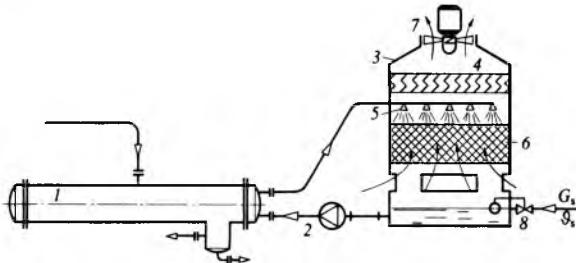


regenerativno hlađenje protočne vode djelomičnim ishlapljinjem u rashladnom tornju (sl. 102).

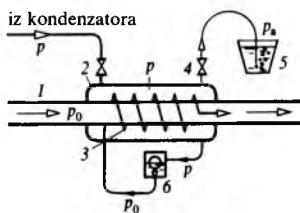


Sl. 102. Protočni kondenzator s tornjem za regenerativno hlađenje vode. 1 protočni kondenzator, 2 cirkulacijska pumpa za rashladnu vodu, 3 rashladni tornanj, 4 odvajač kapljica, 5 mlaznice za raspršivanje vode, 6 punilo tornja, 7 ventilator s elektromotorom, 8 ventil za automatski dovod svježe vode

**Otplinjavanje kondenzatora.** Prisutnost inertnih plinova koji se ne kondenziraju u rashladnom uređaju smeta urednom odvijanju rashladnog procesa. Ti se plinovi skupljaju u najhladnijim dijelovima kondenzatora i svojim parcijalnim tlakom povisuju ukupni tlak u kondenzatoru iznad tlaka zasićenja koji odgovara temperaturi kondenzacije. U težim slučajevima inertni plinovi zauzimaju veći dio unutrašnjosti kondenzatora, pa radna tvar više ne može nesmetano kondenzirati. Površina prijenosa topline postaje tako manja, pa tlak i temperatura u kondenzatoru znatno porastu. Poraste i kompresijski omjer, pa se kompresor pregrijava i troši više pogonske energije uz smanjeni rashladni učinak.

Inertni plinovi ulaze u rashladni uređaj ili za vrijeme remonta pojedinih dijelova uređaja ili kroz propusna mjesta na niskotlačnom dijelu (isparivači) kada je tlak isparivanja niži od okolišnog tlaka. Plinovi mogu nastati i unutar uređaja kemijskim reakcijama između radne tvari, mazivog ulja, vode i dr.

U malim rashladnim uređajima inertni se plinovi otpuštaju povremeno iz najhladnijeg dijela kondenzatora, u blizini ulaza hladne rashladne vode, gdje im je i parcijalni tlak najveći. Ručno se otvara predviđeni ventil i pažljivo prigušuje s tlaka kondenzacije na tlak u okolišu. Nedostatak je u tome što se uz inertne plinove otpušta ipak i manja količina radne tvari.



Sl. 103. Uredaj za automatsko otpunjavanje rashladnog uređaja. 1 usisna cijev rashladnog uređaja, 2 dovod smjese inertnih plinova i pare radne tvari, 3 kondenzator radne tvari, 4 ispušnica inertnih plinova, 5 posuda s vodom, 6 prigušni ventil s plovkom

Veći rashladni uređaji otpunjavaju se trajno i automatski pomoću posebnih uređaja (sl. 103). Smjesa inertnih plinova i pare radne tvari dovodi se iz kondenzatora u međuprostor koji tvori šira cijev oko hladne usisne cijevi rashladnog uređaja. Na vrlo hladnoj površini cijevi kondenzira para radne tvari iz smjese, a ostaju inertni plinovi koji se prigušuju na tlak okoliša i kroz posudu s vodom odvode u okoliš. Prolaz mjeđurića plinova kroz vodu dokazuje da se otpunjavanje uredno odvija. Kondenzirana radna tvar iz smjese prigušuje se u ventilu s plovkom na visokotlačnoj strani i isparuje u spiralnoj cijevi, namotanoj oko usisne cijevi. Tako se u otpunjivaču još potpuniye kondenzira i odvaja para radne tvari iz smjese.

LIT.: R. Plank, Handbuch der Kältetechnik, Band 1–12. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1954–1967. – A. M. Розенфельд, А. Г. Ткачев, Холодильные машины и аппараты. Госторгиздат, Москва 1955. – Холодильная техника (1–3). Госторгиздат, Москва 1961. – J. R. Dossat, Principles of Refrigeration. John Wiley, New York 1961. – F. Bošnjaković, Nauka o toplini, II dio. Tehnička knjiga, Zagreb 1976. – F. Bošnjaković, Nauka o toplini, I dio. Tehnička knjiga, Zagreb 1978. – F. Bošnjaković, Nauka o toplini, III dio. Tehnička knjiga, Zagreb 1986.

V. Brlek

**RATNI BROD**, površinsko ili podvodno plovilo uvedeno u flotnu listu kao element vojno-pomorskih snaga, namijenjeno da borbenim aktivnostima i manevrom u akvatoriju izvršava borbene zadatke.

Ta se definicija odnosi na pravi ratni brod (borbeni brod), dok je s pravnog gledišta pojam ratnog broda dosta širi. Prema Ženevskoj konvenciji o otvorenom moru iz 1958. god., ratni je brod plovilo koje pripada vojno-pomorskim snagama, nosi vanjske označke brodova oružanih snaga države (zastava, flotni broj i sl.), ima zapovjednika kojega je imenovala vlada, uveden je u flotnu listu i ima posadu iz sastava oružanih snaga. Ratni je brod u pravnom pogledu slično definiran i Konvencijom Ujedinjenih naroda o pravu mora iz 1982. godine. Tako široka definicija obuhvaća mnogo površinskih brodova koji, iako u ratu i miru (ili samo u ratu) izvršavaju borbene zadatke u sastavu ratne mornarice, nisu pravi borbeni brodovi u tehničkom pogledu. U prvom se redu to odnosi na trgovačke i druge brodove gradene za civilne namjene, koji se zbog ratnih potreba uvrštavaju u sastav flota ratnih mornarica, čak i uz velike rekonstrukcije i ugradnju naoružanja i vojne opreme. U tehničkom pogledu, takvi su *naoružani brodovi* osnovani, projektirani i građeni za određenu civilnu namjenu (v. *Brod*, TE 2, str. 157), bez obzira na naknadnu namjenu za ratne zadatke. Slično vrijedi i za brodove civilne namjene koji se u nekim zemljama već pri projektiranju djelomično osposobljavaju za *popisne ratne brodove*. I tada dominira civilna namjena, a samo su neki detalji tako izvedeni da se konverzija broda za ratne zadatke obavi što brže, lakše i uz što manje improvizacija. Osim toga, u sastavu flote ratne mornarice postoji mnogo pomoćnih brodova i plovila, stalno uvrštenih u flotnu listu i s vojnom posadom, koji se u tehničkom pogledu ništa ili vrlo malo razlikuju od sličnih brodova za civilne namjene. To nisu borbeni brodovi, i ne spadaju, prema tehničkoj definiciji, među ratne brodove.

Pravi je ratni brod (borbeni brod ili brod udarnih pomorskih snaga) građen za oružanu borbu, a vrlo se malo može upotrijebiti za druge svrhe. Osnovni je cilj gradnje pravog ratnog broda postizanje borbene efikasnosti, što je bitno različito od kriterija koji vrijedi za brodove civilne namjene. Oni se, naime, grade i eksploriraju prema kriteriju ekonomičnosti. Počevši od brodova na vesla, preko jedrenjaka pa sve do suvremenih ratnih brodova, najbitnija su svojstva ratnog broda potpuno podređena borbenoj funkciji i zato se jako razlikuju od svojstava broda za civilne namjene.

### KLASIFIKACIJA BORBENIH RATNIH BRODOVA

Podjela borbenih ratnih brodova na klase, vrste, podvrste i tipove nikada nije postojala kao čvrst, opće prihvaćen i u svijetu priznat jedinstveni pristup. Umjesto toga, još iz dalekih vremena postoje manje ili više ukorijenjene podjele s nejasno određenim granicama, koje polaze s različitim gledišta. U mnoštvu polaznih gledišta, upotrebljivanih kroz povijest ratnih brodova, mogu se izvoditi dvije izrazito različite klasifikacije: prva je prema specifičnoj namjeni, a druga prema tehničkim karakteristikama ratnih brodova.

Cini se da je najpogodnija klasifikacija koja polazi od namjene ratnih brodova. Iz nje bi mogla slijediti univerzalna klasifikacija, koja bi kao opće prihvaćena mogla poslužiti i kao neka vrsta standarda prema kojem bi se ratni brodovi mogli međusobno uspoređivati. Ipak, i uz takav naoko logičan pristup, klasifikacija prema namjeni ratnog broda nikada nije bila (za duže vremensko razdoblje) općenito prihvaćena. Za to ima više razloga, koji će vrijediti i u budućnosti: a) ratne su mornarice vrlo različite po veličini i strateškoj doktrini država kojima pripadaju, tako da definicija namjene ratnog broda ima različita značenja; b) univerzalna klasifikacija brodova podrazumijeva i klasifikaciju njihove namjene, što je blisko standardu, ali je posve oprečno najbitnijoj postavci ratne vještine, tj. postizanju iznenadenja, a ono je minimalno ako se ratni brodovi i, posebno, njihova namjena uklapaju u poznate sheme; c) tehnički i znanstveni progres u uzajamnoj interakciji s pomorskom ratnom vještinom kontinuirano, a

često i vrlo skokovito, mijenja i način borbe na pomorskom bojištu i same ratne brodove pa se i djelomično prihvaćena klasifikacija (barem od grupe zemalja) ne može održati kroz duže vremensko razdoblje.

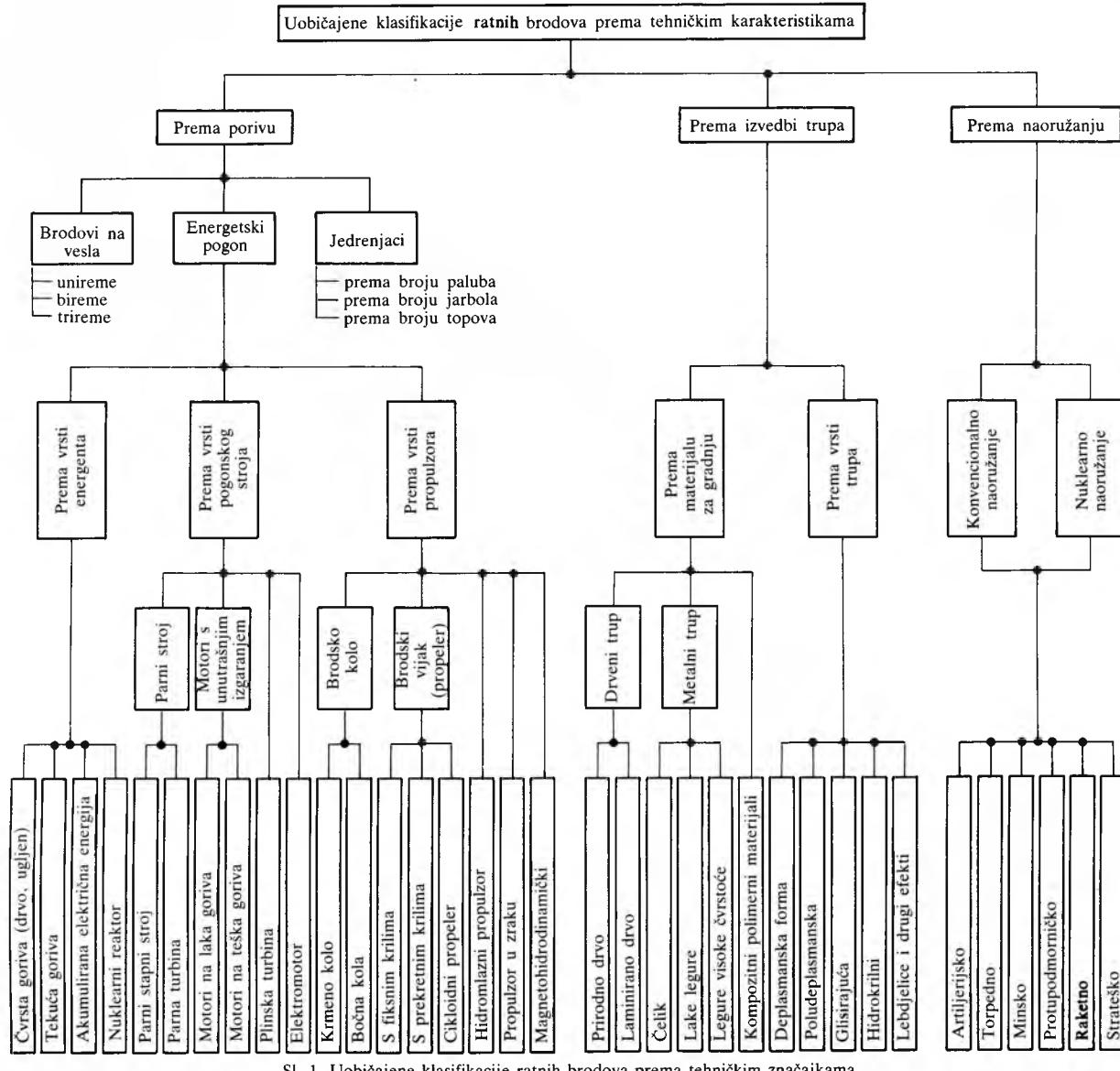
Tako je, npr., klasifikacija koja je polazila od veličine ratnog broda (iz čega je slijedila i osnovna namjena broda), prihvaćena Washingtonskim sporazumom 1922. između samo pet država, predviđajela sljedeće borbene ratne brodove: nosače aviona, bojne brodove, krstarice, razarače, podmornice, patrolne brodove, minopolagače, minolovce i male brze udarne brodove. Ta se konvencija držala za načelni standard nakon prvog svjetskog rata, a osnovni cilj joj je bio da ograniči pomorsko naoružanje pobijedjenih država. U razdoblju do početka drugog svjetskog rata većina se zemalja držala te konvencije, dok su zemlje na koje su se te odredbe u prvom redu odnosile, iskorištavajući nedorečenosti i praznine u klasifikaciji, ali i nove tehničke mogućnosti (npr. dizelski motorni pogon), zaobišle ugovorenog ograničenja i izgradile brodove izvan standarda te tako postigle znatne strateške i taktičke prednosti u cijeloj prvoj polovici drugog svjetskog rata. Savezničke zemlje, suočene s iznenadenjem i nakon ozbiljnih početnih gubitaka, također su odstupile od spomenute klasifikacije i ponovno uvele fregate i korvete za protupodmorničku borbu, kao nove vrste brodova.

Još su kratkotrajnije sve klasifikacije koje polaze od tehničkih karakteristika ratnih brodova. Takve su klasifikaci-

je, međutim, prisutne u svakodnevnom životu, jer na vidljiv način razvrstavaju ratne brodove prema brojnim deskriptorima s kojima je lako operirati. Sve su klasifikacije te vrste u uskoj vezi s tehničkim progresom i podložne su stalnoj reviziji, dopunama novim i redukcijom preživjelih vrsta ili potpunim njihovim ukidanjem. Slika 1 prikazuje klasifikaciju koja polazi od tehničkih karakteristika ratnih brodova.

Kao opće prihvatljiva klasifikacija ratnih brodova, za posljednja desetljeća XX. i početak XXI. st., vrijedi ona koja polazi od primjene ratnih brodova na globalnoj razini, zavisno od vojno-političkih i doktrinarnih stanovišta pojedinih država i njihova odnosa prema pomorskom ratištu. Ta je klasifikacija dovoljno općenita i ne sadrži rizik da izvedbeni i drugi detalji, naročito tehničke karakteristike, ospore njenu valjanost, a obuhvaća sve brodove ratne mornarice. Na prvoj razini raščlambe u toj se klasifikaciji razlikuju: a) brodovi strategijskih pomorskih snaga, b) borbeni brodovi, c) pomoćni brodovi ratne mornarice i d) pomoćna plovila ratne mornarice, s tim da među *prave ratne brodove* s tehničkog gledišta spadaju samo prve dvije vrste.

**Brodovi strategijskih pomorskih snaga (oceanski strategijski brodovi)** izdvojeni su iz skupine ostalih borbenih brodova samo prema kriteriju njihova glavnog naoružanja koje se sastoji od projektila strateške namjene s nuklearnim bojevim glavama (v. *Oružni sistemi, Strateški sistemi naoružanja*, TE 10, str. 21). Do nedavno doba to su bile samo strateške



## RATNI BROD

podmornice s balističkim raketnim projektilima velikog doleta i pripadnim sistemima za njihovo usmjeravanje i lansiranje (v. *Podmornica, Napadne podmornice*, TE 10, str. 465). Uvođenjem i sve bržim usavršavanjem krstarećih raketnih projektila, ta skupina brodova obuhvaća sve podmornice, određene vrste površinskih brodova i nosače aviona koji nose avione za lansiranje krstarećih projektila. Tu spadaju i svi ostali borbeni brodovi koji mogu lansirati krstareće projektile s izrazito strateškim karakteristikama.

