Uticaj autonomnih plovila na troškovnu efikasnost u vodnom saobraćaju

RUŽICA N. ERCEG, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

DANIJELA B. PJEVČEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

VLADISLAV S. MARAŠ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ALEKSANDAR N. RADONJIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Pregledni rad

UDC: 656.6

629.5

DOI: 10.5937/tehnika2101073E

Rad se zasniva na analizi prednosti i ušteda u primeni autonomnih brodova u odnosu na konvencionalne brodove. Uvođenjem novih tehnologija i poboljšanjem komunikacije očekuje se smanjenje broja plovidbenih nezgoda, odnosno povećanje sigurnosti plovidbe. Pored analize troškova putovanja autonomnog i konvencionalnog broda, razmatrane su i emisije štetnih gasova.

Ključne reči: autonomni brod, troškovi, sigurnost plovidbe, emisija štetnih gasova

1. UVOD

Vodni saobraćaj postaje sve popularniji vid prevoza zbog manjih troškova transporta kao i mogućnosti prevoza većih količina tereta. Autonomna tehnologija postigla je veliki napredak u autoindustriji i železnici. Autonomni¹ brodovi su postali predmet širokog interesovanja. Do ideje autonomnog broda došlo se postepeno kroz inovacije na poboljšanju efikasnosti brodova i primeni smart aplikacija. Koncept autonomnog broda je još uvek u idejnoj fazi, dakle u razvoju. U radu je prikazan aspekt tehničke i komercijalne izvodljivosti ideja autonomnog broda. Cilj razvoja autonomnog broda je postizanje održivosti u ekonomskom, ekološkom i socijalnom pogledu. Razvoj autonomnih brodova pruža mnogobrojne prednosti i uštede. Procene ušteda se vrše poznatim metodama, a polazni podaci se koriste od postojećih brodova zbog nedostatka detaljnih projekata autonomnih brodova.

2. AUTONOMNI BROD

Autonomni brod predstavlja plovilo budućnosti. Mnoge kompanije istražuju i ulažu u razvoj autonom-

nih brodova za čije upravljanje nije potreban čovek. Autonomni brod poseduje određeni nivo automatizacije, čime obavljanje operacija postaje kompjuterizovano, bez potrebe prisustva posade. Neke kompanije su već razvile prototip autonomnog broda. Norveška kompanija „Yara Birkeland“ predstavila je prvi u svetu potpuno električni kontejnerski brod bez emisije štetnih gasova. Kompanija „DNV GL“ razvila je prototip autonomnog broda pod nazivom „ReVolt“ namenjen za kratku obalnu plovību. Operativna ruta kojim bi plovio autonomni brod „ReVolt“ je ograničena na južni norveški region od Osla do Trondhajma. Pretpostavka je da će autonomni brodovi u početku ploviti na kratkim relacijama.

Dizajn autonomnih brodova u potpunosti bi se razlikovao od današnjih brodova. Autonomni brod bi imao manje dimenzije i manje brzine plovidbe. Pogon autonomnih brodova bio bi baziran na ugrađenim sistemima koji koriste kvalitetnije vrste goriva i električne baterije za pogon. Za veći deo putovanja, uglavnom na otvorenom moru, kao pogon bi se koristilo dizel gorivo, dok bi se plovība u priobalnim oblastima obavljala u električnom režimu rada sa električnim baterijama. Prostor koji bi trebalo da bude namenjen za posadu kod autonomnih brodova može se iskoristiti za utovar tereta, čime bi se povećala nosivost plovila. S obzirom da autonomni brod neće imati posadu, zahtevaće prisustvo jednog ili više kontrolnih centara plovidbe na obali, koje današnji brodovi ne zahtevaju. Kontrolni centri bi vršili nadgledanje i kontrolu plovidbe.

Adresa autora Ružica Erceg, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet Beograd, Vojvode Stepe 305

e-mail: ruzicaerceg.23@gmail.com

Rad primljen: 12.01.2021.

Rad prihvaćen: 23.01.2021.

¹autonoman (grčki) - samostalan, slobodan, koji se upravlja i živi po sopstvenim zakonima

Prvenstveno bi pratili operativni sistem plovila i pružanje mogućnosti direktnog daljinskog upravljanja preko komandnog mosta u određenim situacijama.

