih zrakoplova koje vlastiti zrakoplov može napasti tijekom izvođenja misije: to se može vidjeti iz najvećeg praktičnog broja nošenih projektila.

NOŠENJE INTELIGENTNIH ORUŽJA. U napadajima na površinske ciljeve nošenje i upotreba inteligentnih oružja (laserski vođene bombe i sl.) povećava vjerojatnost uništenja visokovrijednih i dobro zaštićenih ciljeva.

KONFIGURACIJA U ZRAČNOJ BORBBI. Te konfiguracije predstavljaju nošenje broja projektila zrak-zrak tipičnog za pojedini tip zrakoplova.

KONFIGURACIJA PRI NAPADAJU NA POVRŠINSKE CILJEVE. Data je konfiguracija tipična za temeljnu ulogu koju zrakoplov treba izvršavati.

MiG-29M

svakom vremenu. To se ponajprije može zahvaliti konceptu fuzioniranja različitih senzorskih sustava, koji osim MiG-29 koristi samo Su-27. Naime, podatci s višemodnog radara se upoređuju s podacima dobivenim odIRST senzora (s integriranim laserskim daljinomjerom). Drugi novitet na ovoj letjelici je ciljnik montiran na kacigu pilota (Helmet Mounted Sight - HMS) koji značajno povećava sposobnost gađanja ciljeva u bliskoj zračnoj borbi. Laserski daljinomjer pored svoje temeljne funkcije (mjerjenje udaljenosti cilja), omogućava također povećanje preciznosti gađanja ugradenog topa, te olakšava gađanje sustavima za napadaj na zemaljske ciljeve (posebno je povećana preciznost prigodom uporabe nevođenih bombi). Najveći nedostatak ove

četiri kratkog ili srednjeg dometa). U inventaru naoružanja se mogu naći rakete tipa R-73 (AA-11 Archer) s IC samonavođenjem dometa do 30 kilometara, koje mnogi smatraju najboljim oružjem u svojoj klasi na svijetu. Pored toga tu su i dvije verzije R-27 srednje/dugodometnih raketa (AA-10 Alamo A i C). No, s druge strane izbor naoružanja za izvođenje napadaja na ciljeve na zemlji je ograničen na ukupno 4000 kilograma ubojnjog tereta što može biti prihvatljivo za zrakoplov srednje veličine. Nevolja je što su mogućnosti korištenja preciznih oružja (laserski i TV vodene bombe npr.) vrlo ograničene pošto je sustav za upravljanje paljbom specijaliziran za zračnu borbu. U toku su poboljšanja sustava za upravljanje paljbom kako bi se mogao koristiti veći broj

USPOREDBA PODATAKA TRI KLASE LOVACA- BOMBARDERA	LAKI				SREDNJI				TEŠKI				
	JAS-39	Mirage 2000-5	F-16C/50	F-16ES	MiG-29SE	MiG-29M	EF 2000	Rafale C	F/A-18C	F/A-18E	Su-30MK	F-15E	Su-35
prvi let (originalni model) (godina)	1988.	1978.	1976.	1994.	1977.	1986.	1994.	1986.	1978.	1995.	1977.	1982.	1988.
u službi (originalni model) (godina)	1995.	1984.	1979.	1997.*	1984.	1997*	2002.*	1998.	1981.	2000.	1985.	1988.	1996.*
PROTEŽNOSTI													
-duljina (m)	14.10	14.36	15.03	15.03	17.32	17.37	14.50	15.30	17.07	18.31	21.94	19.43	22.00
-raspon krila (m)	8.40	9.13	9.45	9.45	11.36	11.36	10.50	10.35*	11.43	12.74	14.70	13.05	14.70
-visina (m)	4.50	5.20	5.09	5.09	4.73	4.73	6.40	5.34	4.66	4.88	6.36	5.63	6.00
-površina krila (m ²)	28.00	41.00	27.87	27.87	38.00	38.00	50.00	46.00	37.16	46.45	62.00	56.50	62.00
-vitkost krila	2.5	2	3.2	3.2	3.4	3.4	2.2	2.3	3.5	3.6	3.5	3	3.5
POGONSKA SKUPINA													
-broj motora/tip	IxGE/ Volvo RM-12	IxSNECMA M53-P20	IxFW F100- PW-229	IxFE F110- GE-129	2xRD-33	2xRD-33K	2xEurojet EJ200	2xSNECMA M88-3	2xGE F404- GE-400	2xGE F414- GE-400	2xSaturn AL-31F	2xPW F100- PW-229	2xSaturn AL-31FM
-potisak, razina mora, statični (suh)	Ix5.500	Ix6.800*	Ix8.070	Ix7.720	2x5.040	2x5.400*	2x6100	2x5.950*	2x5.100	2x6.120*	2x7.600	2x8.070	2x8.500*
-potisak, razina mora, statični (naknadno sagorjevanje) (kg)	Ix8.210	Ix10.000	Ix13.200	Ix13.420	2x8.300	2x8.800	2x9.170	2x8.870	2x8.050	2x9.980	2x12.500	2x13.200	2x14.000
-gorivo u spremnicima unutar trupa (kg)	2.268	3.160	3.104	4.554(3)	3.440	4.600	4.000	4.230	4.926	6.531	9.500	5.952	10.000
-gorivo u dopunskim spremnicima/broj spremnika (kg/br.)	?	3.720/3	3.066/3	4.418/3	3.203/3	3.203/3	4.290/3	5.243/4	3.053/3	4.436/3	-	9.660/5	-
MASA													
-prazan (kg)	6.662	7.500	8.273	8.700*	11.000*	11.000*	9.750	9.060	10.810	13.864	17.500	14.515	18.400
-uzletna (zračna borba) ¹⁾ (kg)	9.700*	13.000*	15.300*	-	17.500*	18.700*	18.700*	18.500*	18.000*	21.600*	29.600*	28.500*	30.900*
-uzletna (jurišna misija) ²⁾ (kg)	?	16.200*	16.500*	21.600*	19.700*	21.500*	21.000*	21.500	21.800*	26.500*	32.000*	35.500*	33.300
-najveća uzletna masa (kg)	12.500	17.000	19.187	21.600*	20.000	22.000	21.000	21.500	25.400	29.937	33.500	36.741	34.000*
-težinski udio goriva u unutarnjim spremnicima u ukupnoj težini zrakoplova (bez nošenja vanjskog tereta) %	25	29	27	33(3)	23	29	31	31	32	35	29	35	
-težinski udio ukupno nošenog goriva u težini zrakoplova %	40	32	42	33	36	32	44	31	37	-	42	-	-
-opterećenje krila (zračna borba) ¹⁾ (kg/m ²)	346	317	549	-	460	492	374	402	484	465	477	496	498
-odnos potiska/mase (zračna borba) ¹⁾	0.85	0.77	0.86	-	0.95	0.94	0.98	0.96	0.89	0.92	0.84	0.94	0.91
-opterećenje krila (jurišna misija) (kg/m ²)	?	395	596	775	518	566	420	467	587	571	516	619	537
-odnos potiska/mase (jurišna misija) ²⁾	?	0.62	0.80	0.62	0.84	0.82	0.87	0.83	0.74	0.75	0.78	0.75	0.84
-najveće g opterećenje pri manevriranju (bez nošenja vanjskog tereta)	+9/-3	+9/-4.5	+9/-3	+9/-3	+9/-3	+9/-3	+9/-3	+9/-3	?(4)	?(4)	+9/-3	+9/-3	+9/-3

* procijenjeno

1) uzletna masa za tipičnu konfiguraciju u zračnoj borbi

2) uzletna masa za tipičnu jurišnu konfiguraciju

letjelice je u tome da je to ponajprije lovac za stjecanje prevlasti u zraku nad bojištem što se vidi po njegovoj strukturi naoružanja. U uobičajenoj konfiguraciji naoružanja za zračnu borbu MiG-29 nosi jedan podynesni spremnik s gorivom od 1500 litara, te šest raketa zrak-zrak (dvije dugodometne, te

precizno vođenih bombi i raketa, te nova raketa zrak-zrak RVV-AE/R77 (AA-12) velikog dometa, no težak udarac proizvođaču je zadalo rusko zrakoplovstvo odlukom da obustavi nabavu ovog zrakoplova. To će svakako imati negativan utjecaj na potencijalne kupce MiG-29 u svijetu.

tivnih posljedica koje su pratile upotrebu dodatnog vanjskog spremnika goriva, tj. aerodinamičkog otpora). Kako bi se dobilo što više prostora unutar trupa, komplikirani dodatni pomoćni usisnici zraka su uklonjeni a na glavnim uvodnicima zraka postavljene su rešetke za sprječavanje ulaska stranih predmeta u motor slične onima na Su-27. Promjene na sustavu za upravljanje paljbom

**OPERACIJSKE
Karakteristike i
oprema lovaca-
bombardera**

	LAKI				SREDNJI				TEŠKI				
	JAS-39	Mirage 2000-5	F-16C/50	F-16ES	MiG-29SE	MiG-29M	EF 2000	Rafale C	F/A-18C	F/A-18E	Su-30MK	F-15E	Su-35
SENZORI (UNUTAR TRUPA/U VANJSKIM SPREMINICIMA)													
-visemodni radar	da	da	da	da	zrak-zrak	da	da	da	da	da	da	da	da
-TWS sposobnosti/broj praćenih ciljeva	da?	da/8	da/10	da/10	da/10	da/10	da?	da/8	da/10	da/10	da/10	da/7	da/2-i
-IRST	?	ne	ne	ne	da/2	da/4	da?	?	da/4*	da/4*	da/2	da/2	da/6+
-laserski daljinomjer/označivač	ne	VS	VS	VS	da/ne	da/ne	?	VS	VS	VS	da	VS	da
-HMS	ne	ne	ne	ne	da	da	da	da	ne	ne	da	ne	da
-SCNN	VS	ne	VS	da	ne	ne	?	VS	VS	VS	?	VS	VS
-opskrbljivanje gorivom u zraku	ne	da	da	da	ne	da	da	da	da	da	da	da	da
-hr.podvjesnih točaka(ukupno)	7	9	11	11	7	9	13	14	9	11	12	15	12
-maksimalni vanjski teret (teorijski kg/% najveće uzletne mase)	?	6300/37	5443/28	7400*/34	4000/20	4500/20	6500/31	8000/37	7031/28	8051/27	8000+/24	11.113/30	8000+/24
NAORUŽANJE													
-top unutar trupa (broj, kalibr)	1x27mm	2x30mm	1x20mm	1x20mm	1x30mm	1x30mm	1x27mm	1x30mm	1x20mm	1x20mm	1x30mm	1x20mm	1x30mm
-SR/MR/LR projektili zrak-zrak	SR/MR	SR/MR	SR/MR	SR/MR	SR/MR/LR	SR/MR/LR	SR/MR	SR/MR	SR/MR	SR/MR	SR/MR/LR	SR/MR	SR/MR/LR
-najveći broj projektila zrak-zrak	4*	8	6	6	6	8	8	6	6	6	12	8	12
-LGB	ne	da	da	da	ne	da	?	da	da	da	da	da	da
-SOW	da	da	da	da	ne	da	?	da	da	da	da	da	da
Misija zračne borbe, tipična konfiguracija													
-tipičan broj oružja (ukupni broj/masa oružja - kg)	4/490	6/620	6/800	#	6/1120	8/1120	6/800	8/880	6/800	6/800	10/1820	8/980	10/1820
-broj i tip	2xSRAAM, 2xSRAAM	2xSRAAM, 2xSRAAM	2xSRAAM, 4xSRAAM	#	4xSRAAM, 2xLRAM	4xSRAAM, 4xLRAM	2xSRAAM, 2xMRAAM	8xMRAAM	4xMRAAM	2xSRAAM, 4xMRAAM	4xMRAAM	4xSRAAM, 2xLRAM	4xMRAAM
-drugi teret (spremniči goriva, ciljnički spremnici, ECM)													
-borbeni dolet (km)	300*	1 spremnik 500*	2 spremnika 650*	#	1 spremnik 400*	1 spremnik 500*	2 spremnika 650*	2 spremnika 700*	1 spremnik 500*	-	-	3 spremnika 800*	900*
Jurišna misija, tipična konfiguracija													
-tipični teret oružja (ukupni broj/masa oružja - kg)	?	4/1600	4/3636	2/1888	6/3000	6/3440	9/2250	12/3000	4/1816	4/1816	6/3340	4/1985	6/3340
-broj x tip		4x400 kg bombe	4x907 kg bombe	2x907 kg bombe	6x500 kg LGB	4x500 kg bombe	9x250 kg TV,LGB	12x250 kg bombe	4x54 kg bombe	4x1000 kg bombe	4x500 kg TV,LGB	4x1000 kg LGB	4x500 kg TV,LGB
-drugi teret (spremniči goriva, ciljnički spremnici, ECM)													
-borbeni dolet (km)	?	2 spremnika	1 spremnik	5 spremnika	1 spremnik	1 spremnik	2 spremnika	3 spremnika	3 spremnika	2 spremnika/ 2 ciljnico- navigacijska spremnika	2 spremnika/ 2 ciljnico- navigacijska spremnika	5 spremnika/ 2 ciljnico- navigacijska spremnika	2 ECM spremnika/ 2 ciljnico- navigacijska spremnika

su ponajprije donijele poboljšanja na polju mogućnosti napadaja na zemaljske ciljeve, premda je napredak postignut i na području zračne borbe. Novi radar sada može raditi u modu sintetičke aperture pri napadajima na zemaljske ciljeve. U zračnoj borbi isti radar omogućuje da se istodobno četiri rakete tipa R-77 s aktivnim radarskim vodenjem usmjeravaju na ciljeve u zraku. Elektrooptički sustav je također poboljšan i u performansama (domet IRST-a povećan je dva puta, na 30 kilometara) i u sposobnosti identificiranja površinskih ciljeva i kontrole IC i TV vođenih oružja zrak-zemlja. Zrakoplov je dobio još dva nosača ubojnog tereta (kojih je sada ukupno osam). Korisna nosivnost ubojnog tereta je povećana na 4500 kilograma, a što je najbitnije, povećan je izbor oružja za djelovanje po ciljevima na zemlji. Tako sada MiG-29 može koristiti anti-radarske rakete, TV i laserski vođene projektili i bombe. Štoviše, zahvaljujući ugrađenom multisenzorskom sustavu MiG-29M je potpuno autonoman u vodenju nošenog oružja, tj. ne treba mu pomoći drugog zrakoplova (koji bi npr. svojim laserskim designatorom osvjetljavao cilj).

Isto tako, nema potrebe za postavljanjem spremnika s ciljničkom opremom poput npr. američkog LANTIRN-a) na podybesne nosače, čime su nosači slobodni za nošenje oružja. No i u ovom slučaju odluka ruskih zračnih snaga da ne nabave ovaj zrakoplov, kao i prekid dalnjeg razvojnog programa zbog nedostatka sredstava, može odvratiti potencijalne kupce. Trenutačno je program zamrznut premda proizvođač tvrdi da može brzo započeti proizvodnju ako se pojavi naručitelj, što u normalnim okolnostima ne bi trebao biti problem, pošto stručnjaci smatraju da MiG-29M nudi vrlo mnogo za cijenu koštanja manju od 30 milijuna dolara po zrakoplovu.

Eurofighter EF-2000

Potpuno je drugačija situacija u europskom konzorciju zaduženom za razvoj lovca Eurofighter EF 2000, koji se čitavo vrijeme bori za opstanak svog projekta. No, glavni nedostatak ovog zrakoplova je njegova (već sada, pošto lovac još nije u serijskoj proizvodnji) vrlo visoka cijena od između 60-70 milijuna dolara. Ono što spašava projekt

*-procijenjeno
LRF-laserski daljinomjer
HMS-ciljnički uređaj na pilotskoj kacigi
VS-vanjski spremnik
#=isti podaci kao i za F-16C
SR/MR/LR-projektili zrak-zrak malog/srednjeg/velikog dometa
TV-TV vođene bombe
LGB-laserski vođene bombe
SOW-projektili zrak-zemlja velikog dometa
ECM-elektronske protumere
ARM-prutoradarski projektili
SCNN-spremniči s navigacijskim sustavom/opremom za noćno ciljanje

od gašenja je činjenica da od njegove sudbine ovisi sudsina velikog dijela avio-industrije u Europi, a shodno tome i njene sposobnosti usvajanja mnogih kritičnih tehnologija. Stoga Eurofighter ima snažno političko zalede, ali ono je i podložno mogućim promjenama. Pored toga EF 2000 je zamišljen kao lovac kratkog do srednjeg doleta, što je bio tipičan zahtjev za prostorno ipak ograničeno europsko bojište. Naglasak je stoga dan na zračnu borbu i vrlo velike manevarske sposobnosti zrakoplova, na uštrb doleta i goriva nošenog u unutarnjim spremnicima. U prvoj fazi razvoja letjelice drugorazrednom su se zadaćom smatrati zadaci djelovanja po ciljevima na zemlji. No, s promjenom geopolitičke situacije u Europi, postalo je jasno da će ovaj zrakoplov trebati tražiti svoje kupce i izvan Starog kontinenta, pa se u kasnijim fazama pokušalo nadoknaditi taj



JAS-39 Gripen baziran je na konceptu temeljne konstrukcije prilagođene za postavljanje dodatnih spremnika s raznovrsnom opremonom, ovisno o vrsti misije. Takav pristup omogućava lakšu i jeftiniju logističku potporu

nedostatak. Pored višemodnog radara (s TWS modom /istodobno praćenje otkrivenih ciljeva i pretraživanje radi detekcije novih ciljeva/, i modovima za napadaj na više ciljeva korištenjem raketa zrak-zrak s aktivnim radarskim samonavođenjem) Eurofighter će imati i ugrađeni IRST senzor kako bi mu se poboljšale mogućnosti otkrivanja zrakoplova niske uočljivosti (tj. stealth zrakoplova), i složeni obrambeni sustav. Pred ovom letjelicom je još dug razvojni put prije nego se nađe na tržištu i počne konkurirati drugima.

RAFALE-C

Za Rafale se dugo neopravdano smatralo da je pored vanjske sličnosti i koncepcionalno istovjetan Eurofighteru EF-2000. No na svoju sreću, Rafale je u mnogo većem stupnju višenamjenski lovac-bombarder, što se pokazalo ispravnim rješenjem kada je Zaljevski rat 1991. godine pokazalo da Francuskoj nedostaje moderni taktički jurišni zrakoplov koji bi bio platforma za nošenje precizno vođenih oružja. Dodatno se to vidjelo kada su tijekom nedavnog

napadaja na snage bosanskih Srba, od svih zrakoplova NATO-a, bio srušen jedino francuski Mirage 2000 koji se našao u polju njihove protuzračne paljbe dok je s male visine djelovao nevođenim borbenim sredstvima. Rafale raspolaže s višemodnim navigacijsko-borbenim radarom, ugrađenim IRST senzorom, te ciljničkim uređajem montiranim na kacigu pilota koji olakšava djelovanje u zračnoj borbi. Za djelovanje po ciljevima na zemlji ovaj će zrakoplov nositi disperzerni projektilni sustav Apache velikog dometa, te njegove izvedenice čiji je razvoj u tijeku (neke od njih se razvijaju isključivo za francusko ratno zrakoplovstvo i neće biti ponuđene za izvoz). Kapacitet nošenja goriva se može povećati čak za 125 posto s četiri podvjesna vanjska spremnika za gorivo (dva od 2000 litara i dva od 1300 litara svaki). Ovo je moguće stoga što na Rafaleu ima čak 14 podvjesnih točaka, pa ostaje dovoljno mesta za naoružanje. Pošto se radi o francuskom proizvodu, i za Rafale vrijedi isto što smo spomenuli za Mirage 2000, a to je da ga zainteresirana zemlja može nabaviti bez većih političkih problema (za razliku od američkih

letjelica čiju prodaju mora odobriti Kongres). Ovo postaje još značajnije pošto se po cijeni nalazi u razredu s bazičnom verzijom američkog borbenog zrakoplova F-15E. No, i to je visoka cijena, koja je uzrokovana primjenom najmodernijih tehnoloških rješenja. U svakom slučaju Rafale ima veliki potencijal za daljnje modernizacije, što bi trebalo osigurati dugo odvijanje njegove proizvodnje. Kao primjer koji demonstrira ovu tvrdnju je odluka francuskih zračnih snaga kojom je naglasak dan umjesto originalne jednosjedne verzije na dvosjednu verziju Rafalea, optimiziranu posebno za jurišne zadaće u svim vremenskim uvjetima. Tako su, čak i prije ulaska Rafalea u službu, razvijene tri glavne verzije: jednosjedni i dvosjedni višenamjenski lovac-bombarder namijenjen baziranju na kopnenim bazama, i mornarčki višenamjenski borbeni zrakoplov namijenjen djelovanju s nosača zrakoplova.

F/A-18 HORNET

F-18 je razvijen na temelju Northopovog prijedloga za lakog lovca YF-17



Bez sumnje, najuspješniji od modernih lovaca-bombardera je F-16 Fighting Falcon

u natječaju održanom u prvoj polovici sedamdesetih, na kojem je pobijedio F-16, da bi kasnije bio odabran od američke mornarice te razvijen u tvrtci McDonnell Douglas kao mornarički lovac-bombarder. Na prvobitni prijedlog bile su potrebne mnoge promjene pošto je novi zrakoplov trebao zamijeniti A-7E Corsair II, inače vrlo dobar jurišni zrakoplov. Lovačke karakteristike temeljnog Northopovog modela YF-17 su stoga "korigirane" pošto je zrakoplov trebao biti korišten i kao jurišnik, pa ovaj zrakoplov ima slabije karakteristike u zračnoj borbi od svojih novijih konkurenata. Još jedan od razloga za ovaj korak bila je i činjenica da je na nosačima za ulogu mornaričkog lovca zadužen presretač F-14 Tomcat. Ipak,

mogućnosti F-18 Horneta u zračnoj borbi su i više nego adekvatne, zahvaljujući kombinaciji izvrsnog višemodnog radara i nedavno uvedenih projektila zrak-zrak AIM-120 AMRAAM, čime je omogućen istodobni napadaj na više zračnih ciljeva. F-18 je bio prvi zrakoplov koji je dobio HOTAS (Hands on Throttle And Stick) sustav upravljanja, kao i moderni kokpit s tri višefunkcionalna pokazivača. Uz to, pogotovo u svojoj dvosedenoj verziji F-18 je postao vrlo dobra platforma za izvođenje napadaja na ciljeve na kopnu i moru, po noći i po lošem vremenu. Kao jedan od nedostataka mu se može uzeti ne baš najpovoljnija kombinacija nošenog ubojnog tereta i dometa (povećanje dometa zahtijeva smanjenje nošenog tereta), pose-

bice kad se traži visoki odnos potiska motora i mase zrakoplova. To naročito dolazi do izražaja u zračnoj borbi, gdje je spomenuti odnos dosta narušen potrebnom nošenju dopunskih spremnika goriva (radi postizanja potrebnog dometa). Prodaja F/A-18 trenutačno ide vrlo dobro, pošto je relativno jeftin za dvomotorni zrakoplov srednje veličine, opremljen vrlo dobrom elektronikom, može nositi raznovrsno naoružanje, a održavanje je jednostavno (i ne zahtijeva velika sredstva).

F/A-18E/F SUPER HORNET

Krajem 1992 godine je američka ratna mornarica započela program kompletнnog redizajniranja Horneta, koji se sastojao u

Zadnja inačica ruskog MiG-29, MiG-29M, usprkos svojim impresivnim sposobnostima nije ušla u proizvodnju, ali prototipski primjerici vjerojatno će poslužiti za isprobavanje sustava koji će biti ponuđeni za modernizaciju ranijih inačica MiG-29





Jedan od naj sposobnijih (ali i najskupljih) lovaca-bombardera je F-15E Strike Eagle

kompletnoj strukturalnoj promjeni pa je novi model značajno veći i teži, premda je vanjski izgled gotovo jednak prethodniku. Jedina vidljiva vanjska razlika su veći produžetci napadne ivice krila, te novi četvrtasti usisnici zraka (umjesto okruglih) koji stvaraju manji radarski odraz. Pritom su radi smanjivanja radarskog odraza na odabranim dijelovima zrakoplova korištena i RAM tvoriva, navodno unutar spomenutih usisnika (zbog smanjivanja prednjeg radarskog odraza zrakoplova). Povećan je i broj nosača ubojnog tereta, a omogućeno je i nošenje većih vanjskih dodatnih spremnika goriva (od 1818 litara kakve koristi kanadsko ratno zrakoplovstvo, a koji se do sada nisu mogli koristiti na nosačima zrakoplova zbog problema s podvozjem Horneta; zato su na ranijim inačicama Horneta korišteni manji spremnici od 1250 l). Temeljna svrha je bila povećati domet zrakoplova uz nošenje što veće količine korisnog ubojnog tereta. Avionika je manje-više ostala neizmijenjena, no cijena zrakoplova je gotovo 40 posto veća: s obzirom na povećanje mase i dimenzija **F/A-18E/F**, povećanje operativnih sposobnosti ipak nije isuviše impresivno u odnosu na ranije inačice Horneta. Tako se uz povećanje mase praznog zrakoplova za 28 posto, najveća uzletna masa povećala za 27 posto (normalno je da bude obrnuto). Ako je tako, ispada da su perfomance ranijeg modela zadržane samo zahvaljujući ugradnji jačih motora kako bi se kompenzirala povećana masa zrakoplova, što će teško biti dovoljno u

borbi s budućom konkurenjom iz Europe i Rusije.

F-15E STRIKE EAGLE

Ova je varijanta F-15 svakako doživjela najveću transformaciju, od čistokrvnog lovačkog zrakoplova u višenamjenski zrakoplov sposoban istodobno i za vođenje zračne borbe ali i za jurišne misije, pa i za izvršenje strateških udara na zemaljske ciljeve. Dapače, danas je jedino u proizvodnji ova zadnja verzija i to isključivo za strane naručitelje: F-15I za Izrael i F-15E za Saudijsku Arabiju.

Ovaj model nastao je iz dvosjede verzije F-15B, pošto je pri izvršavanju jurišnih misija bilo potrebno imati drugog člana posade kao operatera oružanih sustava (WSO, weapon systems operator). WSO je dobio četiri višefunkcionalna displeja koji služe za prikaz borbeno-navigacijskih podataka, zračnu borbu te analizu elektronskih prijetnji i poduzimanje potrebnih protumjera. Senzorski sustavi ugrađeni na F-15E sastoje se od višemodnog radara AN/APG-70, i dva podvjesna LANTRIN spremnika za noćnu navigaciju, prečenje i označavanje ciljeva. Uobičajeno je da F-15E nosi dva CFT (konformalna) spremnika za gorivo od po 2373 l postavljena na bokovima zrakoplova, što mu daje velik akcijski radijus, a može se ponijeti i tri podvjesna spremnika za gorivo, što povećava količinu nošenog goriva na ukupno fantastičnih 20.042 litara. Vrlo je važna

karakteristika zrakoplova F-15E to što dodatni CFT spremnici goriva ne reduciraju broj podvjesnih točaka za naoružanje.

Važna karakteristika F-15E je i to što ne dolazi do redukcije naoružanja za zračnu borbu, čak i kad se nosi ubojni teret za napadaje na zemaljske ciljeve. Tako je moguće staviti četiri rakete srednjeg dometa (AIM-7 Sparrow ili AIM-120 AMRAAM) na CFT spremnike, te još četiri (AIM-9 ili AIM-120) na lansere postavljene bočno na potkrilne nosače, na kojima je smješteni drugi ubojni teret (dakle, ukupno osam raket zrak-zrak). Možda su najveći nedostatci zrakoplova F-15E oni političke i ekonomске prirode, pa ovaj zrakoplov teško nabavljuju i one zemlje koje mogu platiti njegovu visoku cijenu. Dapače, F-15E s nepromjenjenom elektronikom i sustavima može dobiti samo Izrael. Tako je Saudijska Arabija dobila "oslabljenju" verziju sa slabijim radarem i napadačkim sustavima koja nije opremljena s CFT-om, navodno kako se ne bi remetila strateška ravnoteža u regiji. Na ovaj način se potencijalno tržište zrakoplova F-15 vrlo sužava, a njegova prodaja onemogućava.

PORODICA ZRAKOPLOVA SUHOJ Su-27

Otkako je prvi put predstavljen svjetskoj javnosti godine 1989. na pariškoj izložbi zrakoplova ova letjelica je opčinila zapadne vojne analitičare. Često je usporedivan s američkim F-15, jer su oba zrakoplova

napravljena za izvršavanje iste uloge (lovci za postizanje zračne nadmoći). No zbog uspјelog dizajna **Su-27** kasnije su verzije postajale višenamjenski zrakoplovi, da bi jedna od njih, **Su-32FN**, bila namijenjena za udare po ciljevima u dubinu protivničkog teritorija. Trenutačno se od lovačko-bombarderskih verzija nudi dvosjed **Su-30MK** (pri cemu je zapravo riječ o trenaaoj letjelici Su-27UB s mogućnošću napadaja na ciljeve na zemlji). Ponajprije je riječ o poboljšanju sustava za upravljanje paljborom (mogućnost izvođenja napadaja na zemaljske ciljeve), tako da Su-30MK može koristiti laserski i TV vođene bombe te proturadarske rakete. Ovaj je zrakoplov također dobio mogućnost punjenja gorivom u zraku (rješenje prvi put primijenjeno na mornaričkoj verziji Su-27K, koji je kasnije preimenovan u Su-33) što mu dodatno povećava akcijski radijus. Posebna prednost Su-30MK je mogućnost da jedan od njih djeluje kao zapovjedno mjesto grupe od četiri lovca, što je apsolutni novitet, te daje velike taktičke prednosti u zračnoj borbi ali i u borbi protiv "nevidljivih" zrakoplova. Pored toga, čitava obitelj zrakoplova Su-27 ima vrlo veliki kapacitet unutrašnjih spremnika goriva, a u ulozi lovca mogu ponijeti do 10 raket zrak-zrak (moguće su različite kombinacije radarski i IC vođenih projektila malog, srednjeg i velikog dometa, ovisno o vrsti mis-

ije). Zahvaljujući velikom prostoru unutar trupa Su-27 opremljen je mnogim sustavima za elektronsko ratovanje bez potrebe nošenja takvih sustava u podvjesnim spremnicima, čime nisu narušene mogućnosti nošenja borbenog tereta na potkrilnim i podtrupnim nosačima. U tijeku je i razvoj ruskih raketa zrak-zrak velikog dometa čija će glavna namjena biti napadaj na leteće radarske postaje (AWACS zrakoplovi). To ga čini vrlo zanimljivim zrakoplovom za zemlje Trećeg svijeta koje imaju velik zračni prostor koji treba braniti, pogotovo zbog niže cijene nabave (Su-30MK, nešto više od 30 milijuna dolara po zrakoplovu). Posljednja verzija koju Rusi nude na tržištu je **Su-35**, čije su manevarske sposobnosti još dodatno poboljšane u odnosu na prethodne verzije postavljanjem kanarda. Broj nošenih raketa zrak-zrak je povećan na čak 12 komada, uz zadržani veliki akcijski radijus (također je ugrađen i uređaj za punjenje gorivom u zraku). Poboljšan je i sustav za upravljanje paljborom ugradnjom višemodnog radara (koji ima modove za napadaj na zračne i na zemaljske ciljeve), koji dozvoljava napadaj na šest ciljeva u zraku korištenjem "ispali-i-zabavili" raketa zrak-zrak R-77 (AA-12). Radi se i na opremanju Su-35 IC vođenim raketama zrak-zrak koje bi se ispaljivale prema nazad i obarale ciljeve u stražnjoj polusferi zrakoplo-

va a koje su trenutačno u fazi testiranja (ove rakete razvijaju se ponajprije radi smještanja na jurišne i bombarderske zrakoplove). Drugi potencijalni tehnološki novitet koji bi se trebao primijeniti na Su-35 bi trebalo biti uvođenje vektorskog potiska. Ograničenje koje bi se moglo pojavit za potencijalne korisnike ovog tipa zrakoplova je da Su-35 zahtijeva viskoizučeno osoblje, što znači da je broj zrakoplovnstava koja ga mogu uvesti u svoje naoružanje ipak ograničen. Sama cijena je za trećinu veća od ostalih letjelica iz porodice Su-27 i kreće se oko 40 milijuna dolara po zrakoplovu. Dodatni problem je da će se zapadne zemlje (koje su mogući operatori ovakvog zrakoplova) zbog političkih i ekonomskih razloga ipak radije odlučiti za letjelicu zapadne proizvodnje. Stoga je tržište za Su-35 zasada i dalje relativno ograničeno.

