

Brodarstvo u okruženju tehnologija Industrije 4.0

DRAGANA D. ĐERGOVIĆ, Visoka broderska škola
akademykih studija, Beograd
ORCID: 0000-0002-0082-9826

LAZO M. KUKOBAT, Visoka broderska škola
akademykih studija, Beograd
ORCID: 0000-0001-8937-7135

Stručni rad
UDC: 005.6:656.6
DOI: 10.5937/tehnika2504455D

Rad analizira različite aspekte uticaja tehnološkog progresa na pomorsko poslovanje u budućnosti, sa ciljem da pruži jedinstvenu interpretaciju tog procesa. Metodologija istraživanja se zasniva na kritičkoj analizi sadržaja podataka, sintezi nalaza i kvalitativno-deskriptivnom pristupu u prezentaciji rezultata i izvođenju zaključaka. U radu je dat celoviti prikaz transformacionih budućih tehnologija i uticaja njihove potencijalne primene na tri pomorska sektora (komercijalno brodarstvo, nautika i eksploatacija okeanskog prostora) i u tri oblasti poslovanja (projektovanje i gradnja brodova, usluge pomorskog prevoza, kao i prateća lučka infrastruktura i usluge). Učinjen je pokušaj sintetizovanja potencijalnih koristi i briga integracije novih tehnologija u pomorske operacije. Posebno su analizirani izazovi uvođenja automatizacije i digitalizacije, uključujući mogućnosti i pretnje po zainteresovane pomorske strane, sa fokusom na perspektivu pomoraca kao ključnih aktera. Tehnološka transformacija pomorskog biznisa je prikazana kao evolutivan proces, kroz kratki, srednji i dugi rok. Oblasti od posebne pažnje za uspešnu tranziciju ka potpuno autonomnom brodarstvu prezentovani su u zaključcima. Dodatna pitanja koja su se nametnula tokom istraživanja, a koja zahtevaju dalja razmatranja u traženje rešenja, pokreću se na samom kraju ovog rada.

Ključne reči: pomorstvo, tehnologija, transformacija, mogućnosti, pretnje, koristi

1. UVOD

Pomorski transport pokreće svetsku trgovinu i predstavlja okosnicu globalne ekonomije. Činjenica da preko 50% populacije u svetu živi na manje od dve nautičke milje od morskog ili rečnog puta [1] pokazuje značaj brodova i brodarstva. Globalnu komercijalnu flotu čini preko 50.000 brodova, registrovanih u preko 150 zemalja, sa posadom od skoro dva miliona pomoraca [2]. Sa više od 80% obima svetske trgovine robom i prevezenom količinom od više od 12 milijardi tona u 2022. godini [3], brodarstvo ostaje jedini isplativ vid međunarodnog transporta i glavni pokretač globalnog ekonomskog rasta.

Svet je u procesu stalnog razvoja u skladu sa novim politikama, tehnologijama, društvenim potreba-

ma, ekonomskim podsticajima i ekološkom etikom, što otežava predviđanje budućnosti i prilagođavanje novim okolnostima. Poslednjih nekoliko decenija, izazovi su različiti, uključujući geopolitičke faktore, klimatske i socijalne promene, globalizaciju, brzu industrijalizaciju i urbanizaciju, infrastrukturna ograničenja, nestabilne cene energije, promenljive cene roba i usluga i, izuzetno značajnu, četvrtu industrijsku revoluciju. Tehnološki napredak je danas u osnovi opstanka i rasta brojnih industrijskih grana, jer doprinosi poboljšanju operativne efikasnosti i efektivnosti.

U odgovoru na promene, pomorstvo je u permanentnoj potrazi za odgovarajućim tehnološkim i poslovnim rešenjima, kako bi navedene izazove učinilo prilikama i obezbedilo budućnost svoje flote i imovine. Uvođenje kontejnerizovanog transporta je revolucionisalo globalnu trgovinu nudeći ekonomiju zasnovanu na obimu (omogućavajući prevoz velikih količina robe tokom jednog putovanja i, time, troškovno efikasniji prevoz), uz osiguranje zaštite robe tokom tranzita i minimiziranje rizika od oštećenja. Sve šira primena digitalizacije i automatizacije u brodogradnji i lučkoj infrastrukturi (korišćenje novih materijala i

Adresa autora: Dragana Đergović, Visoka broderska škola akademskih studija, Beograd, Bulevar Vojvode Mišića 37

e-mail: drdjergovic@gmail.com

Rad primljen: 03.07.2025.

Rad prihvaćen: 04.08.2025.

konstrukcijskih modela, sistema i opreme), kao i u pružanju lučkih usluga, usluga brodskog prevoza i trgovini (zasnovanim na *on-line* platformama), doprinela je optimizaciji poslovnih procesa i stimulisala rast pomorskog tržišta.

