

Dean Bernečić
Pomorski fakultet u Rijeci
Studentska 2, Rijeka
E-mail: bernecec@pfri.hr

Stručni članak
UDK: 629.54
627.76/.77
656.61(262.3)
504.3

ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA UVOĐENJE BRZIH BRODOVA U HRVATSKI PROMETNI SUSTAV

Brzi brodovi imaju sve veći udio u putničkom i teretnom prijevozu. Njihova je specifičnost brzina i velika instalirana snaga s obzirom na veličinu broda. Za poriv takvih brodova upotrebljava se nekoliko vrsta pogona koji imaju svoje prednosti i nedostatke.

Isto tako, postoje propisi i zakonska ograničenja koja se odnose na sigurnosti plovidbe i sprječavanja onečišćenja. U ovom su radu dane usporedbe pojedinih pogona te način planiranja uvođenja takvih brodova u hrvatski prometni sustav.

Gljučne riječi: brzi brodovi, hrvatski prometni sustav, "Common Rail" tehnologija

1. UVOD

Sve više brzih brodova za prijevoz putnika i tereta povlači za sobom smanjenje sigurnosti na moru. Razlozi smanjene sigurnosti njihova su velika brzina koja se danas kreće i iznad 60 čvorova te specifičnost konstrukcije.

Porast broja takvih brodova u svijetu i u nas dovodi do zasićenosti pojedinih linija, odnosno povećava se gustoća prometa, što u kombinaciji s velikim brzinama znatno povećava rizik pomorske nezgode.

Osim smanjene sigurnosti, javljaju se i problemi onečišćavanja zraka i uništavanja podmorskih staništa.

Brzi brodovi koji su se počeli koristiti na Jadranu najčešće su manjih dimenzija i služe većinom za prijevoz putnika, ali u budućnosti, kako bi se zadovoljilo potrebe rasta cestovnog prometa, brzi brodovi za prijevoz putnika i tereta zasigurno će naći širu primjenu.

U ovom se radu upozorava na probleme koji se mogu pojaviti pri uvođenja takvih brodova u naš prometni sustav i spominju se neke modele optimiranja pojedinih linija, koje su se počeli primjenjivati u Europi i svijetu.

2. RAZVOJ PROPISA KOJI SE ODOSE NA VRLO BRZE BRODOVE

U plovila velikih brzina¹ spadaju sve plovne jedinice koje mogu postići brzinu (u metrima u sekundi) veću ili jednaku od $3,7 V^{0.1667}$, gdje je V istisnina koja odgovara oznaci vodene linije (m^3), isključujući plovilo kojemu je trup potpuno iznad vodene površine bez istisnine zbog dinamičkih sila koje nastaju ispod plovila.

Razvoj novih tipova vrlo brzih brodova započinje 1980., a u 90-ima započinje eksponencijalni rast izgradnje takvih brodova. Stoga je 1994. Međunarodna pomorska organizacija² usvojila posebne zahtjeve vezane za gradnju takvih brodova te ih objedinila u Kodeksu o plovilima velikih brzina³.

HSC Pravilnik sadrži detaljne zahtjeve za gradnju i sigurnost plovidbe, a odnosi se na sve brze brodove koji prometuju na međunarodnim putovanjima, uključujući putničke čije putovanje ne traje dulje od 4 sata od matične luke, te teretne od 500 BRT-a i veće koji ne prometuju dulje od 8 sati od matične luke.

Vrlo brzi brodovi građeni prije 1. siječnja 1996. moraju udovoljiti zahtjevima DSC Pravilnika⁴.

Iste godine IMO dopunjuje i Međunarodnu konvenciju o zaštiti ljudskih života na moru⁵ iz 1974. poglavljem X⁶ koji stupa na snagu 1. siječnja 1996.

Zbog brzoga tehnološkog napretka dogovorom je utvrđeno da se svakih pet godina izdaje novi Pravilnik o vrlo brzim brodovima, tako da za sve vrlo brze brodova građene nakon 1. srpnja 2002. vrijedi novi Kodeks o plovilima velikih brzina⁷. Tako plovila čija je kobilica položena ili je bila u sličnom stadiju izgradnje 1. siječnja 2000. godine, moraju udovoljavati zahtjevima IMO Rezolucije MSC. 97(73).

