

# Manevar zaustavljanja broda u raznim prilikama

---

Ljubičić, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:241339>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-11**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**KARLO LJUBIČIĆ**

**MANEVAR ZAUSTAVLJANJA BRODA  
U RAZNIM PRILIKAMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2020.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**MANEVAR ZAUSTAVLJANJA BRODA  
U RAZNIM PRILIKAMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**STUDENT:**

**Marijan Zujić, mag.ing.**

**Karlo Ljubičić (MB 0171274070)**

**SPLIT, 2020.**

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.	ZAUSTAVNI PUT.....	2
3.	PREPORUČENI POSTUPCI TESTOVA MANEVRIRANJA .....	4
3.1.	UVJETI TIJEKOM PROVOĐENJA TESTOVA .....	6
3.2.	PROVEDENI TESTOVI I PARAMETRI KOJI SE MJERE.....	7
4.	ZIG-ZAG MANEVAR.....	17
4.1.	VRSTE ZIG-ZAG MANEVRA .....	19
5.	MANEVAR ZAUSTAVLJANJA BRODOVA SA SPOROHODNIM DVOTAKTNIM DIZEL MOTOROM I FIKSNIM KRILIMA.....	20
6.	MANEVAR ZAUSTAVLJANJA BRODOVA SA AZIPODIMA ..	23
6.1.	PROVEDENI TESTOVI MANEVRA ZAUSTAVLJANJA .....	24
7.	ZAKLJUČAK .....	31
	LITERATURA .....	32
	POPIS SLIKA.....	33
	POPIS TABLICA .....	34
	POPIS KRATICA .....	35

## SAŽETAK

Manevar zaustavljanja broda je manevar pri kojemu se brod naglo zaustavlja pomoću vožnje krmom. Zaustavni put je udaljenost potrebna brodu da se zaustavi od trenutka kada je dana zapovijed za zaustavljanje. Manevar zaustavljanja obično se vrši kako bi se izbjegla bilo kakva vrsta udara ili sudara broda. Svako plovilo pokazuje različita obilježja kada je riječ o zaustavnom putu zbog razlike u dimenzijama, opterećenju, manevarskim sposobnostima i hidrometeorološkim uvjetima. Vrlo je važno za časnika palube da zna manevarska obilježja broda kako bi manevar zaustavljanja bio što uspješniji. Rezultati navedenih testova manevriranja preispitani su i detaljno obrazloženi.

**Ključne riječi:** manevar zaustavljanja, zaustavni put, udar ili sudar, časnik palube.

## ABSTRACT

Crash stopping manoeuvre is a manoeuvre in which a ship makes a sudden stop by moving astern. Stopping distance is a distance required for a ship to stop from the moment the command for stopping has been given. Crash stopping manoeuvres are usually performed to avoid any kind of collision or collision of the ship to any other ship or structure. Each vessel exhibits different characteristics when it comes to stopping distance due to difference in dimensions, load, manoeuvring ability, sea state and wind condition. It is very important for a deck officer to know the manoeuvring characteristics of the ship so that the stopping manoeuvre can be well executed. The results of the following manoeuvring tests are reviewed and explained in detail.

**Keywords:** crash stop, stopping distance, collision, deck officer.

## 1. UVOD

Manevar zaustavljanja obično je pojam koji se koristi kada brod u izvanrednoj situaciji mora naglo stati. Cilj manevra zaustavljanja je zaustaviti plovilo na najkraćoj mogućoj udaljenosti kako bi se izbjegao udar ili sudar. Ovdje brod, koji se kreće prema naprijed naglo preusmjerava smjer kretanja u vožnju krmom kako bi se što prije zaustavio. Kada se motor broda zaustavi brod će se zbog inercije nastaviti kretati u istom smjeru još neko vrijeme. Pri inercijskom zaustavljanju ne daje se zapovijed za vožnju krmom te će stoga brod pri tom zaustavljanju imati veći zaustavni put. Podaci i tablice zaustavnog puta dobivaju se provođenjem testova i koriste se na zapovjedničkom mostu. Svaki časnik palube mora biti upućen u ove podatke kako bi ovladao plovidbom broda. Podaci se mogu razlikovati kada se koriste zbog promjene vremenskih uvjeta, količine tereta, stabilnosti i drugih čimbenika; međutim, časnici palube mogu usporediti podatke o zaustavnom putu i iskoristiti ih u praktičnim situacijama.

Ovisno o količini tereta i brzini broda, vrijeme zaustavljanja biti će različito kada se ta dva uvjeta promijene. Ako je trup broda očišćen (brod je bio u suhom doku) zaustavni put i vrijeme stajanja biti će manji u usporedbi s brodom koji nije bio u suhom doku već neko vrijeme. Smjer vjetra i stanje mora također igraju važnu ulogu jer će vjetar i valovi koji djeluju iza broda povećati zaustavni put i obrnuto. Važno je da časnik palube upozna okolinu broda i kako će brod reagirati na promjene u brzini i količini tereta.

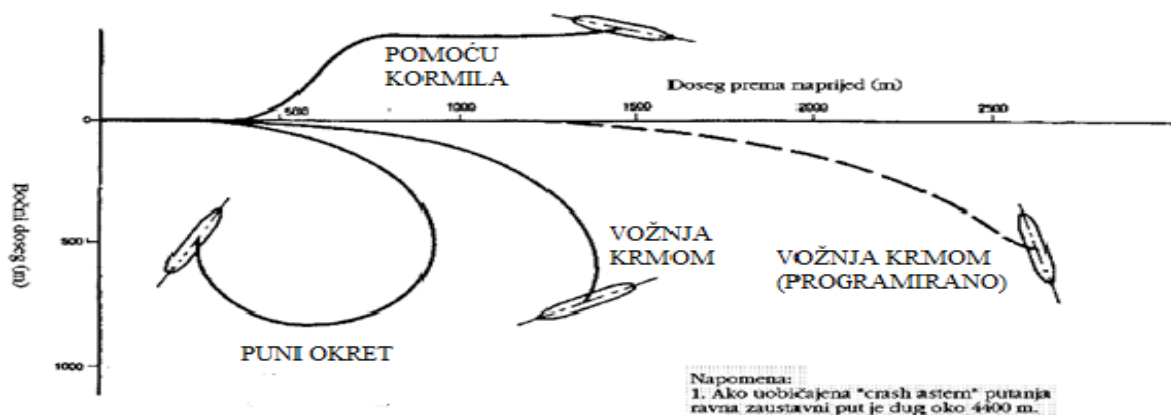
Manevar započinje onog trenutka kada je dana zapovijed da se zaustavi plovilo, a završava kada brod postigne brzinu u odnosu na okolnu vodu koja je jednaka nuli. Otpor broda jedina je sila koja usporava plovilo. Budući da otpor broda ovisi o brzini i time se znatno smanjuje pri padu brzine ta sila nije dovoljna da zaustavi brod na određenoj udaljenosti pa pogonski sustav treba upotrijebiti za pružanje dodatne sile kočenja brodske mase. Međutim, različiti pogonski sustavi daju različite rezultate kada je riječ o zaustavljanju plovila.

## 2. ZAUSTAVNI PUT

Zaustavni put je udaljenost koja je potrebna brodu da se primjereno zaustavi. Zaustavljanje se može odvijati u očekivanim i primjerenim okolnostima i u situacijama kada je potrebno brod odmah prisilno zaustaviti kako ne bi došlo do udara ili sudara. Taj naizgled jednostavan postupak vrlo je složen i zahtijeva izvođenje određenih koraka i vještine sudionika. Tipične udaljenosti manevra zaustavljanja za brodove raznih vrsta razlikuju se ovisno o veličini plovila. Primjerice, ako se brod duljine 260 metara kreće brzinom 17 čvorova potrebno je 11 minuta zaustavljanja. Točka okreta u kojoj se brod okreće obično se nalazi oko 1/3 duljine broda od pramca kada brod ide naprijed. Brod se polako okreće, za početak zbog svog početnog zamaha, tako da putanja nije savršeni krug. Točka okretanja će vjerojatno biti pomaknuta sa strane na koju se brod okreće zbog pritiska na kormilo. Uz to, plovilo koje je u potpunosti nakracano imati će veći krug okretanja i trebati će mu više vremena. Učinak vjetra ovisiti će o vrsti plovila.

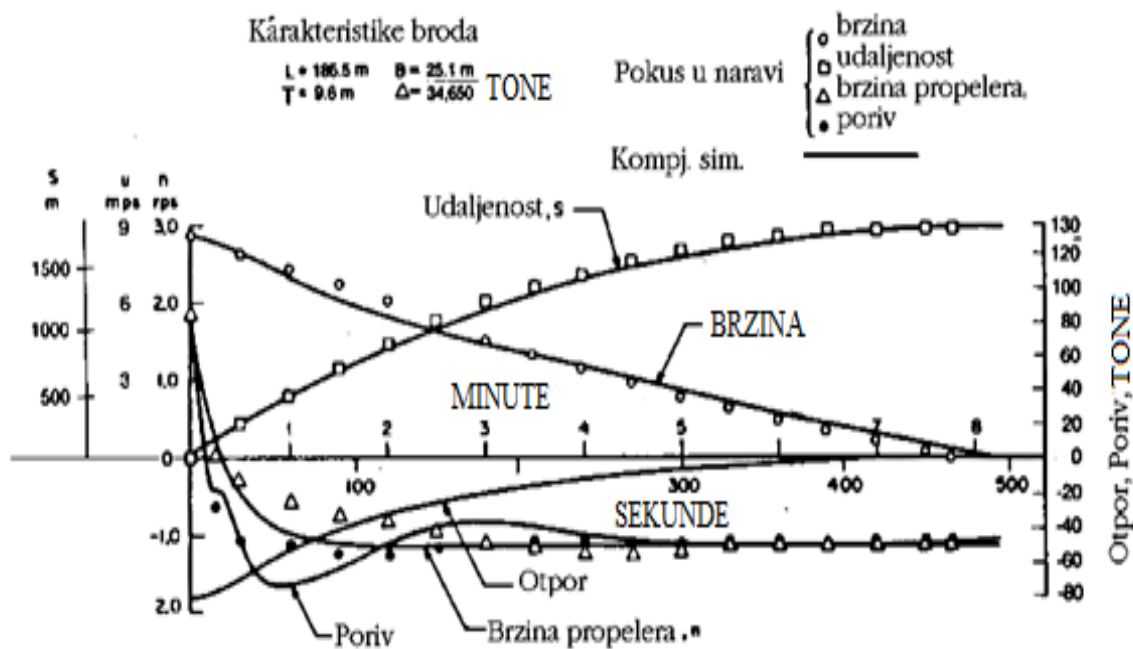
Manevri se izvode posebno za stanje punog krcanja, a posebno za balastno stanje, s početnom punom brzinom naprijed i preokretanjem na:

- konstantnu punu snagu natrag;
- konstantnih pola snage natrag;
- konstantnu malu snagu natrag;
- po inerciji (*eng. coasting*) [5].



Slika 1. Test manevra zaustavljanja [5]

Za svaki test grafički se bilježi putanja broda i kurs u diskretnim intervalima vremena. Izrađuju se dijagrami koji prikazuju brzinu, brzinu vrtnje vijka, udaljenost u odnosu na vrijeme i tablicu rezultirajućih vrijednosti parametara [5].



Slika 2. Prikaz rezultata manevra zaustavljanja [5]

Podaci svih testova sumiraju se u dijagrame i tablice, prikazujući zaustavni put i potrebno vrijeme zaustavljanja kao funkciju postignute brzine i primijenjene snage vožnje krmom. Tablica koja prikazuje vrijeme i zaustavni put pri punoj snazi krmom za različite postignute brzine i oba stanja krcanja mora biti izložena na zapovjedničkom mostu [5].



### 3. PREPORUČENI POSTUPCI TESTOVA MANEVRIRANJA

Tijekom izgradnje broda mnogo gledišta treba uzeti u obzir, izračunati i optimizirati. To je potrebno zato jer brod mora ispuniti određene uvjete koji su naznačeni u ugovoru izgradnje broda. U ugovoru izgradnje broda navedene su daljnje napomene koje trebaju biti u skladu s određenim klasifikacijskim društvima i drugim odredbama, većinom su to odredbe koje propisuju tijela vlade. Klasifikacijska društva i druge organizacije imaju svoja pravila i odredbe kojih se treba pridržavati [7].

Manevarska obilježja određena od strane standarda Međunarodne pomorske organizacije tipične su mjere kvalitete rada i sposobnosti rukovanja koje su od direktnog nautičkog interesa. Svako gledište može biti poprilično dobro predviđeno prilikom izgradnje i može se izmjeriti ili procjeniti iz jednostavnih testova manevriranja [3].