Iz ovog kratkog pregleda najvažnijih borbenih zrakoplova ove vrste vidi se da trenutačno na tržištu postoji velika i raznovrsna ponuda ovih letjelica različitim sposobnostima, prilagođenim različitim platežnim sposobnostima potencijalnih kupaca. Bit će zanimljivo vidjeti u nadolazećim godinama koje će od njih postići veće izvozne uspjehe, a koje će ostati u naoružanju samo malog broja zračnih snaga.



Ruski ekvivalent Strike Eagleu je Su-35, zadnja inačica iz obitelji borbenih zrakoplova Su-27





Jedan od razvojnih projekata budućih lovačkih zrakoplova je japski FS-X, zasnovan na lovcu F-16 Fighting Falcon

opterećenja i promjena stila zračne borbe uvjetovali su drugačiji pristup procesu izobrazbe pilota. Oni su izloženi puno većim naporima, mogućnost nastajanja stresnih situacija je bila znatno povećana. Ovo je neminovalno dovelo do bitne reorganizacije pokazivača i instrumenata u samom kokpitu, kako bi se smanjilo naprezanje tijekom iz-

Lovački zrakoplovi budućnosti

Razvoj zrakoplova je nadasve zanimljiv proces. Od početne koncepcije do gotovog proizvoda protekne nekoliko godina tijekom kojih se izmjeni gotovo sve, od prvobitne ideje o samom izgledu do svekolike unutrašnje opreme, oružanih sustava, načina maskiranja pa čak i marketinške prezentacije gotovog proizvoda

G

ledamo li povjesno, niti jedno oružje ili sustav nije u tako kratkom vremenu doživio toliko radikalnih, gotovo temeljnih promjena niti je inducirao razvoj novih tehnološko-znanstvenih disciplina, teorija i pristupa koliko su to učinili borbeni zrakoplovi, a poglavito oni najseptakularniji - lovački zrakoplovi. Od krhkých, malenih dvo- i trokrilaca došli smo do velikih letjelica sposobnih za gotovo sve. Raspon brzina povećan je sa 200-tinjak na gotovo 3000 km/h, sposobnost nošenja borbenog tereta je ravna, ako ne i veća od teških bombardera iz II. svjetskog rata.

Nekoliko otkrića bilo je ključnim u razvoju lovačkih zrakoplova nakon 1945. godine. Prelazak na mlaznu propulziju, primjena tzv. solid-state avionike (tj. avionika temeljena na čvrstim poluvodičkim materijalima poput germanija i silicija) od početka 70-tih i korištenje kompozitnih tvoriva postavili su temelje uspješne konstrukcije ovog tipa letjelica. Primjena računala pri dizajnu i u procesima konstrukcije novih zrakoplova dodatno je olakšala ovaj zapravo težak i nezahvalan posao.

Pri procesu konstruiranja novog zrakoplova potrebito je vrlo često usuglasiti proturječne zahtjeve, kao što su mala masa i velika mehanička čvrstoća i otpornost, visok nivo sposobnosti i po mogućnosti niska cijena. Povećanje brzine leta, ukupnih

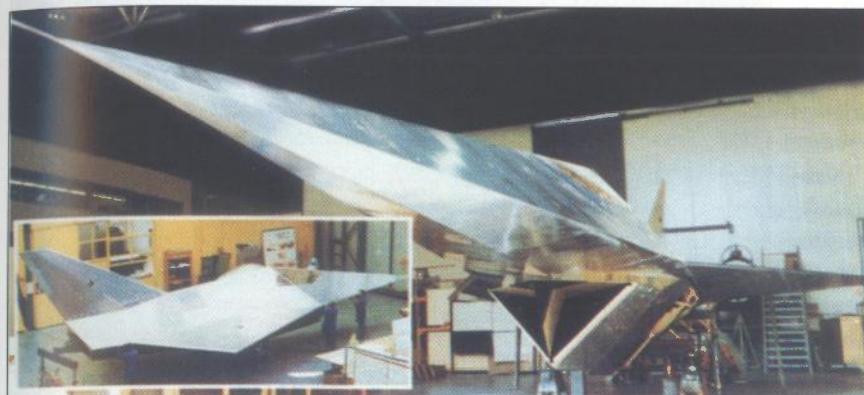
vršavanja borbenih zadaća. Današnji borbeni zrakoplovi predstavljaju mala čuda suvremene znanosti i tehnologije: tako je npr. američki mornarički jurišnik/izviđač A-5 Vigilante, koji se pojavio 60-tih godina, posjedovao u svojoj konstrukciji toliko tada ovih visokotehnoloških rješenja da mu je cijena po kilogramu mase bila veća od cijene kilograma zlata. Ovaj trend (na svu sreću ne cijena, već nivoa ugrađene opreme) nastavlja se i danas, a u budućim projektima će biti još izraženiji. A upravo oni nas i zanimaju.

Što će donijeti budućnost, barem kada je u pitanju razvoj lovačkih zrakoplova. Na ovo pitanje nije lako odgovoriti, ali ima već dovoljno indikativnih informacija koje nam pokazuju generalan smjer kojim će se razvijati ovaj tip letjelica. U razvojno-projektним biroima velikih zrakoplovnih kompanija u tijeku je nekoliko projekata lovačkih zrakoplova koji bi trebali ući u upotrebu krajem prvog ili početkom drugog desetljeća idućeg stoljeća.

Prema prvim, neslužbenim, informacijama i umjetničkim prikazima novih zrakoplova, te nagadanjima poznavalaca svjetske zrakoplovne industrije, buduće letjelice će se bitno razlikovati od današnjih. Promjene možemo zapravo svrstati u nekoliko skupina, koje ćemo kao takve i razmatrati: aerodinamičko oblikovanje trupa, pogonski sustavi i pogonske skupine, avionika, oružani sustavi te ona, za sada sigurno najopskurnija, ali ujedno i najzanimljivija skupina

Klaudije
RADANOVIĆ

spekulativnih konceptualnih promjena. S ciljem prikazivanja mogućih smjerova daljnog razvoja USAF periodično, u razmacima od po 10-tak godina objavljuje svoj "Air Force S&T Program" (znanstveno-tehnološki program zrakoplovnih snaga SAD-a). Zadnji je objavljen 1985. pod imenom **Project Forecast II** (u



dalnjem tekstu PF II). zajedno s Pentagonovim Defence Technology Plan projektom objavljenim u rujnu prošle godine moguće je relativno precizno dati opis budućih izmjena i prilagodbi koje će obilježiti dizajniranje i konstrukciju novih lovačkih zrakoplova.

Aerodinamičko oblikovanje trupa

Poboljšanjem zemaljskih radarskih uređaja bitno je promijenjena slika nad mogućim bojištem budućnosti. Sada je lakše detektirati i identificirati nadolazeći zrakoplov već pri srednjim i većim udaljenostima, te se može pravodobno regirati na nadolazeću opasnost. Ovim je smanjena vjerojatnost preživljavanja zrakoplova i pilota. Protutežu ovome čini razvoj stealth tehnologija, kako na području radarske tako i na polju optičke, IC i zvučne dektabilnosti. Boljim oblikovanjem pojedinih elemenata konstrukcije zrakoplova, poput glatkog stapanja prijelaza krila u trup ili redizajniranjem repnih površina moguće je znatno smanjiti RCS (Radar Cross-Section - površina radarskog odbijeska) zrakoplova, a ujedno i poboljšati letne karakteristike. Drugi pristup viđen je kod američkog projekta **Have Blue** i **F-117A**, te kod njemačkog eksperimentalnog lovačkog zrakoplova **Lampyridae**. Ekstenzivna primjena tzv. "faceting" postupka, ali uz pažljivo oblikovanje prema pravilu presjeka, omogućila je stvaranje zrakoplova zadovoljavajućih letnih karakteristika uz minimalni radarski odraz. Prema nekim podatcima koji su procurili u javnost, postoji nekoliko već gotovih prototipova, ali i projekata stealth zrakoplova koji su operativno sposobni, poput američkog **TR-3A** koji je sudjelovao u Zaljevskom ratu 1991. godine. Na stealth zrakoplovima se radi i u Velikoj Britaniji, ali ne za stvaranje lovca, već jurišnog zrakoplova koji bi zamjenio Tornado IDS (projekt **FOA**, Future Offensive Aircraft).

Maknemo li se s područja stealth tehnologija

vidljive su pojedine tendencije kod zrakoplova zadnje, četvrte generacije, a koje će biti još izraženije kod novih letjelica. Sve više pažnje se poklanja superiornoj vidljivosti iz pilotske kabine, poglavito unazad. Čak i ruski konstruktori počinju uvidati pogreške koje su činili ranijih godina kada su njihovi zrakoplovi posje-

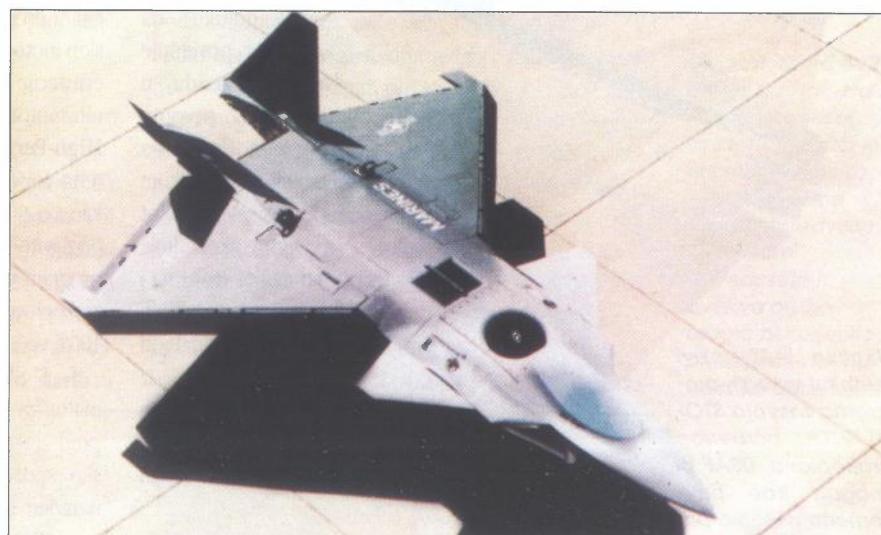
dovali katastrofalno lošu vidljivost prema nazad (što je slučaj kod MiG-21 i MiG-23), što je potrebito u bliskoj zračnoj borbi. Cilj je i dalje postići nadmoćan položaj u odnosu

na protivnički zrakoplov, kako bi ga se moglo što prije eliminirati. Može se postaviti pitanje zašto se u današnje doba vrlo razvijenih radarskih uređaja i naprednih projektila koji posjeduju **BVR (Beyond Visual Range** - izvan vidnog dosega) sposobnosti razmišlja o bliskim dvobojsima. Odgovor leži u dosadašnjim iskustvima postignutim u Vijetnamu i tijekom arapsko-izraelskih ratova. Projektili srednjeg i velikog dometa pokazali su se i suviše nepreciznim, pa je bliska zračna borba i dalje ostala neophodna.

Druga velika novost koja je zamjetna u konstrukciji novih zrakoplova je sve veća primjena kanarda u zamjenu za klasične repne horizontalne komandne površine. Ovo je i očekivana izmjena jer su se kanardi pokazali kao učinkovitiji u temeljnoj namjeni, ali uz neka dodatna dobra svojstva poput kontrole tj. smanjivanja utjecaja negativnih turbulencija fluida preko gornje površine krila povećavajući na taj način agilnost zrakoplova. Njihova negativna strana je što mijenjaju

*Jedan od mogućih pristupa projektiranju novih lovačkih zrakoplova u XXI. stoljeću demonstriran je i njemačkim projektom **Lampyridae***

*Model u prirodnoj veličini
Lockheedovog JAST zrakoplova*

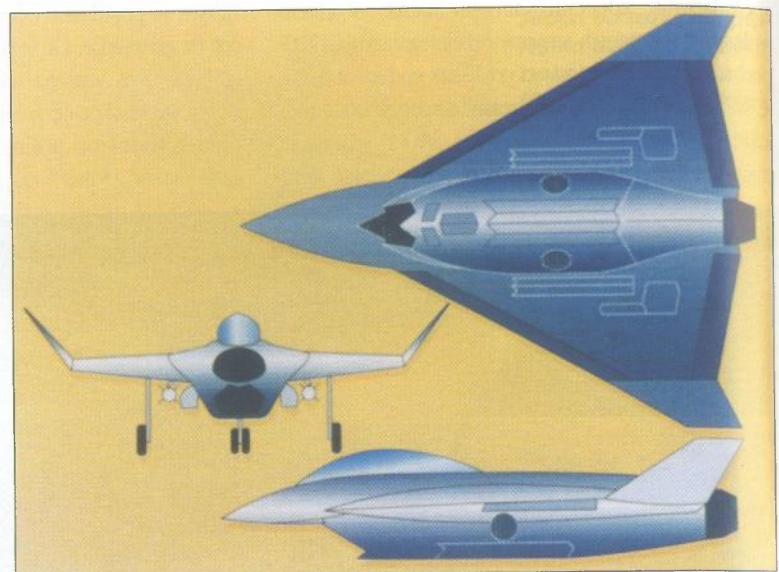


položaj središta mase prema naprijed ostavljajući tako sve podvjesne točke za nošenje ubojnih sredstava izvan poprečne osi na kojoj se nalazi središte mase, čime se povećava sila povlačenja (odn. drag). Moguće rješenje ovog problema leži u nošenju manje količine ubojnih sredstava veće preciznosti u tzv. konformalnim i unutrašnjim prostorima za oružje.

Kod nekih zrakoplova se odustalo od primjene kanarda, ali je kontrola vrtloženja zraka s ciljem povećavanja agilnosti postignuta primjenom tzv. LERX-a (tj. produljenja napadnog ruba krila pri njegovom korijenu).

Vidljiva je i sve šira primjena udvojenih komponenti poput dvostrukih vertikalnih stabilizatora, pogonske skupine sa dva motora i sl.. U zadnje vrijeme se sve više razmatra opravdanost dvomotornih konstrukcija, pogotovo nakon zajedničke studije koju su proveli Georgia Tech Research Institute i John Hopkins University, koji posjeduju dugogodišnju reputaciju kao akademska istraživačka središta za probleme aeronautičkog inženjeringu za potrebe USAF-a i USN. U njoj je pokazano da prema dosadašnjim statističkim podatcima ne postoji pokazatelj koji bi govorio u prilog većoj sposobnosti preživljavanja zrakoplova sa dvomotornom pogonskom skupinom u odnosu na jednomotornu. Stoga je i za budući zajednički zrakoplov USAF-a, USN i USMC (a možda i RAF-a), koji se vodi pod nazivom **JAST** i o kojem je već bilo nekoliko napisa u Hrvatskom vojniku, odabrana jednomotorna pogonska skupina.

Vrlo zanimljiva pojava je vidljiva kod izbora broja članova posade zrakoplova. Francuzi su na temelju iskustava iz rata u zaljevu



Mogući izgled Boeingovog JAST zrakoplova

površine, pilotsku kabинu; potreban uzgon se ostvaruje gotovo isključivo trupom.

Pogonske skupine

Druga bitna skupina znanstveno-tehnoloških inovacija odnosi se na daljnji razvoj novih i modernizaciju postojećih pogonskih skupina. Za postizanje hipersoničnih sposobnosti, konvencionalni mlazni motori u bilo kojoj izvedbi nisu dostatni. Sila potiska koju ostvaruju barem je za 10-tak puta premala da bi zrakoplov mogao premašiti kritičnu brzinu tj. probiti termalni zid. Stoga se užurbano radi na razvoju i unaprijeđenju novih odnosno već postojećih pogonskih sustava poput ramjet i scramjet pogona, te sustava sa vanjskim sagorijevanjem. Sva tri sustava su namjenjeni za postizanja brzina u okolini prve ciljne skupine koja iznosi $M=8+$, dok je scramjet predviđen i za brzine oko $M=25$.

No nisu samo ovakvi, tehnološki visoko komplikirani projekti u fokusu svjetskih proizvođača pogonskih motora. U tijeku su i istraživanja mogućnosti modernizacije i unaprijeđenja već postojećih konvencionalnih motora u sklopu programa **IHPET** (**Integrated High-Performance Turbine Engine Technology** - tehnologija integrirane turbine visokih performansi), kao i ostalih programa koji se odvijaju izvan SAD-a, a poglavito u zapadnoj Europi. Do 2005. godine IHPET program treba rezultirati novim motorom za borbenе zrakoplove, kod koga će odnos mase i potiska biti za 100% veći u odnosu na današnje.

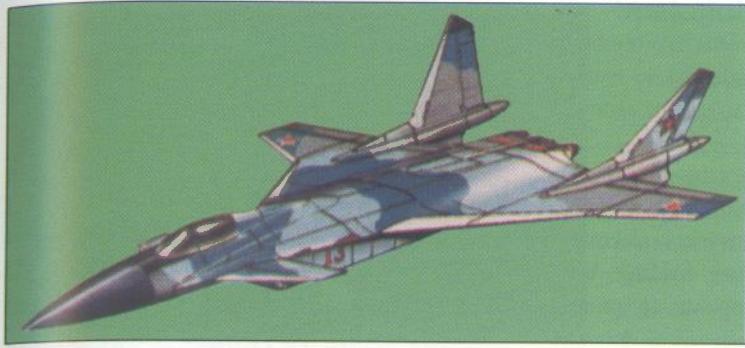
U SAD-u su zamjetili da je s postojećim motorima teško ostvariti razlike zahtjeve koji se postavljaju pred zrakoplove koji moraju posjedovati višenamjensku sposobnost. Tako motor P&W F119, koji je ugrađen na F-22 posjeduje nadmoćne karakteristike pri nadzvučnim brzinama za koje je i konstruiran, ali mu je iznos dvoprotočnosti, koji se zahtjeva za dobre karakteristike pri podzvučnom letu ispod optimalnog. Ovo je i glavni razlog zašto je prije odabira motora za JAST projekt, gdje je spomenuti motor bio jedan od dva glavna konkurenta, na njemu bio izvršen kompletni redizajn kako bi se poboljšala njegova svojstva pri podzvučnom letu.



Ukoliko JAST doživi sudbinu mnogih programa razvoja STOVL/VTOL borbenog zrakoplova, USAF bi mogao kao privremeno rješenje privremeno privratiti redizajniranu inačicu nekog od lovaca koji su u ovom trenutku u njegovom sastavu (na primjer, F-16U, derivat Fighting Falcona ponuđen UAE)

donijeli odluku da Rafale posjeduje dvočlanu posadu u odnosu na prvotno odabranu jednočlanu. Ova odluka temelji se na velikom naprezanju kojem je pilot izložen prigodom akcija koje se odvijaju na malim visinama i pri upotrebi precizno vođenih ubojnih sredstava. Za razliku od njih, Amerikanci povlače iz naoružanja svoje dvosjede zrakoplove F-111 i F-4G Wild Weasel te ih zamjenjuju jednosjednim F-16. Mornarica predviđa zamjenu svojih A-6 sa jednosjednim F/A-18E .

Ovdje treba spomenuti, iako je to povezano i sa sljedećom skupinom koju ćemo razmotriti, problem tj. mogućnost ostvarivanja transsoničnog i hipersoničnog leta. O ovoj problematici je također već bilo riječi u prethodnim brojevima HV. Ovdje možemo govoriti o stvarno revolucionarnim projektima. Najveći dio ovih projekata i ne posjeduje temeljna obilježja zrakoplova kao što su krila, vertikalne i horizontalne repne



U Velikoj Britaniji Rolls-Royce radi na razvoju turboventilatroskog motora za borbene zrakoplove koji će posjedovati silu potiska za 60% veću u odnosu na motor EJ 200, namijenjen za Eurofighter 2000.

U svijetu, a poglavito u SAD i Velikoj Britaniji razmatraju se projekti STOVL zrakoplova koji bi trebali postati operativni početkom idućeg stoljeća. Kod njih se javlja problem odabira tipa pogonske skupine tj. načina ostvarivanja VTOL karakteristika. Ova tematika je bila obrađena već u nekoliko navrata u HV-u, te će stoga samo navesti temeljne postavke. Postoje dvije temeljne koncepcije pogonskih skupina oko kojih se te-melje projekti: LF (Lift Fan - podizni ventilator) i LLC (Lift-plus Lift/Cruise). Obje koncepcije za glavni pogonski motor zahtijevaju pouzdanu konstrukciju sposobnu za oslobođanje relativno velike snage u smjeru leta, te mogućnost preusmjeravanja dijela potisne sile u svrhu stvaranja uzgonske sile. Uz primjenu novih i kvalitetnijih pogonskih motora, očekuje se i sve veća primjena sustava za vektorizaciju potiska čime se, uz napredno aerodinamičko oblikovanje, postiže superiorna pokretljivost.

Iako će gotovo uvijek biti moguće izvršiti neko poboljšanje na konvencionalnim turbomlaznim ili turboventilatorskim motorima poput smanjenja potrošnje goriva, boljeg iskorištanja goriva, povećanog vijeka trajanja ili smanjenja nabavne cijene po jednom primjerku, nije vjerojatno očekivati dramatičnije promjene poput udvostručavanja odnosa snage i mase.

Avionika

Lovački zrakoplovi budućnosti bi (prema PF II) morali odgovarati na zapovesti izdane glasom i/ili pokretom oka, a letjelica i pilot bi morali biti interaktivno integrirani u zajednički sustav. Jedini način na koji će biti moguće ostvariti ovu integraciju je pomoću računarske tehnologije i primjene visokorazvijenih sustava za virtuelnu stvarnost. Pilotu možemo staviti u novo interaktivno okružje jedino tako da mu cijelo vidno polje pretvorimo u prostor u kojem dobiva podatke vezane uz primjećene pojave i objekte. Način na koji možemo izvršiti ovu zadaću je upotreba novih pilotskih kaciga s integriranim prikazivačima (display) i ciljničkim sustavom, koja mijenja prikaz podataka

sukladno s pokretanjem glave pilota.

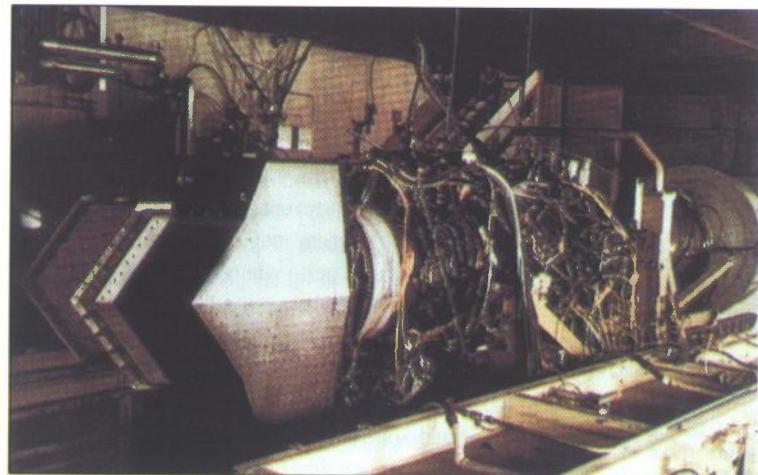
Iako ciljnički sustavi vezani uz kacigu pilota nisu potpuna novost, primjena virtuelne stvarnosti u oblikovanju prostorno-vremenske slike situacije oko integriranog sustava pilot-zrakoplov to svakako je. Ovim bi se bitno promijenio princip

uređenja kokpita, jer bi nestali svi silni instrumenti i pokazivači koji predstavljaju izvore zamora pilota kod leta i odvlače pažnju od samog upravljanja letjelicom. Umjesto toga, zapovjeti bi bile izdavane glasom, čime nestaje potreba za gotovo svim mehaničkim ili električnim prekidačima (osim nužnog minimuma), a prikaz svih relevantnih podataka je uvijek pred očima pilota te višenamjenski prikazivači, HUD, HDD i ostali instrumenti postaju nepotrebni.

No da bi se ostvario ovakav napredak, potrebno je razviti i ostale elektroničke sustave na zrakoplovu kako

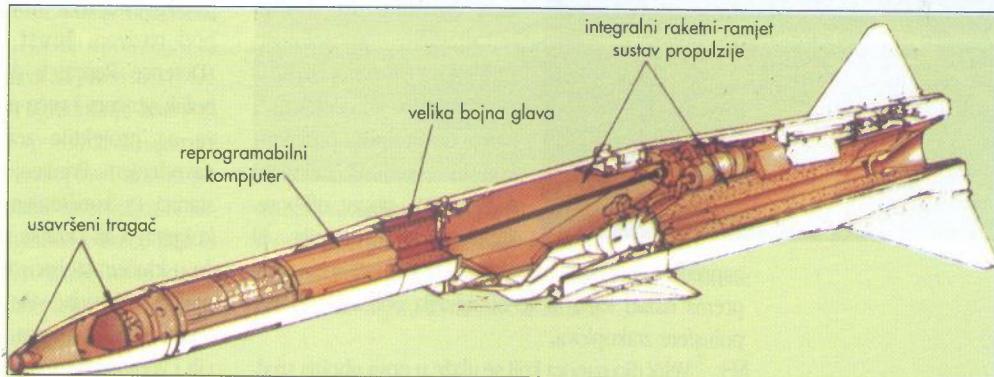
Mogući izgled budućeg ruskog lovca Mikojan 1.42; zbog velikog kašnjenja i nedostatka sredstava pitanje je hoće li ovaj zrakoplov ući u naoružanje

U SAD se odvijaju IHPTET studije, kojima se nastoji utvrditi tehnologija motora za lovačke zrakoploveiza 2000. godine



bi pilot mogao pravodobno dobiti sve relevantne podatke. Integracija radarskih, GPS/inercijalnih, TV, FLIR i laserskih navigacijskih uređaja s digitalnim bazama podataka i savršenim prikazom slike okolnog prostora omogućit će nesmetan rad i pravodobno reagiranje pilota na sve promjene koje se javljaju u trenutačnom stanju okoline zrakoplova. Sve više razmatra se primjena već gotovih sklopovskih rješenja primjenjenih u osobnim PC računalima (posebice u planiranju borbenih misija; budući sustavi ove vrste omogućit će pilotu simuliranje cijele misije i prije samog polaska na zadaću), ali i u drugoj komercijalnoj elektronici. Na ovaj način bi se znatno smanjili troškovi proizvodnje i održa-

Mogući izgled BVR projektila zrak-zrak srednjeg/velikog dometa (na slici je presjek američkog AAAM-a, čiji je razvoj obustavljen početkom devedesetih); ovakva oružja mogla bi korjenito promijeniti zračnu borbu u budućnosti

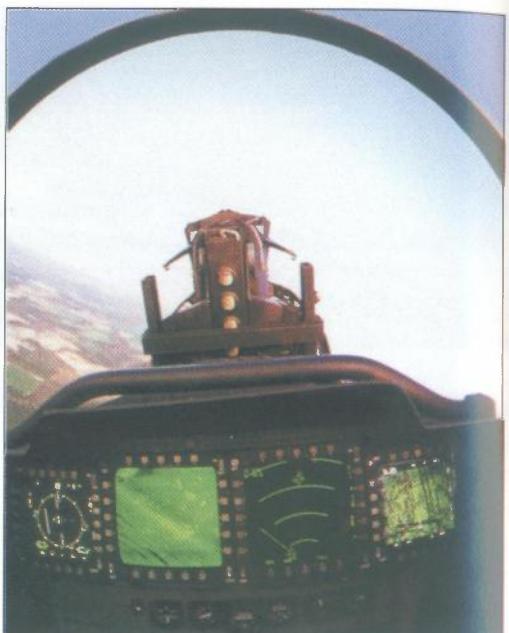


vanja ugrađene avionike.

Modularna avionika utemeljena na procesorskim karticama omogućit će laku modernizaciju senzora i sustava u pilotskoj kabini, umjesto sadašnjih kompleksnih i skupih modernizacija.

Jedno od budućih rješenja bit će i primjena "inteligentne oplate" (tzv. "**smart skin**") : ugradnja različitih minijaturiziranih senzora i elektronske opreme (za elektronsko ratovanje, izviđanje, komunikaciju itd.) u oplatu zrakoplova, te primjena fotoničkih sustava. Primjenom ovih rješenja dobit će se više prostora unutar trupa za nošenje goriva i smještaj drugih različitih sustava.

Posebnu skupinu uređaja sačinjavaju sustavi za pasivnu zaštitu zrakoplova. Sadašnji trend je zamjena odvojenih ECM i sustava za disperziranje toplinskih odnosno radarskih mamaca jedinstvenim sustavom koji bi bio objedinjen zajedno s **MAWS** (Missile Approach Warning System - sustav za upozorenje zbog prilaska projektila) sklopovljem. Moguće je da će ovakav objedinjeni defenzivni sustav posjedovati određeni nivo autonomnosti kako bi i bez potrebne interakcije pilota mogao korištenjem sustava za vektorizaciju potiska i zapovjednih površina izvršiti manevar izbjegavanja projektila zrak-zrak.



Izgled kokpita suvremenog lovačkog zrakoplova (u ovom slučaju F-15E); moguće je da će vrlo brzo i ovakav kokpit zastarjeti i biti zamijenjen sustavima za virtualnu prezentaciju podataka, poput prijedloga na slici dolje

Oružja i oružani sustavi

Prema PF II, na ovom području se očekuju velike promjene (ali promjene mogu nastupiti u taktici zračne borbe, o čemu će nešto više reći kod BVR projektila). Neke od njih su već barem u rudimentarnim oblicima začivjene, ali njihovu veću primjenu možemo očekivati tek početkom sljedećeg stoljeća. Ovdje ponajprije podrazumijevamo tzv. **off-boresight** projektili (tj. projektili koji su sposobni pogoditi cilj izvan trenutačno vidljive polusfere) poput Vypel **R-73 (AA-11 Archer)** koji omogućava pogodak u bilo kojem dijelu prostora neovisno o smjeru leta zrakoplova-nosača. U skupinu projektila koji će biti aktuelni u sljedećem stoljeću ulaze i **AMRAAM**, te

nasljednici Sidewindera pod oznakom **AIM-9X**, britanski **ASRAAM** i njemački **IRIS-T** (ukoliko zadnja tri budu realizirani). Uvede li se mogućnost lansiranja projektila prema nazad (jedini poznati program s takvim ciljem odvija se trenutačno u Rusiji) tada dolazimo do stvarno zadržljivajućih sposobnosti zrakoplova u zračnoj borbi.

