

Stabilitet broda za krstarenje u oštećenom stanju

Klarić, Ante Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:633138>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-06**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ante Krešimir Klarić

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Čatipović

Student:

Ante Krešimir Klarić

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Želim se posebno zahvaliti svojem mentoru izv. prof. dr. sc. Ivanu Čatipoviću te dipl. ing. Ivanu Muniću na trudu, vremenu, strpljenju i znanju koje su mi prenijeli kroz izradu završnog rada i studiranje. Hvala vam na svemu! Veliko hvala mojim roditeljima, mojoj obitelji, prijateljima i djevojci te kolegama na studiju koji su mi bili velika podrška i oslonac. Od srca hvala svima i hvala dragome Bogu na svemu.

Ante Krešimir Klarić



| | |
|-------------------------------------|--------|
| Sveučilište u Zagrebu | |
| Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1 | |
| Ur.broj: 15 - 1703 - 23 - | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ante Krešimir Klarić** JMBAG: **0035224196**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Stabilitet broda za krstarenje u oštećenom stanju**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Cruise ship stability in damaged condition**

Opis zadatka:

Proračun stabiliteta broda sastavni je dio projektne dokumentacije. Procjene svojstva broda sa stanovišta stabiliteta provodi se u neoštećenom i oštećenom stanju. Brod u oštećenom stanju mora biti dovoljno stabilan da bi se omogućilo spašavanje putnika i posade te ako je moguće i tereta koji broda prevozi. Stabilitet u oštećenom stanju temelji se na konfiguraciji nepropusnih pregrada i paluba koje ograničavaju naplavljivanje prostora u brodu nakon oštećenja trupa. Ova konfiguracija se provjerava proračunom stabiliteta u oštećenom stanju.

Za odabrani brod i za zadana stanja krcanja potrebno je povesti:

1. proračun stabiliteta u neoštećenom stanju,
2. proračun stabiliteta u oštećenom stanju primjenom determinističkog pristupa,
3. proračun stabiliteta u oštećenom stanju primjenom probablističkog pristupa,
4. usporedbu dobivenih rezultata s zahtjevima relevantnih pravila.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Datum predaje rada:

1. rok: 20. 2. 2023.
2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.
3. rok: 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 27. 2. - 3. 3. 2023.
2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.
3. rok: 25. 9. - 29. 9. 2023.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Čatipović

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Čatipović

SADRŽAJ

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | UVOD..... | 1 |
| 2 | Stabilitet putničkog broda u neoštećenom stanju | 2 |
| 2.1 | Kriteriji za proračun stabiliteta u neoštećenom stanju | 2 |
| 2.1.1 | Kriteriji poluge stabiliteta | 2 |
| 2.1.2 | Kriterij vremenskih prilika..... | 2 |
| 2.1.3 | Dodatni kriteriji za putničke brodove | 4 |
| 3 | Stabilitet putničkog broda u oštećenom stanju | 5 |
| 3.1 | Deterministička metoda | 5 |
| 3.1.1 | Kriteriji za proračun stabiliteta u oštećenom stanju determinističkom metodom.5 | |
| 3.1.1.1 | Pretpostavljeni opseg oštećenja: | 5 |
| 3.1.1.2 | Kriteriji stabiliteta po SOLAS-u za jedan odjeljak | 5 |
| 3.2 | Probabilistička metoda..... | 6 |
| 3.2.1 | Zahtijevani indeks pregrađivanja R | 7 |
| 3.2.2 | Dobiveni (postignuti) indeks pregrađivanja A..... | 8 |
| 3.2.3 | Faktor p_i | 10 |
| 3.2.3.1 | Za slučaj oštećenja jedne zone..... | 10 |
| 3.2.3.2 | Za slučaj oštećenja dvije susjedne zone..... | 11 |
| 3.2.4 | Faktor s_i | 13 |
| 3.2.5 | Faktor v_i | 15 |
| 3.2.6 | Naplavljenost | 16 |
| 4 | Forma za proračun stabiliteta i opći podaci o brodu..... | 17 |
| 4.1 | Forma broda | 17 |
| 4.2 | Opći podaci o brodu..... | 18 |
| 4.3 | Kriterij vremenskih prilika..... | 19 |
| 5 | Proračun stabiliteta putničkog broda M/B „Alfa Mario“ u neoštećenom stanju | 20 |
| 5.1 | Proračun stabiliteta u neoštećenom stanju | 20 |
| 5.1.1 | Propisana stanja krcanja..... | 20 |
| 5.1.2 | Proračun stabiliteta za propisana stanja krcanja | 22 |
| 5.1.2.1 | Brod sa 36 putnika, tankovi 100%; Putnici raspoređeni simetrično..... | 22 |
| 5.1.2.2 | Brod sa 36 putnika, tankovi 100%; Putnici raspoređeni bočno | 25 |
| 5.1.2.3 | KN krivulje | 28 |
| 6 | Proračun stabiliteta putničkog broda M/B „Alfa Mario“ u oštećenom stanju determinističkom metodom | 29 |
| 6.1 | Granična linija urona..... | 29 |
| 6.2 | Duljina vodonepropusnih odjeljaka | 29 |
| 6.3 | Propisana stanja krcanja..... | 30 |
| 6.1 | Proračun stabiliteta u oštećenom stanju | 30 |
| 6.1.1 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 1 | 32 |
| 6.1.2 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 2 | 33 |
| 6.1.3 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 3 | 34 |
| 6.1.4 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 4 | 36 |
| 6.1.5 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 5 | 37 |
| 6.1.6 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 6 | 39 |
| 6.1.7 | Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 7 | 40 |

| | | |
|-----|---|----|
| 7 | Proračun stabiliteta putničkog broda M/B „Alfa Mario“ u oštećenom stanju probabilističkom metodom..... | 42 |
| 7.1 | Rezultati proračuna za stanje krcanja d_s | 46 |
| 7.2 | Rezultati proračuna za stanje krcanja d_p | 47 |
| 7.3 | Rezultati proračuna za stanje krcanja d_l | 48 |
| 7.4 | Ukupni indeks pregrađivanja A | 49 |
| 8 | ZAKLJUČAK..... | 50 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1 Teški vjetar i valovi [3]..... | 3 |
| Slika 2. Deterministički kriteriji [3] | 6 |
| Slika 3 Prikaz različitih stanja krcanja [2] | 8 |
| Slika 4 Prikaz teorijskog trokuta oštećenja jedne zone [2] | 10 |
| Slika 5 Prikaz teoretskog trokuta oštećenja dvije zone [2] | 11 |
| Slika 6 Prikaz podjele broda na zone i njihovo označavanje [2] | 12 |
| Slika 7 Objašnjenje za Hm | 15 |
| Slika 8 Skica rebara..... | 17 |
| Slika 9 Bokocrt..... | 17 |
| Slika 10 Prostorni prikaz forme | 18 |
| Slika 11 Prikaz površine izložene vjetru | 19 |
| Slika 12 Dijagram poluge stabiliteta 1 | 23 |
| Slika 13 Dijagram poluge stabiliteta 4 | 25 |
| Slika 14 KN krivulje..... | 28 |
| Slika 15 Dijagram poluge stabiliteta 1 | 32 |
| Slika 16 Dijagram poluge stabiliteta 2 | 33 |
| Slika 17 Dijagram poluge stabiliteta 3 | 35 |
| Slika 18 Dijagram poluge stabiliteta 4 | 36 |
| Slika 19 Dijagram poluge stabiliteta 5 | 38 |
| Slika 20 Dijagram poluge stabiliteta 6 | 39 |
| Slika 21 Dijagram poluge stabiliteta 7 | 41 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1 Deterministički parametri..... | 5 |
| Tablica 2 Iznos indeksa pregrađivanja R | 7 |
| Tablica 3 Izrazi za određivanje vrijednosti v | 15 |
| Tablica 4 Koeficijenti naplavljenosti putničkog broda | 16 |
| Tablica 5 Propisana stanja krcanja | 20 |
| Tablica 6 Raspored tekućina u tankovima u odlasku – 100%..... | 20 |
| Tablica 7 Raspored tekućine u tankovima na putovanju – 50% | 20 |
| Tablica 8 Raspored tekućine u tankovima u dolasku – 10%..... | 21 |
| Tablica 9 Putnici raspoređeni simetrično | 21 |
| Tablica 10 Putnici pokraj bočne ograde | 21 |
| Tablica 11 Stanje krcanja 1 | 22 |
| Tablica 12 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 1 | 23 |
| Tablica 13 IMO kriteriji 1 | 24 |
| Tablica 14 IMO kriteriji vremenskih prilika | 24 |
| Tablica 15 Stanje krcanja 4 | 25 |
| Tablica 16 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 4..... | 26 |
| Tablica 17 IMO kriteriji 4 | 26 |
| Tablica 18 IMO kriteriji vremenskih prilika | 27 |
| Tablica 19 Tablica KN krivulje | 28 |
| Tablica 20 Očitavanja za graničnu liniju urona | 29 |
| Tablica 21 Stanje krcanja – Odlazak | 31 |
| Tablica 22 Stanja oštećenja | 31 |
| Tablica 23 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 1 | 32 |
| Tablica 24 Kriteriji SOLAS-a 1 | 32 |
| Tablica 25 Karakteristične točke 1 | 33 |
| Tablica 26 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 2..... | 33 |
| Tablica 27 Kriteriji SOLAS-a 2 | 34 |
| Tablica 28 Karakteristične točke 2..... | 34 |
| Tablica 29 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 3..... | 34 |
| Tablica 30 Karakteristične točke 3..... | 35 |
| Tablica 31 Kriteriji SOLAS-a 3 | 35 |
| Tablica 32 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 4..... | 36 |
| Tablica 33 Karakteristične točke 4..... | 36 |
| Tablica 34 Kriteriji SOLAS-a 4 | 37 |
| Tablica 35 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 5..... | 37 |
| Tablica 36 Karakteristične točke 5..... | 37 |
| Tablica 37 Kriteriji SOLAS-a 5 | 38 |
| Tablica 38 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 6..... | 39 |
| Tablica 39 Karakteristične točke 6..... | 39 |
| Tablica 40 Kriteriji SOLAS-a 6 | 40 |
| Tablica 41 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 7..... | 40 |
| Tablica 42 Karakteristične točke 7..... | 40 |
| Tablica 43 Kriteriji SOLAS-a 7 | 41 |
| Tablica 44 Uzdužni položaj zona | 42 |
| Tablica 45 Unos podataka u program MaxSurf-Stability | 43 |
| Tablica 46 Stanje krcanja za gaz d_s | 44 |
| Tablica 47 Stanje krcanja za gaz d_p | 44 |
| Tablica 48 Stanje krcanja za gaz d_l | 45 |

| | |
|--|----|
| Tablica 49 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_s | 46 |
| Tablica 50 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_p | 47 |
| Tablica 51 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_l | 48 |
| Tablica 52 Postignuti i traženi indeksi pregrađivanja | 49 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------|------------------|---|
| GZ | m | poluga stabiliteta |
| φ | ° | kut nagiba broda |
| GZ_{max} | m | maksimalni iznos poluge stabiliteta |
| GM_0 | m | početna metacentarska visina |
| lw_1 | m | poluga stalnog vjetra |
| φ_0 | ° | kut nagiba pod utjecajem konstantnog vjetra |
| φ_1 | ° | kut nagiba zbog djelovanja valova |
| φ_2 | ° | kut naplavljivanja |
| lw_2 | m | poluga naleta vjetra |
| A | m ² | površina definirana slikom 1 |
| B | m ² | površina definirana slikom 1 |
| P | Pa | tlak uzrokovan vjetrom |
| A | m ² | projicirana bočna površina za dio broda iznad vodne linije |
| Z | m | vertikalna udaljenost od težišta površine A do polovine gaza |
| Δ | t | istisnina |
| G | m/s ² | ubrzanje zemljine sile teže |
| M_{h2} | KNm | moment nagibanja uslijed okretanja broda |
| Δ | t | istisnina |
| L | m | duljina broda na vodnoj liniji |
| KG | m | udaljenost težišta sustava broda od gornjeg ruba kobilice |
| D | m | srednji gaz broda |
| v_o | m/s | brzina u službi |
| R | m | radijus kruga okretaja |
| GM | m | metacentarska visina |
| R | / | zahtijevani indeks pregrađivanja |
| N | / | ukupan broj ljudi na brodu |
| A | / | postignuti indeks pregrađivanja |
| P | / | vjerojatnost da će odjeljak biti napavljen |
| V | / | vjerojatnost da odjeljak iznad horizontalne pregrade ostane čitav |
| S | / | vjerojatnost preživljavanja nakon naplavljivanja |
| I | / | broj razmatranog odjeljka |
| d_s | m | najveći gaz broda |
| d_p | m | brod na gazu od 60% najvećeg gaza broda d_s |
| d_l | m | brod na lakoj vodnoj liniji sa 10% zaliha |
| A_s | / | parcijalni indeks izračunat za gaz d_s |

| | | |
|---------------------|----------------|--|
| A_p | / | parcijalni indeks izračunat za gaz d_p |
| A_l | / | parcijalni indeks izračunat za gaz d_l |
| j | / | broj oštećene zone gledajući od krmenog dijela broda |
| k | / | broj uzdužnih pregrada koje sprječavaju prodor u poprečnom smjeru |
| x_1 | m | udaljenost od početka duljine l_s gledajući s krme do krmene pregrade oštećene zone |
| x_2 | m | udaljenost od početka duljine l_s gledajući s krme do pramčane pregrade oštećene zone |
| b | m | poprečna udaljenost u metrima mjerena od oplata do uzdužne pregrade na najvećem gazu |
| S_i | / | vjerojatnost preživljavanja naplavljenog broda uključujući jedan ili skupinu odjeljaka |
| $S_{final,i}$ | / | vjerojatnost preživljavanja u konačnoj fazi naplave |
| θ_e | ° | poprečni kut nagiba broda u ravnotežnom stanju za bilo koje stanje naplave |
| $Range$ | m | raspon pozitivnih poluga stabiliteta |
| θ_{min} | ° | minimalni kut nagiba broda, za putničke brodove |
| θ_{max} | ° | maksimalni kut nagiba broda, za putničke brodove |
| $S_{mom,i}$ | / | vjerojatnost preživljavanja maksimalnog momenta nagibanja vjetra |
| $M_{passenger}$ | Nm | moment uzrokovan gibanjem putnika na jednu stranu broda |
| $M_{survivalcraft}$ | Nm | maksimalni pretpostavljeni moment nagibanja zbog spuštanja potpuno napunjenog čamaca za preživljavanje |
| T | m | gaz |
| H_m | | najmanja visina do prve horizontalne pregrade iznad vodne linije |
| H_{m-1} | | najmanja visina do (m-1) horizontalne pregrade iznad vodne linije |
| m | / | označava svaku horizontalnu pregradu gledajući od vodne linije prema gore |
| L_{oa} | m | duljina preko svega |
| L_{pp} | m | duljina između okomica |
| B | m | širina |
| Z_A | m | težište izložene površine iznad osnovka |
| A_k | m ² | površina centralne kobilice |
| C_p | / | prizmatički koeficijent |
| C_b | / | koeficijent punoće |
| LCB | m | uzdužni položaj težišta istisnine |
| LCF | m | uzdužni položaj težišta broda |
| GMt | m | poprečna metacentarska visina |

KN

m

stvarna visina metacentra

SAŽETAK

U ovom završnom radu je proveden proračun stabiliteta putničkog broda u neoštećenom i oštećenom stanju. Navedena su pravila po kojima se provodi svaka od navedenih metoda i kriteriji koje brod mora zadovoljiti za velike kutove nagiba. Zatim su prikazane opće karakteristike forme na kojoj se provodi proračun. Unesena su tražena stanja krcanja za ovaj tip broda te definirana granična linija urona. Proveden je proračun za prethodno navedene metode te su prikazani rezultati. Dan je zaključak o rezultatima proračuna i predložen alternativni način za zadovoljiti kriterije.

Ključne riječi: stabilitet, neoštećeno, oštećeno, kut nagiba, kriteriji, stanja krcanja, granična linija urona, naplavljenost, probabilistički, deterministički, putnički brod, SOLAS, IMO

SUMMARY

This final paper includes the stability calculation of a passenger ship in intact and damaged conditions. The rules for both methods and the criteria that the ship must meet for large angles of inclination are noted. Then, the general characteristics of the hull form used in the calculation are presented. The requested loading conditions for this type of ship and the defined immersion boundary line are entered. The calculation was carried out for the aforementioned methods, and the results are presented. A conclusion is given regarding the calculation results, and an alternative way to meet the criteria is proposed.

Key words: stability, intact, damaged, heel angle, criterion, load case, margin line, permeability, probabilistic, deterministic, passenger ship, SOLAS, IMO

1 UVOD

Stabilitet je svojstvo broda da održi brod uspravnim unatoč svim nastalim okolnostima tokom plovidbe. Stabilnost broda je ključna značajka za sigurnost i učinkovitost broda na moru. To se odnosi na sposobnost broda da se suprotstavi silama koje bi mogle uzrokovati njegovo prevrtanje ili potonuće. Postoje mnogi faktori koji utječu na stabilnost broda, uključujući oblik trupa te raspodjelu masa. Gubitak stabiliteta je jedan od najčešćih razloga gubitka brodova. Stabilitet broda je najčešće ugrožen na valovitom moru uslijed djelovanja vjetra i valova, pomaka tereta, prodora mora u trup broda, prelazak svih putnika na jedan bok broda i slično.