U vidu provođenja testova određene kvalitete prepoznate su od strane Međunarodne pomorske organizacije, a to su: dinamička stabilnost, sposobnost održavanja kursa, početno skretanje/sposobnost izmijene kursa, sposobnost provjere zanosa, krug okreta i sposobnost zaustavljanja. Tablica 1. prikazuje ukupno 19 manevarskih testova preporučenih od strane različitih organizacija. Ova tablica pruža detaljne informacije 15 testova koji proučavaju informacije gore navedenih obilježja za rukovanje brodom. Nadalje, preporuke su obrazložene u svrhu poboljšanja rukovanja brodom, uključujući i manevriranje pri malim brzinama u kanalima i lučkim područjima. Rezultati testova preispitani su i detaljno obrazloženi [6].

Tablica 1. Testovi manevriranja preporučeni od strane različitih organizacija [6]

		IMO A601	IMO A751	ITTC 1975	SNAME 1989	Norse Standard	Japan RR	ISO	ITTC 2002	Rem arks (* )
1	Test veličine kruga okreta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5
2	Zig-zag manevar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3,4
3	Modificirani zig-zag	-	-	-	-	-	✓	-	✓	1,3
4	Zig-zag manevar pri malim brzinama	✓			✓		✓		✓	1,2

5	Direktni spiralni test	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	1,2
6	Obrnuti spiralni test	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	1,2
7	Manevar stabilnosti kursa	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓	1
8	Manevar zaustavljanja	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6
9	Test inercijskog zaustavljanja	✓	-	-	-	✓	✓	-	✓	6
10	Manevar Čovjek u moru	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	4,5
11	Manevar paralelnog kursa	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	4,5
12	Test početnog okreta	-	-	-	✓	-	-	-	✓	3
13	Test okretnog ubrzavanja	✓	-	✓	-	-	-	✓	✓	5
14	Test potiskivača	✓	-	✓	✓	✓	-	-	✓	4,5
15	Test poprečnog kretanja	-	-	-	-	-	-	-	✓	3
16	Održavanje novog kursa	✓					✓			
17	Test ubrzavanja i usporavanja	✓								
18	Test manevra zaustavljanja prema naprijed	✓			✓	✓	✓			
19	Test minimalnog okreta	✓			✓	✓				

- (\*) 1 dinamička stabilnost
- 2 sposobnost održavanja kursa
- 3 sposobnost početnog skretanja/izmijene kursa
- 4 sposobnost provjere zanosa
- 5 sposobnost okreta
- 6 sposobnost zaustavljanja

### **3.1. UVJETI TIJEKOM PROVOĐENJA TESTOVA**

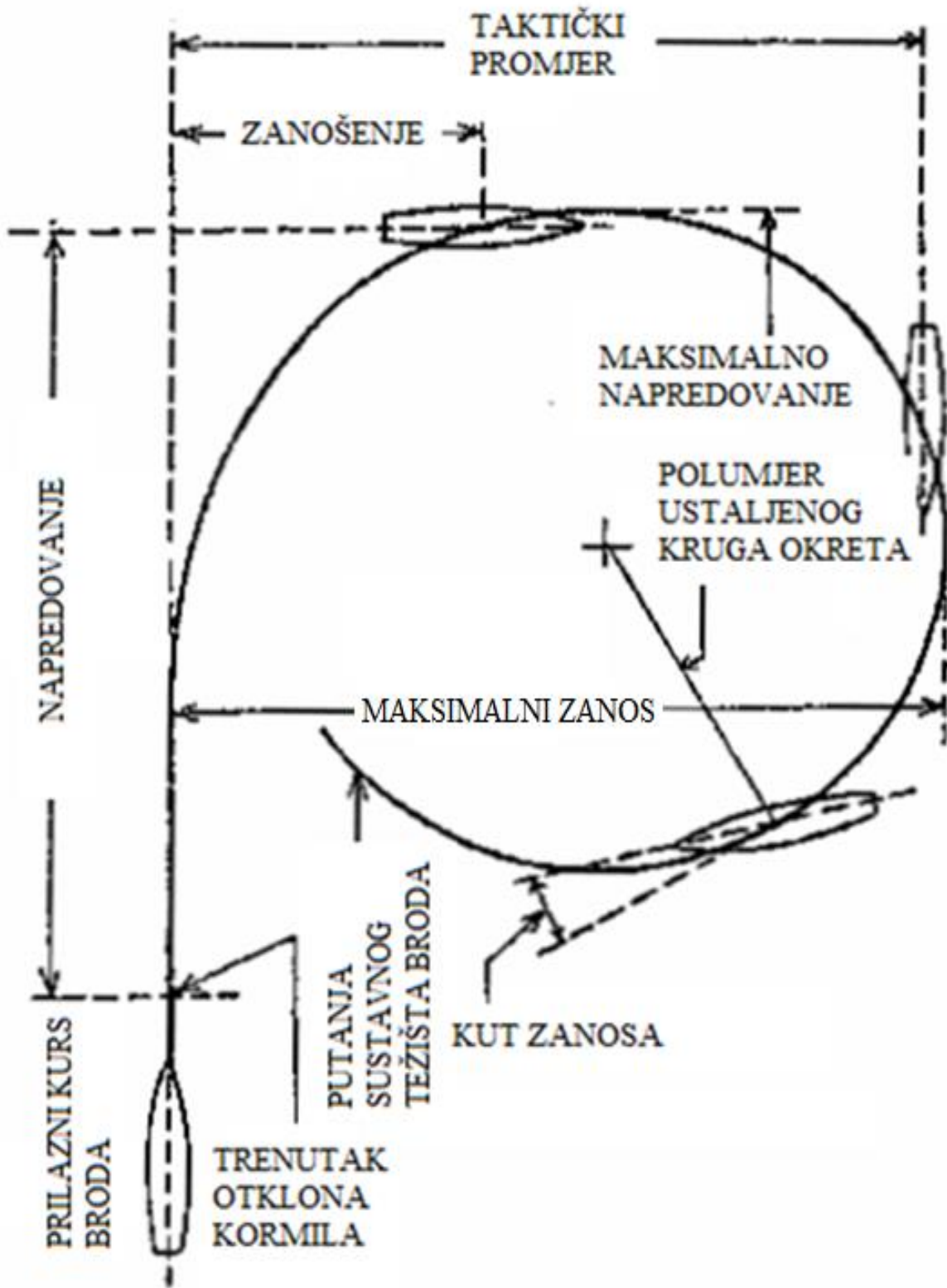
Manevriranje broda strogo je uvjetovano međudjelovanjem sa drugim brodovima, morskim dnom, vjetrom i valovima. Zbog toga područje testiranja treba biti provedeno u području primjerene dubine sa niskim utjecajem morskih mijena, ako je moguće. Također vremenski uvjeti tijekom testa manevriranja trebali bi biti što mirniji. Preporuča se da dubina mora ne bude četverostruko veća od srednjeg gaza broda. Maksimalno stanje mora se određuje uzimajući u obzir obilježja broda kao što su brzina broda, deplasman broda i dr. Iako rezolucija A.751 Međunarodne pomorske organizacije zahtijeva da se testovi ne provode ako je stanje mora veće od 4, nekim brodovima potrebno je stanje mora 1 kako bi pružili potpune i točne podatke. Maksimalna brzina vjetra se određuje uzimajući u obzir obilježja broda kao što su brzina broda, deplasman broda, visina iznad mora i dr. Iako rezolucija A.751 Međunarodne pomorske organizacije zahtijeva da se testovi ne provode pri pravoj brzini vjetra većoj od 5 na Boforovoj skali, neki brodovi zahtijevaju brzine vjetra 2 na Boforovoj skali kako bi pružili potpune i točne podatke. Odbor preporučuje da se testovi provedu kada je brod u potpunosti nakrcan i s nultim trimom, zato jer su pri ovim uvjetima ili uvjetima koji ne odstupaju više od 5 posto od navedenih manevri najkritičniji. Ako nije praktično provesti testove pri gazu kada je brod u potpunosti nakrcan, testovi se mogu provesti s gazom što bližim gazu broda nakrcanog do kraja s minimalnim trimom ili s određenom količinom balasta s minimalnim trimom i dovoljnim uronom vijka. Brzina prilaženja prema Međunarodnoj pomorskoj organizaciji treba biti barem 90 posto brzine broda što odgovara 85 posto snage motora, ali u nekim slučajevima testovi će biti provedeni pri malim brzinama. Prije provođenja relevantnog manevra brod mora ploviti barem 5 minuta pri konstantoj brzini s minimalnim promjenama kursa (stalan kurs) [6].

Uvjeti tijekom provođenja testova uvelike ovise o vrsti broda. S obzirom na namjenu određeni brodovi imaju drugačija obilježja i plove u određenim područjima, to sve utječe na određivanje uvjeta tijekom provođenja testova s ciljem da testovi manevriranja budu što vjerodostojniji. Naravno, nije uvijek moguće provoditi testove pri uvjetima u kojima brod inače plovi pa zato treba uvijek imati na umu da svi rezultati testova manevriranja ovise o stanju broda (količina tereta, brzina broda, itd.) i okoliša. Cilj testova manevriranja je pružiti časniku palube okvirnu sliku raličitih manevara broda kako bi bolje razumio manevarska obilježja broda i to znanje primjenio u praksi.

### **3.2. PROVEDENI TESTOVI I PARAMETRI KOJI SE MJERE**

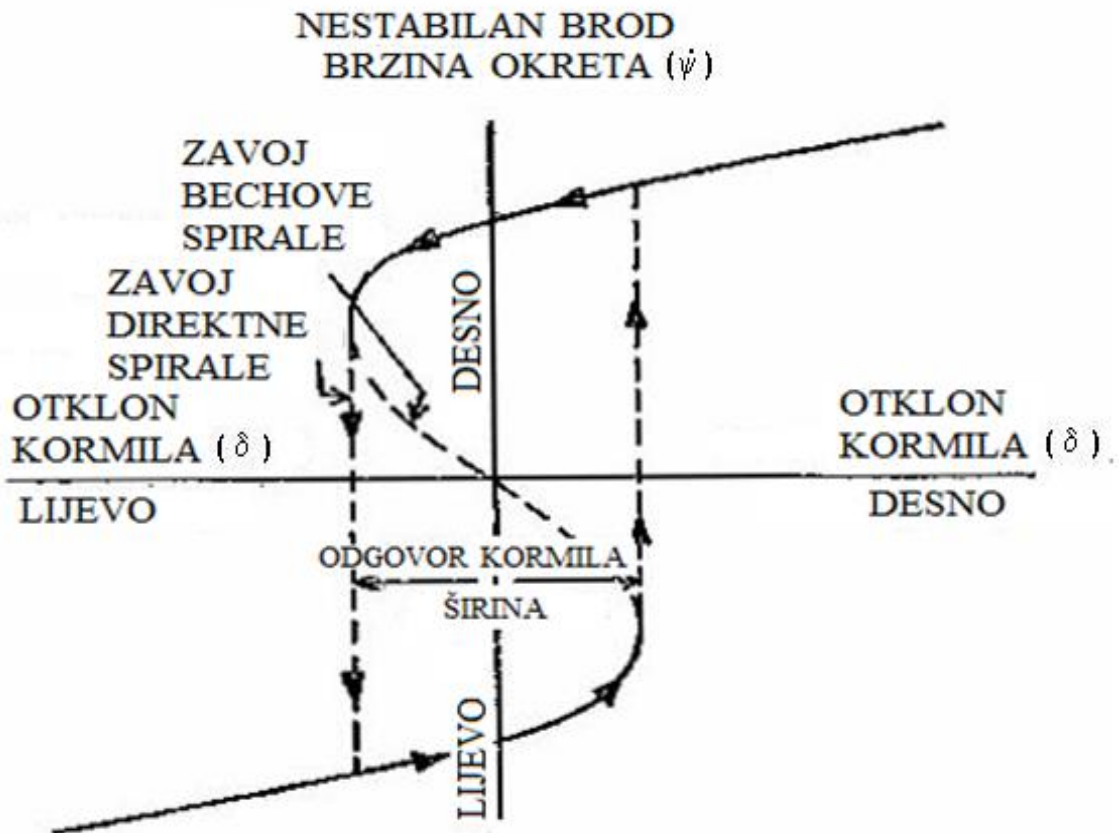
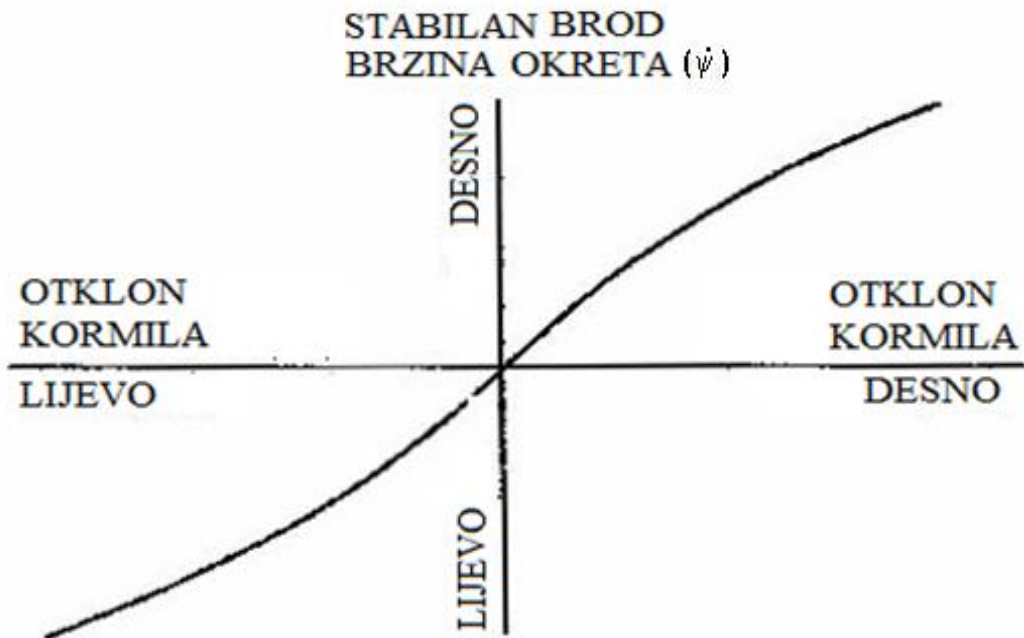
Testovi veličine kruga okreta provedeni su desno i lijevo pri brzini prilaženja s maksimalnim otklonom kormila. Potrebno je napraviti krug okreta od najmanje 540 stupnjeva kako bi se odredili glavni parametri ovog testa. Sljedeći parametri se dobivaju izvođenjem testa veličine kruga okreta (vidi slika 3.): taktički promjer, napredovanje, zanošenje, smanjenje brzine pri skretanju, vrijeme potrebno da se kurs promjeni za 90 stupnjeva, vrijeme potrebno da se kurs promijeni za 180 stupnjeva. Prva tri mogu se prikazati tako da se podjele njihove vrijednosti sa duljinom između okomica. Maksimalno napredovanje i maksimalni zanos također se mogu izmjeriti. Kada je moguće treba uzeti u obzir krug okreta pri malim brzinama [6].