3. PRINCIPI KOMUNIKACIJE I SIGURNOST PLOVIDBE

Kod autonomnih brodova je veoma važna komunikacija sa kontrolnim centrima na obali, njihova međusobna komunikacija, kao i komunikacija sa brodovima koji nisu autonomni. Digitalna razmena informacija postaje sve važnija za siguran i efikasan pomorski transport.

Povezanost autonomnog broda sa kontrolnim centrima na obali zavisiće od digitalne komunikacije (videti sliku 1). Pored postojeće komunikacije koja je prisutna na sadašnjim brodovima, biće uvedene nove tehnologije kojima će se omogućiti nesmetano komuniciranje brodova sa kontrolnim centrima.

Slika 1 - Komunikacija autonomnih brodova sa kontrolnim centrom

Autonomni brodovi biće opremljeni HD (engl. High-definition Video) video kamerama čiji zapis će se prenositi sa broda u kontrolne centre. Svi navigacijski sistemi objedinjuju se u jednu aplikaciju – pomorski oblak (engl. Maritime Cloud). Sistem pomorskog oblaka biće podeljen na područja tako da brodovi mogu da dobijaju informacije samo za njihovo područje [5]. Svi brodovi će imati mogućnost da šalju i izvlače informacije iz pomorskog oblaka. Takođe, pristup informacijama imaće i kontrolni centri. Glavni vid komunikacije između autonomnog broda na otvorenom moru i kontrolnih centara biće putem satelitskih veza.

Predviđa se neophodnost pilotiranja kada se brod približava području luke. Pilotiranje se može organizovati na više načina. Jedan od načina je da pilot ima mogućnost preuzimanja kontrole i upravljanja brodom ili operater kontrolnog centra poseduje lincencu pilota za određena područja rada. Pri prilasku autonomnog broda u luku predviđeno je da posada koja je smeštena u kontrolnom centru preuzme kontrolu i upravljanje nad brodom ili da se uplovljavanje u luku obavi daljinskim upravljanjem iz kontrolnog centra. Razmatra se nekoliko načina da se posada brzo prebaci

na autonomni brod. Jedna od opcija je upotreba helikoptera ili manjeg transportnog čamca [4]. Postoji mogućnost da se iz manjeg pilotskog čamca daljinskim putem brod navodi do luke. Privezni sistem u luci može biti automatski ili poluautomatski. U slučaju automatskog priveza operacija privezivanja broda bi se vršila daljinskim upravljanjem ili bi autonomni brod samostalno izvršio privezivanje (videti sliku 2).

Slika 2 - Prilaz luci autonomnog broda

Za poluautomatsko privezivanje bila bi neophodna posada jer bi se na taj način osiguralo sigurno pristajanje broda – princip na bazi užeta [7].

Najveći udeo u plovidbenim nezgodama ima ljudski faktor. Neke studije su pokazale da udeo ljudskog faktora u svim plovidbenim nezgodama čini od 64% do 92% [3]. Prelaskom na autonomne brodove, uvođenjem autonomne navigacije, očekuje se da će se broj plovidbenih nezgoda na moru znatno smanjiti. Autonomni sistem će se oslanjati na analizu podataka i veštačku inteligenciju. Upotrebljavaće se standardni radar LWIR (engl. Long Wave Infrared) za otkrivanje objekata na većim udaljenostima, IR (engl. Infrared) kamere za otkrivanje na srednjim udaljenostima i LIDAR (engl. Light Detection and Ranging) za otkrivanje na manjim udaljenostima. Pored radara i kamera, autonomni sistem će prikupljati podatke iz globalnog navigacijskog satelitskog sistema (engl. Global Navigation Satellite Systems ili skr. GNSS), elektronskih karata i automatskog informacionog sistema (engl. Automatic Identification System ili skr. AIS). Primenom odredaba za sprečavanje sudara brodova na moru (engl. International Regulations for Preventing Collisions at Sea ili skr. COLREG) povećaće se sigurnost plovidbe autonomnih plovila. Osim sigurnosti plovidbe u budućnosti se mora posebno obratiti pažnja na bezbednost plovidbe autonomnih brodova zbog mogućih napada ljudi na podatke koji su deo automatskog sistema. Automatski sistem je sistem koji izvršava operacije bez učešća posade uz moguću nadzor, što znači da sistem dobija zadatke od posade i automatski ih izvršava. Automatski sistemi, brodski sistemi za navigaciju i pogon, sistemi kontrole i praćenja tereta, kao i drugi procesi automatskog sistema mogu biti meta hakerskih napada. Da bi se sprečili napadi na podatke

o plovidbi autonomnih brodova potrebno je da se primene odgovarajuće mere u sprečavanju napada, kao što su zaštita podataka od neovlašćene upotrebe, šifrovanje, identifikacija korisnika, evidentiranje aktivnosti itd. Takođe, razmatra se pitanje rizika od piratstva kod autonomnih brodova. Novi dizajn i izgradnja brodova treba da onemoguće pirate da preuzmu brod.