U ovom završnom radu fokusirat će se na brod za prijevoz putnika na višednevnim putovanjima i nautički turizam na području Jadranskog mora. Cilj ovoga rada je provesti proračun stabiliteta putničkog broda u neoštećenom stanje te oštećenom stanju determinističkom i probabilističkom metodom u programskom paketu MaxSurf, po kriterijima Hrvatskog registra brodova.

2 Stabilitet putničkog broda u neoštećenom stanju

Kao što i sam naziv kaže, kada provodimo proračun stabiliteta u neoštećenom stanju razmatramo trup kao zatvoreni volumen koji pluta na slobodnoj površini. Svi tankovi i odjeljci u brodu se također smatraju neoštećenima. Intact stability code nam daje detaljniji uvid u teoriju, te zahtjeve za putnički brod u neoštećenom stanju. Svrha Code-a je predstaviti obavezne i preporučene kriterije stabiliteta i druge načine da se osigura sigurna plovidba broda te minimalizira rizik za brod, posadu i okoliš, [1].

2.1 Kriteriji za proračun stabiliteta u neoštećenom stanju

2.1.1 Kriteriji poluge stabiliteta

Površina ispod GZ krivulje ne smije biti manja od 0.055 metar-radijana za nagib broda $\varphi = 30^\circ$. Površina ispod GZ krivulje ne smije biti manja od 0.09 metar-radijana za nagib broda $\varphi = 40^\circ$ ili do kuta naplavlivanja ako je on manji od 40° . Također, površina ispod GZ krivulje ne smije biti manja od 0.03 metar-radijana za nagib broda između $\varphi = 30^\circ$ i $\varphi = 40^\circ$. Poluga stabiliteta GZ mora iznositi barem 0.2 m za nagib broda koji je jednak ili veći od 30° . Maksimalni iznos poluge stabiliteta GZ_{max} mora se pojaviti pri kutu nagiba većem od 25° . Ukoliko kriterij za iznos kut nagiba pri GZ_{max} nije zadovoljen, dovoljno je zadovoljiti sljedeći kriterij:

$$\text{Površina ispod } GZ_{max} \text{ req.} = 0.055 + 0.001 (30^\circ - \varphi_{max}) < \text{Površina ispod } GZ_{max} \quad (1.1)$$

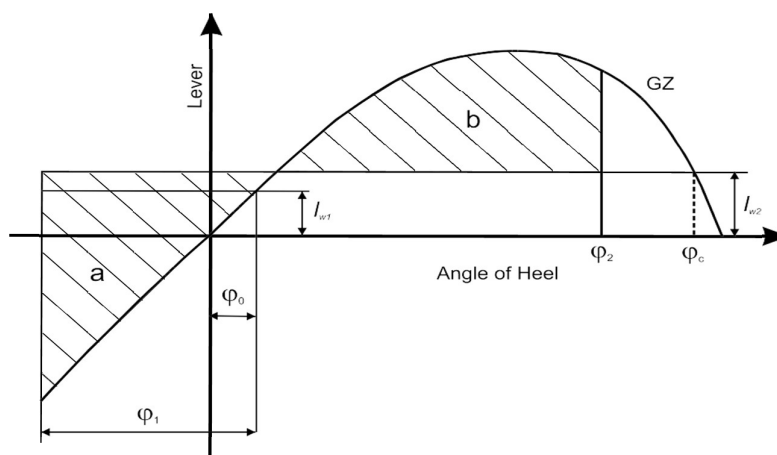
Početna metacentarska visina GM_0 ne smije biti manja od 0.15m, [1]

2.1.2 Kriterij vremenskih prilika

Sposobnost broda da podnese učinak kombinacije bočnog vjetera i valova se dokazuje se zadovoljavanjem pravila prikazanih na slici 1 koja glase :

- Brod se izlaže stalnom pritisku vjetera koji djeluje okomito na središnju liniju broda što rezultira polugom stalnog vjetera (lw_1);
- Od kuta nagiba kod ostvarene ravnoteže (φ_0), pretpostavlja se da se brod nagnje uslijed djelovanja valova do kuta nagiba (φ_1) u smjeru djelovanja vjetera. Kut nagiba uslijed djelovanja vjetera konstantne brzine (φ_0) ne smije premašiti vrijednost od 16° ili vrijednost od 80% od kuta nagiba kod kojeg uranja rub palube, ovisno o tome koja je vrijednost manja.
- Zatim se brodu izlaže pritisku naleta vjetera koji rezultira polugom naleta vjetera (lw_2);

- U tim okolnostima, područje b mora biti jednako ili veće od područja a , kako je prikazano na slici 1 ispod:



Slika 1 Teški vjetar i valovi [3]

Gdje su kutovi sa slike 1 definirani na sljedeći način:

- φ_0 = kut nagiba pod utjecajem konstantnog vjetra
- φ_1 = kut nagiba u privjetrinu zbog djelovanja valova
- φ_2 = kut naplavljivanja

Poluge nagiba vjetra l_{w1} i l_{w2} su konstantnog iznosa pri svim kutovima nagiba te se računaju na sljedeći način :

$$l_{w1} = \frac{P * A * Z}{1000 * G * \Delta} \quad (m) \quad (1)$$

$$l_{w2} = 1.5 * l_{w1} \quad (2)$$

P = tlak uzrokovan vjetrom od 504 Pa

A = projicirana bočna površina za dio broda iznad vodne linije (m^2)

Z = vertikalna udaljenost od težišta od A do polovine gaza (m)

Δ = istisnina (t)

g = ubrzanje Zemljine sile teže od 9.81 m/s^2 , [1].

2.1.3 Dodatni kriteriji za putničke brodove

Kut nagiba broda uslijed okupljanja ljudi na jednom boku, uz samo ogradu, broda ne smije prijeći 10° . Pretpostavljena težina svakog putnika je 75 kg.

- Visina težišta putnika je zadana na sljedeći način:
 1. 1 m iznad razine palube ako putnik stoji uspravno
 2. 0.3 m iznad sjedala ako putnik sjedi

Kut nagiba kobilice uslijed okretanja ne smije premašiti 10° kada se računa po sljedećoj formuli:

$$M_{h2} = 0.196 * \frac{v_0^2}{R * g} * \Delta * (KG - \frac{d}{2}) \quad (3)$$

M_{h2} – moment nagibanja uslijed okretanja broda, [KNm];

Δ – istisnina, [t];

L – duljina broda na vodnoj liniji, [m];

KG – udaljenost težišta sustava broda od gornjeg ruba kobilice, [m];

d – srednji gaz broda, [m];

v_0 – brzina u službi, [m/s];

R – radijus kruga okretaja, [1].

Preporuka za slučaj plovidbe sa valovima koji dolaze u krmu. Zbog mogućnosti trenutnog gubitka stabiliteta pri plovidbi na valovima preporuča se da brzina broda ne bude veća od:

$$V = 1.4 * \sqrt{L} = 1.4 * \sqrt{41.5} = 9.02 \text{ čv} \quad (4)$$

3 Stabilitet putničkog broda u oštećenom stanju

3.1 Deterministička metoda

Deterministička metoda se temelji na standardnim dimenzijama oštećenja koja se protežu po duljini trupa broda ili između nepropusnih pregrada. Deterministički pristup stabilitetu broda u oštećenom stanju se zasniva na propisanim empirijskim pravilima koji su dobiveni iz analiza dosadašnjih oštećenja. Kriteriji ovise o tipu broda, broju putnika, vrsti tereta itd. Isti kriteriji se koriste za sve tipove brodova, ali iznos parametara se mijenja ovisno o tipu broda. S obzirom da se u ovom radu vrši proračun putničkog broda, koristit ćemo se pravilima SOLAS-a, [2].

3.1.1 Kriteriji za proračun stabiliteta u oštećenom stanju determinističkom metodom

3.1.1.1 Pretpostavljeni opseg oštećenja:

- U uzdužnom smjeru: 3,0 m uvećana za 3% duljine broda, ili 11,0 m ili 10% duljine broda, ovisno o tome koja je vrijednost manja tj. 4,39 m u konkretnom slučaju
- U poprečnom smjeru (mjereno od boka prema unutra, okomito na ravninu središnjice broda na visini najviše pregradne teretne linije): udaljenost jednaka petini širine broda na najširem djelu broda tj. 1,726 m
- U vertikalnom smjeru: od osnovice neograničeno prema gore

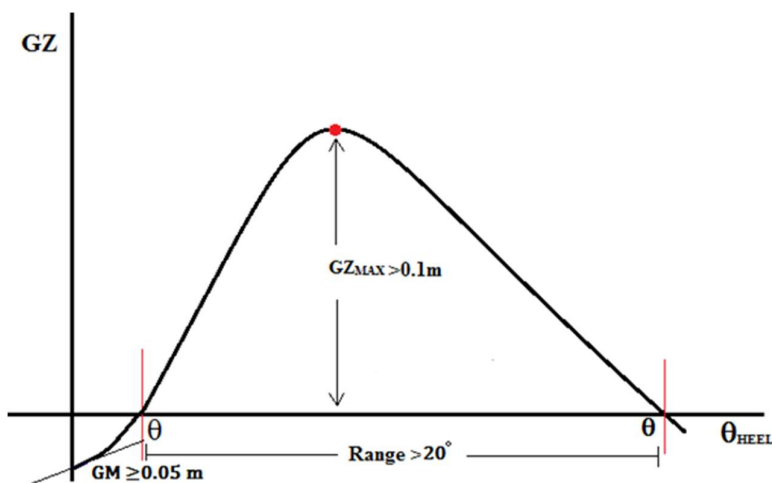
Ako bi bilo koje oštećenje manjih razmjera od onih navedenih u prethodnim točkama može uzrokovati teže uvjete u pogledu poprečnog nagiba ili smanjenja metacentarske visine, takvo oštećenje treba uzeti u obzir prilikom proračuna.

3.1.1.2 Kriteriji stabiliteta po SOLAS-u za jedan odjeljak

Tablica 1 Deterministički parametri

| Traženi parametri: | Vrijednosti za parametre: |
|---------------------|---|
| Minimalni GM | Minimalni GM mora biti barem 0.05 m |
| Raspon stabiliteta | Raspon pozitivnog GZ mora biti barem 15° |
| Maksimum GZ -a | Mora biti barem 0.1 m |
| Nagib broda | Mora biti manji od 7° |
| Površina ispod GZ | Mora biti veća od 0.015 m/rad |

Navedeni kriteriji se mogu prikazati na dijagramu poluge stabiliteta kao na slici 2.



Slika 2. Deterministički kriteriji [3]

3.2 Probabilistička metoda

Probabilistička metode se temelji na statističkim podacima o tome što se događa sa brodom nakon što dođe do oštećenja. Analiziraju se vrste oštećenja, položaj oštećenja, smjer i brzina kretanja broda neposredno prije sudara, da li je brod potonuo ili preživio, kakvi su vremenski uvjeti i stanjemora. Na temelju prikupljenih podataka od IMO organizacije se zaključuje da se najveći dio oštećenja odnosi na pramčani dio broda te je stoga potrebno posvetiti veću pažnju pregrađivanju prostora na pramčanom dijelu broda.

Probabilistička metoda pokazuje da na preživljavanje brodova nakon oštećenja utječu brojni faktori, kao što su:

- Pozicija oštećenja
- Veličina oštećenja
- Naplavljenost
- Stanje krcanja broda
- Utjecaj vjetra i valova.

Proračun probabilističkom metodom se temelji na vjerojatnosti preživljavanja broda nakon oštećenja. Procjena preživljavanja broda ovisi o brojnim faktorima i neizvjesnostima poput situacije gdje može biti naplavljen jedan odjeljak ili više njih, stanju mora za vrijeme nesreće, gazu i stabilitetu neoštećenog broda, naplavljenosti potopljenih odjeljaka kao i vrsti tereta koju brod prevozi. U konačnici, cijeli proračun se svodi na određivanje indeksa pregrađivanja A . Izračunati indeks A se uspoređuje sa indeksom R propisanim od strane IMO-a. Da bi brod zadovoljio kriterij pregrađivanja indeks A mora biti veći ili jednak od indeksa R . [2]

3.2.1 Zahtijevani indeks pregrađivanja R

Formula za zahtijevani indeks R za putničke brodove utvrđena je kroz rad projekta HARDER.[4] Izračuni su provedeni na odabranim brodova i na temelju rezultata predložena je formula za zahtijevani indeks. Formula za R varira prema tri kategorije, putničke brodove, brodove za prijevoz tereta veće od 100 m i brodove za prijevoz tereta između 80 i 100 m. Za putničke brodove, indeks varira prema dužini podjele i koliko putnika brod može primiti. Treba napomenuti da je L_s različit za probabilistički i deterministički proračun. [3]

U slučaju putničkih brodova:

Tablica 2 Iznos indeksa pregrađivanja R

| | |
|-----------|-------------|
| $N < 400$ | $R = 0.722$ |
|-----------|-------------|

N = Ukupan broj ljudi na brodu

3.2.2 Dobiveni (postignuti) indeks pregrađivanja A

Dobiveni ili postignuti indeks pregrađivanja A izražava vjerojatnost preživljavanja broda nakon oštećenja trupa, a prema najnovije usklađenim pravilima je dan slijedećim izrazom:

$$A = \sum p_i \cdot s_i \cdot v_i > 0.9R, \text{ za putničke brodove} \quad (5)$$

p – vjerojatnost da će samo jedan odjeljak ili grupa odjeljaka koji se razmatraju biti naplavljeni

v – vjerojatnost da odjeljak iznad horizontalne pregrade ostane čitav

s – vjerojatnost preživljavanja nakon naplavlivanja jednog ili grupe odjeljaka koji se razmatraju

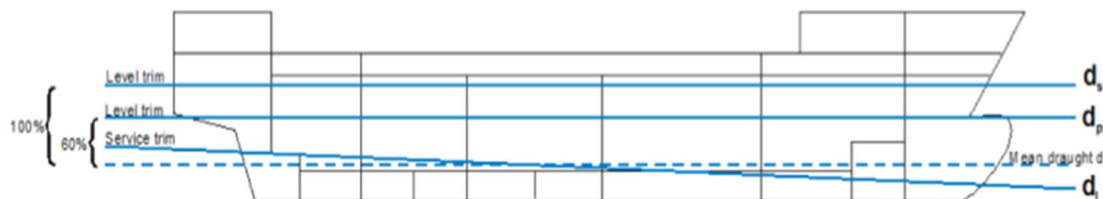
i – predstavlja razmatrani odjeljak ili grupu odjeljaka

Da bi se dobila što točnija vrijednost indeksa A , proračun se vrši za tri različita stanja krcanja broda opisana u nastavku te prikazana na slici.:

d_s – najveći gaz broda (potpuno nakrcani brod)

d_p - brod na gazu od 60% najvećeg gaza broda d_s (djelomično nakrcani brod)

d_l – brod na lakoj vodnoj liniji sa 10% zaliha (prazan brod)



Slika 3 Prikaz različitih stanja krcanja [2]

Konačni indeks A se dobije kao suma svih parcijalnih indeksa A_s , A_p i A_l kojima su dodijeljene težinske vrijednosti izračunate na gazovima d_s , d_p i d_l . [1]

Za trgovačke brodove se pretpostavlja da 40% vremena plovidbe plove potpuno nakrcani, 40% vremena djelomično nakrcani te 20% vremena da je brod prazan pa stoga slijedi izraz za proračun konačnog indeksa pregrađivanja A :

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_l > R \quad (6)$$

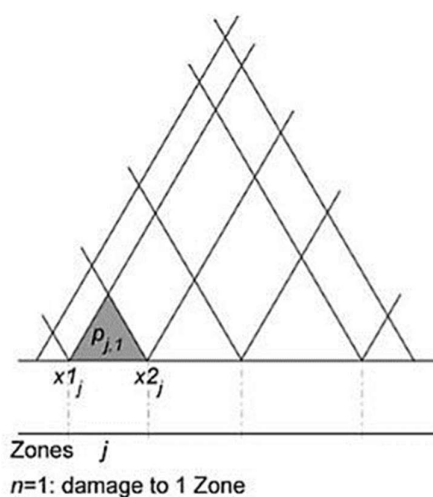
Da bi izračunali indeks A potrebno je brod podijeliti na određeni broj zona u uzdužnom, poprečnom i vertikalnom smjeru. Na projektantu je da odredi broj zona na brodu uz uvjet da duljina za nepropusnu podjelu broda L_s određuje krajnje granice broda u uzdužnom smjeru. Kako bi se postigla što veća sigurnost, cilj je dobiti što veći indeks A te je stoga vrlo važno obratiti pažnju na podjelu prostora jer svaki zasebni prostor kao i kombinacija sa susjednim prostorima utječe na vrijednosti indeksa A . Veći broj zona nam daje veći indeks A , međutim broj zona bi trebao biti ograničen do određene mjere kako bi se vrijeme proračuna održalo na prihvatljivoj razini.