Realno je očekivati i razvoj novih tipova projektila koji bi objedinili nekoliko mogućnosti, poput off-boresight BVR projektila ili

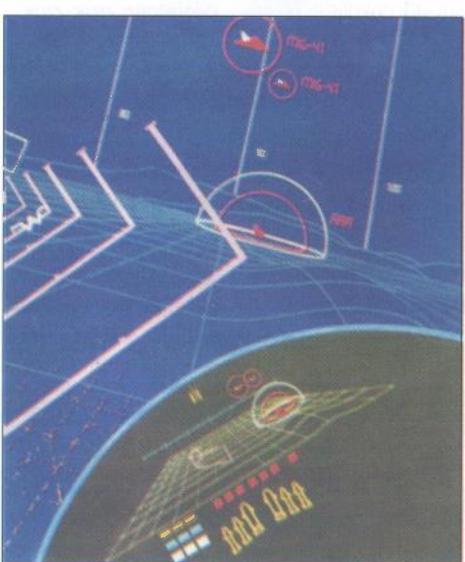
naprednih projektila malog dometa koji bi bili lansirani prema nazad kako bi se omogućila obrana iz zadnje polusfere zrakoplova.

Velik dio napora koji se ulaže u nova ubojna sred-

stva usmjeren je na stvaranje **KKV** tj. oružja koja za uništavanje cilja ne koriste razornu snagu eksplozivnog punjenja, već isti cilj ispunjavaju svojom kinetičkom energijom (energijom vlastitog gibanja). Za razliku od konvencionalnih projektila kod kojih nije bio nužan uvijek direktni pogodak da bi cilj bio uništen, KKV zahtijeva precizan pogodak. No, poput svakog sustava, uz loše postoje i dobre strane ovog oružja. Protežnosti i masa KKV projektila su znatno manje od klasičnih projektila, zbog nepostojanja bojne glave. Ovo povlači mogućnost nošenja većeg broja projektila zrak-zrak od strane jednog lovca.

Preciznost pogotka za sobom povlači i pitanje tragača koji je ugrađen na projektil. Tendencija koja će se zasigurno nastaviti i dalje ugradnja je slikovnih IC (**IIR**) tragača ili barem pozicijski visoko osjetljivih detektorskih sustava ako su u pitanju jeftiniji projektili sa IC samonavođenjem. Spomenuta poboljšanja kao i novi projekti bit će jednako primjenjeni na oružanim sustavima za borbu u zraku, kao i za ubojna sredstva za napadaj ciljeva na površini.

BVR zračna borba postat će vrlo kompleksna, uzmu li se u obzir činjenice da je najnovija generacija lovaca (F-22, Rafale, EF 2000) iznimno pokretljiva (posebice u supersoničnoj manevrabilnosti i akceleraciji). Ove osobine, zajedno s obrambenim sustavom sposobnim za rano upozoravanje na protivnički projektilski napadaj, prečenje dolazećih projektila, smanjenje radarskog i IC odraza i optimalno korištenje mamaca, omogućit će novim lovциma lakše izbjegavanje pogodaka BVR projektila. To je pokazala simulacija pod nazivom **Joust**, poduzeta od britanske DRA (Defence Research Agency) radi ispitivanja učinka boljih senzora i veće pokretljivosti borbenih zrakoplova na projektile zrak-zrak s aktivnim radarskim navodenjem. Primjenjen je sustav temeljen na radnoj stanici (s korištenjem "virtualnog", a ne stvarnog kokpita). Čak i kratke simulirane misije pokazale su da će u idućem stoljeću BVR zračna borba biti vrlo kompleksna. Napadač više ne mora pri vođenju projektila letjeti ravno iza njega, već može i manevrirati i pratiti cilj i voditi raketu na njega. Kao protutežu, zrakoplov-



Spekulativni projekti

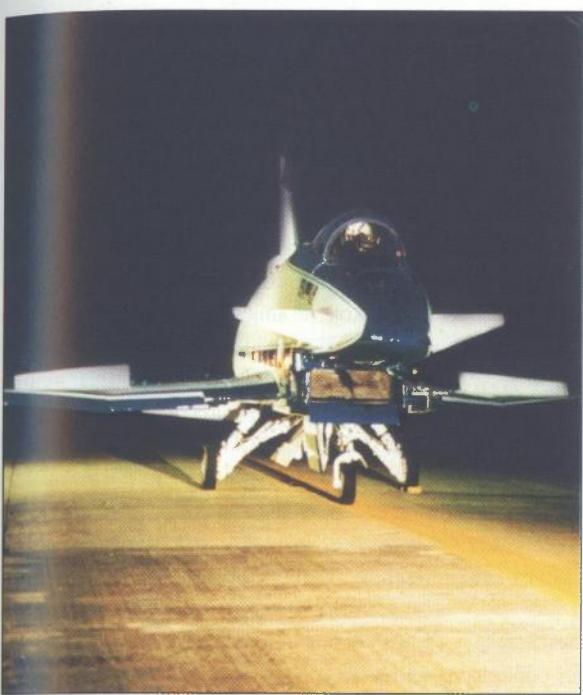
U današnje doba znanstveno-tehnološki napredak uspio je postići rezultate koji su prije pedesetak godina izgledali nedostizni. No ljudski um se ne zadovoljava postignutim, već stalno traži napredak. Glavni zadatak kojeg su si postavili mnogobrojni znanstvenici je kako "izigrati" pojedine fizikalne zakonitosti. U području aeronautike najviše problema zadaje sila gravitacije. Da bi se njoj oduprli, zrakoplovi posjeduju krila koja stvaraju silu uzgona suprotnu po smjeru gravitacije. Kada uzgon postane veći od gravitacije, zrakoplov poleti. Uspijemo li poništiti gravitaciju tada nije potrebno stvarati uzgon jer bi tzv. antigravitacijski pogon podigao letjelicu na potrebnu visinu. Upravo taj tip pogona cilj je projekta koji se vode u SAD-u i Velikoj Britaniji u okviru programa električne propulzije (1990. godine objavljena je neklasificirana studija "Electric

Propulsion Study", koja se bavila ovim problemom).

Svi testovi vezani uz ovaj projekt, koji je sastavni dio američkog "black" programa (tajni projekti vezani uz visokotehnološki vrijedne letjelice) odvijaju se u istraživačkoj bazi smještenoj u Groom Lakeu u američkoj saveznoj državi Nevadi (u znanstvenim krugovima postoji ozbiljna skepsa o opravdanosti ovog projekta; pojedina mišljenja sežu do činjenica da su američkoj vojnoj industriji potrebna financijska sredstva kako bi mogla financirati druge, ozbiljnije projekte koji nisu bili odobreni od kongresa i senata SAD). Osim ovog projekta, nije vjerojatno da je u tijeku nešto drugo što bi odskakalo iz nekakvih normalnih okvira. Sam autor mora izraziti svoju suzdržanost u opravdanost ovakvih projekata jer ne vidi za sada njihovu opravdanost, no kao i kod većine novih tehnologija samo vrijeme može pokazati tko je bio u pravu.

Iz svega navedenog može se prognozirati da će budući lovci u XXI. stoljeću biti vrlo pokretljivi višenamjenski zrakoplovi s velikim dometom; ugrađeni senzorski sustavi omogućiti će i učinkovit napadaj na zemaljske ciljeve; kombinacija stealth osobina i poduzi-

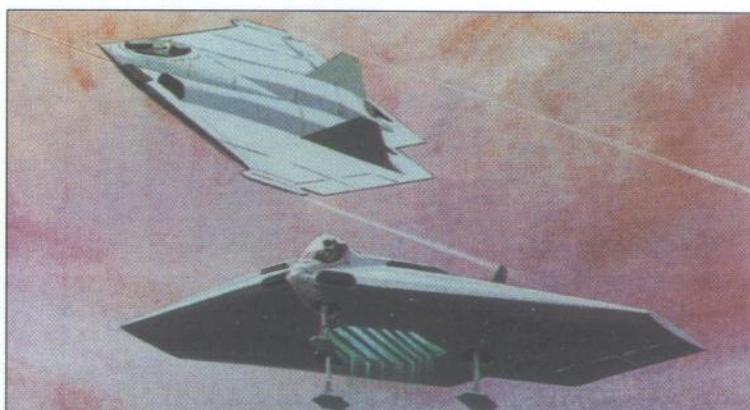
Primjena vektorskog potiska omogućit će postizanje visoke manevrabilnosti kod iduće generacije lovaca, što je prikazano na tehnoškim demonstratorima poput Rockwella/MBB X-31



cilj može lansirati vlastiti BVR projektil i poduzimati manevre za izbjegavanje dolazećeg projektila (npr. smanjivanjem visine leta, čime će projektil koji je usmjeren na njega u gušćem zraku brže izgubiti energiju; ukoliko zatim pilot naglo usmjeri svoj zrakoplov prema gore, projektil koji ga goni možda neće biti sposoban za daljnje praćenje). Ova simulacija pokazala je da je u budućnosti moguć sukob u kome će lovci obiju stranu lansirati BVR projektili ostajući izvan vizualnog dometa i izbjegavajući blisku zračnu borbu. Joust je bio instrument u uvjeravanju RAF-a da su razlike u performansama između AIM-120 AMRAAM-a i Vypela R-77 (AA-12 Adder) stvarne i značajne. R-77 je teži projektil s većim motorom i boljom kinematikom, što ukazuje da bi na velikim dometima mogao biti bolji od AMRAAM-a. Isto tako, postavlja se pitanje da li će zračna borba na BVR udaljenostima početi u budućnosti prevladavati, pošto su projektili zrak-zrak kratkog dometa već sada vrlo smrtonosni, a njihovi naslijednici otici će u tom pogledu još i dalje. Naravno, da bi BVR projektili postigli osobine navedene u simulaciji, bit će potrebno ugraditi nove pogonske skupine na njih (npr. ramjet motor). Na temelju ove simulacije RAF još nije donio odluku o nošenju AMRAAM-a na Eurofighteru 2000, već je izdao specifikaciju Staff Requirement (Air) 1239 za novim vodenim projektilom zrak-zrak.

Zadnje zrakoplovno oružje prije potpada pod posljednju skupinu spekulativnih projekata, no, navodim ga u ovom odjeljku. Riječ je o laserskom oružju instaliranom na zrakoplove. Danas nije teško proizvesti laser manje snage. Oni bi bili upotrebljivi za zasljepljivanje ponajprije EO sustava na protivničkoj letjelici, no za sada nije vjerojatno ugradnjivanje laserskih topova velike snage koji bi bili sposobni na sigurnoj udaljenosti pogoditi protivnički zrakoplov i uništiti ga. Najveći problem nije u veličini same laserske opreme, već u protežnostima i masi energetske jedinice koja bi morala davati snagu za njezino aktiviranje. Ali ni to nije nerješiv problem: do 2020. godine tehnike minijaturizacije mogle bi omogućiti ugradnju ovakvog oružja u taktičke zrakoplove.

Od spekulativnih projekata svakako je najinteresantniji ali i nakontroverzniji razvoj antigravitacijskog pogona; na slici je prijedlog lovca britanske kompanije BAe, pokreтанog ovim pogonom



manja protumjera bit će način njihove obrane. To nije recept za jeftine letjelice, ali najskuplje je imati flotu drugorazrednih borbenih letjelica koje će biti uništene prije no što uspiju izvršiti svoje zadaće.





Jedan od danas najraširenijih POVRS-a na borbenim vrtoljetima je TOW; na slici se vidi ovaj sustav postavljeni na Hu-ghesu MD500 Defender

raketi zapovijedi za ispravljanje (popravak) trajektorije. Zapovijedi (signali) za popravak trajektorije rakete slali su se pomoću bakrene žice (mikrokabela) koja se nalazila u raketi i koja se prigodom leta odmotavala iz rakete. Operator je u ovom slučaju pratilo raketu praćenjem pirotehničkog trasera koji se nalazio na zadnjem kraju rakete.

Glavni nedostatak raketica prve generacije, odnosno tzv. MCLOS (engl., **Manual Command to Line-Of-**

najpouzdanijih sustava. No, kod ovog sustava postoji bitna razlika u samom načinu vođenja rakete. Naime, kod ovog sustava zadaća je operatora da pomoći križića koji vidi u okularu optičkog bloka sustava prati cilj od lansiranja rakete pa do njenog udara u cilj, dok vođenjem rakete, odnosno njenim upravljanjem "rukovođi" sustav vođenja; blok optike sustava ili točnije IC lokator prati IC traser (pirotehnički ili električni) koji je smješten na stražnjem dijelu rakete, te na temelju položaja trasera (rakete) u odnosu na crtu ciljanja (crta ciljanja = oko operatora-križić-cilj) određuje koliko je odstupanje trajektorije rakete od crte ciljanja. Na temelju te informacije formiraju se u bloku elektronike zapovijedni signali koji se preko mikroabeba (žice) šalju do izvršnih organa u raketi (kormila, pokretne mlaznice, interceptori itd.).

SACLOS sustav vođenja ne zahtijeva izričito uporabu sustava prenošenja zapovjednih signala žicom, što su pokazali ruski konstruktori kada su primjenili sustav prenošenja zapovijedi do rakete radiom. Ovaj sustav prenošenja

VRTOLETI

i protuoklopna borba (II.dio)

Uporaba borbenih vrtoleta naoružanih PO vođenim raketnim sustavima velikog dometa postaje sve važniji čimbenik u procesu planiranja, pripremanja i vođenja protuoklopne borbe - jednog od najvažnijih vidova vođenja boja

U prošlom broju Hrvatskog vojnika započeli smo sa opisom vrtoljetnih borbenih sustava, s težištem na prikazu američkih i francuskih iskustava gledajući razvoja borbenih vrtoleta kao i na prikazu razvoja POVR, pri čemu je bilo riječi i o ciljničkim sustavima, konstrukciji vrtoleta te kompjutorima za nadzor paljbe. U ovom ćemo nastavku reći nešto više o tipovima sustava za vođenje PO vođenih raket koje se lansiraju i vode iz vrtoleta uz kraći opis nekih PO vođenih raketnih sustava.

Sustav vođenja POVR-a

Povijest razvoja sustava za vođenje protuoklopnih vođenih raket započinje s francuskim raketom SS-10 (prva generacija POVR) tvrtke Nord Aviation. POVR SS-10 bila je raketa koju je vizualno (izravno) vodio na cilj operator čija je zadaća ustvari bila da istodobno prati i cilj i raketu dok raketa ne udari u cilj. Pri tome je operator koristio pult za vođenje na kojem se nalazila palica za vođenje (engl., joystick). Pomoću te palice operator je zapravo slao ka

Sight - ručno vođenje po crti ciljanja) sustava vođenja koji su korišteni za naoružavanje prvih borbenih PO vrtoleta bio je taj što je vrtoljet morao od trenutka uočavanja cilja, odnosno, lansiranja raketice pa do njenog udara u cilj ostati u potpunom "vidnom" kontaktu s ciljem i to na onoj maksimalnoj daljini koju je dozvoljavala dužina žice u raketici. Osim toga kod sustava vođenja prve generacije čovjek (operator) se nalazi izravno u petlji vođenja što za posljedicu ima veliki čovjekov utjecaj na preciznost vođenja, odnosno učinkovitost pogadanja, jer čovjek svojim (neidealnim) psihofizičkim i motoričkim sposobnostima direktno utječe na proces vođenja.

Sljedeća inovacija na području vođenja PO borbe bila je konstrukcija sustava vođenja 2. generacije poznatog i pod nazivom **SACLOS** (engl., **Semi-Automatic Command to Line-Of-Sight** - poluautomatsko vođenje po crti ciljanja) koji je usvojen za POVR-e **TOW** i **HOT**. U sklopu ovog sustava i dalje je ostao sustav prenošenja zapovijedi do raketice žicom, jer je taj sustav glede sprječavanja ometanja prenošenja zapovijednih signala do raketice jedan od

Berislav ŠIPICKI

zapovijedi vrlo je sličan sustavu za upravljanje zrakoplovom putem radio signala, no kod sustava za prenošenje zapovijedi radio putem prigodom vođenja POVR-a zapovijedi za popravak trajektorije automatski se proračunavaju i generiraju pomoću bloka elektronike dok operator prati cilj. Prednost ovog sustava za prenošenje zapovijedi u odnosu na prijenos zapovijedi žicom je ta što operator ne mora brinuti o tome da li će mu žica tijekom leta raketice zapeti za neku prepreku. Nadalje, brzina raketice više nije ograničena problemima vezanim uz odmatanje žice tijekom leta raketice. No s druge strane, sustav prijenosa zapovijednih signala putem radija puno je osjetljiviji na ometanje.

Sustav **9K17 Falanga** (NATO oznaka AT-2 Swatter) bio je prvi ruski POVR namijenjen za instaliranje na vrtolote. Nakon što je prvotno instaliran i korišten na vrtoletu Mi-4 Hound, POVR Falanga postao je glavni POVR na jurišnom vrtoletu Mil Mi-24 Hind-A te Hind-D. U sustavu sustava nalazi se POVR 9M17 Škorpion, dok sustav koristi optiku s povećanjem od 3,5x -

10x te radio vezu koja se ostvaruje preko Raduga-F antene, locirane na lijevoj strani nosa vrtoleta. Kada je prvi puta predstavljena novija inačica vrtoleta Mi-24 - inačica Hind-E - zapaženo je da on ima novi POVRS s prijenosom zapovijedi putem radija. To je bio POVRS **9K114 Šturm-V** (NATO oznaka AT-6 Spiral) u okviru kojeg se nalazi i PO vođena raketa 9M114 Kokon. Ova raketa ima znatno veću brzinu u odnosu na raketu 9M17 Škorpion (400 m/s u odnosu na 150 m/s) te povećani domet (5000 metara u odnosu na 4000 metara). Posljednje ruske radiom vođene POVRS su

9M114M1 Kokon-M1 i **9M114M2 Kokon-M1** rakete koje su sastavni dio novog sustava pod nazivom **Ataka-V** (slo-vo V u nazivima dolazi od prvog slova ruske riječi vertoletnjšto na ruskom znači vrtoljet). U NATO sustavu označavanja ovaj sustav nosi oznaku AT-9. Sustav AT-9 nadograđeni (poboljšani) je sustav AT-6 Spiral, a razvijan je za novi jurišni vrtoljet Mil **Mi-28 Havoc**. Ovaj sustav koristi novi sustav za prijenos zapovijedi pomoću radija koji je smješten u nosu novog vrtoljeta a nudi i povećani domet te povećanu probojnost PO vođenih raket. Domet raket 9M114M1 je 6000 metara, dok je domet raket 9M114M2 7000 metara. Probojnost bojnih glava je 950 mm u odnosu na 650 mm kod raket 9M114. Bojna glava raket 9M114M1, odnosno 9M114M2, je tandem bojna glava koja je sposobna uništavati i tzv. ERA oklope. Rakete 9M114M1 i M2 su također kao i raketa 9M114 smještene u lansirne cijevi (kontejneri) s tim što su kontejneri raketa 9M114M1 i M2 nešto dulji zbog povećanog raketnog motora koji je pak morao, naravno, biti povećan zbog povećanja maksimalnog dometa novih inačica raket. Rakete 9M114M1 i M2 mogu se koristiti i za gađanje ciljeva u zraku.

Treća generacija POVRS-a su sustavi u sklopu kojih se koriste laserski navođene PO vođene raket. U ovu skupinu spadaju američka raketa **AGM-114 Hellfire** koju proizvode tvrtke Rockwell International i Lockheed-Martin, ruska **9M120 Vikhr** (NATO oznaka AT-12) i južnoafrička **ZT3** (odnosno **ZT-35**) **Swift** koju proizvodi tvrtka Atlas. Ove nove rakete su puno učinkovitija protuoklopna oružja zahvaljujući njihovim jačim bojnim glavama, većoj brzini, povećanim manevarskim sposobnostima i povećanom maksimalnom dometu. Iako se ove rakete nazivaju raketama s laserskim navodenjem, one zapravo koriste tri vrlo različita načela vođenja.

PO vođena raketa Hellfire mora imati laserski obilježavač cilja koji se može nalaziti na vrtolatu s kojeg se raketa lansira, na drugom vrtolatu ili na nekoj platformi na tlu i koji ima zadataću da osvijetli cilj kodiranom laserskom zrakom; odmah nakon lansiranja, raketa (odnos-

rezultira trajektorijom u obliku luka i, prema tome, "top-attack"-profilom napada).

Ruska je POVRS 9M120 Vikhr, s druge strane, "laser beam riding" (beam=zraka, riding=jahanje) raket (raketa koja "jaši" po laserskoj zraci). Kod ovakvog tipa vođenja zadataća je

operatora da lasersku zraku drži na cilju (što je zapravo više nalik tunelu kod kojeg se intenzitet zrake smanjuje od centra prema periferiji), pri čemu raketa "osjeća" zraku i automatski se drži u spomenutom "laserskom tunelu" sve do udara u cilj. "Laser beam riding" načelo nudi puno kraće vri-

jeme leta zahvaljujući svojoj ravnoj trajektoriji, a uz to, niski intenzitet laserske zrake znači da senzori za upozoravanje na lasersko zračenje koji se montiraju na moderna oklopna vozila imaju puno manje šanse da reagiraju na ovakav izvor zračenja. S druge strane, provedba koordiniranog napadaja kao i gađanje u LOBL modu nije moguće - što je značajno ograničenje za jurišni vrtoljet, barem kada se ovaj problem motri sa stajališta zapadne taktike i procedura; nadalje, operator mora držati ciljnički križić na cilju sve do udara raket u nj.

POVRS ZT-3 Swift je nešto manje sofisticirani sustav koji se može, da tako kažemo, prije svrstati u 2. i 1/2 generaciju nego u 3. generaci-

ju. Načelo vođenja zasniva se na starom i dokazanom SACLOS sustavu. Kod ovog sustava zadataća je operatora da drži križić ciljnika na cilju dok IC lokator prati IC traser na raketu te određuje njeno odstupanje od crte ciljanja. Kada se odredi odstupanje zapovjedni se signali šalju k raketu pomoću kodirane laserske zrake. U ovom slučaju prijenos zapovijedi pomoću laserske zrake mijenja prijenos zapovijedi putem žice ili radija.

Pokušaj da se pomakne dalje od različitih formi laserskog sustava za vođenje odveo je razvojne timove do razvoja dvije vrlo sofisticirane tehnologije vođenja. To su tzv. "Imaging Infra Red" (skraćeno IIR - slikovna IC tehnologija) koja je usvojena za najnoviji sustav europskih zapadnih zemalja pod nazivom TRIGAT-LR i sustav vođenja koji za osjetilo u raketu ima radar koji radi u milimetarskom valnom području a odabran je i za sustav Longbow/Apache i za sustav Brimstone.

POVRS TRIGAT-LR

Protuoklopni vođeni raketni sustav **TRIGAT-LR** je sustav koji je prema tipu vođenja

no tražilo smješteno u njenom nosu) prati prije lansiranja određenu trajektoriju dok tražilo "ne pokupi" od cilja reflektiranu lasersku zraku (energiju), nakon čega se raketa "lijepi" za izvor laserske zrake (izvor laserske zrake je površina cilja od koje se zraka reflektira) te ga slijedi dok ne udari u nj. **LOBL** mod (engl., **Lock-On Before Launch** - zahvaćanje cilja prije lansiranja) također je dostupan a pri njegovom se koristenju raketa veže za reflektirajuću lasersku zraku prije nego se lansira s vrtoleta; ovo je, usput rečeno, glavni razlog zašto se raketa Hellfire postavlja na lansere vrtoleta "gola" tj. bez lansirne cijevi (kontejnera). Glavne operativne prednosti ovog rješenja, osim



Mi 28; kao i Ka-50, ovaj vrtoljet naoružan je POVRS-om AT-9

omogućavanja provedbe koordiniranog djelovanja više platformi kao i pogadanja ciljeva koji ne mogu biti direktno praćeni s lansirne platforme, jesu i to da ovakvo rješenje automatski

svrstan u skupinu 3. generacije POVRS-a, no zbog njegovog "fire and forget" moda (mod "ispali i zaboravi"), odnosno sofisticiranosti ciljničkog sustava te sustava za samonavodenje ovaj sustav sve više stručnjaka svrstava čak u skupinu POVRS-a 4. generacije. O ovom je sustavu naime bilo do sada već riječi u Hrvatskom



Ka 50 Hokum, zanimljiv pokušaj ostvarivanja koncepcije jednosjednog borbenog vrtoleta

vojniku pa čemo se stoga ovdje zadržati samo na opisu značajnijih osobina ovog sustava.

POVRS TRIGAT-LR sustav je velikog dometa a razvijen je zajedničkom suradnjom stručnjaka iz Njemačke, Francuske, Velike Britanije. Suradnju stručnjaka iz ovih zemalja nadzire konzorcij pod nazivom Euromissile Dynamics Group. Razvoj ovog sustava pokrenut je s svrhom da se zamjene stariji sustavi 2. generacije HOT i TOW te da se s novim PO vođenim raketnim sustavom opremi novi jurišni vrtoljet Tiger. Sustav TRIGAT-LR funkcioniра u modu "fire and forget", može istodobno gadati nekoliko ciljeva, ima sustav za noćno/dnevno gađanje, vrlo veliki postotak učinkovitosti i otpornost na kontramjere protivnika.

Raketa je opremljena sa naprijed spomenutim IIR tražilom koji može raditi i u, naprijed spomenutom, LOBL modu. Pritom operator treba samo obilježiti ("pokazati" sustavu) cilj prije lansiranja, nakon čega tražilo rakete zahvaća cilj. Kada je raketa uhvatila cilj operator ju lansira. Ovakva procedura eliminira sve rizike glede pogadanja prijateljskih objekata izazvanih zahvatom rakete (tražila) za pogrešan cilj. Osim svjetla za detekciju i obilježavanje cilja, jedinica za lansiranje je opremljena procesorom koji automatski "hrani" četiri rakete sa informacijama o kutnom položaju ciljeva koje su potrebne za istodobno zahvaćanje četiri različita cilja. Zbog toga je potrebno da vrtoljet bude izložen maksimalno dvanaestak sekundi kako bi mogao pogoditi četiri tanka istodobno.

Iznad rotora vrtoljeta, u sklopu sustava TRIGAT-LR, nalazi se ciljnički optički sustav pod

nazivom **Osiris** koji sadrži termovizijski CCD uređaj Condor. Operator skanira bojište pomoću optičkog sustava Osiris, identificira ciljeve, označava ih, sustav za vođenje proslijeđuje IC sliku cilja (ciljeva) i sve relevantne podatke o poziciji tražilima u raketama. Odmah pošto sustav za vođenje dobije povratnu informaciju o

tome da sva tražila "vide" svoje ciljeve i da su izvršila njihov zahvat, rakete su spremne za lansiranje. Poslije lansiranja rakete su potpuno autonomne. Nakon lansiranja raketu vodi procesor tvrtke Thomson-CSF koji radi po algoritmima koji uzimaju u obzir i parametre cilja (oblik, brzinu) i parametre pozadine ispred koje se cilj kreće. Zahva-ljujući ovim sofisticiranim procedurama za procesiranje signala i podataka, IC slika cilja kontinuirano se obnavlja, pri čemu je raketa sposobna nastaviti s praćenjem cilja i u slučaju kada on za kratko nestane iza neke prirodne ili umjetne prepreke na terenu. Procedura za obradu slike nastavlja se sve dok raketa ne dode vrlo blizu cilja, a nakon toga kompjutor u raketni prelazi na provedbu algoritma koji omogućavaju određivanje optimalne točke udara.

POVRS Longbow/Hellfire i drugi

Drugo napredno načelo vođenja koje je trenutačno u razvoju za slijedeću (četvrtu) generaciju vrtolopnih vrtoleta, kao što je AH-64D Apache/Longbow bit će u stanju predati podatke o cilju određenim (drugim) paljenjem platformama u bojnom rasporedu pri čemu će koristiti i MMW i laserski navođene PO rakete

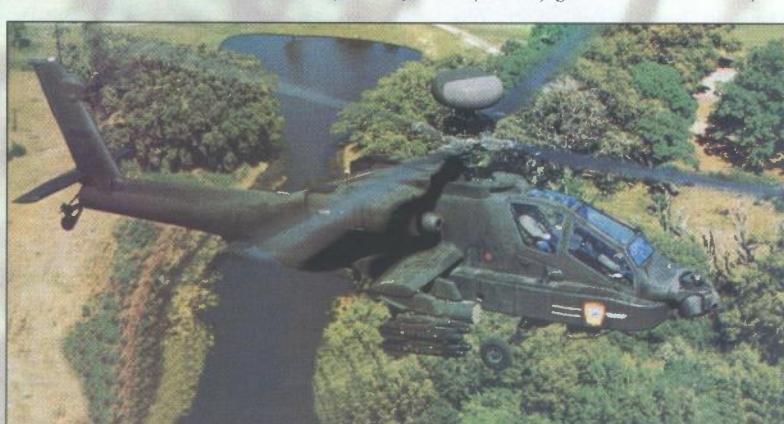
program koji ima za cilj uporabu MMW radara u sustavu za vođenje PO vođene rakete je sustav **Longbow** (koji je razvila tvrtka Lockheed/Martin-Westinghouse) koji ima šanse za uspješan završetak. Ovaj je sustav namijenjen za instaliranje na novu inačicu vrtoleta AH-64 Apache pod nazivom AH-64D Apache/Longbow. Ovaj radar radi na Ka bandu (frekvencija 35 GHz) koji, da to naglasimo, ima neke probleme prigodom prodora zračenja kroz atmosferu s povećanim postotkom vlažnosti.

Na ovom području pojavljuju se i neki drugi projekti kao što je njemački projekt **AEG Swallow**, u okviru kojeg se razvija MMW radar koji radi u području od 45-60 GHz a testiran je na vrtoletu BO-105, zatim projekt francuske tvrtke Dassault Elektronique i američke tvrtke Electronics & Space Corp. koji ima za cilj razvoj MMW radara koji radi u X bandu a nudi detekcijski domet od 8 km. Tvrtka GEC-Marconi Dynamics razvila je MMW tražilo koje radi na frekvenciji od 95 GHz i koje je namijenjeno za POVRS AGM-114K Hellfire koja ustvari nosi naziv **Brimstone**.

Operativne procedure ostaju manje ili više iste za sve postojeće ili ponuđene MMW sustave za nadzor paljbe. Kod ovog sustava operator nadzire (skanira) bojište prigodom potrage za ciljevima; jednom kada se uoči cilj on se osvjetjava radarskom zrakom (energijom) koju može uočiti MMW tražilo u raketni. U ovom slučaju moguće je primjeniti i LOBL (engl., Lock On Before Launch - zahvat cilja prije lansiranja) i LOAL (engl., Lock On After Launch - zahvat cilja poslije lansiranja) proceduru s tim da raketa može biti ispaljena u smjeru pozicije mogućeg cilja nakon čega ona sama traži cilj. Sustav za vođenje instaliran u vrtoljetu može odabrati određeni broj različitih ciljeva za taj vrtoljet kako

bi ih on mogao istodobno uništiti, uništiti ih u serijama ili (u slučaju Longbowa) predati neke ili sve ciljeve drugom jurišnom vrtoljetu kako bi ih on uništio. Sustav Longbow/Hellfire također ima mogućnost da uporabi MMW tražilo kao blizinski upaljač kojim se onda aktiviraju prekursori i glavna bojna glava u slučaju da se raketni Hellfire koristi za gađanje ciljeva u zraku.

Glavna je operativna prednost, koja proizlazi iz demonstracije mogućnosti



Posljednja generacija protuoklopnih vrtoleta, kao što je AH-64D Apache/Longbow bit će u stanju predati podatke o cilju određenim (drugim) paljenjem platformama u bojnom rasporedu pri čemu će koristiti i MMW i laserski navođene PO rakete

eraciju vrtolopnih PO vođenih raketa je radar za nadzor paljbe koji radi u milimetarskom valnom (engl., **Milimetres-Wave** - skraćeno **MMW**) području.

