Analiza hidrostatskih tablica

Rinčić, Petar

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:392681

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET U SPLITU

PETAR RINČIĆ

ANALIZA HIDROSTATSKIH TABLICA

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2018.

	POMORSKI FAKULTET U SPLITU	STRANICA:	1/1
		ŠIFRA:	F05.1.-DZ
	DIPLOMSKI ZADATAK	DATUM:	22.10.2013.

SPLIT, _____

ZAVOD/STUDIJ: _____

PREDMET: _____

D I P L O M S K I ZADATAK

STUDENT/CA: _____

MATIČNI BROJ: _____

ZAVOD/STUDIJ: _____

ZADATAK:

OPIS ZADATKA:

CILJ:

ZADATAK URUČEN STUDENTU/CI: _____

POTPIS STUDENTA/CE: _____

MENTOR: _____

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

ANALIZA HIDROSTATSKIH TABLICA

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:
dr. sc. Izvor Grubišić
KOMENTOR:
Luka Mudronja, mag.ing.

STUDENT:
Petar Rinčić
(MB: 0171228315)

SPLIT, 2018.

SAŽETAK

Zbog visokog stupnja sigurnosti na brodovima, očekuje se da se u svakom trenu znaju svi podaci o njegovom stabilitetu. Brod u svakom trenu mora zadovoljavati uvjete koje su napisane u IMO rezoluciji. Zato se posadi pokušava pomoći u svakom mogućem smislu da im se olakša analiziranje i proračunavanje statičkog i dinamičkog stabiliteta. Posadi se daje na korištenje hidrostatski podaci i tablice te svi podaci vezani za stabilitet broda u oštećenom stanju. Ti podaci dolaze u papirnatom obliku, ali posadi se također nude i računalni programi koji mogu jako velikom brzinom i pouzdanošću dati hidrostatske podatke u svakom danom trenutku. Cilj ovog rada je da se analiziraju hidrostatski podaci na primjeru jednog putničkog broda na kružnim putovanjima te da se obrati pažnja na najbitnije podatke te kako se njima koristiti. Također će se obratiti pozornost i na računalnu opremu koje nam uvelike olakšava proračun.

Ključne riječi: *stabilitet, analiza, hidrostatski podaci, računalna oprema, brodska posada*

ABSTRACT

Because of the high degree of safety on board, it is expected that in every given moment ship's crew know all data about ship stability. In every given moment ship needs to comply with IMO regulations. That is why we need to do everything possible to help ships crew to get all stability calculations of ship's dinamic and static data in easiest way and form. That is why ship's crew get all data about hydrostatics and damage stability booklets. All that data comes on board in paper form, but ship's crew also get the Loading instruments in computer program form. Loading instruments give crew very fast and reliable calculations in very short period of time about all data that concerns ship stability. The objective of this article is to analyse hydrostatic tables of the passanger ship on the cruise line and to make attention on the most usefull data in hydrostatic tables and how to manage them. Also, data is going to be analysed with Loading instruments because they make the progress very fast and reliable.

Key words: *stability, analysis, hydrostatic tables, computer equipment, ships crew*

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. BROD ZA PRIJEVOZ PUTNIKA 2

2.1. POJEDINOSTI BRODA (SHIP PARTICULARS) 3

2.2. KOORDINATNI SUSTAV BRODA I OZNAKE GAZOVA 4

2.3. GENERALNI PLAN BRODA 6

2.4. GENERALNI PLAN TANKOVA 7

3. KRITERIJI I ODREDBE IMO-A i MARPOL-A 8

3.1. KRITERIJ STABILITETA BRODA U NEOŠTEČENOM STANJU 8

3.2. KRITERIJ STABILITETA BRODA U OŠTEČENOM STANJU 9

4. KNJIGA TRIMA I STABILITETA 10

4.1. BRODSKE KRIVULJE 11

4.2. HIDROSTATSKE TABLICE I DIJAGRAMNI LIST 14

4.3. STANJA KRCANJA 19

4.4. STANJE KRCANJA 'PRAZAN BROD' (LIGHT SHIP) 20

4.5. STANJE KRCANJA 'MAKSIMALNA NAKRCANOST SKUPA SA SVIM GOSTIMA - SPREMAN ZA POLAZAK' 26

4.6. DIJAGRAM NOSIVOSTI BRODA 33

4.7. STABILITET BRODA U OŠTEĆENOM STANJU 35

4.8. RAČUNALNI PROGRAMI (LOADING INSTRUMENTS) 40

5. ZAKLJUČAK 41

LITERATURA 42

POPIS ILUSTRACIJA 43

SIMBOLI I KRATICE 44

1. UVOD

U ovom radu će se analizirati hidrostatske tablice broda za prijevoz putnika na kružnim putovanjima. U radu će se obratiti pozornost na dijelove hidrostatskih tablica koje su najbitnije za prikaz dali brod udovoljava kriterijima IMO-a i MARPOL-a. Pod IMO kriterije spada sve vezano uz stabilitet broda u neoštećenom stanju, dok MARPOL obuhvaća dio stabiliteta u oštećenom stanju.

U dijelu o neoštećenom stanju broda, analizirati će se načine krcanja broda koji su ponuđeni u hidrostatskim tablicama. S njima će se analizirati dali metacentarska visina, površine ispod GZ poluge, nagibi pri skretanju zadovoljavaju IMO kriterijima. U dijelu o oštećenom stanju će se analizirati dali brod uspijeva zadržati rezervu uzgona kada dođe do oštećenja na trupu.

U prvom poglavlju predstavit će se brod koji će se analizirati. Prikazati će se detalji vezani za brod, njegov koordinatni sustav, generalni plan te generalni plan tankova.

U drugom poglavlju će se vidjeti koje su to odredbe i kriteriji koji brod mora zadovoljiti da bi uopće mogao isploviti na putovanje. Te odredbe su određene po SOLAS konvenciji i MARPOL konvenciji.

Treće poglavlje sadržava opis sadržaja knjige trima i stabiliteta. Objasnit će se način na koji način nastaju hidrostatske tablice i dijagrami. Prikazati će se koje sve podatke možemo naći u njima te će se detaljnije analizirati dva stanja krcanja (*prazan i puni brod*). Prikazati će se i računalni način obrade hidrostatskih podataka te kako nam on može olakšati proračun i analizu.

2. BROD ZA PRIJEVOZ PUTNIKA



Slika 1. Brod za prijevoz putnika na kružnim putovanjima

Izvor: boards.cruisecritic.com

Brod koji će se analizirati u ovom radu je brod koji je namijenjen prijevozu putnika na kružnim putovanjima u svrhu razonode. Brod se sastoji od 18 paluba od kojih je 15 namijenjeno za putnike i posadu, a preostale tri su odvojene za strojarnicu, tankove, pomoćne strojeve, praonice, razna skladišta itd.

Brodski pogon se sastoji od 6 glavnih generatora (oznaka: 12V46; snaga: 6 x 14 400kW; proizvođač Wärtsillä [1]) i dva manja generatora (2 x 2 500kW). Propulzija se prenosi električnim putem na 3 pogonske jedinice. Dvije bočne jedinice su *azipodi* koji se mogu okretati 360°, a u sredini se nalazi jedan fiksni propeler. Sve tri jedinice imaju fiksni uspon vijka. Na pramcu se nalaze četiri pramčana porivnika. Brod s ovom pogonskom jedinicom može ostvariti brzinu od 21,6 čvorova.

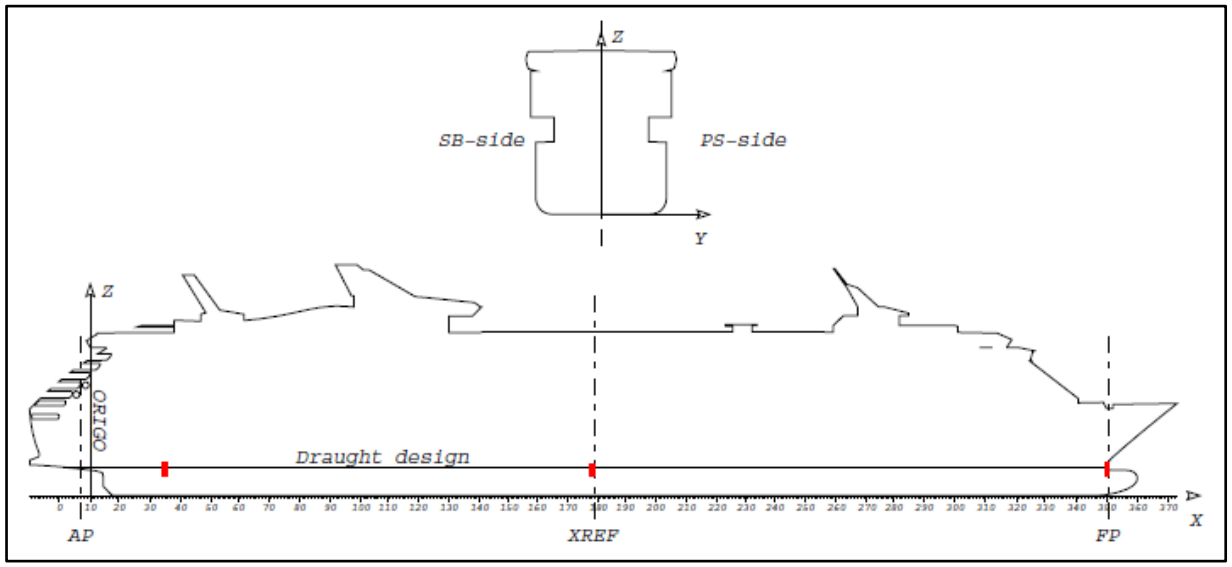
Brod može prevoziti 4 960 putnika (1084 vanjske kabine s balkonom, 733 unutrašnje kabine) te 1300 članova posade. Na najvišim palubama možemo naći i dva bazena sa svojim pripadajućim tankovima za pročišćavanje vode (jako bitno za stabilnost broda jer se nalaze jako visoko u odnosu na osnovicu broda).