3.2.3 Faktor p_i

Faktor p_i je vjerojatnost da će se pretrpjeti određena šteta. Faktor p_i ovisi o rasporedu vodonepropusnih pregrada i podjeli razmatranog broda na zone, uzima u obzir uzdužni i poprečni opseg oštećenja, a izračunava se prema izrazima i slikama danim u nastavku:

3.2.3.1 Za slučaj oštećenja jedne zone

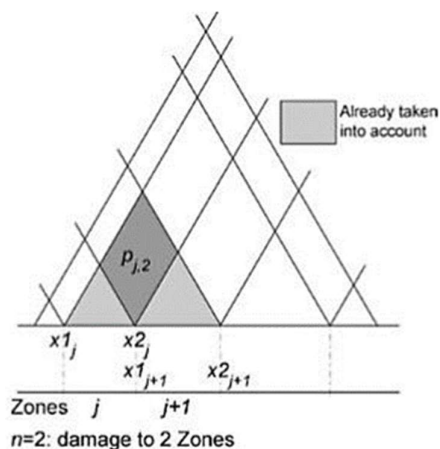
$$p_i = p(x_{1j}, x_{2j}) \cdot [r(x_{1j}, x_{2j}, bk) - r(x_{1j}, x_{2j}, bk-1)] \quad (7)$$



Slika 4 Prikaz teorijskog trokuta oštećenja jedne zone [2]

3.2.3.2 Za slučaj oštećenja dvije susjedne zone

$$\begin{aligned}
 p_i = & p(x_{1j}, x_{2j}) \cdot [r(x_{1j}, x_{2j}, bk) - r(x_{1j}, x_{2j}, bk-1)] - \\
 & p(x_{1j}, x_{2j}) \cdot [r(x_{1j}, x_{2j}, bk) - r(x_{1j}, x_{2j}, bk-1)] - \\
 & p(x_{1j+1}, x_{2j+1}) \cdot [r(x_{1j+1}, x_{2j+1}, bk) - r(x_{1j+1}, x_{2j+1}, bk-1)]
 \end{aligned} \tag{8}$$



Slika 5 Prikaz teoretskog trokuta oštećenja dvije zone [2]

$$r(x_1, x_2, b_0) = 0$$

j – broj oštećene zone gledajući od krmenog dijela broda

k – broj uzdužnih pregrada koje sprječavaju prodor u poprečnom smjeru, gledajući od oplata broda na boku ($k = 0$) prema sredini broda.

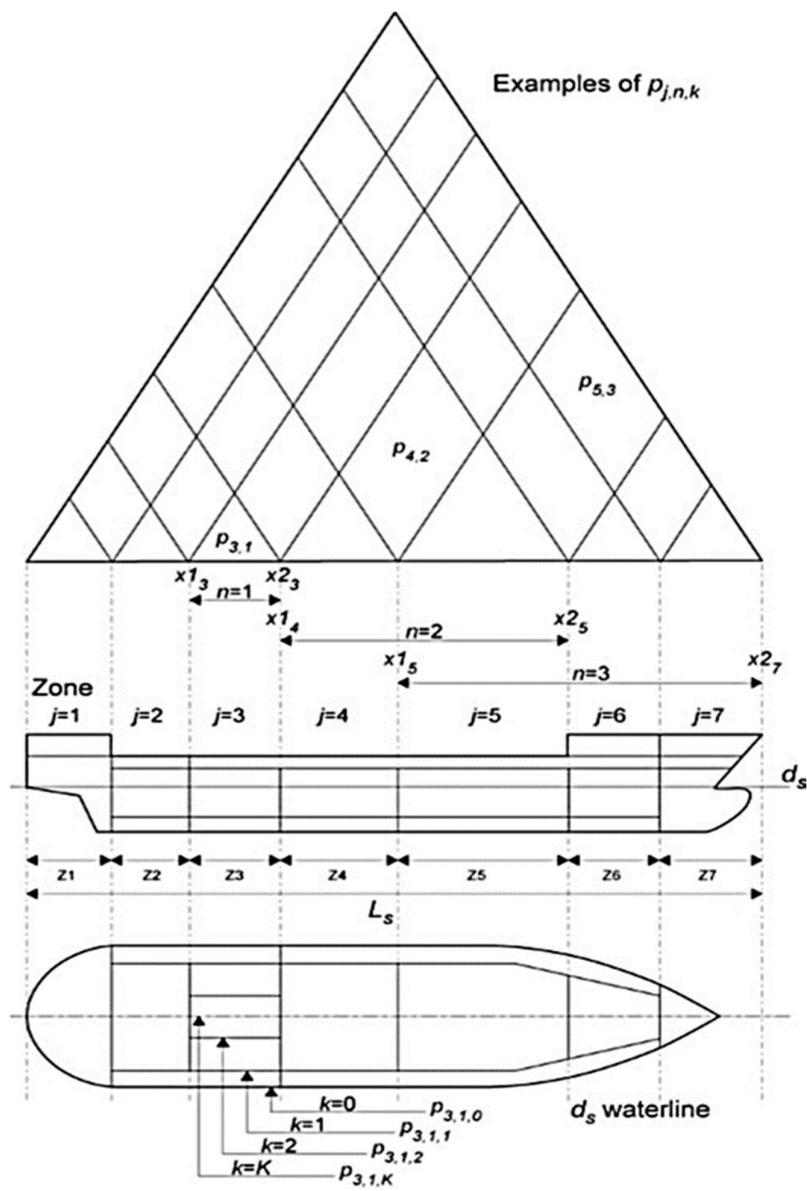
x_1 – udaljenost od početka duljine L_s gledajući s krme do krmene pregrade oštećene zone

x_2 – udaljenost od početka duljine L_s gledajući s krme do pramčane pregrade oštećene zone

b – poprečna udaljenost u metrima mjerena od oplata do uzdužne pregrade na najvećem gazu, te ne smije prelaziti $B/2$.

$p(x_1, x_2)$ – koeficijent, ovisan o bez dimenzijskoj vrijednosti duljine J .

$r(x_1, x_2, b)$ – redukcijski faktor koji obuhvaća poprečnu štetu, [3].



Slika 6 Prikaz podjele broda na zone i njihovo označavanje [2]

3.2.4 Faktor s_i

Faktor s_i je poznat kao čimbenik preživljavanja jer predstavlja vjerojatnost preživljavanja naplavljenog broda uključujući jedan ili skupinu odjeljaka. Ovaj faktor je prilično složen za izračun zbog velikog broja razmatranja u regulaciji. Ovaj faktor se određuje za svaki slučaj naplave jednog ili više odjeljaka. U nastavku su navedena pravila i izrazi za određivanje faktora s_i : [1]

$$s_i = \text{minimum}[s_{\text{intemediate},i}, (S_{\text{final},i} \cdot S_{\text{mom},i})] \quad (9)$$

$S_{\text{final},i}$ je vjerojatnost preživljavanja u konačnoj fazi naplave.

$$S_{\text{final}} = K * \left[\frac{GZ_{\text{max}}}{0.12} * \frac{\text{Range}^{\frac{1}{4}}}{16} \right] \quad (10)$$

$$K = \sqrt{\frac{\theta_{\text{max}} - \theta_e}{\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{min}}}} \quad (11)$$

$K = 0$ ako je $\theta_e \geq \theta_{\text{max}}$, $K = 1$ ako je $\theta_e \leq \theta_{\text{min}}$

θ_e – poprečni kut nagiba broda u ravnotežnom stanju za bilo koje stanje naplave

Range – raspon pozitivnih poluga stabiliteta GZ , $GZ = \theta_v - \theta_e$

GZ_{max} – maksimalna pozitivna poluga stabiliteta GZ

θ_{min} – minimalni kut nagiba broda, za putničke brodove 7°

θ_{max} – maksimalni kut nagiba broda, za putničke brodove 15°

K se temelji na dobivenom kutu nagiba. Ova se vrijednost primjenjuje kako bi se postigli prihvatljivi kutovi nagiba za različite vrste brodova. S_i će biti 0 ako brod nagne više od 15 stupnjeva za putničke brodove. Projektant mora biti oprezan pri raspoređivanju vodonepropusnih pregrada kako bi se izbjeglo dobivanje većih kutova nagiba od θ_{max} . To je zato što bi u takvi slučajevi ne bi doprinijeli postignutom indeksu. (IMO, 2006a) Kao što se vidi iz zahtjeva za determinističku stabilnost, postoji mnogo sličnosti. GZ_{max} i Range se koriste za oba izračuna, ali na različit način. Kako bi se izbjeglo prekomjerno naginjanje, projektanti često isključuju uzdužne pregrade u dvostrukom dnu kako bi dobili simetrična oštećenja.[3]

$S_{intermediate,i}$ se samo računa za putničke brodove i računa se na sličan način kao i $S_{final,i}$.

$$S_{intermediate} = K * \left[\frac{GZ_{max}}{0.05} * \frac{Range}{7} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (12)$$

$Range$ – ne unositi preko 7°

GZ_{max} – ne unositi preko 0.05m

Ako kut nagiba prijeđe 15° , $S_{intermediate,i}=0$

$S_{mom,i}$ je vjerojatnost preživljavanja maksimalnog momenta nagibanja vjetra, gibanja putnika ili spuštanja spasilačkih čamaca. $S_{mom,i}$ se računa samo za putničke brodove i ne može imati veću vrijednost od 1.

$$S_{mom,i} = \frac{(GZ_{max} - 0.04) * Displacement}{M_{heel}} \quad (13)$$

$$M_{heel} = \max \{ M_{passenger}, M_{wind}, M_{survivalcraft} \} \quad (14)$$

$M_{passenger}$ je moment uzrokovan gibanjem putnika na jednu stranu broda i računa se prema dolje navedenoj formuli. Pretpostavljena masa putnika je 75 kg, a težište putnika se postavlja na $0.45*B$ poprečno.

$$M_{passengers} = (0.075 * N_p) * (0.45 * B) \quad (15)$$

N_p – maksimalni dozvoljeni broj putnika

B – širina broda

Moment zbog utjecaja vjetra se računa na sljedeći način:

$$M_{wind} = (P * A * Z) / 9.806 \quad (16)$$

$P=120$ N/m²

A = projicirana površina naleta vjetra

Z =udaljenost od centra A do $T/2$

T =gaz

$M_{survivalcraft}$ je maksimalni pretpostavljeni moment nagibanja zbog spuštanja potpuno napunjenog čamaca za preživljavanje. Kada se izračunaju ova tri momenta, odabiremo maksimalni te ga koristimo kao M_{heel} za računanje $S_{mom,i}$, [3].

3.2.5 Faktor v_i

U slučaju bilo kakvih horizontalnih vodonepropusnih pregrada postavljenih iznad vodne linije, vrijednost faktora s_i za donji prostor ili prostore se mora pomnožiti sa redukcijskim faktorom v_i . Ovaj faktor predstavlja vjerojatnost da se razmatrani prostori iznad horizontalne pregrade broda neće naplaviti, a ukoliko se ti prostori naplave smanjiti će se stabilitet broda. Posljedica toga je promjena istisnine broda kao i krivulje poluge stabiliteta GZ . Faktor v_i se određuje prema slijedećem izrazu,[1].

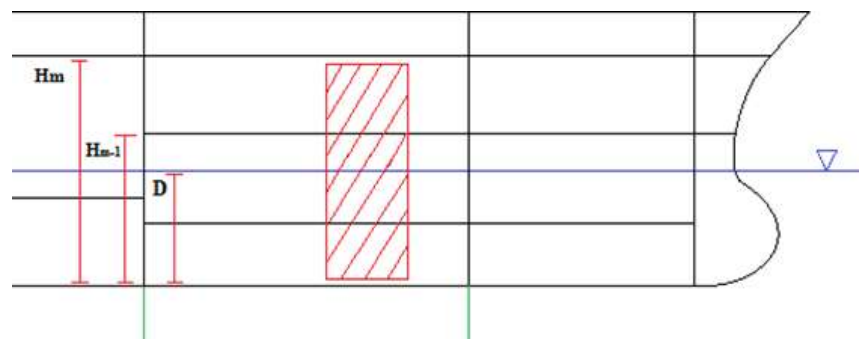
$$V_i = v(H_{m,d}) - v(H_{(m-1),d}) \quad (17)$$

H_m – najmanja visina do prve horizontalne pregrade iznad vodne linije, računate od osnove. Horizontalna pregrada mora ograničavati vertikalno naplavlivanje i biti unutar uzdužnog raspona štete.

H_{m-1} – najmanja visina do (m-1) horizontalne pregrade iznad vodne linije, računate od osnove. Horizontalna pregrada mora ograničavati vertikalno naplavlivanje i biti unutar uzdužnog raspona štete.

m – označava svaku horizontalnu pregradu gledajući od vodne linije prema gore
 d -gaz

[3]

Slika 7 Objašnjenje za H_m Tablica 3 Izrazi za određivanje vrijednosti v

| Ako je $(H-d) \leq 7.8$ | Ako je $(H-d) > 7.8$ |
|-------------------------------------|---|
| $v(H, d) = 0.8 \frac{(H - d)}{7.8}$ | $V(H, d) = 0.8 + 0.2 \frac{(H - d) - 7.8}{4.7}$ |

3.2.6 Naplavljenost

Naplavljivanje je prodor vode u brodske prostore. U svakom prostoru broda se nalazi nekakva oprema kao što su pogonski stroj, cjevovodi, ventilacija, namještaj itd. Budući da oprema zauzima prostor logično je zaključiti da volumen prodrle vode neće biti jednak kao i volumen same prostorije. Kako bi odredili točan volumen koji voda može naplaviti, potrebno je pomnožiti volumen prostorije sa koeficijentom naplavljenosti.

Koeficijent naplavljenosti je omjer volumena prodrle vode i volumena naplavljenog prostora. Iznos koeficijenta naplavljenosti ovisi o vrsti i namjeni prostora te je njegova vrijednost uvijek manja od 1.

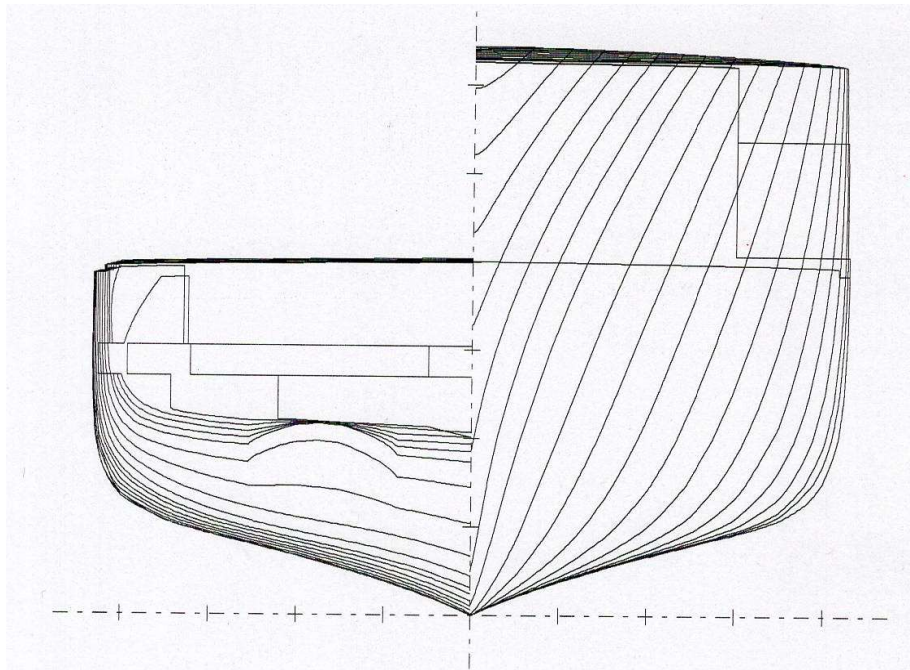
Tablica 4 Koeficijenti naplavljenosti putničkog broda

| Odjeljak | Koeficijent naplavljenosti |
|-------------------|----------------------------|
| Krmeni stroj | 0.85 |
| Strojarnica | 0.85 |
| Prostor za posadu | 0.95 |
| Putnici R26/R43 | 0.85 |
| Putnici R43/R63 | 0.82 |
| Putnici R63/R78 | 0.95 |
| Pramčani pik | 0.95 |

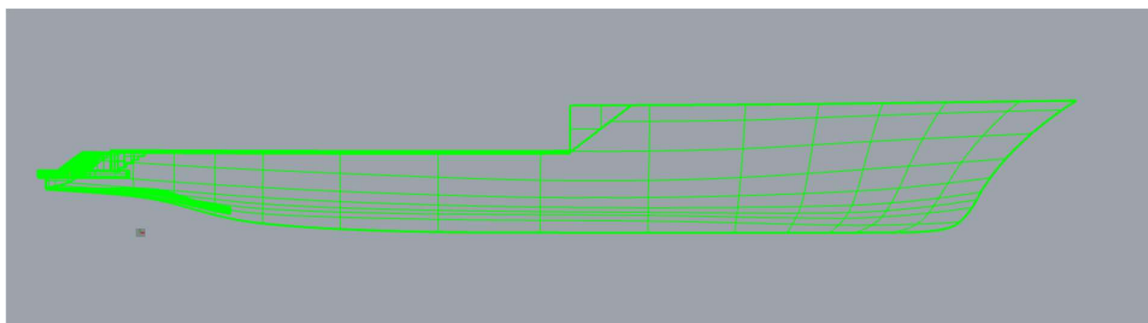
4 Forma za proračun stabiliteta i opći podaci o brodu

4.1 Forma broda

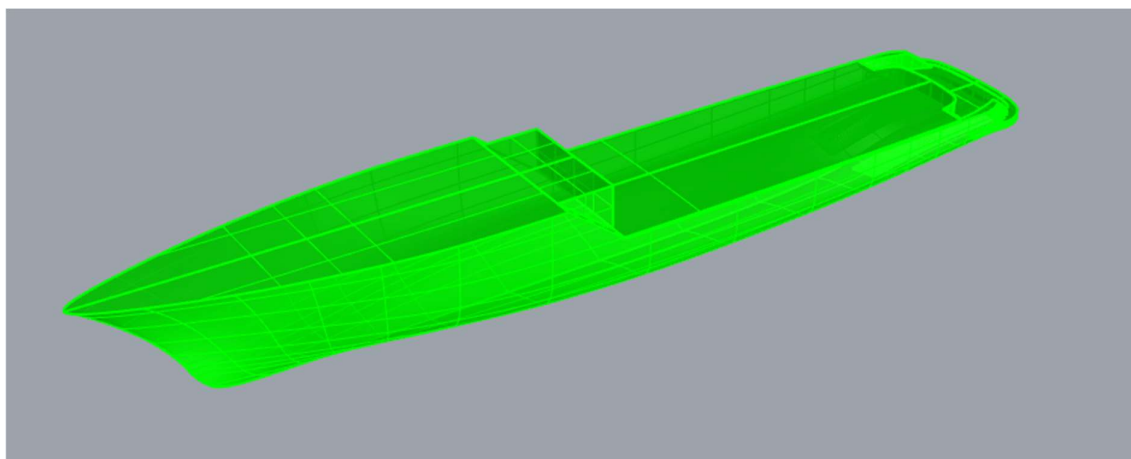
Stabilitet forme izračunat je uz doprinos trupa te nadgrađa na pramčanom djelu broda zatim uzimajući u obzir krmenu platformu, stepenice, krmeni štitnik te oblogu glavne palube.