Iako veći broj tvrtki radi na razvoju MMW radara, jedino potpuno novčarski podupirani

MMW sustava, barem što se tiče američke Kov, sposobnost detekcije i pogadanja ciljeva na zemlji, pa čak i ciljeva u zraku, i po vrlo lošim vremenskim uvjetima, ili barem u takvim uvjetima koji vladaju u okolišu koji bi umanjili učinkovitost sustava zasnovanih na IC tehnologiji.

Američka vojska planira dovesti sve svoje vrtotele AH-64A na novu D konfiguraciju, što uključuje sve Longbow podsustave osim radara montiranog iznad glavnog rotora vrtroleta. Na svaki vrtotet Apache montirat će se dva Longbow radara. Modeli Apache-D i Longbow-D će nositi nove Longbow/Hellfire RF (RF = radio-



Na slici je prikazana protuoklopna inačica vrtroleta Eurocopter TIGER koji je konstruiran prema zahtjevima Njemačke i Francuske vojske. Rabiti će PO vodene rakete TRIGAT-LR

frekventne) rakete, koje će imati instalirano MMW tražilo, kao i standardne laserski navodene rakete Hellfire; informacije o ciljanju dobivene od radara bit će poslјedene od Longbow vrtroleta do vrtroleta Apache-D kako bi ih oni uništili. Radeći u suradnji sa sustavom za nadzor paljbe MMW rakete će imati sposobnost "fire and forget" i kada se radi o ciljevima na zemlji i kada se radi o ciljevima u zraku.

Tvrta GEC-Marconi Dynamics utrošila je deset godina za razvoj svojeg Brimstone MMW tražila koje radi na frekvenciji od 95 Ghz. Nasuprot drugim PO raketama Brimstone je razvijan a da se nije razmišljalo o instaliranju sustava na neki određeni vrtotet; on zapravo predstavlja raketu čije je tražilo instalirano na tijelu raket AGM-114F Hellfire i kao takav može biti instaliran i lansiran sa bilo kojeg jurišnog vrtoteta na koji se može montirati Hellfire raketni lanser. Potkraj 1994. godine započelo se s usklajivanjem i povezivanjem raket Brimstone sa vrtotetom AH-1W SuperCobra Venom tvrtke Bell-Textron. Postoji i mogućnost da se ova rakaeta ponudi kupcima južnoafričkog vrtroleta CSH-2 Rooivalk. Brimstone ima svoju vlastitu knjižnicu podataka o ciljevima koju koristi za validaciju ciljeva; to znači da ova rakaeta ne mora biti vezana uz određeni MMW radar. Međutim, tražilo u raketu može primiti informacije o cilju i od sustava FLIR (engl., Forward Looking Infra-Red) ili MMW sustava preko vrtotetnog sustava za nadzor paljbe uz korištenje sabirnice podataka 1553B.

Nova stvarnost

Pojavio se novi obrazac za vrtotetno djelovanje u trodimenzionalnom svijetu. Danas smo svjedoci preslikavanja prošlih i današnjih bojnih

kapaciteta zrakoplova na vrtotetne postrojbe. Transportni zrakoplovi kao što je C-47 zamjenjeni su vrtotetima kao što je Black Hawk, Mi-8 i Puma kao i novijim modelima kao što su EH-101, S-92 i Mi-38. Jurišni zrakoplovi, koji su korišteni u prošlosti, kao što su A-1E i A-10 djelomično su zamjenjeni vrtotetima AH-64 Apache, Mi-24 Hind, Mi-28 Havoc, Rooivalk,

Tiger, Lynx, Mangusta i Ka-50 Hokum. Izvidnički zrakoplovi kao što je OV-1 bit će zamjenjeni vrtotetom RAH-66 Comanche američke tvrtke Boeing-Sikorsky te OH-X japanske tvrtke Kawasaki. Čak i EW (engl., Electronic Warfare - elektronska borba) zrakoplovi imaju svog konkurenta u vrtotetima EH-60, Mi-17 Hip-K i Puma.

Sve više i više oružnički sustavi koji su bili rezervirani samo za zrakoplove instaliraju se ili barem testiraju na vrtotetima, tako da na današnjim izložbama zrakoplovne tehnike i naoružanja čovjek može naći iste oružničke sustave izložene i ispred zrakoplova i ispred vrtoteta. Ovaj novi trodimenzionalni model zrakoplovne snage postavlja vrtotet u ulogu tragača za strateškim kao i za tradicionalnim tak-tičkim ciljevima, a isto tako stavlja odgovornost za samozaštitu pred same vrtotetne snage.

Tijekom operacije **Desert Storm**, koalicione su zrakoplovne snage napadale strateške, operativne i taktičke ciljeve i to tijekom istodobnih napadaja mnoštva letjelica; ovo su bile paralelne a ne sekvenčne operacije. Čitava je iračka oružana sila došla pod udar bliskih simultanih napadaja tijekom 24 sata dnevno. Danas, ratno zrakoplovstvo može neprijatelja učiniti ranjivim bilo gdje u svijetu i u bilo koje doba dana. Desert Storm bio je jasna demonstracija onoga što može trodimenzionalni model ratovanja donijeti onome tko ga koristi a isto tako kakvu propast može donijeti dvodimenzionalni koncept ratovanja kada se primjenjuje u trodimenzionalnom svijetu.

Da bi zapovijedanje zrakoplovstvom postalo učinkovito prigodom operacionalizacije vrtoteta u holističkom trodimenzionalnom kon-

ceptu, nove operativne uloge vrtoteta moraju biti istražene. Povijesno gledano, vrtotetnim kapacitetima dodjeljivane su uloge na bojištu zasnivane na datoj predominantnoj operativnoj strategiji, iako su oni ipak posjedovali i druge kapacitete. Protuoklopni jurišni vrtoteti koji su trenutačno u operativnoj uporabi, kao i oni koji će uskoro biti, imaju veće kapacitete nego tankovi. Danas postoji samo nekoliko ciljeva na modernom bojištu koji se nalaze u bliskoj neprijateljskoj pozadini i koji nisu "dohvatljivi" za današnje PO vodene rakete. Glede učinkovitosti jurišnih vrtoteta prigodom gađanja ne-oklopnih ciljeva evo još nekoliko primjera. Tijekom operacije pod nazivom **Just Cause** u Panami vrtoteti Apache koristili su svoje rakete Hellfire za napadaj na zgradu glavnog zapovjedništva sa izvrsnim učinkom. Tijekom Desert Storma isti su Apache/Hellfire timovi bili pozivani da unište radarske postaje za rano uzbunjivanje, te vrtoteti Cobra za uništenje snajperista postavljenih na tornjevima.

Jurišni vrtoteti danas mogu nositi druge oružničke sustave kao što su rakete zrak-zrak Sidewinder, proturadarske rakete Sidearm i rakete Maverick za gađanje velikih visokovrijednih ciljeva. Dolar po dolar pa bi se moglo desiti da cijelo bojište uskoro bude "poplavljeno" vrtotetima koji lansiraju rakete Longbow, Brimstone, Trigat pa čak i MMW raketu Maverick. Lopta je sada u rukama konstruktora sustava protuzrakoplovog topništva te konstruktora raket zemljazrak. Tankovski oklop i protuzrakoplovna



Južnoafrički vrtotet CHS-2 Rooivalk naoružan je s protuoklopnim vodenim raketama ZT-3 Swift. Bilo je predloženo naoružavanje vrtoteta Rooivalk s POVR Brimstone kako bi se zadovoljili zahtjevi britanske vojske za novim borbenim vrtotetom (na tom natječaju pobijedio je Apache Longbow)

obrana godinama su pokretali nove razvojne cikluse jurišnih vrtoteta. Današnji vrtoteti koji mogu djelovati tijekom čitavog dana i u svim vremenskim uvjetima, sa 95 postotnom učinkovitošću te raketama sa "fire and forget" kapacitetima ne prate više ovaj ciklus; radije se jurišnim vrtotetima dodjeljuje zadaća obrane od neprijateljskih vrtoteta. Sposobnost je ovdje - ona samo treba biti pravilno usmjerena. Jurišni su vrtoteti konačno izvučeni iz drugog plana da bi mogli biti operacionalizirani kako bi odigrali još više uloga i izvršili još više misija nego do sada.

SUVREMENI LOVACKI RADAR

Jedan od najznačajnijih sustava kod danaonjih borbenih, naročito lovačkih zrakoplova je radar. U uvjetima na bojnom polju danaonjice zrakoplov bez pouzdanog radara velikog dometa i "state of the art" karakteristika osuđen je na uniotenje i prije nego uđe u borbu. Poznavajući tu činjenicu, zanimljivo je primijetiti da se trenutačno u svijetu razvija mali broj novih radara

Umjesto toga većina postojećih radarskih sustava se modifcira i dograđuje, ne samo u smislu poboljšanja borbenih sposobnosti uvođenjem novih modova rada već i u smislu poboljšanja pouzdanosti i lakoće održavanja sklopova, koji su dobri dijelom izrađeni prije deset i više godina, a zamisljeni još puno ranije. U ovom članku pokušat ćemo dati pregled najznačajnijih radara danas, po zemljama koje ih proizvode ili se spremaju započeti proizvodnju, njihovim bitnim karakteristikama u trenutku proizvodnje kao i kasnije planiranim i izvršenim poboljšanjima te smjerovima u kojima bi se mogao kretati razvoj radara u budućnosti.

Europa

Prihvaćanjem ugovora u ljeto 1993. godine utemljen je konzorcij GEC-Thomson Airborne Radar koji radi na razvoju radara **AMSAAR (Anglo French Airborne Multi-Role Solid-State Active-Array Radar)**. Očekuje se i suradnja Njemačke u programu, te je zato došlo do restrukturiranja konzorcija koji će se vjerojatno zvati GTDAR (GEC-Thomson Daimler-Benz Airborne

Radar). Antena će se sastojati od otprilike 2000 galij-arsenid modula za odašiljanje/prijam signala. Hardware za digitalno procesiranje radit će brzinom od 10 Gflop što je

Zvonimir MAHEĆIĆ
Thomson-CSF RBE2 za zrakoplove Rafale i u tijeku su testiranja u letu na zrakoplovima Falcon, Mirage 2000 i Rafale. Razvoj hard-



Radar RBE2 ugrađen je na lovac Rafale

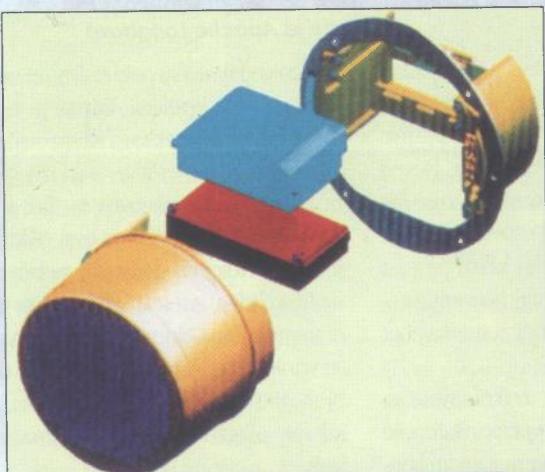
desetak puta brže od francuskog radara RDY /1 Gflop i oko pet puta brže od britanskog radara ECR-90). To će zahtijevati korištenje optičkih vlakana i pretvarača umjesto dosadašnjih električnih konektora za prijenos podataka. Optička vlakna su već isprobana u procesoru radara RBE2 za prijenos kritičnih vremenskih i sinhronizacijskih signala. AMSAAR bi mogao biti korišten za poboljšanje zrakoplova Rafale tijekom uporabe, što bi bilo jednostavnije od uvođenja aktivne rešetke na radar RBE2.

Francuska

Do sada je isporučeno 10 primeraka prototipa radara

Kompjuterska slika komponenti budućeg radara AMSAAR

warea je gotov te je u tijeku razvoj programske potpore potrebne za sve operativne načine rada. Radar ima sposobnost pretraživanja u **look-up** (motrenje gornje prednje polusfere) i **look-down** modu (motrenje donje prednje polusfere), identifikacije, automatskog praćenja više ciljeva i bliske zračne borbe. Otkrivanje ciljeva optimizirano je automatskim izborom vala na visokim, srednjim ili niskim frekvencijama sa sposobnošću njihovog uzastopnog izmjenjivanja. Sposobnost praćenja više ciljeva poboljšana je korištenjem antene s elektronskim skanišanjem koja može pratiti ciljeve bez obzira na njihov relativni položaj u prostoru. Osim toga, radar ima znatno poboljšane mogućnosti djelovanja u režimu zrak-zemlja kao i protubrodskim misijama. Radar je potpuno integriran u tzv. multi senzorski oružani sustav i zajednički rad sa EW sustavima (sustavi za elektronska i protuelektronska djelovanja) zrakoplova u realnom vre-



menu. Programibilni procesor signala ima 40 posto veću procesnu snagu od radara RDY iste firme, a zahtjeva samo polovinu prostora.



Mirage 2000-5 opremljen je radarom RDY

ra za smještaj zbog uporabe posebnih integriranih krugova. Obradu signala vrše 64 VLSI (very large scale integration - vrlo veliki stupanj integracije) procesora, a oprema za procesiranje radarskih signala i podataka smještena je u zajedničkoj modularnoj jedinici (LRU). Firma je započela rad i na razvoju modova za praćenje kontura terena i izbjegavanje terena koji će biti standardni za isporuku druge serije radara.

Istodobno, više od 100 radara **Thomson-CSF RDY** je naručeno za flotu Miragea 2000-5 u zrakoplovstvima Francuske, Katara i Tajvana, a nekoliko produkcijskih verzija je isporučeno do lipnja 1995. godine. To je višemodni radar koji ima sposobnost otkrivanja ciljeva koji lete vrlo nisko kao i vrlo visoko te na velikim daljinama, bez obzira na smjer njihovog leta i kut u odnosu na radar. Koristi visoke PRF za otkrivanje niskokletećih ciljeva na velikim daljinama, niske PRF za otkrivanje visokokletećih ciljeva, i srednje PRF za otkrivanje ciljeva koji se kreću u svim smjerovima na srednjim daljinama uz prisutnost šuma od zemlje (clutter) u povratnom signalu. Ovaj sustav pokazuje pilotu analizu taktičke situacije, nudi praćenje više ciljeva kao i IFF (identification friend or foe - identifikacija prijatelja ili neprijatelja) sposobnost. Modovi djelovanja pri zračnoj borbi omogućuju mapiranje zemlje visoke rezolucije kao i konturno mapiranje. U ovom

režimu RDY može otkrivati i pratiti ciljeve koji miruju kao i ciljeve u pokretu, te omogućuje mjerjenje udaljenosti za napadajuće na zemaljske ciljeve. U režimu djelovanja zrak-morska površina ovaj radar otkriva i prati površinske ciljeve čak i pri vrlo velikim valovima. Tzv. sintetičko razdvajanje (synthetic aperture) kao i dopplersko izostravljivanje zrake koriste se u modu mapiranja zemlje u svrhu poboljšanja rezolucije. Obradu signala vrše procesor vrlo velikih sposobnosti i brzinu proračunavanja. Tvrdi se da ima brzinu od 100 MCOPS-a (sto milijuna kompleksnih operacija u sekundi) u odnosu na npr. američki radar APG-70 koji postiže 33 MCOPS-a. Ima antenu s faznom rešetkom od 60 cm promjera.

Japan

Tajnovitost karakteristična za razvoj radara s antenama baziranim na aktivnim faznim rešetkama okružuje i razvoj impulsno-dopplerskog radara firme Mitsubishi Electric za lovački zrakoplov **F-SX** koji se temelji na zrakoplovu F-16. Radar ima antenu s aktivnom faznom rešetkom 66 cm promjera te se sastoji od 750 modula od kojih svaki generira radarsku zraku kontroliranu od računala. Posjeduje sposobnost praćenja pri skaniranju (TWS - track-while-scan). Ipak, ponešto o tehnologijama koje će biti primi-

zaključili su da se korištenjem tehnike podešavanja PRF (pulse repetition frequency - frekvencija ponavljanja impulsa) može korištenjem nižih PRF postići odnos signal/buka jednak onome kada se koristi mod s visokim PRF. Odbacivanje šuma pri tome je proporcionalno broju zraka koje se koriste.

Kina

Današnji kineski radari kao npr. **JL-7** (po nekim izvorima PL-7) koriste konvencionalne parabolične antene, ali je razvoj antene s faznom rešetkom vjerojatno u tijeku. Ovo je monopulsni radar koji radi u tzv. Ku-frekventnom opsegu po američkoj vojnoj sistematizaciji (J frekventni opseg po NATO standardu), podržava više zrak-zrak (pretraživanje od 400 m do 30 km daljine, 45 stupnjeva lijevo ili desno u odnosu na smjer leta, ručni zahvat cilja, napad/praćenje cilja do 15 km daljine 45 stupnjeva lijevo ili desno u dnosu na smjer leta i do 700 m visine nad zemljom i sl.) i zrak-zemlja (zahvat cilja, napad i sl.) modova. Radi u suradnji s računalom za kontrolu paljbe, IFF uređajem, HUD-om i ciljnikom. Radar se sastoji od 18 modularnih (LRU) jedinica smještenih u nosu zrakoplova i pilotskoj kabini. Ima horizontalno polariziranu antenu sa širinom zrake 3,4 stupnja po smjeru, te 5,6 stupnjeva po visini i osjetljivosti od 30 dB. Težina susta-



Na kineskim lovцима J-8 II vjerojatno je ugrađen monoimpulsni radar JL-7

jenjene može se razabrati iz razvojnih dokumenata objavljenih od proizvođača. Prva generacija aktivno skaniranih rešetki može generirati samo jednu radarsku zraku promjenjivu po smjeru i obliku. Očekuje se da će sljedeća generacija imati sposobnost generiranja više zraka istodobno. Eksperimentalni radar (koji vjerojatno ima funkciju demonstratora tehnologije za F-SX) demonstrirao je sposobnost promatranja cilja korištenjem više zraka. Stručnjaci u Mitsubishi Electricu

va je 115 kg, a razvija snagu od 75 kW.

Posljednjih godina kineski stručnjaci bave se pronalaženjem jeftinijih načina za smanjenje efekta šuma na radarima s faznom rešetkom ali za sada nisu poznati rezultati koje su postigli.

Rusija

Rusija (odnosno bivši Sovjetski Savez) je bila prva zemlja koja je proizvela i uvela u

operativnu uporabu radare s elektronskim skaniranjem. Najpoznatiji je radar **SBI-16 Zaslon** za presretac MiG-31. Korištenje antene ovog radara bazirano je na pasivnom elektronskom skaniranju. Kontrola zrake ostvaruje se pomoću feritnih izmjenjivača faze. MiG-31 opremljen ovim radarem bio je prvi sovjetski odnosno ruski zrakoplov sa sposobnošću look-down/shoot-down (otkrivanja/gađanja ciljeva u donjoj polusferi). Sustav je bio kreiran za otkrivanje i presretanje niskoletičih zrakoplova i krstarečih raketa korištenjem impulsnodoplarskog radara velikog dometa s faznom rešetkom. NATO naziv radara je Flash Dance, a radar je razvijen za vođenje raketa zrak-zrak AA-9. Smatra se da u temelju odgovara američkom radaru AWG-9, što je moguće ako se prisjetimo nagađanja da je Rusija uspjela od Irana dobiti primjerke američkih zrakoplova F-14A Tomcat opremljenih radarem AWG-9. Radi u području niskog X-frekventnog opsega (oko 9 do 9,5 GHz). Domet pretraživanja je oko 300 km a praćenja oko 270 km. Ima sposobnost istodobnog praćenja 10 ciljeva i napada na 4 cilja odjednom.

Nedostatak tehnologije elektronskog upravljanja radarskim zrakom primijenjene na Zaslonu je da ugradena oprema ima veliku masu i troši preveliku količinu energije da bi se mogla primijeniti na manjim radarima. Testiranja su međutim pokazala da je moguće primijeniti novu tehniku radi smanjenja potrošnje energije. Umjesto pojedinačnog kontroliranja svakog modula, oni su u rešetki povezani u horizontalne i vertikalne nizove što smanjuje kompleksnost upravljačke elektronike. Na temelju ove tehnologije tek treba biti razvijen prototip funkcionalnog radara.

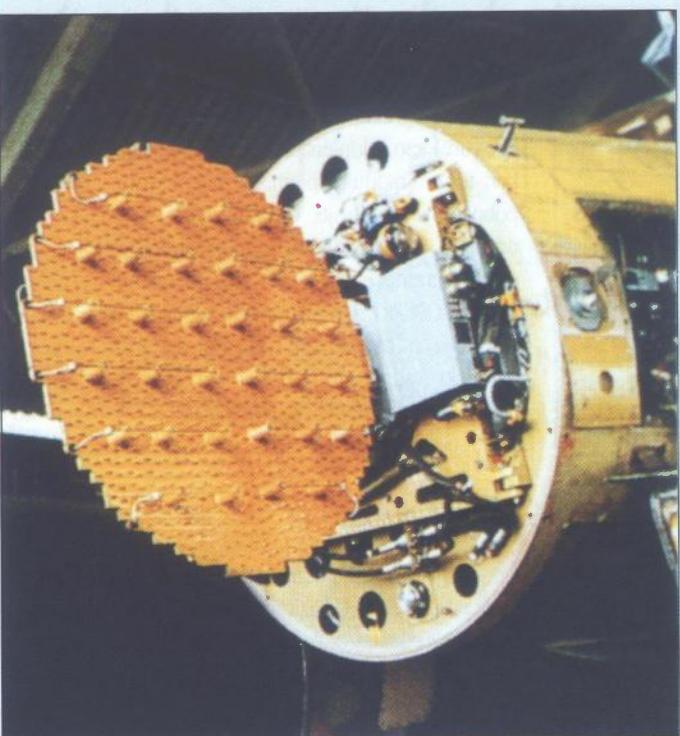
Radar **Zhuk**, NATO naziv Slot Back, ušao je u operativnu uporabu na zrakoplovima MiG-29 i Su-27, te se smatra da ima karakteristike koje odgovaraju američkim APG-63 i APG-66 radarima na zrakoplovima F-15 i F-16. To je trokanalni monopulsni sustav koji koristi visoke PRF u modovima rada pri zračnoj borbi. Ima sposobnost zrak-zemlja kao i sposobnost praćenje terena. Biro Phazotron planira sličnu modifikaciju kao i kod američkog radara APG-73 kojom bi se koristila antena s faznom rešetkom na radaru Zhuk PH koji se razvija za zrakoplove Su-30 i Su-35. Nova antena mogla bi skanirati preko kutova od +/-60 stupnjeva po smjeru i visi-

ni. Maksimalni domet protiv ciljeva u dolasku bio bi 165 km s mogućnošću određivanja brzine cilja, odnosno 140 km s mogućnošću

Prva, Super **Kopyo** imao bi procesore veće propusnosti signala i podataka, dok bi druga varijanta, radar Phantom, kombinirala antenu, odašiljač i prijamnik radara Kopyo s procesorom signala i podataka firme Thomson-CSF iz radara RDY, kao i zajednički razvijene jedinice za analogno procesiranje. Detaljni podatci o ovoj kooperaciji još nisu objavljeni. Najveći problem bit će pronađenje jeftinog i efikasnog rješenja integracije francuske i ruske opreme, no u Thomson-CSF vjeruju da je to moguće. Naravno, postavlja se i pitanje strateške opravdanosti ovakve kooperacije, te odgovora na vrlo jednostavno pitanje: tko će koga bolje iskoristiti, odnosno tko će ovom suradnjom, ako do nje dođe, više dobiti.

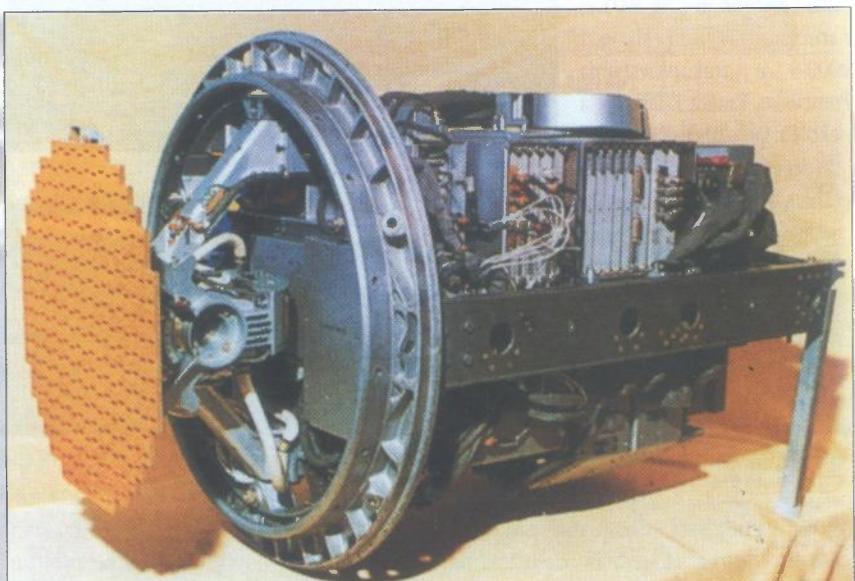
U ruskom časopisu Radiotekhnika nedavno je objavljen i članak (autori B.

F. Vysotskij i N. V. Sretenskij) u kom se razmatra mogućnost korištenja radara koji bi odašiljali signale u dva ili čak tri frekventna područja, i koristila na displayima različite boje za prikazivanje odraza u različitim frekvencijama. Eksperimentalni radar koji radi u valnim duljinama od 3.2 cm (I frekventni opseg), 2.0 cm (J frekventni



Lovci Su-27 i MiG-29 opremljeni su radarem Zhuk (na slici je instalacija na Su-27)

određivanja daljine. Radar Zhuk 27 (prva inačica) opremljen je antenom s mehaničkim pretraživanjem i ima domet u prvom slučaju od samo 100 km. Protiv ciljeva u odlasku domet radara Zhuk PH pada na samo 60 km, a radara Zhuk 27 na 55 km. Predložena primjena procesora signala s višim performansama povećala bi maksimalni domet u



Radar Kopyo namijenjen je za ugradnju u modernizirani MiG-21-93

prvom slučaju na 245 km, a u drugom na 183 km. Radar bi tada mogao skanirati do 24 cilja istodobno, održavati praćenje do 8 ciljeva i izvršavati istodobne napadaje na 6-8 ciljeva.

Najavljeni su također i dvije varijante radara Kopyo za ugradnju na lovac MiG-21.

opseg) i 0.8 cm (K frekventni opseg), podatke prikazuje u crvenoj, zelenoj i plavoj boji na višebojnem displayu. Objavljeno je da je pratio ciljeve koji su letjeli brzinama do 3 Macha, na visinama do 25.000 m. Pokazao je dobru diskriminaciju prirodnih i umjetnih

objekata na zemljištu, pri motrenju površine. Autori vide ovaj eksperimentalni radar kao temelj za budući lovački radar.

SAD

Proizvodnja radara Hughes APG-70

koji se koristi na zrakoplovima F-15 Eagle američkih zračnih snaga (USAF) završila je u svibnju 1993. godine, nakon što je isporučeno više od 250 sustava. Ovaj radar je znatno poboljšana varijanta radara APG-63. Ima veću daljinu otkrivanja ciljeva u look-down modu, a postignuto je i povećanje MTBF za trećinu. Pri proizvodnji korištena je VLSI tehnologija što je rezultiralo povećanjem brzine programabilnog procesora signala za pet puta i povećanjem memorije za tri puta. Poboljšane su i ECCM (electronic counter-countermeasures) karakteristike. U zrak-zrak režimu radar podržava različite modove za pretraživanje kao npr. mjerjenje udaljenosti tijekom skaniranja (range-while-scan) s visokim PRF, srednjim PRF i preklapanjem PRF, te pretraživanje po brzini (velocity search), zatim praćenje jednog cilja (single target track), TWS mod i sl. U zrak-zemlja modovima može stvoriti sliku visoke rezolucije (jedan od

70\$, te da će zajedno s doknadnim dijelovima proizvodnja trajati do 1999. godine. Varijanta namijenjena za izraelske F-15I vjerojatno će ući u proizvodnju 1996. godine. Istodobno USAF razmatra potrebu za nadogradnjom ili zamjenom postojećih APG-70 ugrađenih u flotu F-15E negdje nakon 2000.



Radar APG-63 na F-15A

godine, no odluka još nije donesena.

Potencijalni kandidat koji bi trebao zamijeniti radar APG-70 na lovcu F-15 je Hughes APG-63(V)1. Spomenuta tvrtka već je dobila 152 milijuna dolara vrijedan ugovor od tvrtke McDonnell Douglas Aerospace u listopadu 1994. godine da započne rad na razvoju ove poboljšane verzije APG-63 radara. APG-63(V)1 trebao bi riješiti velike probleme oko potpore i održavanja radara APG-63 koji se koristi u više od 350 F-15 C/D koji pripadaju USAF-u, kao i približno 350 F-15 C/D u službi u zračnim snagama Izraela, Japana i Saudijske Arabije. Jedan od zahtjeva pri razvoju ovog radara bio je postizanje 60 sati rada između kvarova (MTBF - mean time between failure) što bi smanjilo vrijeme

jnih EMD (Engineering and Manufacturing Development) jedinica.

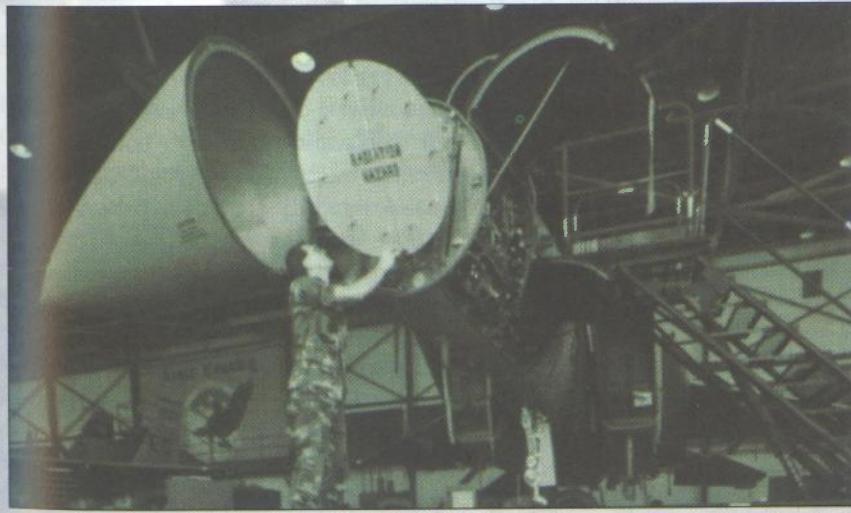
U početku prošle godine predan je u operativnu uporabu prvi F-16 preuređen po poboljšanom standardu prihvaćenom od Belgije, Danske, Nizozemske i Norveške. Poboljšanja se većinom odnose na radar

Westinghouse APG-66 koji je sada dobio oznaku APG-66(V)-2A.