Brodovi sa jednim vijkom nemaju isti krug okreta za lijevu i desnu stranu. Krug okreta na stranu na koju se okreće vijak uvijek će biti veći. Tatički promjer kruga okreta se određuje za sve brzine u vožnji naprijed i za otklone kormila 10, 20, 30 stupnjeva i maksimalni otklon kormila. Na slijedećoj stranici prikazan je test krug okreta broda te su označeni parametri koji se mjere tijekom testa kruga okreta broda.



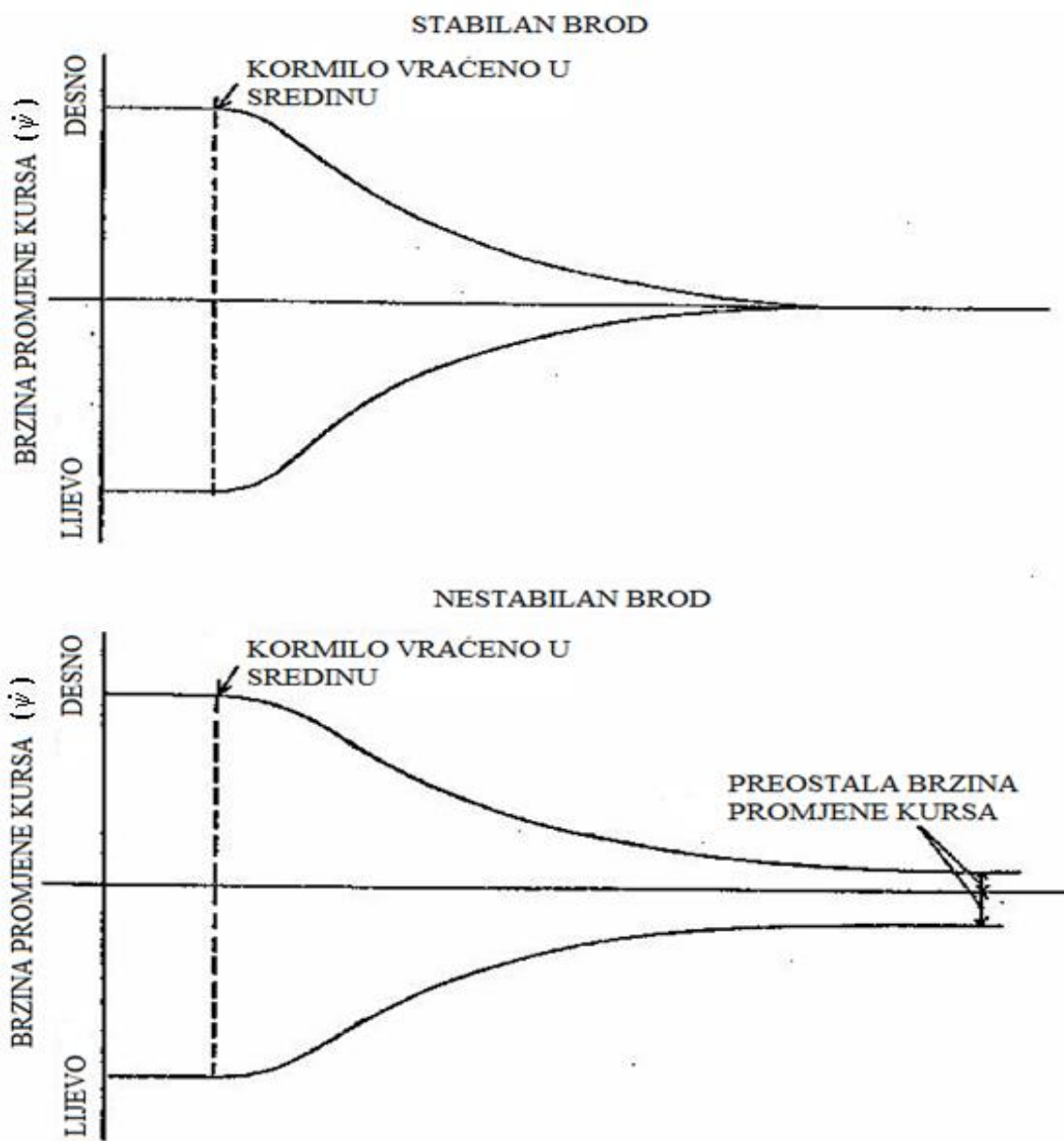
Slika 3. Elementi kruga okreta broda [6]

Spiralni manevri se primjenjuju da bi se odredila stabilnost kursa broda (vidi slika 4.). Za brodove koji prikazuju stabilna obilježja može se koristiti direktni spiralni manevar ili obrnuti spiralni manevar za dobivanje željenih rezultata pri malom otklonu kormila. Za nestabilne brodove preporuča se obrnuti spiralni manevar unutar dopuštenih vrijednosti dobivenih provođenjem manevra stabilnosti kursa. Direktni spiralni manevar izvodi se tako da se brod koji je u početnom kursu ravno naprijed postavi 25 stupnjeva prema desno i tu se drži dokle promjena kursa ne postane konstanta. Nakon toga otklona kormila se spušta za 5 stupnjeva i tu se drži dokle se ne dobiju stalna obilježja zanosa. Ovaj postupak se ponavlja sve dokle otklon kormila ne prođe raspon od 25 stupnjeva na jednoj strani do 25 stupnjeva na drugoj strani i nazad. Ovi intervali se trebaju smanjiti iznad raspona otklona kormila od 5 stupnjeva na svakoj strani od nule ili neutralnog kuta kormila. Dobivena stabilna brzina otklona zabilježena je za svaki otklon kormila. Ovaj manevar se treba izvesti pri mirnom moru kada nema vjetra. Obrnuti spiralni manevar se izvodi tako da brod skreće pri stalnoj brzini okreta i mjeri se srednji otklon kormila koji je potreban za taj zanos. Potrebna oprema jest smjerna ploča i pokazivač otklona kormila. Također se može koristiti kurs žiro kompasa pomoću kojeg se dobije  $\Psi$  (brzina okreta/brzina promjene kursa). Iskustvo je pokazalo da se točnost može poboljšati, ako je konstatno mjerenje brzine okreta i otklona kormila dostupno za analizu. Kada je izvedeno više spiralnih testova autopilot se može koristiti za izvedbu obrnutog spiralnog manevra. Ako se koristi ručno upravljanje momentalna brzina okreta mora biti prikazana časniku palube i kormilaru na dužnosti. Koristeći obrnuti spiralni test točke na krivini brzine okreta mogu se koristiti umjesto otklona kormila. Osim ako se ručno upravlja brodom onda se koristi obrnuti spiralni manevar. Brod se dovodi do željene brzine okreta,  $\Psi$ , tako da se koristi umjereni otklon kormila. Nakon što se dobije željena brzina okreta kormilo se postavlja tako da održava željenu brzinu okreta što je preciznije moguće. Kormilar bi sada trebao ciljati da održi željenu brzinu okreta koristeći postupno smanjenje otklona kormila dok ne dobije stalne vrijednosti brzine i brzine okreta. Stalna brzina okreta će se dobiti vrlo brzo zato jer je upravljanje brzinom okreta lakše nego uobičajno upravljanje pomoću kompasa, ali promjene otklona kormila mogu biti zahtjevane da se dobije stalna brzina. Uzimajući to u obzir potrebno je neko vrijeme prije nego se  $\Psi$  i  $\delta$  (otklon kormila) vrijednosti mogu izmjeriti [6].



Slika 4. Prikaz rezultata spiralnih manevara [6]

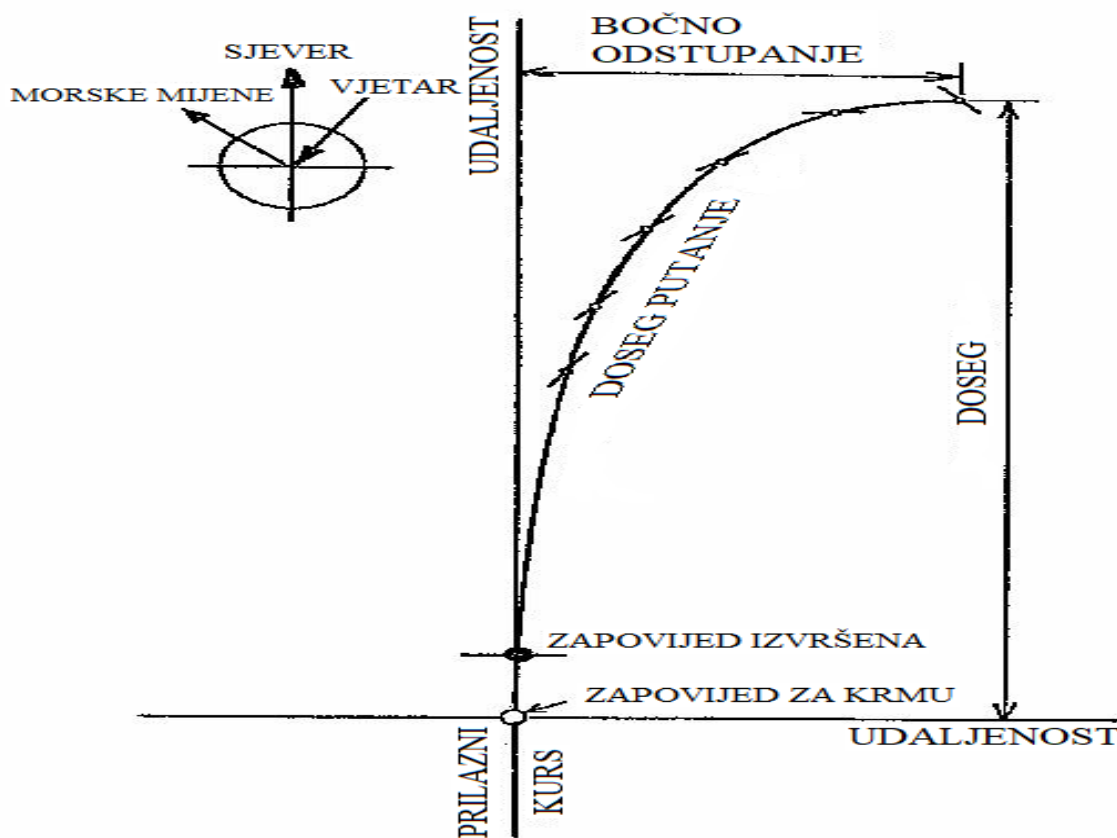
Manevar stabilnosti kursa broda je jednostavan test koji se provodi s ciljem da se brzo utvrdi stabilnost kursa broda. Otklon kormila od otprilike 20 stupnjeva se primjenjuje sve dok brod ne postigne stalnu brzinu okreta; u tom trenutku kormilo se vraća u sredinu broda. Ako je brod stabilan, brzina zanosa pasti će na nulu za lijevu i desnu stranu. Ako je brod nestabilan onda će brzina okreta pasti na neki ostatak brzine zanosa. Manevri stabilnosti kursa broda moraju biti izvedeni lijevo i desno kako bi se pokazale moguće asimetrije. Manevri stabilnosti kursa broda mogu biti izvedeni na kraju testa kruga okreta i zig-zag manevra [6].