Slika 8 Skica rebara



Slika 9 Bokoert



Slika 10 Prostorni prikaz forme

4.2 Opći podaci o brodu

Osnovna namjena broda je prijevoz putnika na višednevnim putovanjima-nautički turizam u području plovidbe 6.

Ovaj proračun napravljen je za prijevoz 14 članova posade i 36 putnika na temelju karakteristika praznog opremljenog broda dobivenih pokusom nagiba

Glavne dimenzije broda su:

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Duljina preko svega L_{oa} | 51.92 m |
| Duljina između okomica L_{pp} | 41.50 m |
| Širina B | 8.63 m |
| Visina | 3.83 m |

Jedini otvor koji nije opremljen vremenski nepropusnim sredstvima za zatvaranje i čijim urom dolazi do progresivnog naplavlivanja prostora ispod palube je ventilacijski otvor za dobavu zraka u strojarnicu.

Koordinate točke na donjem rubu okvira ventilacijskog otvora:

Udaljenost od krmene okomicex =4.26m

Udaljenost od osnovke.....z =5.50m

Udaljenost od centralne linije.y =2.90m

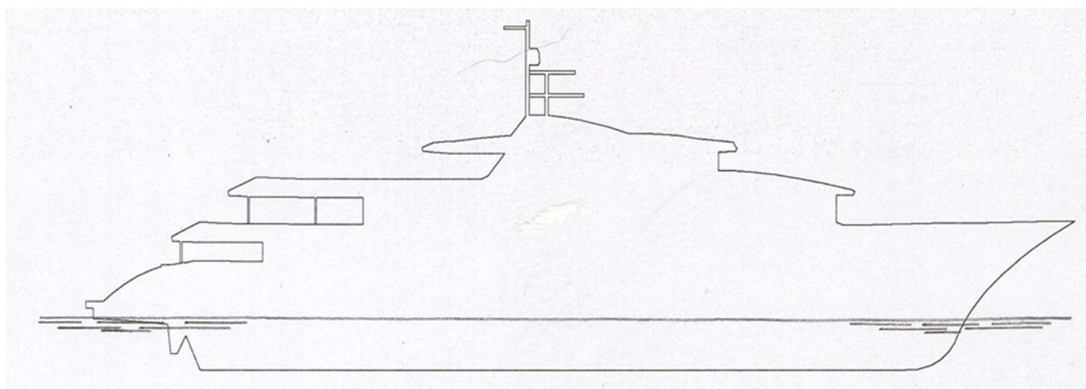
4.3 Kriterij vremenskih prilika

Kriterij vremenskih uvjeta izračunat je za pritisak vjetra od $18,0 \text{ kg/m}^2$ izložene bočne površine što odgovara području plovidbe 6. U svrhu provjere donjih rezultata navode se sljedeće vrijednosti za stanje krcanja broda u dolasku sa 36 putnika i 10% zaliha:

Bočna površina broda izložena vjetru $A=297.7 \text{ m}^2$

Težište izložene površine iznad osnovka $Z_A=6.298 \text{ m}$

Površina centralne kobilice $A_k=31.8\text{m}^2$



Slika 11 Prikaz površine izložene vjetru

5 Proračun stabiliteta putničkog broda M/B „Alfa Mario“ u neoštećenom stanju

5.1 Proračun stabiliteta u neoštećenom stanju

5.1.1 Propisana stanja krcanja

U sljedećim tablicama se nalaze propisana stanja krcanja, rasporedi tekućina u tankovima te raspored putnika za putnički brod u neoštećenom stanju.

Tablica 5 Propisana stanja krcanja

| Putnici raspoređeni simetrično | Putnici pokraj bočne ograde |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.Odlazak s 36 putnika, 100% tankovi | 1.Odlazak s 36 putnika, 100% tankovi |
| 2.Putovanje s 36 putnika, 50% tankovi | 2.Putovanje s 36 putnika, 50% tankovi |
| 3.Dolazak s 36 putnika, 10% tankovi | 3.Dolazak s 36 putnika, 10% tankovi |

Tablica 6 Raspored tekućina u tankovima u odlasku – 100%

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 4Tk vode 3L | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | -0.874 | 0.794 |
| 5Tk vode 3D | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | 0.874 | 0.794 |
| 6Tk goriva D | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | -3 | 3 |
| 6Tk goriva L | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | 3 | 3 |
| 8Tk otp. ulja | 100% | 1.346 | 1.341 | 1.496 | 1.49 | 6.013 | 0 | 0.941 |
| 9Tk crn/siv 1L | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | -0.862 | 0.864 |
| 10Tk crn/siv 1D | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | 0.862 | 0.864 |
| 11Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | -3.584 | 3.201 |
| 12Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | 3.584 | 3.201 |

Tablica 7 Raspored tekućine u tankovima na putovanju – 50%

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 4Tk vode 3L | 50% | 14.739 | 7.355 | 14.739 | 7.355 | 17.321 | -0.748 | 0.557 |
| 5Tk vode 3D | 50% | 14.739 | 7.355 | 14.739 | 7.355 | 17.321 | 0.748 | 0.557 |
| 6Tk goriva D | 50% | 6.731 | 3.366 | 7.919 | 3.96 | 1.998 | -3 | 2.6 |
| 6Tk goriva L | 50% | 6.731 | 3.366 | 7.919 | 3.96 | 1.998 | 3 | 2.6 |
| 8Tk otp. ulja | 50% | 1.346 | 0.67 | 1.496 | 0.745 | 6.025 | 0 | 0.782 |
| 9Tk crn/siv 1L | 50% | 5.277 | 2.632 | 5.123 | 2.555 | 9.907 | -0.724 | 0.661 |
| 10Tk crn/siv 1D | 50% | 5.277 | 2.632 | 5.123 | 2.555 | 9.907 | 0.724 | 0.661 |
| 11Tk crn/siv 2L | 50% | 4.141 | 2.071 | 4.06 | 2.03 | 6.254 | -3.582 | 2.902 |
| 12Tk crn/siv 2L | 50% | 4.141 | 2.071 | 4.06 | 2.03 | 6.254 | 3.582 | 2.902 |

Tablica 8 Raspored tekućine u tankovima u dolasku – 10%

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 4Tk vode 3L | 10% | 14.739 | 1.471 | 14.739 | 1.471 | 17.428 | -0.316 | 0.269 |
| 5Tk vode 3D | 10% | 14.739 | 1.471 | 14.739 | 1.471 | 17.428 | 0.316 | 0.269 |
| 6Tk goriva D | 10% | 6.731 | 0.673 | 7.919 | 0.792 | 1.989 | -2.999 | 2.28 |
| 6Tk goriva L | 10% | 6.731 | 0.673 | 7.919 | 0.792 | 1.989 | 2.999 | 2.28 |
| 8Tk otp. ulja | 10% | 1.346 | 0.134 | 1.496 | 0.149 | 6.071 | 0 | 0.6 |
| 9Tk crn/siv 1L | 10% | 5.277 | 0.526 | 5.123 | 0.511 | 10.161 | -0.306 | 0.402 |
| 10Tk crn/siv 1D | 10% | 5.277 | 0.526 | 5.123 | 0.511 | 10.161 | 0.306 | 0.402 |
| 11Tk crn/siv 2L | 10% | 4.141 | 0.414 | 4.06 | 0.406 | 6.245 | -3.578 | 2.661 |
| 12Tk crn/siv 2L | 10% | 4.141 | 0.414 | 4.06 | 0.406 | 6.245 | 3.578 | 2.661 |

Tablica 9 Putnici raspoređeni simetrično

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|-------|-------|-------|
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | 22.07 | 0 | 3.5 |

Tablica 10 Putnici pokraj bočne ograde

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|------------------|----------|----------|-----------------|-------|-------|-------|
| Suncana pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | 12.83 | 3.85 | 9.58 |
| Suncana pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | 12.83 | 3.85 | 9.58 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | 22.07 | 0 | 3.5 |

5.1.2 Proračun stabiliteta za propisana stanja krcanja

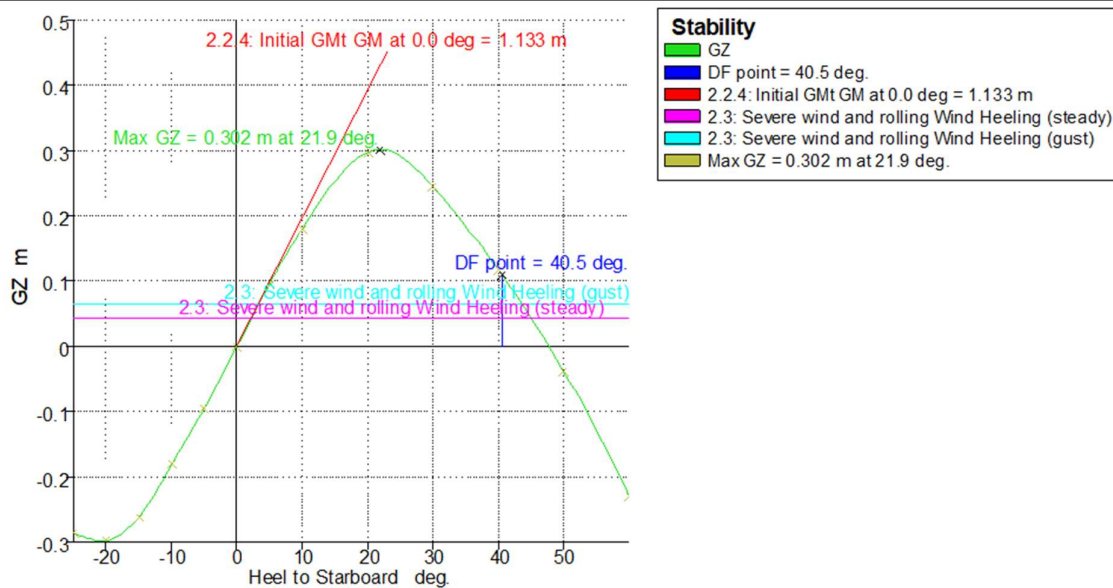
U sljedećim poglavljima su prikazana stanja krcanja i rezultati simulacije velikih kutova nagiba.

5.1.2.1 Brod sa 36 putnika, tankovi 100%; Putnici raspoređeni simetrično

U sljedećim tablicama prikazana su stanja krcanja te rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod sa 36 putnika raspoređenih simetrično i 100% ispunjenim tankovima.

Tablica 11 Stanje krcanja 1

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Lightship | 1 | 452.56 | 452.56 | | | 17.659 | 0 | 4.426 |
| Posada | 1 | 1.05 | 1.05 | | | 16.5 | 0 | 7.25 |
| Hrana i pice | 1 | 0.4 | 0.4 | | | 22.72 | 0 | 7.3 |
| Jacuzzi | 1 | 0.8 | 0.8 | | | 7.67 | 0 | 9.2 |
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | | | 22.07 | 0 | 3.5 |
| Kruti Balast | 1 | 13 | 13 | | | 9.74 | 0 | 0.61 |
| 1Tk Balast 1 | 100% | 7.845 | 7.84 | 7.845 | 7.84 | 29.978 | 0 | 0.796 |
| 2Tk Balast 2L | 100% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.986 | -0.873 | 0.786 |
| 3Tk Balast 2D | 100% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.986 | 0.873 | 0.786 |
| 4Tk vode 3L | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | -0.874 | 0.794 |
| 5Tk vode 3D | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | 0.874 | 0.794 |
| 6Tk goriva D | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | -3 | 3 |
| 6Tk goriva L | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | 3 | 3 |
| 8Tk otp. ulja | 100% | 1.346 | 1.341 | 1.496 | 1.49 | 6.013 | 0 | 0.941 |
| 9Tk crn/siv 1L | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | -0.862 | 0.864 |
| 10Tk crn/siv 1D | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | 0.862 | 0.864 |
| 11Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | -3.584 | 3.201 |
| 12Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | 3.584 | 3.201 |
| Total Loadcase | | | 566.402 | 97.532 | 97.408 | 17.202 | 0 | 3.843 |
| FS correction | | | | | | | | 0.038 |
| VCG fluid | | | | | | | | 3.881 |



Slika 12 Dijagram poluge stabiliteta 1

Tablica 12 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 1

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| GZ [m] | 0 | 0.095 | 0.181 | 0.298 | 0.245 | 0.117 | -0.038 | -0.229 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.2398 | 0.9357 | 3.4243 | 6.2742 | 8.103 | 8.5257 | 7.2128 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 2.693 | 2.691 | 2.672 | 2.612 | 2.487 | 2.206 | 1.698 | 0.902 |
| Gaz na AP [m] | 2.804 | 2.803 | 2.813 | 2.833 | 2.928 | 3.105 | 3.387 | 3.851 |
| Cp | 0.68 | 0.68 | 0.681 | 0.689 | 0.687 | 0.67 | 0.649 | 0.638 |
| Cb | 0.499 | 0.5 | 0.503 | 0.501 | 0.436 | 0.389 | 0.403 | 0.406 |
| LCB [m] | 17.193 | 17.197 | 17.196 | 17.192 | 17.182 | 17.165 | 17.144 | 17.123 |
| LCF [m] | 15.057 | 15.444 | 15.918 | 17.364 | 18.907 | 20.176 | 21.039 | 21.603 |
| Trim [°] | 0.1534 | 0.154 | 0.1948 | 0.3054 | 0.6091 | 1.2419 | 2.33 | 4.0654 |

Tablica 13 IMO kriteriji 1

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-----------------------------|--------|-----------------|-----------------------|--------|
| Površina od 0° do 30° | 3.1513 | m stupnjeva | 6.2742 | Prolaz |
| Površina od 0° do 40° | 5.1566 | m stupnjeva | 8.103 | Prolaz |
| Površina od 30° do 40° | 1.7189 | m stupnjeva | 1.8288 | Prolaz |
| GZ_{max} pri 30° ili više | 0.2 | m | 0.245 | Prolaz |
| Kut nagiba kod GZ_{max} | 25 | stupanj | 21.9 | Pad |
| Početna GMt | 0.15 | m | 1.133 | Prolaz |

Kriterij kuta nagiba broda kod GZ_{max} prolazi zbog sljedećeg kriterija koji se primjenjuje za putnički brod ove dužine

$$\text{Površina ispod } GZ_{max} \text{ req} = 0,055 + 0,001(30^\circ - \theta_{max}) = 0,055 + 0,001(30^\circ - 21.9) = 0,0631 < 0,0656$$