[1] Wärtsillä – finska kompanija koja se bavi proizvodnjom i održavanjem opreme u brodskim i ostalim energetskim sustavima. Jedan od njihovih glavnih proizvoda su veliki motori s unutrašnjim izgaranjem koji se najčešće ugrađuju u putničke brodove i trajekte.

2.1. POJEDINOSTI BRODA (SHIP PARTICULARS)

Namjena broda:	Brod za prijevoz putnika na linijskom putovanju
Klasa broda:	Det Norske Veritas +1A1, Passenger Ship, BIS, F(M), LCS (DC), RP
Duljina preko svega (LOA):	338,92 m
Duljina između okomica (LBP):	303,28 m
Širina broda:	38,6 m
Visina mjerena do 1. palube:	11,7 m
Visina mjerena do 4. palube:	21,3 m
Gaz broda (konstrukcijski):	8,5 m
Gaz broda (na ljetnoj vodenoj liniji):	9,024 m
Visina broda:	63,25 m
Koeficijent punoće istisnine (CB) na gazu 9 m:	0,7041
Deplasman (ρ =1,025 t/m^3) na gazu 9m:	76 343 t
Ukupna nosivost na gazu 9 m:	14 271 t
Broj gostiju:	4635
Broj posade:	1365
Bruto tonaža:	155 889 t
Neto tonaža:	135 083 t

2.2. KOORDINATNI SUSTAV BRODA I OZNAKE GAZOVA



Slika 2: Isječak iz HT-a, koordinatni sustav broda

Kao što vidimo na slici, brod se nalazi u desno orijentiranom koordinatnom sustavu. Ordinata prolazi kroz rebro broj 10 i ide u pozitivnom smjeru. Apscisa prati gornji rub kobilice i također raste u pozitivnom smjeru. Nagib broda na lijevu stranu označavamo pozitivnim predznakom (+), a nagib na desnu stranu negativnim (-).

Krmeni perpendikular (AP) prolazi kroz osnovicu bočnog *azipoda*[2], a pramčani perpendikular (FP) kroz sjecište konstruktivne vodene linije i unutrašnje strane oplate na pramcu.

Referentna udaljenost (LREF) je razlika između pramčanog i krmenog perpendikulara (LREF = FP – AP). Srednji gaz se mjeri na sredini referentne udaljenosti (LREF/2).

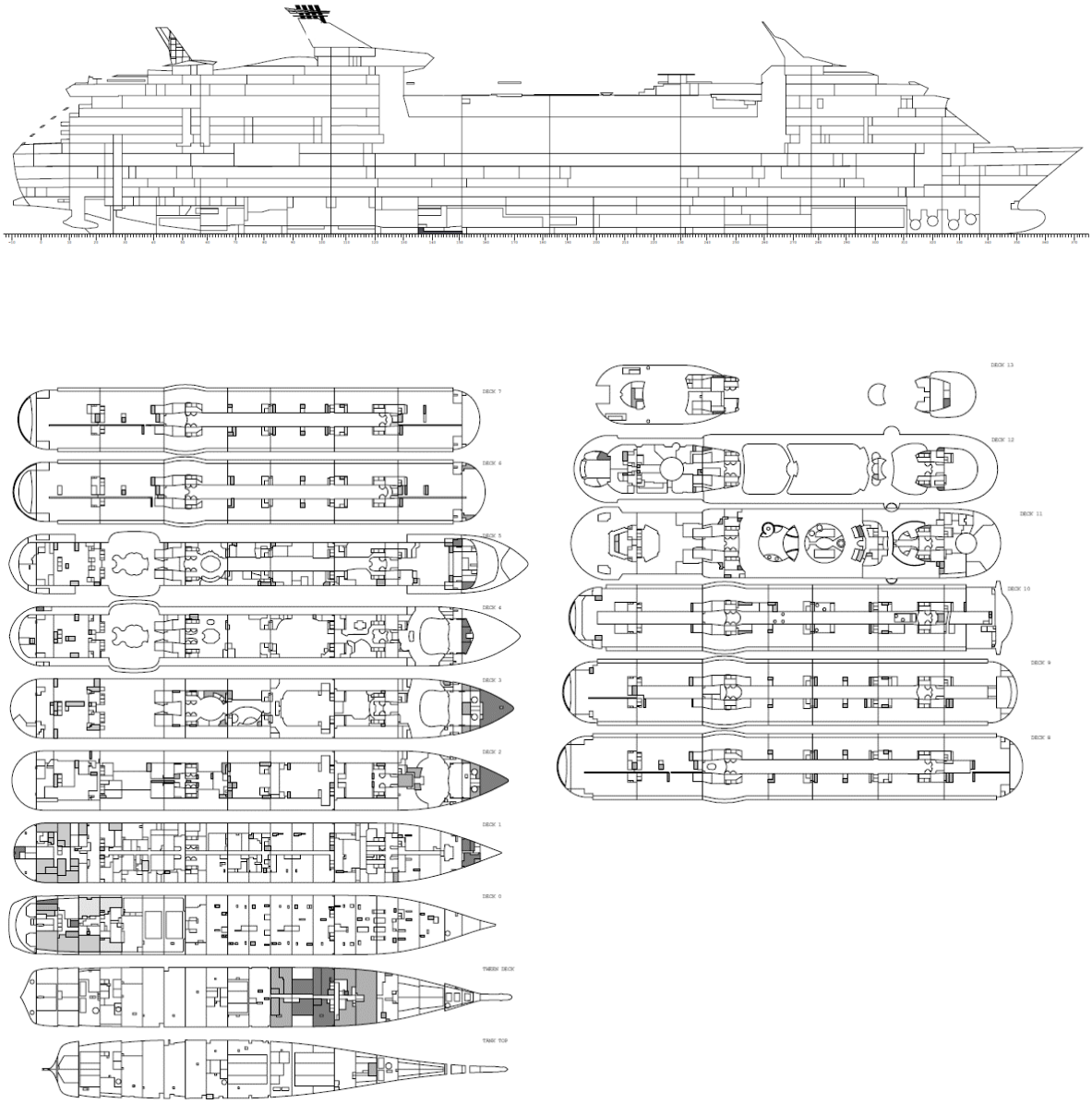
Trim je razlika između gazova na perpendikularima (t = TF – TA). Pramčani trim se označava sa negativnim predznakom (-), a krmeni trim s pozitivnim predznakom (+).

[2]**Azipod** (eng. *Azimuthing Podded Drive*) je registrirani naziv specifičnog propulzora koji se može okretati za 360°. Izvorno razvijen u Finskoj zajedničkim pothvatom Kvaerner MASA brodogradilišta i ABB grupe, to je brodska pogonska jedinica koja se sastoji od električnog pogonjenog vijka montiranog u kućištu kojeg je moguće upravljati. Ideja za takav pogon je nastala još 1980. godine, a prvi put je ugrađen 1990. godine na finski servisni brod «Seili». Prvi komercijalni brod s ugrađenim Azipod pogonom bio je proizvod-tanker «Uikku» 1993. godine, a prvi putnički brod «Elation» 1998. godine.

Oznake gazova se nalaze na rebrima kako slijedi:

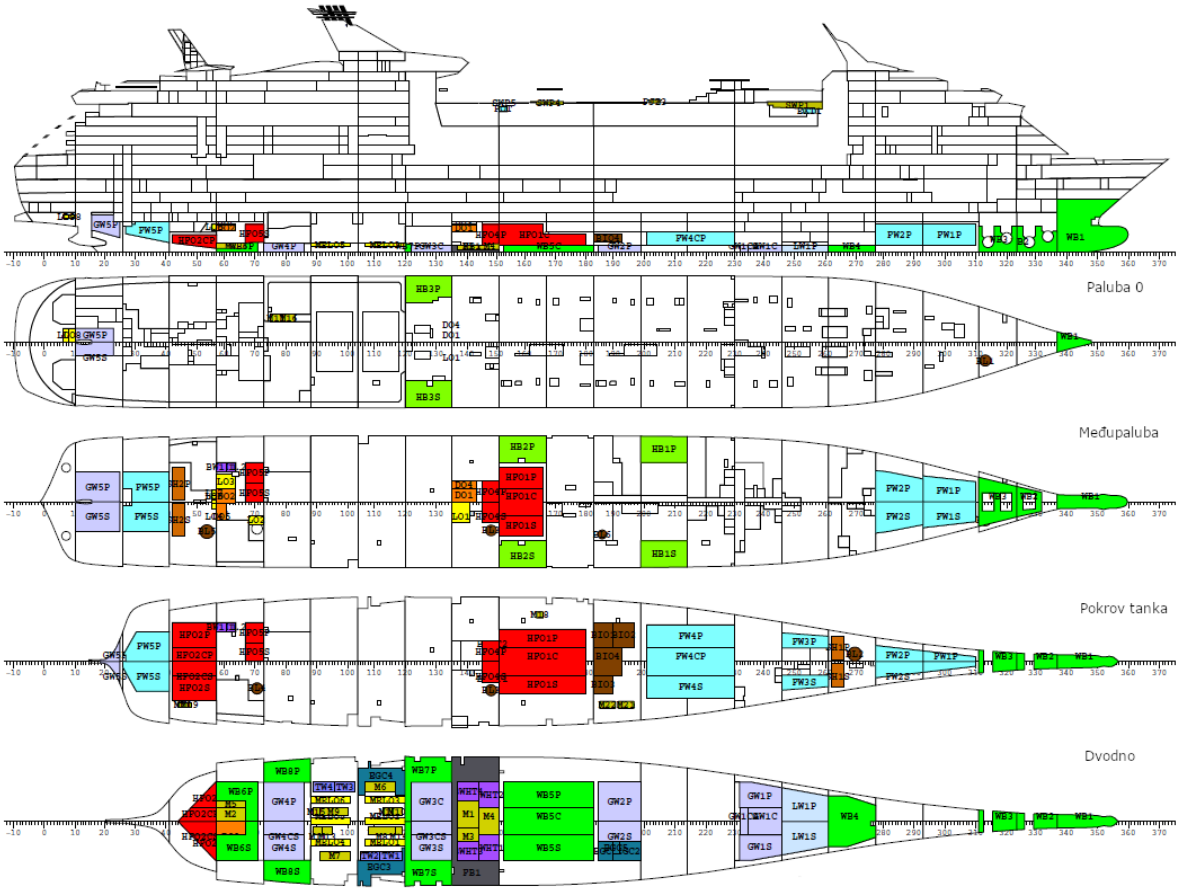
Krmene oznake	rebro br. 35	označeno od 6,0 – 9,8 m.
Oznake na sredini broda	rebro br. 178	označeno od 6,0 – 9,4 m.
Pramčane oznake	rebro br. 350	označeno od 6,0 – 9,8 m.