Nova generacija tehnologija Industrije 4.0 [4] pruža nove potencijale za savladavanje narastajućih izazova i ostvarivanje koristi. Stoga je digitalna transformacija u XXI veku ključna za održivi razvoj pomorstva i od vitalnog je značaja za dalji razvoj privrede na globalnom nivou.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Osnovu istraživačkog pristupa ovog rada čini koršćenje podataka iz sekundarnih izvora (regulatornih dokumenata, empirijskih studija, studija istraživanja trendova, pregleda i izveštaja) koji su publikovani od strane nadležnih institucija i organizacija iz oblasti pomorske industrije i međunarodne trgovine. Metodologija istraživanja se zasniva na sopstvenoj interpretaciji podataka iz različitih izvora primenom kritičke analize, poređenja i sinteze podataka u definisanju nalaza, uz kvalitativno-deskriptivni pristup u prezentaciji rezultata i izvođenju zaključaka. Cilj ovog rada je sticanje celovitog uvida i pružanje jedinstvenog pogleda na tehnološku transformaciju pomorske industrije u budućnosti. Sledstveno, rad je strukturiran u šest poglavlja. Nakon uvodnog dela i metodologije istraživanja, treće poglavlje prikazuje globalne trendove i materijalizaciju tehnoloških inovacija u brodarstvu. Četvrto poglavlje se odnosi na potencijalne koristi, kao i brige koje prate primenu novih pomorskih tehnologija. U petom poglavlju su identifikovane mogućnosti i pretnje po zainteresovane strane u pomorskom biznisu kako bi se, blagovremenom pripremom, mogle ublažiti i/ili pravaziti u budućnosti. Zaključci u radu se fokusiraju na ključne oblasti, kao i nastajuća pitanja koja bi trebalo razrešiti u dugom roku.

3. GLOBALNI TRENDovi I BUDUĆE TEHNOLOGIJE

Prodor Industrije 4.0 i tražnja za informaciono-komunikacionim tehnologijama (IKT) u brojnim industrijskim granama je naglo porasla u poslednjih nekoliko decenija. Kako se razvoj tehnologije ubrzava i nastaviće da se ubrzava, rast globalnog tržišta digitalne transformacije je izrazito intenzivan. Sa veličinom od skoro 1,2 biliona američkih dolara u 2024. godini, predviđanja idu do 10,8 biliona američkih dolara 2034. godine [5].

Proizvođači proizvoda i usluga sve više ulažu u automatizaciju i digitalizaciju procesa, kako bi povećali kvalitet proizvoda/usluga i produktivnost rada. Šira integracija veštačke inteligencije u poslovne

processe, uz promovisanje angažovanja kupaca, doprinosi značajnom rastu efektivnosti, uz već prisutnu troškovnu efikasnost. Digitalna transformacija utiče na poboljšavanje svih aspekata poslovanja, stvarajući reputaciju brenda, poboljšavajući iskustvo korisnika i povećavajući njihovu lojalnost [4]. Rastuća primena bežične povezanosti, interneta i telekomunikacione infrastrukture širom sveta, stvara uslove za promenu načina funkcionisanja, od tradicionalnog na digitalno. Implementacija IKT može pomoći poslovnim subjektima i u odupiranju iznenadnim i neočekivanim događajima, poput slučaja izbijanja pandemije COVID-19 čije su implikacije bile široko rasprostranjene, ali su se pomorski lanci snabdevanja, u velikoj meri, prilagodili novonastalim uslovima primenom sveobuhvatnog mehanizma za reagovanje [6].

Pomorska industrija, svesna svoje uloge stuba rasta svetske ekonomije, razvoj zasniva na praćenju globalnih trendova i primeni onih tehnologija koje imaju potencijal da suštinski transformišu poslovanje. Sistematski pristupajući, pored kreiranja tehnološke mape puta i pratećih politika, u kontinuitetu se moraju predviđati i pratiti šanse i opasnosti koje tehnološka tranzicija nosi, kako bi se blagovremeno donele prave poslovne odluke za ublažavanje/rešenje nastajućih problema.

Kao vodeći trendovi koji potencijalno mogu transformisati poslovanje pomorskog sektora u budućnosti se mogu identifikovati sledeći [1]:

- Tehnološki - sve veća zabrinutost u pogledu sajber bezbednosti i digitalne transparentnosti (kao i potencijalnih rešenja), povećana upotreba digitalnih i automatizovanih brodova integrisanih sa širom globalnom flotom i lancima snabdevanja na kopnu, kao i sve veći značaj autonomnih brodova sa e-putnicima i e-operaterima;
- Ekonomski - povećanje elektronske trgovine i digitalne potrošnje (e-marketing, e-trgovina), rastuća uloga „plave“ ekonomije (zaštita priobalnih država i zemalja), kao i pojava novih poslovnih modela;
- Ekološki - rastuća uloga „zelene“ ekonomije (primena obnovljivih izvora energije i, gde je to moguće, usvajanje pristupa nultog otpada);
- Društveni – povećavanje ekonomskih razlika i nejednakosti, uz jaz u kompetentnosti kadrova;
- Politički - geopolitička nestabilnost (političke tenzije, makroekonomski šokovi, teroristički napadi, lokalni sukobi, pristup energetske i drugim resursima, globalne pandemije), kao i sve veća uloga regulatornih mehanizama u upravljanju tehnologijama.