Slika 5. Prikaz manevra stabilnosti kursa broda [6]



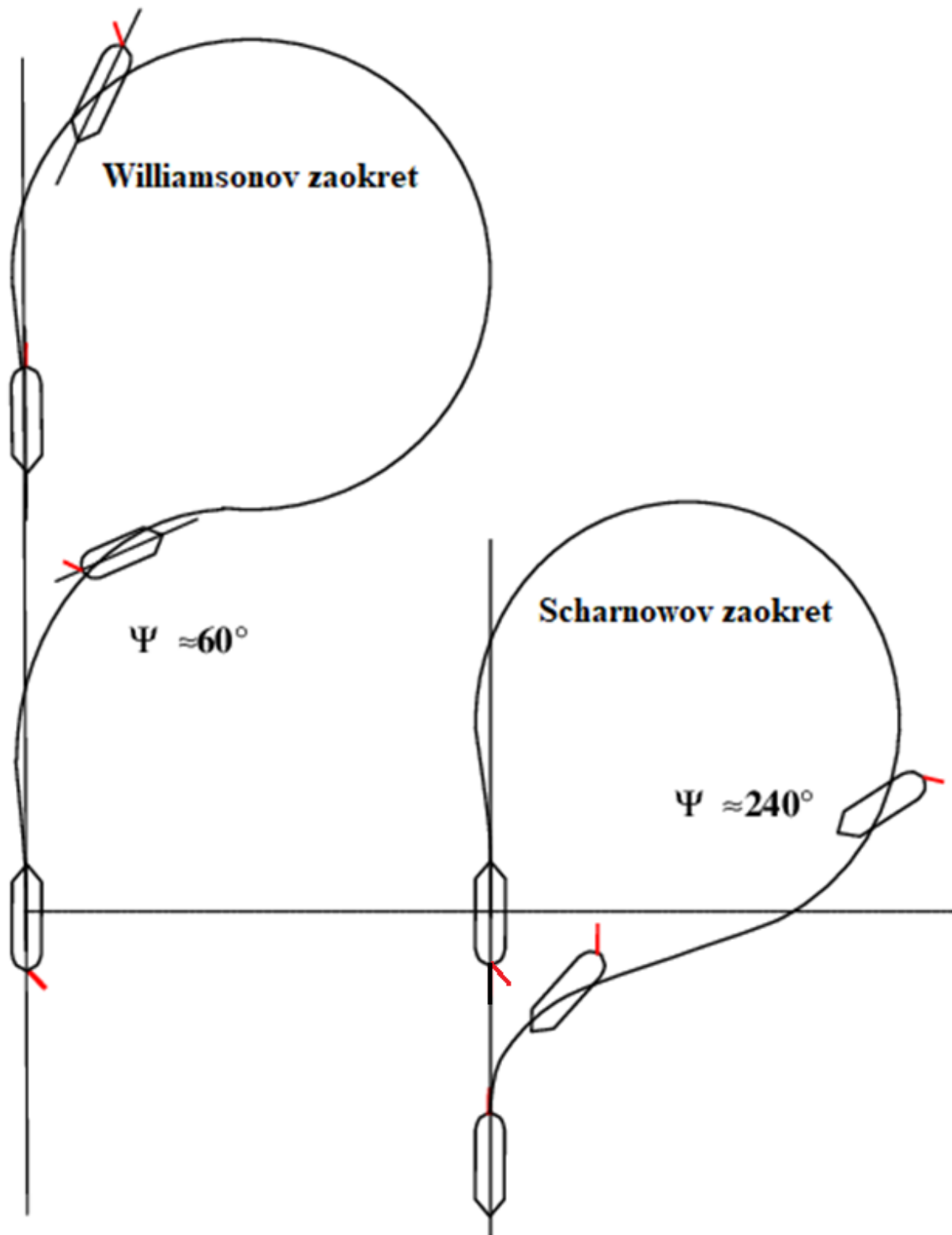
Tijekom testa manevra zaustavljanja brzina broda se smanjuje od početne stalne do nulte tako da se primjenjuje puna snaga krmom. Većina testova manevra zaustavljanja započinje kada brod ide punom brzinom naprijed. Kada su uvjeti prilaženja zadovoljeni dana je zapovijed za punu snagu krmom sa zapovjedničkog mosta. Test je gotov kada brodski vijak postigne punu snagu krmom i brzina broda postigne nulu te se brod zaustavi. Sljedeći parametri se mjere tijekom testa manevra zaustavljanja (vidi sliku 6.): doseg koji se definira kao udaljenost pređena u početnom kursu broda, doseg putanje koji se definira kao ukupna udaljenost koju je brod prešao, bočno odstupanje koje se definira kao udaljenost mjerena od lijeve ili desne strane do početnog kursa broda. Brodovi inače tijekom ovog manevra gube sposobnost skretanja tako da će putanja u velikoj mjeri biti određena okolinskim smetnjama, početnim uvjetima i rukovanjem kormilom. Iako postojeći postupci dopuštaju da se pomoću rukovanja kormilom brod održi što je bliže moguće početnom kursu treba obratiti pozornost da Međunarodna pomorska organizacija zahtijeva da se tijekom testa manevra zaustavljanja kormilo drži u sredini broda [6].



Slika 6. Elementi manevra zaustavljanja [6]

Manevar inercijskog zaustavljanja se izvodi kako bi se odredila obilježja broda tijekom smanjenja brzina bez rada vijka. Počevši od punog snagom naprijed, motor broda brzo se zaustavlja. Kada brzina broda koji ide unaprijed dosegne 5 čvorova test je završen. Sljedeći parametri se mjere tijekom testa manevra inercijskog zaustavljanja: doseg koji se definira kao udaljenost pređena u početnom kursu broda, doseg putanje koji se definira kao ukupna udaljenost koju je brod prešao, bočno odstupanje koje se definira kao udaljenost mjerena od lijeve ili desne strane do početnog kursa broda, vrijeme trajanja manevra [6].

Manevri čovjek u moru izvode se kako bi se pružile informacije o vremenu i odstupanju od kursa potrebnom da se povrati osoba ili objekt iz mora. Dva vrlo poznata čovjek u moru manevra su *Williamsonov* zaokret (vidi slika 7.) i *Scharnowov* zaokret (vidi slika 7.). *Williamsonov* zaokret obavlja se u slučaju kada je s većeg broda uočena osoba u moru, posebice u slučaju pada čovjeka s broda u plovidbi u more. Tim se zaokretom brod dovodi u smjer suprotan prvobitnom (u vlastitu brazdu) pa se stoga često upotrebljava i u slučajevima kada je zapovjednik broda naknadno obaviješten o padu čovjeka u more. Obavlja se tako da se kormilo postavlja u jednu stranu (uobičajno, iako ne nužno, na stranu na kojoj je čovjek pao u more) sve dok brod ne promijeni smjer za 60 stupnjeva. Nakon toga se kormilo postavlja na suprotnu stranu pod istim kutem pod kojim je obavljena prva promjena smjera sve dok brod ne postigne smjer približno 20 stupnjeva različit od smjera suprotnog početnom smjeru plovidbe. U tom trenutku kormilo se postavlja u sredinu dok brod ne postigne smjer suprotan početnom. *Scharnowov* zaokret izvodi se u približno istim okolnostima kao i *Williamsonov*. Izvodi se tako da se u plovidbi kormilo postavi na stranu i brod se okreće dok smjer ne promijeni za 240 stupnjeva. Nakon toga se kormilo postavlja na suprotnu stranu dok se ne postigne smjer za 20 stupnjeva različit od smjera suprotnog početnom smjeru plovidbe. Tada se kormilo postavlja u sredinu sve dok brod ne postigne smjer suprotan početnom. Zaokret nije prikladan za provedbu neposredno nakon pada čovjeka u more. [1]



Slika 7. Williamsonov i Scharnowov zaokret [8]

Manevar paralelnog kursa pruža informacije bočnog dosega broda. Brod koji plovi brzinom prilaženja daje kormilo sve desno i drži ga tako dokle brod ne promijeni kurs za 15 stupnjeva. U tom trenutku kormilo se daje sve lijevo. Nakon što se brod vrati u početni kurs kormilo se stavlja u sredinu i manevar se obustavlja. Test se mora ponoviti za 45 stupnjeva i 90 stupnjeva od početnog kursa. Sljedeći parametri se mjere tijekom testa manevra paralelnog kursa: crta brodske putanje, vrijeme potrebno za manevar paralelnog kursa, bočno odstupanje između početne i konačne pozicije [6].

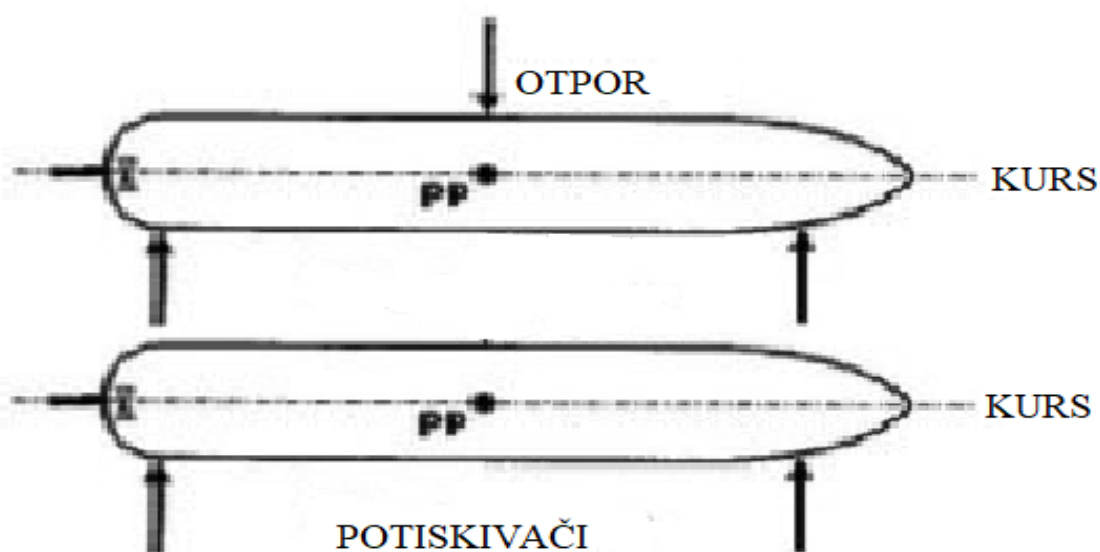
Test početnog okreta pruža informacije o učinkovitosti kormila u manevrima uskih prolaza i da bi se odredila početna sposobnost okreta broda. Brodu koji plovi brzinom prilaženja kormilo se daje 10 stupnjeva u bilo koju stranu i tu se drži dokle se kurs broda ne izmijeni za 10 stupnjeva od početnog kursa. Sljedeći parametri se mjere tijekom testa početnog okreta: crta brodske putanje, doseg putanje koji se definira kao ukupna udaljenost putovana kroz brodsku putanju (iščitavano iz duljine broda) [6].