2.3. GENERALNI PLAN BRODA



Slika 3: Isječak iz HT, generalni plan broda

2.4. GENERALNI PLAN TANKOVA



Slika 4: Isječak iz HT-a, generalni plan tankova

- Teško gorivo
- Dizel gorivo
- Ulja za podmazivanje
- Pitka voda
- Servisna voda
- Voda za praone
- Sive vode
- Voda za 'heeling' tank
- Voda za balast
- Kanalizacijska voda
- Kaljužna voda
- Crna voda
- Razno
- Voda za bazen
- Voda za izmjenu bazena

3. KRITERIJI I ODREDBE IMO-A i MARPOL-A

Svi brodovi koji plove pod IMO-om moraju zadovoljiti kriterije i uvjete plovidbe. Jedan od njih su i kriteriji za stabilitet. Stabilitet se u vidu stanja trupa, dijeli na oštećeno i neoštećeno stanje. Zbog učestalih nesreće koja su se događala kroz povijest, a najčešće su bile povezane sa krivim ukrcajem tereta, IMO propisuje kriterije stabiliteta u neoštećenom stanju. Svaki brod mora zadovoljiti te uvjete da bi se mogao upustiti u sigurnu plovidbu.

Također, MARPOL konvencija propisuje kriterije za brodove u oštećenom stanju. Svaki brod mora imati dovoljnu rezervu uzgona te ne smije doći do velikih nagiba prilikom oštećenja.

U nastavku će se prikazati kriterije za brodove u neoštećenom i oštećenom stanju.

3.1. KRITERIJ STABILITETA BRODA U NEOŠTEĆENOM STANJU

Prema rezoluciji IMO A.749(18), kodeks o stabilitetu u neoštećenom stanju za sve vrste brodova koji su u skladu sa IMO propisima, minimalni zahtjevi za stabilitet su:

1. površina ispod krivulje poluge statičkog stabiliteta ne smije biti manja od 0,055 m-radijana do kuta nagiba φ=30° i ne manja od 0,09 m-radijana do kuta nagiba φ=40° ili kuta naplavljivanja (φn), ako je ovaj kut manji od 40°.
2. površina ispod krivulje poluge statičkog stabiliteta, između kutova nagiba od 30° do 40° ili između 30° i φn, ako je ovaj manji od 40°, ne smije biti manja od 0,03 m-radijana.
3. poluga statičkog stabiliteta mora iznositi najmanje 0,20 m, pri kutu nagiba jednakom ili većem od 30°.
4. najveća poluga statičkog stabiliteta treba se nalaziti pri kutu nagiba po mogućnosti većem od 30°, ali ne manjem od 25°.
5. početna metacentarska visina ne smije biti manja od 0,15 m.

Za putničke brodove postoje dopunski uvjeti:

1. kut nagiba uslijed skupljanja putnika na jednom boku ne smije biti veći od 10°
2. kut nagiba uslijed okreta broda ne smije biti veći od 10°.

3.2. KRITERIJ STABILITETA BRODA U OŠTEČENOM STANJU

Prema Marpol Annex 1 Regulation 28 – pregrađivanje i stabilitet u oštećenom stanju, smatrat će se da su brodovi u skladu sa kriterijima stabiliteta u oštećenom stanju ako su ispunjeni slijedeći uvjeti :

1. konačna vodna linija uzimajući u obzir dodatni uron, bočni nagib i trim broda, mora biti ispod donjeg brida otvora kroz koji može doći do progresivnog naplavljivanja. Ti otvori uključuju cijevi za zrak pa i one zatvorene vodonepropusnim poklopcima i vratima, a ne uključuju vodonepropusne prolaze za ljude, male otvore za teret koji učestvuju u palubnoj čvrstoći i daljinski upravljana vodonepropusna vrata.
2. u završnoj fazi naplavljivanja, kut nagiba broda zbog nesimetričnog naplavljivanja ne smije biti veći od 25º, pod uvjetom da ne dolazi do uranjanja ruba palube taj se kut nagiba može povećati do 30º
3. stabilitet u završnoj fazi naplavljivanja se provjerava i može se smatrati dovoljnim ako krivulja poluge stabiliteta ima pozitivan opseg barem 20º uz maksimalnu preostalu polugu u tom dijelu od najmanje 0,1 m, površina ispod krivulje unutar tog opsega ne smije biti manja od 0,0175 m-radijana. Nezaštićeni otvori ne smiju biti uronjeni u tom dijelu, ako je prostor u pitanju pretpostavlja se da ne smije biti potopljen.

4. KNJIGA TRIMA I STABILITETA

Proračun stabiliteta forme i težina je jako složen i dugotrajan proces koji zahtjeva znanje iz matematike, mehanike i fizike. Stabilitet brodske forme se dobiva u obliku hidrostatskih tablica koje svaki brod dobiva u procesu njegova projektiranja i gradnje. Dio koji obavljaju pomorci (najčešće prvi časnik palube) je proračun stabiliteta težina te ujedno i izračun za provjeru dali brod zadovoljava kriterije stabiliteta.

Hidrostatske tablice ipak ne mogu prikazati baš svako stanje krcanja i sve gazove (trimove). U njima će se najčešće naći sve podatke za nekoliko najčešćih stanja krcanja te za određene gazove od lake vodene linije (vodene linije praznog broda) do ljetne vodene linije. Također će mo naći i podatke za različite trimove (najčešće za svakih 0,5m).

Jedan od jako korisnih alata za proračun stabiliteta su računalni programi (*Loading instrument)*, koji posadi pomažu u planiranju i kontroli svih radnji s teretom i balastom. Uz pomoć njega posadi je omogućeno da u što kraćem roku mogu provjeriti kriterije stabiliteta kao i računanje poprečnih sila i sila savijanja.

Hidrostatske tablice koje će se koristiti u ovom radu su podijeljene na dva dijela:

1. stabilitet broda u neoštećenom stanju *(intact stability)*
2. stabilitet broda u oštećenom stanju *(damage stability).*

Među ostalim u knjizi trima i stabiliteta možemo još naći i:

- upute za kapetana
- hidrostatski podaci za različita stanja krcanja
- pozicije i kapacitet svih tankova i prostora za namirnice
- razne krivulje
- dijagrami
- hidrostatski podaci za različite trimove i gazove
- 'MS' krivulje
- kut naplavljivanja različitih otvora
- dijagram utjecaja vjetra na bok broda
- dijagrami zanosa
- pumpe uspravljajućih tankova 'heeling pump' itd.