Sva poboljšanja su u obliku dodatnih kompleta koji će biti ugrađeni od korisnika. Pri tome su postojeći radarski kompjutor i

zamjenjive jedinice procesora digitalnih signala kombinirane u jedan procesor signala i podataka sedam puta veće brzine i dvadeset puta većeg kapaciteta memorije u odnosu na prijašnji model. Pojačana je snaga odašiljača kao i osjetljivost i propusnost prijamnika. Ove promjene su povećale domet detekcije više od 25 posto, pouzdanost za 40 posto, smanjile masu sustava za 16 posto, i omogućile TWS način rada protiv do 10 ciljeva istodobno. Uz to, ovaj način rada omogućuje praćenje informacija o pretraživanju za još 64 dodatna cilja. Ovaj način rada dostupan je u rasponu od 120 stupnjeva u odnosu na smjer leta, no kada se u tijeku borbe obrazac pretraživanja smanji na 50 stupnjeva, novi situacijsko-upozoravajući način rada omogućuje da radar povremeno obrati pažnju na poznate ciljeve koji leže izvan smanjenog kuta pretraživanja da bi održao praćenje tih ciljeva. Dodana je i potpora za istodobno korištenje do 6 raketa. Radar omogućuje zrak-zrak i zrak-zemlja modove rada u svim vremenskim uvjetima, protiv ciljeva koji se kreću u svim smjerovima, u okolini zasićenoj šumom te uz mogućnost napada po sistemu look-up/shoot-up (skaniranje/gađanje ciljeva u gornjoj polusferi) i look-down/shoot-down. MTBF je povećan na više od 210 sati rada, a vrijeme potrebno za otkrivanje pogreške u radu i zamjenu pokvarene jedinice je 5 minuta. Modificirani radar sada podržava pokazivač u boji koji omogućuje četiri puta bolju rezoluciju u modu mapiranja terena. Također podržava korištenje BVR raketa zrak-zrak te ima dovoljno dostupne memorije da omogući obradu podataka za prepostavljenja buduća poboljšanja kao što su dodavanje FLIR uređaja ili uređaja za upozoravanje na protivničke rakete.

(nastavit će se)



Proizvodnja radara APG-70 za lovce F-15, koji predstavlja poboljšan APG-63, završila je 1993. godine

zahtjeva razvoja sustava bio je npr. postizanje rezolucije od 2,6 m na 37 km daljine). Proizvodna linija je ostala otvorena proizvodeći rezervne dijelove sve do isporuke prvog radara za saudijske F-15S u studenom 1994. godine. Prvi sustav spreman za ugradnju u F-15S isporučen je konačno u travnju 1995. godine. Očekuje se da će biti proizvedeno 72 sustava označena kao APG-



CASA

MOTRENJE GOSPODARSKOG POJASA I TERITORIJALNOG MORA

Suvremeno međunarodno pravo mora daje obalnim državama mnoga prava i obveze nad morskim prostranstvima, što im nalaže i potrebu učinkovitog motrenja pučine

(I. dio)

Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora iz 1982. godine (Montego Bay) prilaganjem šezdesete ratifikacije i prolaskom jedne godine stupila je na snagu 16. studenoga 1994. godine. Radi se o jednom od najvažnijih međunarodnih sporazuma, kojim su zamjenjene četiri ženevske konvencije o pravu mora iz 1956. godine, kao i odredbe običajnog prava. Konvencija UN o pravu mora, koja se primjenjuje na oko 70 posto površine Zemlje, ima najveće značenje za obalne države i odražava se na njihove obrambene snage. Njezini opsežni propisi obraduju mnoštvo pitanja, uključujući pravo plovidbe trgovačkih, javnih, i ratnih brodova, zaštitu obale i morskog okoliša, odgovornost za žive morske izvore, te podmorska istraživanja. Konvencija također sadrži i međunarodni dogovor o različitim pomorskim pojasevima (teritorijalno more širine 12 Nm, mjereno od polaznih crta), uvodeći u pravo mora i pojam (isključivog) **gospodarskog pojasa** (engl. **Exclusive Economic Zone**, EEZ). Ovaj je pojas širok 200 Nm, mjereno od polaznih crta; obalne države ga moraju izrijekom proglašiti, a daje im **suverena prava** radi istraživanja i iskorištavanja, očuvanja i gospodarenja prirodnim bogatstvima mora i podmorja, i dr.; jurisdikciju u pogledu podizanja i uporabe umjetnih otoka, uređaja i naprava, znanstvenog istraživanja mora, zaštite i očuvanja morskog okoliša; te **druga prava i obveze**, od

Vili KEZIĆ

kojih spomenimo utvrđivanje dopustive količine lovine i promicanje optimalnog iskorištavanja živih bogatstava.

Unutar teritorijalnog mora, vanjskog pojasa (koji je zajedno s teritorijalnim morem širok do 24 Nm, a u njemu obalna država ima pravo nadzora radi sprječavanja i kažnjavanja povreda svojih carinskih, useljeničkih, fiskalnih, i zdravstvenih propisa), i gospodarskog pojasa, obalne se države susreću s mnoštvom prijetnji i opasnosti. To su primjerice: nedozvoljeno useljavanje, krijumčarenje (posebice droge), terorizam, piratstvo, i nedozvoljeno ribarenje. Dodajmo tome i pravo neškodljiva prolaska stranih brodova kroz teritorijalno more obalne države. Ovo pravo odnosi se na površinske ratne brodove i podmornice, a prolazak se definira kao neškodljiv sve dok ne narušava mir, red, i sigurnost obalne države.

Motrenje i nadzor pomorske mirnodopske situacije unutar teritorijalnog mora je naporno, ali ne i suviše teško jer se može uspješno provoditi s malim ophodnim brodovima ili obalskim radarima relativno skromnih značajki. Detekciju i praćenje dalekih objekata u gospodarskom pojusu, koji se na oceanima proteže do 200 Nm (370 km) od obale, nije moguće obavljati obalskim mikrovalnim radarima, jer tako visokih lokacija (8000 m) uzduž obalnog ruba, koje bi pružale radarski horizont do 200 Nm, gotovo da nema na Zemlji. Ova konstat-



Marisat/UDAP

acija ne važi za mala zatvorena mora na kojima se gospodarski pojasa, silom zemljopisne konfiguracije, proteže do mnogo manjih daljina od obale. Primjerice, u Jadranskom moru granica gospodarskog pojasa je oko 50 Nm od obiju obala, pa je za pokrivanje toga skraćenog horizonta dovoljna visina lokacije na obalskim planinama oko 500 metara.

Obalne zemlje koje zbog kratkog horizonta pomoći mikrovalnih radara ne mogu motriti i nadzirati svoj daleki gospodarski pojasa sa svojih niskih obala, to obavljaju drugim raspoloživim sredstvima, kao što su:

- **kratkovalni radari s površinskim valom**, koji ostvaruju velike domete motrenja objekata na moru i nisko iznad njega, bez obzira na nisku lokaciju antene na obali,

- **ophodni brodovi** kojima pretražuju golema prostranstva ekonomskih zona,

- **letjelice** koje podižu mikrovalne radare na visine s kojih se proširuje radarski horizont do granice gospodarskog pojasa.

U novije vrijeme razvijaju se i proizvode kratkovalni radari (engl. HF Over the Horizon - OTH) koji, koristeći fenomen proširjanja površinskog vala relativno niske frekvencije, manje od 5 MHz, postižu domete motrenja objekata na moru daleko iza horizonta. Površinski val "klizi" po površini i slijedi zakrivljenost Zemlje, ostvarujući domete otkrivanja niskoletićeih zrakoplova i brodova od 200 do 400 km, pa i više. Primjerice, kratkovalni radar SWR-503, proizvod tvrtke Raytheon, može detektirati velike brodove na daljinama do ≈500 km, brodove istisnine manje od 500 tona do 370 km, a zrakoplove dužine 10 m na udaljenostima do 200 km od obale, uz prekrivanje sektora od 120°. Golemi antenski sustavi OTH radara su fiksne instalacije na obali dužine i do 3 kilometra, a visoke do 40 m, što i nije preveliko za valnu dužinu oko 100 m i željeni kut snopa zračenja u horizontalnoj ravnini oko 2° koji skanira unutar sektora od 120°. Snaga odašiljača je od 100 kW do 1 MW. Ovi skupi radari neprihvataljivi su za mnoge zemlje, a za vojne namjene su nepraktični.

Krstarenje ophodnim brodovima u mirnodopskim uvjetima uzduž i pobjrijeko morskih

prostranstava gospodarskog pojasa mukotrpni je, skup i najmanje učinkovit način motrenja i nadziranja tih područja. Vremenske prilike i stanja mora koja se događaju na udaljenosti ma 200 milja od obale zahtijevaju uporabu ophodnih brodova prilične veličine i znatne autonomije plovjenja. Brodovi te kategorije obično su opremljeni motrilackim radarom ograničenog horizonta (jabol visine 30 m - radarski horizont 32 Nm) i najmanje jednim vrtloptom. Bilo koji

razarač ili fregata mogli bi obavljati ovaj posao, međutim, u mirnodopskim uvjetima oni bi bili suviše sofisticirani, presnažni i veoma skupi. Zbog toga mnoge zemlje traže za motrenje i nadzor gospodarskog pojasa manje, skromnije opremljene i jeftinije brodove, koje se može svrstati u dvije kategorije. Prvu kategoriju čine veći brodovi iznad 500 tona deplasmana (engl: Offshore Patrol Vessel - OPV), koji mogu djelovati do udaljenosti 200 Nm od obale u svim vremenskim uvjetima. Drugu kategoriju sačinjavaju brodovi manji od 500 tona, s ograničenom daljinom i autonomijom djelovanja.

Veliki OPV brodovi obično su opremljeni radarom za površinsko/zračno motrenje, navigacijskim radarom i elektrooptičkim senzorima, te topom srednjeg kalibra s pripadajućim sustavom za automatsko praćenje ciljeva. Ovi brodovi ponajprije su namijenjeni za djekovanja u mirnodopskim uvjetima protiv slabo naoružanih ciljeva. Međutim, neke zemlje pri narudžbi ovih brodova zahtijevaju i sekundarnu ratnu ulogu luke fregate, koja se postiže naknadnim dodavanjem projektila more-zrak, te protubrodskih i protupodmorničkih oružja. Na temelju posebnih zahtjeva raznih naručitelja, danas se u svijetu proizvodi niz OPV

Talijanski brod Cassiopea istoimene klase nadzire gospodarski pojasa. Puna istisnina je 1.475 t, a brzina 20 čv

Danska OPV fregata Thetis pune istisnine 3500 t ponajprije je namijenjena za nadzor nad ribarenjem, no u slučaju potrebe može ugradnja različitih sustava naoružanja



brodova različitih oblika, ali sličnih temeljnih karakteristika.

Zrakoplovi pomorske ophodnje vrše motrenje velikih morskih površina mnogo brže nego li je to moguće s površinskim brodovima.

Nakon završetka hladnog rata nekoliko većih zemalja modifciralo je i dopremilo svoje velike zrakoplove, koji su ranije bili namijenjeni pro-



**Na modificirane zrakoplove
Lockheed P-3C Update IV
Orion ugrađen je radar
AN/APS-137 (V) koji
uključuje i ISAR**

tupodmorničkoj borbi, te ih prilagodilo novoj namjeni motrenja i nadziranja gospodarskog pojasa. Ratna mornarica SAD je modifcirala zrakoplove Lockheed P-3C Orion, instalirajući na njih radare tvrtke Texas Instruments AN/APS-137, koji uključuju i takozvani ISAR radar (engl: Inverse Synthetic Aperture Radar), pomoću kojega se mogu identificirati ciljevi i po obliku. Međutim, za mnoge potrebe i manje letjelice - čije su nabavne i eksploatacijske cijene znatno niže od spomenutih modifciranih zrakoplova - mogu osigurati zahtjevanu razinu performansi. Westinghouse MSSA (multisenzorski motrični zrakoplov) je preinačeni zrakoplov Pilatus Britten-Norman Maritime Defender opremljen motričkim radarem AN/APG-66SR s antenom koja rotira za 360°, smještenom u gomoljastom nosu, i elektrooptičke senzore. Ovaj zrakoplov može krstariti 7 sati brzinom od 165 do 185 km/h.

Zrakoplovi CASA C-212 (švedska obalna straža) ili Dornier Do 228 (indijska, nizozemska i finska obalna straža) nose SLAR radare (engl: Side Looking Airborne Radar) za bočno motrenje, koji predstavljaju vrijedan dodatak konvencionalnom motričkom radaru na zrakoplovu. SLAR radari mogu, obavljujući različite paravojne zadatke, pretražiti 15.000 km² morske površine na sat i na njoj detektirati čamce za spasavanje ili uljne mrlje, a ribarske brodove na dvostruko većoj površini. Velike trgovačke brodove SLAR može otkriti na površini od 60.000 km² tijekom jednog sata leta, motreći s obe strane zrakoplova pojasa širine 80 km.

Jeftiniji način povećanja radarskog horizonta od gore opisanog postiže se stacionarnim balonima koji podižu radar na visinu s koje se može motriti interesantna površina mora. Carinska služba SAD koristi balone dužine 71 m, na kojima je instaliran radar Westinghouse TPS-63, a kojega se podiže na visinu od oko 3.000 do 3.500 m iznad obale, koja pruža horizont do 240 km. Ovi baloni mogu ostati u zraku neprekidno 30 dana i obavljati svoju funkciju i uz brzinu vjetra od 60 čvorova. Prosječna cijena jednog sata rada

balona iznosi od 500 do 700 dolara, što je znatno jeftinije od zrakoplova. Neki brodovi Obalne straže SAD opremljeni su balonima koji se izdižu iznad broda na visinu oko 800 m, proširujući tako radarski horizont do 120 km.

Motrenje i nadzor gospodarskog pojasa s obale

Motrenje pomorske situacije na smanjenom gospodarskom pojusu, u relativno uskim morima, najučinkovitije se može realizirati s visokih obalskih planina koje su razvučene uzduž obalnog ruba. Međutim, države s niskom obalom, usprkos suženom gospodarskom pojusu, prisiljene su rabiti jedan od prije opisanih načina motrenja, odnosno povećanje radarskog horizonta. Zemlje s visokim obalskim planinskim nizom i s eventualnim arhipelagom visokih otoka, raspolažu s velikom ponudom lokacija za formiranje uinkovitih radarskih mreža za motrenje dalekih objekata na i iznad površina mora gospodarskog pojusa, a i plovila u području teritorijalnog mora.

Pri projektiranju obalskih radarskih mreža racionalno i uobičajeno je planirati njihovu uporabu za mirnodopske i ratne uvjete, pa shodno tome odabirati adekvatne radarske sustave i načine njihova instaliranja na obali. Ratna komponenta znatno povećava kompleksnost radara i objekata njihova smještaja, zbog toga što osim nepovoljnih prirodnih pojava, koje smanjuju učinkovitost radarskog motrenja, u ratu će se sigurno generirati i neprijateljski elektromagnetski okoliš kojemu se treba suprotstaviti, a pojavljuje se i opasnost od fizičkog uništenja radara od koje se treba zaštiti instalacija na obali. Taktički radari, koji će se rabiti u modernim borbenim scenarijima, trebat će obradivati veću gustoću ciljeva i detektirati daleke objekte vrlo malih radarskih površina i



ekstremno velikih brzina. Ovi dodatni "ratni" zahtjevi znatno povećavaju cijenu ovih sposobnijih i zilavijih radara u odnosu na cijene "mirnodopskih" radara, što je imalo, i imat će bitnog utjecaja pri projektiranju obalskih radarskih mreža.

Bez obzira na projektnu odluku, "mirnodop-

Antena radara AN/APG-66SR u nosu MSSA

ski" i "ratni" radari trebaju detektirati objekte u uvijek prisutnom nepovoljnem prirodnom okolišu (kiša, magla, refleksija od mora i kopna), međutim, to okruženje na utječe jednako na sve obalske radarske mreže instalirane na različitim visinama. Zavisno od načina djelovanja prirodnih pojava s jedne, i specifičnim karakteristikama радара s druge strane, motreni prostor iznad morske površine može se fiktivno podijeliti na tri volume:

- **volumen "A"** nisko iznad površine mora do udaljenosti od 30 do 40 km od obale u kojemu se motre poglavito površinski objekti,

- **volumen "B"** visoko iznad površine mora, od donjih granica 1000 do 2.000 m pa sve do gornjih granica od 15.000 do 25.000 m i do daljine 200 do 400 km, u kojemu se detektiraju isključivo letjelice,

- **volumen "C"** koji je između volumena "A" i "B", od površine mora do visine oko 3.000 m i daljine do oko 150 km, u kojemu se detektiraju i prate površinski i zračni objekti.

Osim različitih prirodnih uvjeta koji se susreću u tim volumenima, različiti su i interesi glede veličine i vrste objekata koje u njima treba detektirati, te glede sposobnosti razlučivanja bližih objekata po daljinu i azimutu.

U volumenu "B" male letjelice treba detektirati na granici gospodarskog pojasa (370 km), što je složena radarska zadaća u čistom prostoru, a posebno teška ako to treba obavljati u prisutnosti jakih refleksija radarske energije od mora i kopna. Da bi se olakšao posao radarima za motrenje volumena "B" (radar "B"), zračena energija radara ne tangira morskou površinu (osim na malim daljinama od obale), eliminirajući na taj način odraze od mora. Naime, odrazi od morskih valova opterećuju signal procesor lažnim "ciljevima" koji mogu imati karakteristike slične relnim objektima, a osim toga radari "B", oslobođeni od borbe s morskim clutterom,

terom, imaju na raspolaganju maksimalnu osjetljivost radarskog prijamnika, ostvarujući tako enormne domete detekcije. Treba imati na umu da ovi golemi i skupi radari (primjerice: impulsna



CASA

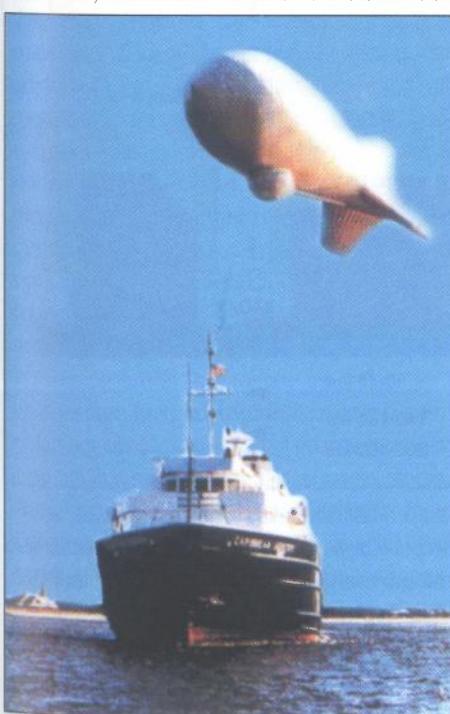
Tri zrakoplova CASA C-212 švedske Obalne straže za nadzor pomorskog prometa, ribarenja i zagađivanja morske nose radar za bočno motrenje (SLAR), infracrveni/ultraljubičasti skener, te topotnu i televizijsku kameru

snaga oko 5 MW, frekvencija oko 1300 MHz, MTI, antena 13 m x 7 m) za motrenje zračnog prostora ne mogu vidjeti niskoleteće zrakoplove čak ni kada su instalirani na visokim lokacijama, pa tako npr. s nadmorske visine od 1000 m radar ne "vidi" na udaljenosti 200 km (zakrivljenost Zemlje) zrakoplove koje lete na visinama manjim od 2300 m. Detekciju tih letjelica na manjim visinama u srednjem volumenu "C" obavljaju radari posebne namjene, tzv. popunjavači praznina (engl: Gap Filler), koji moraju obavljati vrlo složene zadaće detekcije dalekih i malih ciljeva iznad, ili neposredno na morskim valovima, što spada u najslожenije probleme radarske tehnike.

Posebna pozornost u ovom članku posvećena je radarima "A" i "C" volumena.

Volumen "A" prekriva površinu nešto veću od teritorijalnoga mora, od oko 25 do 40 km od obale, gdje je prosječna gustoća plovila velika, gdje većina brodova ima relativno veliku radarsku površinu, i gdje prirodni okoliš može smanjiti vjerojatnost detekcije te otežati praćenje objekata radarem. U ovom ambijentu susreću se i mali plovni objekti, od dobromanjernih ribarskih i športskih čamaca do nedobromanjernih krijumčarskih brzih glisera specijalne konstrukcije s ekstremno malom radarskom površinom (engl: Radar Cross Section - RCS), a u ratnim uvjetima postoji mogućnost pojave gumenih diverzantskih čamaca, malih podmornica i protubrodskih projektila.

Radarsko praćenje velikih brodova, naročito u uvjetima slabe vidljivosti, osigurava učinkovitu regulaciju pomorskog prometa i izbjegavanje sudara na moru, dok je detekcija malih plovila interesantna službama nadzora i zaštite državnog suvereniteta te organizacijama za traganje i spašavanje na moru. Radarske površine tih malih "mirnodopskih" plovila kreću se od 0,5 m² do 2 m² i više. Primjerice, krijumčarski čamac dužine 10 m, sa snažnim motorima prekrivenim apsorpcijskim tvorivom, izgrađen od stakloplastike ima radarsku površinu od samo 0,6 m² do 1,2 m². Radi usporedbe, niskoleteći protubrodski projektili



Brod Caribbean Sentry za opredjelu teritorijalnog mora i gospodarskog pojasa s vezanim balonom punjenim helijem na kojem je instaliran radar APS-128J, a kog se može izdići na visinu oko 800 m s koje vidi brodove do daljine 110 km

(gleđano prema nosu rakete), predstavljaju radarsku površinu od oko 0,1 m².

Nešto veća plovila, kao što su jahte i brodići dužine od 15 do 20 m, mogu imati srednju radarsku površinu od oko 10 m². Na temelju niza mjerjenja radarskih površina velikih ratnih brodova

potrošnje" (npr. brodski navigacijski radar), koji je instaliran na obali.

U mirnodopskim uvjetima 99 posto objekata u volumenu "A" su plovila relativno malih brzina u odnosu na letjelice, pa su adekvatni radari ove "niske" radarske mreže jednostavnije i jeftinije konstrukcije od radara u mreži za motrenje volumena "C". Naime, najvažnija zadaća radara "C" je detekcija malih niskoletećih letjelica većih brzina, a što se može obavljati s visokim stupnjem vjerojatnosti jedino uz brisanje fiksnih ili sporih cluttera od kopna i mora, odnosno MTI (Moving Target Indication - MTI) tehnikom koja koristi brzinu cijeva kao naznaku koja ih izdvaja od fiksnih odraza sličnih amplituda.

Iako obalski radari "A" djeluju u istom prirodnom okolišu kao i brodski navigacijski radari, njihove konstrukcije i cijene se razlikuju, pa je obalski radar, koji detektira 2 m² na nekoliko puta većoj daljini nego brodski navigacijski radar, skuplji od njega desetak puta. Naime, karakteristike brodskih radara definirane su IMO (International Maritime Organisation) propisima o opremanju civilnih brodova, prema kojima oni trebaju detektirati objekte određenih veličina, koji su interesantni sa stanovišta navigacije, na određenim daljinama od broda (vidi tablicu). Ovim zahtjevima udovoljavaju svi proizvođači brodskih navigacijskih radara u svijetu, poglavito ne nudeći bolje performanse, jer bi to sigurno poskupilo njihove proizvode, odnosno smanjilo njihovu konkurentnost na tržištu.

Obalski radari "A" veće domete detekcije ostvaruju povećanjem efektivne zračene elektromagnetske snage (Effective Radiate Power - ERP =

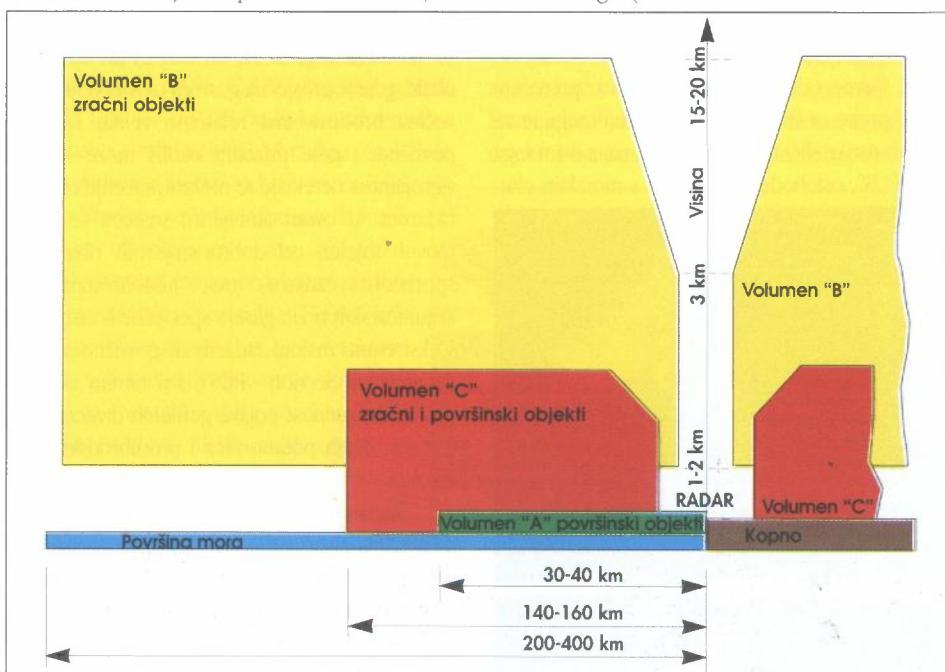
Zahtijevani dometi detekcije brodskih navigacijskih radara od IMO-a

Motreni objekt	Daljina detekcije radar-objekt
- obala visine 60 m	20 Nm
- obala visine 7 m	7 Nm
- brod 5000 GT	7 Nm
- brod duljine 10 m	3 Nm
- plutača (reflektor) 10 m	2 Nm

od 2000 do 17.000 t pune istisnine, došlo se do zaključka da njihova srednja radarska površina (gruba procjena) odgovara punoj istisnini broda u tonama (RCS (m²) ≈ D(t)). Treba naglasiti, da zavisno od azimutnog kuta gledanja prema brodu (prema pramcu, krmi ili boku), odnos maksimalne i minimalne RCS ratnog broda može biti veći od 10 puta. Također je interesantno upozoriti na činjenicu, koja može biti važna u slučaju radarskog motrenja broda s velikih visina, da se refleksna površina broda smanjuje s povećanjem kuta gledanja u vertikalnoj ravnini između radarskog snopa i površine mora. Pri mjerjenjima radarske površine jednog minolovca ustanovljeno je da se RCS smanjila oko 20 dB (100 puta) pri promjeni kuta gledanja od 1,3° do 8,7° za određeni azimutni kut.

Radarska detekcija tih velikih brodova na krajnjoj granici volumena "A" i u najnepovoljnijim meteorološkim uvjetima pri velikim valovima, ne

Presjeci triju fiktivnih volumena prostora motrenja iznad morske površine, s posebnim specifičnostima
- volumen "A", u kojem se motre samo površinski objekti do udaljenosti 40 km od obale, uz morski clutter
- volumen "B", u kojem se motre zračni objekti do velikih udaljenosti, bez značajnijeg utjecaja morskog cluttera
- volumen "C", je između volumena "A" i "B", u kojem se motre površinski i niskoleteći objekti uz jaki morski clutter



predstavlja posebno složen radarski problem, te se ona realizira s visokim stupnjem vjerojatnosti. Međutim, radarski odrazi od dalekih malih objekata (1.2 m²) na valovitom moru, reda su veličine odraza od valova, pa je vjerojatnost detekcije mala, a skoro nikakva ako se takvi objekti pokušavaju otkriti nekim komercijalnim radarom "široke

snaga odašiljača radara x dobitak antene), odnosno povećavajući snagu odašiljača i koncentrirajući zračenu energiju u uži snop u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Povećanje koncentracije energije, na određenoj frekvenciji radara, rezultira u većim protežnostima antene, što na obali ne predstavlja ograničavajući čimbenik kao na brodu. Zbog

čvrstog tla pod "nogama", širina antenskog snopa obalskog radara u vertikalnoj ravnini može biti znatno uža (od 3° do 5°) nego na brodu koji se ljujla i posrće, te brodski navigacijski radar ima znatno širi snop u vertikalnoj ravnini (oko 20°).

Tipične radare za motrenje volumena "A" proizvela je francuska tvrtka Thomson-CSF, i to modele TRS 3405, TRS 3410 i SCORE. Antenski snop radara TRS 3405 je širok u horizontalnoj ravnini $0,24^{\circ}$, a u vertikalnoj ravnini je "interventni cosec²" koji usmjerava veći dio zračene snage prema većim udaljenostima na površini mora. Dobitak antene je 44 dB, snaga odašiljača 200 kW u "I" frekvencijskom opsegu ($8 - 10$ GHz), a trajanje impulsa je $0,05\mu s$. Moderniji radar SCORE koristi antenu s paraboličnim reflektorom $4,8$ m, dobitka 42 dB, širine snopa po azimu $0,55^{\circ}$ i 3° po elevaciji, s kružnom i linearnom polarizacijom. Radar je također u "I" opsegu, a širina komprimiranog impulsa je $0,02 \mu s$. Radar TRS 3410 je pokretna inačica radara TRS 3405 koji, s antenom $4,8$ m na prikolici, s nadmorske visine $40-50$ m može detektirati male čamce na udaljenosti od 25 km, a veće brodove na 40 km.

Volumen "C" motri treća radarska mreža namijenjena ponajprije detekciji niskoletićih letjelica, a zatim i plovila na moru do najvećih udaljenosti koje se mogu "vidjeti" s vrhova obalnih i otočnih planina, što se često poklapa i s potrebama pokrivanja smanjenog gospodarskog pojasa u uskim morima. Kako ova obitelj radara popunjava nemotren prostor između volumena "A" i "B", a zavisno od globalnog koncepta funkcioniranja obalskih radarskih mreža u mirnodopskim i ratnim uvjetima, obično se njima definira i minimalna daljina motrenja kako bi se njihovi signal-procesori rasteretili od jakog bliskog cluttera i mnoštva priobalnih plovila koja se nadziru mrežom "A".

Budući da radari za motrenje volumena "C" (radari "C") obavljaju i u miru paravojne zadaće, detektirajući i prateći male zrakoplove u akcijama spasavanja ili identifikacije, male brodiće u opasnosti, kočarice u krivolovu, ilegalne čamce sumnjivih namjera, i to u teškim meteorološkim uvjetima, oni trebaju udovoljiti vrlo složenim tehničkim zahtjevima koji su blizu onima za radare vojne namjene. Stoga se "C" radari većinom konstruiraju i proizvode ponajprije za vojne primjene sa svim opcijama koje omogućuju uspješno djelovanje u ratnim okolnostima i u najnepovoljnijem prirodnom okolišu. Radar "C" je stotinjak puta skuplji od kvalitetnog brodskog navigacijskog radara, jer je on sposoban brzo izdvajati realne ciljeve iz gustog radarskog okoliša koji se sastoji od mnoštva ciljeva, ometačkih signala, chaff-ova, kiše, magle, morskog cluttera, na velikim daljinama i s visokom točnošću određivanja njihove pozicije. Takva učinkovitost rezultat je inkorporiranih elektroničkih protutrošta protiv mera (engl: Electronic Counter Counter Measures - ECCM) kao što su: različiti tipovi frekventne agilnosti (promjena frekvencije od impulsa do impulsa, ili od skupine do skupine

impulsa), MTI tehnike prikazivanja samo pokretnih ciljeva, kompleksno kodirani valni oblici koji koriste tehnike impulsne kompresije, smanjenje neželjenih bočnih snopova antene, te razne tehnike za eliminiranje signala ometanja i cluttera koji ulaze u prijamnik kroz bočne antenske snopove.