Buduće pomorske tehnologije se, generalno, mogu sagledati kroz dve grupe pokretača [7]. Prva grupa su

tehnologije koje će transformisati dizajn i konstrukciju brodova u pravcu autonomnosti rada. Druga grupa se odnosi na tehnologije u logističkim aktivnostima sa potencijalom povećanja bezbednosnih, komercijalnih i operativnih performansi. Separatno, transformativne buduće tehnologije se mogu kategorisati u deset oblasti [1]:

1. Automatizacija – uključujući MASS¹ tehnologije projektovanja i izgradnje „pametnih“ brodova, veštačku inteligenciju, senzore za praćenje, obalske centre kontrole;
2. Komunikacione tehnologije – koje se odnose na komunikacione mreže i integrisane brodske sisteme, softversku arhitekturu i slično;
3. Tehnologije sajber bezbednosti – digitalne tehnologije zaštite mreža, računara, programa i podataka od napada, oštećenja i neovlašćenog pristupa, uključujući brodske, logističke, mašinske, komunikacione i druge sisteme (smernica IMO² od 2021. godine);
4. Digitalne i inteligentne informacione tehnologije (IIT) – uključujući internet brodova (IoS) koji se odnosi na mrežu međusobno povezanih pomorskih objekata (fizičkih i/ili infrastrukturnih koji pripadaju brodu, luci, plovnim putevima ili širem krugu pomorskog transporta), *big data* platforme (BDP), *big data* analitiku (BDA), cloud i blok-hain tehnologije, 3D i 4D štampu i virtuelnu stvarnost (VR);
5. Tehnologije sa nultom emisijom - tehnologije dekarbonizacije koje obuhvataju pogon i napajanje čistijim i alternativnim gorivima, električni i hibridni pogon, obnovljive izvore energije, kao i tehnologije za tretman izduvnih gasova (IMO direktiva o smanjivanju emisije za 40% do 2040. godine, 70% do 2050. godine, kao i ukupne emisije gasova staklene bašte za 50% do 2050. godine);
6. Napredni senzori – uključujući nove generacije mikro i nanomehaničkih senzora napravljenih od ekološki prihvatljivih materijala;
7. Robotika i dronovi – koji se primenjuju, ne samo u brodogradilištima i lukama, već i kao podrška uslugama pomorskog transporta;
8. Napredni materijali – koji obuhvataju kompozitne, bio-inspirisane i bio-bazirane, lake, višenamenske i održive materijale;
9. Tehnologije usmerene na interakciju čoveka i računara (HCI) – digitalne tehnologije koje koriste multidisciplinarni pristup, kombinujući računarске i kognitivne naučne oblasti, dizajn i vizuelizaciju, psihologiju i sociologiju;

10. Tehnologije usmerene na ljudsko poboljšanje – digitalne tehnologije koje imaju za cilj rast kognitivnih sposobnosti i performansi.

Praksa pokazuje da se pomorska industrija kreće ka digitalizaciji različitim brzinama, u različitim oblastima (brodogradnji, brodarstvu i lučkoj infrastrukturi i uslugama) i u različitim sektorima (komercijalnom brodarstvu, pomorskoj plovitbi i eksploataciji okeanskog prostora). Kako empirijske studije pokazuju [1], očekuje se da će prelazak na „pametno“ i automatizovano brodarstvo biti postepen, tako da će razvoj ka potpuno autonomnom brodarstvu biti evolutivan, pre nego revolucionaran. U kratkom ka srednjem roku (2022-2026), brodovi su u procesu prelaska sa konvencionalnih na digitalne, sa daljinskim upravljanjem što ih čini inteligentnim. U srednjem ka dugom roku (2027-2030), verovatno će postojati mogućnost značajnije promene u pravcu razvoja autonomnih sistema. Intelligentni brodovi, kao brodovi sa manjom posadom će postati automatizovani i delom autonomni (usled korišćenja senzora i robota kao zamene za operatore), ali će uloga pomorca ostati neminovna, sa ključnim zadacima u mašinskom delu (u obavljanju poslova održavanja i popravki). U dugoročnom periodu (2030-2040, do 2050) se očekuju potpuno automatizovani (autonomni) brodovi koji su, gotovo, bez posade. Nedostatak tehničkih kompetencija i tehnološke spremnosti pomorca za upravljanje ovim brodovima sa kopna će učiniti potrebu za sticanjem nedostajućih znanja i veština konstantom u dugom periodu vremena.