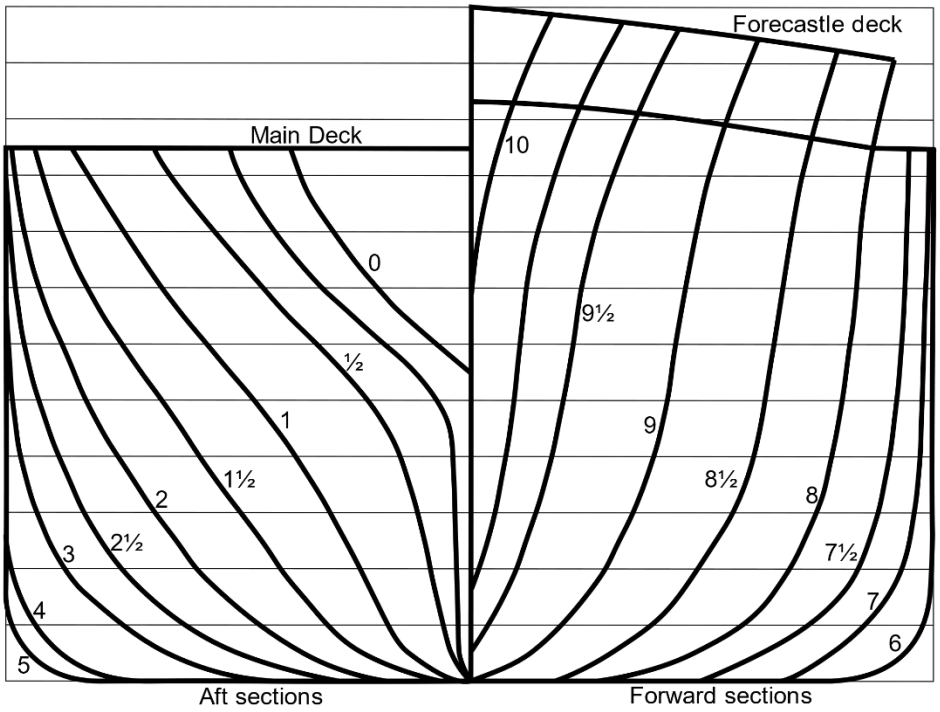
4.1. BRODSKE KRIVULJE

Stvarna forma broda obuhvaća sve oblike koji se mogu naći na vanjskom dijelu trupa. Ona uključuje sve neravnine (namjerne ili nenamjerne), spojeve, zavare, preklope, promjene u debljini oplate, zaštitne trake, anodne protektore, sve privjeske itd. Za opisivanje forme i provođenje svih hidrostatičkih proračuna potpuno opisivanje stvarne forme broda bilo bi potpuno nepraktično. Tome je više razloga. Proračuni se moraju provesti prije potpunog definiranja svakog detalja i naravno prije gradnje broda. Prema tome veći broj sitnih detalja još nije definiran.

Teoretska forma čeličnih i općenito metalnih brodova definirana je kao forma na vanjskom rubu građevnih rebara. Dakle teoretska forma kod metalnih brodova ne opisuje oplatu s vanjske nego s unutrašnje strane. Razlog ovom pristupu je relativno mala debljina vanjske oplate ali koja mijenja debljinu na raznim područjima trupa. Tehnološki razlozi diktiraju da se razlike u debljini oplate pojavljuju na vanjskoj plohi oplate. Razlika u istisnini nastala zbog uronjenog dijela oplate uzima se kasnije u obzir kao dio istisnine privjesaka.

Za izradu hidrostatskih tablica najbitniji su podaci o brodskim krivuljama. Iz njih se vrše očitanja za sve ostale proračune (površine, momenti, momenti inercije). Pošto trup broda nema ravne linije, već krivulje, forma trupa se prikazuje kao presjek uz pomoć paralelnih linija. Brodske linije prikazane na slikama su projekcije presjeka trupa međusobno paralelnih ravnina koje su paralelne i s ravninama projekcije. Sastoje se od vodnih linija, uzdužnica i širnica ucrtanih na mreži.

U tlocrtu se nalaze vodne linije i širnice, u nacrtu se prikazuju uzdužnice, a u bokocrtu rebra. U nacrtu rebara mrežu osim uzdužnica i vodnih linija čine linije poluširine broda i uzdužna simetrala ravnina. Pošto je većina brodskih formi simetrična, s obzirom na uzdužnu simetralu (ravnina koja trup broda uzdužno dijeli na dvije zrcalno simetrične polovice), na tlocrtu se prikazuje samo jedna poluširina broda, najčešće lijeva.

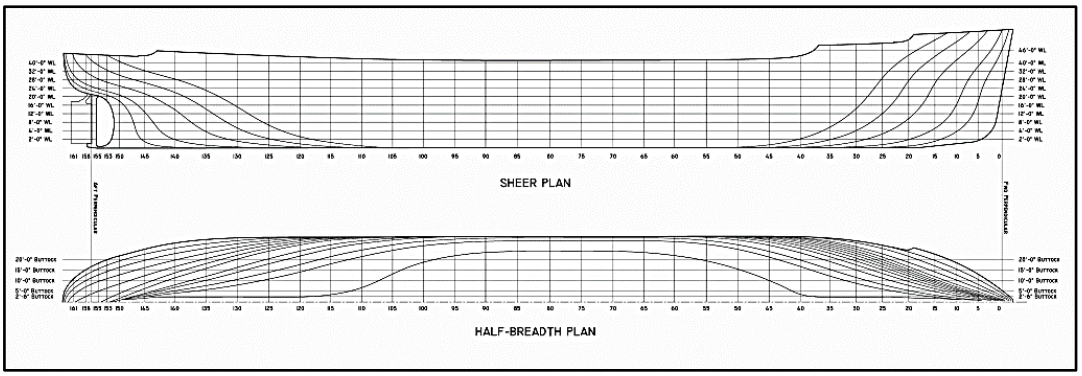


Slika 5: Brodske krivulje u poprečnom smjeru
Izvor: commons.wikimedia.org/wiki/File:Lines_plan_en.svg

Numeracija rebara je uobičajeno takva da se rebro na krmenoj okomici označava brojem 0 a rebra prema pramcu redom 1,2,...N_R, a rebra iza krmene okomice -1,-2....itd. U praksi američke brodogradnje pristup je suprotan tj. rebro 0 je na pramčanoj okomici a broj rebra raste od pramca prema krmi. Broj rebara koji se prikazuje u nacrtu u principu može biti proizvoljan, međutim promjenjivi razmak i broj rebara nespretan je za vizualizaciju forme pa se redovito prikazuju rebra prema slijedećem rasporedu: rebro 0 na krmenoj okomici, a rebro 10, 20 ili 40 na pramčanoj okomici. Između tih rebara na pozicijama okomica postavlja se potrebni broj rebara na jednakim razmacima od $L_{PP}/10$, $L_{PP}/20$ ili $L_{PP}/40$. Ovome se dodaju rebra iza krmene okomice na istim razmacima i rebra ispred pramčane okomice također na istim razmacima. Ovisno o duljini prevjesa na krajevima broj dodatnih rebara varira.

Opis s 10 razmaka (tj. 11 rebara) je nedovoljno detaljan osim za jednostavne forme. S druge strane 40 razmaka rezultira velikim brojem rebara koja su nepotrebno gusta u sredini broda gdje je tijek krivulja malo promjenjiv. U praksi se tako uobičajio prikaz forme s 20 razmaka tj. 21 rebro te rebra krme i pramca izvan duljine $L_{PP.}$ Ponekad se ovom opisu dodaju

međurebra na krmenom i pramčanom dijelu broda u području naglih promjena oblika. Dobar opis forme tako sadrži od 23 do 29 rebara



Slika 6: Brodske krivulje u uzdužnom smjeru i vodene linije

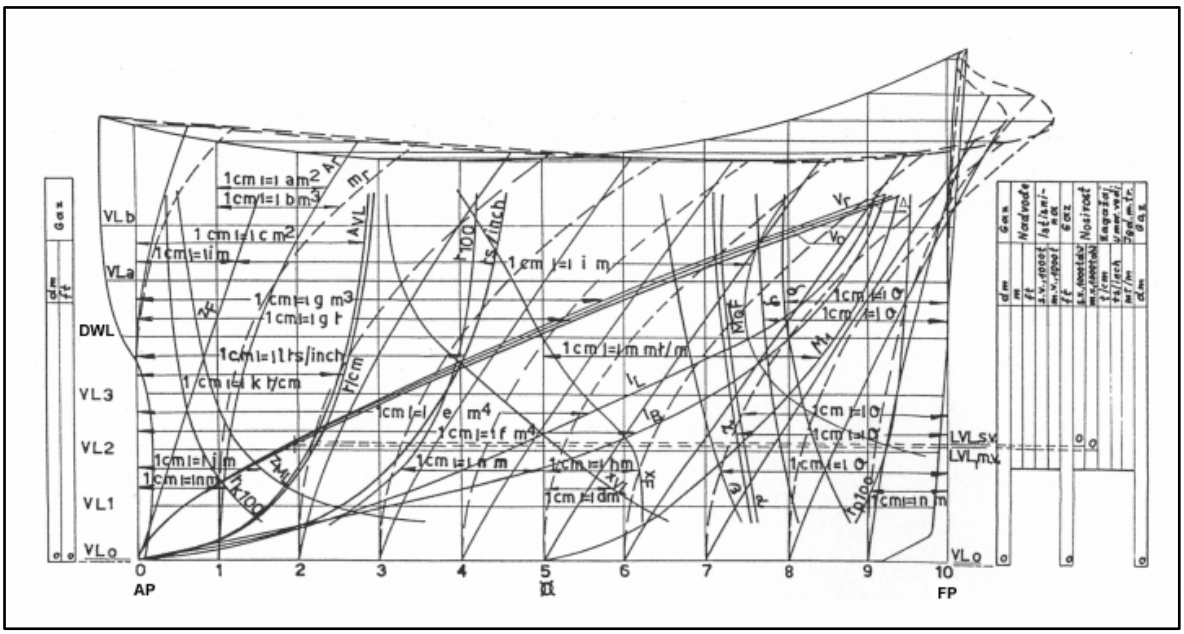
Izvor: www.pinterest.com/pin/68046644355045346

Uzdužnice (ili vertikale) su krivulje dobivene presijecanjem forme broda ravninama paralelnim simetralnoj ravnini. Oblik uzdužnica je posebno koristan kod definiranja širokih i plitkih krmenih dijelova broda koji su slabo opisani drugim krivuljama.