4. ANALIZA TROŠKOVA AUTONOMNIH BRODOVA

Razvojem autonomnih plovila postigle bi se značajne ekonomske koristi u pogledu nižih troškova. Primenom autonomnih brodova nastaje promene u operativnim, kapitalnim i troškovima putovanja (videti sliku 3). Znak (+) označava povećanje u troškovima, dok znak (-) označava smanjenje.

Operativni troškovi	Kapitalni troškovi	Troškovi putovanja
<ul style="list-style-type: none"> • Plate posade i troškovi vezani za posadu (-) • Troškovi kontrolnog centra (+) • Osoblje za održavanje u luci (+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Troškovi izgradnje trupa broda (-) • Nadgradnja i prostor za smeštaj posade (-) • Tehnički sistem (-) • Autonomna tehnologija (+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Troškovi goriva (-) • Otpor vazduha (-) • Težina broda (-) • Lučki troškovi (+)

Slika 3 - Promene u troškovima

4.1. Operativni troškovi

Operativni troškovi obuhvataju stalne, tekuće troškove i povezani su sa svakodnevnim poslovanjem broda.

4.1.1. Plate posade i troškovi vezani za posadu

Sigurne uštede će se ostvariti u troškovima posade koji se odnose na plate i troškovima vezanim za posadu, usled nepostojanja posade, a time će se smanjiti operativni troškovi.

4.1.2. Troškovi kontrolnog centra

Troškovi kontrolnog centra povećaću operativne troškove, uključujući troškove vezane za posadu koja će sa broda biti prebačena na kopno, zatim, troškovi izgradnje kontrolnog centra, opremanja i održavanja. Prema MUNIN (engl. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) konceptu predviđeno je da jedan operater na obali može da nadgleda 90 plovila istovremeno [4].

Procenjeni troškovi iznose 116.000 \$ po jednom brodu. Pretpostavlja se da će troškovi investicije biti veći za 2,1 miliona. dolara [2]. Dodatni troškovi koji bi uticali na povećanje operativnih troškova vezani su za troškove osoblja u luci koje bi obavljalo održavanje plovila i popravke. Ovi troškovi se procenjuju na 135.000 \$ po brodu godišnje [2].

4.2. Kapitalni troškovi

Kapitalni troškovi obuhvataju sve troškove vezane za nabavku broda, uključuju troškove izgradnje i montaže. Posebno treba naglasiti da je stvarnu cenu autonomnog broda teško odrediti. Pretpostavlja se da će autonomni brod biti jeftiniji za izgradnju od sadašnjih brodova, kao što kompanija „Roll Royce“ tvrdi da će autonomni brod biti jeftiniji za 3 miliona dolara [2].

4.2.1. Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje zasnivaju se na iskustvenim podacima, tako da je primenjena odgovarajuća metoda kojom je određena cena izgradnje autonomnog broda na osnovu procena (videti tabelu 1). Procenjeni troškovi izgradnje iznose 8.370.619,2 \$.

Tabela 1. Troškovi izgradnje autonomnog broda

	(\$)
Troškovi izgradnje trupa broda	4.601.800
Troškovi glavne mašine	2.963.872
Troškovi za pomoćne mašine	253.922,2
Troškovi opreme za posadu	0
Troškovi autonomnog sistema	551.025
Troškovi izgradnje broda	8.370.619,2

Oprema vezana za posadu neće biti neophodna zbog nepostojanja posade na brodu. Autonomni sistem ulazi u strukturu troškova i pretpostavlja se da čini 6% ukupnih troškova izgradnje.

4.2.2. Nadgradnja i prostor za smeštaj posade

Nepostojanjem nadgradnje na autonomnim brodovima materijalni i proizvodni troškovi biće manji nego kod sadašnjih brodova, dok će se kapitalni troškovi smanjiti za nekoliko procenata. Kod autonomnih brodova smeštaj za posadu neće biti neophodan ili ako je potrebno to će biti manje prostorije za privremenu posadu koje će se koristiti u kratkom vremenskom periodu. Izgradnja prostora za smeštaj posade smanjiće ukupne troškove za oko 5% [2].