Uspešno usvajanje bilo koje nove tehnologije zahteva od korisnika promenu postojećeg ponašanja, uz izdvajanje i investiranje značajnih sredstva, ne samo u visoko-tehnološke sisteme [8], već i u ljudski kapital. U pomorstvu, kao visoko-regulisanoj delatnosti, preduslov čine i procesi podrške, uključujući usvajanje odgovarajućeg regulatornog okvira, globalne standardizacije tehnologija i politika za njihovu integraciju. Navedeno se odnosi na izmenu postojećih i razvoj novih propisa iz više oblasti (bezbednosnog ISC³ koda i konvencije STCW⁴ o obukama [9], MARIPOL⁵ o ekološkoj zaštiti, SOLAS⁶ o sigurnosti na moru) i drugih, kao i modela njihove primene u praksi (razvojem postojećih instrumenata, i/ili privremenih smernica do uspostavljanja obavezujućih zahteva). Time, obezbeđenje kvaliteta (prema pomorskim standardima), pos-

³ International Security Code

⁴ Standards of Training, Certification and Watch-keeping for Seafarers

⁵ International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

⁶ International Convention for the Safety of Life at Sea

¹ Maritime Autonomous Surface Ships

² International Maritime Organization

taje alat menadžmenta u prevazilaženju izazova i zadovoljenju zahteva sa kojima se broderske kompanije danas suočavaju [9]. Kako regulatorni razvoj, uglavnom, prati tehnološki razvoj (umesto da ga pokreće) i ima duge rokove pripreme, potrebno je blagovremeno oformiti međunarodne stručne odbore za unapređenje profesionalnih standarda, obezbediti zakonodavnu potporu od strane nadležnih nacionalnih tela i kreirati odgovarajuće politike podrške, uz sveobuhvatni sporazum svih zainteresovanih strana unutar šireg pomorskog klastera [7]. Pomorski akteri od kojih se očekuje učešće u ovom procesu su, kako regulatori, kreatori politika na vladinom i korporativnom nivou, donosioci odluka u broderskim kompanijama, lučke vlasti i administracija u obalskoj podršci, brodari i operateri luka, pomorci i pomorski edukatori, tako i istraživači, projektanti, brodograditelji, proizvođači opreme i dobavljači tehnologija, investitori, vlasnici tereta i brodova, kao i šira javnost.

4. POTENCIJALNE KORISTI I BRIGE

Pozitivni uticaji novih tehnologija na radne procese, radnu sredinu i šire okruženje su brojni, ali samo ako se koriste u skladu sa tehničkim, humanim i etičkim normama. Po svakoj od grupa budućih transformativnih tehnologija, potencijalne koristi po pomorsku industriju su sledeće:

1. Primena MASS tehnologija može da omogući još efikasnije poslovanje i da poboljša kvalitet procesa, uz promovisanje socijalnih aspekata rada i bezbednosti, kao i rešenja za nedostatak pomorskih kadrova i rodne ravnopravnosti;
2. Napredne komunikacione tehnologije (posebno u MASS-u) će, dodatno, poboljšati operativnu komunikaciju na relaciji brod-luke i, tako, povećati efikasnost, sigurnost i pouzdanost aktivnosti na brodu, u lukama i na otvorenom moru, olakšaće kontakt pomoraca sa porodicom i prijateljima i, tako, postati odgovor na izolovan život na moru i faktor privlačenja potencijalnih (mlađih) kadrova;
3. Tehnologije sajber bezbednosti će osigurati bolju zaštitu imovine i broderskog osoblja od sajber rizika (kritičnoj tački brodarstva danas);
4. Inteligentni informacioni sistemi bi mogli da poboljšaju procese prikupljanja i transfera podataka za potrebe planiranja i analitike ruta i, tako, donošenje zajedničkih odluka, da unaprede praćenje energetske održivosti i zaštitu životne sredine, kao i da ojačaju internu i eksternu povezanost ljudi i stvari bilo kada i bilo gde promišljajući tako kapacitet pomoraca da rade efikasnije i produktivnije, čineći ukupno poslovanje održivim;
5. Tehnologije dekarbonizacije će povećati kvalitet i bezbednost radnog i šireg okruženja;

6. Upotreba naprednih senzora, uz veštačku inteligenciju, bi doprinela razvoju interakcije među pomorskim osobljem i višoj svesti o situaciji na brodu, a time i boljem upravljanju;
7. Šira upotreba robotske tehnologije bi dodatno povećala produktivnost, operativnu efikasnost, bezbednost, sigurnost i pouzdanost aktivnosti na brodu u lukama i na moru;
8. Napredni materijali poboljšavaju funkcionalne karakteristike broda, unapređujući zaštitu životne sredine i bezbednost plovidbe;
9. Od tehnologija interakcije čovek-računar očekuje se bolje prepoznavanje zahteva i preferencija, te unapređenje kontrole i rukovođenja;
10. Od tehnologija ljudskog ponašanja se očekuje povećanje kapaciteta (fizičkih i kognitivnih) članova brodske posade (poboljšanjem pažnje i smanjivanjem umora i povreda), što bi rad učinilo produktivnijim.