**Borbeni brodovi** jesu: a) nosači aviona s taktičkim naoružanjem, bez obzira na njihovu veličinu i vrstu pogona, b) napadne podmornice s taktičkim naoružanjem, bez obzira na njihovu veličinu i vrstu pogona, c) krstarice i modificirani stari bojni brodovi s taktičkim naoružanjem, d) razarači i fregate, e) patrolni, eskortni brodovi i korvete, f) obalni patrolni brodovi, g) lake i brze borbene jedinice, h) riječni borbeni brodovi, i) brodovi za posebne borbene akcije ratne

mornarice (protuminski, desantni i izviđački brodovi) te brodovi za protuelektroničku borbu, j) popisni brodovi civilne namjene preuređeni za borbu (v. *Oružni sistemi, Pomorski sistemi taktičkog naoružanja*, TE 10, str. 31).

Podaci o glavnim dimenzijama, pogonskom postrojenju i naoružanju glavnih tipova suvremenih borbenih brodova prikazani su u tablicama 1...4.

**Pomoći brodovi** u sastavu ratne mornarice jesu: a) brodovi za podršku pokreta flote (remorkeri, brodovi za spasavanje, za opskrbu na moru i u udaljenim bazama, za specijalna iskrcavanja, te brodovi koji služe kao baze, radionice, skladišta, svjetionici), b) brodovi specijalnih namjena (istraživački, hidrografski, oceanografski te brodovi koji služe za podvodne radove, bolnice, ustanove), c) školski brodovi (naoružani ili za opću pomorsku obuku).

**Pomoćna plovna sredstva**, s minimalnim ili bez vlastitog pogona, namijenjena su za radove u lukama i udaljenim

Tablica 1  
NOŠAČI AVIONA I HELIKOPTERA

Klasa, oznaka klase, država	Izgrađeno brodova iste klase	Godine gradnje	Glavne dimenzije				Pogonsko postrojenje		Brzina čvor		Akcijski polumjer pri marševnoj brzini morska milja	Broj članova posade	Broj ukrcanih letjelica	
			Duljina m	Širina m	Gaz m	Istis- nina, t	Vrsta i broj vijaka	Snaga kW	Maksi- malna	Maršev- na				
NIMITZ CVN 68 SAD	6	1968. do 1975.	333	77	11	91487	4 nuklearna reaktora, 4 parne turbine, 4 vijaka	191100	>30			13...15 godina	5700	90
KIEV 068 SSSR	4	1970. do 1975.	273	32,7	10	40000	4 plinske turbine, 4 vijaka	161700	32	18		13500	2500	32
FOCH R 99 Francuska	2	1957. do 1963.	265	32	8,6	32780	4 parne turbine, 2 vijaka	92610	32	18		7500	1340	40
INVINCIBLE R 05 V. Britanija	3	1973. do 1980.	206	32	7,3	19500	4 plinske turbine, 2 vijaka	82320	28	18		5000	100	14...20
GIUSEPPE GARIBALDI C 551 Italija	1	1981. do 1985.	174	30,4	6,7	13370	4 plinske turbine, 2 vijaka	58800	30	20		7000	825	18

Tablica 2  
KRSTARICE

Klasa, oznaka klase, država	Izgrađeno brodova iste klase	Godine gradnje	Glavne dimenzije				Pogonsko postrojenje		Broj članova posade	Naoružanje					Lanseri torpeda	Helikopteri	Radari	Sonari		
			Duljina, m	Širina, m	Gaz, m	Istisnina, t	Vrsta i broj vijaka	Snaga kW		Lanseri raketa	Topovi	Protubrodskie	Protuzračne	Protupod- morničke	Krstareće	Srednji	Laki			
VIRGINIA CGN 38 SAD	4	1972. do 1976.	178,4	19,2	9	11000	2 nuklearna reaktora, 2 parne turbine, 2 vijaka	73520	30	562	1	2	1	1	2	1	6	2	8	2
TICONTEROGA CGN 47 SAD	12	1980. do 1983.	172,5	16,8	9,5	9600	4 plinske turbine, 2 vijaka	58800	30	395	4	2	2	-	2	2	3	2	6	2
KIROV 050 SSSR	3	1973. do 1980.	248	28,5	9,1	28000	2 nuklearna reaktora, 2 parna kotla, 2 parne turbine, 2 vijaka	110290	33	900	20	14	3	-	4	8	10	3	14	2
COLBERT C 611 Francuska	1	1953. do 1959.	180,8	20,2	7,7	11300	2 parne turbine, 2 vijaka	63200	31	560	4	2	1	-	4	6	-	-	9	-
ANDREA DORIA C 553 Italija	2	1958. do 1964.	149,3	17,2	5	6500	2 parne turbine, 2 vijaka	44100	31	470	-	2	-	-	8	4	6	4	8	2

# RATNI BROD

471

Tablica 3  
RAZARAĆI

Klasa, oznaka prvog broda u klasi, država	Izgrađeno brodova iste klase	Godine gradnje	Glavne dimenzije			Pogonsko postrojenje		Brzina, čvor	Broj članova posade	Naoružanje				Lanseri torpeda	Helikopteri	Radari	Sonari		
			Duljina, m	Širina, m	Gaz, m	Istisnina, t	Vrsta i broj vijaka	Snaga kW		Lanseri raketa	Topovi	Srednji	Laki						
SOVREMENIJ 441 SSSR	9	1977. do 1980.	156	17,3	6,5	7900	2 parne turbine, 2 vijka	80800	32	320	8	2	2	4	4	1	11	2	
UDALOV 656 SSSR	9	1978. do 1980.	164	18,8	6,2	8000	4 plinske turbine, 2 vijka	80800	32	300	-	8	10	2	4	2	8	2	
ARLEIGH BURKE DDG 51 SAD	1	1985. do 1989.	142,1			8300	4 plinske turbine, 2 vijka	58800	31	303	8	1	1	1	2	6	2	3	2
GEORGES LEYGUES D 640 Francuska	7	1974. do 1979.	139	14	5,7	4170	2 plinske turbine, 2 Dieselova motora, 2 vijka	45830	30	216	4	1	-	1	2	2	2	5	2

Tablica 4  
FREGATE

Klasa, oznaka prvog broda u klasi, država	Izgrađeno brodova iste klase	Godine gradnje	Glavne dimenzije			Pogonsko postrojenje		Brzina, čvor	Broj članova posade	Naoružanje				Lanseri torpeda	Helikopteri	Radari	Sonari		
			Duljina, m	Širina, m	Gaz, m	Istisnina, t	Vrsta i broj vijaka	Snaga kW		Lanseri raketa	Topovi	Srednji	Laki						
OLIVER HAZARD PERRY FFG 7 SAD	51	1975. do 1977.	135,6	13,7	4,5	3585	2 plinske turbine, 1 vijak	29400	29	200	1	1	1	1	6	2	3	1	
MAESTRALE F 570 Italija	8	1978. do 1982.	122,7	12,9	8,4	3040	2 plinske turbine, 2 Dieselova motora, 2 vijka	44800	32	232	4	8	-	1	4	2	2	5	1
JACOB VAN HEEMSKERK F 812 Nizozemska	2	1981. do 1986.	130,5	14,6	4,3	3800	4 plinske turbine, 2 vijka	42640	30	200	8	1	-	-	1	4	-	4	1
BREMEN F 207 SR Njemačka	8	1979. do 1982.	130	14,5	6,5	3600	2 plinske turbine, 2 Dieselova motora, 2 vijka	45580	30	204	8	4	-	1	1	4	2	3	1

bazama. To su: plovne dizalice, plovni dokovi, barže, peniše i platforme, te plovila koja služe kao skladišta, svjetionici, bojadisaonice, za dekontaminaciju itd.

Prema navedenim načelima, nazivi brodova kao što su *raketna krstarica s nuklearnim pogonom* ili *nuklearna podmornica s balističkim projektilima* ostatak su starih klasifikacija u kojima je pomiješano nekoliko aspekata tehničkih karakteristika broda s njegovom namjenom, tj. s određenom klasom broda. U mnogim je ratnim mornaricama takva klasifikacija i označavanje još uvijek na snazi zbog raznih vojno-političkih razloga, ali sa sve manje opravdanja, što potvrđuje nekoliko već učinjenih izmjena.

## OSNOVNA SVOJSTVA RATNIH BRODOVA

Osnovna svojstva ratnih brodova bitno su različita od svih drugih brodova građenih za privredne namjene, što posebno vrijedi za brodove strategijskih pomorskih snaga i borbene brodove taktičke namjene, dok su za pomoćne brodove i pomoćna plovna sredstva ratnih mornarica te razlike vrlo

male. Na ratnim je brodovima sve podređeno njihovoj borbenoj efikasnosti, a za brodove privredne namjene vrijede kriteriji ekonomičnosti i rentabilnosti u najširem smislu, te sigurnosti plovidbe, posade i tereta.

Budući da su svojstva broda određena njegovom namjenom, ratni se brod razlikuje od broda za privredne namjene u prvom redu po tehničko-tehnološkoj izvedbi, počevši od osnivanja broda pa do mnoštva izvedbenih detalja. Međutim, ipak se radi o plovilima koja djeluju u istom ambijentu. Zato je, bez obzira na različitu namjenu, svim brodovima zajedničko da je njihova izvedba u biti uvjetovana dostignutim stupnjem brodograđevne teorije, spoznajama na području osnivanja i projektiranja broda, tehnologije gradnje, primjene novih materijala i opreme, iskorištenja energije i svega onoga što opći tehničko-tehnološki progres stavlja na raspolaganje brodogradnji.

Plovidba je morem oduvijek bila i jest izazov zbog surovosti ambijenta, kojoj su podjednako izloženi i ratni i privredni brodovi. Dodatno je svojstvo ratnih brodova njihova sposobnost preživljavanja (opstanka) i uz namjerno

## RATNI BROD

izazvana oštećenja, a ta mogu biti teža od oštećenja nastalih djelovanjem ambijenta. Svojstva se brodova za privrednu namjenu, osim nekih općenitih, definiraju s obzirom na vrstu njihove namjene. Potrebna se svojstva ratnih brodova mijenjaju zavisno od toga koliko su tehnička rješenja, posebno borbenih sistema broda, izmjenila borbu na moru i koliko se to odrazilo na plovilo, koje je i nosilac borbenog sistema i sudionik u toj borbi. Zbog stalnih i vrlo krupnih promjena ne može se govoriti o velikoj stalnosti svojstava ratnih brodova izraženih čvrstim standardima. Karakteristike ratnog broda posredno potječe od zadanih mu svojstva, a to se određuje prema taktičkoj namjeni i ulozi broda u oružanoj borbi. Tehničke su karakteristike ratnog broda (i trgovačkog) numerička deskripcija njegovih parametara, a svojstva su ratnog broda kvalitativni deskriptori koji jednoznačno određuju karakteristike i polazišta za osnivanje. S progresom tehnike i tehnologije skup se definiranih svojstava također bitno mijenja, ne samo u brodogradnji nego još izrazitije i u naoružanju i elektronici. Svojstva kojima se vrednuje valjanost ratnog broda mogu se razvrstati u dvije kategorije, od kojih prva definira *borbenu vrijednost*, a druga *pomorstvenu vrijednost* broda. Ta se podjela svojstava poklapa i s novijom raščlambom broda na sisteme, prema kojoj cijelinu ratnog broda tvore dva velika i glavna sistema: *borbeni* i *maritimni sistem broda*. Borbeni sistem je ono radi čega ratni brod postoji i radi čega se gradi. Maritimni sistem omogućuje borbenom sistemu djelovanje na moru i prostorni manevar u odnosu na protivnika. Iako se svojstva koja određuju borbenu vrijednost broda pretežno odnose na borbeni sistem broda, ipak i mnogi elementi maritimnog sistema bitno utječu na borbena svojstva ratnog broda, pa stoga i na njegovu borbenu vrijednost. Na sl. 2 prikazana je osnovna raščlamba svojstava suvremeno definiranog ratnog broda, a polazi od *borbene* i *pomorstvene* vrijednosti.

### Borbena vrijednost ratnog broda

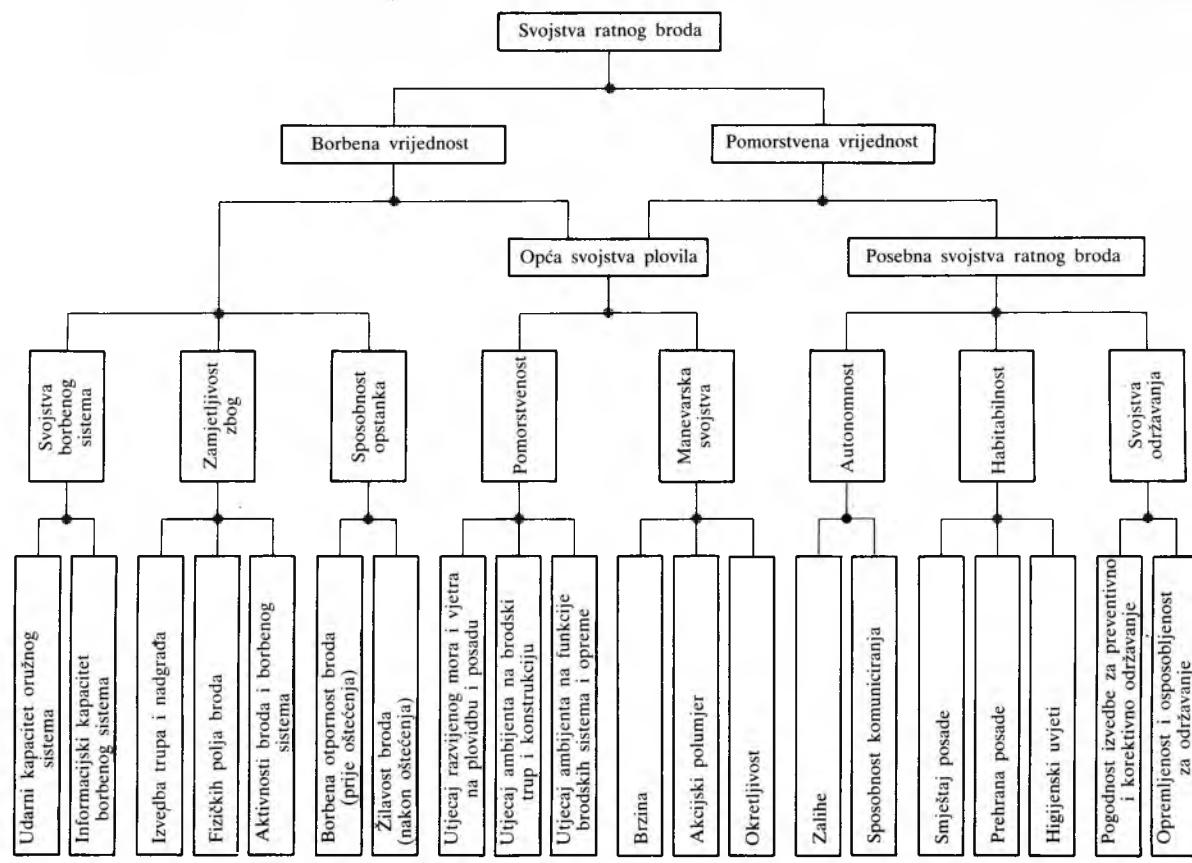
Borbena vrijednost ratnog broda obuhvaća skup svojstava kojima se definira valjanost ratnog broda za borbene aktivno-

sti na moru. Te se aktivnosti ostvaruju djelovanjem cijelog borbenog sistema u kontaktu s protivnikom i manevrom da bi se postigao povoljan položaj u odnosu na postavljene borbene zadatke. Za razliku od konvencionalne definicije, prema kojoj borbenu vrijednost ratnog broda određuje samo njegovo naoružanje, suvremena definicija uzima u obzir kompleksne odnose na pomorskom bojištu, pa borbenu vrijednost određuju svojstva *borbenog sistema, zamjetljivosti i sposobnosti opstanka*.

**Svojstva borbenog sistema broda.** Borbeni se sistem broda sastoji od *oružnog sistema*, koji je svojim djelovanjem okrenut prema protivniku, i *sistema borbenog rukovođenja*, koji je okrenut jedino prema elementima vlastitog borbenog poretka (v. *Oružni sistemi*, TE 10, str. 18). Prema tome, svojstva su borbenog sistema broda definirana: a) udarnim kapacitetom naoružanja, što predstavlja zadanu intenzivnost energetskog ili razornog učinka podsistema naoružanja, sumarno za sva oružja ili po vrstama oružja, b) informacijskim kapacitetom oružnog sistema i sistema borbenog rukovođenja u prikupljanju, obradi, prijenosu, upotrebi i razmjeni informacija relevantnih za borbene aktivnosti broda. U informacijski kapacitet spada i *nerazorno*, ali ipak energetsko djelovanje na protivnika iz podsistema za električno ratovanje, koje svojim djelovanjem može oštetići i umanjiti informacijski kapacitet protivnika.

Budući da se ratni brod i gradi samo zato da se borbenom sistemu omogući djelovanje, sva su svojstva broda pri osnivanju a priori podređena cilju da se osigura najveći mogući udarni i informacijski kapacitet, a to u najvećoj mjeri određuje i projekt i izvedbu ratnog broda, i u njegovoj osnovnoj koncepciji i u sitnim detaljima izvedbe.