4.2.3. Tehnički sistem i autonomna tehnologija

Za operacije koje će izvršavati samostalno potrebno je da autonomni brod bude opremljen savremenom autonomnom tehnologijom kao što je autonomni navigacioni sistem, zatim, naprednim senzorima, itd. Pored autonomne tehnologije brod će biti opremljen rezervnim sistemima.

Rezervni sistemi imaju mogućnost da u slučaju otkaza jednog sistema uključe u rad drugi rezervni sistem koji će moći da ga zameni. Nove tehnologije povećaću kapitalne troškove.

4.3. Troškovi putovanja

Smanjenje troškova putovanja obuhvata smanjenje troškova goriva usled smanjenja otpora vazduha i sopstvene mase broda.

4.3.1. Troškovi goriva

Troškovi goriva će biti manji kod autonomnih brodova. Današnji brodovi koriste teška lož ulja (engl. Heavy Fuel Oil ili skr. HFO) kao glavno gorivo. Ovakva vrsta goriva se smatra nepraktičnom za autonomne brodove, te su zbog toga autonomni brodovi ograničeni na upotrebu kvalitetnijih goriva kao što je brodsko dizel gorivo (engl. Marine Diesel Oil ili skr. MDO).

Veći deo plovidbe (na otvorenom moru) koristiće ovu vrstu goriva, dok u određenim situacijama npr. pri prilasku luci ili pri manevrisanju, koristiće sisteme koji koriste pogon na baterije.

Kombinovanom upotrebom dizel goriva i električnih baterija za pogon smanjiće se veličina potrošnje goriva koja postoji na sadašnjim brodovima.

4.3.2. Otpor vazduha

Autonomni brodovi bez posade biće bez prostorija za smeštaj posade i bez nadgradnje. Nepostojanjem nadgradnje smanjiće se površina izložena vetru i otpor vazduha će biti manji nego kod današnjih brodova.

4.3.3. Sopstvena masa

Nepostojanjem nadgradnje masa autonomnog broda će biti manja u odnosu na postojeće brodove. Procenjuje se da će autonomni kontejnerski brod biti lakši za 485 t u odnosu na konvencionalni kontejnerski brod [2].

4.3.4. Lučki troškovi

Infrastruktura luke biće izmenjena primenom autonomnih brodova. Nove tehnologije automatskog veza brodova, zatim automatske pretovarne operacije (utovar i istovar), kao i potreba da se omogući punjenje baterija, smanjiće vreme zadržavanja broda u luci, ali će povećati lučke troškove. Predviđa se da će lučki troškovi kod autonomnih brodova biti veći za 20% [4].

4.4. Proračun troškova konvencionalnog i autonomnog kontejnerskog broda

Prelaskom sa konvencionalnih na autonomne brodove ostvarile bi se značajne troškovne uštede. U cilju dokazivanja postavljene hipoteze izvršena je detaljna procena troškova putovanja dva slična kontejnerska broda. Odabrano plovilo korišćeno kao referentni brod je kontejnerski „Feeder“ brod nosivosti 800 TEU. Pretpostavljeno je da autonomni kontejnerski brod ima iste dimenzije i nosivost kao „Feeder“ brod.

Posmatrana je linija plovidbe od norveške luke Alesund do holandske luke Rotterdam (videti sliku 4.) i za tu liniju su proračunati troškovi na godišnjem nivou [6]. Pomenuta linija plovidbe smatra se

pogodnom za autonomna plovila koja će u početku ploviti na kraćim relacijama u regionu Norveškog i Severnog mora.

Slika 4 - Linija plovidbe od luke Alesund do luke Rotterdam

Za datu liniju plovidbe, plovidba je moguća za period od 200 dana, te su u skladu sa tim i troškovi izračunati za dati navigacioni period.

Jako je važno odrediti vreme jednog putovanja. Vreme putovanja (obrta) obuhvata vreme plovidbe i vreme zadržavanja broda u luci. Vreme plovidbe predstavlja vreme koje je potrebno brodu da pređe rastojanje od luke do luke pri određenoj brzini. U ovoj analizi, vreme plovidbe je isto za konvencionalni i autonomni kontejnerski brod, za prosečnu brzinu od 17 čvorova.