Test okretnog ubrzavanja omogućava nagli okret pri malim brzinama, što se najviše koristi u lučkim manevrima. Brod je u početku manevra pri nultoj brzini i vijak se ne vrti. Manevar započinje kada se kormilo da sve desno ili sve lijevo te kada je dana zapovijed s pola snage naprijed. Okret se nastavlja dokle se ne dođe u kurs razlike 180 stupnjeva od početnog kursa. Sljedeći parametri se mjere tijekom testa okretnog ubrzavanja: taktički promjer, napredovanje, zanošenje, konačna brzina, vrijeme potrebno da se kurs izmijeni za 90 stupnjeva, vrijeme potrebno da se kurs izmijeni za 180 stupnjeva. Prva tri navedena parametra se mogu iščitati iz duljine između okomica broda. Maksimalno napredovanje i maksimalni zanos također se mogu iščitati [6].

Za brodove sa bočnim potiskivačima provodi se manevar okretnosti potiskivača i zig-zag manevar potiskivača. Pri provođenju testa manevra okretnosti potiskivača brod plovi pri malim brzinama (0 do 8 čvorova) pri čemu je dana zapovijed za punu snagu potiskivačima, dok je kormilo u sredini broda. Manevar se nastavlja dokle se ne dođe u kurs razlike 90 stupnjeva od početnog kursa. Test manevra okretnosti potiskivača treba izvesti u lijevu i desnu stranu. Početni uvjeti zahtijevaju da pramac broda bude direktno usmjeren u vjetar. Sljedeći parametri se mjere tijekom manevra okretnosti potiskivača: napredovanje, zanos, konačna brzina, vrijeme potrebno da se kurs izmijeni za 90 stupnjeva. Prva dva navedena parametra mogu se iščitati iz duljine između okomica broda. Pri provođenju zig-zag manevra potiskivača

brod plovi pri malim brzinama (3 do 6 čvorova) pri čemu je dana zapovijed za punu snagu potiskivačima dok je kormilo u sredini broda. Test zig-zag manevra potiskivača prati isti postupak kao i test zig-zag manevra (vidi poglavlje 4. ovog rada) gdje se u trenutku izvršenja dane zapovijedi preokrene smjer kretanja potiskivača umjesto smjer kretanja kormila. Preporuča se izvršenje kursa od 10 stupnjeva. Za brodove specifičnog tipa kao što su trajekti test okretnosti potiskivača zahtijeva da brod plovi krmom pri brzinama od otprilike 3 čvora [6].

Test manevra poprečnog kretanja broda potvrđuje sposobnost broda da se kreće poprečno pri nultoj brzini bez izmijene kursa. Svrha ovog testa jest izmjeriti maksimalnu moguću poprečnu brzinu. Svi dostupni vijci/kormila/potiskivači trebaju biti korišteni tijekom testa. Naravno, konvencionalni brodovi sa samo jednim vijkom i kormilom bez potiskivača nemogu izvesti ovaj test. Paramter koji se mjeri tijekom ovog manevra jest konačna stalna brzina poprečnog kretanja broda. Brzina broda i izmijena kursa također moraju biti navedeni, iako te vrijednosti trebaju biti što manje moguće. Korištenje vijka, kormila i potiskivača također treba biti navedeno, uključujući snagu, brzinu okretaja motora, nagib, otklon kormila i drugo. Test treba biti izveden pri što mirnijem moru i vjetru. Ako je vjetar veći od 2 na Boforvoj skali onda test treba biti izveden pri bočnom vjetru, izvodeći test uz vjetar i prema vjetru. Vjetar, morske struje i stanje mora moraju biti navedeni [6].

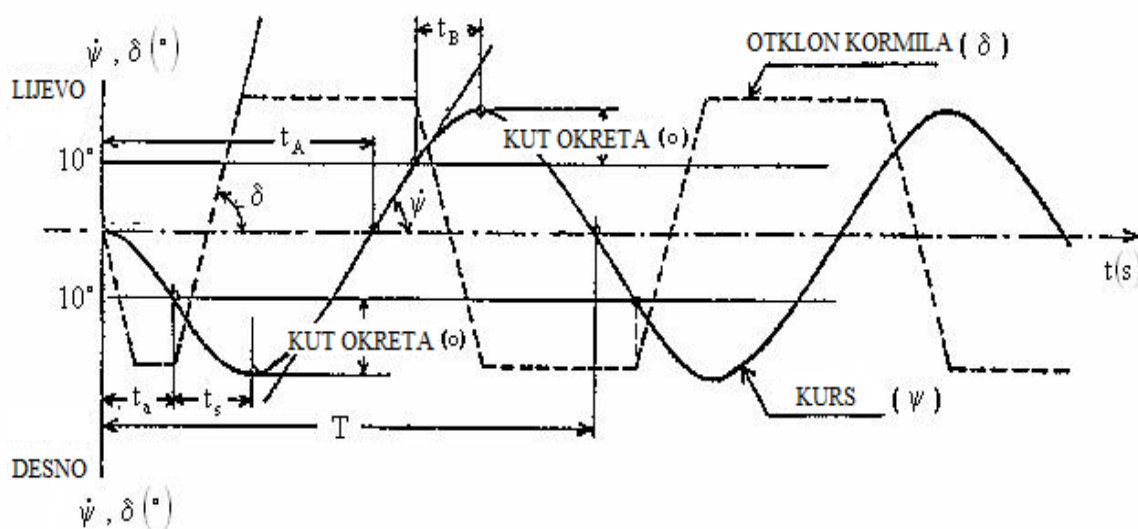


Slika 8. Manevar poprečnog kretanja broda

## 4. ZIG-ZAG MANEVAR

Zig-zag manevar se izvodi tako da se kormilo otkloni za određeni kut u bilo koju stranu u određenoj devijaciji od početnog kursa. Brodu koji je u brzini prilaznja kormilo se postavlja desno (prvo izvršenje). Kada je kurs  $\Psi$  (devijacija kursa od početnog) stupnjeva od početnog kursa kormilo se daje lijevo (drugo izvršenje). Nakon toga brod se nastavlja zanositi u početnom smjeru, a zanos se smanjuje sve dok se brod eventualno ne počne zanositi u lijevo. Kada je kurs  $\Psi$  stupnjeva od kursa lijevog kormilo se daje desno (treće izvršenje). Ovaj proces se nastavlja sve dok se ne napravi ukupno 5 izvršenja. Zig-zag manevar određuje kombinacija vrijednosti  $\Psi$  i  $\delta$  [6].

U ovom testu manevar je izveden sa otklonom kormila i devijacijom kursa od 10 stupnjeva. Druge vrste zig-zag manevra zahtijevaju drugačije vrijednosti (vidi potpoglavlje 4.1.). Ovaj manevar se izvodi kada brod plovi brzinom prilaznja i ako je moguće pri malim brzinama. Zig-zag manevri se izvode u lijevo i desno sa ciljem da se utvrde uvjeti okoliša. Sa nautičkog stajališta u vidu međunarodnih pravila za navigaciju provjere sposobnosti okreta i zanosa izvode se otklonom kormila u desno jer međunarodna pravila za navigaciju nalažu da se izvanredna skretanja trebaju izvoditi udesno. Slijedi slika 9. testa zig-zag manevra, ispod slike navedena su objašnjenja parametara koji se predloženi na slici i koji se mjere tijekom testa [6].



Slika 9. Vremenski prikaz parametara zig-zag manevra [6]

Početno vrijeme okreta  $t_a$  (sec) je vrijeme od trenutka kada je otklonjeno kormilo do trenutka kada je došlo do izmjene kursa za  $\Psi$ .

Kut okreta (stupnjevi) je kut kojim brod nastavi ploviti nakon što je dana zapovijed za otklon kormila u suprotnu stranu. Prvi i drugi kut okreta odgovaraju maksimalnom kutu kursa postignutom nakon drugog i trećeg izvršenja.

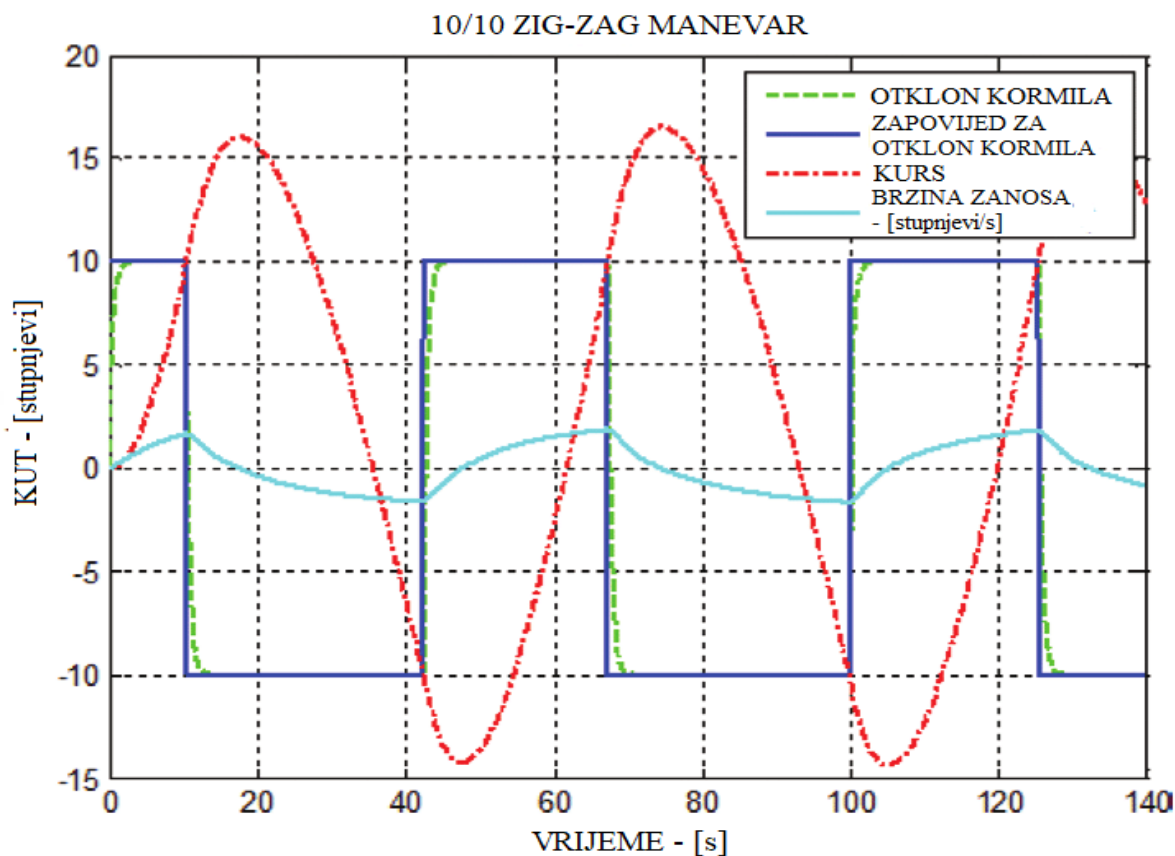
Vrijeme potrebno da se provjeri zanos ( $t_s, t_b$ ) (sec) je vrijeme između izvršenja zapovijedi kormila i vremena maksimalne promjene kursa od početnog.

Kurs  $\Psi$  (stupnjevi) predstavlja devijaciju kursa od početnog.

Doseg  $t_A$  (sec) je vrijeme između prvog izvršenja i trenutka kada je kurs broda nula nakon drugog izvršenja.

Vrijeme potpunog kruga T (sec) je vrijeme između prvog izvršenja i trenutka kada je kurs broda jednak početnom kursu nakon drugog izvršenja.