**Svojstvo zamjetljivosti.** Zamjetljivost je svojstvo ratnog broda kojim se na nov način definira njegova *izloženost* senzorima protivnika. Ratni brod ima neprijatelje na moru, na obali i u zraku koji ga djelovanjem oružja (brodskih, podmorničkih, zrakoplovnih, obalnih i minskih) nastoje potopiti ili bar onesposobiti za borbu. To razorno djelovanje,



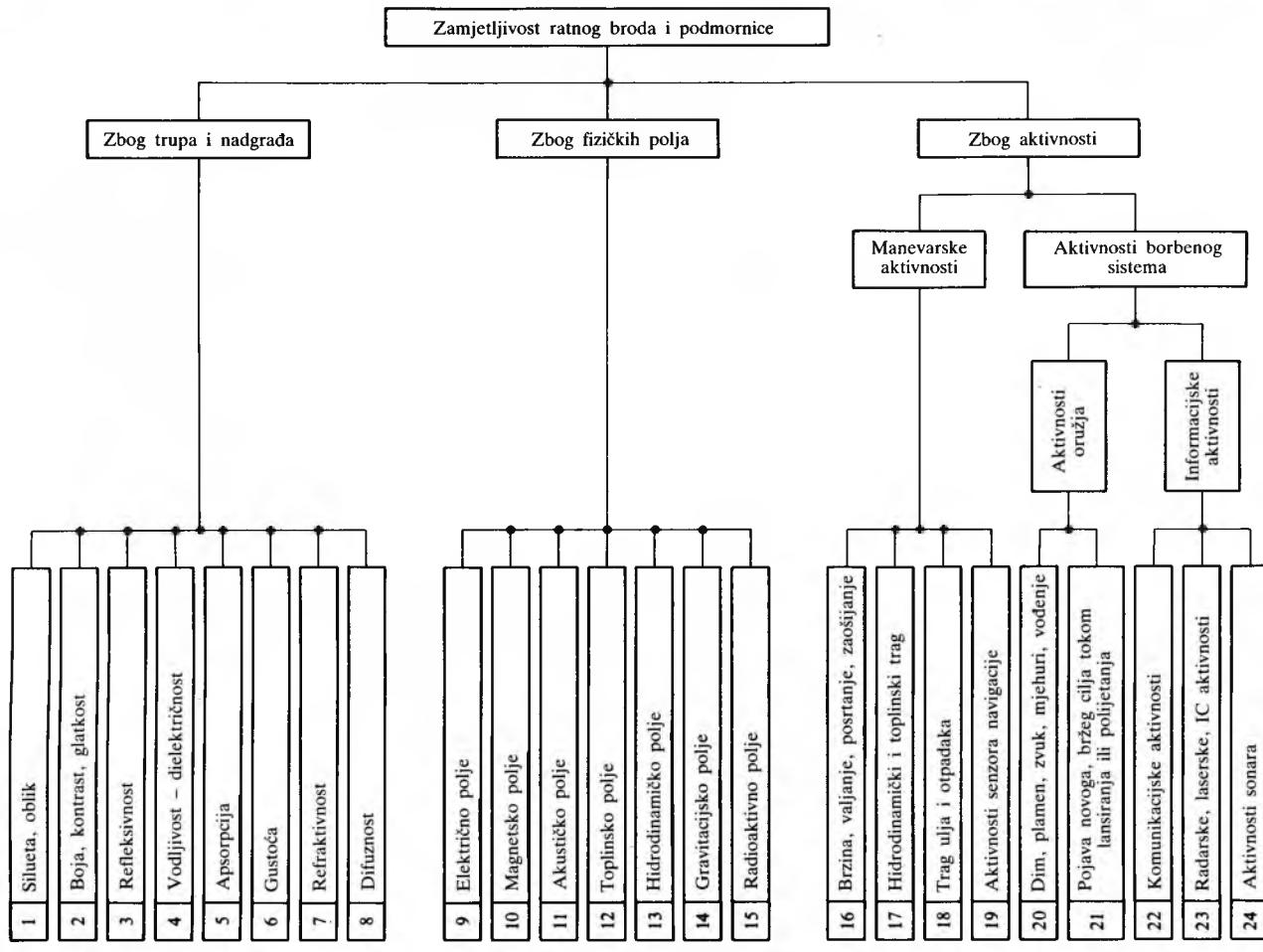
Sl. 2. Pregled svojstava ratnog broda

međutim, uvijek mora započeti *otkrivanjem* broda i, po mogućnosti, njegova stanja i namjera.

Nekad je za otkrivanje broda služilo samo ljudsko oko, eventualno potpomognuto optičkim pomagalima (dalekozori, periskopi, teleskopi). U to vrijeme svojstvo izloženosti oku bilo je od osnovne važnosti pa se upotrebljavao izraz *uočljivost broda*. Ona je smanjivana smanjivanjem siluete broda, maskirnim bojenjem trupa i nadgrađa (sl. 3) te zamagljivanjem. Danas, kada je preko sonara, radara, termovizije, televizije, detektora elektroničke aktivnosti i laserskih ozračivača te drugih senzora, posebno satelitskih, brod izložen mnogostrukom sistemu osmatranja, ne može se više govoriti o uočljivosti koja se odnosi samo na vidljivi spektar. Zato je uveden izraz *zamjetljivost*, koji uključuje i sve vrste senzora kao i sve moguće izvore preko kojih brod može biti otkriven.



Sl. 3. Bojni brod iz drugog svjetskog rata kamufliran radi smanjenja vizualne zamjetljivosti



Slika 4 prikazuje moguće izvore koji brod mogu učiniti zamjetljivim pomoću protivničkih senzora, kojima se danas raspolaze na pomorskom bojištu. Ratni brod može učiniti zamjetljivim: a) izvedba trupa i nadgrađa u prostorno-geometrijskom smislu te materijal upotrijebljen za gradnju, b) fizička polja koja postoje oko broda, i c) aktivnost broda. Od ta tri moguća porijekla zamjetljivosti broda, u vrijeme borbe na moru prije uvođenja tehničkih senzora na uočljivost su broda djelovali samo izvedba trupa i nadgrađa (silueta) te aktivnost plovidbe (dim iz dimnjaka i topova, tragovi ulja i otpadaka iz podmornice).

Između dva svjetska rata uvedene su nekontaktne mine s upaljačima što ih aktiviraju senzori brodskog magnetskog polja (v. *Oružje, Pomorske mine*, TE 10, str. 14) koje nastaje zbog feromagnetskih masa brodskog trupa i opreme. Zamjetljivost te vrste više ne zavisi od dnevnog svjetla, a čelični

## RATNI BROD

materijal za gradnju trupa postaje glavni uzrok zamjetljivosti za tako važno oružje kao što je pomorska mina. Naročito je čelični oklop bojnih brodova i krstarica, zbog izrazito velike mase i visokog zaostalog magnetizma, odjednom umjesto prednosti postao nedostatak. To je još više došlo do izražaja kad je torpedu (v. *Oružje, Torpedo*, TE 10, str. 16), uz udarni, dodan i blizinski upaljač koji bez izravnog pogotka aktivira razornu glavu torpeda pomoću senzora magnetskog polja u blizini podvodnog dijela broda.

Pomorske mine s akustičkim senzorima, uvedene ubrzo nakon magnetskih mina, dodatno komplikiraju gradnju broda, jer su svi dotadašnji ratni brodovi građeni bez mnogo pažnje na zvučne emisije u čujnom i nečujnom (ultrazvučnom) području koje se šire oko broda za vrijeme plavidbe. Akustičko polje broda, kao drugo po redu fizičko polje broda, sa svojim brojnim doprinosima i načinima nastanka (v. *Oružje, Nekontaktnе pomorske mine*, TE 10, str. 15), umnogome mijenja broj faktora koje treba uvažavati pri osnivanju, projektiranju i gradnji ratnog broda.

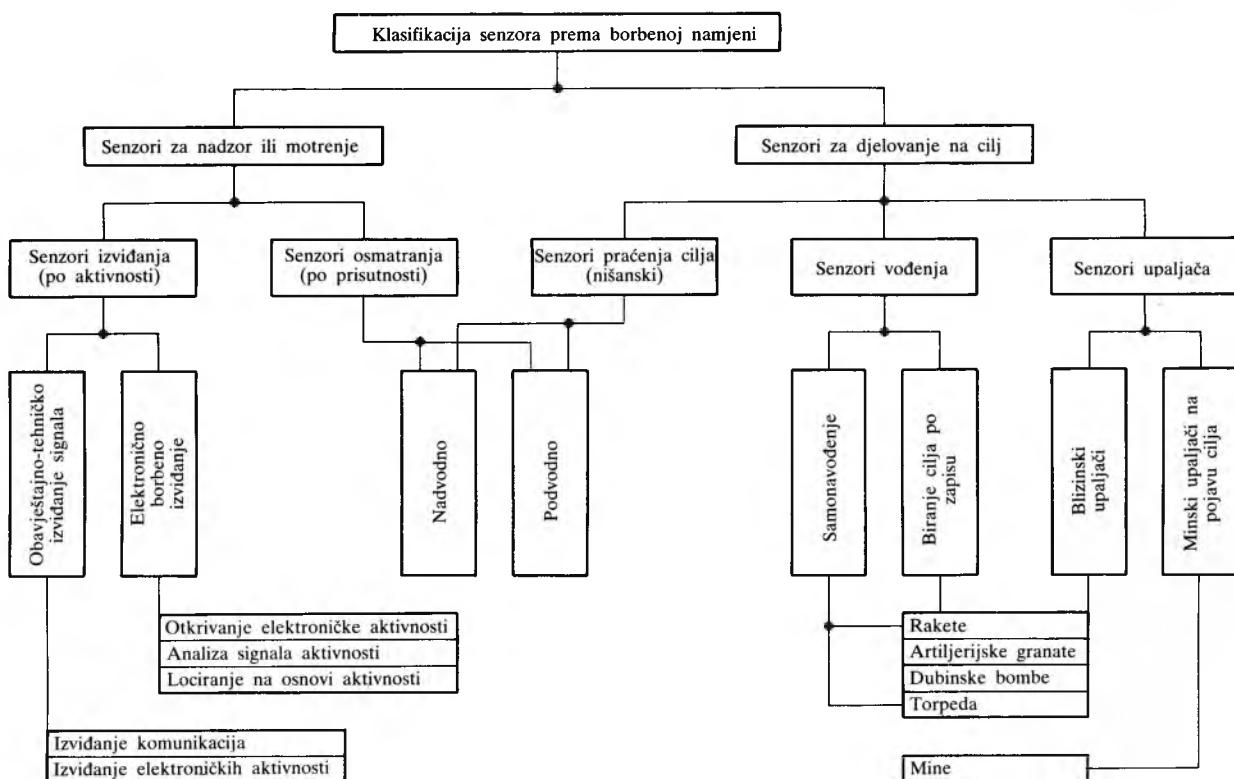
Razvoj radara kao sredstva za otkrivanje prisutnosti (v. *Oružni sistemi, Nadvodni pomorski sistemi osmatranja*, TE 10, str. 40) iz korijena mijenja utjecaj magle i mraka koji su onemogućivali uočljivost broda, ali koji ne umanjuju njegovu radarsku zamjetljivost. Radarski senzori zasnivaju svoje djelovanje na energiji elektromagnetskog vala koji se reflektila od nadvodnog dijela broda. Pri tome je reflektilana elektromagnetska energija to veća što je veća ukupna izložena površina koja se u određenoj mjeri poklapa s ekvivalentnom površinom siluete broda. Na nju utječe i ukupna reflektivnost izložene siluete, koja ne zavisi samo od površine nego i od njezine zakrivljenosti prema frontu upadnog vala te, još i više, od materijala upotrijebljenog za nadgrađe (metal nije pogodan!).

Uvođenjem pasivnih sonara, koji svoju efikasnost zasnuju jedino na akustičkom polju, ratni je brod postao zamjetljiv ne samo akustičkim minama nego i protivničkom brodu ili podmornici, i to zbog izvedbe trupa koji stvara šum, zbog šumova brodskih vijaka i privjesaka, zbog šumova strojeva koji podižu razinu i šire spektar akustičkog polja, te zbog same manevarske aktivnosti.

Navedene mogućnosti senzora pokazuju da je već u toku drugog svjetskog rata jako izmijenjena definicija bitnih svojstava ratnog broda. Te su promjene utjecale na osnivanje i gradnju ratnih brodova, pa su se oni, kao plovila, i koncepcijom i konstrukcijom još više udaljili od brodova za privredne namjene na koje nije utjecalo uvođenje tehničkih senzora. Nagli razvoj elektronike i informacijskih tehnologija drugog svjetskog rata omogućio je brži napredak senzora, pa i sve veću zamjetljivost ratnog broda, nego što su mogućnosti brodogradnje i spoznaje u oblasti koje omogućuju smanjenje njegove zamjetljivosti. Opća je zakonitost u vojnoj tehnologiji da se, uz određeni vremenski pomak, uvijek pronađe i dovoljno efikasno protusredstvo. U slučaju zamjetljivosti ratnog broda karakteristično je, međutim, izrazito veliko **zaostajanje** broda za mogućnostima senzora.

Uvođenje najnovijih senzora koji reagiraju npr. na topinsko polje broda dodatno i višestruko komplikira gradnju ratnih brodova, jer mjere koje su se pokazale efikasnim za smanjenje zamjetljivosti s obzirom na još nedavno nove pojave mogu imati baš suprotno djelovanje. Radarska se zamjetljivost npr. može efikasno smanjiti *apsorpcijskim* premaxima nadgrađa broda. Takvi premazi preuzimaju velik dio energije upadnog elektromagnetskog vala, tako da se od broda reflektira minimalan dio energije pa do protivničkog radara dolazi vrlo slab odraz. Tako je smanjena zamjetljivost za radar. Energija upadnog elektromagnetskog vala, apsorbirana u premazu, pretvara se, međutim, u toplinu, što podiže temperaturni kontrast nadgrađa prema okolini i bitno povećava zamjetljivost za termovizionske senzore, koji su čak efikasniji od radara jer djeluju tako da se ne mogu ometati.

Iz navedenih se primjera vidi do koje mjere zamjetljivost ratnog broda dovodi u pitanje čak i opravdanost njegove gradnje, s obzirom na pretjeranu izloženost djelovanju raznih oružja (sl. 5) te s obzirom na složenu međuzavisnost porijekla zamjetljivosti i djelovanja postojećih senzora (sl. 6). Na ratnoj brodogradnji ostaje da u sljedećem razdoblju, kao jedan od najmanje riješenih problema, smanji zamjetljivost broda, što utječe na sve aktivnosti od osnivanja do upotrebe ratnog broda uz primjenu i posve novih znanstvenih područja.



Sl. 5. Klasifikacija senzora prema borbenoj namjeni

Aktivnosti broda		Senzori zračenja										Senzori stanja						
Aktivnost borbenog sistema	Informacije	Aktivnosti sonara					Aktivnosti infracrvenog sistema					Mag.	El.					
		laserski	infracrveni	radarski	sonar	radioski	vizualni	TV	laserski	infracrveni	radarski	radioprislušni	pasivni sonar	analizator sonara	hidrofoni	tačni senzori	indukcijski	magnetometri
Oružja	Aktivnosti radara, lasera	23								●		●						
	Komunikacijske aktivnosti	22									●		●		●			
Manevarske aktivnosti	Lansiranje, polijetanje	21		●			●	●		●								
	Dim, plamen, mjeđuri, vodenje	20					●	●	●	●	●	●						
Manevarske aktivnosti	Aktivnost senzora navigacije	19									●	●	●	●	●			
	Trag otpadaka	18						●	●									
Kinematički kvantifikatori gibanja	Hidrodinamički, toplinski trag	17	●	●			●	●	●	●								
	Kinematički kvantifikatori gibanja	16		●	●								●		●			
Fizička poja	Radioaktivno	15				●												
	Gravitacijsko	14																●
Izvedba i materijal trupa	Hidrodinamičko	13											●	●	●	●		
	Toplinsko	12	●					●	●	●								
Izvedba i materijal trupa	Akustičko	11										●	●	●	●			
	Magnetsko	10											●	●	●			
Izvedba i materijal trupa	Električno	9											●	●	●			
	Difuznost	8	●	●	●	●	●											
Izvedba i materijal trupa	Refraktivnost	7	●	●	●	●	●	●										
	Gustoća	6	●			●	●											
Izvedba i materijal trupa	Apsorpcija	5	●	●	●	●	●				●							
	Vodljivost – dielektričnost	4	●	●	●	●												
Izvedba i materijal trupa	Refleksivnost	3	●		●	●				●								
	Boja, kontrast, glatkost	2	●		●	●		●	●									
Izvedba i materijal trupa	Silueta, oblik	1	●	●	●	●	●	●	●									
Aktivnosti broda		Senzori zračenja					Senzori stanja					Senzori stanja						
Oružja		Aktivnosti sonara					Aktivnosti infracrvenog sistema					Senzori stanja						
Manevarske aktivnosti		Aktivnosti radara, lasera					Aktivnosti infracrvenog sistema					Senzori stanja						
Kinematički kvantifikatori gibanja		Aktivnosti hidrodinamičkih tragova					Aktivnosti topinskih tragova					Senzori stanja						
Fizička poja		Aktivnosti akustičkih senzora					Aktivnosti magnetometrija					Senzori stanja						
Izvedba i materijal trupa		Aktivnosti hidrofona					Aktivnosti gravimetrija					Senzori stanja						
Izvedba i materijal trupa		Aktivnosti tlačnih senzora					Aktivnosti antenskih elektroda					Senzori stanja						
Izvedba i materijal trupa		Aktivnosti induktivnih senzora					Aktivnosti analizatora magn. anomalija					Senzori stanja						

Sl. 6. Odnos porijekla zamjetljivosti i vrste senzora

*Zamjetljivost broda uslijed izvedbe trupa i nadgrađa* podjednako se odnosi na prostorno-geometrijske karakteristike kao i na vrste materijala upotrijebljenih za gradnju, površinsku zaštitu i spajanje dijelova. Celični materijali, donedavno dominantni u brodogradnji, zbog magnetskih polja pokazuju u nekim posebnim slučajevima izrazite nedostatke (protuminski brodovi). Svi metalni materijali (legure aluminija, nemagnetični čelici), iako povoljniji s obzirom na magnetizam, nisu ništa bolji u pogledu radarske reflektivnosti i prijenosa zvuka u more. Najveće prednosti imaju kompozitni materijali, ali je brodogradnja još uvijek nedovoljno spremna da ih primjenjuje za ratne brodove većih deplasmana, posebno zbog potrebne otpornosti brodske konstrukcije. Pri izboru materijala za gradnju trupa i nadgrađa treba, s obzirom na zamjetljivost, osim mehaničkih svojstava materijala (čvrstoća, elastičnost, zamor, obradljivost i dr.) uvažavati i neka svojstva koja su do sada u brodogradnji i brodostrojarstvu bila potpuno zanemarena, a to su: reflektivnost, vodljivost/dielektričnost, apsorcija, gustoća, refraktivnost, difuznost itd. Uvažavanjem i tih svojstava postiže se za neke ili za sve senzore niža zamjetljivost, pa se projekt broda približava tehnologiji niske zamjetljivosti ili tzv. *stealth izvedbi*.