U zemljama Europske unije na vrlo brze brodove primjenjuje se i Smjernica 98/18 Europske zajednice⁸, koju su prihvatili i naši brodari.

Na vrlo brze brodove kao i na sve ostale brodove primjenjuje se i Međunarodna konvencija o spriječavanju onečišćenja mora s brodova⁹. Ne umanjujući važnost ostalih priloga MARPOL konvencije o onečišćenju okoliša,

¹ Plovila velikih brzina = vrlo brzi brodovi = High Speed Crafts.

² IMO - International Maritime Organization.

³ HCS Code 95 - International Code of Safety for High Speed Craft.

⁴ DSC Code - Dynamically Supported Craft.

Rezolucija A.373(X) od 14. studenog 1977. s izmjenama i dopunama iz rezolucije 37(63) MSC-a od

⁵ SOLAS '74 - Safety of Life at Sea.

⁶ Poglavlje X - Safety Measures for HSC.

⁷ HSC Code 2000.

⁸ Council Directive 98/18/EC of 17. March 1998 on safety rules and standards for passenger ships (sukladno odredbama ove direktive, i brodovi koji plove isključivo u teritorijalnim vodama dužine 24 m ili više, trebali bi zadovoljavati određene uvjete međunarodnih konvencija, o čemu je Hrvatski registar brodova izvijestio sve brodare okružnicama QC-T-160 i QC-T-161).

⁹ MARPOL 73/78.

ovdje će se dati poseban osvrt na prilog VI. koji se odnosi na onečišćenje zraka ispuštanjem dima i plinova s brodova.

Uz prije spomenute propise koji se odnose na vrlo brze brodove, u Republici Hrvatskoj postupak uvođenja starih i novih brodova u prometni sustav pravno je uređen i Zakonom o otocima¹⁰ te Pravilima za tehnički nadzor pomorskih brodova Hrvatskog registra brodova¹¹ koja su usklađena s međunarodnim konvencijama i smjernicama Europske zajednice.

3. TEHNOLOŠKA OPRAVDANOST UVOĐENJA VRLO BRZIH BRODOVA

Zbog zahtjeva za većom brzinom, na vrlo brze brodove kao pogonske jedinice najčešće se ugrađuju brzohodni i srednjohodni motori ili plinske turbine. Sporohodni motori zbog svojih karakteristika, dimenzija i težine nisu našli primjenu.

Najčešće se primjenjuju dvije osnovne vrste poriva. Klasični poriv propelerima i mlazni poriv. Svaki od tih poriva ima svoje prednosti i nedostatke, ali osnovne karakteristike su sljedeće:

- poriv propelerima ostvaruje manje gubitke energije, tj. veća je iskoristivost cijelog postrojenja (manja potrošnja goriva)
- mlazni poriv omogućuje bolje manevarske sposobnosti (brod se može kretati bočno iako nema pramčanog propelera¹²).

Pogon tim porivnim sistemima moguće je ostvariti dizelskim motorima ili plinskim turbinama. Dizelski motori prevladavaju zbog manje potrošnje goriva, iako sve veću zastupljenost imaju i nove generacije plinskih turbina. Prednosti plinskih turbina su znatno manje dimenzije, tj. mogućnost instalacije znatno veće snage u istom prostoru.

Onečišćenje zraka po MARPOL Konvenciji određeno je prilogom VI. koji još nije stupio na snagu, ali ga neke zemlje primjenom nacionalnih propisa slijede¹³. Najveći utjecaj na onečišćenje zraka imaju ugljični dioksid (CO_2), dušični oksidi (NO_x) te sumporni oksidi (SO_x). Količina ispuštanja CO_2 može se smanjiti jedino manjom instaliranom snagom što ovisi o obliku trupa, lakšim materijalima i vrsti pogona. Ispuštanje NO_x ovisi o tehnologiji izgaranja koja je kod starih pogona daleko iznad propisanih granica. Kod novih dizelskih motornih pogona granice ispuštenih dušičnih oksida spuštene su ispod onih propisanih MARPOL Konvencijom, zahvaljujući ponajprije tehnologiji ubrizgavanja sa zajedničkim vodom¹⁴.