Osim ECCM suprotstavljanja "mekim" napadajima na radar, nužno je i ranjivu instalaciju radara zaštiti od fizičkih napadaja "pametnim" bombama ili ARM (engl: Anti Radiation Missiles - ARM) projektilima. Zavisno od topografije terena na obali ili otocima, neke zemlje pretežito koriste



Thomson-CSF

pokretne radarske instalacije, dok druge instaliraju radare u fiksne objekte - vertikalne silose pod zemljom iz kojih se samo izvlači antena za vrijeme operativne uporabe. Jedan i drugi tip instalacija, pri operativnoj uporabi radara, osjetljiv je na ARM projektil od kojih se eventualno mogu zaštiti isključenjem radarskog zračenja. Iako ova tehnika, ako je pravodobna, može zaštiti radar, ona zahtijeva prekid motrenja koji se može dogoditi u kručnjaku trenutku sukoba. Zbog toga su se razvijale druge tehnike zaštite od ARM projektila, od kojih jedna koristi odašiljač-mamac koji se postavlja na određenoj udaljenosti od antene radara. Prijamnik ARM-a hvata isti tip signala od radara i od mamac, pa se u nedoumici ona usmjerava prema točki između njih, čija je lokacija određena relativnim odnosom snaga dvaju odašiljača.

Radari "C" su znatno više izloženi nepovoljnim utjecajima morskog cluttera, nego radari u mreži "A", zbog veće visine instaliranja. Primjena brzih procesora velikog kapaciteta omogućila je selektivno suprotstavljanje clutteru, koristeći metode mapiranja morske površine, kojima se određuju područja većeg i manjeg cluttera ili bez cluttera, pa se samo na ugroženim područjima primjenjuju mjere potiskivanja cluttera.

Da bi te mjere bile djelotvorne, treba poznavati prirodu stvaranja valova na moru, interakciju između morskih i elektromagnetskih valova, te druge prirodne pojave na moru koje mogu utjecati na učinkovitost radarskog motrenja. Takva znanja su neophodna pri projektiranju obalskih radarskih mreža, jer na temelju njih se biraju visine lokacija pojedinih mreža i zahtijevaju parametri radarskih sustava za svaku mrežu.

Antena obalnog radara Thomson-CSF TRS 3405 koji je namijenjen motrenju površinskih objekata u volumenu "A". Njegova inačica TRS 3410 instalira se na pokretnim platformama

MINE - OPASNOST IZ DUBINA

Morske mine predstavljaju veliku prijetnju operacijama na moru, kao i trgovačkom brodovlju, stoga je borba protiv mina jedan od prioriteta svih ratnih mornarica, kako nekoć tako i danas



US Navy

(I. dio)

Morske mine predstavljaju veliku opasnost, koja prijeti kako izvođenju borbenih operacija na moru tako i prevozu ljudi i robe plovilima. Kako im doskočiti? - pitaju se mornarice obalnih zemalja.

Oko pedeset zemalja ima mine u operativnoj uporabi, tridesetak ih ima mogućnosti za proizvodnju ovog opasnog oružja, dok dvadesetak prodaje mine drugim državama. Već se mogu nabaviti vrlo napredne izvedbenih mina, a ovaj trend se posebice pojačao nakon raspada Sovjetskog Saveza, koji u pohrani ima iznimno veliku količinu od oko 450.000 mina. Mine ostvaruju znatno veći učinak (štetu koju prouzroče), nego što je njihova cijena. Primjerice, zbog iračkih i iranskih mina tri američka ratna broda su za vrijeme operacija u Perzijskom zaljevu od 1987. do 1991. godine pretrpjela ukupne štete od 125 milijuna dolara. Ovaj primjer objašnjava zašto su pojedini protuminski sustavi rasprostranjeni diljem svijeta, a proučavaju se i razvijaju novi sustavi, i to sve u cilju smanjenja ili potpunog uklanjanja opasnosti od mina.

Mine i načini rada

Danas se upotrebljavaju različite vrste mina, koje se kreću od vrlo jednostavnih kontaktnih do tehnološki jako zahtijevnih konstrukcija nekontaktnih mina. Obzirom na konstrukciju i način polaganja u more, razvijeno je nekoliko temeljnih tipova mina

Kontaktne sidrene mine za svoje djelovanje moraju

ostvariti kontakt s ciljem, a to se može postići bilo s "rogovima", bilo s antenama ili "brkovima". **Nekontaktnе mine** polazu se u more kao sidrene, ili što je češći slučaj, kao na dnu ležeće mine. Mogu se izvesti i kao pokretne mine, sa ili bez vlastitog pogona. Za svoje djelovanje, tj. opaljenje koriste jedno od fizičkih polja broda (akustičko, elektromagnetsko, hidrostatsko) ili kombinaciju tih polja. Današnji razvoj paljbenih sustava mina došao je do te razine da mina može raspoznati i čak birati cilj (brod koji se želi uništiti). Da bi se čim bolje pritajile, zamaskirale, mine koriste:

-**Brojac brodova**, koji aktivira minu kad preko nje prođe određeni broj brodova (primjerice, sedam brodova prođe preko mine bez štete, a ona eksplodira kad dode osmi);

-**Selekciju ciljeva**, tj. odabiru cilj pomoću određenog programa koji je ugrađen u paljni sustav (primjerice, paljni sustav će izazvati eksploziju ako joj se približi skupocjeni brzi jurišni brod, a neće reagirati na spori transportni brod);

-**Uredaj za samozaštitu**. Konstrukcija mine ne smije pasti u ruke mogućem protivniku, pa se ona kod eventualnog rastavljanja sama uništi;

-**Premaz za smanjivanje odbijanja zvuka sonara** koji pretražuje morsko dno.

Mine položene u more, a naročito na dnu ležeće mine, koje za vrlo kratko vrijeme ležanje na dnu mora zbog taloženja mulja na njih, te njihovog obrastanja s raznim algama i morskom travom postaju njegov dio, čime ih je sve teže uočiti, pronaći i neutralizirati. Radi toga, sve ratne mornarice smatraju borbu protiv mina jednim od najvažnijih dijelova borbe na moru, a taktički postupci pretraživanja, klasificiranja i uništenja obavjeni su velom tajne.

Na vrlo visoku tehnološku razinu izrade mina slijedi ujek razvoj novih sredstava za protuminsku borbu, no mina je na žalost ujek u prednosti. Zbog toga moderne minolovke nastoje vjerno imitirati fizička polja broda, naročito akustičko i magnetsko. Mine moraju dobiti "osjećaj" da je brod, a ne minolovka iznad njih, pa da onda aktiviraju svoj paljni sustav. Kod razvoja sustava za uništenje mina teži se da takav sustav djeluje ispred protuminskog broda. Uz to, žele se stvoriti takvi protuminski sustavi i protuminski brodovi koji će moći obaviti sve taktičke radnje, bez dovodenja posade u preveliki rizik. Sada se konačno uzima u obzir i posada, tj. ljudi koji rade sa postojećim protuminskim sustavima, ili će raditi s novi-

R. HALAPIJA
N. GAZZARI



Danski
višenamjenski
brod
Flyvefisken
(*StanFlex 300*)

ma, čije je stvaranje u tijeku.

Posade moraju steći povjerenje u sve sustave s kojima rade ili s kojima će raditi na otklanjanju minske opasnosti, kako bi svaku postavljenu zadaću izvršile s relativno malim postotkom rizika. Radi toga sve ratne mornarice mnogo ulazu u izobrazbu svojih posada i postrojbi, te uigranost zapovjedništava na svim razinama radi što preciznijeg izvođenja postavljenih zadaća. Teži se provođenju izobrazbe u uvjetima što bližim stvarnim tj. ratnim. Izobrazba se vrši i na trenažerima, simulatorima, vrši se upoznavanje protivnika (njegove taktike miniranja i tipova mina). Od posada brodova i njihovih zapovjedništava traži se profesionalni odnos prema pripremi broda za borbenu djelovanja, pripremi minolovne opreme, te održavanju ostalih brodskih sustava.

Razvoj protuminskih sredstava u Europi

Belgijsko/nizozemska škola za izobrazbu u protuminskoj obrani u Ostendeu (Belgija) je iz NATO-vih fondova za infrastrukturu dobila pet milijuna dolara za unapređenje svog protuminskog simulatora (**MIN-SIM**). Ovo unapređenje uključuje dodavanje uređaja za simuliranje protuminskih sonara za otkrivanje na dnu ležećih i sidrenih mina, za planiranje i poboljšanje čišćenja mina, za razvoj automatskog primanja i obrade podataka, te simulaciju njemačkog protuminskog sustava **Troika**, te američkog protuminskog broda klase **Osprey**. Druga planirana poboljšanja uključuju simulaciju minskog rata, s litoralnim operacijama kao i mogućnosti povezivanja s vježbovnim sustavima protuminske borbe drugih zemalja u realnom vremenu.

Danska mornarica planira opremiti svih svojih 14 višenamjenskih brodova klase **Flyvefisken** (*StanFlex 300*) protuminskim modulima temeljenim na integriranom informatičkom sustavu Thomson Sintra IBIS 43 (Integrated Bathymetry Information System). Tijekom travnja i svibnja 1995. godine, Flyvefisken je sudjelovao u vježbi "Blue Harrier" zajedno sa 60-ak drugih brodova. S ovog

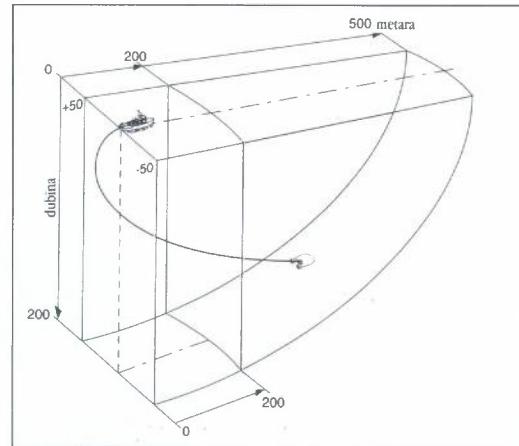
broda se za operacije lova mina može daljinski upravljati s dva plovila bez posade (**MRD 1/2**) tipa SAV, od kojih je svako opremljeno teglećim sonarom Thomson Sintra TSM 2045 visoke frekvencije s bočnim skaniranjem.

Nekoliko je zemalja, uključujući Brunej, Španjolsku, Tajland i Veliku Britaniju pokazalo zanimanje za Danski protuminski sustav **DAMIDIS** (Danish Mine Disposal System), razvijen na temelju baterijama pokretane inačice daljinski upravljanog podvodnog vozila Bofors **Double Eagle**, koju rabi danska ratna mornarica.

Francuska tvrtka Thomson Sintra razvila je novi sonar za lov mina, s boljom detekcijom i klasifikacijom mina na većim daljinama od sadašnjih konstrukcija. Ponuđen je francuskoj ratnoj mornarici u sklopu modernizacije lovaca mina

klase **Eridan** (*Tripartite*).

Razvija se i sonar IBIS VII s vlastitim pogonom i s mogućnostima mijenjanja dubine (Propelled Variable Depth Sonar), koji može ploviti ispred protuminskog broda, povećati mu tako područje djelovanja kao i operativnu prilagodljivost. Ovaj sustav razvija se u suradnji s švedskom tvrtkom Bofors Underwater Systems, pa tako koristi sonar TSM 2022 Mk 3 dvostrukе frekvencije, ugrađen na daljinski upravljanu podvodno vozilo Double Eagle, koje je pomoću kabela dužine 600 m priključeno na matični brod. Horizontalno područje rada sonara je 165 kHz za detekciju i 400 kHz za klasifikaciju mina. Nepostojanje vertikalnog područja, prema riječima konstruktora, ne predstavlja nedostatak, jer se Double Eagle može okretati u vertikalnoj ravnini za svih 90 stupnjeva. U režimu pretraživanja, sonar može pretraživati (skanirati)



Novi sonar PVDS s vlastitim pogonom i mogućnošću mijenjanja dubine razvija tvrtka Thomson Sintra za modernizaciju lovaca mina klase Eridan



Thomson Sintra

Daljinski upravljano podvodno vozilo Bofors Double Eagle opremljeno sonarom TSM 2022 Mk 3 koje nabavlja više mornarica, među njima i australiska, koja će ih je ukrcati na svoje nove brodove tipa Gaeta

mora. IBIS VII može ploviti brzinom od 5 čvorova i raditi i na dubini od 5 metara.

Thomson Sintra nudi i novi višenamjenski podvodni sustav **VERSUS** (Versatile Underwater System) namijenjen modernizaciji brodova opremljenih sonarima ugrađenim u brod, starijim tipom DUBM 21 ili nešto modernijim TSM 2022, na način da im se dodaju sonar s vlastitim pogonom i mogućnošću mijenjanja dubine i tegleni sonar TSM 2054 s bočnim skaniranjem. Sonar s vlastitim pogonom, ugrađen na neko daljinsko upravljano podvodno vozilo omogućuje stalno provjeravanje sumnjičivih ciljeva do dubina od 200 m. Tvrtka razvija i novi akustički procesni modul za izviđanje i klasifikaciju frekvencija koje se mogu istodobno upotrebljavati. Slične sonare razvija i njemačka tvrtka STN Atlas Elektronik.

Nizozemska Kraljevska ratna mornarica je u siječnju 1993. godine odustala od kupnje šest novih obalnih minolovaca, koji su trebali biti konstruirani i izgrađeni u

sektor od 63 stupnja na udaljenosti do 500 m iznad pješčanog dna, dok je područje pretraživanja za klasifikaciju 12 stupnjeva pri udaljenostima do 150 m. Usavršeni propulzijski sustav s porivom povećanim od 160 kg na 250 kg, važan je čimbenik kod operacija u području vrlo plitkog

daljinski upravljati s četiri (umjesto uobičajena tri) plovila bez posade za imitiranje šuma broda. Najavljen je opremanje četiri broda klase *Alkmaar* sonarima s vlastitim pogonom i promjenjivom dubinom tegljenja, francuske ili njemačke proizvodnje.

Švedska tvrtka Karlskronavarvet je s američkom ratnom mornaricom sklopila ugovor vrijedan 4 milijuna dolara za razvoj sustava **SAM II**, nove inačice akustičko-magnetskog sustava za čišćenje mina s vlastitim pogonom i daljinskim upravljanjem, koja bi se koristila trupom na zračnom jastuku sa skegovima (SES). Kao upravljački brod za ovaj sustav, švedska ratna mornarica planira koristiti novi protuminski brod tipa **YSB**. Prvi brod, **Styrso** trebao bi biti isporučen sredinom 1996. godine.

Američki programi

Protuminski programi ratne mornarice SAD bacaju težište na tehnološki razvoj i sustave zaprečavanja, kako bi se omogućilo izbjegavanje ili otklanjanje minske opasnosti u svim fazama bojnih operacija i u svim topološkim okolnostima: dubokoj vodi (dubine veće od 61 metra), plitkoj vodi (od 61 do 12 m), vrlo plitkoj vodi (od 12 do 3 m) i pojas morskog mlata (od 3 m do gornje crte plime), te zone iskrcavanja brodova iznad crte najviše plime.

Područjem morskog mlata (engl. surf zone) nazivamo relativno uski pojas mora neposredno uz obalu, u kojem se fizičke osobitosti valovlja znatno razlikuju od onih na pučini. Kad pogledamo valovitu morskou površinu, učini nam se da svo more u tim beskrajnim valovima putuje s jednog kraja horizonta na onaj drugi kraj. No, bacimo li u to valovito more komadi drveta, primjetit ćemo da on zapravo nikud i ne putuje, već da je uvijek na istom mjestu. Tek malo oscilirajući naprijed-natrag u smjeru raspršivanja valova, pomiče se okomito gore dolje upravo koliko je visok i val koji ga diže i spušta. Pažljivim ispitivanjem i mjeranjem ustanovljeno je da se čestice mora na valu gibaju po kružnici, kojoj je promjer jednak valnoj visini. Ne putuje, dakle, more nikamo, vodene mase ostaju gdje su i bile, a sama valovita površina svojim osciliranjem stvara privid gibanja u smjeru vjetra. Na pučini vodene čestice kruže nesmetano, stvarajući (naročito pod dugotrajnom vjetrom) prilično pravilne valove, koji se primjerom brzinom šire prema zavjetrini. Uz obalu je situacija bitno drugačija!

Mogli smo se osvjeđočiti da obala ima svakojakih: strmih, i (gotovo) okomiti, pa onda i onih što se koso, pa i skoro vodoravno spuštaju u more. Dno mora se, često pravilno slijedeći kut obale, spušta naglo ili, pak, u svim oblicima nagnutosti sve dalje i dalje u dubinu. Nije se jednom dogodilo da smo i "pola sata hodali" s plaže u more, a da nam ono jedva dođe do ramena. A drugi put i ne vidimo dno tamo gdje skačemo u more. Sukladno vrsti i kutu obale i dna, razvit će se - između dvaju ekstrema: dugo plitko, pjeskovito dno ili strme stijene - različita slika valova uz obalu, koja je vojno interesantna zbog potencijalnog desanta.

Da vidimo što se dešava na plitkoj pjeskovitoj plaži.



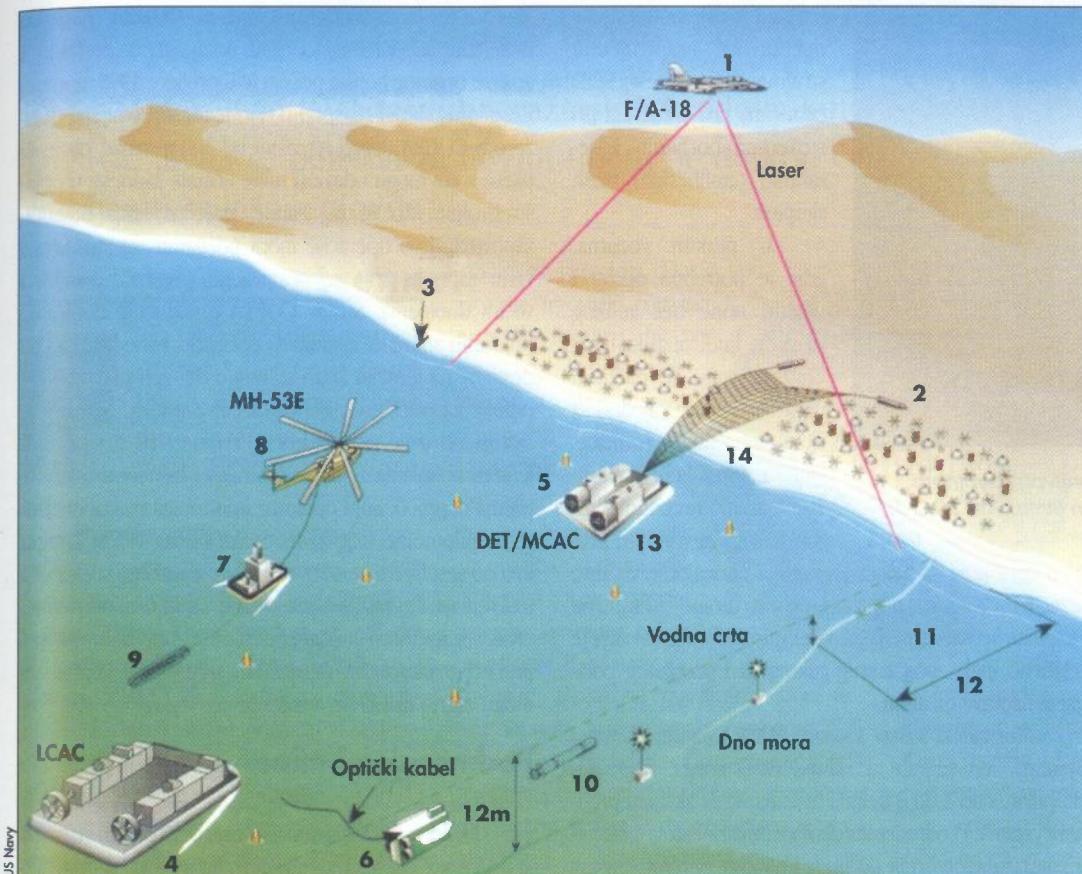
Njemačka plovila Seehund sustava Troika

suradnji s Belgijom. Umjesto toga, provest će se modernizacija kojom se povećavaju mogućnosti lova mina 15 protuminskih brodova klase *Alkmaar* (*Tripartite*). Ovo će možda uključivati preinaku tri broda u obalne minolovce, ugradnjom poboljšane opreme konstruirane za otkazani program obalnih minolovaca. U nizozemskoj mornarici je 1994. godine započeo rad na studiji za program preinake ovih triju brodova kao platformi za vođenje i upravljanje poboljšane inačice sustava Troika, koja se razvija na temelju njemačkog plovila **Seebund** i u suradnji s tvrtkom Signaal, pri čemu bi se sa svakog broda moglo

Čestice mora, rekosmo, kruže u valu. Kad nađu na plitko dno, one donje zapinju za pjesak, travu, mulj ili što li je već tu, a one gornje žele nastaviti svoje kruženje. Umjesto kruženja po kružnici, kruženje čestica se sve više razvlači poprimajući oblik elipse, koja se sve više produžuje i prik-

mirno i traje osjeka, položiti raznorazne protubrodske prepreke, kao i tisuće različitih vrsta mina, takoreći ručno ili s pomoću malih čamaca, ne trošeci dragocijeno vrijeme većih plovnih jedinica.

Američki Plan protuminske borbe za 1994. godinu,



lanja obali. U jednom trenutku sile viskoznosti ne mogu više držati masu mora na okupu, gornje čestice se odlome i val pjeneći se i mlateći jurne na plažu.

Sasvim je drukčija situacija kod (vrlo) strme obale. Val udari u prepreku gotovo okomito na svoj smjer širenja, propne se na nju, zakovila se unatrag, sukobi se s valom koji nadolazi, uskomeša se i zapjeni more, tuče i mlati po obalnim stijenama. Zbog tog naglašenog valovitog stanja mora, koje, ovisno o smjeru vjetra morskim stijenama, plimi i oseći, vrsti obale i još mnogo čemu, mlati po obali, taj pojas uz obalu nazivamo područjem morskog mlata. Učinak kruženja vodenih čestica u valu obilato koriste daskaši (surferi) i to tako da se mogu držati na privjetrenoj strani valnog brijege, jer im gibanje čestica prema gore ne dozvoljava da padnu u valni dol, dok im rotacija čestica prema dolje na drugoj strani vala povećava brzinu kojom vješto mogu izvesti salto.

S vojnog stanovišta područjem morskog mlata smanjimo pojaz mora uz obalu do dubine od oko tri metra. Ovu ćemo dubinu, kod gotovo tri četvrtine svjetskih obala, naći unutar kakvih 350 m od crte obale. Ako, dakle branitelj obale bude znao dobro iskoristiti prirodne prednosti morskog dna uz obalu (jesu li to škrape, kamen, pjesak, mulj, itd.), pa onda plim u oseku tamo gdje se morske mijene jako osjećaju, kao i fizičko pomorstvene karakteristike morskog mlata, stvorit će veoma učinkovit zapreku mogućim protivničkim desantima. U tom području se mogu bez puno truda i troška, dok je more

Prikaz djelovanja protuminskih snaga ispred desantnog broda u nekoj, zamišljenoj, desantnoj operaciji: Izvidnička letjelica sa ili bez pilota (1) otkriva minsko polje te ostale prepreke u području iskrcavanja (2) i ostale obalne crte (3). Desantna lebdjelica (4) kreće prema obali kroz već očišćeni i označeni kanal (5); on je ujedno i matični brod daljinski upravljanom podvodnom vozilom (6), koje je s njim spojeno optičkim kabelom. Minolovka (7) tegljena vrtloptom (8) vuče svoj sonar (9), kojim otkriva mine. Podvodno vozilo (10) traži i uništava mine i ostale zapreke (11) u moru i u području morskog mlata (12), dok višenamjenska lebdjelica (13) baca i širi svoju "mrežu" eksplozivnih punjenja (14), koja, eksplodirajući, krči prolaz kroz mine i razne prepreke položene na obalnom rubu

kao i više novijih dokumenata ističu u prvi plan 14 protuminskih brodova klase **Avenger** i 42 obalna lovca mina klase **Osprey**. Za sada se ne planira gradnja dodatnih površinskih protuminskih brodova, iako se za američku ratnu mornaricu preinačuje desantni jurišni brod **USS Inchon** kako bi zadovoljio kratkoročne zahtjeve kao brod za potporu u protuminskoj borbi.

Klase **Avenger** i **Osprey** opremljene su sonarom s promjenjivom dubinom Raytheon/Thomson Sintra AN/SQQ 32, koji se modificiraju kako bi im se povećala mogućnost detektiranja i klasifikacije minama sličnih objekata u plitkoj vodi. Njihova će se oprema za obradu podataka zamijeniti sa standardnim mornaričkim računarskim radnim stanicama, sadašnjim tipom TAC-3 ili u budućnosti TAC-4, a monokromatske jedinice će zamijeniti display u boji. Tvrtke Raytheon, Thomson Sintra i Laboratorij za primijenjenu fiziku Sveučilišta u Texasu razvijaju novi software za uporabu ovih sonara u plitkoj



Sonar s promjenjivom dubinom
Raytheon/Thomson Sintra AN/SQQ 32

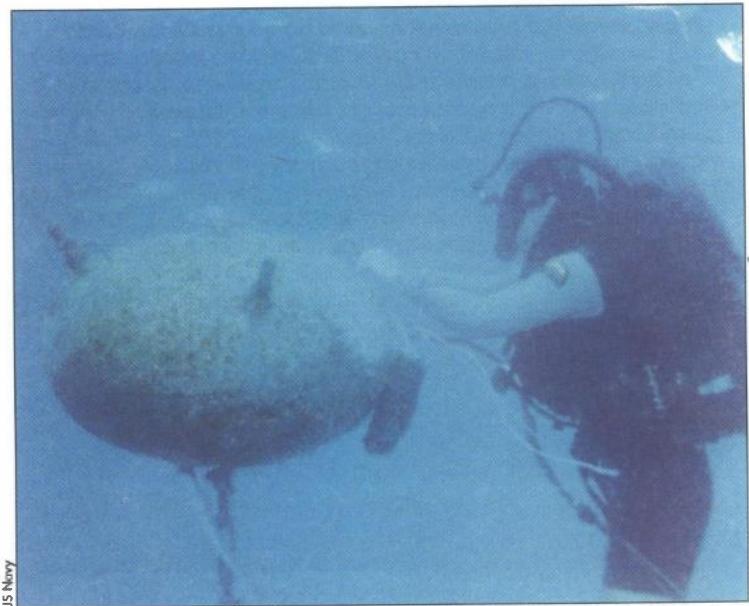
vodi.

Američka ratna mornarica počačano uklapa snage za prevoženje i onesposobljavanje eksplozivnih sredstava (**EOD**-Explosive Ordnance Demolition) u operativno zapovijednu strukturu, s posebnim EOD časnicima raspoređenim pri stožerima borbenih i desantnih (amfibijskih) brzih skupina.

U plitkim vodama, gdje je potrebno otkriti i uništiti mine bez velikog izlaganja ljudi opasnostima, upotrebljavaju se daljinski upravljana vozila zajedno sa skupinama EOD ronilaca. Oni su opremljeni s najsvremenijim uredajima za ronjenje sa zatvorenim kru-

gom disanja, a za uništavanje mina (ponajprije na dnu ležećih) koriste posebno konstruirane tempirne eksplozivne naprave. Količina eksploziva u napravama je relativno mala zbog lakšeg rukovanja i preciznog polaganja naprave uz minu.

Mornarički sustav sisavaca **MMS** (Marine Mammal System) koji se rabi u sklopu EOD snaga, raspolaže skupinama od 4 do 8 delfina uvježbanih za akcije u prednjim crtama. U određenim okolnostima oni su se pokazali znatno djelotvorniji od ljudi i njihova opreme. Sustav



EOD ronilac postavlja tempirnu eksplozivnu napravu na iračku kontaktну sidrenu minu LUGM-145 tijekom operacije "Desert Storm"

Mk 4 Mod 0 rabi delfine za otkrivanje i uništenje pri dnu sidrenih mina; proširuje se kako bi uključivao operacije protiv svih plivajućih mina. Osam delfina sustava Mk 7 mogu otkriti, odrediti mjesto, te označiti ili uništiti kako one "pametne" na dnu ležeće mine tako i odbačeno oružje. Sva potrebna oprema i delfini ovog sustava, te mali čamci i opskrba može se prevesti s tri leta transportnih

zrakoplova Lockheed C-141 ili jednim letom C-5.

Glede pretraživanja i utvrđivanja položaja, tajni program Hamlet's Cove predviđa sustav i protokol za objedinjavanje obavještajnih podataka iz različitih izvora u skoro realnom vremenu, za otkrivanje mina i zaprjeka u području morskog mlata i zoni iskrcavanja. Na taktičkoj razini isprobavanje sklopa senzora **COBRA** (Coastal Battlefield Reconnaissance and Analysis) za pretragu i analizu obalnog bojišta počelo je u proljeće 1995. godine. Bespilotne letjelice, poput Pioneer-a opremljena senzorom COBRA, leteći na visini od 300 m iznad obale ili plitke vode mogu otkrivati mine i ostale zaprjekte u pojasu širokom do 50 m. Naime, prije izvršenja desanta, zapovjedništvo operacije mora poznavati mjesto, broj i vrstu zaprjeka koje su postavljene na obali, manjim i većim dubinama. Sustav COBRA omogućuje dobivanje preciznih snimaka iz zraka u području zone iskrcavanja desanta, na temelju kojih se mogu donijeti pravovaljane odluke za raščišćavanje postojećih zaprjeka. Senzori se sastoje od dvije video kamere Xybion IMC-201 postavljene na bokovima, te jedne motričke kamere usmjerene prema naprijed, koju operator upotrebljava za upravljanje bespilotnom letjelicom. Svaka bočna video kamera ima po šest filtera, te se tako ostvaruje različita spektralna frekvencija, što pažljivo selektirano optimizira otkrivanje. Ovakvim načinom snimanja desantne zone dobivaju se i podaci o ukopanim zaprječnim sredstvima, koji se ne mogu otkriti klasičnim načinom.

Podmornice i mine

Prioritet američke mornarice u podvodnim vozilima je brz razvoj i uključivanje u funkciju sustava za otkrivanje mina **NMRS**, koji treba postati operativan na napadnim podmornicama klase **Los Angeles** tijekom 1998. godine. Sustav, koji je razvila tvrtka Westinghouse Oceanic Division u sklopu ugovora u vrijednosti 12,5 milijuna dolara, upotrijebit će se na podvodnim vozilima spojenim pomoću optičkog kabela na matičnu podmornicu. Tvrta će integrirati svoj poboljšani sonar s bočnim skaniranjem AN/AQS-14 kojim se vrši pretraživanje šireg područja, s prema naprijed usmjerenim sonarom za izbjegavanje zaprjeka i početno pretraživanje. Sustav se također može upotrijebiti u taktičkoj ocenografiji i nadgledanju plovnih ruta ispred vlastitih snaga. Tijekom idućeg desetljeća planira se uvođenje novog uredaja LMRS za otkrivanje mina.

Uporaba napadnih nuklearnih podmornica kao platformi za borbu protiv mina, pri čemu im prednost daje njihova veličina i velika autonomnost, bila je ključna za ratnu mornaricu SAD poslije završetka hladnog rata. Podmornice klase **Seawolf** i predložene nove napadne podmornice na nuklearni pogon (**NNSS**) opremit će se specijalnim sonarom sa sintetičkom aperturom i vrlo širokim frekventnim područjima, kako bi se doobile kvalitetne slike morskog dna visoke rezolucije i sposobnost otkrivanja mina na udaljenosti od oko 180 metara. Ponovno će se razmotriti i uloga podmornica u operacijama polaganja mina zbog američkog kašnjenja u razvoju mina prikladnih za litoralno ratovanje.