Još uvijek važeći konvencionalni zahtjevi u pogledu svojstava građevnog materijala u velikoj su koliziji sa zaštitom

ratnog broda, pa se trup i nadgrađe još i sada grade od konvencionalnih materijala, a njihovim se oblikom nastoji smanjiti zamjetljivost broda. Nekonvencionalnom izvedbom nadgrađa najviše se smanjuje *radarska efektivna površina* nadvodnog dijela broda na koju, osim izložene površine nadgrađa i nadvodnog dijela trupa, bitno utječe i oštiri kutovi na spojevima ravnih ploha, koji djeluju kao *kutni reflektori* upadnog vala i tako pojačavaju odraz. Primjenom empirijskih i modelskih rezultata može se bitno smanjiti radarska zamjetljivost. Druga je mogućnost da se smanji zamjetljivost zbog izvedbe trupa i nadgrađa ugradnja dodatnih naprava i sredstava za smanjenje zamjetljivosti.

*Zamjetljivost broda zbog fizičkih polja* oblast je koju nove vrste senzora intenzivno iskorištavaju. Stalno nastojanje da se te vrste zamjetljivosti smanje ugradnjom novih sistema za minimizaciju intenziteta tih polja ili posebnom izvedbom svih detalja broda, da bi fizička polja, gledana pojedinačno, bila što manja, veoma komplikiraju izvedbu ratnog broda.

Ratna je brodogradnja na pojavu senzora brodskog magnetskog polja reagirala ugradnjom uređaja za kompenzaciju brodskog magnetizma (degaussing). Taj je uređaj složen i skup, ali efikasno smanjuje brodsko magnetsko polje.

*Akustičko polje broda* nastoji se smanjiti na dva načina. Prvi je da se konstrukcijskim rješenjima smanje šumovi brodskog vijka, trupa, strukture i strojeva. Takva su rješenja

vrlo složena, skupa i vezana s velikim poteškoćama. Drugi je način da se nastali zvuk kompenzira posebnim uređajem koji mijenja viskoznost vode u dodiru s trupom i brodskim vijkom. Uređaj za kompenzaciju zvuka ispušta uz trup i skrokove propelernih osovina točno doziranu količinu aditiva (masking fluid), kao što su ulja, emulzije, polimeri ili koloidi, koji mijenjaju granični sloj vode uz oplatu broda, turbulenciju, kavitacijski šum, brazdu iza broda itd. Svi ti dodaci mogu bitno smanjiti akustičko polje, ali mogu povećati zamjetljivost na drugim osnovama, npr. trag broda postaje zamjetljiviji u vizuelnom i laserskom području.

Trenutno se najveći napor u ulazu da se smanji *toplinsko polje* broda nastalo ne samo izgaranjem goriva u glavnim i pomoćnim topilinskim strojevima nego i zbog topilinskog zračenja cijele nadvodne strukture broda, koja je uvijek zagrijanija od okoliša. Osim vrlo složenog sistema hlađenja ispušnih plinova iz topilinskih strojeva, zamjetljivost za topilinske senzore smanjuje se i izborom najpogodnijih konstrukcijskih materijala te hlađenjem nadgrađa prskanjem vodom (što je ujedno i dio dekontaminacijskog sistema za ispiranje radioaktivnih čestica).

U novije vrijeme razvijeni su minski senzori koji reagiraju na *hidrodinamičko polje broda*, tj. na promjene tlaka, delaminaciju, vrtloženje itd. vode oko broda u plovidbi. Mjere da se smanji zamjetljivost hidrodinamičkog polja broda zadiru sve do osnivanja hidrodinamičkog oblika trupa i mogu biti u velikom proturječju s otporom broda, njegovim linijama, propulzijom, vijkom itd. Za sada, jedini mogući način da se smanji ta vrsta zamjetljivosti jest usporavanje plovidbe u zonama gdje se očekuje takva prijetnja, ali se tako jako smanjuje borbena vrijednost broda.

Razvijeni su i novi minski upaljači, osjetljivi na *elektromagnetsko polje vrlo niskih frekvencija* koje nastaje rotacijom feromagnetnih propelernih osovina u električnom polju podvodnog dijela broda, koje postoji zbog razlike potencijala. Za kompenzaciju tog polja uveden je novi, složeni uređaj za *narinutu depolarizaciju* osovina i podvodnog dijela trupa. Taj se uređaj već upotrebljava na novim ratnim brodovima i kako komplikira izvedbu broda, osovinskih vodova i postojećeg sistema aktivne katodne zaštite od korozije u okolini skrokovki i brodskih vijaka.

*Zamjetljivost broda zbog njegove aktivnosti* postojala je i ranije (dim, topovi, svjetla, radioveze), a smanjivana je maskiranjem, prilagodavanjem plovidbe, radiošutnjom itd. Zbog sve savršenijih tehničkih senzora, aktivnosti broda kao plovila ili njegova borbenog sistema mogu otkrivati položaj, prisutnost, aktivnost i namjere broda, što treba uzeti u obzir već od njegova osnivanja pa sve do upotrebe na bojištu.

**Svojstvo sposobnosti opstanka ratnog broda.** Taj novi i obuhvatniji pojam zamjenjuje slične pojmove i definicije iz ranijih razdoblja. Pod pojmom *sposobnost opstanka* razumijevaju se svojstva broda da u pomorskom ambijentu i u uvjetima borbenih aktivnosti zadržava najveći mogući dio svojih nominalnih kapaciteta i mogućnosti za izvršenje zadatka. Tako definirana sposobnost opstanka (preživljavanja) obuhvaća *borbenu otpornost broda* (prije oštećenja) i *žilavost broda* (nakon oštećenja). U osnovi se obuhvaća nastanak oštećenja i djelovanjem ambijenta i djelovanjem protivničkog udara, te svojstva broda da nakon oštećenja može zadržati najveći mogući dio svojih primarnih funkcija. U ranijim razdobljima u to se svojstvo ubrajalo i niz svojstava koja su tek posredno u vezi s oštećenjima, pa su nekadašnje parcjalne mјere za smanjenje zamjetljivosti ubrajane u *zaštitu* (od osmatranja i detekcije), što je zamijenjeno koncepcijom zamjetljivosti.

*Borbena otpornost broda* podrazumijeva svojstva neoštećenog broda koja omogućuju da brod odoli napadu protivnika i da uz to odolijeva svim djelovanjima ambijenta, štetnim učincima zbog djelovanja vlastitih oružja i strojeva, te opasnim stanjima koja mogu nekontrolirano nastati na brodu zbog visoke koncentracije eksplozivnih tvari i energetika. Borbena se otpornost broda postiže na dva načina: konstrukcijskom izvedbom broda i posebnom zaštitnom opremom.

Pri osnivanju, projektiranju i dimenzioniranju elemenata ratnog broda postavljaju se oštiri zahtjevi nego za ostala plovila od kojih se ne očekuje da djeluju u ekstremnim uvjetima, niti da se namjerno oštećuju ili da se namjerno ometa njihov popravak nakon oštećenja. Isto vrijedi i za brodsku opremu od vitalne važnosti za održavanje funkcija ratnog broda u borbi. Da bi se postigla zahtijevana borbena otpornost broda, projektom se, kao druga mјera, predviđaju različiti sistemi zaštite od oštećenja (u starijih brodova to je bio oklop).

Na borbenu otpornost broda utječu sljedeće komponente: otpornost konstrukcije trupa i nadgrađa, dinamička naprezanja konstrukcije, očekivana razina udarā, dopuštena razina vibracija, prodor vode, požar, zagušljivi plinovi i dim, kemijsko-biološki agensi, radioaktivna kontaminacija te oštećenja oružja, eksplozivnih sredstava, električkih uređaja, strojeva, opreme itd. Iz tih elemenata izravno slijede kvantitativno izražene karakteristike: otpornost konstrukcije, nepotopljivost, statička i dinamička stabilnost, sposobnost plovidbe, raspoloživost energije, manevrabilnost, krutost konstrukcije (očuvanje prostorno-geometrijske orientacije oružja i senzora), te potrebni uređaji i sistemi zaštite od požara, prodora vode, eksplozije, kemijsko-biološke i radioaktivne kontaminacije, udara i vibracija, itd.

*Žilavost broda* podrazumijeva svojstva koja omogućuju oštećenom brodu da odoli nastalim štetama i da održi primarno definirane borbene funkcije broda na što višoj razini, uz najmanju degradaciju. Saniranje nastalih oštećenja, bez obzira na njihov uzrok, svodi se na hitno oticanje kvarova pod najtežim mogućim uvjetima. Zato se svojstva žilavosti postižu projektnim rješenjima broda kojima treba predvidjeti: a) opremu i sredstva za intervenciju u nuždi (gašenje i sprečavanje širenja požara, sprečavanje prodora vode, manipulaciju vodom prodrrom u brod, plavljenje municipijskih komora, dekontaminaciju posade, opreme i vanjskih površina broda, izbacivanje dima i otrovnih plinova ili zatvaranje putova širenja itd.), b) određene rezervne i alternativne načine proizvodnje i razvoda električne energije do vitalnih potrošača, komunikacijskih traktova, mjesta za upravljanje brodom i rukovođenje borbenim aktivnostima itd.

Svojstvo žilavosti broda nije određeno nekim kvantitativnim karakteristikama, ali implicira mnoge pojedinstvene u izvedbi ratnog broda koje su bitno različite od onih na brodovima za privredne namjene, bez obzira na to što i tamo postoji niz mјera za povećanje žilavosti.

### Pomorstvena vrijednost ratnog broda

Pojam pomorstvene vrijednosti ratnog broda definira se skupom svojstava koje brod kao plovilo koje svoje borbene zadatke izvršava u zadanom ambijentu i pod zadanim uvjetima mora imati da bi cjelina *brod + posada* bila efikasna u borbenim aktivnostima i u svakodnevnim (neborbenim) uvjetima. Pomorstvenu vrijednost ratnog broda određuju dvije vrste svojstava: a) opća svojstva plovila, b) posebna svojstva broda.

**Opća svojstva plovila.** Skup općih svojstava plovila identičan je (po nazivu) za sve vrste brodova. Kad se radi o ratnom brodu, opća svojstva plovila, osim što su izražena drugim vrijednostima zbog različitog krajnjeg cilja plovidbe, dodatno i osjetno determiniraju i niz svojstava iz grupe borbene vrijednosti broda. Naime, borbene se djelatnosti ratnog broda dobrim dijelom provode i manevriranjem da bi brod u prostoru zauzeo što povoljniju poziciju u odnosu na protivnika. Prema standardnoj raščlambi, opća su svojstva plovila: svojstva pomorstvenosti i manevarska svojstva, koja istodobno određuju i pomorstvenu i borbenu vrijednost broda.

**Svojstva pomorstvenosti** podrazumijevaju sposobnost broda da održi svoje performanse, djelovanje borbenog sistema i sposobnost posade u ekstremnim uvjetima razvijenog mora i vjetra. Polazni projektni zahtjevi definiraju stanje mora i vjetra pri kojem brod treba da zadrži svoje performanse, pa iz toga slijede kvantitativno izražene značajke i

određena projektna rješenja i oprema (npr. aktivni stabilizatori valjanja, pomoći propulzori, aktivna kormila itd.). Iako se pomorstvena svojstva pretežno odnose na sposobnost plovidbe po razvijenom moru i vjetru, ona definiraju i dinamička naprezanja konstrukcije i utjecaj na sisteme i strojeve, što dijelom spada i u borbenu otpornost broda (shema na sl. 2).

*Manevarska svojstva broda* klasičan su pokazatelj sposobnosti broda da svladava prostor i prilagođuje svoju poziciju. Ta svojstva uključuju brzine u zahtijevanim režimima plovidbe, daljinu plovidbe i okretljivost (u korelaciji sa stabilnošću kursa). Iz tih svojstava jednoznačno slijede kvantitativno izražene karakteristike koje osim pomorstvene vrijednosti određuju i borbenu vrijednost ratnog broda.

**Posebna svojstva ratnog broda.** Ratni brod je plovilo koje dugotrajno izbiva iz baze i djeluje samostalno, bez podrške drugih sistema, pa zato mora imati i posebna svojstva: autonomnost, habitabilnost i mogućnost održavanja.

*Svojstvo autonomnosti*, važno za svaki brod na moru, za ratni je brod određeno zalihamama energetika, pogonskih materijala, tehničkih agensa, vode, hrane, sanitetskog materijala, municije, ubojnih sredstava itd. O svojstvu autonomnosti ovisi broj dana samostalnog života broda bez oslonca na infrastrukturu logističke podrške, ali uz nužnu razinu komuniciranja s nadređenim organima ili snagama koje djeluju zajedno.

*Svojstvo habitabilnosti* odnosi se na životne i radne uvjete posade za cijelo vrijeme boravka na brodu, a to su: smještaj posade (prostori za rad, odmor, prehranu i razonodu), priprema i čuvanje hrane i vode, higijenski uvjeti (sanitarije, pranje rublja i odjeće), kondicioniranje zraka te razina buke i vibracija. Na ratnom brodu ti su uvjeti specifični.

Iz povijesti je poznato da se u prošlosti svojstvu habitabilnosti poklanjala vrlo mala pažnja; sve je bilo podređivano borbenoj vrijednosti broda u najužem smislu, kao da fizička kondicija i motiviranost posade nisu podjednako važan element borbene vrijednosti. Ratne mornarice u svijetu pitanje životnih uvjeta posade promatraju sa dva suprotna gledišta. Jedni su i dalje blizu nekadašnjem stavu da sve treba podrediti borbenoj funkciji broda, pa su njihovi brodovi zaista tehnički efikasno građeni za maksimalnu borbenu vrijednost, ali uz jedva prihvatljive uvjete za boravak posade. To se opravdava tvrdnjom da ratni brod nije sredina za ugodan život. Izgleda da se takvo shvaćanje sve više napušta pred konac XX. st. pa se sve više pažnje poklanja habitabilnosti broda, prividno čak i na štetu borbene vrijednosti. U suvremenoj tehnologiji gradnje broda i izvedbe borbenih sistema, uz određeno znanje i trud pri osnivanju i projektiranju broda, može se doći do optimalnog rješenja i pomiriti oprečnosti između habitabilnosti i borbene vrijednosti. Svako neopravданo smanjenje kvalitete životnih uvjeta posade posljedica je neznanja ili linija manjeg otpora projektanta. Jednako je tako neprihvatljivo i svako pretjerivanje u habitabilnosti na štetu borbene vrijednosti. Tome su sklone neke ratne mornarice trenutno većih materijalnih mogućnosti, ali s malom pomorskom tradicijom i nedovoljnim vojnopolomorskim iskustvom.

*Svojstvo održavanja* važno je za trajni život ratnog broda udaljenog od oslonca na logističku podršku, a podrazumijeva sposobnost broda da samostalno održava uređaje i mehanizme vlastitim snagama.

Brod je vrlo složena struktura s jako zgušnutim rasporedom uređaja, strojeva, oružja i opreme, koji se s mukom ugraduju već pri opremanju broda, a mogu biti gotovo nedostupni za najobičnije zahvate održavanja ako se o tome nije vodilo računa pri projektiranju. Zbog toga podobnost održanja započinje s podobnošću izvedbe broda i sistema za *preventivno* (periodično) i *korektivno* (popravci) održavanje. Osim toga, svojstvo održavanja ovisi i o opremljenosti za održavanje (raspoloživost rezervnih dijelova, alata i pomagala), te o sposobljenosti dijela posade za te radeve. Radovi na održavanju ratnog broda, naročito korektivnom, zahtijevaju kvalifikacije nekih članova posade kakve nisu nužne za

posluživanje (operatori), pa se stupanj zahtijevanog samostalnog održavanja odražava i na projekt broda, počevši od osiguranja prostora za rezervne dijelove i alat, pa sve do prostora za smještaj dodatnih članova posade s višim kvalifikacijama.

### RATNI BROD KAO SLOŽENI SISTEM

Podjela ratnog broda na sisteme prihvaćena je tek u posljednjim desetljećima XX. st. kao zamjena za tradicionalnu podjelu cjeline broda, koja je u osnovi polazila od podjele prema tradicionalnim zanatima koji su sudjelovali u gradnji ratnog broda (brodokovački, brodoželjezni, brodostrojarski, električarski, stolarski, limarski itd.). Suvremena podjela na sisteme polazi od namjene, umjesto od izvedbe, uvažavajući činjenicu da su svi suvremeni složeni sistemi multidisciplinarni i da u njihovoj uspješnoj realizaciji sudjeluju gotovo svi tradicionalni ali i neki novi zanati i struke.