Širnice (ili dijagonale) su presjeci forme broda kosim ravninama. Najčešće se crtaju u svrhu kontrole glatkoće forme, premda je u principu moguće koristiti širnice kao osnovne krivulje za definiranje forme broda. Karakteristična je širnica koja prolazi uzvojem (širnica uzvoja). Također se postavljaju širnice na dijelovima forme koji nisu dovoljno dobro opisani vodnim linijama i uzdužnicama. Širnice se nastoje postaviti tako da budu u većem dijelu svoje duljine čim bliže normalama rebara. Ponekad se ne crta cijela dužina širnice već samo dio koji je u kritičnom području forme npr. na krmenom dijelu u području pritjecanja vode vijku.

4.2. HIDROSTATSKE TABLICE I DIJAGRAMNI LIST

Da bi pomorcima bilo što lakše doći do podataka vezanih za stabilitet broda, svaki brod je imao dijagramne listove. Kroz povijest se pokušalo sva računanja svesti na minimum i zbog toga su dijagramni listovi bili pogodni za brzo čitanje podataka. Taj način je bio dosta brži, ali često i ne tako točan. Danas, u eri računala, jako je jednostavno napraviti tablice s jako gustom raspodjelom gazova i trimova tako da čak i interpolacija ne predstavlja problem već se podaci mogu izravno iščitati. Ipak, dijagramni listovi su i dalje jako pogodni zato što sve podatke možemo tražiti na jednom mjestu.



Slika 7: Dijagramni list

https://www.fsb.unizg.hr/geometrija.broda/500/560/s-565-1.gif

Tradicionalni oblik dijagramnog lista prikazuje grafički sve hidrostatičke krivulje kao funkcije gaza. Pri tome je gaz nacrtan na vertikalnoj osi (kao što u prirodi i stoji) dok su sve ostale krivulje nacrtane kao funkcije tog gaza pa se u raznim mjerilima nanose na horizontalnu os.

Gaz se crta od osnovice, a posebno se označi i nacrta posebna skala za gaz od najniže točke broda (koja je važna pomorcima u plitkim vodama). Dijagramni list se može crtati neovisno ili preko nacrta *Bonjeanovih* krivulja. Dijagramni list se redovito računa i crta za brod na ravnoj kobilici, međutim je za praktični rad ponekad potrebno napraviti još nekoliko

dijagramnih listova za različite trimove. Krivulje u dijagramnom listu su nacrtane koristeći tri vertikalne osi da se poboljša čitljivost. Koristi se krmena okomica, središnja okomica na glavnom rebru i pramčana okomica.

Od krmene okomice se nanose:

- Volumen na rebrima
- Volumen s privjescima
- Istisnina s privjescima u morskoj vodi
- Položaj težišta istisnine po visini
- Visina poprečnog metacentra (ili metacentarski radijus)
- Visina uzdužnog metacentra (ili metacentarski radijus)
- Poprečni moment inercije vodne linije
- Uzdužni moment inercije vodne linije
- Površina vodnih linija
- Jedinični zagažaj (količina tereta koja se mora ukrcati da bi gaz porastao za 1 cm)
- Oplakana površina (ponekad)

Od središnje okomice se nanose:

- Položaj težišta istisnine po duljini
- Položaj težišta vodne linije po duljini
- Jedinični moment trima (moment potreban za postizanje trima od 1 m, 1 cm ili 1°)

Od pramčane okomice se nanose (u smjeru krme):

- Blok koeficijent
- Uzdužni prizmatički koeficijent
- Vertikalni prizmatički koeficijent
- Koeficijent najvećeg rebra
- Koeficijent vodne linije

TK	m	9.800	9.900	10.000	10.100	10.200	10.300	10.400
T	m	9.774	9.874	9.974	10.074	10.174	10.274	10.374
VOLM	m3	82550	83644	84740	85837	86936	88037	89140
DISP	t	84931	86054	87178	88305	89433	90563	91694
LCB	m	-15.479	-15.549	-15.617	-15.681	-15.744	-15.803	-15.859
VCB	m	5.425	5.483	5.540	5.597	5.654	5.711	5.768
LCF	m	-20.93	-20.86	-20.78	-20.69	-20.59	-20.47	-20.35
KMT	m	20.584	20.490	20.397	20.303	20.211	20.121	20.031
KML	m	914.51	907.23	899.90	892.40	884.92	877.44	869.93
TPC	t/cm	112.1	112.3	112.5	112.7	112.9	113.1	113.2
MCT	tm/cm	2545.8	2558.6	2570.8	2582.1	2592.8	2603.1	2612.7
CB		0.7215	0.7236	0.7257	0.7279	0.7299	0.7320	0.7340
CM		0.9836	0.9837	0.9839	0.9841	0.9842	0.9844	0.9845
CP		0.7335	0.7356	0.7376	0.7396	0.7416	0.7436	0.7455
CW		0.9332	0.9350	0.9366	0.9381	0.9396	0.9410	0.9423
total displacement		t						
-1.500		86129	87246	88364	89482	90600	91717	92835
-1.000		85723	86843	87964	89086	90210	91334	92458
-0.750		85522	86643	87765	88889	90014	91140	92267
-0.500		85323	86444	87568	88692	89819	90947	92076
-0.250		85126	86248	87372	88498	89625	90754	91885
0.000		84931	86054	87178	88305	89433	90563	91694
0.250		84739	85862	86987	88114	89243	90373	91506
0.500		84550	85673	86798	87925	89054	90185	91318
0.750		84365	85487	86612	87739	88868	90000	91133
1.000		84185	85305	86429	87556	88685	89816	90950
1.500		83848	84958	86077	87200	88328	89458	90592
long. centre of buoy.			m					
-1.500		-19.977	-20.004	-20.027	-20.045	-20.059	-20.069	-20.074
-1.000		-18.496	-18.539	-18.579	-18.615	-18.649	-18.677	-18.701
-0.750		-17.748	-17.798	-17.845	-17.890	-17.931	-17.968	-18.002
-0.500		-16.995	-17.052	-17.107	-17.158	-17.207	-17.252	-17.293
-0.250		-16.239	-16.303	-16.364	-16.422	-16.477	-16.530	-16.579
0.000		-15.479	-15.549	-15.617	-15.681	-15.744	-15.803	-15.859
0.250		-14.715	-14.792	-14.866	-14.937	-15.006	-15.072	-15.135
0.500		-13.949	-14.031	-14.111	-14.189	-14.265	-14.337	-14.407
0.750		-13.182	-13.269	-13.355	-13.439	-13.520	-13.599	-13.676
1.000		-12.415	-12.506	-12.597	-12.686	-12.773	-12.858	-12.941
1.500		-10.902	-10.988	-11.082	-11.178	-11.274	-11.369	-11.463
transv. metac. height			m					
-1.500		20.438	20.326	20.213	20.109	20.002	19.887	19.765
-1.000		20.502	20.399	20.298	20.194	20.088	19.990	19.892
-0.750		20.528	20.428	20.327	20.229	20.130	20.028	19.931
-0.500		20.551	20.452	20.354	20.257	20.161	20.066	19.968
-0.250		20.569	20.473	20.377	20.282	20.188	20.095	20.003
0.000		20.584	20.490	20.397	20.303	20.211	20.121	20.031
0.250		20.593	20.503	20.412	20.321	20.232	20.143	20.056
0.500		20.596	20.511	20.423	20.336	20.249	20.163	20.078
0.750		20.591	20.511	20.429	20.345	20.262	20.180	20.096
1.000		20.575	20.503	20.428	20.350	20.271	20.191	20.110
1.500		20.515	20.454	20.398	20.336	20.269	20.198	20.126

Slika 8: Isječak iz HT-a, hidrostatske tablice

Iako u ovim hidrostatskim tablicama imamo sve podatke unaprijed izračunate za devet stanja krcanja (opisane u sljedećem poglavlju), to ipak nije dovoljno da se prikažu sve situacije u kojima se brod može naći. Tamo su prikazane samo najčešće situacije. Zbog toga imamo hidrostatske tablice s jako gustom podjelom. Tablica prikazuje podatke za svakih deset centimetara promjene srednjeg gaza te za svaku promjenu trima od dvadeset i pet centimetara.

U ovim tablicama nemamo izračunatu metacentarsku visinu, udaljenost težišta u uzdužnom smjeru kao ni popravak za slobodne površine. Također nemamo ni proračun za kriterije stabiliteta broda u neoštećenom stanju. To je dio koji mora obavljati časnik zadužen za stabilitet broda.

Da bi se izračunala metacentarska visina, časnik koji je zadužen za stabilitet broda mora provesti račun centracije broda. Računom centracije dolazimo do podatka o sustavnom težištu broda tj. njegove udaljenosti od kobilice ($\overline{\mathrm{KG}}$) te uzdužnu udaljenost ($\overline{\mathrm{LCG}}$) koje ovise o rasporedu težina na brodu. Nakon toga iz hidrostatskih tablica tražimo podatak za poprečni metacentarski radijus ($\overline{\mathrm{KML}}$). Oduzimanjem udaljenosti $\overline{\mathrm{KG}}$ od udaljenosti $\overline{\mathrm{KML}}$ dolazimo do metacentarske visine $\overline{\mathrm{GM}}$. Nakon toga je potrebno tu visinu ispraviti za utjecaj slobodnih površina (FSC) koji smo također dobili računom centracije. To je jedan od podataka koji mora udovoljiti kriterijima IMO-a za stabilitet broda u neoštećenom stanju.