Praćenje tehnoloških trendova će, u narednim godinama i decenijama, pomorstvu doneti bitne promene u upravljanju u svakoj od oblasti poslovanja. Projektovanje brodova zasnovano na iskustvu se već značajno pomerilo ka brodovima zasnovanim na simulaciji, sa naprednim operativnim performansama (dostupnosti i vidljivosti). Buduća konstrukciona rešenja brodova mogu biti efikasnija, više fokusirana na fleksibilnost napajanja, energetske održivosti i ekološku prihvatljivost, nadograđena robotima i poboljšana inovacijama proizvodnih tehnika i procesa u pravcu bezbednosti. MASS tehnologija će transformisati konvencionalne brodske sisteme u potpuno autonomni (automatizovani i digitalni) sistem u svim tehnološkim dimenzijama, uključujući navigaciju, daljinsko upravljanje brodovima, održavanje inženjerskih sistema, rukovanje i skladištenje tereta i operativnu kontrolu [1]. Industrija 4.0 će, pored oblasti brodogradnje, promeniti i ubrzati logistiku, posebno kod vremenski kritičnih i visoko međusobno povezanih lanaca snabdevanja. U oblasti pomorskog prevoza, IKT omogućavaju, ne samo obavljanje tradicionalnih operativnih aktivnosti na bolji način (brže i jeftinije) već, što je još važnije, otvoriće vrata za razmatranje potpuno novih opcija rada „pametnih” brodova, sa bežičnim brodskim vezama i međusobno povezanih globalnom mrežom satelita [7]. Digitalna transformacija brodova će podržati i digitalnu transformaciju logističke infrastrukture na kopnu, odnosno lučkih objekata koji su potpuno integrisani sa brodovima putem inovativnih komunikacionih tehnologija. Primena savremenih sredstava za modeliranje i simulaciju na svim nivoima i posledično kontinuirani razvoj i optimizacija procesa dolaska i odlaska brodova, učiniće luke visoko automatizovanim i „pametnim” [10]. Širok

prostor za primenu novih tehnologija postoji i u oblasti organizacionih informacionih sistema (IOS) brogarskih kompanija čiji je udeo danas svega 25% (znatno manji od kompanija iz oblasti unutrašnjeg transporta gde je oko 70%) [11].

Usled specifičnih karakteristika svake od transformativnih tehnologija, neke od njih će se primeniti samo na jedan pomorski sektor, dok će se druge primenjivati u dva, ili na sva tri. Istraživanja trendova pokazuju [10] da će digitalna (r)evolucija i tehnologije autonomnih brodova, sa pratećom logističkom obalskom infrastrukturom, doprineti razvoju novih operativnih pristupa u sektoru komercijalnog brodarstva i nautike. Očekuje se promena u pristupu planiranja ruta, dolaska i odlaska brodova iz luka, utovara i istovara tereta, uz skraćivanje vremena zastoja, niže troškove održavanja i pojednostavljenje birokratskih procesa i procedura. Boljom zaštitom ljudi, životne sredine i brigom o ljudima, buduće pomorske tehnologije će pomoći suočavanju sa izazovima koje su posledica klimatskih promena, rasta populacije i iscrpljivanja resursa i, tako, doprineti daljem razvoju čovečanstva.

Pored prednosti od potencijalne primene tehnoloških inovacija, očekivane su i brige pomorskih aktera koje se odnose na [1]:

- sigurnost brodova u plovidbi;
- bezbednosne rizike za učesnike;
- ekonomske implikacije (troškove);
- primenljivost novih tehnoloških, komercijalnih i poslovnih rešenja u praksi;
- pravne i regulatorne barijere;
- pitanja vezana za životnu sredinu;
- praznine u pogledu kompetencija i veština za upravljanje novim tehnologijama;
- gubitak posla i zapošljavanje na brodu i kopnu;
- percepciju javnosti.

Glavna briga od integracije budućih tehnologija u poslovne procese u pomorstvu se odnosi na perspektivu zaposlenosti pomoraca. Realno je očekivati da će se struktura osoblja brogarskih kompanija postepeno pomerati ka visokokvalifikovanim kadrovima, koji su dovoljno fleksibilni i spremni za brzo prilagođavanje novom okruženju. U tom kontekstu, karijera pomorskog osoblja i uspešnost misije novih tehnologija će zavisiti od širine znanja i sposobnosti za njihovu primenu, inovacije i improvizaciju kada je to potrebno. Obučenosť za rad u partnerstvu sa robotskim sistemima i kompetentnost za odgovor na pretnje koje proizilaze iz sajber napada i drugih digitalnih upada će postati neophodna.