(nastavit će se)

NOVI BROD AMERIČKE OBALNE STRAŽE

Zbog zastarijevanja sadašnjih stražarskih brodova-kutera Obalne straže Sjedinjenih Država, javila se potreba za novim tipom broda koji će početkom sljedećeg stoljeća zamijeniti sadašnja plovila

Davor DEŽELJIN

Floata američke **Obalne straže** (United States Coast Guard, USCG) za oceanske ophodnje danas je prilično stara, a u sljedećih deset godina će zastarjeti.

Dvanaest stražarskih brodova-kutera s velikim akcijskim radijusom (High-Endurance Cutters, WHEC) klase **Hamilton** dužine 115 metara i 16 brodova sa srednjim akcijskim radijusom (Medium-Endurance Cutters, WMEC) klase **Reliance** dužine 64 m će se dotad početi povlačiti iz aktivne službe, iako su na brodovima obje klase nedavno izvršene modernizacije. Uz to 13 brodova sa srednjim akcijskim radijusom klase **Bear** (*Famous*) duljine 82 m tada će iz sebe imati od 14 do 22 godine službe i biti spremni za eventualno produljenje ili trajni prestanak aktivne službe. Stoga su planeri flote američke Obalne straže danas suočeni s problemom stvaranja nove klase stražarskih brodova-kutera koja će početkom sljedećeg stoljeća naslijediti sadašnja plovila za oceanske ophodnje.

Prioriteti u zadaćama brodova Obalne straže se neprestano mijenjaju, ali temeljne funkcije uvijek ostaju iste. Provodenje američkih zakona na moru bit će potrebno sve dok postoji trgovina na oceanima i velika

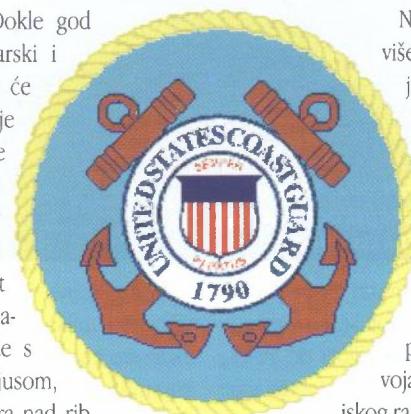
ribolovna industrija. Dokle god postoje trgovački, ribarski i turistički brodovi, bit će pomorskih nesreća koje će od Obalne straže zahtijevati traženje i spašavanje, te nadzor nad zagadenjem mora i njegovo čišćenje. Porast će potreba za brodovima-kuterima Obalne straže s velikim akcijskim radijusom, ponajprije zbog nadzora nad ribarenjem, zaštite od zagadivanja mora te sprječavanja krijumčarenja oko američkih obala. Usprkos velikim smanjenjima vojnih programa u posthladnoratovskom razdoblju prevladava mišljenje da će Obalna straža i dalje imati prioritet kao važna specijalizirana državna služba.

Pri projektiranju novog broda za potrebe Obalne straže, mora se učiti na pogreškama iz prošlosti, pa je novi projekt razvijen na temelju iskustava s postojećim stražarskim brodovima-kuterima velikog i srednjeg akcijskog radijusa. Tijekom projektiranja veličina broda ne smije se prerano ograničiti, kao što se to dogodilo s kuterima srednjeg akcijskog radijusa klase **Bear**, čiji su projektanti već u početku bili ograničeni odlukom da brod ne smije biti duži od 82 metra.

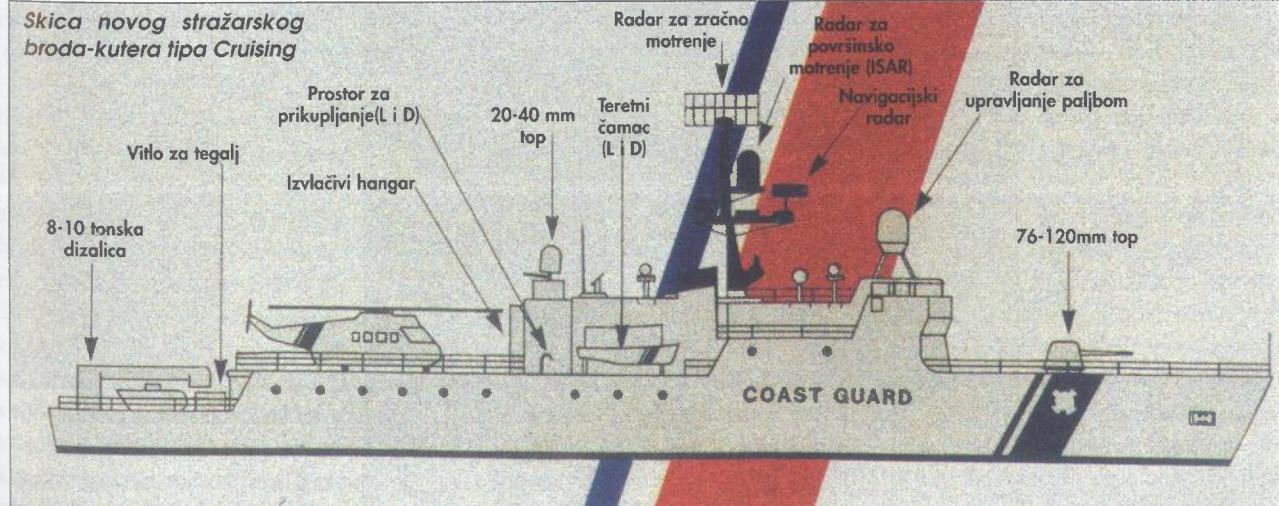
Novi brod mora biti višenamjenski, a ne ponajprije usmjerjen na samo jedno područje djelovanja. Primjerice, stražarski brod - kuter velikog akcijskog radijusa klase *Hamilton* je projektiran kao brod za duge ophodnje po oceanu i pratnju konvoja; kuter srednjeg akcijskog radijusa klase *Reliance* bio

je predviđen za traganje i spašavanje, a klasa *Bear* za zaštitu ribolova. Ovi brodovi danas izvršavaju i različite zadaće koje nisu bile predviđene izvornim projektom.

Prije no što započne proces projektiranja broda planeri Obalne straže moraju odrediti zadaće Obalne straže u sklopu sustava obrane SAD. Tijekom 1993. i 1994. godine s brodova klase *Hamilton* uklonjena su dva četverostruka lansera protubrodskih projektila McDonnell Douglas Harpoon, dva trostruka lansera Mk 32 za protupodmornička torpeda, sonar SQS-38 i sva druga protupodmornička oprema, zbog čega oni više nemaju mogućnosti ratnih brodova prve borbene crte. Zajedničko vijeće američke ratne mornarice i Obalne straže pod supredsjedanjem zamjenika zapovjednika Pomorskih operacija i zamjenika zapovjednika



Skica novog stražarskog broda-kutera tipa *Cruising*





Slijetanje vrtlojeta HH-60J na palubu kutera srednjeg akcijskog radijusa Escanba (WMEC 907) klase Bear

Obalne straže, moraju odrediti ulogu novog stražarskog broda-kutera koji se provizorno označava kao tip *Cruising*. Flota od 40-45 novih kutera može dati značajan doprinos u mogućim pomorskim sukobima niskog intenziteta širom svijeta. Elementi o kojima se vodilo računa pri projektiranju novih stražarskih brodova su potpora presretanju sumnjičivih plovila, zaštita trgovачkih brodova, borbena potraga i spašavanje, priobalna protupodmornička i minsko-borba. Početni projekt broda tipa *Cruising* mora biti odraz zahtjeva obrane SAD koje je postavilo zajedničko vijeće američke ratne mornarice i Obalne straže.

Pomorstvena svojstva, akcijski radijus i brzina su najbitnije veličine koje treba razmatrati kod novog broda. Brodovi klase *Hamilton* zbog svojih pomorstvenih sposobnosti i velikog akcijskog radijusa često krstare po vodama Aljaskog zaljeva i Beringovog mora vršeći nadzor nad ribarenjem. Uz to, klase *Hamilton* i *Bear* krstare dijelom sjevernog Atlantika oko Nove Engleske, dok zajedno s klasom *Reliance*, pokrivaju područje atlantske i tihookeanske obale, te Karipsko otočje. Prilike u tim područjima određuju osobine novog broda Obalne straže, te brod mora djelovati s pomoćnim čamcima i vrtolatom pri stanju mora najmanje od 7 do 8, što znači pri vjetru brzine 30 do 40 čvorova i

valovima visine 5 do 6 metara. Važno je također i trajanje plovidbe od 21 dan pri ekonomičnoj brzini od 15 do 18 čvorova, koja može biti i veća zahvaljujući mogućnosti punjenja goriva i obnavljanja zaliha na moru.

Novi brod isto tako treba u određenim situacijama naglo povećati brzinu na najmanje 25 čvorova. Kod brodova klase *Hamilton* za to se rabe plinske turbine tipa Pratt & Whitney FT4A-6 snage 26,86 MW (36.000 KS), dok kod klase *Reliance* i *Bear* ta mogućnost ne postoji, jer Dieselov pogon na

nekonvencionalnog oblika trupa (SWATH ili SES forme).

Senzori za novi brod Obalne straže moraju biti najmoderniji. Budući da se služba broda temelji na različitim oblicima pomorskog nadzora, brod mora imati dobar navigacijski radar, kao i motrički radar koji može otkriti i prepoznati površinski cilj mora na udaljenosti od 100 do 150 nautičkih milja. Novi Doppler ili ISAR radarski sustavi za motrenje površine pokazli su sposobnost odgovarajuće značajke. Novi brod mora isto

USPOREDBA TIPOVA BRODOVA AMERIČKE OBALNE STRAŽE

Klasa	Hamilton	Bear	Reliance	Cruising
Tip	WHEC	WMEC	WMEC	WHEC/WMEC
Primjeraka	12	13	16	40 - 45
Početak službe	1967.	1983.	1964.	2005.
Puna istisnina (t)	3050	1780	1110	2400 - 2600
Duljina (m)	115,2	82,3	64,2	97 - 104
Brzina (čv)	29	20	18	+25
Posada	176	99	71	85 - 90
Glavni top	76 mm	76 mm	25 mm	76 - 120 mm
Sekundarno naoružanje	25 mm 12,7 mm	12,7 mm	12,7 mm	20 - 40 mm 12,7 mm
Protupodmornička oprema	Uklonjena	Nema	Nema	Treba se odrediti
Projektili brod-brod	Uklonjeni	Nema	Nema	Treba se odrediti
Radar ISAR/Doppler za motrenje površine	Ne	Ne	Ne	Da
Radar za motrenje zračnog prostora	SPS-40B	Ne	Ne	Da
Sredstva za elektroničku potporu	WLR-1C	SLQ-32(V)2	Nema	Da
Čamci	2	2	2	+3
Vrtoljet	HH-65A	HH-60J, HH-65A	HH-65A	Da
Sposobnost tegljenja (t)	6000	1000	10.000	10.000
Popuna gorivom tijekom polovidbe	Da	Da	Ne	Da

tim brodovima omogućuje najveću brzinu od 18 do 20 čvorova. Da bi se postigao stabilitet, izdržljivost i potrebna brzina moglo bi se u doglednoj budućnosti težiti projektu

tako imati vrhunsku opremu za elektroničku borbu, kao i najmodernija sredstva za vizualno motrenje kao što su televizija niskog intenziteta, infracrvena motrička oprema i

Stražarski brod Reliance (WMEC 615) istoimene klase nakon nedavne modernizacije



laserska merna oprema. Radar za motrenje zračnog prostora osigurava sigurnost pri letu vrtloleta povrh sustava TACAN, IFF te radio-fara, ali takav radar je istodobno jedini način održavanja točnog i sigurnog nadzora zračnog prostora, kao potpore pomorskom nadzoru. Trenutačno, niti jedan brod Obalne straže klase *Reliance* i *Bear* nema radar za nadzor zračnog prostora. Novi brod Obalne straže tipa *Cruising* mora imati mogućnost prihvata svih vrtloleta Obalne straže, odnosno većine vrtloleta ratne mornarice.

Konačno, spomenimo radar za nadzor paljbe pramčanog topa. Postavlja se međutim pitanje kakvo je naoružanje zbiljski potrebno za novi brod Obalne straže koji ne bi imao potupdmorničku ili neku drugu namjenu broda prve borbene crte. Trenutačne, a i očekivane prijetnje stražarskim brodovima-kuterima za vrijeme njihovih svakodnevnih djelovanja dolaze kako od brzih brodova krijućara droge s projektilima koji se lansiraju s ramena, tako i od malih stranih mornarica koje raspolažu sofisticiranom raketnom i zrakoplovnom tehnikom. Novi brod Obalne straže treba imati takvo naoružanje kojim bi izvršavao dvojake zadaće: samoobranu i napadaj.

Postojeće klase *Hamilton* i *Bear* imaju pramčani top OTO Melara kalibra 76 mm kao glavno naoružanje. Novi brod bi trebao imati sličan automatizirani top kalibra do 120 mm za djelovanje po površinskim i zračnim ciljevima. Glavno naoružanje kalibra do 120 mm moralo bi biti nadopunjeno automatskim topovima kalibra 20 i 40 mm te s nekoliko strojnica. Za povećanje obrambenih sposobnosti novi brod mora imati još nekoliko obrambenih podsustava, i to uređaje za ispaljivanje mamaca, električne

ometače i protuzrakoplovne projektili koji se ispaljuju s ramena.

Temeljnu zadaću stražarski brodovni kuteri ispunjavaju međutim ukravanjem prizovskog odreda na sumnjivi brod (odreda koji obavlja pretres i uzapćenje). Budući brod bi stoga bio opremljen s dva teretna, kaq i najmanje jednim brzim čamcem. Teretni čamci moraju biti sposobni nositi najmanje 10 do 12 ljudi (ili jednaku težinu opreme) i tegliti plovilo istisnine 200 tona brzinom 4 do 6 čvorova. Brzi čamac bi nosio 4 do 6 ljudi brzinom 30 do 35 čvorova. Obje vrste čamca, i brzi i teretni, moraju imati komunikacijski i navigacijski sustav koji bi im omogućavao samostalno djelovanje na udaljenosti 20 do 25 nautičkih milja od matičnog broda. Budući brod Obalne straže bi morao imati opsežnu opremu za traženje i spašavanje, kako bi mogao hitno djelovati pri pomorskim nesrećama, a osobito u slučaju nesreća prigodom kojih dolazi do velikog onečišćenja okoliša. Tegljenje velikih plovila u nuždi također je jedna od glavnih zadaća broda, a minimumom se smatra mogućnost

klase *Reliance*, koja može tegliti 10.000 tona. U opremu broda spadaju prijenosne crpke velikog kapaciteta, protupožarna oprema na palubi, prostor za prihvat većeg broja brodolomaca te sposobnost rada s teškim roniocima. Potrebna je još i krmena dizalica koja može podići teret mase 8 do 10 tona, kao i palubni ili podpalubni skladišni prostori.

Zapovjedne i nadzorne mogućnosti su važna značajka predviđenih novih brodova, zbog potrebe za djelovanjem u postrojima i skupinama, što je uobičajen način djelovanja američke Obalne straže. Samo nekoliko brodova klase *Hamilton* raspolaže modernim brodskim operativnim središtem uskladenim s onima u američkoj ratnoj mornarici. Ti brodovi imaju brodski zapovjedno-upravljački sustav, koji obuhvaća sustav za prijenos podataka Naval Tactical Data Link 11, te taktički sustav za koordinaciju zajedničkog djelovanja. Brodovi klase *Bear* imaju zapovjedno-upravljački sustav slabijih mogućnosti bez sustava za prijenos podataka. Ostali stražarski brodovi-kuteri klase *Hamilton* opremljeni su nezgrapnim konvencionalnim sustavom, koji se temelji na plastičnoj planšeti na koju se ucrta trenutna situacija, a prijenos podataka se obavlja radio vezom. Koji god zapovjedno-upravljački sustav bude primijenjen na novim stražarskim brodovima-kuterima, morat će biti moderan i omogućavati uspješno samostalno djelovanje ili djelovanje u sastavima brodova.

Planeri Obalne straže doživljavaju isporukom novog stražarskog broda-kutera tipa *Cruising* veliki izazov koji će se protezati na razdoblje od nadolazećih 10 do 15 godina. To će biti najveći pojedinačni nabavni ugovor u povijesti američke Obalne straže, a njegov će uspjeh odrediti oblik ove organizacije u budućnosti.



Cruising će u početku biti opremljen vrtloptom Sikorsky HH-60J Jayhawk

Na vječnom putu borbe i opstojnosti

HRVATSKA VOJSKA KROZ POVIJEST (III.dio)

Tijekom četverogodišnjeg vojnog pohoda velikoga franačkog carstva koje je za cilj imalo pokoriti hrvatsku zemlju, Hrvati pod knezom Ljudevitom već u to vrijeme su raspolagali jakom vojnom silom. U njegovoj vojsci isticali su se konjanici naoružani kopljima, lukom i strjelicama. Nadalje, odlikovali su se smjelom taktikom i predstavljaju preteču kasnijih europskih elitnih konjaničkih postrojbi. I hrvatske pješačke postrojbe bile su vješte pri jurišu i u postavljanju zasjeda. Osobito uspješnoj borbi protiv Franaka ima se zahvaliti posebnoj taktici hrvatskog konjaništva i pješaštva, vještoj ratnoj varci, borbi iz zasjede, ugrožavanju bokova pomoću manjih postrojbi i udarcima na stražnje crte njegovog borbenog poretka.

Ništa moćnije za jedan narod od spoznaje, jer ako postoji dar Božji, onda je to spoznaja o vlastitom postojanju.

Ako nas povijest ičemu uči, a uči nas, onda je to da u svijetu, kakvog mi znamo ne vrijede uvijek zakoni fizičkog ili još bolje rečeno Newtonovskog svijeta. U većini slučajeva veličina je tek puki broj. No isto tako ne znači da je time i manje bitna. U promišljanju budućnosti, štoviše - poželjna je recimo radi obrambenih napora, povećana broja stanovništva, osiguranja proizvodnih površina za prehranu stanovništva itd. Periodično pojavljivanje kriznih stanja i iz njih proistekle borbe, upravo jest informacija - postojimo, jača duh naroda i ujedno stvara nove povoljnosti. Bit borbe upravo jest neprekidnost postojanja. Postojanje nikako nije statičnost, i upravo spremnost suočavanja s tom borbom, i sudjelovanjem u njoj, je putokaz opstojnosti.

Preživljavaju i opstaju oni koji pristaju, i spremni su za borbu. No

ako je veličina (kao fizički pojam) tek konstanta unutar jedne faze procesa, dотле je moć znatno nešto drugo. Moć je više od veličine. Moć je ta koja osvaja u svakom pogledu (moramo se riješiti mišljenja prema kojem osvajati uvijek znači i razarati) i upravo svi veliki vladari, ali i narodi koji su shvatili značenje te riječi, uspjeli su i uspjevaju voditi svoje narode tankom crtom koja dijeli svijet postojanja od nepostojanja. Istinsku veličinu pokazuje i primjer malobrojnoga hrvatskog naroda koji je svojom borbom uspio izbjegći zamkama koje su mu postavljali brojniji i veći od njega. Vodeće i časno mjesto u toj borbi pripada Hrvatskoj vojsci iz najmanje dva razloga. Njom je uvijek zapovijedao najmudriji i najvjesteji od časnih i bila je izraz volje hrvatskog naroda da ta borba ne bude sama sebi cilj, već i osiguranje državotvornosti i imanja vlastite države. Nije to bez razloga. Taj svijet je sazdan na pravu koje jamči opstojnost naroda samo u okviru njegove vlastite države. Isto tako tim pravom, država se od tog svijeta ne daje - za nju se treba izboriti.

Sve ostalo su iluzije i lutanje kroz maglu tuđih interesa.

Zašto inzistiranje na moći? Moć je upravo ta što osigurava očuvanje državotvornosti i neovisnosti jednog naroda i omogućava komunikaciju s bitno drugim narodima. Jer svidjelo se to nekome ili ne - svijet upravo jest skup jedinstvenih i neponovljivih kategorija, od naroda do država, koji se neprekidno nalaze u interakciji. Da nije tako, ne bi bilo tog i takvog svijeta. Danas smo svjedoci upravo jednog zastrašujućeg procesa koji zahtijeva odumiranje svega tradicionalnog od nacije do države težeći konglomeratu bezlične ljudske mase, smatrajući da će svijet time postati bolji, i po njihovom mišljenju, jednostavniji za upravljanje i trgovanje.

Kroz povijest su mnogi hrvatskom narodu pokušali nametnuti tvrdnju da kod njega nema toliko državotvorne sile, ali zato ima kudikamo više otporne snage, pokušavajući aludirati na njegovu nediscipliniranost što nikako nije točno. Povijest kazuje upravo suprot-

Marijan PAVIČIĆ

no. Već od samog početka, dolaska u novu domovinu naselivši rimske pokrajine sve do Jadranskog mora, iz pera latinskih i grčkih pisaca proizašlo je da od svih novoprdošlih naroda, a među njima su se posebno isticali Hrvati svojim nepokoravanjem tudištu, ljubeći iznad svega samosvojnost i da su sve spremni podnijeti za slobodu koja im je iznad svega. Baš na hrvatskoj povijesti možemo vidjeti tu iznimnu životnost i obrambenu snagu jednog naroda koja mu je omogućila da više od 14 stoljeća prkositi svim pokušajima neprijatelja da ga zatre. Upravo ta i takva borba te njegove osobine omogućile su Hrvatima da sačuvaju svoje ime, svoju državotvornost i svoj teritorij jer s drugim pridošlim narodima na prostore Rimskog Carstva to nije bio slučaj. Tako npr. Germani koji su došli u druge pokrajine Rimskog Carstva odreda su se preobratili u Romane postavši Talijani, Španjolci, Portugalci i Francuzi prisvojivši rimsku kulturu i latinski jezik što se najbolje moglo opaziti u njihovom govoru.

Od 925. godine kad se Hrvatska za vrijeme kralja Tomislava proglašila kraljevinom, ta kraljevina tijekom tisuću i više godina ni jednog trenutka nije izgubila svoj kontinuitet. Za to vrijeme propale su gotovo sve slavenske države, moćno Bizantsko Carstvo, Mletačka Republika, Osmanlijsko Carstvo, Austro-Ugarska monarhija, a na kraju i posljednji pokušaj utamničenja hrvatskog naroda - I. i II. Jugoslavija. Hrvatski državotvorni duh tijekom svih tih stoljeća neprekidno je živio i borio se i naučio zaista nešto veliko - težnje i želje naroda, pa bile one i najopravdanije i temeljene na najsvetijem pravu, ne ostvaruju se u jedan dan. Prolaze često desetljeća i stoljeća dok narod postigne što mu pripada po Božjem pravu i pisanom zakonu. Hrvatski narod u pojedinim trenutcima svoje povijesti nije stjecal-

jem okolnosti mogao sprječiti da se njegovo pravo gazi, ali nije dao da mu se i zatre. Nauk je očit - pravo nitko i nikada ne može zatrati ako se uporno brani. Tu leži mukotrpnost i žrtva koja hrvatskom narodu osigurava vječnost jer zahvaljujući njoj može se cijeniti i čuvati svoje i pokazati svijetu da je taj narod živ i vrijedan da živi. Istina je, da upravo taj svijet želi to čuti jer on u

zemljopisne, gospodarske i druge) koje postoje i postojat će do vječnosti. Uvid u njih je upravo put prosvetljenja i eliminiranja sredstava za manipulaciju i pokušaja razjedinjenja bića i duha naroda kako bi ga se lakše porobil, a ako treba i izbrisalo s povijesne pozornice. Nadalje, stvorio bi se time temelj za one koji i dan danas pokušavaju hrvatskom narodu namet-

nuti tvrdnju da on nije toliko državotvoran koliko pun, po njima, nekontolirane snage.

Iz strukture napadaja, koji potječu od najeze Franaka, pa sve do današnjih dana uočljiv je i odgovor kakav mora biti obrambeni napor i odakle vrebaju opasnosti.

U ta davna vremena, kad se u sebe urušavala jedna civilizacija i na njezinim ruševinama izranjalo Zapadno i Istočno rimsko carstvo, kralj Teodorik pripremao se na svoj bojni pohod. Posebnom uredbom kralj je svojim potčinjenim stavio u nalog da istražuju željeznu rudu, otvaraju rudnike i odvajaju vatrom željezo od primjese. Hvaleći korist željeza, kojim se brani

svoj društvu ne želi slabice i one koji ne znaju što žele. Danas, u vremenu kad Hrvatski narod nije još jednu bitku na svom putu postojanja, svjedoci smo raznih politikantskih mišljenja za koja bi se blago moglo reći da su nedobronamjerna. Isti ti politikanti osuduju svaki pokušaj prizivanja na povijest kako bi se osvijetlili uzroci, iako ti isti politikanti imaju puna usta mira. Riješiti problem podrazumijeva upravo osvijetliti uzroke pa čak ako treba otici i daleko u prošlost. No svaki takav istinski pokušaj za njih je tek samo listanje naftalinskih stranica povijesti. Ako tako govore, onda su ili neupućeni ili kako smo već rekli nedobronamjerni. Svakako su štetni, jer ako pomoći ničeg drugog onda sigurno pomoći povijesti možemo uvidjeti te konstante (geopolitičke,



Knez Ludevit Posavski ugovara Savez sa Slovencima za borbu protiv nastupajuće franачke vojske

nevojnih sredstava, konačni presuditelj (ako zatreba) ostat će klasična vojna sila tehnološki prilagođena trenutku. Moć postaje više od jednostavne sume pojedinačnih dijelova.

Bizantsko doba

Zasjevši na carigradsko prijestolje 610. godine car Heraklije je Bizantsko Carstvo zatekao u vrlo jadnom i za njega pogubnom stanju. U Europi su mu goleme probleme zadavali Avari i Slaveni koji su nemilo pustošili dunavske pokrajine, a s druge strane iz Azije mu je prijetila opasnost od Perzijanaca koji su uspostavili savez s Avarima. Uvidjevši svu složenost situacije i nemogućnost da održi Bizantsko Carstvo Heraklije donosi odluku o premještanju svoje prijestolnice u Afriku u grad Kartagu. No kad je svoju odluku htio i provesti narod na čelu s patrijarhom Sergijem u Carigradu se masovno podignuo na noge zahtijevajući od cara da ostane na svom mjestu i da prisegne da će

već ionako opustošena Dalmacija u kojoj su se još jedino držali gradovi u primorju i na otocima, na čelu sa Salonom. Na kraju, 614. godine padaše i ti gradovi zajedno sa Salonom.

Naprijed spomenuti događaji dogodili su se upravo za prvih godina Heraklijeva vladanja, oko 614. godine, kad se car spremao za rat s Perzijancima. Gotovo cijela Dalmacija zajedno s primorskim gradovima bila je pod vlašću Slavena i Avara. Nadalje, nezasitnost osvajača nakon pada Dalmacije za cilj osvajanja imala je i sam Carigrad. Tako je 626. godine avarska kan osvanuo i pred samom bizantskom prijestolnicom. Pred Carigradom se skupila golema avarsко-slavenska vojska. Od cara se zahtijevalo da preda grad sa svim blagom, a njegovi žitelji da se isele, pri čemu je svatko od njih mogao sa sobom uzeti onoliko osobnih stvari koliko je mogao ponijeti. Građani bez obzira na svu težinu situacije nisu pristali na taj zahtjev i kan udari na

dašnje domovine na sjeveru (Velike ili Bijele Hrvatske) ići na jug. U pozivu je stajalo da bi na ime Bizantskog Carstva Avarima mogli oduzeti rimsku pokrajinu Dalmaciju i Panoniju, te se u njima nastaniti i braniti od idućih napadaja barbari.

Pozvani od bizantskog cara u razdoblju između 627.-640. digli su se Hrvati u Velikoj Hrvatskoj i s oružjem u ruci krenuli prema Balkanskom poluotoku.

Došavši napokon u Dalmaciju Hrvati su započeli krvavu borbu s njezinim dotadašnjim gospodarima - Avarima i njima pokornim Slavenima. Rat je trajao više godina i na posljeku kao pobjednici su izašli Hrvati zavladavši cijelom starom rimskom pokrajinom Dalmacijom.

Odлуčna borba Hrvata za Dalmaciju okončala se još za života cara Heraklija i u trenutku kad je u Rimu na papinsku stolicu sjeo papa Ivan IV. (640.-642. godina) i sam rodom iz Dalmacije kojeg su patnje njegovog kraja i te kako bolile.

Čim je papa saznao, da se stoletna borba u Dalmaciji ipak okončala poslao je pobožnog opata Martina s mnogo novaca kojim je trebao otkupiti zarobljenike i sabrati svete moći svećaca i Božjih ugodnika iz razorenih crkava. Došavši u Dalmaciju opat Martin sav začuđen naide na krotke hrvatske knezove i župane koji mu dopustiše da pokupi svete moći iz razorenih hramova i odnese ih u Rim.

Ne stoji da malobrojniji moraju podleći većem i brojnijem



Franački vojnici na hodnji

svoju prijestolnicu braniti do posljednjeg daha. Glas naroda je prevagnuo. Borba je bila izvjesna, no neprijatelji Carstva bili su brojniji i time je ishod bitke koja se trebala održati na dva bojna polja, u Europi i Aziji, bio neizvesniji.

Kako je sve ratne napore Heraklige usmjerio na rat s Perzijancima u Aziji, Europski dijelovi Carstva sve više su stradavali pod najezdom avarskih i slavenskih plemena. Pod osvajačkim mačem pala je

grad i s kopna i s mora. No u trenutku kad je pobeda bila izvjesna slavenske vode se pobuniše izjavivši da ne žele više ratovati sa svojim ljudima. S obzirom na taj razvoj stanja kan je bio prisiljen prekinuti opsadu izgubiši pritom veliki broj svog ljudstva.

U trenutku uzmaka Avara pred Carigradom 626. godine car Heraklige u namjeri da osloboди rimsku pokrajinu Dalmaciju i Panoniju od vlasti Avara i njima pokornih Slavena u pomoć poziva Hrvate koji su se odlikovali svojim vojnim uređenjem i ponudi im da mogu iz svoje dosa-

dašnje domovine na sjeveru (Velike ili Bijele Hrvatske) ići na jug. U pozivu je stajalo da bi na ime Bizantskog Carstva Avarima mogli oduzeti rimsku pokrajinu Dalmaciju i Panoniju, te se u njima nastaniti i braniti od idućih napadaja barbari.

Bijelohrvatski knez Porga sklapa sporazum s hrvatskim banom koji je vladao sjeverno od rijeke Zrmanje do

rijeke Raše. Porga priznaje banu bansku čast, a ban postaje prvim časnikom iza kneza. Banska čast sadrži u sebi i vojničku vlast te je ban kraljev zamjenik i vrhovni zapovednik kraljevskih postrojbi.

Pred kraj VII. stoljeća bijelohrvatski knez Radoslav pod svojim zapovjedništvom imao je razmerno snažnu oružanu silu. On čisti područje Bijele Hrvatske od organiziranih ostataka starih Ilira (Arbanasa) i proširuje svoju vlast u Bosnu i prema Albaniji.

Nepovoljnije stanje bilo je za one dijelove hrvatskog puka koji su se nastanili u nekadašnjoj rimskoj pokrajini Panoniji. Mnogobrojne probleme zadavali su dijelovi slaven-skih i avarskih plemena. Osobito su pod pritiskom i stradanjem bili oni Hrvati koji su se nastanili u okolini grada Sirmiuma.

Srijemski su Hrvati postali zavisni od Avara, te su morali i vojno pomagati avarskog kana kad je 677. godine provalio u Bizantsko Carstvo i tamo počeo opsjedati grad Solun.