Ostali podaci koje možemo naći u hidrostatskim tablicama su:

- volumen uronjenog djela broda
- deplasman – težina broda iskazana količinom istisnute vode
- LCB (uzdužna udaljenost težišta istisnine) – udaljenost težišta istisnine od glavnog rebra. Bitan podatak za provjeru dali je brod pretežan ili zatežan. Računom centracije dolazimo do podatka LCG koji nam govori gdje se nalazi uzdužni centar težišta broda. Ako od njega oduzmemo LCB dobit će mo polugu trima.
- VCB (vertikalna udaljenost težišta istisnine) – udaljenost težišta istisnine od kobilice. On nam služi da bi mogli doći do podataka KMT i KML.
- LCF (uzdužna udaljenost težišta plovne linije) – udaljenost težišta plovne vodene linije od glavnog rebra. To je točka oko koje će se brod zakretati u uzdužnom smjeru. To se događa zbog toga što brod u uzdužnom smjeru nije simetričan, već se sa svakim novim gazom mijenja.

- KMT (poprečni metacentarski radijus) – udaljenost poprečnog metacentra od kobilice. Dobiva se zbrajanjem VCB-a i udaljenosti BM (metacentarski radijus), koji nam govori oko koje točke će se brod zakretati u statičkom smislu (djelovanjem ukrcaja tereta, prodor vode)
- KML (uzdužni metacentarski radijus) – udaljenost uzdužnog metacentra od kobilice. Pošto je brod dosta duži u odnosu na širinu, ove vrijednosti su dosta veće od poprečnog metacentra, najčešće kao i dužina cijelog broda pa čak i do tri puta duže.
- TPC (jedinični zagažaj) - Jedinični zagažaj je definiran kao količina ukrcanog tereta koja će izazvati jediničnu promjenu gaza broda. Najčešće se koristi jedinični zagažaj od 1 cm, dakle traži se teret koji će izazvati dodatni uron broda za 1cm (TPC = *tons per centimeter*)
- MCT (jedinični moment trima) – podatak o momentu koji je dovoljan da napravi promjenu trima od 1 cm ili 1 m oko točke težišta broda.
- CB (blok koeficijent) - koeficijent punoće odnosno blok koeficijent, prema engleskom 'block coefficient', označava omjer volumena istisnine i volumena prizme opisane podvodnom dijelu brodske forme.
- CM (koeficijent glavnog rebra) - omjer površine uronjenog djela glavnog rebra i površine pravokutnika čije su stranice širina glavnog rebra i gaz na glavnom rebru.
- CP (prizmatički koeficijent) - Koeficijent finoće odnosno prizmatički koeficijent, prema engleskom 'prismatic coefficient' označava omjer volumena istisnine brodske forme i volumena prizme koja ima duljinu broda a baza joj je presjek forme na rebru najveće površine
- CW (koeficijent vodne linije) - omjer površine vodne linije i površine pravokutnika čije su stranice duljina vodne linije i širina glavnog rebra.

Osim tih podataka možemo naći i podatke za deplasman, uzdužni centar plovnosti i poprečni metacentarski radijus s obzirom na promjenu trima.

4.3. STANJA KRCANJA

List of loading conditions

Ident	Description
L1	Light ship
L2	DWT 12219 t, full number of passengers, at departure
L3	Full number of passengers, at 100 % bunkers and
L4	DWT 12734 t, full number of passengers, at departure
L5	50 % bunkers and stores, with passengers
L6	20 % bunkers and stores, with passengers
L7	10 % bunkers and stores, with passengers
L8	10 % bunkers and stores, without passengers
L9	Docking condition

Slika 9: Isječak iz HT-a, stanja krcanja

U hidrostatskim tablicama možemo pronaći podatke za devet stanja krcanja. Oni nam uvelike pomažu jer uz pomoć njih možemo unaprijed vidjeti u kakvom će stanju biti brod u pogledu stabiliteta, tj. hoće li zadovoljiti sve kriterije stabiliteta.

Stanja koja su prikazana u hidrostatskim tablicama su:

1. prazan brod
2. na polasku, ukupna nosivost 12 219 *t*, sa svim putnicima
3. sa svim putnicima, 100% napunjeni tankovi goriva i maksimalni kapacitet namirnica
4. na polasku, ukupna nosivost 12 734 *t*, sa svim putnicima
5. 50% napunjeni tankovi goriva i namirnica, sa svim putnicima
6. 20% napunjeni tankovi goriva i namirnica, sa svim putnicima
7. 10% napunjeni tankovi goriva i namirnica, sa svim putnicima
8. 10% napunjeni tankovi goriva i namirnica, bez putnika
9. stanje pred ulazak u dok.

4.4. STANJE KRCANJA 'PRAZAN BROD' (LIGHT SHIP)

Upute za krcanje su bazirane na procijenjenoj težini broda te sljedećim podacima:

Težina praznog broda: 62 072 mt
LCG: 133,163 (od AP)
TCG: 0,001 m (od uzdužnice broda)
VCG: 21,56 (od kobilice)

Pod težinom praznog broda spadaju:

- prazan brod, završen i opremljen, ali bez potrošnih materijala
- sva ostala oprema, rezervni dijelovi te sva ostala oprema koja je dopremljena na brod za vrijeme njegove gradnje koja će se koristiti u plovidbi
- sve tekućine koje se koriste za rad strojeva i brodskog cjevovoda
- balastni i kaljužni cjevovodi (tekućine koje se ne mogu u potpunosti ispumpati) te sav ostali kruti i tekući balast.

Pod težinom praznog broda ne spadaju:

- posada i efektivi
- slatka voda
- teško gorivo
- diesel gorivo
- ulje za podmazivanje
- ulja za podmazivanje glavnog motora
- 'crni tankovi'
- 'crni tankovi' postrojenja za obradu fekalnih voda
- 'sivi tankovi'
- tekućina u sustavu za prskalice itd.

Ukupna nosivost predstavljenoga broda koji pluta u morskoj vodi gustoće 1,025 t/m^3 će iznositi:

12 219 t - na konstruktivnom gazu (8.81 m)
14 271 t - na ljetnoj vodenoj liniji (9.0 m)

Zbog promjena koje su nastale u prerađivanju broda za vrijeme boravka u brodogradilištu (dodavanje raznih objekata na najgornjoj palubi: tobogani te ostala oprema za razonodu ljudi), dodan je tank između rebra broj 120 i rebra 135 koji moraju uvijek biti 100% ispunjeni. To se napravilo da bi se izbjegla smična naprezanja koja su nastala dodavanjem dodatnog tereta.

Ovaj brod ima jako bitnu stavku tj. uputu za kapetana: Brod ne smije napuniti 100% kapaciteta jer je količina tankova veća od ukupne nosivosti broda na ljetnoj vodenoj liniji.

LOADING CONDITION L1 : Light ship

LOADS

Location	Description	Filling %	Weight (t)	L.C.G. L/2(m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
Fixed Ballast	density= 1.000 t/m3						
R100010	Fixed Ballast Tank	100.0	504.7	-32.33	0.15	0.95	0.0
Deadweight			504.7	-32.33	0.15	0.95	0.0
Lightweight			62072.0	-15.75	0.00	21.56	
Displacement	(1.025 t/m3)		62576.6	-15.88	0.00	21.39	0.0

FLOATING POSITION

Mean draught (below keel)	7.69 m	KM above the moulded base	22.66 m
Draught at AP (below keel)	7.93 m	KG above the moulded base	21.39 m
Draught at FP (below keel)	7.45 m	GM0 (solid)	1.26 m
Trim (by stern)	-0.48 m	Free surface correction	0.00 m
		GM (fluid)	1.26 m

Slika 10: Isječak iz tablica HT-a, podaci o stanju krcanja

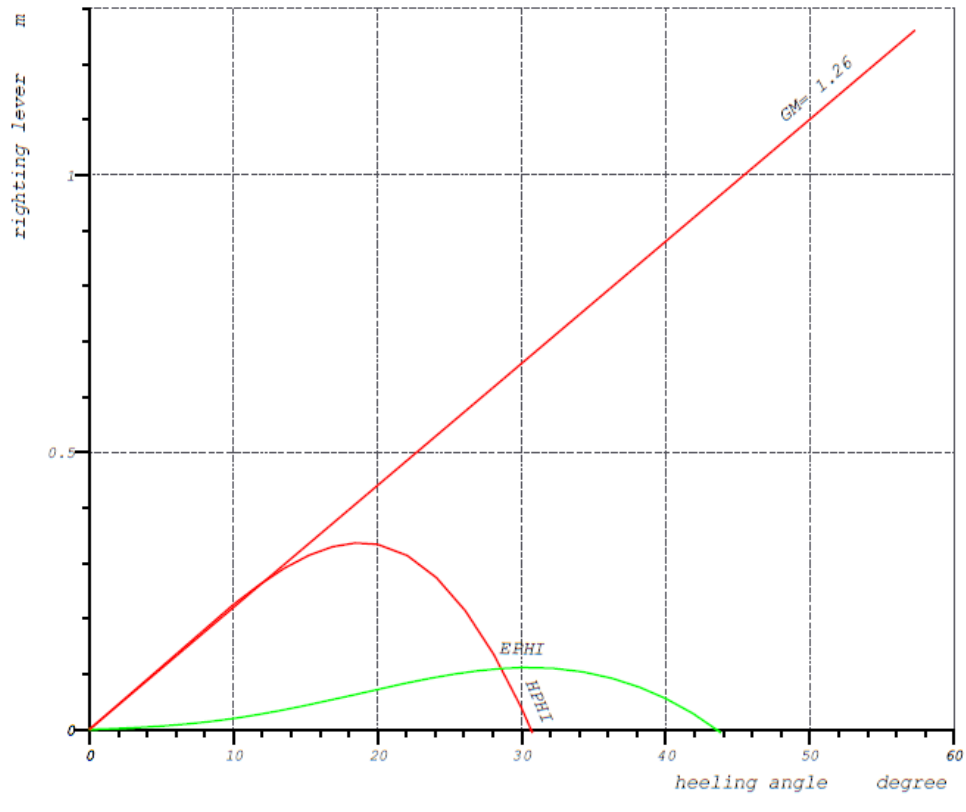
Kako možemo vidjeti na slici, jedini tank koji je napunjen u ovome stanju krcanja je fiksni tank koji smo spomenuli u uvodu. Brod nakrcan samo s ovim tankom ima maksimalni gaz na krmi i iznosi 7,93m, a ukupni trim iznosi -0,48*m*. Pošto su svi tankovi na brodu prazni, a fiksni tank pun 100%, ne postoji utjecaj slobodnih površina. Zbog toga ne moramo ispravljati metacentarsku visinu za tu ispravku te ona iznosi 1,26*m*