Dinamički posmatrano, primena daljinski kontrolisanih, nadgledanih, kolaborativnih do potpuno auto-

nomnih sistema [7] će postepeno smanjivati broj pozicija za nižekvalifikovane radnike na brodu, a neke i na kopnu. Tehnološki trendovi će, za izvestan broj zaposlenih, uzrokovati gubitak radnog mesta, posebno na duži rok kada se (odnosno, ako se) tehnologije automatizacije u potpunosti integrišu u poslovne procese. Nedostatak naprednih kompetencija će pogoditi pomorce u različitom stepenu, u zavisnosti od profesije, čina i radnog mesta. Ipak, a kako istraživačke studije trendova pokazuju [1], iako je rizik od automatizacije zadataka visok za određene profesionalne grupe, malo je verovatno da će tehnološki razvoj dovesti do ukupnog gubitka radnih mesta. Na to upućuje činjenica da, kako tehnološka transformacija zahteva vreme za prevazilaženje izvesnih prepreka, tako se otvara i prostor za članove posade da se prekvalifikuju i/ili dokvalifikuju za tehnološki napredne poslove i za „novo“ zapošljavanje na postojećim pozicijama. Upravljačke aktivnosti u ovoj oblasti su usmerene na personalno-tehničko usklađivanje, adekvatnim dizajniranjem posla i procesima kontinualne edukacije zaposlenih za korišćenje opreme koja se, tehničko-tehnološkim progresom, permanentno unapređuje i menja [12]. Sticanjem novih i unapređenjem tekućih znanja i veština će se, takođe, stvoriti uslovi za nove poslovne mogućnosti i novo zapošljavanje na novo-kreiranim (slobodnim) radnim mestima.

U tom cilju, zadatak pomorske industrije u budućnosti je da obezbedi blisku saradnju između relevantnih aktera - brogarskih kompanija i lučke administracije, pružalaca usluga obrazovanja i obuke i vlada država, kako bi se povećali kapaciteti za profesionalni razvoj pomorskih stručnjaka. Na taj način bi se efikasno ublažili negativni efekti transformacionih tehnologija na opstanak i razvoj karijere pomoraca na brodu i na kopnu, u kratkom, srednjem i dugom roku, a pomorstvo pripremilo i razvijalo kroz evolutivne promene koje donosi digitalizacija i automatizacija poslovanja.

5. MOGUĆNOSTI I PRETNJE

Tehnologija je „mač sa dve oštrice“ i ima moć da donese velike koristi, ali može, takođe, da generiše direktne i indirektne opasnosti po industrije, države i ekonomije [7]. Diskusije o novim mogućnostima (pozitivan uticaj) i pretnjama (negativan uticaj) koje dolaze sa tehnološkim promenama su, stoga, od vitalnog značaja za budućnost svake, tako i pomorske industrije. Potencijalni uticaji koji su posledica materijalizacije globalnih trendova i implementacije novih tehnologija se međusobno razlikuju, kako u verovatnoći pojavljivanja (visoka, srednja i niska), tako i u vremenskom horizontu manifestovanja i identifikovanja (kratki, srednji i dugi rok). U tom smislu, stalnim unapređivanjem znanja o kratkoročnom, srednjoroč-

nom i dugoročnom razvoju primenljivih tehnologija, pomorske zainteresovane strane se mogu blagovremeno pripremiti za rešavanje nastajućih pitanja. Jačanjem vlastitih kapaciteta, stvaraju uslove da na vreme identifikuju pretnje i mogućnosti, usklade razvoj svojih politika i donesu prave investicione i druge poslovne odluke u odgovarajuće vreme [7].

Neke od mogućnosti (šansi) koje se otvaraju uvođenjem transformativnih tehnologija u poslovanje subjekata pomorske industrije su [1]:

- podizanje nivoa tehničko-tehnološke opremljenosti kompanija i društava u celini;
- sticanje novih znanja i veština kadrova za visokotehnološko brodarstvo;
- poboljšane mogućnosti zapošljavanja koje su zasnovane na novim kompetencijama;
- pojava novih profila poslova u pomorstvu;
- povećanje produktivnosti rada osoblja;
- poboljšanje učinka pomoraca prekvalifikacijom i dokvalifikacijom (usavršavanjem);
- optimizacija lanaca snabdevanja i pojednostavljivanje transportnih operacija;
- porast efikasnosti poslovnih operacija i smanjivanje operativnih troškova;
- povećanje bezbednosti i sigurnosti plovidbe smanjenjem ljudskih grešaka;
- nove poslovne mogućnosti za vlasnike i operatore brodova;
- dobit za institucije koje pružaju usluge pomorskog obrazovanja i obuke;
- širenje tržišta za proizvođače tehnologija;
- prednosti za širu društvenu zajednicu.