Na prvoj razini raščlambe ratni brod se kao složeni sistem dijeli na borbeni sistem i maritimni sistem. Borbeni sistem osigurava svojim najvećim dijelom svojstvo borbene vrijednosti ratnog broda, radi čega je brod i sagrađen. Maritimni sistem ratnog broda sa svojim elementima u prvom redu predstavlja *plovilo* koje osigurava zahtijevana svojstva pomorske vrijednosti ratnog broda te neka svojstva borbene vrijednosti. Za razliku od tradicionalne definicije prema kojoj je ratni brod *platforma* za smještaj naoružanja, danas se uloga maritimnog sistema proširuje tako da maritimni sistem ratnog broda osigurava efikasno djelovanje borbenom sistemu i manevarsku komponentu u zauzimanju povoljne pozicije prema protivniku radi djelovanja borbenog sistema.

Iz suvremene definicije borbenog i maritimnog sistema slijedi nekoliko zaključaka: a) ratni brod ne treba da bude samo dobro naoružan; osim oružja u borbenom sistemu danas postoji mnoštvo drugih elemenata koji podižu borbenu vrijednost broda; b) ratni brod s optimalnom strukturom borbenog sistema nije uspješno izведен ako tome nije primjeren maritimni sistem; c) savršeno izведен maritimni sistem broda nužan je, ali nije dovoljan uvjet da ratni brod bude uspješna cjelina, već sprega s borbenim sistemom mora biti skladna i primjerena glavnoj namjeni broda; d) nekadašnji kompromis između pretežno suprotnih zahtjeva borbenog i maritimnog sistema danas se rješava vrlo složenim postupkom optimizacije broda u cjelini na osnovi kriterija postavljenih prema strogom redoslijedu važnosti svojstava koja su definirana polaznim zahtjevima o namjeni broda, s jedne, i postojećim ograničenja koja vrijede u uvjetima realizacije broda od osnivanja do njegova života u floti, s druge strane.

### Borbeni sistem ratnog broda

Na drugoj razini raščlambe borbeni se sistem ratnog broda dijeli na oružni sistem i sistem rukovođenja.

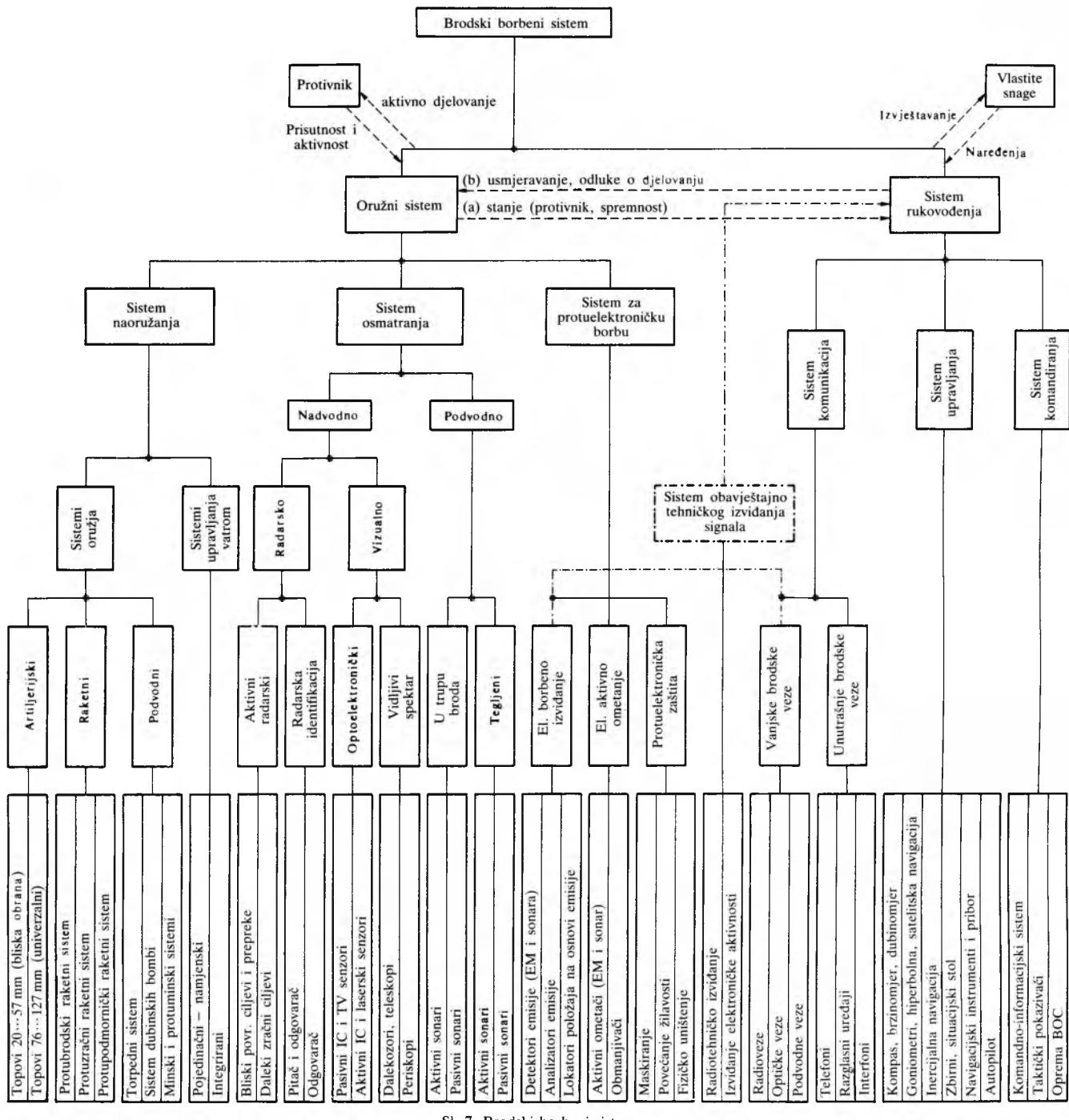
**Oružni sistem ratnog broda.** U okviru borbenog sistema oružni sistem uključuje samo elemente koji djeluju protiv protivnika. Osim *sistema naoružanja* koji osigurava udarno djelovanje, u oružni sistem na trećoj razini raščlambe spadaju: *sistem osmatranja* za otkrivanje prisutnosti, položaja, pokreta i namjera protivnika, te najnoviji *sistem za protuelektroničku borbu* za specijalne odnose s protivnikom preko elektroničkih medija.

Oružni sistem u cjelini osigurava udarni kapacitet i dio informacijskog kapaciteta borbenog sistema (sl. 2).

**Sistem rukovođenja ratnim brodom.** Na trećoj razini raščlambe sistem se rukovođenja dijeli na tradicionalni *sistem komunikacija* (veze), uz dodatak elemenata *sistema upravljanja* borbenim aktivnostima i sistema komandiranja za donošenje odluke o djelovanju broda.

Za razliku od oružnog sistema, sistem rukovođenja sadrži samo elemente koji djeluju jedino prema elementima vlastitog borbenog poretku (surađujućim, nadređenim ili podređenim), što se nalaze izvan broda. Veliki ratni brodovi često imaju opremu s pripadnom posadom i organizacijom za obavještajne djelatnosti (koje djeluju i u miru). Skladno djelovanje

## RATNI BROD



Sl. 7. Brodski borbeni sistem

borbenog sistema postiže se razmjrenom podatka između oružnog sistema i sistema rukovođenja preko internih veza na brodu (a i b na sl. 7).

### Maritimni sistem ratnog broda

Maritimni sistem ratnog broda, kao drugi element na prvoj razini raščlambe, obuhvaća elemente broda kao plovila sposobnog za samostalan manevar u uvjetima borbenih aktivnosti, za trajni boravak posade, za djelotvornu funkciju borbenog sistema, za opstanak u borbenim uvjetima i za osiguranje svih zahtijevanih svojstava plovila takve vrste.

Na drugoj se razini raščlambe maritimni sistem dijeli na: a) plovilo, b) energetsko postrojenje i c) brodske sisteme. Slika 8 prikazuje strukturu maritimnog sistema ratnog broda prema suvremenim definicijama koje se bitno razlikuju od tradicionalnih što se ponegdje još uvijek upotrebljavaju kao

recidivi prakse osloanjene na radionički i industrijsko-tehnološki orijentiranu podjelu.

Najveća je razlika prema uobičajenoj praksi u strukturi prikazanoj na sl. 8 u tome što je iz cjeline ranijih sistema zaštite isključeno sve što se odnosi na mjere i opremu za smanjenje zamjetljivosti ratnog broda. Takvi sistemi, iako duboko zadiru u izvedbu i složenost brodskog maritimnog sistema u cijelini, ne predstavljaju zaštitu od opasnih stanja, nego su element borbenih aktivnosti i borbenog sistema. U sistemima zaštite u suvremenoj strukturi maritimnog sistema ostaje, međutim, sve što se odnosi na pojave opasnih stanja koja mogu nastupiti djelovanjem ambijenta, nesreće na moru ili u borbi.

**Plovilo** u užem smislu prvi je element maritimnog sistema ratnog broda na drugoj razini raščlambe i podrazumijeva: trup i nadgrada, prostore i odsjek te brodsku opremu plovila.

I	Struktura maritimnog sistema ratnog broda										
II	Plovilo			Energetsko postrojenje		Brodske sistemi					
III	Trup i nadgrade		Prostori i odjeljci	Brodsko oprema		Pomoći energetski sistemi			Sistemi brodskih službi		
IV	jarboli	površine na otvorenim palubama	temelji elementata borbenog sistema	oprema trupa i privjesci	radni prostori – komandna i borbena mjesto	Glavni energetski sistem – propulzija (glavna i pomoćna)	Električna energija	Toplinska energija	Voda	Sistemi zaštite	
V	jarboli površine na otvorenim palubama temelji elementata borbenog sistema	oprema trupa i privjesci radni prostori – komandna i borbena mjesto prostori za boravak posade hodnicici i prolazi spremista i tankovi vodonepropusni odjeljci za sidrenje i vez za tegljenje i spašavanje za krcanje i prijevoz obala – brod navigacijska i signalna svjetla i oprema pogonski stroji i upravljanje prijenos snage (kopča, reduktor, osov, vod) propulzor i upravljanje primarna EE mreža (proizvodnja, razvod) sekundarna EE mreža (izvori, razvod, prevaranje) vodena para topla voda energija hidrauličkog ulja energija komprimiranih zraka morska: gašenje, plavljenje morska: hlađenje, ispiranje slatka: pitka, pranje tehnička: hlađenje, ispiranje siva: kuhinje, sanitarni sistemi goriva naziva radni mediji izmjena: ventilacija kondicioniranje: grijanje, hlađenje, sušenje čuvanje hrane priprema hrane raspoljela hrane sanitarni sistem (WC, umivanje, kupanje) pranje rublja i odjeće dekontaminacija posade kulturni život i razonoda posade od naplavljivanja od požara, dima, plinova od eksplozije od kontaminacije od korozije podvodnog dijela od obraštača podvodnog dijela od udara i vibracija od buke i sumra	Prostori i odjeljci	Brodsko oprema	Pomoći energetski sistemi	Električna energija	Toplinska energija	Energija radnih medija	Voda	Sistemi brodskih službi	Sistemi zaštite

Sl. 8. Struktura maritimnog sistema ratnog broda

*Trup i nadgrade ratnog broda* osnovni su i integrativni elementi plovila. Na njihovu se izvedbu odnose zahtjevi što proizlaze iz svih svojstava ratnog broda prema sl. 2. Od izvedbe trupa i nadgrada ratnog broda izravno ili posredno zavisi njegova borbena i pomorska vrijednost. Vještina sinteze ratnog broda kao složenog sistema izrazito je interdisciplinarna i izlazi iz uskih okvira brodogradevne djelatnosti, a realizacija projekta i gradnje plovila zaokružuje se primjerenom izvedbom trupa i nadgrada, gdje je smješten cijelokupan borbeni i preostali dio maritimnog sistema. O trupu i nadgradu ovisi do kojega je stupnja uspješno provedena integracija borbenog i maritimnog sistema ratnog broda u cjelinu. Umještost projektanta da ostvari trup i nadgrade ratnog broda u skladu s polaznim zahtjevima za svojstva prema sl. 2, predstavlja složenu optimizaciju, u prvom redu između oprečnih zahtjeva borbenog sistema broda i najboljih rješenja maritimnog sistema koja bi se mogla ostvariti kad prihvati ne bi bilo. Klasična je izreka da bi brodograditelj mogao projektirati gotovo idealan ratni brod kada ga u tome ne bi ometali kontroverzni zahtjevi borbenog sistema i borbene vrijednosti. Zbog toga su trup i nadgrade ratnog broda u skoro svim pojedinostima, počevši od izbora elemenata broda (kobilica, rebra, dvodno, opłata, sponje, paluba, upore, pregrade, statve itd.) do izbora materijala, glavnih dimenzija, oblika i koeficijenata, bitno različiti od drugih brodova i mijenjaju se s tehničkim progresom. Kao najvažnije specifičnosti po kojima se ratni brod razlikuje od drugih plovila posebno valja izlučiti probleme jarbola, površina na otvorenim palubama, temelja za elemente borbenog sistema i opremu trupa i nadgrada.

*Zapovjednički ili komandni most* posebni je, pretežno zatvoreni prostor na prednjem dijelu nadgrada ratnih brodova.

Zatvorena prostorija mosta ima velike ostakljene prozore radi dobrog pregleda stanja ispred broda, na oba boka i prema krmi. Ako se nadgrade broda ne prostire od boka do boka, iz zapovjedničkog se mosta kroz lijeva i desna vrata može izići na *krilca* mosta, koja se kao otvorene površine protežu do bokova i tako omogućavaju dobar pregled za vrijeme manevra u luci i tokom plovidbe.

Zapovjednički most na ratnom brodu ima u osnovi dvije funkcije: *opcju pomorsku* (ili maritimnu), koja se neznatno razlikuje od funkcije mosta na trgovackom brodu, i *borbenu*. Za opciju pomorskog funkciju zapovjednik broda ne mora biti na mostu, obično ga zastupa službujući časnik. Za borbenu funkciju zapovjednik je obavezno prisutan na mostu, jer to je glavno komandno mjesto s kojeg on zajedno s nekoliko glavnih suradnika izdaje zapovijedi za borbene akcije broda.

Zbog pomorske funkcije, projekt i oprema zapovjedničkog mosta moraju zadovoljavati neke minimalne zahtjeve pomorskih propisa. Najelementarniji uredaji zapovjedničkog mosta služe za kormilarenje i upravljanje radom pogonskih strojeva. Tradicionalno kormilarsko kolo, uz koje se nalazi kompas i strojni telegraf, minimalna su obavezna oprema mosta.

Visoko automatizirani brodovi sa strojarnicom bez posluge, imaju strojni telegraf kao rezervni sistem za nuždu, a na jednom je dijelu zapovjedničkog mosta ugrađen pult za nadzor i upravljanje radom glavnih i svih pomoćnih strojeva, te ostalih sistema na brodu. Kormilarski autopilot, kompas i ostali za navigaciju i sigurnost plovidbe važni instrumenti i uredaji (brzinomjer, dubinomjer, pokazivač otklona kormila, pokazivač skretanja s kursa itd.) sada su integrirani u pult kormilarenja. Na zapovjedničkom se mostu nalaze i instrumenti koji pokazuju stanje broda (pokazivači nagiba, stanja prostora, brzine vrtnje vijka i sl.) i stanje okoliša (pokazivači brzine i smjera vjetra, temperature, tlaka i vlažnosti zraka i sl.).

S obzirom na navigacijske uređaje i opremu zapovjedničkog mosta postoje različite koncepcije. Po jednoj se cijelokupna navigacija odvija u kabini mosta, što podrazumijeva dovoljno prostora i uvjete za neometan rad na pomorskim kartama i s brojnim instrumentima (svjetlo, tisina, koncentracija), a tome se obično ne može u potpunosti udovoljiti. Po drugoj se koncepcijom sav precizni rad u vezi sa sigurnom navigacijom odvija u posebnoj navigacijskoj kabini neposredno uz prostoriju mosta ili bar u zavjesom odvojenom kutu mosta. Tu se, uz poseban stol za pomorske karte, nalaze sva potrebna navigacijska pomagala, pribor i dokumentacija, te ponavljači osnovnih parametara navigacije: kompasa, brzinomjera, dubinomjera, radara, hiperbolne i satelitske navigacije

itd. U užem prostoru zapovjedničkog mosta obavezan je i navigacijski radar s dodatkom za izbjegavanje sudara.

Na zasebnom pultu ili u dijelu mosta smještena je oprema za nadzor i upravljanje svim navigacijskim i signalnim svjetlima prema međunarodnim konvencijama. Nadalje, na zapovjedničkom se mostu nalaze uređaji i oprema za nadzor i eventualnu intervenciju u vezi s opasnim stanjima (dim, požar, naplavljivanje itd.), za nadzor statičke stabilnosti i nepotopljivosti te za upravljanje sistemima za osiguranje životnih uvjeta posade u nastambama (ventilacija, klimatizacija i sl.).