Tablica 14 IMO kriteriji vremenskih prilika

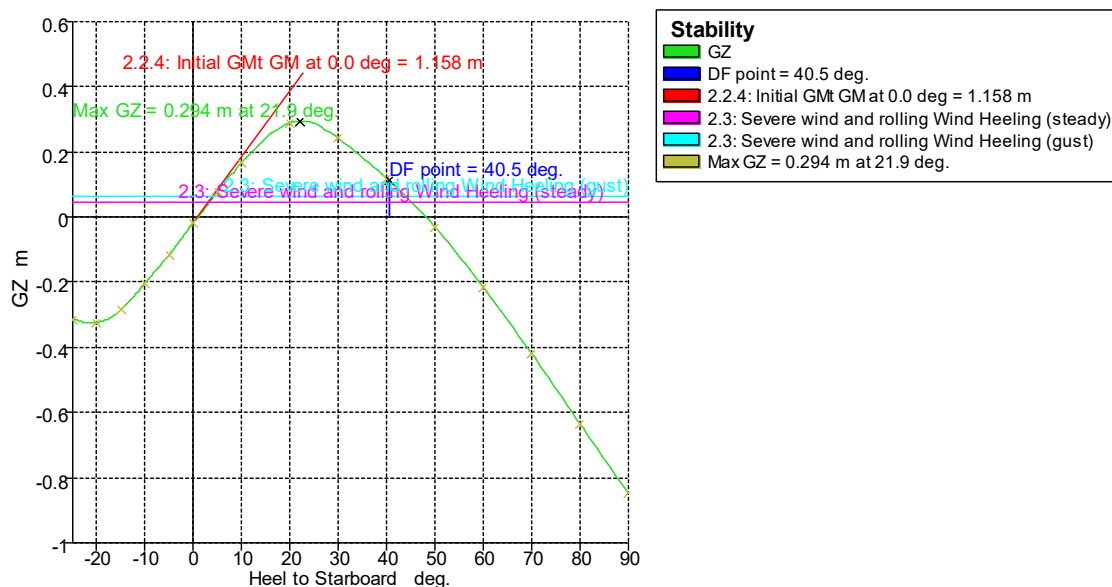
| | | | | |
|---|--------------------|------------------------|--------|------|
| 2.3: Severe wind and rolling | | | | Pass |
| Wind arm = $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ | | | | |
| constant: a = | 0.99966 | | | |
| wind pressure: P = | 180 Pa | | | |
| area centroid height (from zero point): h = | 6 m | | | |
| total area: A = | 297 m ² | | | |
| H = vert. centre of projected lat. u'water area | 1.489 m | | | |
| cosine power: n = | 0 | | | |
| gust ratio | 1.5 | | | |
| Area2 integrated to the lesser of | | | | |
| 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) | 16.9 (-14.6) | deg | -14.6 | |
| Area 1 upper integration range, to the lesser of: | | | | |
| spec. heel angle | 50 | deg | | |
| first flooding angle of the DownfloodingPoints | 40.5 | deg | 40.5 | |
| angle of vanishing stability (with gust heel arm) | 43.6 | deg | | |
| Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: | | | | |
| angle of max. GZ | 21.9 | deg | 21.9 | |
| Select required angle for angle of steady heel ratio: | | DeckEdgeImmersionAngle | | |
| Criteria: | | | | Pass |
| Angle of steady heel shall not be greater than (<=) | 16 | deg | 2.3 | Pass |
| Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=) | 80 | % | 16.08 | Pass |
| Area1 / Area2 shall not be less than (>=) | 100 | % | 187.65 | Pass |
| Intermediate values | | | | |
| Heel arm amplitude | | m | 0.043 | |
| Equilibrium angle with steady heel arm | | deg | 2.3 | |
| Equilibrium angle with gust heel arm | | deg | 3.4 | |
| Deck edge immersion angle | | deg | 14 | |
| Area1 (under GZ), from 3.4 to 40.5 deg. | | m.rad | 0.1405 | |
| Area1 (under HA), from 3.4 to 40.5 deg. | | m.rad | 0.0422 | |
| Area1, from 3.4 to 40.5 deg. | | m.rad | 0.0983 | |
| Area2 (under GZ), from -14.6 to 3.4 deg. | | m.rad | -0.032 | |
| Area2 (under HA), from -14.6 to 3.4 deg. | | m.rad | 0.0204 | |
| Area2, from -14.6 to 3.4 deg. | | m.rad | 0.0524 | |

5.1.2.2 Brod sa 36 putnika, tankovi 100%; Putnici raspoređeni bočno

U sljedećim tablicama prikazana su stanja krcanja te rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod sa 36 putnika raspoređenih bočno i 100% ispunjenim tankovima.

Tablica 15 Stanje krcanja 4

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Lightship | 1 | 452.56 | 452.56 | | | 17.659 | 0 | 4.426 |
| Posada | 1 | 1.05 | 1.05 | | | 16.5 | 0 | 7.25 |
| Hrana i pice | 1 | 0.4 | 0.4 | | | 22.72 | 0 | 7.3 |
| Jacuzzi | 1 | 0.8 | 0.8 | | | 7.67 | 0 | 9.2 |
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 3.85 | 9.58 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 3.85 | 9.58 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | | | 22.07 | 0 | 3.5 |
| Kruti Balast | 1 | 13 | 13 | | | 9.74 | 0 | 0.61 |
| 1Tk Balast 1 | 100% | 7.845 | 7.84 | 7.845 | 7.84 | 29.978 | 0 | 0.796 |
| 2Tk Balast 2L | 100% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.986 | -0.873 | 0.786 |
| 3Tk Balast 2D | 100% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.986 | 0.873 | 0.786 |
| 4Tk vode 3L | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | -0.874 | 0.794 |
| 5Tk vode 3D | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | 0.874 | 0.794 |
| 6Tk goriva D | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | -3 | 3 |
| 6Tk goriva L | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | 3 | 3 |
| 8Tk otp. ulja | 100% | 1.346 | 1.341 | 1.496 | 1.49 | 6.013 | 0 | 0.941 |
| 9Tk crn/siv 1L | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | -0.862 | 0.864 |
| 10Tk crn/siv 1D | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | 0.862 | 0.864 |
| 11Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | -3.584 | 3.201 |
| 12Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | 3.584 | 3.201 |
| Total Loadcase | | | 566.403 | 97.532 | 97.409 | 17.202 | 0.018 | 3.854 |
| FS correction | | | | | | | | 0.002 |
| VCG fluid | | | | | | | | 3.856 |



Slika 13 Dijagram poluge stabiliteta 4

Tablica 16 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 4

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| GZ [m] | -0.018 | 0.079 | 0.167 | 0.289 | 0.242 | 0.119 | -0.03 | -0.217 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | -0.0172 | 0.1536 | 0.7749 | 3.1513 | 5.9408 | 7.7632 | 8.233 | 7.0227 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 2.693 | 2.691 | 2.672 | 2.612 | 2.487 | 2.206 | 1.699 | 0.903 |
| Gaz na AP [m] | 2.804 | 2.803 | 2.813 | 2.833 | 2.928 | 3.105 | 3.386 | 3.85 |
| Cp | 0.68 | 0.68 | 0.681 | 0.689 | 0.687 | 0.67 | 0.649 | 0.638 |
| Cb | 0.499 | 0.5 | 0.503 | 0.501 | 0.436 | 0.389 | 0.403 | 0.406 |
| LCB [m] | 17.193 | 17.197 | 17.196 | 17.192 | 17.182 | 17.166 | 17.145 | 17.125 |
| LCF [m] | 15.057 | 15.444 | 15.918 | 17.364 | 18.907 | 20.176 | 21.039 | 21.603 |
| Trim [°] | 0.1533 | 0.1539 | 0.1947 | 0.3052 | 0.6088 | 1.2411 | 2.3286 | 4.0628 |

Tablica 17 IMO kriteriji 4

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-----------------------------|--------|-----------------|-----------------------|--------|
| Površina od 0° do 30° | 3.1513 | m stupnjeva | 5.9408 | Prolaz |
| Površina od 0° do 40° | 5.1566 | m stupnjeva | 7.7632 | Prolaz |
| Površina od 30° do 40° | 1.7189 | m stupnjeva | 1.8225 | Prolaz |
| GZ_{max} pri 30° ili više | 0.2 | m | 0.242 | Prolaz |
| Kut nagiba kod GZ_{max} | 25 | stupanj | 21.9 | Pad |
| Početna GMt | 0.15 | m | 1.158 | Prolaz |

Kriterij kuta nagiba broda kod GZ_{max} prolazi zbog sljedećeg kriterija koji se primjenjuje za putnički brod ove dužine

$$\text{Površina } GZ_{max} \text{ req} = 0,055 + 0,001(30^\circ - \theta_{max}) = 0,055 + 0,001(30^\circ - 21,9) = 0,0631 < 0,0696$$

Tablica 18 IMO kriteriji vremenskih prilika

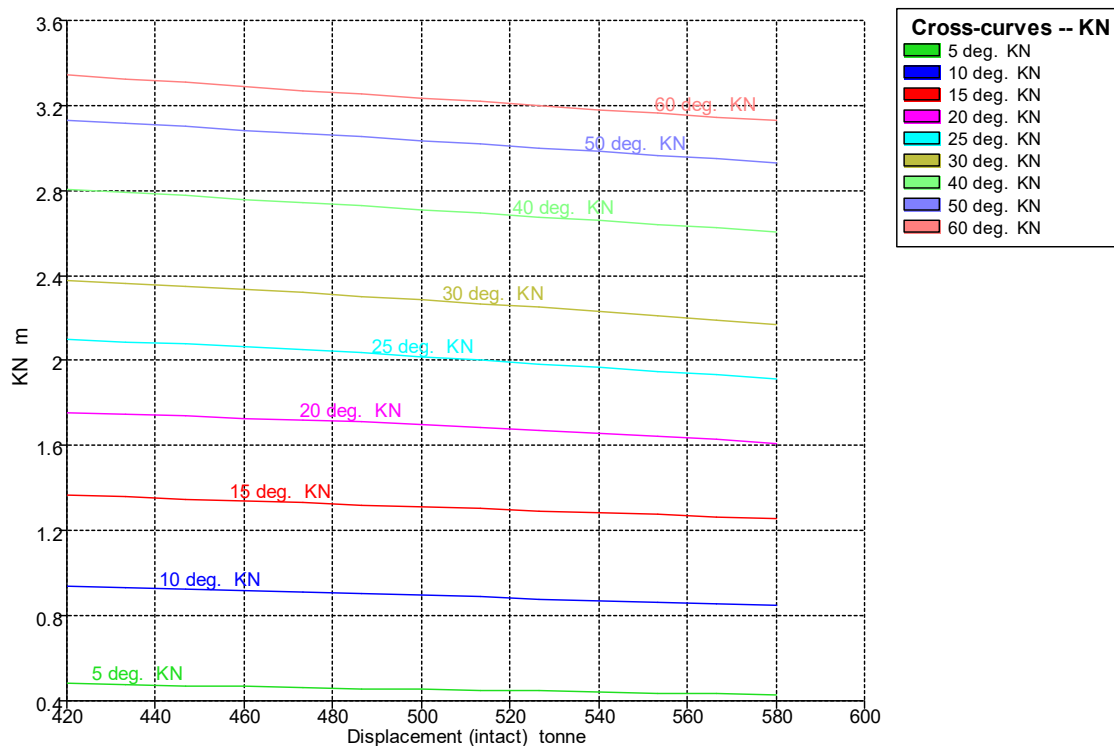
| | | | | |
|---|------------------------|-------|---------|------|
| 2.3: Severe wind and rolling | | | | Pass |
| Wind arm = $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ | | | | |
| constant: a = | 0.99966 | | | |
| wind pressure: P = | 180 Pa | | | |
| area centroid height (from zero point): h = | 6 m | | | |
| total area: A = | 297 m ² | | | |
| H = vert. centre of projected lat. u'water area | 1.489 m | | | |
| cosine power: n = | 0 | | | |
| gust ratio | 1.5 | | | |
| Area2 integrated to the lesser of | | | | |
| 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) | 16.8 (-13.7) deg | | -13.7 | |
| Area 1 upper integration range, to the lesser of: | | | | |
| spec. heel angle | 50 deg | | | |
| first flooding angle of the DownfloodingPoints | 40.5 deg | | 40.5 | |
| angle of vanishing stability (with gust heel arm) | 43.9 deg | | | |
| Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: | | | | |
| angle of max. GZ | 21.9 deg | | 21.9 | |
| Select required angle for angle of steady heel ratio: | DeckEdgeImmersionAngle | | | |
| Criteria: | | | | Pass |
| Angle of steady heel shall not be greater than (<=) | 16 deg | | 3.1 | Pass |
| Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=) | 80 % | | 22.43 | Pass |
| Area1 / Area2 shall not be less than (>=) | 100 % | | 174.74 | Pass |
| Intermediate values | | | | |
| Heel arm amplitude | | m | 0.043 | |
| Equilibrium angle with steady heel arm | | deg | 3.1 | |
| Equilibrium angle with gust heel arm | | deg | 4.3 | |
| Deck edge immersion angle | | deg | 14 | |
| Area1 (under GZ), from 3.4 to 40.5 deg. | | m.rad | 0.1348 | |
| Area1 (under HA), from 3.4 to 40.5 deg. | | m.rad | 0.0412 | |
| Area1, from 3.4 to 40.5 deg. | | m.rad | 0.0936 | |
| Area2 (under GZ), from -14.6 to 3.4 deg. | | m.rad | -0.0332 | |
| Area2 (under HA), from -14.6 to 3.4 deg. | | m.rad | 0.0204 | |
| Area2, from -14.6 to 3.4 deg. | | m.rad | 0.0536 | |

5.1.2.3 KN krivulje

U sljedećoj tablici su prikazane vrijednosti KN krivulja pri određenim kutovima nagiba za zadane istisnine.

Tablica 19 Tablica KN krivulje

| Istisnina [t] | KN 5° | KN 10° | KN 15° | KN 20° | KN 25° | KN 30° | KN 40° | KN 50° | KN 60° |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 420 | 0.48 | 0.937 | 1.366 | 1.757 | 2.099 | 2.377 | 2.804 | 3.13 | 3.346 |
| 433.3 | 0.475 | 0.931 | 1.358 | 1.748 | 2.089 | 2.363 | 2.79 | 3.115 | 3.327 |
| 446.7 | 0.471 | 0.924 | 1.349 | 1.739 | 2.077 | 2.349 | 2.775 | 3.099 | 3.308 |
| 460 | 0.466 | 0.918 | 1.34 | 1.73 | 2.064 | 2.334 | 2.76 | 3.084 | 3.29 |
| 473.3 | 0.462 | 0.911 | 1.331 | 1.721 | 2.05 | 2.318 | 2.744 | 3.068 | 3.271 |
| 486.7 | 0.457 | 0.904 | 1.322 | 1.711 | 2.035 | 2.302 | 2.728 | 3.052 | 3.253 |
| 500 | 0.453 | 0.896 | 1.313 | 1.699 | 2.019 | 2.285 | 2.711 | 3.035 | 3.235 |
| 513.3 | 0.449 | 0.888 | 1.303 | 1.687 | 2.003 | 2.267 | 2.694 | 3.019 | 3.217 |
| 526.7 | 0.445 | 0.88 | 1.294 | 1.674 | 1.986 | 2.249 | 2.677 | 3.002 | 3.199 |
| 540 | 0.442 | 0.872 | 1.285 | 1.659 | 1.968 | 2.231 | 2.659 | 2.985 | 3.181 |
| 553.3 | 0.438 | 0.864 | 1.276 | 1.644 | 1.95 | 2.212 | 2.641 | 2.967 | 3.163 |
| 566.7 | 0.434 | 0.856 | 1.266 | 1.628 | 1.931 | 2.193 | 2.623 | 2.949 | 3.145 |
| 580 | 0.43 | 0.849 | 1.256 | 1.611 | 1.912 | 2.173 | 2.604 | 2.931 | 3.127 |



Slika 14 KN krivulje

6 Proračun stabiliteta putničkog broda M/B „Alfa Mario“ u oštećenom stanju determinističkom metodom

6.1 Granična linija urona

Za m/b “Alfa Mario” pregradna paluba je ujedno i glavna paluba koja je izvedena kontinuirano do kaštela na pramcu pa je granična linija urona linija paralelna sa linijom glavne palube postavljena 76 mm ispod linije palube.

Tablica 20 Očitavanja za graničnu liniju urona

| | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|----|--------|-------|-------|
| 1 | 0 | 4.159 | 3.816 |
| 2 | 1.5 | 4.19 | 3.808 |
| 3 | 4.536 | 4.246 | 3.793 |
| 4 | 7.204 | 4.283 | 3.784 |
| 5 | 11.596 | 4.312 | 3.776 |
| 6 | 16.311 | 4.313 | 3.775 |
| 7 | 20.699 | 4.292 | 3.782 |
| 8 | 24.413 | 4.235 | 6.144 |
| 9 | 27.584 | 4.174 | 6.159 |
| 10 | 32.103 | 3.846 | 6.194 |
| 11 | 37.427 | 2.934 | 6.254 |
| 12 | 41.358 | 1.926 | 6.308 |
| 13 | 43.89 | 1.081 | 6.342 |
| 14 | 45.537 | 0.196 | 6.364 |

6.2 Duljina vodonepropusnih odjeljaka

M/b “Alfa Mario” pregrađena je sa 6 poprečnih vodonepropusnih pregrada u 7 vodonepropusnih odjeljaka na sljedeći način:

Odjeljak br.1- Korm. stroj ; Zrc-R3; $x_1 = -4,62$ m; $x_2 = 1,5$ m; $l = 6,12$ m

Odjeljak br.2- Prostor strojarnice ; R3-R15; $x_1 = 1,5$ m; $x_2 = 7,5$ m; $l = 6,0$ m

Odjeljak br.3- Prostor posade ; R15-R26; $x_1 = 7,5$ m; $x_2 = 13,0$ m; $l = 5,5$ m

Odjeljak br.4- Prostor putnika ; R26-R43; $x_1 = 13,0$ m; $x_2 = 21,5$ m; $l = 8,5$ m

Odjeljak br.5- Prostor putnika; R43-R63; $x_1 = 21,5$ m; $x_2 = 31,5$ m; $l = 10,0$ m

Odjeljak br.6- Prostor putnika; R63-R78; $x_1 = 31,5$ m; $x_2 = 39,0$ m; $l = 7,5$ m

Odjeljak br.7- Pramčani pik; R78-Statva; $x_1 = 39,0$ m; $x_2 = 41,57$ m; $l = 2,57$ m

6.3 Propisana stanja krcanja

Za proračun stabiliteta boda u oštećenom stanju determinističkom metodom propisana su tri stanja krcanja:

1. Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak
2. Brod s 36 putnika, 50% tankovi- putovanje
3. Brod s 36 putnika, 10% tankovi- dolazak

6.1 Proračun stabiliteta u oštećenom stanju

Proračun se provodi potapanjem svakog odjeljka zasebno te se provodi analiza kako novonastalo stanje utječe na karakteristike broda bitne za stabilitet. Kao što je gore navedeno, proračun je proveden za sva tri stanja krcanja. S obzirom da stanje odlaska ima najveće opterećenje na brod, ono će se jedino prikazati u ovom radu. Stabilitet u oštećenom stanju je ocijenjen prema pravilima i propisima SOLAS, II-1/8, čiji kriteriji nalažu da brod u slučaju oštećenja mora zadovoljiti pravila navedena u poglavlju 3.1.1.2. U sljedećim tablicama je prikazano stanja krcanja i oštećenja koja će se analizirati.