Stability criteria according to SOLAS 90

TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	MINGM m
Area under GZ curve up to 20 d.	0.065	0.072	mrad	OK	1.144
Area under GZ curve up to 40 d.	0.090	0.112	mrad	OK	1.098
Area under GZ curve between 30.	0.030	0.000	mrad	NOT MET	2.064
Max. GZ at an angle > 20 deg.	20.000	18.797	deg	NOT MET	1.593
Max GZ > 0.2	0.200	0.038	m	NOT MET	1.586
Max. heel due to crowding of p.	10.000	4.488	deg	OK	0.545
Max. heel due to turning 10 de.	10.000	6.150	deg	OK	0.785
Max. heel due to turning 5 deg.	5.000	6.150	deg	NOT MET	1.559

STABILITY CURVE

Heel	(deg)	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
MS	(m)	0.006	-0.098	-0.593	-1.560	-2.920	-4.758
GM0sin(phi)(m)		0.219	0.431	0.631	0.811	0.966	1.092
dGZ	(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GZ	(m)	0.226	0.334	0.038	-0.749	-1.954	-3.666
e(phi)	(mrad)	0.020	0.072	0.112	0.056	-0.174	-0.658



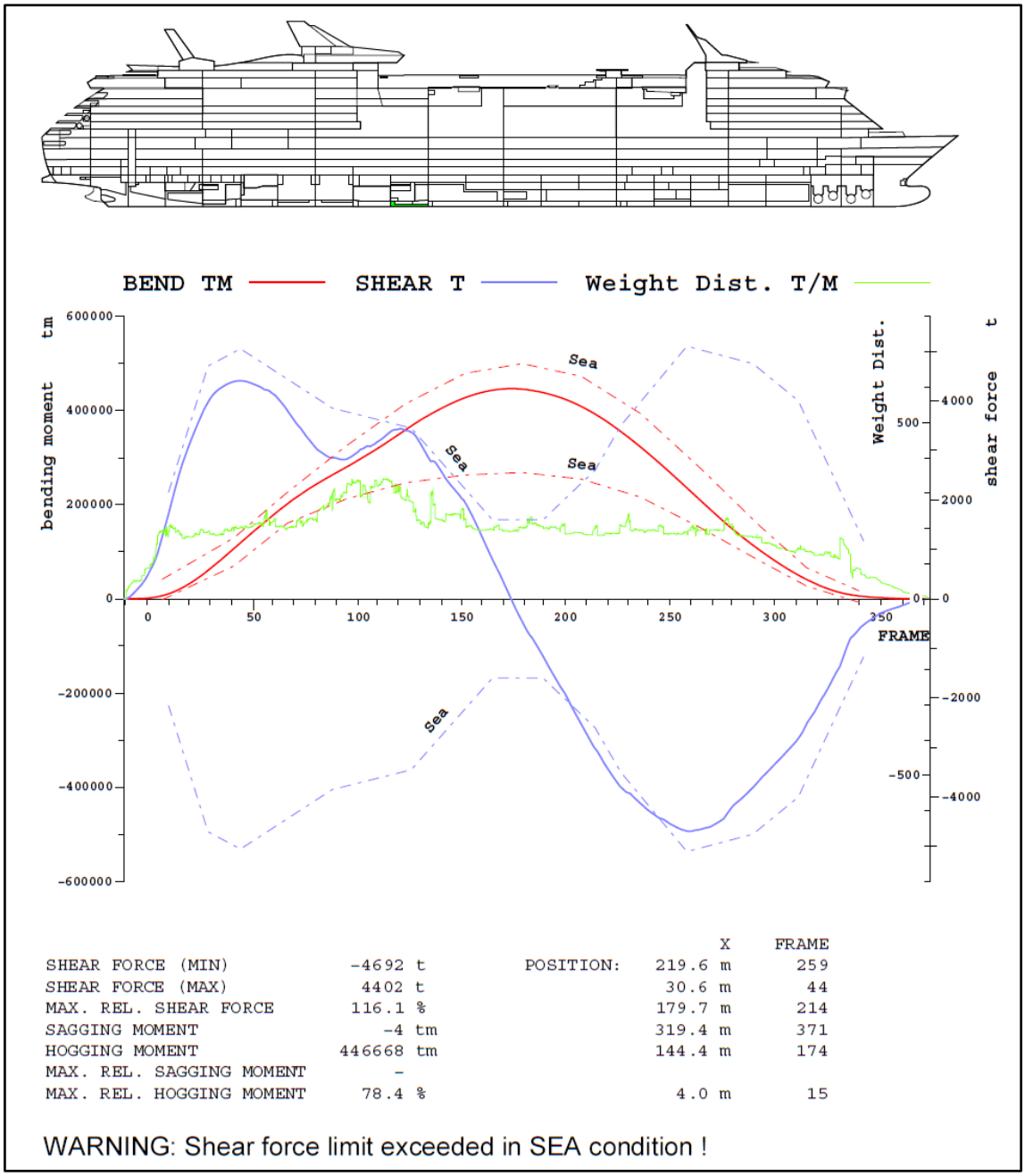
Slika 11: Isječak iz HT-a, kriteriji stabiliteta u neoštećenom stanju

Kao što možemo vidjeti na slici, brod s ovim stanjem krcanja ne zadovoljava svim uvjetima IMO odredbi. Površina ispod GZ krivulje do 20° i površina ispod GZ krivulje do

30° zadovoljava kriterije iako se maksimalni doseg pozitivne GZ poluge nalazi već na 30,5°. Baš zbog toga nije zadovoljen uvjet da površina između 30° i 40° iznosi 0,03 metar/radijana. Ona u ovome slučaju iznosi 0,0 metar/radijana, a to znači da bi bilo kakav nagib veći od 30° mogao ugroziti sigurnost broda te dovesti do prevrtanja. Još jedan kriterij koji nije zadovoljen je taj da se maksimalna GZ poluga ne smije pojaviti ispod 20°. U ovom slučaju krcanja, maksimalna GZ poluga se pojavljuje već na 18,797°. Također, GZ poluga mora iznositi minimalno 0,2m na 30°, a ona u ovom slučaju iznosi samo 0,038m.

Ostali kriteriji koje brod mora zadovoljiti su situacije kada dolazi do pomaka velikog broja gostiju i posade (iako u ovome stanju krcanja nije uključena sva posada, a ni gosti) sa jedne strane broda na drugu te nagib broda uslijed stalne promjene kursa broda za 5° i 10°. Maksimalni dopušteni nagib broda uzrokovanom pomicanjem gostiju i posade iznosi 10°, a brod u ovome stanju krcanja i pomakom gostiju i posade se naginje za 4,488°. S time je zadovoljen kriterij nagiba broda. Pri stalnoj promjeni kursa za 10° brod će se nagnuti za 6,150°, dok maksimalni dopušteni nagib iznosi 10°. S tim je i ovaj kriterij zadovoljen. Kriterij koji nije zadovoljen se događa pri stalnoj promjeni kursa za 5°. Tada se brod naginje za 6,150°, a maksimalni dopušteni nagib iznosi 5°.

U ovom slučaju krcanja, brod nikada ne bi dobio dopuštenje za plovidbu, jer ne zadovoljava elementarne kriterije stabiliteta. Ali ipak, ovaj slučaj plovidbe je najčešće moguće vidjeti samo jednom u njegovom životnom vijeku i to je za vrijeme porinuća.



Slika 12: Isječak iz HT-a, smična naprezanja i momenti savijanja

Iz slike možemo vidjeti distribuciju težina i uzgona po dužini broda. Iz tih podataka dobivamo krivulju opterećenja, a daljnjim integriranjem dobivamo utjecaj smičnih sila i momente savijanja. Za ovo stanje krcanja možemo iščitati da su smična naprezanja jako velika i to u području rebra broj 259 (219,6m od AP) i iznosi 92% od ukupnog dopuštenog naprezanja u mirnom moru.

Za ovo stanje imamo i upozorenje: SMIČNA NAPREZANJA PRELAZE DOPUŠTENU GRANICU U UVJETIMA PLOVIDBE NA OTVORENOM MORU

Također i momenti savijanja su jako veliki i iznose 78,4% od ukupnog momenta savijanja u pregibu. Najveći moment se nalazi na 174 rebru (144,5m od AP).