Obaveznu opremu zapovjedničkog mosta čine pribor i uređaji za unutrašnje i vanjske brodske komunikacije. Za razmjenu govornih poruka između mosta i ostalih prostora na brodu služe tradicionalne (sada odbačene) doglasne cijevi, različite vrste telefona i razglasnih uređaja, interkomunikatori i druga, računalom vođena suvremena sredstva. Grupa opreme za vanjske brodske komunikacije sastoјi se od elementarnih sredstava za vizualno komuniciranje (zastavice, signalna tijela, reflektori i sl.), konvencionalnih radioprimepredajnih uređaja (redovito smještenih u glavnoj i rezervnoj radiokabini, ali s nekim terminalima i u zapovjedničkom mostu), radiotelefona te najnovijih uređaja za satelitske komunikacije, ili za komuniciranje pomoću laserskih komunikatora, *tajno legitimiranje* itd.

Borbena funkcija dodatno otežava projektiranje i opremu zapovjedničkog mosta na ratnom brodu. Zbog borbene funkcije most je ratnog broda izведен mnogo složenije nego trgovackoga. U njega je ugradeno mnogo više opreme, a na njemu se mora osigurati i mnogo veći broj radnih mjeseta za neposredne suradnike zapovjednika. Složeni borbeni sistemi i njihova prateća oprema već su u vrijeme drugog svjetskog rata toliko povećali broj uređaja i složenost njihova posluživanja da se na ratnom brodu više nije mogao izgraditi zapovjednički most dovoljno prostran da bi udovoljavao općoj pomorskoj i sve većoj borbenoj funkciji.

Prije je ratni brod u cjelini bio koncipiran, građen i namijenjen za borbu protiv drugih brodova. Tek početkom drugog svjetskog rata ratni brod dobiva naoružanje i za protuzračnu i protupodmorničku obranu. Pri dobroj vidljivosti protubrodskom borbom moglo se upravljati s konvencionalnog dvonamjenskog zapovjedničkog mosta, na osnovi vizualnog pregleda situacije, na udaljenostima koje nisu mnogo prelazile daljinu horizonta. Ubrzo su, međutim, odnosi na bojištu postali mnogo složeniji, naročito zbog većih dometa oružja i senzora koji nisu ograničeni optičkom vidljivošću, pa je količina opreme i broj zapovjednikovih suradnika toliko porastao da na konvencionalnom dvonamjenskom mostu više nije bilo ni mesta ni uvjeta za normalan rad komandanta. Zbog toga je postalo potrebno da se opća pomorska funkcija vođenja plovidbe broda, u užem smislu, odvoji od vođenja borbenih aktivnosti i da se bivši univerzalni zapovjednički most podijeli prema funkcijama na kormilarnicu i na novi prostor pod nazivom borbeni (ili brodski) operativni centar (BOC).

*Kormilarnica* na ranjoj lokaciji zapovjedničkog mosta, s dobrom preglednošću neposredne blizine broda, ali s mnogo manje opreme i na manjem prostoru, nije više radno mjesto zapovjednika broda u borbi. Ona služi za vođenje plovidbe broda u borbi, ali prema naredenjima o manevru broda što ih dobiva iz borbenog operativnog centra, ili za samostalno vođenje broda u mirnodopskoj plovidbi. Oprema i podjela kormilarnice na rajone ne razlikuje se mnogo od one konvencionalnog zapovjedničkog mosta.

*Borbeni operativni centar (BOC)*, kao novo glavno komandno mjesto komandanta ratnog broda u borbi, postao je nuždan zbog više razloga. Podaci o ciljevima koje prikupljaju različiti senzori osmatranja odnose se na zračne, površinske i podvodne ciljeve i predstavljaju mozaik ukupne situacije oko broda, što više nije interesantno samo za pojedine sisteme oružja nego u prvom redu za komandanta broda, jer mu omogućuje donošenje odluke o djelovanju. Suvremeni odnosi snaga na moru zahtijevaju najbržu moguću reakciju, a odluka

se ne smije povjeriti automatu ili računalu, jer postoje nepredvidive međuzavisnosti između oružja na samom brodu, između drugih elemenata borbenog poretku u okolini itd. Nadalje, reakcija redovito mora uslijediti istodobno na dvije ili više prijetnji, što osim upotrebe različitih oružja podrazumijeva i pažljivo odabran manevr plovidbe brodom.

Suvremeni borbeni operativni centar ima više osnovnih funkcija. To su: prikupljanje podataka osmatranja i izviđanja od svih brodskih senzora za zračne, površinske i podvodne ciljeve, te podataka o ciljevima izvan dometa vlastitih senzora što ih preko sistema za prijenos podataka dostavljaju na brod vlastite snage na moru, u zraku ili na obali; prikazivanje u borbenom operativnom centru svih ciljeva *na taktičkim pokazivačima*, zajedno ili odvojeno za zračnu, površinsku i podvodnu situaciju, uz naznaku pozicije, brzine i pripadnosti (legitimiranjem ili obavještajnim podacima); prijenos iz borbenog operativnog centra sličnih podataka o ciljevima drugim borbenim jedinicama koje uzajamno djeluju; procjena protivnikovih namjera i prijetnja, te izbor ciljeva od primarne važnosti za udarno djelovanje; provjera učinka eventualnog vatrenog djelovanja brzim simuliranjem na računalu kao posljednja potvrda prije donošenja odluke; donošenje odluke i dodjela odabranih ciljeva podsistemima oružja, te izravno aktiviranje sistema za protumjere (proturaketna obrana, protuelektrička borba i sl.).

Borbeni operativni centar je posebna prostorija na brodu, u pravilu bez vanjskih prozora i dnevnom svjetlu, dovoljno prostrana za smještaj elektroničko-informatičke opreme i tima suradnika koji pomažu komandantu broda u borbenom rukovodjenju. O smještaju borbenog operativnog centra na brodu postoje dvije koncepcije. Prema prvoj, koja potječe iz tradicije zapovjedničkog mosta, borbeni operativni centar treba se nalaziti u visokom nadgrađu broda, tako da bude što bliži i što dostupniji kormilarnici. Druga se koncepcija zasniva na potrebi borbene otpornosti broda i nužnosti da brod nakon udara protivnika što duže preživi moguća oštećenja, pa zato borbeni operativni centar treba da se nalazi dublje u brodu, po mogućnosti ispod glavne palube, bolje zaštićen, eventualno i nekom vrstom oklopa. Ratni se brodovi danas grade prema obje koncepcije smještaja brodskog operativnog centra, jer i jedna i druga koncepcija imaju tehničkih prednosti, ovisno o nekim osnovnim zamislima o načinu upotrebe broda.

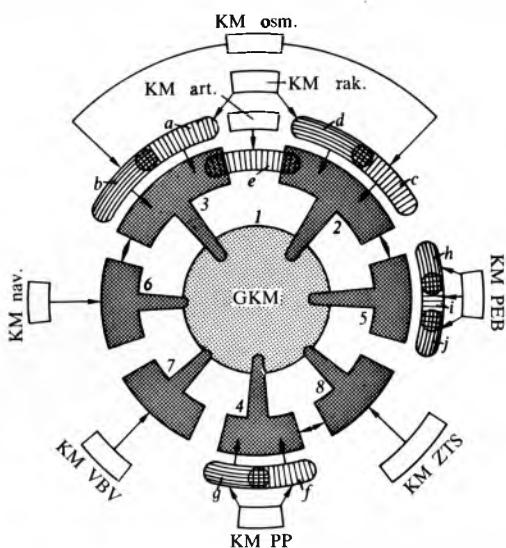
Bez obzira na lokaciju borbenog operativnog centra na brodu, njegova unutarnja organizacija, arhitektura i konfiguracija uglavnom slijede iste zakonitosti što proizlaze iz njegovih funkcija. Borbeni je operativni centar potpuno zatvorena prostorija, što bolje zaštićena od pogodaka sitnih projektila, s nepropusnim vratima, koja ne smiju voditi na otvoreni prostor, s klimatizacijom i posebnom ventilacijom otpornom na nuklearna, biološka i kemijska djelovanja, s prikladnom rasvjетom s više razina i s podjelom prostora na rajone koji su posebne i relativno odvojene cjeline s pripadnom opremom i radnim mjestima. Rajoni su raspoređeni tako da s obzirom na svoje specijalizirane funkcije imaju određeno *prekrivanje* ili dodir s nekim od susjednih rajona radi suradnje, koordinacije i izravnog uvida. Osim glavnog komandnog mjeseta, u borbenom se operativnom centru obično nalazi i nekoliko komandnih mjeseta najvažnijih brodskih borbenih funkcija (raketno, artiljerijsko i protupodmorničko naoružanje, vanjske brodske veze, protuelektrička borba, osmatranje i identifikacija itd.).

Slika 9 shematski prikazuje uzajamni odnos osnovnih rajona brodskog operativnog centra: rajon glavnog komandnog mjeseta (1) radno je mjesto komandanta s glavnim taktičkim pokazivačem ukupne situacije, terminalima vanjskih i unutrašnjih brodskih veza te s potrebnim brojem poslužilaca; rajon zračne situacije (2) opremljen je taktičkim pokazivačem zračnih ciljeva i ponavljačem osmatračkih dvodimenzionalnih radara i identifikatora; rajon površinske situacije (3) sadrži taktički pokazivač površinskih ciljeva osmotrenih vlastitim senzorima ili primljenih od drugih osmatrača; rajon podvodne situacije (4) komandno je mjesto protupodmorničke borbe s taktičkim pokazivačem podvodnih ciljeva, ponavljačem so-

nara i upravljanja protupodmorničkim oružjima; rajon protuelektričke borbe i proturaketne obrane (5) ima uređaje za električko izviđanje, ometanje i zaštitu; rajon navigacije (6) sadrži kompletну opremu za vrhunsku, napose taktičku navigaciju (izbor plovidbe i manevra s obzirom na najpovoljniji odnos prema protivniku i vlastitim snagama); rajon vanjskih brodskih veza (7) komandno je mjesto oficira za komunikacije s terminalima svih sredstava za vanjske brodske veze, uključujući i one za razmjenu podataka u digitalnom obliku (radiouredaji s predajnicima i prijemnicima smješteni su u posebnoj kabini izvan borbenog operativnog centra; rajon komandanta zdržućenog taktičkog sastava (8) (ako je predviđen projektom broda) oprema se najnužnijim sredstvima za komunikacije i uvid u globalnu situaciju na bojištu.

rajone, dok ga ostali ne smiju ometati (prekrivanja u shemi s manjim ili većim prodom). Na sl. 10, koja prikazuje dio borbenog operativnog centra, vidi se: da su radna mjesta poslužilaca sjedeća, da je rasvjeta prigušena (zbog boljeg zapažanja detalja na ekranima radara), da je prostor gusto popunjeno instalacijama koje, osim pultova, zauzimaju sve bočne stijene i strop. Radi boljeg pregleda na raznim pokazivačima uobičajeno je da radna mjesta komandanta broda i komandira odreda ne budu predviđena za sjedeći položaj. U prostoru je potrebno osigurati dovoljno mjesta za prolaz osoblja. Radi hodanja u uvjetima teškog mora na strop se ugrađuju rukohvati za pridržavanje, da se pri naglim nagibima broda osoblje ne bi prihvaćalo za dijelove osjetljive opreme.

Dobro funkcioniranje suvremenog borbenog operativnog centra u potpunosti ovisi o elektroničkim računalima koja obrađuju ogroman broj podataka. Ti se podaci slijevaju u borbeni operativni centar gdje se prema razini komandiranja filtriraju. Nekadašnja koncepcija moćnog centralnog računala danas je zastarjela, u prvom redu zbog ranjivosti sistema i nemogućnosti brze obrade podataka u realnom vremenu. Trenutno se upotrebljava više polunamjenskih računala za pojedine, relativno izolirane funkcije borbenog operativnog centra, u tzv. *hijerarhijskoj* ili *federalnoj* konfiguraciji, počev od niske i usko specijalizirane razine, pa sve do razine glavnog komandnog mjesto, pri čemu se broj podataka smanjuje uz povećanje sadržaja (korisnost) informacije koja služi za donošenje odluke. Najnoviji sistemi imaju računala u potpuno decentraliziranoj konfiguraciji i bez hijerarhijskog odnosa. Sva su računala na istoj razini, ali su usko specijalizirana za problem koji obrađuju, a međusobno razmjenjuju podatke izravnim dijalogom preko zajedničke informacijske linije koja usmjerava poruke na osnovi zajedničkog komunikacijskog programa. Ti sistemi rade vrlo brzo, a nadasve su pouzdani jer ne dolazi do raspada sistema ako jedno od brojnih računala zataji. Sistem naime i dalje funkcioniра s prihvatljivo smanjenim mogućnostima, čak ni oštećeni segment specijalizirane funkcije u lokalnoj mreži nije potpuno paraliziran, jer za svoj najnužniji rad posuđuje preko komunikacijskog sistema dio kapaciteta najbliže računala u drugoj lokalnoj mreži. U konvencionalnoj bi tehnologiji kabelnih veza takvo povezivanje računala u sistem borbenog operativnog centra zahtijevalo ogroman broj kabela. Suvremena tehnika komuniciranja usmjeravanjem poruka i adresiranjem u oba smjera



Sl. 9. Shema rajona u borbenom operativnom centru ratnog broda. *I* glavno komandno mjesto (GKM), *2* zračna situacija, *3* površinska situacija, *4* podvodna situacija, *5* protutelektro-  
nička borba i proturaketna obrana, *6* navigacija, *7* vanjske  
brodske veze, *8* združeni taktički sastav, *a* protubrodski raketni  
sistemi, *b* osmatranje površine mora, *c* osmatranje zračnog  
prostora, *d* protuzračni raketni sistemi, *e* artiljerijski sistemi  
oružja, *f* podvodno osmatranje (sonar), *g* protupodmornički  
sistemi oružja, *h* elektroničko borbeno izviđanje, *i* elektroničke  
protumiere, *j* proturaketna obrana broda



Sl. 10. Borbeni operativni centar

Shematski prikaz funkcija na sl. 9 pokazuje da rajon glavnog komandnog mjeseta (1) mora biti u sredini prostora, da mora omogućiti komandantu brz uvid samo u odredene

omogućuje čak mnogo manje fizičkih veza nego kad su postojala centralna računala i višežilni kabeli. Primjenom koaksijalnih *zbirnih* kabela ili, u novije vrijeme, kabela od

optičkih vlakana, broj se kabela smanjio, a propusna moć im je mnogo veća i manje su osjetljivi na oštećenje izolacije i prođor elektromagnetskih smetnji u prijenosni kanal.

*Jarbol* su gotovo isčezli sa suvremenih trgovackih brodova, ali na ratnim brodovima oni ne gube na važnosti koju su oduvijek imali. Još od vremena jedrenjaka visina jarbola, odnosno visina osmatračkog koša na jarboli, određivala je granicu optičke vidljivosti (tj. daljinu horizonta), koja je veća što je točka osmatranja na većoj visini. Iako je osmatrač u košu jarbola odavno zamijenjen radarom, optoelektroničkim i drugim tehničkim senzorima, ograničenje zbog daljine horizonta i dalje ostaje. Razlika je samo u tome što se stalno povećava broj senzora koje bi trebalo postaviti na najviše mjesto na jarboli, pa se zato povećava broj jarbola i tornjeva na nadgradu. Jarboli trebaju biti ne samo što viši nego i imati što veću nosivost zbog sve glomaznijih i sve težih senzora. Suvremeni senzori visoke osjetljivosti i velike točnosti mjerenja kutnih koordinata moraju stalno održavati svoju orientaciju u prostoru, pa jarbol mora biti vrlo krut da se ne bi savijao na uzburkanom moru i da bi se spriječile vibracije i rezonantne pojave na vrhu jarbola zbog rada brodskih strojeva, vijka i mehanizama. Visina, nosivost i krutost rješavaju se izvedbom masivnih jarbola, punih tornjeva ili gustom rešetkastom konstrukcijom (sl. 11), ali se time često smanjuju korisni sektori djelovanja oružja ili senzora, a zbog povećane efektivne plohe jarbola povećava se zamjetljivost za protivnički radar. Konačno, jarboli na kojima su smješteni brojni senzori i antene postaju mesta koncentracije vitalnih dijelova borbenog sistema (kabeli, napojni vodovi, valovodi, svjetlovodi) koji su nedovoljno zaštićeni od razaranja čak i najmanjim krhotinama pri eksploziji projektila već u blizini broda.



Sl. 11. Jarbol suvremenog ratnog broda

U složenom postupku optimizacije jarbola od presudne je važnosti redoslijed na rang-listi uzajamno oprečnih svojstava. Iako polazna stajališta za redoslijed mogu biti različita, većinom se kriteriji optimizacije podvrgavaju sljedećem tipičnom redoslijedu: krutost (geometrijska orientacija i vibracijska rezonancija), opstrukcija sektora djelovanja, zamjetljivost, povredljivost (izloženost kabela), nosivost, visina iznad površine mora, dostupnost za preventivno i korektivno održavanje i za otklanjanje učinaka oštećenja.