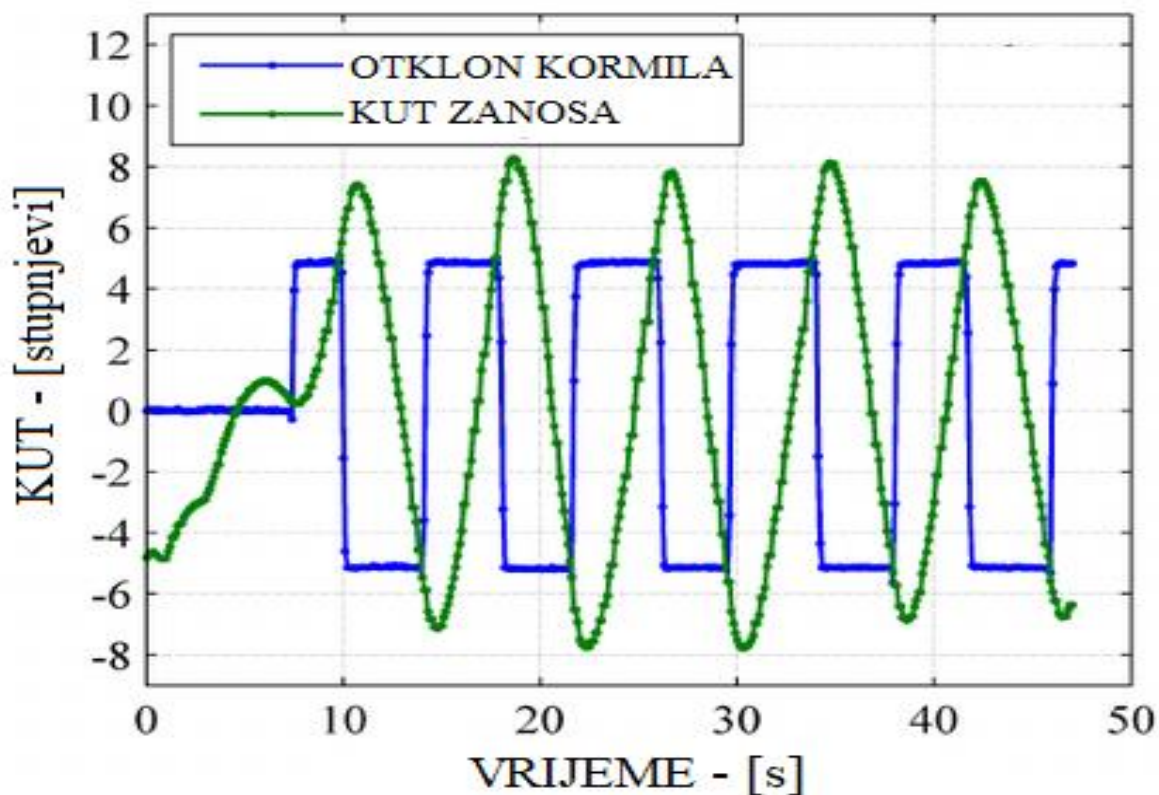
Brzina okreta  $\dot{\Psi}$  (stupnjevi/sec) predstavlja konstanu brzinu zanosa utvrđenu nakon drugog izvršenja.



Slika 10. 10/10 zig-zag manevar [9]

#### 4.1. VRSTE ZIG-ZAG MANEVRA

Postupak testa modificiranog zig-zag manevara je istakao i za obični zig-zag manevar, međutim izvršna devijacija kursa je male vrijednosti od samo 1 stupanj, dok je otklon kormila od 5 do 10 stupnjeva. Modificirani zig-zag manevar se provodi kako bi se ukazalo na sposobnost broda da održi kurs pri uvjetima sličnim onima pri regularnim operacijima koje obilježavaju male promjene kursa i otklona kormila [6].



Slika 11. 5/5 zig-zag manevar [10]

Zig-zag manevar pri malim brzinama se izvodi kada se brod nastavlja inercijski kretati nakon što je ugašen glavni motor. Kada brzina broda padne ispod 5 čvorova izvodi se 35/5 zig-zag manevar. Gore navedeni postupak se ponavlja dokle kurs broda ne reagira na otklon kormila [6].



## **5. MANEVAR ZAUSTAVLJANJA BRODOVA SA SPOROHODNIM DVOTAKTNIM DIZEL MOTOROM I FIKSNIM KRILIMA**

Kombinacija sporohodnih dvotaktnih dizel motora i vijka sa fiksnim krilima je najpoželjniji pogonski sustav za velike brodove u međunarodnoj plovidbi, zato jer su obje komponente vrlo jednostovane i učinkovite. Međutim, postoje problemi u ograničenoj sposobnosti manevriranja. Manevar zaustavljanja brodova s navedenim pogonskim sustavom obilježava relativno dug zaustavni put [2].

Zato što se time ugrožava sigurnost broda provedena su istraživanja s ciljem smanjenja zaustavnog puta. Utvrđeno je da je motor broda uzrok problema te je provedeno istraživanje s ciljem da se pomoću određenih modifikacija motora smanji zaustavni put. Neisplativo je provoditi više testiranja manevra zaustavljanja zato jer se motor može trajno oštetiti, a u svakom slučaju mu se smanjuje vijek rada. Imajući to u vidu istraživanja su provedena pomoću metodologije simulacije. Metodologija simulacija korisiti pojednostavljene modele motora i ponovno stvara uvjete motora tijekom spomenutog manevra. Istraživanja su pokazala da se pomoću primjene dodatnog momenta kočenja može znatno smanjiti zaustavni put. Međunarodna pomorska organizacija daje smjernice za izvođenje manevra zaustavljanja te se na mostu nalaze podaci testa manevra zaustavljanja.

Vjetar, stanje mora i manevarske sposobnosti broda imaju velik utjecaj na ovaj manevar. Ipak je kod svakog manevra najvažniji čovjek sa svojim znanjem i iskustvom. Osim potrebnih teorijskih znanja i stečenog iskustva kroz praksu, neki će zapovjednici kod manevriranja biti uspješniji, dok će neki biti manje uspješni, što opet ovisi o psihofizičkim osobinama svakog pojedinca. Važno je napomenuti da se svaka vještina stječe vježbom pa je logično da će svaki naredni manevar biti lakši i uspješniji [11].

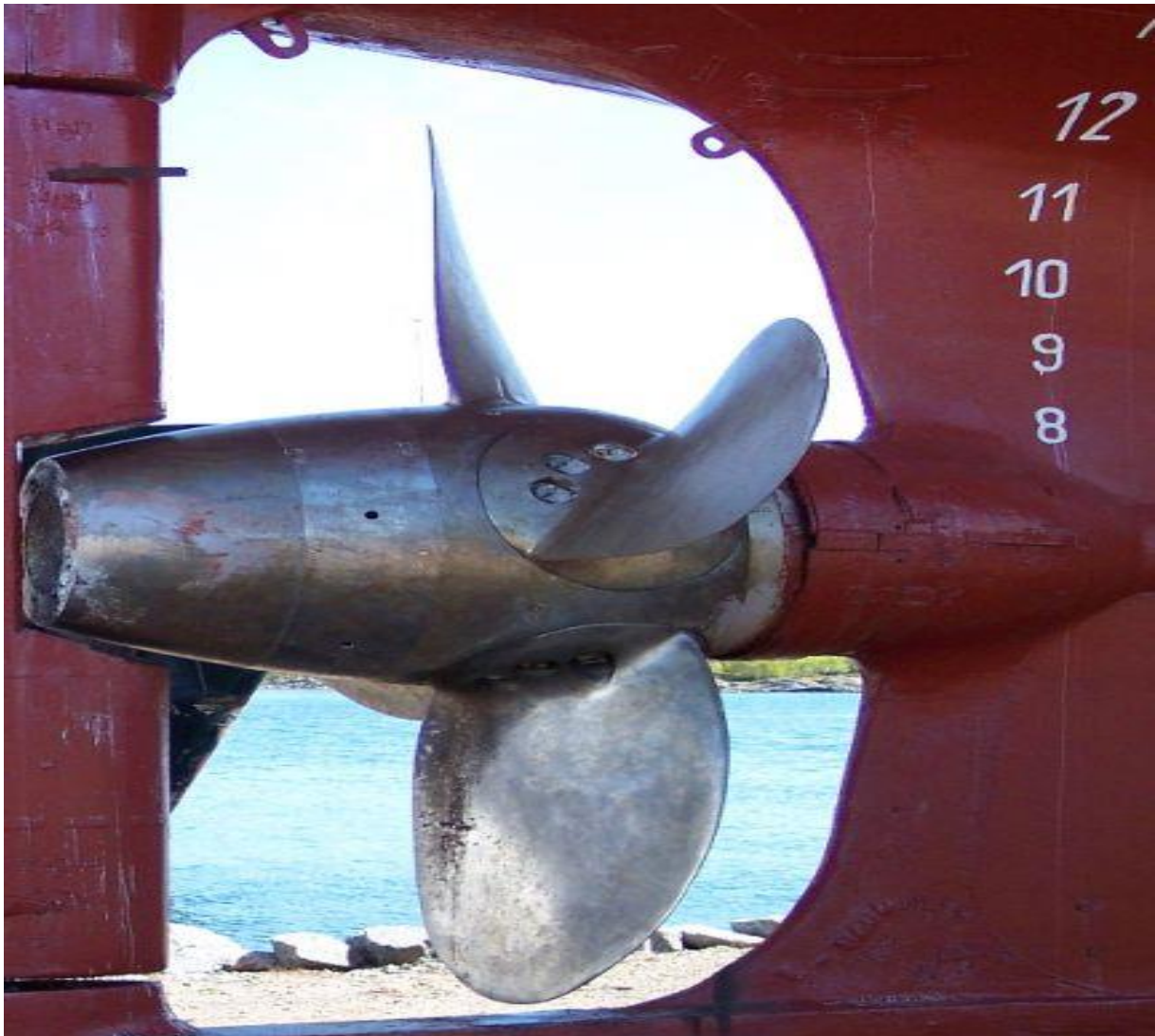


Slika 12. *Bulk carrier* sa sporohodnim dvotaktnim dizel motorom i fiksnim krilima [12]

Većina brodova zbog svoje učinkovitosti, jednostavnosti i cijene koriste vijak s fiksnim krilima. Međutim, ti brodovi imaju ograničene sposobnosti manevriranja te je za vožnju krmom potrebna promjena smjera rotacije osovine, a time i vijka. Velikim komercijalnim brodovima koji plove na velikim udaljenostima i prevoze velike količine tereta nisu potrebne velike manevarske sposobnosti pa je vijak s fiksnim krilima uspkros svojim nedostacima najupotrebljiviji.



Slika 13. Vijak s fiksnim krilima [13]



Slika 14. Vijak s prekretnim krilima [14]

Vijak s prekretnim krilima omogućava bolje manevarske sposobnosti broda nego vijak s fiksnim krilima. Krila toga vijka imaju sposobnost okretanja oko svoje osi što omogućuje prekretanje iz vožnje naprijed u vožnju krmom bez potrebe da se promjeni smjer rotacije osovine, a time i vijka. Zbog toga težina motora i pogonskih strojeva je znatno smanjena u usporedbi s brodovima koji koriste vijak s fiksnim krilima. Također vijak s prekretnim krilima ima mogućnost promjene brzine bez da se promjeni brzina okretaja motora. Visoke cijene instalacije i održavanja vijka s prekretnim krilima ograničile su njegovu upotrebu na brodove koji zahtijevaju velike manevarske sposobnosti poput tegljača, trajekata, ribarskih kočarica, itd.

## 6. MANEVAR ZAUSTAVLJANJA BRODOVA S AZIPODIMA

U ovom poglavlju proučiti će se različite mogućnosti zaustavljanja broda koji koristi azipode. Testovi s modelima plovila provedeni su kako bi se usporedila učinkovitost različitih manevra zaustavljanja koristeći različite metode. Model broda koji se koristi u navedenim testovima zaustavljanja oponaša kretnje LNG tankera kapaciteta 150 000m<sup>3</sup> [4].

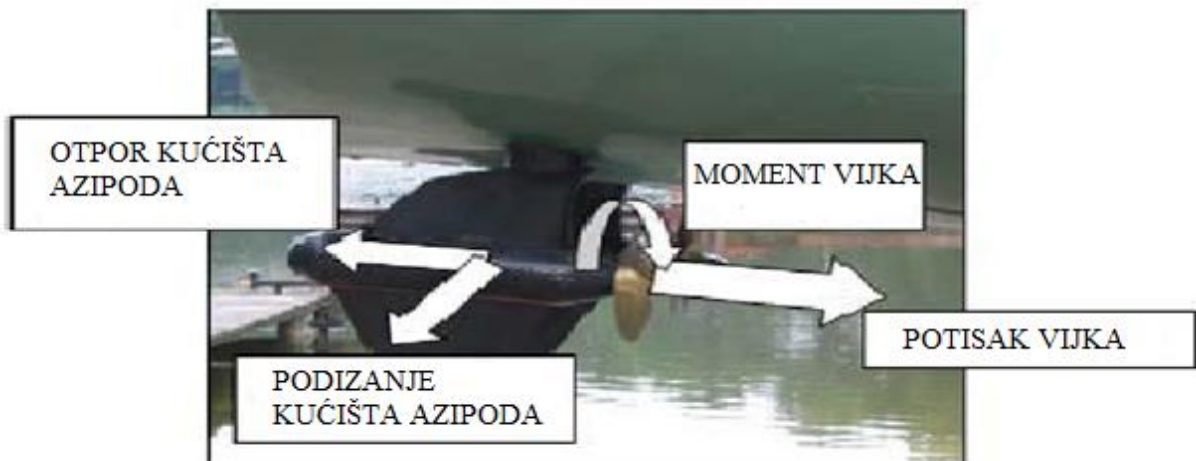
Azipodi se zbog pogonske učinkovitosti i bolje sposobnosti manevriranja sve više koriste u modernim brodovima kao što su trajekti, putnički brodovi, tankeri, tegljači i dr. Azipod pogonski sustav sastoji se od 3 do 4 vijka napajana strujom koja se mogu rotirati oko svoje osi. Uzevši to u obzir, manevr zaustavljanja se može provesti na više načina te je cilj u ovom poglavlju preispitati učinkovitost različitih metoda kako bi se povećala sigurnost na moru. Manevri na modelu broda sa azipodima velik su dio praktičnih vježba koje se provode tijekom vježba rukovanja brodom u Ilawa istraživačkom centru za rukovanje brodom. Centar ima veliki model koji predstavlja veliki LNG tanker s dva azipoda (vidi slika 15.). Ovaj model se sve više koristi pri vježbanju, također na zahtjev sudionika povećalo se područje u kojem se izvršava manevr. Prema mišljenju zapovjednika i peljara zaustavni put se može smanjiti i do 50 posto u odnosu na trgovačke brodove s konvencionalnim pogonskim sustavom (vidi poglavlje 5.). U svrhu toga provedeni su testovi kako bi se točno odredile manevarske sposobnosti brodova s azipodima. Testovi manevra zaustavljanja provedeni su koristeći kombinaciju mogućnosti koje pruža sustav azipoda, a to su: promjena smjera rotacije vijka, puni okret oba azipoda, odklon azipoda pri skretanju, itd [4].