No i Hrvati što su bili u Panonskoj Hrvatskoj pod svojim knezom u gradu Sisku isto su stradavali od Avara i njihovih kanova kojima su morali plaćati danak i služiti u njihovoj vojsci. Prema prići, objesni Avari su nemilo postupali s hrvatskim pukom. Zaprezali bi muževe i mladiće u jaram, te bi s njima oralii kao s marvom, a hrvatske žene i djevojke bi zlostavliali. Kad bi Avari pošli u rat, hrvatske bi postrojbe morale prve stupiti u borbu, te mnogo puta i ludo gubiti glavu, samo da utru put avarske vojnici.

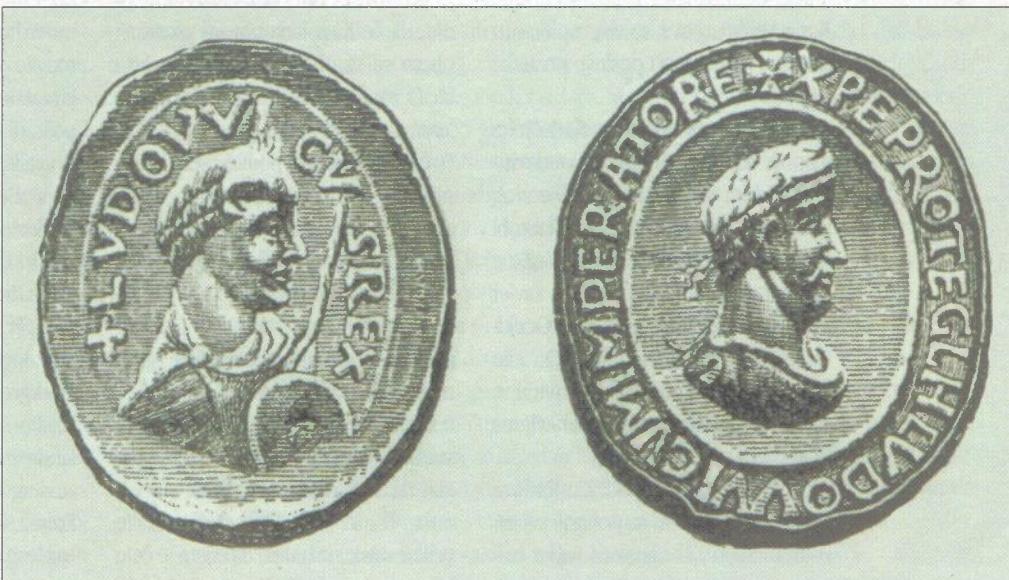
Taj teški oblik robovanja prisilio je Hrvate iz Panonske Hrvatske da zatraže pomoć. U to vrijeme na povijesnoj sceni, u današnjoj Francuskoj i Njemačkoj pojavio se moćni vladar Karlo Veliki - kralj franački koji je odlučio kazniti Avare jer su počeli nadirati i u njegovo kraljevstvo i pljačkati njegove podanike.

Karlo Veliki 791. godine sakupivši tri vojske odluči poraziti Avare na njihovom teritoriju. I Hrvati iz Panonske Hrvatske pridružili su se 792. godine Karlovu vojsci. Od

hrvatskih vojnika bile su ustrojene prvorazredne udarne postrojbe koje su prve jurišale na neprijatelja. Tako je 796. godine bilo slomljeno i posljednje avarske uporište, tzv. Hring, između Dunava i Tise u današnjoj Mađarskoj. U avarske taboru bio je zarobljen golem plijen u srebru i zlatu koje su Avari tijekom dva stoljeća

gubitke. Otpor branitelja bio je potpun. Žitelji grada Trsata franačku su vojsku zasipali otrovnim strjelicama i kamenjem, natjeravši ih u bijeg pri čemu je Erich poginuo u borbi.

Poraz franačke vojske i smrt Eriha pod Trsatom teško su pogodili Franke. Po nalogu Karla Velikog, Kadolach već druge godine (800.)



opljačkali na svojim osvajačkim pohodima. Sav plijen je bio predan Karlu Velikom u Aachenu, od čega je jedan dio blaga bio kao poklon predan rimskom papi.

Slom Avara za Hrvate u Panonskoj Hrvatskoj nije bio i kraj njihovih patnji. Zlo zamijeni još gore i Hrvati postadoše franački podanici. Doduše car Karlo ostavio je Hrvatima Panonske Hrvatske domaće knezove i župane, ali im za svog namjesnika nametnu furlanskog markografa Ericha. Osim toga po čitavoj zemlji zaključno sa Srijemom raširila se silna franačka vojska koja je tobože trebala braniti Franačko Carstvo od susjednih Bugara.

Franačkom markgrofu Erichu, prohtjede se da svlada i porobi i hrvatska plemena što su bila u staroj rimskoj pokrajini Dalmaciji pod vlašću svojih knezova i župana i zaštitom bizantskog cara i rimskog pape. Rukovoden nezasitnom pohlepolom osvajača još 799. godine markgrof Erich diže vojsku na Bijelu Hrvatsku. Provalivši iz Istre i prolazeći primorjem dopre do grada Trsata kraj Rijeke. No kod Trsata Erich nađe na srčani otpor hrvatskih vojnika. Kako nije mogao dobiti bitku na prepad bio je prisiljen opsjedati i jurišati na grad pri čemu je njegova vojska trpila silne

ponovno napadne Bijelu Hrvatsku, ali i on bi poražen od Hrvata. Te iste godine, na sam Božić Karlo Veliki je u gradu Rimu bio okrunjen od pape za rimskog cara. Kad su to čuli hrvatski knezovi ne htjedoše se više opirati njegovoj vlasti, nego ga priznaše za svoga vrhovnoga gospodara.

Novi car uvidjevši da mu je pobjeda poklonjena bez borbe sporazumi se sa (bijelim i crvenim) Hrvatima da i dalje po svojoj volji mogu birati svoje knezove, a izabranici su morali poći pred cara, pokloniti mu se i moliti ga da ih potvrdi. Po dogovoru car se nije trebao mijesati u druge poslove, čime je Hrvatima trebalo biti osigurano da žive po svojim starim običajima.

Nakon smrti cara Karla Velikog 814. godine na prijestolje franačke države sjeo je njegov sin Ludovik Pobožni. Ne čekavši mnogo krenuše pred njega u grad Paderborn i hrvatski knezovi da mu se poklone. U to vrijeme Bijelom Hrvatskom je vladao knez Borna, a u Panonskoj Hrvatskoj, u gradu Sisku knez Ljudevit. Oba kneza bili su dobri junaci i vrsni vojskovođe i raspolagali su dobro organiziranom vojskom. Ali već tada Hrvati trpe zbog nesloge svojih knezova, kao često tijekom svoje kasnije povijesti. To su iskoristili Franci, koji već onda nastupaju u znaku gesla

**Carski pečat
Ludovika
Pobožnog**

"divide et impera". Osobito je lukavi markgrof Kadolach sve više raspirivao zavist hrvatskih knezova kako bi ih još više zavadio. Jednom bi radio u prilog Borni iako je ovaj bio u krivu, a drugi put bi se priklonio Ljudevitu iako je ovaj prvi bio sasvim u pravu. I kako rekoše, tako se zavadiše dva po Bogu, jeziku i krvi rođena brata, a sve u korist tadinu koji je pogazio obećanje Karla Velikog i sve se više upletao u domaće (unutarnje) poslove hrvatske zemlje.

Tiranija markgrofa Kadolacha najprije je dodijala knezu Ljudevitu koji u jesen 818. godine pošalje svog glasnika pred cara u Heristall kako bi mu skrenuli pozornost na nasilje i okrutnost Kadolacha, tražeći savjet kako da se odupru tom zlu. Očekivanje je bilo preko sve mјere. Car nije htio ni čuti za Kadaločovu krvnju te su se poslanici vratili neobavljeni posla.

U to vrijeme pod Ljudevitom Posavskim Hrvati su raspolažali jakom vojnom silom. U njegovoj vojsci isticali su se konjanici naoružani kopljima, lukom i strjelicama. Nadalje, odlikovali su se smjelom taktilkom i predstavljali preteču onih kasnijih konjaničkih postrojbih koje su stekle osobiti glas u borbama u 30-godišnjem i 7-godišnjem ratu pod Isolanim i pod barunom Trenkom. I hrvatski pješaci su bili vješti pri jurišu i u postavljanju zasjeda. Osobito uspješnoj borbi protiv Franaka ima se zahvaliti posebnoj taktici hrvatskog konjaništva i pješaštva, vještosti ratnoj varci, borbi iz zasjede, ugrožavanju bokova pomoću manjih postrojbih i udarcima na stražnje crte. Suvremenim jezikom ratne vještine bez pretjerivanja bi se moglo reći da je Ljudevit u svojoj taktici koristio načela integralne bitke - protivnika napadati svim raspoloživim sredstvima po svim elementima njegovoga borbenog poretka.

Nauk za sva vremena

Kneza Ljudevita vijest koju su mu donijeli poslanici teško je pogodila, tim više jer se nadao da će car uslišiti njegove pravedne tužbe. No stvarnost je bila drukčija. Čak i za to vrijeme kad su se strogo poštivala pravila diplomacije i ophodenja s poslanicima (bez obzira da li je s dotičnom zemljom u tijeku bio na

snazi mir ili rat), car je neuljedno primio i otpustio Ljudevitove poslanike i poručio po njima knezu da to što čini je vrlo opasno i da graniči s nevjerstvom.

Uvidjevši knez Ljudevit da mu je uzalud utjecati na cara slabica, koji je radio samo ono što su ga savjetovali bezdušni savjetnici, moralo se pripremati za rat. Ljudevitove strijepanje, da će Kadolach biti još okrutniji ubrzo su se obistinile. I zaista tako i bi. O tome svjedoče i stare knjige u kojima piše da su Franci u Panonskoj Hrvatskoj gotovo pomahnitali. Bijes njihov bijaše tolik da su i malu djecu s materinjih grudi trgali, ubijali i psima za hranu bacali.

Čaša strpljenja se prelila nadjačana bolom naroda i Ljudevit podiže sav svoj narod na oružje, spremna radije slavno izginuti nego sramotno robovati. No ni Franci nisu stajali skrštenih ruku. Čim je stigao glas da se Panonska Hrvatska odmetnula, Franci već 819. godine šalju veliku vojsku iz Italije, na čijem je čelu bio markgrof Kadolach kako bi svladala buntovnike. No pohod za franačku vojsku završi po zlu. U bitci je bila poražena od hrvatske vojske, te sva razbijena i obezglavljeni moral se sramotno povući. Na povratku te bijedne skupine palikuća i djece ubica razbolio se i Kadolach koji je na kraju i umro. Službeno izvješće franačkog dvora glasilo je da se razbolio od groznice i umro, ali po svemu sudeći bit će da nije mogao podnijeti poraz koji je pretrpio od kneza Ljudevita. Te godine franački car boravio je u Ingelheimu kad su mu glasnici donijeli vijest da mu je vojska poražena od Hrvata, a njezin zapovjednik markgrof umro od groznice. No još veće iznenadenje je uslijedilo kad su pred franačkog cara stigli Ljudevitovi poslanici nudeći mu mir. Naime, knez Ljudevit nije se uzoholio svojom pobedom nad franačkom vojskom znajući da je ratna sreća čudne čudi i nadasve promjenljiva. Namjera mu je bila da se izmiri sa carem i prizna njegovu vrhovnu carsku vlast. No car se nije htio tobože nagadati s odmetnikom, odbacujući sve njegove uvjete i zahtjeve i tražeći od njega slijepu pokornost. Takav tvrdi stav franačkog cara bio je znak Ljudevitu da mu ne preostaje ništa drugo do rat.

Štoviš obje strane su se počele spremati za odlučni rat. Knez Ljudevit

bio je u cijelosti svjestan situacije. Na zemlju Hrvata spremala se dići sva sila velikog carstva.

Prvi korak bio je okupiti saveznike. Pomoć mu je pružio gradski patrijarh, podanik bizantskog cara koji nije bio u najboljim odnosima s franačkim carstvom. Patrijarh mu pošalje zidare i tesare koji se raširiše po zemlji gradeći kule i otporne točke i utvrđujući glavni grad Sisak kako bi mogao odoljeti franačkim jurišima. Hrvatski knez Ljudevit Posavski postao je zapovjednikom velike hrvatske vojske. No bjelohrvatski knez Borna nije se htio stati pod Ljudevitovu zastavu. Štoviš nije želio ni čuti da pomogne Ljudevitu, već se pridružio franačkoj vojsci.

Franački car na mjesto Kadaloča je postavio furlanskog markgrofa Baldericha, te mu povjeri vojsku s kojom je trebao krenuti na Ljudevita. Tom prigodom Balderichu se dragovoljno pridružio knez Borna. Prema franačkoj zamisli napadaj na Ljudevita trebao se zbiti iz dva smjera: sa zapada iz Koroške trebala je ići franačka vojska pod zapovjedništvom Baldericha, a s juga iz Bijele Hrvatske knez Borna.

Prijetnja je bila prisutna i odgovoriti joj se moglo samo primjerenom strategijom. Ljudevit je uočio "kliješta" koja su se morala zatvoriti oko njega te kako bi pretekao i prereo svoje neprijatelje, na gornjoj Dravi dolazi do sukoba s nadmoćnom franačkom vojskom pod zapovjedništvom Baldericha. Ljudevit Posavski morao se povući, ali je i Balderich pretrpio velike gubitke pa ga se nije usudio progoniti.

U tom trenutku sa svojom vojskom digao se i knez Borna krenuvši prema Panonskoj Hrvatskoj koju je tada od Bijele Hrvatske rastavljala velika i gusta šuma Gvozd (danas Velika i Mala Kapela). Prešavši Gvozd Borna se uputovalo prema rijeci Kupi. No tu ga je dočekala Ljudevitova vojska koja se vratila s gornje Drave. Potkraj 819. godine Borna je također sakupio veliku vojsku u kojoj je bio i Dragomuž, Ljudevitov tast, koji je bojeći se Franaka, radije pristao uz Bornu nego uz svog zeta. Bitka je bila iznimno teška i krvava. Ishod je bio čas na strani jednog, čas na strani drugog. No nepredviđeni događaj za Bornu, jezičac pobjede prevagnuo je na Ljudevitovu stranu. U jednom

Umijeće diplomacije

trenutku od Borne su se odmetnuli Gačani, žitelji župe Gacke uz rijeku Gacku kod današnjeg Otočca i prijeđoše na Ljudevitovu stranu ne želeteći proljevati svoju krv za propast svojih sunarodnjaka - braće po krvi i jeziku. Borna je bio poražen. Ranjen, malo je nedostajalo da padne u zarobljeništvo da ga nije obranila njegova tjelesna straža.

Vrativši se kući poraženi Borna je nastojao kazniti Gačane. No to mu nije pošlo za rukom, jer je već u prosincu iste godine usred zime knez Ljudevit provalio s izabranom vojskom u Bijelu Hrvatsku kako bi Bornu porazio na njegovu vlastitom terenu. Silni strah je zavladao u Bijeloj Hrvatskoj. Djeca, žene i starci smjestili su se u utvrđene gradove, dok je Borna s najdabranijim vojnici ma odlučio ratovati u gorskim krajevima, napadajući Ljudevitovu vojsku s leda i bokova, uz nemiravajući ga bez prestanka - i noću i danju. Ljudevitova vojska navikla na život u niskoj Posavini nije mogla na gorskem terenu usred velike zime odolijevati gerilskim udarima Borninih postrojbi. Tom prigodom Ljudevit je izgubio blizu 3000 vojnika i više od 300 konja, te mnogo hrane i plijena. Videći da ne može ostvariti svoj vojni pohod vratio se kući.

Na franačkom državnom saboru održanom u siječnju 820. godine u Aachenu vodila se rasprava kako poraziti ustanike u Panonskoj Hrvatskoj jer je car Ludovik Pobožni smatrao da mu je ugrožen jugoistočni bok carstva. Na zbor u Aachen doša je i Borna pomoći svojim savjetom Francima. Na carskom dvoru došlo se do zaključka da je ustanak poprimio takve razmjere i da za njegovo gušenje neće biti dovoljna obična sila. Odlučeno je bilo da se podignu tri vojske. I zaista, čim je prošla zima, otopio se snijeg i zalistala šuma i probila trava da bude hrana teglećoj stoci krenuše iz franačkog carstva tri goleme vojske prema Panonskoj Hrvatskoj. Južna vojska kretala je iz Italije, sjeverna iz Bavarske preko gornje Panonije, dok je srednja i glavna vojska prolazila preko Koruške.

No ni ovaj put Ljudevit ne podlegne pred najezdom brojnijeg i jačeg neprijatelja. Južna vojska bila je dočekana od hrvatskih postrojbi u planinskom području čime joj je bilo onemogućeno daljnje napredovanje.

Jedna od glavnih zadaća bizantske politike bila je natjerati susjedne ili kako su ih oni zvali, barbarske narode da služe carstvu umjesto da ga ugrožavaju. Najjednostavniji način bio je unajmiti ih kao vojnu snagu koja će ratovati u njihovu korist i štititi granice carstva. I sam Atila, osvajač od kojeg je drhtala i Azija i Europa, primao je plaću kao "carski vojskovoda". Vrhunac te strategije bio je barbarske narode dovesti u takvu poziciju da jedni služe carstvu kao zaštita od drugih.

Međutim, kad tzv. mirna sredstva koja su se ogledala u kupovanju savezništva, udavanju djevojaka iz uglednih bizantskih obitelji za barbarske knezove nisu mogla zajamčiti sigurnost, Carstvu je bio cilj onemogućiti im da ojačaju, natjerati ih da zarađuju jedni protiv drugih i oslabiti ih pomoću međusobnih razdora. Staro rimsко načelo "divide et impera" - razdvoji pa vladaj - bila je jedna od glavnih poluga bizantske politike i diplomacije. U tom slučaju primjer Justinianove diplomacije postao je školski primjer. Za njega je diplomacija bila šahovska ploča, a susjedni narodi šahovske figure. U tom smislu izradio je čitav sustav. Protiv Bugara podizao je Hune, protiv Hunu Avare. Vandale je pokoravao Istočnim Gotima, a Istočne Gote uz potporu Franaka. Vojno upletanje u unutarnje stvari drugih zemalja bilo je jedno od sredstava Justinianove politike.

Također njegovi ratovi uvijek su bili u tijesnoj svezi sa socijalnim borbama u tim zemljama koje je vješto iskorištavao za ostvarenje svojih ciljeva.

Kad jakog neprijatelja nije mogao ni kupiti ni svladati svojim ili tuđim oružjem, nastojao ga je politički i gospodarski blokirati. Primjer te strategije uporabljen je u borbi protiv iranske države. U sažetku: problem se ogledao kako Iran potisnuti iz posredovanja u trgovini s Indijom i Kinom (kao najmnogoljudnjim državama) taj problem je ostao aktualan do današnjih dana) i usmjeriti trgovinu morskim putem preko Crvenog mora.

Osim svih nabrojenih strategija, Bizant je ipak (dugoročno gledano) najviše nade polagao u razvoj i širenje trgovačkih veza kao jednog od najmoćnijih oružja diplomacije. Trgovački gradovi, koji su se nalazili u pograničnim područjima Carstva, bili su predstraža njegovoga političkog utjecaja. Trgovci, koji su prodirali k udaljenim narodima, donosili su Carstvu podatke o njima. S bizantskom robom (proizvodima) odlazio je barbarima i bizantski utjecaj (kultura) porobljavajući ih na tihu način. U tom nastupanju trgovca je slijedio prosvjetitelj.

Diplomacija franačkog carstva za svoju polazišnu točku uzela je upravo bogatu diplomatsku vještinsku Bizantskog Carstva, koju je dalje nadograđivala s obzirom na svoje političko-vojno okruženje.

Sjeverna vojska koja se kretala kroz Panoniju bila je zaustavljena na Dravi od odvažnih Ljudevitovih ratnika. Odlučna bitka i ovaj se put vodila s glavnom franačkom vojskom. Franačka vojska koja je nadirala tim smjerom bila je iznimno snažna i sastojala se od Sasa, istočnih Franaka i Alemana. Neprijatelj je bio daleko nadmoćniji od Ljudevita. Ljudevit vješto operira na bojnom polju, te se i vješto povlači kad ne može uništiti neprijatelja. U sljedećoj fazi sve tri neprijateljske vojske sjedinile su se u jednu i ušle su u kneževinu. Videći da se neće moći suprotstaviti tolikoj sili na otvorenom polju, Ljudevit je zapovijedio svom narodu da ostavi kuće i kućista te da se povuče u šume, močvare i župne gradove. Ljudevit u tim uvjetima počinje rabiti gerilsku taktiku ratovanja. On raspušta svoju vojsku, osim manjih skupina, koje ostavlja u tvrdim i sigurnim gradovi-

ma. Narodu i dijelu vojske koju je raspustio zapovijeda da se bori u šumama, oko močvarnih područja, i da brane gradove, sjedišta župa. On sam s izabranim ratnicima zatvorio se u jedan utvrđeni grad što ga je bio sagradio na visokom i strmom brijeđu. Franačka vojska jurišala je na utvrdu no nije ju uspjela osvojiti. Ljudevit nije htio ni čuti za predaju. Franci su tom prigodom pokazali svoje pravo barbarsko lice pustošeci polja i paleći kuće hrvatskog stanovništva. Sjeverna franačka vojska koja je napokon uspjela prijeći Dravu i moralu se kretati močvarnim područjem bila je zaustavljena u svom napredovanju zaraznim bolestima zbog močvarnih predjela. Takav razvoj okolnosti te tvrda uporišta iz kojih su se branili Ljudevitovi ratnici prisililo je Franke na povlačenje. Posavska Hrvatska je ostala pod barbarskom najezdom poharana i popa-

ljena, ali slobodna i nezavisna. Samo zapadni dio zemlje, sadašnje Slovenije potpada ponovno pod franačkog grofa Baldericha.

I iznova, u veljači 821. godine sastao se franački državni sabor, gdje se vijećalo kako da se napokon pobijedi hrabri knez Ljudevit. Na taj sabor došli su i glasnici iz Bijele Hrvatske koji rekoše caru da im je umro knez Borna, zamolivši ga da za novog vladara potvrde kneza Vladislava, Borninog sinovca. Car odobri njihov zahtjev i zapovijedi da se istog ljeta iznova sakupe tri vojske.

Već tijekom svibnja po zapovijedi cara krenuće iznova tri vojske na hrvatskog kneza Ljudevita, koji lišen svojih dotadašnjih saveznika nije više mogao Franke čekati na otvorenom bojnom polju. Primjenjuje staru takтику. Ponovno se zatvori u tvrde gradove iskazujući hrvatsku vještina u gerilskom ratovanju, a Franci u svom barbarskom stilu opustošiše polja, ali zemlju nisu uspjeli pokoriti. Ratnik i gerila Ljudevit nije želio zametnuti boj natjeravši Franke pobješnjele od muke da se vrate zlovoljni kući i polovinom listopada iznova održe sabor u Diedenhofenu. Izvješće franačkih vojvoda bilo je sve osim junačkog ratnog pohoda, rekavši mu da su Hrvatsku doduše strašno opustošili, ali Ljudevita nisu svladali jer se on nije htio s njima boriti.

Panonska Hrvatska nije franačkim najezdama podlegla sve do 822. godine, kad je franački car 822. godine iznova poslao vojsku iz Italije.

Tijekom četiri godine Ljudevit je hrabro odolijevao najezdi daleko moćnijeg neprijatelja, odbivši pritom devet franačkih vojski, no na kraju je ipak morao odstupiti. Hrvati su pretrpjeli iznimno velike gubitke; zemlja im je bila opustošena, narod izmoren ratom, nepokoren duhom i spremniji za još veće izazove. Potomci junaka, koji su se tako uspješno borili pod Ljudevitom Posavskim, nikada u svojoj povijesti nisu se smatrali pobjednicima.

Radi istine i sjećanja na te velike junake poput Ljudevita i njegovih hrabrih suboraca moramo reći je da ih nije krasila samo hrabrost već i ratnički um. Tako priznati povjesničari uspoređujući Ljudevita s ostalim velikim ratnicima poput Aleksandra Velikog, Hanibalja i Cezara iako su dvojili da li je i osobno bio upoznat s

njihovim načinom ratovanja. S obzirom na oružanu silu moćne franačke države kojoj se na zadivljujući način suprotstavlja, primjenjujući i boj na otvorenom polju, rabeći vješto mjestopisne značajke i vodeći gerilski rat kad su to okolnosti zahtijevale rame uz rame bi mogao stati s Hanibalom, takoder virtuozom rata. I jedan i drugi su vješto suprotstavljaljali oružje i um nadmoćnjem neprijatelju.

Za slavu tim hrabrim i vještim hrvatskim ratnicima za vidjeti je kako je završila svoj put na povijesnoj sceni moćno franačko carstvo.

Sudbina osvajača

Nikakvo osobito povijesno otkriće, ali sigurno velika povijesna istina da svaki narod koji je je pokušao graditi svoju sreću osvajajući i porobljavajući drugog i prisvajajući ono što mu povijesno ne pripada neslavno završava svoj put.

Tadašnje države barbarske Europe nastale na temelju osvajanja bile su kratkotrajnog daha. Vladavina naturalnog gospodarstva, slabe privredne veze koje su bile produkt i njihove osvajačke politike, pomanjkanje gospodarskih temelja za veće političke organizacije dovelo je do neizbjegnog raspada velikih utopičkih državnih zajednica i na Zapadu i na Istoku. Toj sudsbi nije moglo izbjegći ni najveće carstvo među njima - carstvo Karla Velikog. Završetak procesa feudalizacije barbarskih društava i pretvaranje zemljoposjednika u samostalne vladare na svojim djedovinama bilo je praćeno političkim raspadanjem Europe.

Tako država Karla Velikog nije uspjela baš mnogo nadzivjeti svog cara. Već u posljednjim Karlovim godinama osjećalo se da se približava njegov kraj. Raspad carstva osobito je uznapredovao za vrijeme vladavine Ludovika Pobožnog.

Proces raspadanja ogledao se u sljedećem. Ono što je koristio Karlo Veliki, a kasnije i njegov sin Ludovik u borbi protiv hrvatskog naroda - podjelu između Ljudevita i Borne, njih je snašlo u najgorem mogućem obliku i to istom metodom.

Ludovik dijeli carstvo među sinovima, zadržavajući za sebe vrhovnu vlast. Sjeme podjele bilo je

stvoreno i ubrzo će urodit ratom između oca osvajača i sinova ništa moralnijih od njega. Karlo i Ludovik Njemački sklopili su u Strassburgu ugovor protiv starijeg brata Lotara, kojem je pripala carska kruna i koji je želio ostvariti svoja carska prava. Ujedno taj sporazum u zavjeri ili tzv. Strassburška prisega predstavlja prvi diplomatski dokument, koji nije sastavljen ni na latinskom ni na grčkom, već na njemačkom i francuskom (romanskom) jeziku.

Lotar pristaje na ustupke i 843. godine u Verdunu sklopljen je ugovor o dijeli carstva među trojicom braće. Formalno su priznavali da postoji carstvo ili točnije, sačuvan je carski naslov, koji je pripao najstarijem bratu Lotaru. Prema sporazumu područje carstva bilo je podijeljeno na tri dijela crtama, koje su isle od sjevera prema jugu. Zapad - "kraljevina zapadnih Franaka" i ono što se kasnije nazvalo Francuska dobio je Karlo, Istok - "kraljevina istočnih Franaka" koje se kasnije nazvalo Njemačka dobio je Ludovik, a Lotar je dobio dio, koji se nalazio između posjeda Karla i Ludovika poznato kao Italija. Podjela je izvršena mehanički i samim tim i nesretno, a posebice se to odnosi na Lotarov dio, koji je obuhvaćao bogate, plodne i napućene zemlje, ali raznojezične, s raznovrsnim privrednim i političkim vezama. Diplomati XX. stoljeća rekli bi svojim jezikom da je Lotarova zemlja predstavljala primjer multietničke i multikulturalne zajednice. Kako će povijest uskoro pokazati taj dio - Lotarova zemlja - ubrzo će postati pogodan mamac za njegove susjede koji su upravo znali da tako ustrojena, u vojničkom pogledu predstavlja vrlo laki plijen. No to nije predstavljalo nikakvo otkriće. Ta povijesna i vojna činjenica bila je poznata već i Hanibalu koji kad je krenuo osvojiti Rim odabrao je smjer Španjolska, prelaz preko Pirineja, jugoistočnih dijelova Francuske, prelazak preko Alpi kako bi došao u sjeverni dio Apeninskog poluotoka novačeći saveznike među narodima koji su se nalazili u bogatoj dolini rijeke Po.

Verdunski ugovor potpisani polovinom IX. stoljeća bit će početak onoga što ćemo kroz bogatu europsku povijest pratiti kroz nove ratne sukobe i nove sporazume.

(nastaviti će se)

Minobacač Mortar

"Commando" 60mm M70

Minobacač 60 mm M70 COMMANDO je pješačko podržavajuće oružje namijenjeno diverzantima i postrojbama posebne namjene za borbu u neposrednoj blizini.

Jednostavne je konstrukcije - cijev i postolje - što omogućuje ciljanje držeći rukom cijev na željenoj elevaciji.

Ovakva konstrukcija dozvoljava i izravno ciljanje, pri čemu treba voditi računa o padu putanje mine.

Light mortar 60mm M70 COMMANDO is a light-weight infantry support weapon designed for use by commando and other special forces for close-range combat.

Simple construction of this weapon - a barrel and a baseplate - allows for manual aiming, even a low-angle, direct - aim firing.

TEHNIČKE OSOBINE

kalibar	60,8 mm
dužina cijevi	693 mm
težina minobacata	7,8 kg
elevacija	5° - 85°
horizontalno polje djelovanja	360°
brzina ciljanja	20-25 mina/min
max. domet	1.630 m
max. tlak u cijevi	250 bara
ciljnička naprava	mehanička, s podjelom 1/6400

TECHNICAL DATA

barrel caliber	60,8 mm
barrel length	693 mm
mortar mass	7,8 kg
elevation	5° - 85°
horizontal field of action	360°
rate of fire	20-25 shells/min
max. range	1.630 m
max. bore pressure	250 bar
aiming device	mechanical, ruler div. 1/6400

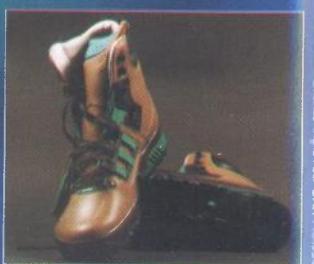
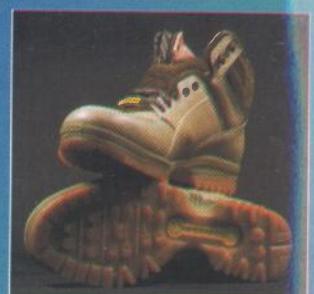


PODUZEĆE ZA TRGOVINU NA VELIKO I MALO, VANJSKU TRGOVINU, MARKETING, s p.o.

10000 ZAGREB, Trg športova 11

Tel. 01/315-710, 355-155/131, 132

Fax: 01/315-710



U prodavaonici ROST SPORTA potražite:

svu potrebnu opremu za trim-kabinete (pvc bućice, metalne ploče, trim-bicikl, sprave za veslanje, strunjače, utege za noge i ruke, ekspandere, lopatice za vježbanje šake, vijače u svim dužinama, rukavice za vježbanje...)

Da bi vaše slobodno vrijeme bilo ugodno i k tome korisno provedeno posjetite