Prednosti motora s "Common Rail" sistemom ubrizgavanja jesu:

- smanjeno ispuštanje štetnih spojeva

¹⁰ Narodne novine br. 34 (9. 4. 1999.)

¹¹ HRB - Pravila za tehnički nadzor pomorskih brodova, dio 1 – odjeljak 2.

¹² Pramčani propeler ili porivnik – služi za ostvarivanje bočnog poriva pri maneuvri.

¹³ Zemlje Baltičkog mora, Kalifornijski zaljev.

¹⁴ Common Rail Technology – sistem ubrizgavanja u kojemu početak, kraj i količinu ubrizganoga goriva u potpunosti regulira procesorska jedinica.

- smanjena potrošnja goriva, osobito pri manjim i promjenjivim opterećenjima
- moguća bolja regulacija i ujednačenost snage po cilindrima
- omogućeno preventivno održavanje te relativno jednostavno dijagnosticiranje kvara
- produžen servisni interval.

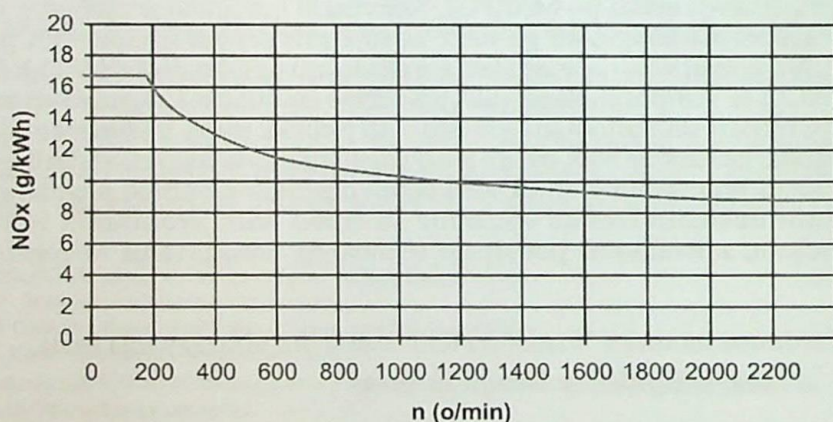
Nedostaci motora s "Common Rail" sistemom ubrizgavanja jesu:

- nemogućnost upravljanja u nuždi u slučaju otkazivanja elektroničke upravljačke jedinice¹⁵, što za brodske uvjete nije pogodno
- ECU jedinici časnici stroja nemaju pristup jer to zahtijeva uporabu namjenske opreme i za dijagnosticiranje kvara (program i pristupni kod) i pri otklanjanju pojedinih kvarova
- za svaki kvar potreban je ovlašteni servis, što je za naše uvjete još uvijek veliki problem.

Ispuštanje štetnih plinova (NO_x , CO , CO_2 , SO_2) te krutih čestica nemoguće je smanjiti ispod granica propisanih MARPOL Konvencijom ako se na motor ne ugradi elektronička regulacija početka ubrizgavanja, a u budućnosti i elektronsko otvaranje i zatvaranje ventila. Prema MARPOL Konvenciji, za dušične okside (NO_x) treba zadovoljiti sljedeće granice:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| - 17.0 g/kWh | za $n < 130$ o/min |
| - $45.0 \times n^{-0.2}$ g/kWh | za $130 < n < 2000$ o/min |
| - 9.8 g/kWh | za $n > 2000$ o/min, |

gdje je n broj okretaja koljeničaste osovine.



Slika 1. Granica NO_x prema MARPOL-u

¹⁵ ECU - Electronic Control Unit – upravljačka jedinica programirana za određeni motor s ciljem potpune kontrole njegova rada.

Emisija sumpornih oksida (SO_x) ograničava se postotkom sumpora u gorivu, koji ne bi smio prelaziti 4,5%. Većina današnjih goriva ima manje od 1,5% sumpora, a u gorivima koja se koriste kod brzohodnih motora i znatno manje.

Što se tiče pogona s plinskim turbinama, izgaranje je kontrolirano, tako da su i isijavanja štetnih spojeva ispod propisanih granica, ali je osnovni nedostatak mala iskoristivost, tj. veća potrošnja goriva u odnosu na dizelske motore. Na novu generaciju plinskih turbina ugrađuju se i elektronički sustavi, osobito za kontrolu izgaranja (omjere goriva i zraka), koji imaju slične prednosti i nedostatke kao i kod dizelskih motora.