Potencijalne pretnje (opasnosti) od budućih tehnologija za pomorske zainteresovane strane su:

- teškoće u praćenju i držanju „koraka“ sa tehnološkim progresom;
- nedostatak tehničkih kapaciteta za prihvatanje budućih tehnologija;
- nedostajuće veštine pomorskih kadrova za korišćenje i upravljanje novim tehnologijama;
- neobjedinjena finansijska sredstva za kapitalno intenzivni prelazak na nove tehnologije;
- visoki troškovi prekvalifikacije i stručnog usavršavanja pomoraca;
- ograničeni kapaciteti za obrazovanje i napredne obuke za visokotehnološko brodarstvo;
- potencijalna opasnost od gubitka posla;
- izazovi novog zapošljavanja za, uglavnom, niže-kvalifikovano pomorsko osoblje;
- povećana neizvesnost i potrebna prilagođavanja usled preraspodele članova posade na poslove van broda;

- rizici po sajber bezbednost i sajber napadi, kako na brodovima, tako i na obali;
- bezbednosni problemi upotrebe novih goriva;
- tehničke greške u korišćenju softvera i moguće povećanje softverskih kvarova;
- visoki troškovi konfiguracije, održavanja i popravki MASS tehnologija;
- povećana neizvesnost u pogledu visine investicija i povrata uložених sredstava usled intenzivnog tehnološkog napretka;
- narastajuća imovina van upotrebe (konvencionalnih brodova i opreme) usled zamene tehnološki naprednijim brodovima;
- sukob interesa između potrebe rastućeg napajanja u visokotehnološkom brodarstvu i politike povećanja energetske efikasnosti;
- jaz između tehnološkog i regulatornog razvoja;
- nedostatak obavezujućih odredbi u postojećim pomorskim propisima i neophodnost razvoja novih standarda (konvencija i kodeksa);
- troškovi primene tržišnih mera u tehnološki promenljivom okruženju, od visoko razvijenih ekonomija do najmanje razvijenih zemalja [1].

Da bi se iskoristile mogućnosti primene budućih tehnologija, a umanjile ili izbegle pretnje i ostvarile potencijalne koristi, različiti pomorski akteri moraju, u kontinuitetu, da razvijaju adekvatne politike za upravljanje širokim spektrom komponenti koje u sinergiji imaju potencijal da transformišu konvencionalno brodarstvo u digitalno. Navedeno uključuje politike upravljanja rastuće složenim sistemima, mrežama podataka, senzorskim tehnologijama, integracijom sistema, inteligentnim alatima za prikupljanje i analitiku sve veće količine podataka, procesima za obezbeđivanje integriteta softvera i bezbednost podataka i slično. Ključni izazov pomorske industrije, neadekvatna kvalifikaciona struktura i razvoj kadrova za novo tehnološko okruženje, je pitanje na koje se mora naći odgovor adekvatnom politikom ulaganja u sistem obrazovanja i obuke pomorskih stručnjaka. Okvir za donošenje pravih investicionih i drugih poslovnih odluka je u novom stanju svesti i koordiniranom naporu svih zainteresovanih strana, koje će se kretati unutar unapređenih profesionalnih standarda kojima se definišu zahtevi kompetentnosti.

6. ZAKLJUČAK

Pomorska industrija u celini, uključujući pomorsku flotu, njenu infrastrukturu i operativne sisteme, će u narednim decenijama neizbežno proći kroz značajnu transformaciju. Intenzitet tehnoloških inovacija je veliki, raznolikost tehnologija široka, a uvođenje novih tehnoloških rešenja brzo, što proces čini izazovnim.

Procenjuje se da bi prelazak na „pametno“ i autonomno brodarstvo bio postepen, tako da se razvoj može smatrati više evolutivnim, nego revolucionarnim, ostavljajući vreme i prostor za prilagođavanje.

Budući pomorski svet će biti automatizovan i digitalan, što će doprineti bližoj integraciji ljudi, softvera i hardvera na način koji bi mogao suštinski da promeni način poslovanja. Nova pomorska tehnologija će objedinjavati razvoj iz više naučnih disciplina, na način koji bi mogao značajno da poveća kvalitet plovila, plovidbe i lučkih operacija, potpuno povezujući poslovanje na brodu i na kopnu. Generacija tehnologija Industrije 4.0 će fokusirati pomorsku industriju na poboljšanje agilnosti, pouzdanosti i fleksibilnosti. Tehnološki progres će pružiti mogućnost za poboljšanje bezbednosti plovidbe, društvenog položaja pomoraca i sigurnosti njihovog radnog okruženja. Kao odgovor na propise o zaštiti životne sredine, „zeleno“ brodarstvo će se sve više okretati čistijim gorivima, ulaganjima u brodove koji su energetske efikasniji i održivim poslovnim praksama.

Sistematskom analizom dostupne regulative, empirijskih studija, pregleda i izveštaja, u radu je dat jedinstven prikaz trenutnog stanja i trendova, potencijala razvoja pomorstva i dobrobiti od novog tehnološkog okruženja. Raspoloživost sekundarnih izvora podataka, ujedno, čini i ograničenje predstavljenih nalaza. Dva ključna nalaza rada su:

- Uspešna tehnološka transformacija pomorstva zahteva koordinirane aktivnosti i zajednički napor svih zainteresovanih strana u projektovanje i očuvanje budućnosti, koja će biti podjednako prosperitetna za sve;
- Ključno ograničenje i izazov, neadekvatna kvalifikaciona struktura pomorskih kadrova za novo tehnološko okruženje, se može prevazići procesom celoživotnog učenja, da bi se pomorsko poslovanje učinilo dugoročno održivim u tehnološkom, ekonomskom, ekološkom i socijalnom smislu.