Slika 15. Model koji predstavlja veliki LNG tanker [4]

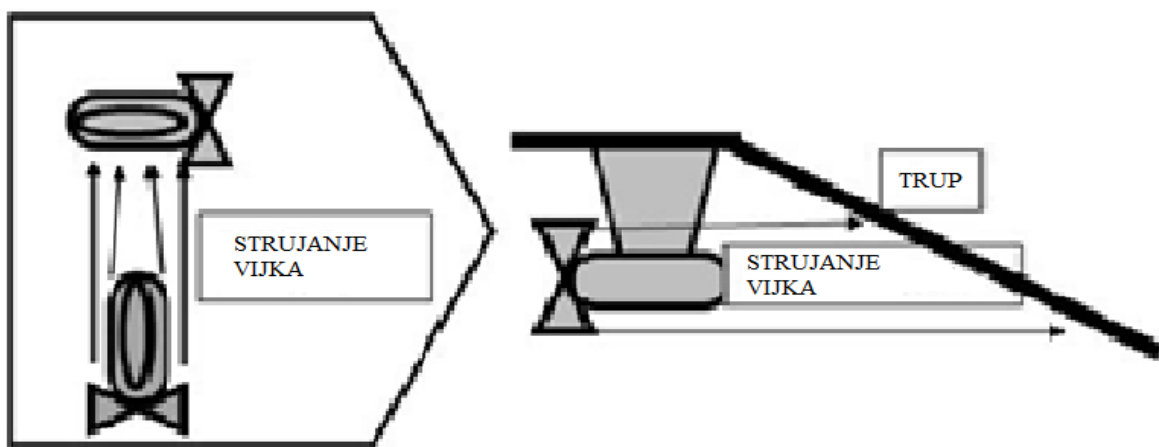
## 6.1. PROVEDENI TESTOVI MANEVRA ZAUSTAVLJANJA

Uz dodatak potiska na vijak ili vijke koji rade u smjeru krme (konevncionalni pogonski sustav) tijekom manevra zaustavljanja proučava se reakcija vode na gondolu (kućište) azipoda. Ova gondola izgleda kao vijak, ali je manje učinkovita zbog svog oblika. Tipična raspodjela sila shematski je prikazana na slici 16. Može se vidjeti da efikasnost manevra zaustavljanja ovisi o smjeru potiska i položaju azipoda [4].



Slika 16. Sile koje utječu na azipod [4]

Gore navedene sile također ovise o interakciji utjecaja drugih azipoda i trupa broda. Na slici 17. shematski su prikazani interakcijski utjecaji tako da se utvrdi optimalni otklon azipoda pri skretanju i smjer rotacije vijka. To su vrlo važni čimbenici koji utječe na učinkovitost manevra zaustavljanja [4].



Slika 17. Interakcija dva azipoda i interakcija trupa i azipoda [4]

Dolje su navedene uobičajne metode zaustavljanja plovila:

- promjena smjera rotacije vijka. Princip veoma sličan manevru zaustavljanja konvencionalnih brodova,
- puni okret oba azipoda (180 stupnjeva). Naravno, ova se metoda ne može primjeniti na brodu sa jednim azipodom zbog promatrane značajne promjene u kursu. Međutim, za brodove s dva azipoda ova metoda je poprilično prihvatljiva i s obzirom na mnogo rezultata provedenih testova ova metoda je učinkovitija nego zaustavljanje promjenom smjera rotacije vijka. Nepoželjni utjecaj ove metode može biti dodatno opterećenje krila vijka. Prema navedenim istraživanjem najopasniji položaj azipoda je 60 do 70 stupnjeva od vektora brzine broda. Smanjenje potiska prilikom okretanja azipoda može smanjiti opterećenja na krilima,
- indirektni manevar. Kao i prije ova metoda se ne može provesti na brodu s jednim azipodom. Za brodove s dva azipoda moguće je okrenuti azipode u suprotan kut otklona dok se potiskuje krmom. Inducirana hidrodinamička sila na gondoli može se koristiti kao sila kočenja. Istraživanja pokazuju da se indirektnim manevrom postiže najmanji zaustavni put u odnosu na prijašnje dvije metode. Optimalni otklon azipoda bio je 60 stupnjeva. Kut otklona pri skretanju bio je 35 stupnjeva [4].

Kao što je prije navedeno svrha testova modela provedena je u cilju da se dobiju podaci učinkovitosti različitih metoda manevra zaustavljanja. Dimenzije modela broda korištenog pri testovima navedeni su u Tablici 2. dolje prikazanoj:

Tablica 2. Usporedba obilježja LNG tankera i njegova modela [4]

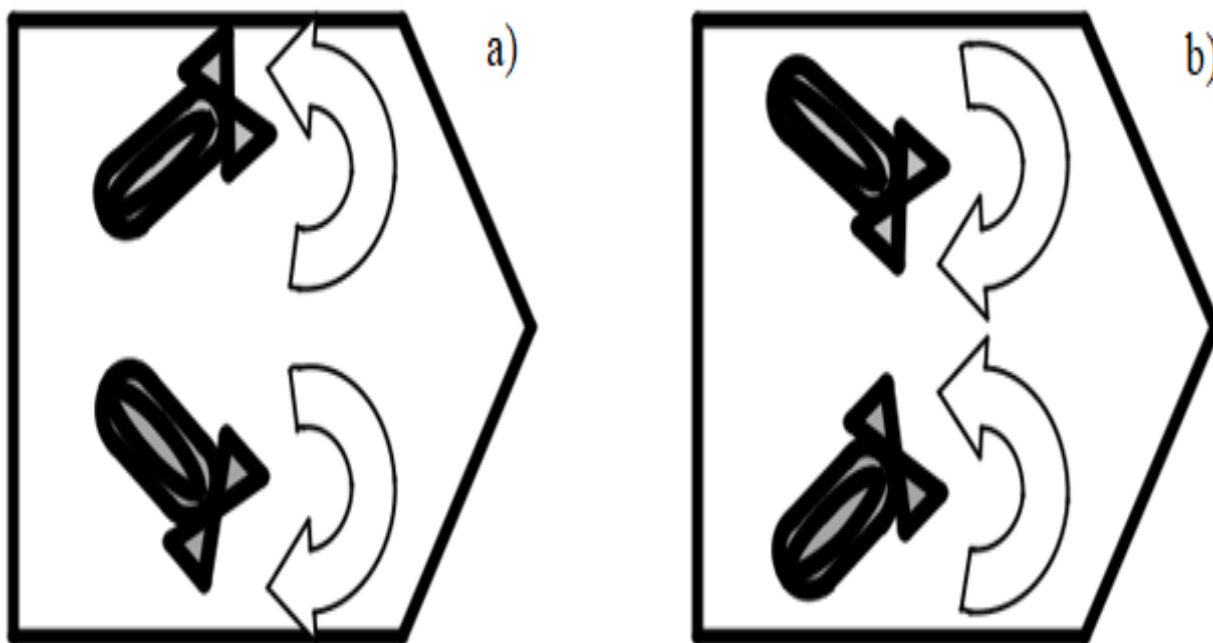
Obilježja	LNG tanker	Model LNG tankera
Duljina [m]	277.5	11.56
Širina [m]	43.2	1.80
Gaz [m]	12.0	0.50
Blok koeficijent $C_B$	0.79	0.79
Omjer	-	1:24
Broj azipoda	2	2

Konfiguracija krmenog dijela brodskog modela prikazana je na slici 18. Jasno se može vidjeti poseban oblik krme broda opremljenog s azipod pogonskim sustavom.



Slika 18. Model LNG tankera opremljen s dva azipoda [3]

Testovi modela provedeni su na jezeru pri velikim dubinama. Brzina vjetra tijekom testova bila je 5 čvorova i manje (nakon uzimanja omjera u obzir). Struje nisu bile proučavane. Testovi su provedeni s početnom brzinom oko 12 čvorova, to jest 65 posto od brzine tipičnog velikog LNG tankera. Ova brzina se ne poklapa s preporučenom brzinom standarda manevriranja, gdje se preporuča 90 posto uobičajne brzine. Takav izbor diktiran je zahtjevima vježbe. Broj okretaja vijka pri kretanju krmom bio je jednak kao i pri kretanju prema naprijed. Također proučen je položaj azipoda i broj okretaja instaliranog vijka. Položaj azipoda i broj okretaja vijka podešeni su ručno od strane operatora koji su provodili test. Putanja modela, kurs i brzina mjereni su preciznim GPS (sustav za globalno pozicioniranje) sustavom [4].



Slika 19. Usporedba okretanja azipoda a) prema van i b) prema unutar [4]

Izvedeni su sljedeći testovi manevra zaustavljanja:

- 1) Inercijsko zaustavljanje s otklonom azipoda od 90 stupnjeva prema van.
- 2) Zaustavljanje s otklonom azipoda od 90 stupnjeva prema van. Okretaj vijka nepromijenjen.
- 3) Zaustavljanje s otklonom azipoda od 90 stupnjeva prema unutra. Okretaj vijka nepromijenjen.
- 4) Zaustavljanje punim okretom azipoda (180 stupnjeva). Kada se azipodu okreću broj okretaja vijka se smanji pa se nakon toga opet vrati.
- 5) Zaustavljanje promjenom smjera okretaja vijka. Broj okretaja krmom jednak je kao i prema naprijed.
- 6) Zaustavljanje indirektnim manevrom: otklona azipoda 30 stupnjeva prema van, nakon toga mijenja se smjer okretaja vijka [4].

Rezultati navedenih testova modela prikazani su dolje u Tablici 3. Zaustavni put je naveden kao omjer doseg putanje i duljine broda  $S_d/L$  (doseg putanje je ukupna udaljenost koju je brod prešao kroz brodski put):



Tablica 3. Rezultati provedenih testova manevra zaustavljanja [4]