Na današnjem stupnju razvoja te prateći višegodišnji trend kretanja cijene goriva, dizelski motori zasigurno imaju prioritet pri izboru pogonskog stroja. Plinske bi turbine našle svoju primjenu kad bi cijena goriva znatnije pala i kad bi cijene proizvodnje plinskih turbina pale, što bi se dogodilo pri proizvodnji velikih serija. Sa stajališta sigurnosti, plinske turbine zadovoljavaju i podjednake su s dizelskim motornim pogonom.

Pored zaštite mora od onečišćenja opisanih u prilogima I. do VI. te u prijedlogu priloga VII. MARPOL Konvencije, kod HSC brodova potrebno je uzeti u razmatranje i zaštitu podmorja od struja koje stvaraju porivni strojevi broda. To je osobito izraženo kod mlaznog pogona koji tijekom prekreta (manevra) usmjeravaju mlaz vode prema morskom dnu. Tamo gdje je dubina razmjerno mala, a to je na Jadranu gotovo uvijek, mlaz vode razara (kopa) morsko dno i "otpuhuje" gotovo sve žive organizme, razarajući i njihova staništa. Izravni uvid upućuje na rupe nastale na pristanima takvih brodova. U vezi s tim problemom, pri izboru novih brodova značajnu prednost valja dati brodovima čiji poriv ostvaruju propeleri.

4. PROMETNA OPRAVDANOST UVOĐENJA HSC BRODOVA NA JADRAN

Problem uvođenja vrlo brzih brodova u plovne sustave pojedine zemlje ne razrađuje se u SOLAS-u, niti u drugim međunarodnim konvencijama, iako je bitan, ako ne i najvažniji, čimbenik za sigurnost plovidbe. Da bi se problem što detaljnije analizirao, potrebno je uzeti u obzir više čimbenika.

Budući da vrlo brzi brodovi uglavnom povezuju najvažnija regionalna središta međusobno te s otocima, gustoća prometa povećava se upravo u tim područjima smanjujući tako sigurnost plovidbe.

Uz to, da bi se mogao planirati prijevozni kapacitet budućih brodova, potrebno je u idućem razdoblju analizirati utjecaj porasta cestovnog prometa i prometa putnika na određenim prugama. Na osnovi tako prikupljenih podataka valjalo bi planirati izgradnju pristaništa na kopnu i otocima, vodeći računa o zaštiti okoliša.

Nadalje, trebalo bi analizirati postojeće i nove pomorske putove te napraviti modele najpogodnijih putova, pristaništa, komunikacija brod – kopno kao i sustava praćenja, te potom simulirati razne mogućnosti s različitim vrstama brodova.

U svijetu postoje takvi ili slični projekti koji pokušavaju objediniti sve te čimbenike uzimajući u obzir i probleme opisane u poglavlju 3. Temelje se na

matematičkim modelima i simulacijama koje simuliraju točno određene luke te se odabirom određene vrste i veličine broda traže optimalna rješenja.

Jedan od najvećih takvih projekata Europske zajednice je TOHPIC¹⁶ koji za sada obrađuje tri luke (Dublin, Nicu i Barcelonu), ali se planira i proširenje na druge značajnije luke.

Razlog primjene ovog projekta sve je veći promet putnika i tereta te potreba povećanja sigurnosti. Budući da su analize pokazale razmjerno velik broj nezgoda unutar luke, izradom modela i optimiranjem stanja opasnost se nastoji smanjiti na najmanju moguću mjeru.

Rezultati i prednosti ovakva programa povećanje su sigurnosti manevra, poboljšani protok dobara, manja potreba za dodatnim prostorom, manja potrošnja goriva (manje zagađenje okoliša) te bolja iskoristivost flote.

TOHPIC optimira prilaz broda određenoj luci, sam manevar dolaska/odlaska, priveza, ukrcaj goriva i potrepština za brod (hrana i sl.) te sve ostalo vezano za brod. Optimira i izvedbe vezova radi sigurnijeg i bržeg prilaza i priveza.