Otvorena pitanja integracije budućih tehnologija u okvire pomorske industrije, koja su u radu identifikovana kao zahtevi za daljim razmatranjima u traženju odgovora i rešenja, su:

- Održivo finansiranje kapitalnih ulaganja u moderne tehnologije i izgradnju obrazovnih kapaciteta za visoko tehnološko pomorstvo od strane svih zainteresovanih strana;
- Jedinstvena podrška razvoju pomorskih stručnjaka od strane brodarskih kompanija, u partnerstvu sa vladama država, institucijama za pomorsku obuku i dobavljačima tehnologija;
- Razvoj regulatornog okvira na međunarodnom i nacionalnom nivou koji prati tehnološki razvoj;

- Regulisanje oblasti sajber bezbednosti „od nule“;
- Preispitivanje poslovnih modela u okruženju „pamentnih“ brodova sa integrisanim operacijama na brodu i kopnu;
- Organizacija brodarskih kompanija u uslovima kada će srednji nivo menadžmenta, porastom uloge pomorskih stručnjaka, postepeno gubiti na značaju, što bi rezultiralo upravljačkom strukturom tipa „peščanog sata“;
- Izgradnja otvorene kulture povezivanja tehnologije, organizacije i ljudi.

LITERATURA

- [1] World Maritime Institute (WMI). Transport 2040_ Impact of technology to seafarers [Internet]. 2023 [citirano 10.05.2025]. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.21677/230613>
- [2] Reportlinker. Global Maritime Report. [Internet]. 2020 [citirano 10.05.2025]. Dostupno na: Maritime Transport Industry 2025-2029
- [3] UNCTAD. Review of Maritime Transport 2023 [Internet]. 2024 [citirano 10.05.2025]. Dostupno na: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023_en.pdf
- [4] Sanchez-Gonzalez PL, Gutiérrez DD, Leo TJ, Núñez-Rivas LR. *Toward Digitalization of Maritime Transport?*, Sensors, 19, 926, 2019.
- [5] Precedence Research. Digital Transformation Market [Internet]. 2023 [citirano 15.06.2025]. Dostupno na: <https://www.precedenceresearch.com/digital-transformation-market>
- [6] Đergović D, Kukobat L. Managing Pandemic Crises in Shipping: Experiences and Lessons, *Tehnika*, Vol. 74, br. 6, pp. 739-746, Savez inženjera i tehničara Srbije, 2024.
- [7] Lloyd's Register. Global Marine Technology Trends 2030 [Internet]. 2015 [citirano 10.05.2025]. Dostupno na: <https://www.lr.org/en/knowledge/research-reports/2015/global-marine-technology-trends-2030/>
- [8] Elbert R, Pontow H, Benlian A. *The role of inter-organizational information systems in maritime transport chains*, Electron, Mark, 2017.
- [9] Đergović D, Kukobat L. Menadžment kvaliteta u brodarskim kompanijama, *Tehnika*, Vol. 72, br. 3, str. 448-455, Savez inženjera i tehničara Srbije, 2017.
- [10] Bertram V. *Technology trends for ships and shipping of tomorrow*, Marit Technol Res, 2020.
- [11] Manno GA. Pathway towards more sustainable shipping in 2050: A possible future for automation and remote operations, In Proc: *Maritime-Port Technology and Development - Proceedings of the*

International Conference on Maritime and Port Technology and Development, MTEC, CRC Press/Balkema, pp. 43-55, 2014.

[12]Đergović D, Kukobat L. Multinacionalna brodska posada i zaposleni u brodarstvu: interaktivno upravljanje, *Tehnika*, Vol. 73, br. 2, str. 276-283, Savez inženjera i tehničara Srbije, 2018.

SUMMARY

SHIPPING IN THE ENVIRONMENT OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES

The paper analyzes various aspects of the impact of technological progress on maritime business in the future, with the aim of providing a unique view of this process. The research methodology is based on critical analysis of data content, synthesis of findings and qualitative-descriptive approach in presenting results and drawing conclusions. The paper offers a comprehensive overview of transformative future technologies and the influence of their potential implementation in three maritime sectors (commercial shipping, nautical traffic, and the exploitation of ocean space) and three business areas (ship design and construction, maritime transport services, and supporting port infrastructure and services). An attempt was made to synthesize the potential benefits and concerns of integrating new technologies into maritime operations. The challenges of the introduction of automation and digitization are analyzed in particular, including opportunities and threats for maritime stakeholders, with a focus on the perspective of seafarers as key actors. The technological transformation of the maritime business is presented as an evolutionary process, through the short, medium and long term. Areas of special attention for a successful transition to fully autonomous shipping are presented in the conclusions. Additional questions that emerged during the research and which require further consideration in searching solutions are raised at the end of this paper.

Key Words: maritime, technology, transformation, opportunities, threats, benefits