Vreme zadržavanja u luci obuhvata sve operacije vezane za utovar i istovar tereta. Vreme u lukama je za sada pretpostavljeno da je isto, iako se smatra da će utovar i istovar autonomnih brodova biti dosta brži zbog automatskih operacija.

Za datu relaciju vreme potrebno da se preveze teret je 154 sati, odnosno 7 dana (videti tabelu 2). Na osnovu vremena putovanja izračunati su troškovi putovanja za predviđenu liniju plovidbe od Alesunda do Roterdama za konvencionalni i autonomni kontejnerski brod (videti tabelu 3).

Tabela 2. Vreme putovanja od luke Alesund do luke Rotterdam

Vreme plovidbe	87,97 h
Vreme zadržavanja u lukama	66 h
Vreme putovanja	154 h

Troškovi putovanja obuhvataju:

- Troškove goriva;
- Troškove maziva;
- Troškove amortizacije;
- Troškove posade;
- Troškove održavanja;
- Troškove osiguranja;
- Ostale troškove.

Tabela 3. Troškovi putovanja za konvencionalni kontejnerski i autonomni brod

	Konvencionalni kontejnerski brod		Autonomni kontejnerski brod
	HFO	MDO	MDO
Troškovi goriva (\$/god)	4.128.742,84	5.444.009,34	4.677.247,46
Troškovi maziva (\$/god)	544.207,63		272.102,16
Troškovi amortizacije (\$/god)	630.304,05		553.614,32
Troškovi posade (\$/god)	495.857,14		0
Troškovi održavanja (\$/god)	191.283,11		191.283,11
Troškovi osiguranja (\$/god)	95.531,16		83.706,19
Ostali troškovi (\$/god)	944.256,9		944.256,9
Ukupni troškovi putovanja (\$/god)	7.030.182,83	8.345.449,34	6.722.210,15

Troškovi goriva autonomnog kontejnerskog broda su manji za 14% (videti tabelu 3) u poređenju sa konvencionalnim pri upotrebi iste vrste goriva. U slučaju da konvencionalni kontejnerski brod koristi teško lož ulje (HFO) tokom plovidbe postigao bi manje troškove goriva od 12% (videti tabelu 3) u poređenju sa autonomnim brodom koj je ograničen na upotrebu MDO goriva. Takođe, na troškove goriva utiče cena goriva, pri čemu je cena MDO goriva skoro dvostruko veća od cene HFO goriva. U budućnosti se očekuje da će cena MDO goriva biti niža. Troškovi maziva autonomnog broda su upola manji usled manje potrošnje maziva. Amortizacija zavisi prvenstveno od cene i veka trajanja broda. Procenjeni troškovi amortizacije autonomnog broda su manji za 12%. S obzirom da posada na autonomnom brodu neće biti prisutna ostvariće se uštede od 495.857,1 \$ u troškovima za posadu. Troškovi posade kod konvencionalnog broda su proračunati za 15 članova posade. U ovom slučaju je pretpostavljeno da su troškovi održavanja isti kod oba broda mada se u raznim studijama predviđa da će trošak održavanja autonomnih brodova biti manji. Za troškove osiguranja uzet je procenat od 1% od stvarne cene plovila. Ovde je pretpostavljeno da je cena autonomnog broda manja od konvencionalnog, te su i troškovi osiguranja manji za 12%. Ostali troškovi uključuju lučke takse i razne druge troškove kojima se brod zadužuje u luci. Ovi troškovi iznose 944.256,9 \$ po godini za oba tipa broda. Povećanja ovih troškova očekuju se kod autonomnih brodova zbog uvođenja novih tehnologija kao što su automatski utovar i istovar, automatski vezovi brodova, punjači za baterije i druge nove tehnologije, ali se još uvek ne zna tačno povećanje koje bi se uvrstilo u proračun.

5. UTICAJ AUTONOMNIH BRODOVA NA VODNE PUTEVE I ŽIVOTNU SREDINU

5.1. Uticaj autonomnih brodova na vodne puteve

Plovidba predstavlja veliki izazov upotrebom sve većih brodova na vodnim putevima. U pogledu sigurnosti plovidbe autonomnih brodova na područjima sa

malo prostora za manevrisanje ili na uskim plovnim putevima, potrebno je da se ispune određeni uslovi i poštuju propisi vezani za vodne puteve. Smanjenje broja plovidbenih nezgoda, smanjenje sudara i manja potrošnja goriva povoljno će uticati na vodne puteve. Još jedna bitna stavka koja može imati pozitivan uticajna plovidbu jeste da se autonomni brodovi smatraju ekološki efikasnim.