Tablica 21 Stanje krcanja – Odlazak

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Lightship | 1 | 452.56 | 452.56 | | | 17.659 | 0 | 4.426 |
| Posada | 1 | 1.05 | 1.05 | | | 16.5 | 0 | 7.25 |
| Hrana i pice | 1 | 0.4 | 0.4 | | | 22.72 | 0 | 7.3 |
| Jacuzzi | 1 | 0.8 | 0.8 | | | 7.67 | 0 | 9.2 |
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | | | 22.07 | 0 | 3.5 |
| Kruti Balast | 1 | 13 | 13 | | | 9.74 | 0 | 0.61 |
| 1Tk Balast 1 | 100% | 7.845 | 7.84 | 7.845 | 7.84 | 29.978 | 0 | 0.796 |
| 2Tk Balast 2L | 100% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.986 | -0.873 | 0.786 |
| 3Tk Balast 2D | 100% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.986 | 0.873 | 0.786 |
| 4Tk vode 3L | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | -0.874 | 0.794 |
| 5Tk vode 3D | 100% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.298 | 0.874 | 0.794 |
| 6Tk goriva D | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | -3 | 3 |
| 6Tk goriva L | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | 3 | 3 |
| 8Tk otp. ulja | 100% | 1.346 | 1.341 | 1.496 | 1.49 | 6.013 | 0 | 0.941 |
| 9Tk crn/siv 1L | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | -0.862 | 0.864 |
| 10Tk crn/siv 1D | 100% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.831 | 0.862 | 0.864 |
| 11Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | -3.584 | 3.201 |
| 12Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | 3.584 | 3.201 |
| Total Loadcase | | | 566.402 | 97.532 | 97.408 | 17.202 | 0 | 3.843 |
| FS correction | | | | | | | | 0.038 |
| VCG fluid | | | | | | | | 3.881 |

Tablica 22 Stanja oštećenja

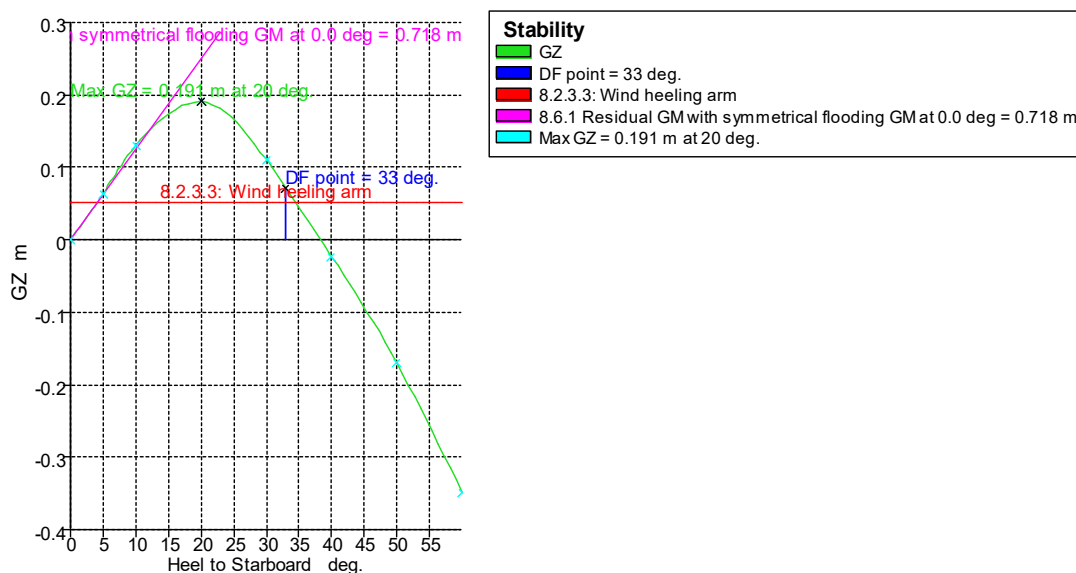
| Naziv stanja oštećenja | Naplavljeni odjeljak |
|------------------------|------------------------------|
| Stanje oštećenja 1 | Kormilarski stroj |
| Stanje oštećenja 2 | Prostor strojarnice ; R3-R15 |
| Stanje oštećenja 3 | Prostor posade ; R15-R26 |
| Stanje oštećenja 4 | Prostor putnika ; R26-R43 |
| Stanje oštećenja 5 | Prostor putnika; R43-R63 |
| Stanje oštećenja 6 | Prostor putnika; R63-R78 |
| Stanje oštećenja 7 | Pramčani pik |

6.1.1 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 1

U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom kormilarskog stroja.

Tablica 23 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 1

| | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| GZ [m] | 0 | 0.063 | 0.131 | 0.191 | 0.11 | -0.023 | -0.17 | -0.348 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.1572 | 0.6422 | 2.4038 | 3.977 | 4.4361 | 3.4931 | 0.9259 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 2.355 | 2.352 | 2.334 | 2.219 | 1.974 | 1.541 | 0.825 | -0.309 |
| Gaz na AP [m] | 3.222 | 3.222 | 3.231 | 3.359 | 3.689 | 4.176 | 4.885 | 6.015 |
| Cp | 0.656 | 0.643 | 0.638 | 0.64 | 0.651 | 0.652 | 0.632 | 0.633 |
| Cb | 0.492 | 0.483 | 0.48 | 0.469 | 0.397 | 0.344 | 0.333 | 0.321 |
| LCB [m] | 17.158 | 17.163 | 17.159 | 17.148 | 17.126 | 17.101 | 17.069 | 17.044 |
| LCF [m] | 17.623 | 17.592 | 17.592 | 18.801 | 20.044 | 21.067 | 21.774 | 22.088 |
| Trim [°] | 1.1966 | 1.2012 | 1.2385 | 1.5739 | 2.3664 | 3.6333 | 5.5869 | 8.6642 |



Slika 15 Dijagram poluge stabiliteta 1

Tablica 24 Kriteriji SOLAS-a 1

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 33 | Prolaz |
| Maksimalni iznos poluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.191 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 0.718 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0475 | Prolaz |

Tablica 25 Karakteristične točke 1

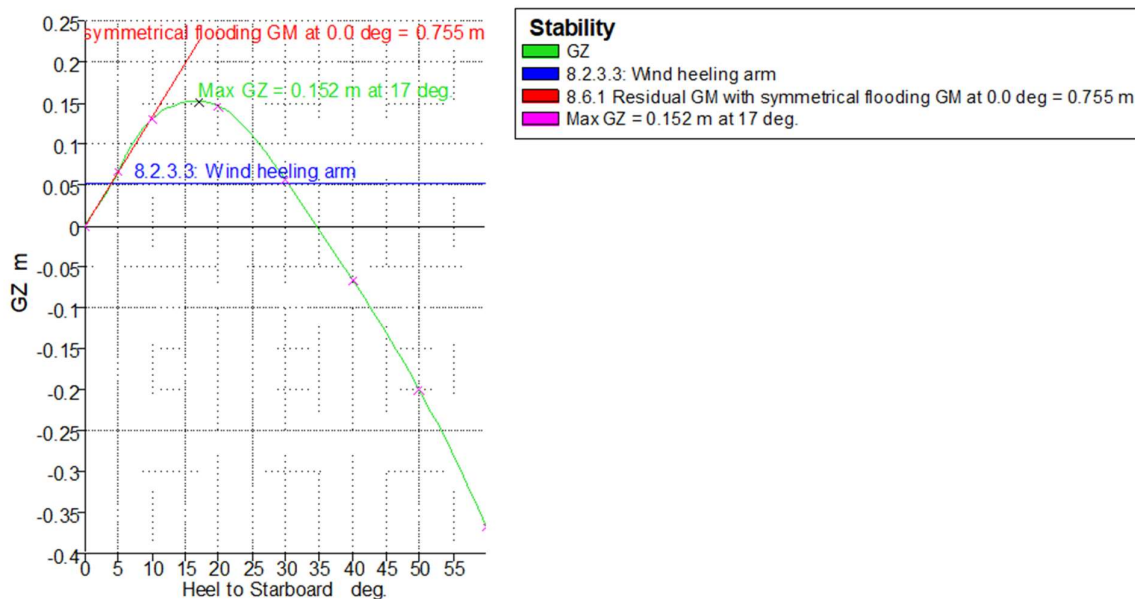
| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 8.4 | 0.627 |
| Rub palube | 9.4 | 0.703 |
| Točka naplavljivanja | 33 | 2.367 |

6.1.2 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 2

U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom prostora strojarnice

Tablica 26 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 2

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| GZ [m] | 0 | 0.067 | 0.131 | 0.146 | 0.056 | -0.066 | -0.2 | -0.367 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.1652 | 0.6652 | 2.1945 | 3.2421 | 3.1989 | 1.8928 | -0.9202 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 2.361 | 2.355 | 2.32 | 2.146 | 1.848 | 1.363 | 0.594 | -0.619 |
| Gaz na AP [m] | 3.403 | 3.406 | 3.44 | 3.688 | 4.153 | 4.798 | 5.707 | 7.148 |
| Cp | 0.623 | 0.619 | 0.603 | 0.599 | 0.606 | 0.616 | 0.6 | 0.61 |
| Cb | 0.474 | 0.471 | 0.461 | 0.434 | 0.364 | 0.316 | 0.299 | 0.294 |
| LCB [m] | 17.153 | 17.153 | 17.151 | 17.132 | 17.103 | 17.074 | 17.043 | 17.018 |
| LCF [m] | 18.019 | 17.97 | 18.244 | 19.414 | 20.56 | 21.53 | 22.142 | 22.32 |
| Trim [°] | 1.4385 | 1.4506 | 1.5459 | 2.1274 | 3.1799 | 4.7315 | 7.0241 | 10.6003 |



Slika 16 Dijagram poluge stabiliteta 2

Tablica 27 Kriteriji SOLAS-a 2

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 34.6 | Prolaz |
| Maksimalni iznos poluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.152 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 0.755 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0423 | Prolaz |

Tablica 28 Karakteristične točke 2

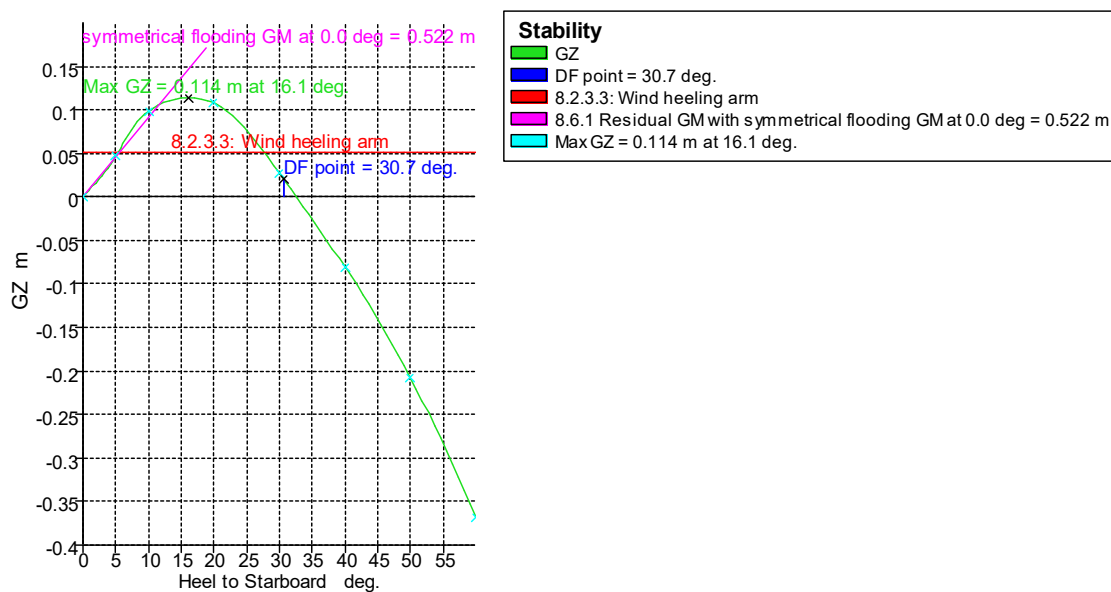
| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 6.1 | 0.455 |
| Rub palube | 7 | 0.531 |
| Točka naplavlivanja | 29.2 | 2.204 |

6.1.3 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 3

U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom prostora posade.

Tablica 29 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 3

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| GZ [m] | 0 | 0.047 | 0.099 | 0.108 | 0.027 | -0.081 | -0.207 | -0.367 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.1148 | 0.4831 | 1.6445 | 2.3538 | 2.0928 | 0.686 | -2.1699 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 2.639 | 2.632 | 2.603 | 2.466 | 2.22 | 1.806 | 1.154 | 0.153 |
| Gaz na AP [m] | 3.304 | 3.309 | 3.336 | 3.54 | 3.932 | 4.473 | 5.237 | 6.44 |
| Cp | 0.613 | 0.606 | 0.594 | 0.596 | 0.611 | 0.598 | 0.582 | 0.576 |
| Cb | 0.466 | 0.462 | 0.454 | 0.433 | 0.367 | 0.327 | 0.322 | 0.309 |
| LCB [m] | 17.172 | 17.171 | 17.17 | 17.154 | 17.129 | 17.105 | 17.078 | 17.057 |
| LCF [m] | 17.9 | 17.755 | 17.755 | 19.006 | 20.375 | 21.507 | 22.229 | 22.63 |
| Trim [°] | 0.918 | 0.9342 | 1.0119 | 1.4822 | 2.3623 | 3.6764 | 5.6185 | 8.6141 |



Slika 17 Dijagram poluge stabiliteta 3

Tablica 30 Karakteristične točke 3

| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 7.1 | 0.534 |
| Rub palube | 8 | 0.61 |
| Točka naplavljivanja | 30.7 | 2.264 |

Tablica 31 Kriteriji SOLAS-a 3

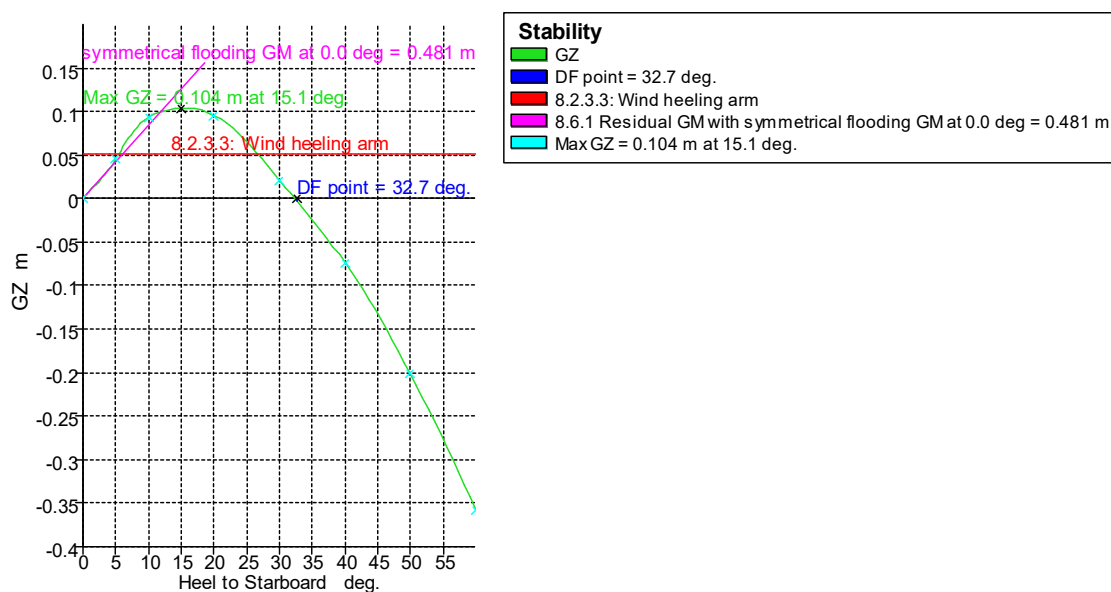
| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 30.7 | Prolaz |
| Maksimalni iznos poluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.114 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 0.522 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0315 | Prolaz |

6.1.4 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 4

U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom prostora putnika 1.