*Površine na otvorenim palubama* ratnog broda tradicionalno su važne, jer smještaj oružja na palubi mora biti u takvom uzajamnom odnosu u prostoru da omogućuje najveće moguće efikasno djelovanje oružja (sl. 12). Granični i najpovoljniji (idealni) slučaj jest ratni brod npr. s jednim brodskim topom smještenim tako da mu je za djelovanje slobodno više od gornje polusfere prostornog kuta. Zbog



Sl. 12. Artiljerijska i raketska oružja na otvorenim palubama suvremenog ratnog broda



Sl. 13. Gubitak velikog dijela površine na otvorenoj palubi uvodenjem helikoptera

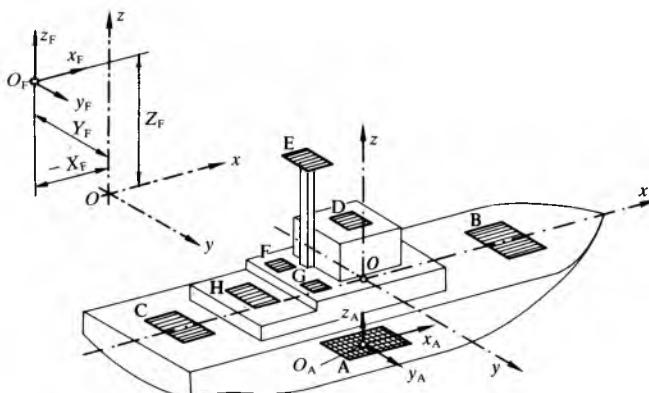
nadgrada, jarbola, drugih oružja i senzora raspoloživi prostorni kut djelovanja uvek je osjetno manji, posebno ako se projektom broda nije nastojao osigurati što veći sektor djelovanja oružja. Osim toga, u novije se vrijeme zahtijevaju na otvorenim palubama i slobodne površine za polijetanje i slijetanje helikoptera (sl. 13) i za opskrbu iz zraka.

Zbog uzajamnog ometanja elemenata borbenog sistema na otvorenim palubama povećavaju se zahtjevi za *elektromagnetskom kompatibilnošću*, koja se sastoji od: a) elektromagnetske interferencije, b) izloženosti posade elektromagnetskom zračenju, c) djelovanja elektromagnetskog zračenja na municiju i eksplozivna sredstva i d) izloženosti posade naponskim udarima i opeklinama zbog visokih razina elektromagnetskog zračenja. Površine na otvorenim palubama (u što su uključene i sve površine nadgrada) suvremenog ratnog broda trebaju zadovoljiti velik broj oprečnih zahtjeva, pa je postupak optimizacije mnogo teži nego ranije kada se brinulo samo o sektorima djelovanja oružja.

*Temelji elemenata borbenog sistema* (topova, lansera, radarskih i drugih pokretnih antena i senzora) dio su brodske konstrukcije, a trebaju osigurati: a) nosivost za zadanu masu, b) čvrstoću na kidanje zbog ubrzanja kao posljedice gibanja broda na razvijenom moru, gibanja masa oružja i impulsnih sila pri opaljivanju ili lansiranju, c) definirane koordinate položaja i osi temelja i d) krutu vezu s cjelokupnom konstrukcijom trupa i nadgrada radi očuvanja orientacije u prostoru uz dinamička opterećenja broda na razvijenom moru i u uvjetima nenormalne raspodjele brodskih masa.

Brodska oružja, senzori, antene itd. složene su mehaničke naprave, ukupne mase od nekoliko stotina kilograma do nekoliko desetaka tona, s tvornički obrađenim prirubnicama ili dosjednim površinama koje naliježu na posebno obrađene površine brodskih temelja i na njih su pritegnute razrješivim vijčanim spojem. U kinematičkom smislu to su strukture s jednim, dva i, rjeđe, s tri stupnja slobode kutnih gibanja (po smjeru, elevaciji ili nagibu palube) u odnosu na osi temelja.

Temelji oružja i senzora borbenog sistema posebne su površine na otvorenim palubama, jarbolima i u unutrašnjosti broda (sl. 14). Temelji imaju velik utjecaj na postupke i njihov redoslijed i pri osnivanju i pri gradnji ratnog broda. Budući da temelji moraju imati određena svojstva, pri gradnji ratnog broda pojavljuje se niz specifičnosti: a) trup broda, već u ranim fazama gradnje na navozu, mora biti strogo geometrijski definiran, pa se posebnim geodetskim mjerjenjima određuje ravnina *virtualne palube* ( $x-y$ ) i perpendikularnost vertikalne ( $z$ ) i poprečne ( $y$ ) osi u odnosu na realnu uzdužnu os ( $x$ ) s točnošću većom od 1 mrad (sl. 14); b) u unutrašnjosti se broda ugrađuje *referentna ravnina* ( $A$ ), što bliže neutralnoj točki ( $O_F$ ) broda, kojom se materializira virtualna ravnina palube s točnošću većom od 0,5 mrad; c) paralelnost ravnina svih ostalih temelja na brodu ( $B$  do  $H$ ) prema referentnoj ravnini ( $A$ ) mora biti s točnošću većom od 1 mrad, a položaj ishodišta njihovih osi ( $O_F$ ) prema ishodištu osi referentne ravnine ( $X_F$ ,  $Y_F$ ,  $Z_F$ ) mora biti određena s točnošću većom od  $\pm 1$  mm za linearno odstupanje od uzdužne osi  $X_F$  i  $\pm 10$  mm za druge dvije osi; d) krutost trupa mora biti takva da se, uz najveće promjene rasporeda masa (u tankovima i pri naplavljivanju) i na razvijenom moru zadanog stupnja, uzajamni odnos ravnina temelja ne mijenja za više od 0,5 kutnih minuta.



Sl. 14. Temelji oružja i senzora borbenog sistema na otvorenim palubama i jarboli. A osnovna referentna ravnina, B-H ravnine temelja

Temelji, kojih je pozicija određena geodetskim postupkom, predstavljaju cilindrične ili pravokutne strukture s prirubnicom na gornjem dijelu. U radionici izrađeni temelji zavaruju se na palubu i tako vežu za brodsku konstrukciju. Nakon svih zavarivačkih radova na konstrukciji broda ponovno se geodetskim mjerjenjima provjerava paralelnost ravnine prirubnice temelja s referentnom ravninom, pa se odstupanja popravljaju skidanjem strugotine sve dok se ne postigne zahtijevana paralelnost ( $\pm 1$  mrad), dopušteni stupanj neravnina ( $-0,2$  mm), kvaliteta obrade površine (klasa 10 po JUS) i točnost oznake uzdužne osi ( $\pm 1$  mrad). Na prototipnom brodu posebnim se napravama provjerava krutost temelja pri djelovanju sila i momenata koji mogu prouzrokovati linearna i kutna odstupanja. Translatorni pomaci temelja u sve tri osi zbog djelovanja sila definiraju se kao dopuštene elastične deformacije. Za radarsku antenu na vrhu jarbola, npr., zahtijeva se elastičnost za translatorne pomake  $\Delta S_{xyz} = 1500 \text{ N/mm}$  i  $\Delta = 1000 \text{ N m/mrad}$  za kutne pomake. Elastična deformacija topovskih i lancerskih temelja definira se najvećim dopuštenim odstupanjem ravnine temelja pri ispaljivanju do  $\pm 1$  mrad.

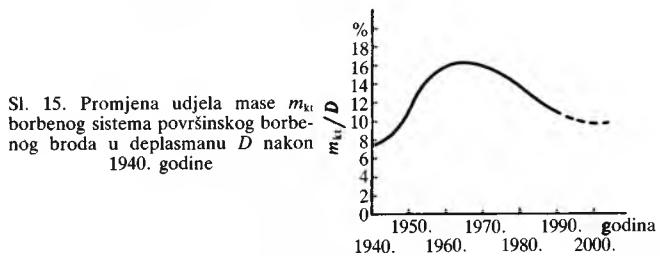
*Oprema trupa i privjesci obuhvaćaju niz detalja za koje se na ratnom brodu mora uzeti u obzir mnogo dopunskih kriterija vezanih s borbenom vrijednošću. Tako npr. svih elementi opreme trupa i privjesci ispod vodne linije, osim tradicionalnih zahtjeva koji vrijede za svaki brod, moraju udovoljavati i dodatnim zahtjevima kao što su: a) otpornost na podvodne eksplozije, b) ne smiju povećavati akustičku zamjetljivost stvaranjem malih, ali zamjetljivih vrtloženja, zračnih mješurića i sl., c) ne smiju stvarati električna polja zbog materijala različitih električnih potencijala, d) ne smiju biti pogodni za obrastanje koje bi mijenjalo sliku sustrujanja i time utjecalo na rad sonara i drugih podvodnih senzora itd.*

*Oprema trupa na nadvodnom dijelu broda mora biti prilagodena ne samo poznatim funkcionalnim nego i posebnim zahtjevima. Tako npr. metalne pripone, ograde, rukohvati, stepenice i sl. smiju samo minimalno zadržavati aerosolne čestice nosioce nuklearne radijacije, moraju biti što manje zamjetljivi za radar i što manje interferirati u radiofrekvencijskom području elektromagnetskih valova.*

*Prostori i odjeljci unutar trupa i nadgrađa, kao osnovna podjela broda i njegove konstrukcije, na ratnom se brodu posebno razmatraju u vezi sa stupnjem iskorištenja deplasmana, volumena i radnih površina za elemente borbenog sistema koji se za ratni brod smatraju korisnim teretom.*

*Udio mase borbenog sistema* kao korisnog tereta ( $m_k$ ) u ukupnom lakom deplasmanu ratnog broda ( $D$ ) tradicionalno je smatrano mjerilom valjanosti projekta broda za njegovu namjenu. Na prijelazu u XX. st., kada se borbeni sistem sastojao samo od artiljerijskih oružja, municije i sistema za manipulaciju municijom, taj je udio bio malen (manji od 8%), posebno na brodovima s oklopom, a i zbog vrlo velikih masa tadašnjih energetskih postrojenja (ugljen, voda, kotlovi, parne turbine, reduktori). Uvođenjem torpednog naoružanja i, kasnije, protuzračne artiljerije taj se udio zadržava na istoj razini jer se masa oklopa počinje smanjivati ili oklop potpuno iščezava, ali i zbog toga što je napredak tehnologije omogućio da oružja uz iste ili bolje performanse imaju manju masu, pa je u ukupnom deplasmanu udio mase jako povećanog broja oružja na otvorenim palubama ostao približno isti.

U vrijeme drugog svjetskog rata prihvaćena je konцепција borbenog sistema kao zamjena za naoružanje ratnog broda. Na tipičnom razaraču iz četrdesetih godina udio elemenata borbenog sistema u ukupnom lakom deplasmanu iznosio je  $\sim 7\%$ , ponajviše zbog laganih konstrukcija oružja i još skromnih, tek uvedenih uređaja za upravljanje vatrom. Uvođenjem radara i sonara, u prvo vrijeme glomaznih i teških naprava, naglo se povećava udio borbenog sistema (sl. 15) u ukupnom deplasmanu. Porast do  $16\%$  koji je dostignut šezdesetih godina nastao je zbog potreba ekspanzije borbenog sistema (povećanje broja senzora, uvođenje raketa i protupodomničke komponente). Time je projekt samo prividno poboljšan, jer se to povećanje borbenog sistema moglo ostvariti samo na štetu habitabilnosti ili autonomnosti broda, što nije prihvatljivo.

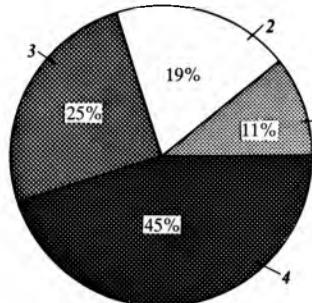


Suvremena elektronička tehnologija senzora i oružja ponudila je početkom sedamdesetih godina rješenje kojim su uskladene suprotnosti između stalnog porasta zahtjeva borbenog sistema i potreba da brod očuva i ostala pomorska i borbeni svojstva. Prelazak s elektronike *prve generacije*, s elektronskim cijevima, na tranzistore i vrlo brzo na integrirane krugove i tehnologije visoke razine integracije omogućio je da se uz isti ili povećan broj elektroničkih sistema na brodu

## RATNI BROD

postigne bitno smanjenje njihovih masa. To je ostvareno i izravno (uredaji su uz bolje performanse lakši i manji) i posredno (za svoj rad uredaji trebaju mnogo manje energije pa su manji i zahtjevi za stalnim porastom snage brodskih elektrana).

Stanje se ustalilo u toku osamdesetih godina na udjelu od ~11% elemenata borbenog sistema u lakovem deplasmanu ratnog broda klasične deplasmanske forme i čelične gradnje trupa bez oklopa, s nadgradnjem lake izvedbe. Udio mase ostalih glavnih elemenata broda u ukupnom deplasmanu prikazan je na sl. 16.



Sl. 16. Udio mase glavnih sistema u deplasmanu površinskog ratnog broda. 1 borbeni sistem, 2 gorivo, pogonski i potrošni materijal, 3 energetsko postrojenje, 4 trup, nadgrada i brodska oprema

Posebno valja naglasiti još i sada visok udio mase trupa, nadgrada i opreme broda (45%) u deplasmanu, iako brod nema oklopa, a nadgrada je od lakih metala. Mali porast udjela mase trupa ratnog broda uvjetovali su sljedeći zahtjevi: a) izolacija od buke i šuma, b) čvrstoča konstrukcije trupa i nadgrada, c) otpornost na udare i udarna opterećenja, d) sposobnost opstanka, e) podjela na nepropusne odjeljke itd. To povećanje mase trupa moglo se dijelom kompenzirati smanjenjem mase energetskog postrojenja. Ostvarene redukcije mase glavnog pogonskog postrojenja postignute su prelaskom s parnih turbina (s reduktorima) na plinske turbine ili Dieselove motore laksih izvedbi. Nadalje, projektanti ratnog broda mogu još dosta skratiti propellerske osovine i smanjiti njihov broj (manje vijaka).

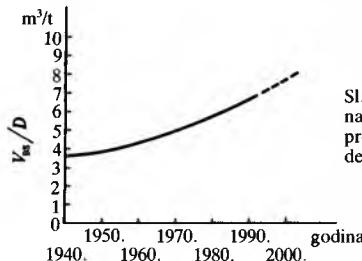
Automatizacijom se smanjuje broj članova posade na rutinskim dužnostima, ali se tako ostvarena rezerva u deplasmanu dobro projektiranog broda utroši na povećanje habitabilnosti preostalog, smanjenog broja članova posade, koja mora biti sve većih kvalifikacija (opremanje nastambi, prostora za razonodu, prehranu, higijenu itd.). Rješenja habitabilnosti iz četrdesetih godina, kada je ~60% članova posade razarača spavalo u visalkama, više nisu prihvatljiva. Danas su neprihvatljivi nepopularni tzv. topli ležaji na podmornici, kojih je bilo samo toliko da se u njima mogu odmarati jedino članovi posade koji nisu u smjeni, pa nema mesta za cijelu posadu.

Prema postignutom i vrlo prihvatljivom omjeru mase borbenog sistema i deplasmana ( $m_b/D$ ) moglo bi se zaključiti da su tekovine tehnoloških dostignuća u elektroničkoj i oružnoj tehnici u svemu išle na ruku projektantima ratnog broda te da je u ovom i idućim razdobljima riješen najteži problem sinteze ratnog broda. To je točno samo što se tiče udjela u deplasmanu, ali novi zahtjevi što slijede iz novih tehnoloških rješenja i načina iskorištavanja elemenata borbenog sistema dodatno i vrlo neugodno otežavaju optimiziranje projekta broda.

Udio volumena elemenata borbenog sistema u ukupnom volumenu unutarnjih prostora u brodu u stalnom je porastu. Projektiranje broda u osnovi je problem da se određeni volumen optimalno raspodijeli, pa suvremeni borbeni sistemi i dalje otežavaju mukotrpni proces projektiranja, a volumenski odnosi postaju mnogo bolji pokazatelj valjanosti projekta broda nego što je to u ranijem razdoblju bio udio mase korisnog tereta u deplasmanu.

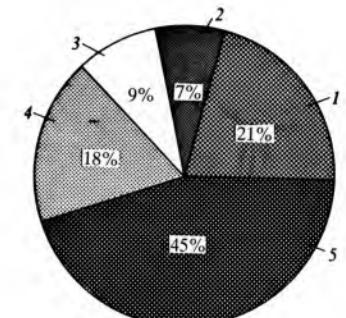
Suvremena brodска oružja i senzori što su smješteni na otvorenim palubama ne predstavljaju ni velike mase ni volumene, pa pri projektiranju treba uglavnom zadovoljiti potrebne slobodne sektore njihova djelovanja da se uzajamno ne ometaju. Međutim, posluži i svi uredaji za rukovanje tim

elementima borbenih sistema ne nalaze se na otvorenoj palubi, nego u unutrašnjim prostorima broda, gdje se kao stalna radna mjesta mora osigurati sve veći broj prikladno opremljenih borbenih stanica i komandnih mjesta. To projektantima nameće nove i složene probleme pri rješavanju rasporeda zatvorenih prostora unutar ograničenog volumena broda.



Sl. 17. Porast udjela volumena elemenata borbenog sistema unutrašnjeg prostora borbenog broda u lakovem deplasmanu broda nakon 1940. godine

Slika 17 prikazuje porast volumena elemenata borbenog sistema po jedinici lakovog deplasmana (što je posredno i mjeru volumena broda), koji je od početnih  $3,5 \text{ m}^3/\text{t}$  porastao do  $6 \text{ m}^3/\text{t}$ , s tendencijom daljeg porasta. Pažljivom analizom toga porasta može se zaključiti da elementi borbenog sistema zahtijevaju površine u unutrašnjim prostorima i više od volumena, što je projektom još teže osigurati. Trenutno stanje tehnološkog napretka u vezi s iskorištenjem ukupnog unutrašnjeg volumena površinskog ratnog broda prikazuje sl. 18. Iz te se slike može zaključiti da udio od 21% ukupnog volumena, što je potrebno za elemente borbenog sistema, predstavlja granicu kojoj se jedva može udovoljiti i koja se ne može prekoraci.