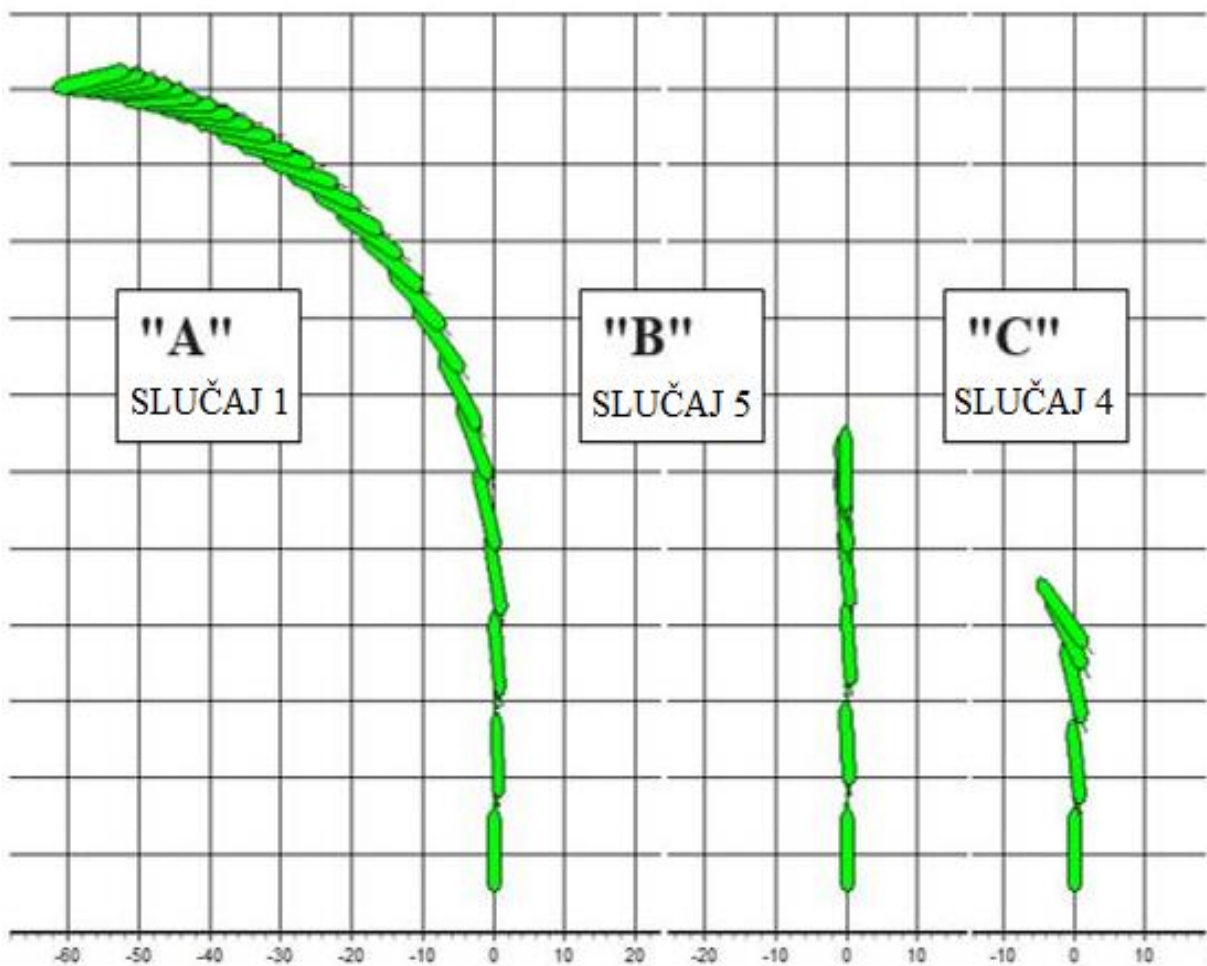
	Opis različitih slučajeva tijekom manevra zaustavljanja	$S_d/L$
1	Inercijsko zaustavljanje s odklonom azipoda 90 stupnjeva prema van	11.2
2	Zaustavljanje s odklonom azipoda 90 stupnjeva prema van, broj okretaja vijka nepromijenjen	4.0
3	Zaustavljanje s odklonom azipoda 90 stupnjeva prema unutar, broj okretaja vijka nepromijenjen	3.8
4	Zaustavljanje punim okretom azipoda (180 stupnjeva), pri skretanju broj okretaja vijka smanjen, nakon toga vraćen	2.7
5	Zaustavljanje promjenom smjera rotacije vijka, broj okretaja vijka krmom isti kao i prema naprijed	4.4
6	Zaustavljanje indirektnim manevrom; odklon azipoda 30 stupnjeva prema van s istodobnom promjenom smjera rotacije vijka, broj okretaja vijka krmom isti kao i prema naprijed	3.7

Neke ispitane putanje modela također su navedene. Navedene su putanje za sljedeće manevre zaustavljanja:

- Inercijsko zaustavljanje s odklonom azipoda 90 stupnjeva prema van (slučaj opisan pod brojem 1 u tablici broj 3, putanja prikazana na slici 21.A)
- Zaustavljanje promjenom smjera rotacije vijka (slučaj opisan pod brojem 5 u tablici broj 3, putanja prikazana na slici 21.B)
- Zaustavljanje punim okretom azipoda (slučaj opisan pod brojem 4 u tablici broj 3, putanja prikazana na slici 21.C) [4]

Podaci istraživanja u Tablici 3. pokazuju da pogonski sustav azipoda jasno pruža vrlo kratak zaustavni put, bez obzira na vrstu manevra. Prosječna vrijednost manevra zaustavljanja od početne brzine je oko 3.5 L (L predstavlja duljinu broda). Razlog tomu je:

- Relativno kratko vrijeme promjene smjera (oko 60 s), zato jer se vijci pokreću električnom motorom u usporedbi s klasičnim dizel pogonskim sustavom kojemu treba nekoliko minuta.
- Brzina okreta azipoda općenito varira između 5 i 7.5 stupnjeva po sekundi tako da se na opozicijsku poziciju može stići nakon 24 do 36 sekundi.
- Istovremeno korištenja hidrodinamčkih sila koje su nastale zbog gondola azipoda znatno smanjuje zaustavni put.
- Takozvani indirektni manevar nije se pokazao najboljim. Doseg putanje bio je 37 posto veći od zaustavljanja punim okretom azipoda.
- Utjecaj interakcije između dva azipoda (vidi rezultate testova koristeći način 2 i 3 - okretanje azipoda prema unutar i van) neznatno smanjuje doseg putanje tijekom zaustavljanja (4L umjesto 3.8L) [4].



Slika 20. Putanje manevara zaustavljanja za različite načine [4]

Analize putanja brodskog modela pokazule su znatan utjecaj na oblik putanje kada je riječ o ručnoj kontroli položaja azipoda i broju okretaja vijka, čak i mali nesimetrični konačni položaji azipoda ili male promjene tijekom operacije mijenjanja položaja azipoda mogu uzrokovati znatna odstupanja od očekivane ravne putanje dva azipoda. Uzevši to u obzir zahtijeva se stalna kontrola kursa broda, što se inače postiže ručnom kontrolom [4].

## 7. ZAKLJUČAK

Da bi se manevar zaustavljanja uspješno izveo potrebno je poznavati manevarske sposobnosti broda i uzeti u obzir uvjete okoliša tijekom manevra. Nakon izgradnje broda klasifikacijska društva i druge organizacije zahtijevaju provođenje testova manevriranja kako bi se odredila manevarska obilježja broda. Testovi manevriranja, ako je moguće trebaju biti provedeni u uvjetima koji su slični stvarnim uvjetima broda tijekom plovidbe. Na zapovjedničkom mostu nalaze se podaci provedenog testa manevra zaustavljanja u slučaju da manevar treba izvesti. Svaki brod pokazuje različita obilježja kada je u pitanju manevar zaustavljanja, ovisno o vrsti broda, duljini broda, opterećenju, pogonskom sustavu i hidrometeorološkim uvjetima. Velika komercijalna plovila koja plove na velikim udaljenostima nemaju potrebu za velikim manevarskim sposobnostima pa njihov manevar zaustavljanja obilježava relativno dug zaustavni put, dok primjerice trajekti koji plove na manjim udaljenostima i u područjima gušćeg prometa zahtijevaju dobre manevarske sposobnosti te stoga imaju znatno manji zaustavni put. Najučinkovitiji manevar zaustavljanja za spomenuta velika komercijalna plovila jest zig-zag manevar jer se pri tom manevru kormilo okreće po određenoj zakonitosti onemogućujući hidrodinamičko pritanje vode vijku pri čemu se smanjuje brzina broda. Brodovi opremljeni s dva azipoda imaju odlične sposobnosti manevriranja te se zbog toga mogu zaustaviti na malim udaljenostima i na više načina. Najučinkovitiji način manevra zaustavljanja brodova s dva azipoda jest manevar zaustavljanja punim okretom azipoda. Manevarske sposobnosti broda nisu uvijek iste te treba obratiti pažnju na stanje broda i hidrometeorološke uvjete. Dužnost je časnika palube uzeti u obzir promjenjivo stanje broda i okoliša te iskoristiti podatke zaustavnog puta i stječene vještine kako bi se manevar uspješno izveo. Detaljno poznavanje obilježja manevra zaustavljanja od velike je važnosti kako bi se izbjegle pomorske nesreće koje mogu ugroziti ljudske živote i onečistiti okoliš. U ovom radu detaljno su obrazložena manevarska obilježja broda te su navedeni rezultati provedenih testova koji su zahtijevani od strane Međunarodne pomorske organizacije i drugih organizacija.

## LITERATURA

- [1] Damir Zec: Sigurnost na moru, Pomorski fakultet u Rijeci, 2001.
- [2] F.Wirz (2012) Optimisation of the crash-stop manoeuvre of vessels employing slow-speed two-stroke engines and fixed pitch propellers, Journal of Marine Engineering & Technology, 11:1, 35-43, siječanj 2012.
- [3] International Maritime Organization: Explanatory notes to the standards for ship manoeuvrability, MSC/Circ.1053, 16.12.2002.
- [4] J. Nowicki: Stopping of Ships Equipped with Azipods, The Foundation for Safety of Navigation and Environment Protection, Gdańsk, Poland, ShipHandling Research and Training Centre, Ilawa, Poland, rujan 2014.
- [5] Kalinovčić, H.: Upravljivost broda, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2004.
- [6] Manoeuvring Committee of 23<sup>rd</sup> ITTC: ITTC – Recommended Procedures, 2002.
- [7] R. Tonelli: 6.2 Manoeuvrability, K.H. van der Meij, F. Quadvlieg, 25.07.2013.

### INTERNET IZVORI:

- [8] [https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-the-three-main-types-of-recommended-person-overboard-maneuvres\\_fig9\\_257804433](https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-the-three-main-types-of-recommended-person-overboard-maneuvres_fig9_257804433) (pristupljeno 26.02.2020.)
- [9] [https://www.researchgate.net/figure/10-10-Zigzag-maneuvre-for-a-ship-model\\_fig2\\_327982287](https://www.researchgate.net/figure/10-10-Zigzag-maneuvre-for-a-ship-model_fig2_327982287) (pristupljeno 23.12.2019.)
- [10] [https://www.researchgate.net/figure/Results-from-a-5-zigzag-maneuvre-heading-and-rudder-deflection-a-and-depth-control\\_fig12\\_246829519](https://www.researchgate.net/figure/Results-from-a-5-zigzag-maneuvre-heading-and-rudder-deflection-a-and-depth-control_fig12_246829519) (pristupljeno 23.12.2019.)
- [11] <https://www.marinapomorac.com/manevriranje> (pristupljeno 07.01.2020.)
- [12] <https://www.side3.no/motor/berge-stahl-verdens-storste-bulkskip-fra-1986-2011-6690431> (pristupljeno 25.12.2019.)
- [13] [https://www.researchgate.net/figure/Fixed-Pitch-Propeller\\_fig1\\_325813488](https://www.researchgate.net/figure/Fixed-Pitch-Propeller_fig1_325813488) (pristupljeno 27.12.2019)
- [14] <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/controllable-pitch-propeller-cpp-vs-fixed-pitch-propeller-fpp/> (pristupljeno 27.12.2019)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Test manevra zaustavljanja [5].....	2
Slika 2. Prikaz rezultata manevra zaustavljanja [5].....	3
Slika 3. Elementi kruga okreta broda [6].....	8
Slika 4. Prikaz rezultata spiralnih manevara [6].....	10
Slika 5. Prikaz manevra stabilnosti kursa broda [6].....	11
Slika 6. Elementi manevra zaustavljanja [6].....	12
Slika 7. <i>Williamsonov</i> i <i>Scharnowov</i> zaokret [8].....	14
Slika 8. Manevar poprečnog kretanja broda.....	16
Slika 9. Vremenski prikaz parametara zig-zag manevra [6].....	17
Slika 10. 10/10 zig-zag manevar [9].....	18
Slika 11. 5/5 zig-zag manevar [10].....	19
Slika 12. <i>Bulk carrier</i> sa sporohodnim dvotaktnim dizel motorom i fiksnim krilima [12].....	21
Slika 13. Vijak s fiksnim krilima [13].....	21
Slika 14. Vijak s prekretnim krilima [14].....	22
Slika 15. Model koji predstavlja LNG tanker [4].....	23
Slika 16. Sile koje utječu na azipod [4].....	24
Slika 17. Interakcija dva azipoda i interakcija trupa i azipoda [4].....	24
Slika 18. Model LNG tankera opremljen s dva azipoda [4].....	26
Slika 19. Usporedba okretanja azipoda prema van a) i prema unutar b) [4].....	27
Slika 20. Putanje manevra zaustavljanja za različite načine [4].....	29

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Testovi manevriranja preporučeni od strane različitih organizacija [6].....	4
Tablica 2. Usporedba obilježja LNG tankera i njegova modela [4].....	25
Tablica 3. Rezultati provedenih testova manevra zaustavljanja [4].....	28

## **POPIS KRATICA**

LNG (liquified natural gas)

GPS (global positioning system)

ukapljeni plin

sustav za globalno pozicioniranje