Tablica 32 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 4

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| GZ [m] | 0 | 0.046 | 0.093 | 0.095 | 0.021 | -0.074 | -0.201 | -0.358 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.1113 | 0.4643 | 1.5193 | 2.1321 | 1.8772 | 0.5431 | -2.2418 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 3.196 | 3.182 | 3.154 | 3.042 | 2.829 | 2.469 | 1.939 | 1.171 |
| Gaz na AP [m] | 3.112 | 3.127 | 3.152 | 3.315 | 3.628 | 4.068 | 4.688 | 5.685 |
| Cp | 0.578 | 0.565 | 0.564 | 0.575 | 0.564 | 0.56 | 0.552 | 0.547 |
| Cb | 0.438 | 0.43 | 0.436 | 0.419 | 0.357 | 0.338 | 0.352 | 0.338 |
| LCB [m] | 17.204 | 17.207 | 17.206 | 17.191 | 17.17 | 17.147 | 17.123 | 17.103 |
| LCF [m] | 16.768 | 16.253 | 16.347 | 18.135 | 19.883 | 21.248 | 22.128 | 22.549 |
| Trim [°] | -0.1158 | -0.0765 | -0.0023 | 0.3765 | 1.102 | 2.2069 | 3.7891 | 6.2079 |



Slika 18 Dijagram poluge stabiliteta 4

Tablica 33 Karakteristične točke 4

| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 8.2 | 0.628 |
| Rub palube | 9.2 | 0.704 |
| Točka naplavljivanja | 32.7 | 2.38 |

Tablica 34 Kriteriji SOLAS-a 4

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 32.4 | Prolaz |
| Maksimalni iznos poluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.104 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 0.481 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0291 | Prolaz |

6.1.5 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 5

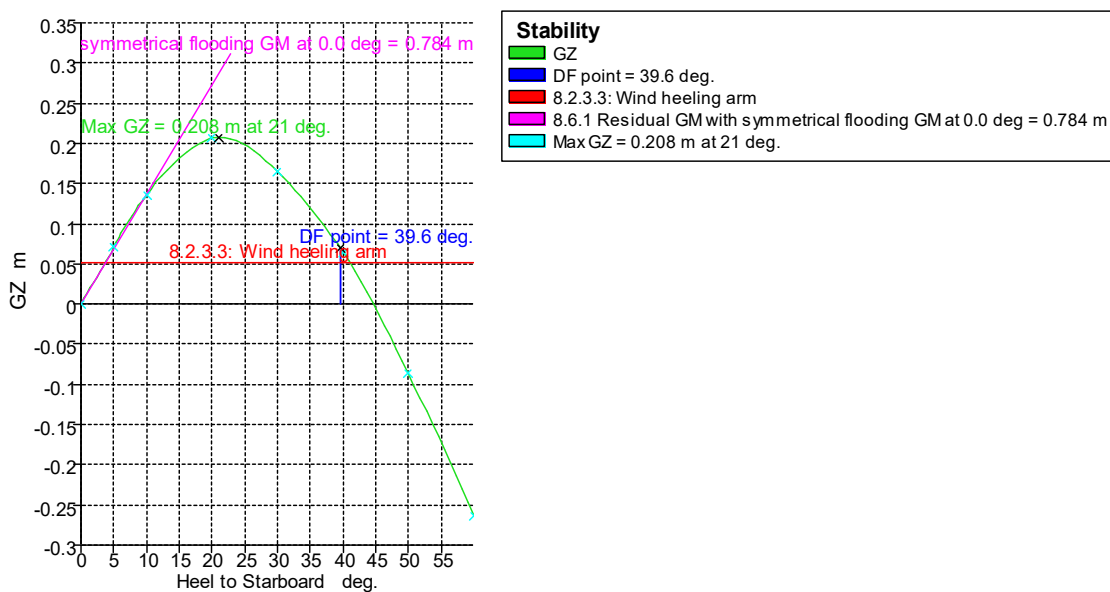
U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom prostora putnika 2.

Tablica 35 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 5

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| GZ [m] | 0 | 0.071 | 0.136 | 0.206 | 0.165 | 0.065 | -0.086 | -0.264 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.1785 | 0.6978 | 2.5314 | 4.4468 | 5.6324 | 5.5527 | 3.8239 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 3.668 | 3.702 | 3.723 | 3.694 | 3.544 | 3.234 | 2.811 | 2.265 |
| Gaz na AP [m] | 2.711 | 2.705 | 2.699 | 2.721 | 2.86 | 3.099 | 3.448 | 4.005 |
| Cp | 0.56 | 0.552 | 0.549 | 0.548 | 0.548 | 0.545 | 0.545 | 0.544 |
| Cb | 0.383 | 0.377 | 0.376 | 0.393 | 0.361 | 0.357 | 0.384 | 0.399 |
| LCB [m] | 17.245 | 17.247 | 17.247 | 17.248 | 17.233 | 17.211 | 17.185 | 17.164 |
| LCF [m] | 13.819 | 13.737 | 14.425 | 16.75 | 18.547 | 19.981 | 20.928 | 21.637 |
| Trim [°] | -1.3214 | -1.3754 | -1.4136 | -1.3428 | -0.9433 | -0.1873 | 0.8794 | 2.4016 |

Tablica 36 Karakteristične točke 5

| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 7.6 | 0.591 |
| Rub palube | 8.6 | 0.667 |
| Točka naplavlivanja | 39.6 | 2.69 |



Slika 19 Dijagram poluge stabiliteta 5

Tablica 37 Kriteriji SOLAS-a 5

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 39.6 | Prolaz |
| Maksimalni iznos poluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.208 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 0.784 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0506 | Prolaz |

6.1.6 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 6

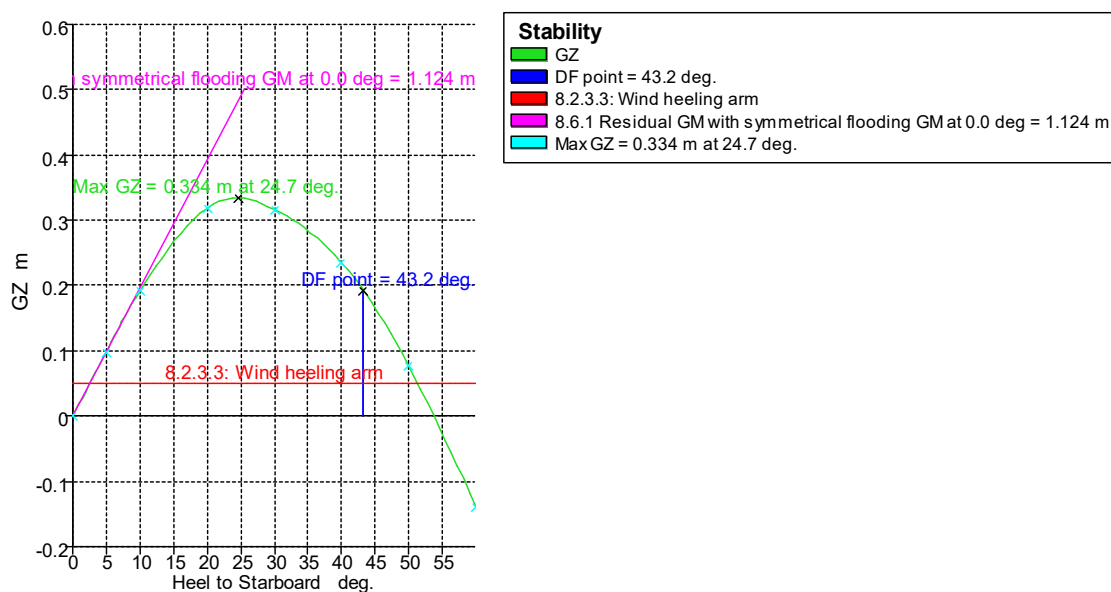
U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom prostora putnika 3.

Tablica 38 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 6

| | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| GZ [m] | 0 | 0.098 | 0.192 | 0.319 | 0.317 | 0.236 | 0.077 | -0.138 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.2468 | 0.9772 | 3.6357 | 6.8958 | 9.7142 | 11.3396 | 11.0663 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 3.693 | 3.695 | 3.709 | 3.729 | 3.629 | 3.355 | 2.915 | 2.251 |
| Gaz na AP [m] | 2.548 | 2.543 | 2.52 | 2.461 | 2.51 | 2.653 | 2.898 | 3.314 |
| Cp | 0.574 | 0.574 | 0.57 | 0.569 | 0.567 | 0.562 | 0.564 | 0.57 |
| Cb | 0.382 | 0.382 | 0.38 | 0.394 | 0.376 | 0.368 | 0.399 | 0.418 |
| LCB [m] | 17.258 | 17.257 | 17.255 | 17.262 | 17.25 | 17.228 | 17.204 | 17.176 |
| LCF [m] | 13.9 | 13.96 | 14.455 | 16.393 | 18.122 | 19.355 | 19.856 | 20.248 |
| Trim [°] | -1.5802 | -1.59 | -1.6414 | -1.7491 | -1.5454 | -0.9703 | -0.0226 | 1.4665 |

Tablica 39 Karakteristične točke 6

| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 8.8 | 0.66 |
| Rub palube | 9.8 | 0.736 |
| Točka naplavlivanja | 43.2 | 2.833 |



Slika 20 Dijagram poluge stabiliteta 6

Tablica 40 Kriteriji SOLAS-a 6

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 43.2 | Prolaz |
| Maksimalni iznos oluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.334 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 1.124 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0744 | Prolaz |

6.1.7 Brod s 36 putnika, 100% tankovi- odlazak; Stanje oštećenja 7

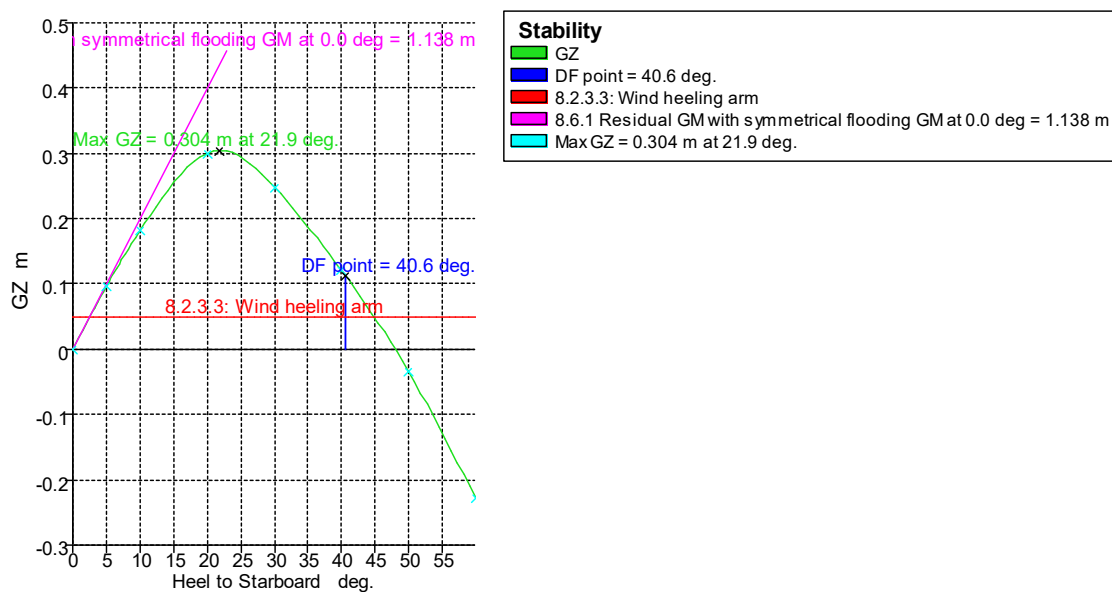
U sljedećim tablicama su prikazani rezultati simulacije velikih kutova nagiba za brod s 36 putnika, 100 % ispunjenim tankovima i naplavljenim odjeljkom pramčanog pika.

Tablica 41 Karakteristike broda pri velikim kutovima nagiba 7

| Nagib [°] | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| GZ [m] | 0 | 0.096 | 0.182 | 0.3 | 0.248 | 0.121 | -0.035 | -0.228 |
| Površina ispod GZ [m.rad] | 0 | 0.2431 | 0.9399 | 3.4869 | 6.3277 | 8.2077 | 8.6686 | 7.3808 |
| Istisnina [t] | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 | 566.4 |
| Gaz na FP [m] | 2.729 | 2.727 | 2.709 | 2.651 | 2.524 | 2.237 | 1.721 | 0.913 |
| Gaz na AP [m] | 2.793 | 2.791 | 2.8 | 2.817 | 2.912 | 3.09 | 3.375 | 3.845 |
| Cp | 0.676 | 0.677 | 0.677 | 0.686 | 0.683 | 0.668 | 0.647 | 0.637 |
| Cb | 0.497 | 0.498 | 0.501 | 0.499 | 0.434 | 0.388 | 0.403 | 0.406 |
| LCB [m] | 17.199 | 17.2 | 17.199 | 17.195 | 17.182 | 17.165 | 17.145 | 17.127 |
| LCF [m] | 14.924 | 15.281 | 15.778 | 17.226 | 18.751 | 20.025 | 20.905 | 21.514 |
| Trim [°] | 0.0873 | 0.0877 | 0.1259 | 0.2296 | 0.535 | 1.1774 | 2.2828 | 4.0417 |

Tablica 42 Karakteristične točke 7

| Karakteristična točka | Kut urona [°] | Početno nadvođe m.° |
|-----------------------|---------------|---------------------|
| Granična linija urona | 13.1 | 1 |
| Rub palube | 14 | 1.076 |
| Točka naplavljivanja | 40.6 | 2.714 |



Slika 21 Dijagram poluge stabiliteta 7

Tablica 43 Kriteriji SOLAS-a 7

| Kriterij | Iznos | Mjerna jedinica | Postignuta vrijednost | Status |
|-------------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|--------|
| Raspon pozitivnog stabiliteta | 15 | stupnjeva | 40.6 | Prolaz |
| Maksimalni iznos poluge stabiliteta | 0.1 | m | 0.304 | Prolaz |
| Metacentarska visina | 0.05 | m | 1.138 | Prolaz |
| Nagib broda u ravnotežnom stanju | 7 | stupnjeva | 0 | Prolaz |
| Površina ispod GZ krivulje | 0.015 | mrad | 0.0707 | Prolaz |

7 Proračun stabiliteta putničkog broda M/B „Alfa Mario“ u oštećenom stanju probabilističkom metodom

Proračun stabiliteta probabilističkom metodom izvršen je na tri prethodno opisana stanja krcanja detaljnije opisana u poglavlju 3.2.2 te na slici 3. Proračun je proveden po pravilima SOLAS-a za probabilističku metodu. Brod je podijeljen poprečnim pregradama na 7 zona koje se poklapaju sa odjeljcima iz determinističke metoda računanja stabiliteta.

Tablica 44 Uzdužni položaj zona

| Naziv | Krma [m] | Pramac [m] | Duljina [m] |
|--------|----------|------------|-------------|
| Zona 1 | -4.627 | 1.5 | 6.127 |
| Zona 2 | 1.5 | 7.5 | 6 |
| Zona 3 | 7.5 | 13 | 5.5 |
| Zona 4 | 13 | 21.5 | 8.5 |
| Zona 5 | 21.5 | 31.5 | 10 |
| Zona 6 | 31.5 | 39 | 7.5 |
| Zona 7 | 39 | 41.57 | 2.57 |

U vertikalnom smjeru, brod ima jednu nepropusnu palubu, koja definira visinu svake zone.

Uzdužnih pregrada brod nema. U nastavku je prikazan unos zahtijevanih podataka, stanja krcanja koja odgovaraju gazovima d_s , d_p i d_l te rezultati probabilističkog proračuna za svako stanje krcanja.