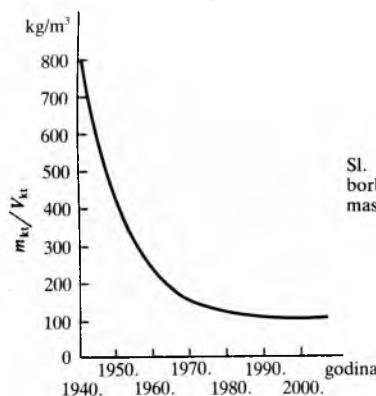
Sl. 18. Udio volumena glavnih sistema u volumenu unutrašnjih prostora površinskog ratnog broda. 1 borbeni sistem, 2 tankovi i spremišta, 3 hodnici i prolazi, 4 prostori za posadu (boravak, prehrana, sanitarije), 5 energetsko postrojenje i brodski sistemi

Zahtijevane površine unutrašnjih prostora za elemente borbenog sistema još je teže osigurati, a takvi su zahtjevi u izrazitijem porastu nego zahtjevi za povećanjem volumena. Naime, iako su uredaji i oprema borbenog sistema sve minijaturniji i laksi i zahtijevaju sve manje rutinskih poslužilaca, sve su stroži zahtjevi da se svede na minimum uzajamno ometanje (interferencija) između gusto raspoređenih uredaja. Pri tome se razlikuju barem tri vrste interferencija zbog kojih se uredaji i oprema borbenog sistema ne mogu zgušnuto postaviti jedni uz druge.

Geometrijska interferencija između susjednih sklopova podrazumijeva takve udaljenosti između elemenata opreme da se oni mogu radi održavanja otvarati i djelomično rastavljati bez demontaže susjednih sklopova koji bi zbog prevelike blizine mogli to ometati. Funkcionalna interferencija podrazumijeva snošljivo funkciranje blisko raspoređenih sklopova borbenog sistema s obzirom na medijsku kompatibilnost (izbjegavanje uzajamnog prijenosa neželjenih signala u elektromagnetskom, magnetskom, topilinskom i zvučnom spektru smetnji). Konačno, operativna interferencija uzima u obzir minimalne razmake nužne da članovi posade mogu besprijekorno posluživati uredaje i međusobno komunicirati u redovnim i izvanrednim uvjetima. Posebna je karakteristika novih radnih mjeseta borbenog sistema porast broja sjedačih prema stajajućim radnim mjestima. Sjedala moraju biti takva da ne zamaraju posadu i da je štite od udara što nastaju djelovanjem vlastitih oružja i protivničkih pogodaka. Ne radi se o nastojanju da se poveća udobnost članova posade, nego,

u prvom redu, da se omogući njihova dugotrajna sposobnost da bez zamora i u najtežim uvjetima mentalno i fizički budu u stanju očuvati punu koncentraciju u borbenim uvjetima.

Na osnovi potrebnog volumena ( $m^3/t$ ) ili površine ( $m^2/t$ ) koje od ukupno raspoloživog deplasmana zahtijevaju elementi borbenog sistema proizlazi da tehnički napredak nije olakšao proces sinteze ratnog broda, što više, da projektant sve teže može ostvariti dobar projekt. To je samo djelomično točno. Potpuno je točno, međutim, da su omjer mase korisnog tereta i deplasmana ( $m_k/D$ ), te potreban volumen ili potrebna površina nedovoljna i jednostrana mjerila. Zato je kao objektivniji i sveobuhvatniji pokazatelj uvedena *gustoća elemenata borbenog sistema*, kojim se, kao kvantifikatorom valjanosti, vrednuje projekt ratnog broda s obzirom na zastupljenost borbenog sistema kao konačnog korisnog tereta. Gustoća elemenata borbenog sistema definirana kao omjer mase elemenata borbenog sistema i njihova volumena ( $kg/m^3$ ) u osjetnom je i stalmom opadanju (sl. 19). To potvrđuju sve značajke suvremene elektronike i oružne tehnologije, koje pokazuju veliko smanjenje mase, volumena, broja poslužilaca i potrošnje električne energije, a ta će se tendencija nastaviti i u idućem razdoblju.



Sl. 19. Smanjenje gustoće elemenata borbenog sistema, tj. omjer njihove mase  $m_k$  i volumena  $V_ki$ , nakon 1940. godine

Suvremeni su ratni brodovi ipak najviše ograničeni prostorom, što znači da je zahtijevani volumen veći od minimuma kojim se osigurava potrebi deplasman (masa) broda. Dodavanjem potrebnih volumena povećavaju se dimenzije (veličina) broda i njegov deplasman, a time i cijena broda. Optimizacija raspodjele volumena i površina jedan je od najtežih zadataka projektiranja ratnog broda, jer se pri toj optimizaciji mora uzimati u obzir mnoštvo konfliktnih zahtjeva.

*Brodska oprema za sidrenje i vez, za tegljenje i spasavanje i za krcanje tereta, te za prijevoz između broda i obale ili drugog broda, ne razlikuje se mnogo od odgovarajuće opreme na trgovackom brodu.* U ratnim mornaricama koje djeluju na udaljenim oceanima poseban je problem opskrba u vožnji na otvorenom moru. Takvi ratni brodovi imaju složenu opremu za opskrbu u vožnji punom ili malo smanjenom brzinom. Razlikuju se sistemi za opskrbu s drugog broda u vožnji i sistemi za opskrbu iz zraka, koji dodatno komplikiraju projekt broda, posebno raspored na otvorenim palubnim površinama.

**Energetsko postrojenje broda** sadrži: glavni energetski sistem za propulziju, elektroenergetski sistem broda, sistem toplinske energije i sisteme energije radnih medija. To je postrojenje od posebne važnosti za ratni brod jer osigurava velik dio bitnih svojstava borbene i pomorstvene vrijednosti broda.

*Glavni energetski sistem za propulziju*, koji se sastoji od pogonskog stroja s upravljačkim uređajem, sistema za prijenos snage (kopče, reduktor, osovinski vod) i propulzora (najčešće brodskog vijka), osim što presudno utječe na opća svojstva plovila, ima i istaknut udio u ukupnom deplasmanu broda, njegovu volumenu i radnim površinama, a bitno određuje i svojstva zamjetljivosti i opstanka broda.

Nakon što je šezdesetih godina pogonski kompleks s parnim turbinama i parnim kotlovinama počeo ustupati mjesto

drugim rješenjima manje složenosti i manje mase, u idućem se razdoblju, do prijelaza u XXI. stoljeće, ne očekuju velike promjene što se tiče pretvaranja i prijenosa energije u brodskim postrojenjima. Za pogon malih lakih i brzih jedinica ustalili su se brzohodni Dieselovi motori s prednabijanjem, a kratkotrajna orijentacija na plinske turbine u kombiniranom pogonu s Dieselovim motorima nije se pokazala ekonomski efikasnog. Pogon većih jedinica (1000 do 8000 t) usmjeren je na plinske turbine i Dieselove motore u različitim kombinacijama. Kao najpovoljnije rješenje za pogonsko postrojenje velikih ratnih brodova sve se više potvrđuje nuklearni propulzijski kompleks. U suvremenim borbama na moru, uz velike domete senzora i oružja te uz drastično skraćeno vrijeme reakcije, brzina broda nije presudna kao nekada pa se i pogonski kompleks ratnog broda prilagođava drugim kriterijima borbene i pomorstvene vrijednosti.

Što se tiče pogonskih postrojenja na podmornicama, u dogledno vrijeme ostaje kao moguće rješenje dizelsko-električni pogon (s baterijama olovnih akumulatora) za manje i srednje, a nuklearni pogonski kompleks za velike podmornice (v. Podmornica, Pogonsko postrojenje, TE 10, str. 472). Intenzivno se radi na alternativnim pogonskim postrojenjima zasnovanim na magnetno-hidrodinamičkom učinku, na pogonu Stirlingovim motorom i na nekoliko verzija pogona Dieselovim motorima u zatvorenom (anaerobnom) ciklusu. Takva rješenja, a i primjena direktne konverzije energije pomoću gorivih ćelija, za sada jedva mogu zadovoljiti snage do 100 kW, što je primjenljivo samo za minijaturne podmornice specijalnih namjena, a za veće podmornice kao rezervni pogon ili za vrlo tih režim spore podvodne plovidbe.

U pogledu propulzora, bilo se počelo prelaziti s tradicionalnih brodskih vijaka s fiksnim krilima na vijke s prekretnim krilima. Međutim, vijci s prekretnim krilima, osim očigledne prednosti da se prilagođavaju svim režimima opterećenja i brzinama plovidbe, imaju i ozbiljne nedostatke, jer se mnogo lakše oštećuju zbog složene izvedbe i stvaraju više šumova nego konvencionalni. Zato se rješenja traže u boljoj kvaliteti konvencionalnih vijaka s pet i više fiksnih krila. Kao alternativni propulzori, u zamjenu za vijke, za manje se jedinice primjenjuju hidromlazni propulzori koji osim pogona služe i za upravljanje (kormilarenje). Bolji su u pogledu strukturalnih vibracija, ali mogu biti nepovoljniji u pogledu podvodne akustičke zamjetljivosti.

U brodova kojima se nastoji smanjiti akustička zamjetljivost što nastaje radom glavnih i pomoćnih Dieselovih motora i vibracijama zbog njihova rada izvori se takve buke ne smiju temeljiti izravno na brodsku strukturu. Da bi se prigušio prijenos zvuka na trup broda i preko oplate na more, svi se strojevi ugrađuju na zajedničke okvire učvršćene na brodsku strukturu preko posebnih elastičnih elemenata koji prigušuju prijenos zvuka i vibracija. Na protuminskim brodovima rješenje je još složenije: svi su strojevi preko elastičnih elemenata pričvršćeni na zajedničku platformu koja je, umjesto pri dnu broda, ovješena preko drugog skupa elastičnih elemenata o unutarnju stranu bokova broda, visoko iznad vodne linije. Tako se skupo plaća cijena *tihog* broda, u prvom redu dodatnim masama, zauzetim prostorom i teškoćama oko centriranja osovinskih vodova (veza krute i plivajuće strukture), te elastičnim spojevima svih cjevovoda i priključaka koji se dovode na platformu ili okvire.

**Sistemi brodskih službi.** U najvećem se dijelu sistemi brodskih službi na ratnom brodu ne razlikuju od onih na trgovackim brodovima, uz sljedeće izuzetke: a) Svim se sistemima moraju dodatno osigurati svojstva borbene otpornosti zbog namjerno izazvanih oštećenja. b) Izmjena zraka u unutarnjim prostorima (ventilacija i klimatizacija) mora biti prilagođena osim općim normama i uvjetima sredine onečišćene nuklearno-kemijsko-biološkim agensima. Zato se dio broda mora načiniti kao potpuno hermetički zatvorena citadela u kojoj se može stvoriti nadtlak do 0,5 kPa. Vanjski se zrak dovodi u te prostore sistemom ventilacije preko posebnih filtera koji zadržavaju aerosolne čestice nosioce onečišćenja. Hermetizacija dijela brodskih prostora (među

koje često ide i cijela strojarnica) vrlo je složen izvedbeni zadatak i jako komplicira mnoge detalje na brodu (prolazi cijevi, kabela i ventilacijskih kanala kroz pregrade, izvedba poklopaca i vrata itd.). c) Kondicioniranje zraka na trgovačkim je brodovima uglavnom namijenjeno poboljšanju životnih uvjeta posade, a na ratnom je brodu to po važnosti na drugom mjestu. Mnogi elektronički uređaji borbenog sistema mogu funkcionirati samo uz intenzivno hlađenje, čak i u zimskim uvjetima. Zato neki sistemi za hlađenje moraju biti u pogonu i kada je radi komfora posade potrebno zagrijavati prostor. d) Na ratnim se brodovima redovito nalazi trakt za radiološku dekontaminaciju članova posade koji su kontaminirani radioaktivnim česticama. Ti se traktovi sastoje od najmanje tri prostorije koje su smještene jedna uz drugu, a međusobno su odvojene posebnim nepropusnim vratima. e) U ranijim razdobljima na ratnim se brodovima nije pazilo na onečišćavanje mora otpadnim vodama i materijama. Prema međunarodnim konvencijama o zaštiti mora od onečišćavanja sva ograničenja sada vrijede i za ratne brodove, što se mnogostruko odražava na nova i sve složenija rješenja prikupljanja nečistoća (kaljuže i otpadna ulja, sanitarni sistem i sl.)

#### NEKONVENCIONALNI RATNI BRODOVI

Nekonvencionalni ratni brodovi novija su generacija ratnih brodova na razvoju kojih se još intenzivno radi. Takva nekonvencionalna plovila održavaju se iznad površine vode na osnovi dinamičke plovnosti, glisiranja, lebdenja ili leta po



Sl. 20. Hidrokrilni raketni patrolni brod

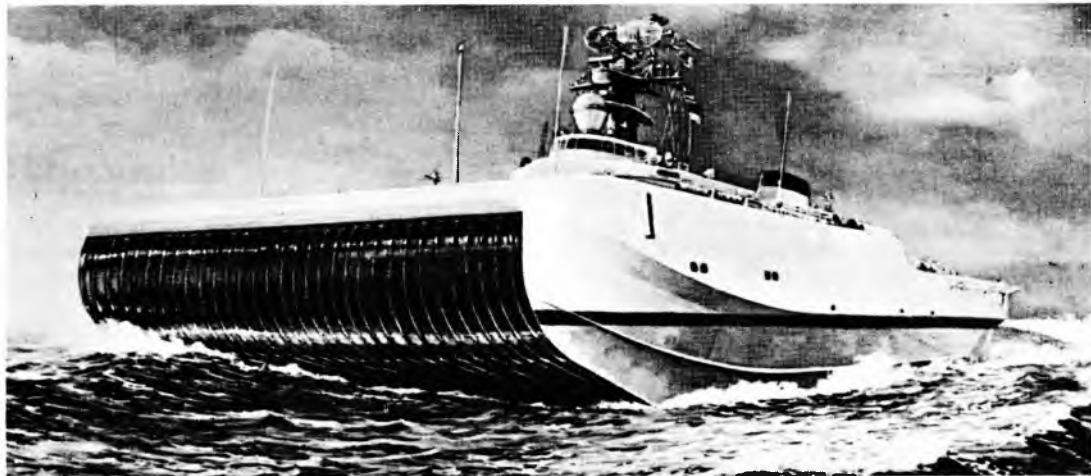
i iznad kopna, kao što su lebdjelice ili brodovi na zračnom jastuku (sl. 22) i brodovi letjelice s krilima varijabilnog oblika.

Dosadašnje analize eksperimentalnih nekonvencionalnih brodova s obzirom na ponašanje na razvijenom moru, te s obzirom na brzinu, potrošak energije, masu, korisni teret, mogućnosti upotrebe u borbi i cijenu, pokazuju da, osim prve grupe, svi ostali imaju vrlo ograničene mogućnosti za borbenu upotrebu i da budu zamjena za konvencionalne brodske forme. Zbog toga se donekle mijenja stav u mnogim ratnim mornaricama svijeta prema kojem je bilo predviđeno da se brzi napadni brodovi, korvete i manje fregate zamijene nekonvencionalnim plovilima.

Do sada se nisu ispunila očekivanja da će se uvođenjem nekonvencionalnih brodova ukloniti mnogi, sada već nepremostivi nedostaci deplasmanskih brodova i konvencionalnih pogona. Tako nekonvencionalni brodovi ostaju kao rješenje za buduće razdoblje, ali uz bitnu izmjenu pristupa njihovu projektiranju i gradnji. Najvažnije razlike između ratnog broda budućnosti i većine izvedenih, čak i najnovijih projekata, sastoje se u bitnoj preorientaciji s defenzivnog ratnog broda (kakav je bio do sada zbog velike izloženosti protivniku)



Sl. 22. Ratni brod lebdjelica (hovercraft)



Sl. 21. Projekt raketnog broda s dinamičkim učinkom površine (SES)

površini ili iznad površine vode, a trebala bi u nekim specifičnim namjenama da zamijene tradicionalne deplasmanske brodove koji više ne mogu udovoljiti sve težim novim zahtjevima.

Nekonvencionalna se plovila mogu svrstati u tri glavne grupe: a) plovilo se giba po površini vode i u stalnom je dodiru s vodom, kao što su vitki brodovi vrlo izduženog oblika, katamarani i dvotrupni brodovi male opakivane površine; b) plovilo se giba iznad površine vode, ali je u dodiru s njom, kao što su hidrokrilni brodovi s fiksnim ili upravlјivim krilima (sl. 20), brodovi s učinkom površine (sl. 21) i kombinacije tih dvaju rješenja; c) brodovi koji se gibaju iznad površine vode i nisu s njom u doticaju, a mogu se gibati

na izrazito ofenzivno rješenje, što se, u prvom redu, postiže borbenim sistemom broda novije koncepcije, ali i izvedbom broda u cjelini.

V. Kristić

**REAKCIJSKE PEĆI**, kemijski reaktori (v. *Procesna aparatura*) za provedbu jediničnih procesa (v. *Procesna tehnika*) na visokim temperaturama, obično višim od 400 °C.

Glavnu skupinu reakcijskih peći čine peći za nekatalitičke reakcije čvrstih tvari međusobno i s plinovima. Osim njih, u