Program omogućuje izbor veličine broda i razne vrste pogona. Uspoređuje se stvarno stanje i preporučeno te na osnovi rezultata izabire najbolje rješenje. Vidi se ponašanje raznih tipova brodova u plitkoj vodi s raznim vrstama pogona i pri raznim brzinama. Modeli su napravljeni na osnovi mjerenja stvarnog stanja u navedenim lukama (efekti struja i valova stvorenih samim brodom, sile na konope i odbojnice, struje samih luka, i sl.).

Ovakve ili slične modele trebalo bi primijeniti i u nas uzimajući u obzir sve prije navedene čimbenike i na osnovi tih rezultata izabrati brod, prugu te projektirati pristane.

5. ZAKLJUČAK

Planiranje uvođenja brzih brodova u hrvatski prometni sustav nužno je i zbog povećanja ekonomičnosti i zbog povećanja sigurnosti svih sudionika u pomorskom prometu. Za sada nema opisanih ili sličnih projekata kojima bi se planiralo uvođenje vrlo brzih brodova na Jadran. U zemljama gdje trenutačno prometuje velik broj brzih brodova, iskustvo je pokazalo da je planiranje veoma važno i za sigurnost i za povećanje prihoda. Optimiranje cijeloga transportnog puta u interesu je svih sudionika u njemu, a to je moguće samo potpunom analizom svih prije navedenih čimbenika. Nemoguće je dobro isplanirati proces zanemarivanjem bilo kojeg čimbenika sigurnosti, zaštite okoliša ili ekonomičnosti.

Ljepota naše obale, turistička orijentacija, pa i Nacionalni program razvoja¹⁷ postavljaju kao zadatak očuvanje prirodnih ljepota i za buduće generacije.

Zaštita morskog okoliša, sigurnost i ekonomičnost, čimbenici su koji bi trebali utjecati na izbor, uvođenje i razvoj pojedine brodske linije. Često se zanemaruje pojedini čimbenik ili više njih, gledajući u prvom redu dobit.

¹⁶ Tools to Optimise HSC to Port Interface Concept.

¹⁷ Narodne novine 34/99 – Nacionalnim programom razvoja određuje se način upravljanja otočnim razvitkom na državnoj razini te na razini gradova odnosno općina.

Upravo zato izrada matematičkih modela i simulacija na osnovi stvarnoga stanja jedino je ispravno, a usto i najjeftinije rješenje za postizanje krajnjeg cilja – sigurnog, ekološki čistog i jeftinijeg prijevoza.

LITERATURA

- [1] SOLAS (Consolidated Edition, 2001 – Chapter X)
- [2] MARPOL 73/78 – prilog VI.
- [3] DSC Code
- [4] HSC Code 1995
- [5] HSC Code 2000
- [6] HRB – Hrvatski registar brodova
- [7] Okružnice HRB-a QC-T-160 i QC-T-161
- [8] Loyd's Register of Shipping (Rules for HSC)
- [9] Zakon o otocima, NN 34/99
- [10] Cpt. B.G. Basel, Cpt. T.H. Gilmour, LT. B.S. Willis: "Coast-Guard Involvement with High-Speed Craft: Past, Present, Future"
- [11] Peter Grundevik, SSPA Sweden AB: "Tools to Optimise High Speed Craft to Port Interface Concepts", AMRIE – Tenth High Level Conference, Brussels, Nov. 29-30, 2001.
- [12] Shipping Statistics and Market Review
- [13] Loyd's Register: World Fleet Statistics 2000
- [14] <http://www.amrie.org/tohpic/>
- [15] <http://www.sspa.se/research/tohpic/>

Summary

FACTORS INFLUENCING THE H.S.C. IMPLEMENTATION INTO THE CROATIAN TRANSPORT SYSTEM

The statistics data show a rapid increase of High Speed Crafts implementation into maritime transport. High speed and high installed power are the main characteristics of these types of ships who effect directly on safety of navigation.

Presently, there are a few types of propulsion systems and many international and local regulations regarding safety of H.S.C. and environmental protection. Before the H.S.C. implementation into the transport system of a country, complete analyses of the transport and environmental protection should be done. According to the results obtained by model simulations, an optimum solution should be prepared.

Key words: High Speed Craft, Croatian transport system, "common rail" technology