Tablica 45 Unos podataka u program MaxSurf-Stability

| | | |
|--|---------------------|----------------|
| Probabilistic damage | | |
| Resolution -- MSC.421(98), MSC.216(82) or MSC.19(58) | MSC.216(82) | |
| Do automatic combinations of vertical damage ? | Yes | |
| Loadcases | | |
| Deepest subdivision draft (summer loadline) Loadcase | Putnici Simet. 100% | draft: 2.749 m |
| Partial subdivision draft Loadcase | Test | draft: 2.629 m |
| Light service draft Loadcase | Light ship | draft: 2.451 m |
| Vessel parameters | | |
| Type -- Cargo or Passenger | Passenger | |
| Lifeboat capacity N_1 | | 0 |
| Permitted max. num. of persons in excess of N_1: N_2 | | 50 |
| Subdivision length L_s | | 46.197 m |
| Aft terminal of L_s | | -4.627 m |
| Fwd terminal of L_s | | 41.57 m |
| Mid L_s | | 18.471 m |
| Intact displacement at subdivision draft (Putnici Simet. 100%) | | 566.402 t |
| max. moulded breadth at or below deepest subdivision draft: B | | 8.642 m |
| max. number of adjacent zones to consider | | 7 |
| min. probability (p.r.v) of damage to consider >= | | 0.0001 |
| max. trim angle to consider | | 40 deg |
| Limit longitudinal extent of damage? (l_max=60.000; J_max=0.30303) | Limit | |
| Limit vertical extent of damage? | Limit | |
| max. vertical extent of damage | | 15.249 m |
| Damaged side -- Starboard or Port | Starboard | |
| Zone 1 located at bow or stern? | Stern | |
| MSC.216(82) -- Required subdivision index | | |
| Pax ships: $R = 1 - 5000 / (L_s + 2.5 N + 15225)$ | | 0.67786 |
| Reduction factor for R | | 1 |
| Required subdivision index (applying reduction factor) | | 0.67786 |
| Factor of R for required subdivision index for each loadcase | | 0.9 |
| Required subdivision index for each loadcase | | 0.61007 |
| Constants | | |
| J_max -- MSC.216(82) formulation | | 0.30303 |
| J_kn | | 0.15152 |
| p_k | | 0.91667 |
| l_max | | 60 m |
| L_star | | 260 m |
| Vessel specific calcs (zone independent) | | |
| J_m_star | | 0.30303 |
| J_k_star | | 0.15152 |
| J_m | | 0.30303 |
| J_k | | 0.15152 |
| Probability distribution coefficients | | |
| b_0 | | 11 |
| b_11 | | -65.34 |
| b_12 | | 11 |
| b_21 | | -7.26 |
| b_22 | | 2.2 |

Tablica 46 Stanje krcanja za gaz d_s

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Lightship | 1 | 452.56 | 452.56 | | | 17.659 | 0 | 4.426 |
| Posada | 1 | 1.05 | 1.05 | | | 16.5 | 0 | 7.25 |
| Hrana i pice | 1 | 0.4 | 0.4 | | | 22.72 | 0 | 7.3 |
| Jacuzzi | 1 | 0.8 | 0.8 | | | 7.67 | 0 | 9.2 |
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | | | 22.07 | 0 | 3.5 |
| Kruti Balast | 1 | 13 | 13 | | | 9.74 | 0 | 0.61 |
| 1Tk Balast 1 | 99.94% | 7.845 | 7.84 | 7.845 | 7.84 | 29.979 | 0 | 0.796 |
| 2Tk Balast 2L | 99.88% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.989 | -0.873 | 0.786 |
| 3Tk Balast 2D | 99.88% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.989 | 0.873 | 0.786 |
| 4Tk vode 3L | 99.80% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.304 | -0.874 | 0.794 |
| 5Tk vode 3D | 99.80% | 14.739 | 14.71 | 14.739 | 14.71 | 17.304 | 0.874 | 0.794 |
| 6Tk goriva D | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | -3 | 3 |
| 6Tk goriva L | 100% | 6.731 | 6.731 | 7.919 | 7.919 | 2 | 3 | 3 |
| 8Tk otp. ulja | 99.63% | 1.346 | 1.341 | 1.496 | 1.49 | 6.013 | 0 | 0.941 |
| 9Tk crn/siv 1L | 99.74% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.835 | -0.862 | 0.864 |
| 10Tk crn/siv 1D | 99.74% | 5.277 | 5.263 | 5.123 | 5.11 | 9.835 | 0.862 | 0.864 |
| 11Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | -3.584 | 3.201 |
| 12Tk crn/siv 2L | 100% | 4.141 | 4.141 | 4.06 | 4.06 | 6.255 | 3.584 | 3.201 |
| Total Loadcase | | | 566.402 | 97.532 | 97.408 | 17.203 | 0 | 3.843 |
| FS correction | | | | | | | | 0.038 |
| VCG fluid | | | | | | | | 3.881 |

Tablica 47 Stanje krcanja za gaz d_p

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Lightship | 1 | 452.56 | 452.56 | | | 17.659 | 0 | 4.426 |
| Posada | 1 | 1.05 | 1.05 | | | 16.5 | 0 | 7.25 |
| Hrana i pice | 0.5 | 0.4 | 0.2 | | | 22.72 | 0 | 7.3 |
| Jacuzzi | 1 | 0.8 | 0.8 | | | 7.67 | 0 | 9.2 |
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | | | 22.07 | 0 | 3.5 |
| Kruti Balast | 1 | 13 | 13 | | | 9.74 | 0 | 0.61 |
| 1Tk Balast 1 | 99.94% | 7.845 | 7.84 | 7.845 | 7.84 | 29.979 | 0 | 0.796 |
| 2Tk Balast 2L | 99.88% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.989 | -0.873 | 0.786 |
| 3Tk Balast 2D | 99.88% | 12.255 | 12.24 | 12.255 | 12.24 | 24.989 | 0.873 | 0.786 |
| 4Tk vode 3L | 23% | 14.739 | 3.39 | 14.739 | 3.39 | 17.439 | -0.504 | 0.393 |
| 5Tk vode 3D | 23% | 14.739 | 3.39 | 14.739 | 3.39 | 17.439 | 0.504 | 0.393 |
| 6Tk goriva D | 23% | 6.731 | 1.548 | 7.919 | 1.821 | 2 | -3 | 2.384 |
| 6Tk goriva L | 23% | 6.731 | 1.548 | 7.919 | 1.821 | 2 | 3 | 2.384 |
| 8Tk otp. ulja | 23% | 1.346 | 0.31 | 1.496 | 0.344 | 6.05 | 0 | 0.678 |
| 9Tk crn/siv 1L | 23% | 5.277 | 1.214 | 5.123 | 1.178 | 10.04 | -0.483 | 0.515 |
| 10Tk crn/siv 1D | 23% | 5.277 | 1.214 | 5.123 | 1.178 | 10.04 | 0.483 | 0.515 |
| 11Tk crn/siv 2L | 23% | 4.141 | 0.953 | 4.06 | 0.934 | 6.256 | -3.58 | 2.739 |
| 12Tk crn/siv 2L | 23% | 4.141 | 0.953 | 4.06 | 0.934 | 6.256 | 3.58 | 2.739 |
| Total Loadcase | | | 517.688 | 97.532 | 47.311 | 17.776 | 0 | 4.039 |
| FS correction | | | | | | | | 0.042 |
| VCG fluid | | | | | | | | 4.081 |

Tablica 48 Stanje krceanja za gaz d_l

| Stavka broda | Količina | Masa [t] | Ukupna masa [t] | Volumen [m ³] | Ukupni volumen [m ³] | X [m] | Y [m] | Z [m] |
|-----------------|----------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| Lightship | 1 | 452.56 | 452.56 | | | 17.659 | 0 | 4.426 |
| Posada | 1 | 1.05 | 1.05 | | | 16.5 | 0 | 7.25 |
| Hrana i pice | 1 | 0.4 | 0.4 | | | 22.72 | 0 | 7.3 |
| Jacuzzi | 1 | 0.8 | 0.8 | | | 7.67 | 0 | 9.2 |
| Gornja pal 18 L | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Gornja pal 18 D | 1 | 1.35 | 1.35 | | | 12.83 | 0 | 7.25 |
| Prtljaga | 1 | 0.54 | 0.54 | | | 22.07 | 0 | 3.5 |
| Kruti Balast | 1 | 13 | 13 | | | 9.74 | 0 | 0.61 |
| 1Tk Balast 1 | 0% | 7.845 | 0 | 7.845 | 0 | 30.026 | 0 | 0 |
| 2Tk Balast 2L | 0% | 12.255 | 0 | 12.255 | 0 | 26.113 | 0 | 0 |
| 3Tk Balast 2D | 0% | 12.255 | 0 | 12.255 | 0 | 26.113 | 0 | 0 |
| 4Tk vode 3L | 0% | 14.739 | 0 | 14.739 | 0 | 21.312 | 0 | 0 |
| 5Tk vode 3D | 0% | 14.739 | 0 | 14.739 | 0 | 21.312 | 0 | 0 |
| 6Tk goriva D | 0% | 6.731 | 0 | 7.919 | 0 | 2.005 | -2.996 | 2.2 |
| 6Tk goriva L | 0% | 6.731 | 0 | 7.919 | 0 | 2.005 | 2.996 | 2.2 |
| 8Tk otp. ulja | 0% | 1.346 | 0 | 1.496 | 0 | 6.494 | 0 | 0.4 |
| 9Tk crn/siv 1L | 0% | 5.277 | 0 | 5.123 | 0 | 11.974 | 0 | 0.093 |
| 10Tk crn/siv 1D | 0% | 5.277 | 0 | 5.123 | 0 | 11.974 | 0 | 0.093 |
| 11Tk crn/siv 2L | 0% | 4.141 | 0 | 4.06 | 0 | 6.256 | -3.576 | 2.6 |
| 12Tk crn/siv 2L | 0% | 4.141 | 0 | 4.06 | 0 | 6.256 | 3.576 | 2.6 |
| Total Loadcase | | | 471.05 | 97.532 | 0 | 17.403 | 0 | 4.353 |
| FS correction | | | | | | | | 0.003 |
| VCG fluid | | | | | | | | 4.355 |

7.1 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_s

U sljedećoj tablici prikazani su rezultati proračuna za potpuno nakrcani brod koji odgovara gazu d_s .

Tablica 49 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_s

| Oštećene zone | Oštećeni djelovi broda | p_i | v | $s_{inter.}$ | s_{final} | s_{moment} | s_{faktor} | A faktor (p.r.v.s) | R | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------|-----|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------------|----------|--------|
| Z1 | 6,7,13 | 0.101984 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.101984 | | |
| Z2 | 6,7,8,11,12,14 | 0.068918 | 1 | 1 | 0.863 | 0.569423 | 0.4914 | 0.033866 | | |
| Z3 | 9,10,15 | 0.059581 | 1 | 1 | 0.988 | 1 | 0.988 | 0.058866 | | |
| Z4 | 4,5,16 | 0.118695 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.118695 | | |
| Z5 | 2,3,17 | 0.149909 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.149909 | | |
| Z6 | 1,18 | 0.098377 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.098377 | | |
| Z7 | | 19 0.035389 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.035389 | | |
| Z1,2 | 6,7,8,11,12,13,14 | 0.057975 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z2,2 | 6,7,8,9,10,11,12,14,15 | 0.053286 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z3,2 | 4,5,9,10,15,16 | 0.057434 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z4,2 | 2,3,4,5,16,17 | 0.064514 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z5,2 | 1,2,3,17,18 | 0.063186 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z6,2 | 1,18,19 | 0.050916 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.050916 | | |
| Z1,3 | 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 | 0.006148 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z2,3 | 4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16 | 0.007674 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z3,3 | 2,3,4,5,9,10,15,16,17 | 0.002041 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z4,3 | 1,2,3,4,5,16,17,18 | 0.000785 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z5,3 | 1,2,3,17,18,19 | 0.002997 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z1,4 | 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16 | 0.000192 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Postignuti parcijalni indeks As | | | | | | | | 0.648002 | 0.610074 | Prolaz |

7.2 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_p

U sljedećoj tablici prikazani su rezultati proračuna za djelomično nakrcani brod koji odgovara gazu d_p .

Tablica 50 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_p

| Oštećene zone | Oštećeni djelovi broda | p_i | v | $s_{inter.}$ | s_{final} | s_{moment} | s_{faktor} | A faktor (p.r.v.s) | R | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------|-----|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------------|----------|--------|
| Z1 | 6,7,13 | 0.101984 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.101984 | | |
| Z2 | 6,7,8,11,12,14 | 0.068918 | 1 | 1 | 0.9385 | 1 | 0.9385 | 0.06468 | | |
| Z3 | 9,10,15 | 0.059581 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.059581 | | |
| Z4 | 4,5,16 | 0.118695 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.118695 | | |
| Z5 | 2,3,17 | 0.149909 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.149909 | | |
| Z6 | 1,18 | 0.098377 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.098377 | | |
| Z7 | 19 | 0.035389 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.035389 | | |
| Z1,2 | 6,7,8,11,12,13,14 | 0.057975 | 1 | 0.447 | 0.2921 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z2,2 | 6,7,8,9,10,11,12,14,15 | 0.053286 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z3,2 | 4,5,9,10,15,16 | 0.057434 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z4,2 | 2,3,4,5,16,17 | 0.064514 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z5,2 | 1,2,3,17,18 | 0.063186 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.063186 | | |
| Z6,2 | 1,18,19 | 0.050916 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.050916 | | |
| Z1,3 | 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 | 0.006148 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z2,3 | 4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16 | 0.007674 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z3,3 | 2,3,4,5,9,10,15,16,17 | 0.002041 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z4,3 | 1,2,3,4,5,16,17,18 | 0.000785 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z5,3 | 1,2,3,17,18,19 | 0.002997 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.002997 | | |
| Z1,4 | 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16 | 0.000192 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Postignuti parcijalni indeks Ap | | | | | | | | 0.745714 | 0.610074 | Prolaz |

7.3 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_t

U sljedećoj tablici prikazani su rezultati proračuna za prazan brod koji odgovara gazu d_t .

Tablica 51 Rezultati proračuna za stanje krcanja d_t

| Oštećene zone | Oštećeni djelovi broda | p_i | v | $s_{inter.}$ | s_{final} | s_{moment} | s_{faktor} | A faktor (p.r.v.s) | R | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------|-----|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------------|----------|--------|
| Z1 | 6,7,13 | 0.101984 | 1 | 1 | 0.983 | 1 | 0.983 | 0.10025 | | |
| Z2 | 6,7,8,11,12,14 | 0.068918 | 1 | 1 | 0.8658 | 0.471717 | 0.4084 | 0.028146 | | |
| Z3 | 9,10,15 | 0.059581 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.059581 | | |
| Z4 | 4,5,16 | 0.118695 | 1 | 1 | 0.9812 | 1 | 0.9812 | 0.116464 | | |
| Z5 | 2,3,17 | 0.149909 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.149909 | | |
| Z6 | 1,18 | 0.098377 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.098377 | | |
| Z7 | 19 | 0.035389 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.035389 | | |
| Z1,2 | 6,7,8,11,12,13,14 | 0.057975 | 1 | 0.1481 | 0.0967 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z2,2 | 6,7,8,9,10,11,12,14,15 | 0.053286 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z3,2 | 4,5,9,10,15,16 | 0.057434 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z4,2 | 2,3,4,5,16,17 | 0.064514 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.064514 | | |
| Z5,2 | 1,2,3,17,18 | 0.063186 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.063186 | | |
| Z6,2 | 1,18,19 | 0.050916 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.050916 | | |
| Z1,3 | 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 | 0.006148 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z2,3 | 4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16 | 0.007674 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z3,3 | 2,3,4,5,9,10,15,16,17 | 0.002041 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Z4,3 | 1,2,3,4,5,16,17,18 | 0.000785 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| Z5,3 | 1,2,3,17,18,19 | 0.002997 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.002997 | | |
| Z1,4 | 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16 | 0.000192 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Postignuti parcijalni indeks AI | | | | | | | | 0.769729 | 0.610074 | Prolaz |

7.4 Ukupni indeks pregrađivanja A

Iz rezultata prikazanih u prethodnim tablicama se vidi da parcijalni indeksi koji odgovaraju traženim stanjima krcanja postižu zahtijevane vrijednosti. Ukupni postignuti indeks pregrađivanja A iznosi:

Tablica 52 Postignuti i traženi indeksi pregrađivanja

| A | R |
|----------|---------|
| 0.711432 | 0.67786 |

8 ZAKLJUČAK

Probabilistička metoda je od 2022. godine postala obavezan dio proračuna stabiliteta za nove putničke brodove klase D koji plove po Jadranu. S obzirom na razvoj turizma i tendenciju rasta nautičke flote, cilj ovog rada je provjeriti da li postojeći način projektiranja mini kruzera može zadovoljiti kriterije probabilističke metode.

U ovom završnom radu izvršen je proračun stabiliteta putničkog broda u neoštećenom i oštećenom stanju determinističkom i probabilističkom metodom. Dobivena forma zadanog broda modelirana je u MaxSurf-Stability gdje su definirani svi takovi te nepropusni odjeljci. Nakon toga su unesena težišta svih masa koje se nalaze na brodu za vrijeme plovidbe. Na temelju prethodno definiranih stavki dobiveni su hidrostatski podatci broda za sva tražena stanja krcanja.

Sa svim prethodno dobivenim podacima izvršen je proračun u oštećenom i neoštećenom stanju za velike kutove nagiba. Proračun oštećenog stanja je proveden naplavlivanjem svakog odjeljka broda zasebno, te se pokazalo da brod zadovoljava kriterije determinističkog pristupa za sva stanja oštećenja.

Za provođenje probabilističke metode ,brod je podijeljen u 7 zona. Proračun je dao zadovoljavajuće rezultate prema propisima SOLAS-a, tj. postignuti indeks pregrađivanja A je veći od zahtijevanog indeksa pregrađivanja R , čime se zaključuje da je brod dovoljno pregrađen.

Na kraju se može zaključiti da je sigurnosti broda u oštećenom stanju određena brojem nepropusnih pregrada , odnosno veličinom nepropusnih odjeljaka. Međutim u obzir treba uzeti isplativost i mogućnost pregrađivanja broda ovisno o njegovoj namjeni. U slučaju putničkog broda pregrađivanje igra bitnu ulogu u veličini i dizajnu prostora za putnike, što na kraju utječe na kvalitetu usluge. Prevelik broj pregrada na putničkom brodu ovog tipa bi rezultirao neadekvatnom veličinom putničkih prostora. Stoga je potrebno razmotriti alternativne metode za postizanje zadovoljavajućih rezultata, kao što su ugrađivanje dvodna ili dvoboka na novogradnje.

LITERATURA

- [1] “2008 IS Code – International Code on Intact Stability, 2008.”
<https://www.imorules.com/IS2008.html> (accessed Feb. 09, 2023).
- [2] T. Staničić, “Proračun stabiliteta u oštećenom stanju Panamax kontejnerskog broda koristeći Foran softverski paket,” info:eu-repo/semantics/masterThesis, University of Rijeka. Faculty of Engineering. Department of Naval Architecture and Ocean Engineering. Section of Ship Design, 2018. Accessed: Feb. 09, 2023. [Online]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:190:081014>
- [3] O. M. Djupvik, “Probabilistic Damage Stability - Maximizing the Attained Index by Analyzing the Effects of Changes in the Arrangement for Offshore Vessels,” Master thesis, NTNU, 2015. Accessed: Feb. 09, 2023. [Online]. Available: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2350929>
- [4] R. Tagg and C. Tuzcu, “A Performance-Based Assessment of the Survival of Damaged Ships: Final Outcome of the EU Research Project HARDER,” *Mar. Technol. SNAME News*, vol. 40, no. 04, pp. 288–295, Oct. 2003, doi: 10.5957/mtl.2003.40.4.288.