5.2. Uticaj vodnog transporta na životnu sredinu

Vodni transport je jedan od izvora zagađenja životne sredine zbog upotrebe pogonskog goriva. Emisija zagađujućih materija iz transportnih sredstava u atmosferu ima veliki uticaj na životnu sredinu. Kako bi se emisija štetnih gasova smanjila usvojeni su propisi koji se bave emisijom zagađivača vazduha sa brodova i obavezne mere energetske efikasnosti. Smanjenje emisija obično kombinuje mere preduzete na izboru goriva, na samom motoru ili na upravljanju izduvnim gasovima.

Slika 5 - Zone kontrole emisije sumpora

Prema strogim zahtevima i standardima za zaštitu životne sredine, potrebna je upotreba kvalitetnijih goriva u blizini obala u zonama praćenja emisije sumpora. Konvencija Međunarodne pomorske organizacije pod skraćenim nazivom MARPOL (engl. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) poznaje nekoliko ovakvih zona (videti Sliku 5) i to su: područje Baltičkog mora, Severnog mora i Engleski kanal, Severnoameričko područje i obala Kanade, zatim, područje Karipskog mora Sjedinjenih Država [8].

Brodovi koji se nalaze u ovim zonama moraju da koriste brodsko gorivo sa maksimalnim sadržajem sumpora 0,1% [8]. MDO gorivo ima sadržaj sumpora približno 0,1%, te je njegova upotreba dozvoljena. HFO goriva su niskokvalitetna goriva i imaju prosečan sadržaj sumpora u gorivu od 2,5%, tako da ne ispunjavaju ove uslove. Radi zaštite životne sredine pored visokokvalitetnih goriva radi se na alternativnim izvorima energije koji su obnovljivi i ne emituju zagađujuće supstance pri radu broda, kao što su tečni prirodni gas (engl. Liquefied Natural Gas ili skr. LNG), tečni naftni gas (engl. Liquefied Petroleum Gas ili skr. LPG) i biogoriva.

5.2.1. Emisija štetnih gasova konvencionalnog i autonomnog kontejnerskog broda

U ovoj analizi korišćena je metodologija slična COPERT IV metodi koja se koristi u kopnenom-druškom saobraćaju [1].

Navedenom metodom se određuju emisije izduvnih gasova: CO₂ (ugljen-dioksid), NO_x (azotni oksidi), SO₂ (sumpor-dioksid), NMVOC (nemetanska isparljiva organska jedinjenja) i drugih čvrstih čestica fino suspendovanih kao što su PM čestice (čestice čađi-ugljenika, metala i neorganskih soli).

Proračunata emisija štetnih gasova prikazana je u tabelama 4 i 5. Prvi slučaj prikazuje emisiju zagađujućih čestica za konvencionalni i autonomni kontejnerski brod pri upotrebi različitih vrsta goriva. Drugi

slučaj prikazuje emisiju zagađujućih čestica ukoliko oba tipa broda koriste istu vrstu goriva.

Tabela 4. Emisija štetnih gasova konvencionalnog kontejnerskog broda (HFO) i autonomnog (MDO)

	Konvencionalni kontejnerski brod (HFO)	Autonomni kontejnerski brod (MDO)
	(t/god)	(t/god)
CO ₂	31.076,26	22.747,48
NO _x	775,20	561,71
PM ₁₀	60,61	10,73
SO ₂	0,2444	0,0072
NMVOC	26,39	20,04
Ukupno	31.938,7	23.339,96

Tabela 5. Emisija štetnih gasova konvencionalnog kontejnerskog broda (MDO) i autonomnog (MDO)

	Konvencionalni kontejnerski brod (MDO)	Autonomni kontejnerski brod (MDO)
	(t/god)	(t/god)
CO ₂	26.476,57	22.747,48
NO _x	653,79	561,71
PM ₁₀	12,49	10,73
SO ₂	0,0083	0,0072
NMVOC	23,32	20,04
Ukupno	27.166,19	23.339,96

Slika 6 - Smanjenje emisije štetnih gasova autonomnog broda u poređenju sa konvencionalnim brodom

Smanjenje emisije štetnih gasova na godišnjem nivou prikazano je na slici 6. Može se zaključiti da bi upotreba MDO goriva i smanjena potrošnja kod autonomnog broda dosta smanjila emisiju štetnih gasova.

Neke pretpostavke norveških kompanija očekuju znatno smanjenje emisije štetnih gasova do 2030. godine, čak 40%. Na primer ukoliko ovi brodovi budu

koristili pogon na baterije time će u potpunosti ukloniti emisiju štetnih gasova

6. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen uticaj autonomnih brodova na troškovnu efikasnost u vodnom saobraćaju. Prikazane su mnogobrojne prednosti u pogledu primene autonomnih brodova. Pre svega treba naglasiti da ovi

brodovi neće imati posadu na brodu i veći deo vremena će obavljati operacije samostalno. U radu je kroz analizu troškova i emisije štetnih gasova sagledana efikasnost autonomnog kontejnerskog broda u odnosu na

konvencionalni. Prema odgovarajućim metodama dobijene su uštede u troškovima izgradnje broda, uštede u ukupnim troškovima putovanja i emisiji štetnih gasova na godišnjem nivou (videti sliku 7).

Slika 7 - Uštede autonomnog kontejnerskog broda

Uštede u troškovima izgradnje autonomnog kontejnerskog broda su manje za 12% u poređenju sa konvencionalnim kontejnerskim brodom.

Ukupni troškovi putovanja u poređenju sa korišćenjem iste vrste goriva kao što je brodsko dizel gorivo (MDO) su 19% manji kod autonomnog kontejnerskog broda, dok u poređenju sa korišćenjem druge vrste goriva (HFO) troškovi su manji za 4% za autonomni brod.

Ukupna emisija štetnih gasova koja se ostvaruje kod autonomnog broda je manja za 14% u slučaju kada autonomni i konvencionalni brod koriste isto gorivo. Međutim može se videti da ukoliko konvencionalni brod upotrebljava HFO gorivo ostvariće se veće uštede u emisiji autonomnog broda, čak 27%. S obzirom da će autonomni brodovi u priobalnim predelima koristiti sistem pogona na baterije, to znači da ti brodovi neće emitovati štetne gasove.

Na osnovu dobijenih rezultata, autonomni brod može imati pozitivan uticaj na profitabilnost brodskih kompanija. Međutim, treba istaći da su rezultati za ovakve brodove u velikoj meri neizvesni zbog rane faze razvoja.

Dalja istraživanja u ovoj oblasti mogu se baviti razvojem autonomnih brodova za različite vrste tereta. Takođe, buduća istraživanja se mogu bazirati i na primeni autonomnih brodova za preokooceansku plovidbu.

LITERATURA

- [1] Carlo Trozzi, *Emission estimate methodology for maritime navigation*, Roma, Italy, 2006.
- [2] Harald Bendvik, *Evaluation of Autonomous Container Feeder Fleets in Different Contexts and Needs*, Norway University of Science and Technology, Norway, 2018.
- [3] Hans - Christoph Burmeister, *Can unmanned ships improved navigational safety?*, 02/12/2020 <https://www.semanticscholar.org>
- [4] MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks), D9.3: Quantitative assessment, 02/12/2020 <http://www.unmanned-ship.org/-munin/>
- [5] Maritime Symposium Rotterdam, *Autonomous sailing Interconnectivity*, 02/12/2020 <http://www.maritimesymposium-rotterdam.nl>
- [6] Robertus Gerardus HEKKENBERG, *Inland Ships for Efficient Transport Chains*, Delft University of Technology, Netherland, 2012.
- [7] Rolls Royce, *Autonomous ships next step*, 02/12/2020 <https://www.rolls-royce.com>
- [8] Shipowners, *Sulphur requirements in IMO emission control areas*, 02/12/2020 <https://www.shipowner-sclub.com>

SUMMARY

INFLUENCE OF AUTONOMOUS VESSELS ON COST EFFICIENCY IN WATERBORNE TRANSPORTATION

The paper is based on the analysis of advantages and savings in the application of autonomous ships in relation to conventional ships. With the introduction of new technologies and the improvement of communication, a reduction in the number of navigation accidents is expected, ie an increase in navigation safety. In addition to the analysis of the travel costs of autonomous and conventional ships, emissions of harmful gases were also considered.

Key words: *autonomous ship, costs, navigation safety, emissions of harmful gases*