4.5. STANJE KRCANJA 'MAKSIMALNA NAKRCANOST SKUPA SA SVIM GOSTIMA - SPREMAN ZA POLAZAK'

LOADS

Location	Description	Filling %	Weight (t)	L.C.G. L/2(m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
Heavy Fuel Oil	density= 0.980 t/m3						
R110101	HFO Tank No 1 S	97.8	640.0	-13.69	-6.79	4.56	240.7
R110102	HFO Tank No 1 C	97.6	915.0	-13.57	0.00	4.49	537.7
R110103	HFO Tank No 1 P	97.8	640.0	-13.69	6.79	4.56	240.7
R040101	HFO Tank No 2 S	96.3	200.0	-113.14	-7.48	3.79	439.5
R040105	HFO Tank No 2 C S	96.7	140.0	-113.34	-1.94	3.48	67.2
R040106	HFO Tank No 2 C P	96.7	140.0	-113.34	1.94	3.48	67.2
R040102	HFO Tank No 2 P	96.3	200.0	-113.14	7.48	3.79	439.5
R100101	HFO Settling Tank No 1	78.9	130.0	-27.00	-3.02	4.55	85.5
R050103	HFO Settling Tank No 2	77.8	135.0	-96.33	8.42	4.83	101.2
R100102	HFO Service Tank No 1	81.9	135.0	-26.99	3.02	4.64	85.5
R050102	HFO Service Tank No 2	82.3	125.0	-96.33	2.68	4.95	68.0
Total of	Heavy Fuel Oil		3400.0	-40.92	0.44	4.39	2372.9
Diesel Oil	density= 0.860 t/m3						
R100202	MDO Storage Tank No 1	56.9	30.0	-34.82	2.00	6.41	32.7
R050203	MDO Storage Tank No 2	82.1	30.0	-104.60	1.70	6.98	39.0
R050005	Gas Oil Storage Tank	93.7	40.0	-103.24	-2.00	1.70	37.9
R100203	MDO Service Tank No 1	46.2	15.0	-34.82	5.02	6.40	4.3
R050202	MDO Service Tank No 2	60.4	15.0	-105.97	-2.98	6.93	22.6
R010706	DO Emerg. Gen. Tank	75.2	10.0	-150.75	-2.93	22.60	4.2
R010705	DO Aux. Gen. Tank	75.3	10.0	-152.16	-2.93	22.60	4.2
Total of	Diesel Oil		150.0	-89.69	0.02	7.48	145.1
Lubricating Oil	density= 0.900 t/m3						
R080001	ME LO Tank No 1	76.7	15.0	-57.94	-6.20	1.88	5.9
R080002	ME LO Tank No 2	76.7	15.0	-57.94	0.00	1.88	5.9
R080003	ME LO Tank No 3	76.7	15.0	-57.94	6.20	1.88	5.9
R070001	ME LO Tank No 4	76.7	15.0	-74.08	-6.20	1.88	5.9
R070002	ME LO Tank No 5	76.7	15.0	-74.08	0.00	1.88	5.9
R070003	ME LO Tank No 6	76.7	15.0	-74.08	6.20	1.88	5.9
R100201	LO Storage Tank No 1	74.7	50.0	-35.73	-3.02	6.66	88.4
R050201	LO Storage Tank No 2	91.6	18.0	-95.83	-5.36	7.42	6.7
R050204	LO Storage Tank No 3	93.8	30.0	-104.57	6.06	7.07	17.6
R040205	Special Oil Tank No 1	65.8	2.0	-108.20	-1.28	6.96	0.3
R040206	Special Oil Tank No 2	74.6	2.0	-108.20	0.00	7.03	0.2
R040207	Special Oil Tank No 3	65.8	2.0	-108.20	1.28	6.96	0.3
R040208	Special Oil Tank No 4	65.8	2.0	-108.20	2.64	6.96	0.3
R010302	Azipod Shaft Bearing Oil	35.3	2.0	-149.81	2.00	10.17	8.6
R010301	Azipod Shaft Seal Oil Ta	35.4	2.0	-151.64	2.00	10.18	8.6
Total of	Lubricating Oil		200.0	-70.29	-0.26	4.72	166.2

Slika 13: Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (a)

Location	Description	Filling %	Weight (t)	L.C.G. L/2(m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
Potable Water	density= 1.000 t/m3						
R200101	FW Tank No 1 S	58.9	307.2	107.29	-2.53	4.54	444.5
R200102	FW Tank No 1 P	37.2	194.0	107.21	2.14	3.82	247.4
R190101	FW Tank No 2 S	95.0	541.0	92.75	-3.51	5.26	642.3
R190102	FW Tank No 2 P	94.9	535.0	92.79	3.50	5.23	580.0
R170101	FW Tank No 3 S	93.8	230.0	65.14	-7.01	4.14	69.3
R170103	FW Tank No 3 P	93.8	230.0	65.14	7.01	4.14	69.3
R140103	FW Tank No 4 S	95.0	660.0	31.55	-7.40	3.91	648.0
R140102	FW Tank No 4 C	70.6	593.0	31.83	0.00	3.45	1092.3
R140101	FW Tank No 4 P	95.0	660.0	31.55	7.40	3.91	648.0
R030101	FW Tank No 5 S	91.8	448.6	-127.27	-4.21	6.50	640.3
R030102	FW Tank No 5 P	70.1	293.6	-126.83	4.11	5.80	739.4
Total of	Potable Water		4692.4	31.91	-0.23	4.58	5820.9
Service Water	density= 1.000 t/m3						
R080004	Technical Fresh Water Ta	29.4	12.5	-56.20	-10.12	0.37	10.5
R080010	Feed Water Tank No 1	31.9	12.5	-62.33	-10.12	0.40	9.7
R070005	Feed Water Tank No 2	31.9	12.5	-69.69	10.12	0.40	9.7
R070010	Technical Fresh Water Ta	29.5	12.5	-75.81	10.12	0.37	10.5
Total of	Service Water		50.0	-66.01	0.00	0.38	40.2
Grey Water	density= 1.000 t/m3						
R130001	GW Tank No 2 S	34.0	50.0	10.94	-3.02	0.34	223.3
R130002	GW Tank No 2 P	17.9	50.0	10.94	5.74	0.18	1533.4
R090003	GW Tank No 3 C S	80.6	75.0	-44.37	-2.00	0.81	61.8
R090002	GW Tank No 3 P	28.1	75.0	-44.37	5.74	0.28	1461.7
R060003	GW Tank No 4 C S	86.3	100.0	-87.64	-2.00	1.08	61.8
R060002	GW Tank No 4 P	30.4	100.0	-87.54	5.57	0.40	1461.7
R020101	GW Tank No 5 S	15.0	50.0	-138.54	-3.30	6.42	420.4
R020102	GW Tank No 5 P	15.0	50.0	-138.54	3.30	6.42	420.4
Total of	Grey Water		550.0	-67.15	1.41	1.63	5644.5
Heeling Water	density= 1.000 t/m3						
R140205	Heeling Tank No 1 S	49.4	185.0	23.95	-15.35	6.20	532.5
R140206	Heeling Tank No 1 P	49.4	185.0	23.95	15.35	6.20	532.5
R110201	Heeling Tank No 2 S	48.3	140.0	-17.55	-15.48	6.78	509.6
R110202	Heeling Tank No 2 P	47.9	140.0	-17.60	15.46	6.77	518.5
R090201	Heeling Tank No 3 S	48.9	205.0	-45.29	-15.43	8.59	509.0
R090202	Heeling Tank No 3 P	51.5	205.0	-45.63	15.63	8.66	451.3
Total of	Heeling Water		1060.0	-13.87	0.04	7.29	3053.5
Black Water	density= 1.000 t/m3						
R210202	Black Water Vacuum Unit	44.5	10.0	118.32	-5.43	8.45	5.0
R180104	Black Water Vacuum Unit	40.1	10.0	79.99	2.20	3.21	12.3
R100108	Black Water Vacuum Unit	44.5	10.0	-26.83	-8.41	3.65	5.0
R050109	Black Water Vacuum Unit	44.5	10.0	-95.56	-7.90	4.25	5.0
R040210	Black Water Vacuum Unit	40.1	10.0	-110.29	-8.76	6.31	12.3
R130208	Black Water Vacuum Unit	66.2	6.0	5.81	-9.58	6.80	2.0
R130102	Sludge Tank	44.7	34.0	6.10	-6.72	3.36	75.1
R130104	Mixing Tank	72.5	120.0	7.46	0.00	3.71	352.9
R130105	Bioreactor Tank 1	87.9	92.0	6.10	7.74	3.90	195.2
R130106	Bioreactor Tank 2	88.2	103.0	12.14	7.74	3.90	217.7
Total of	Black Water		405.0	6.43	2.32	4.00	882.6

Slika 14: Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (b)

Location	Description	Filling %	Weight (t)	L.C.G. L/2(m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
Bilge Water	density= 1.000 t/m3						
R050105	Bilge Water Tank, 1.Part	26.8	11.5	-105.97	10.12	3.22	4.9
R050106	Bilge Water Tank, 2.Part	91.0	38.5	-103.11	10.12	5.15	4.5
R100001	Oily Bilge Water Holding	69.7	60.0	-27.41	-7.74	0.72	195.2
R100002	Clean Bilge Water Holdin	69.7	60.0	-27.41	7.74	0.72	195.2
Total of	Bilge Water		170.0	-49.87	2.98	1.89	399.7
Miscellaneous	density= 1.000 t/m3						
R100004	Sludge Oil Tank No 1	25.0	15.0	-33.45	2.04	0.95	266.4
R050003	Sludge Oil Tank No 2	30.2	15.0	-103.24	2.00	1.23	44.1
R100003	Sprinkler Water Tank	19.6	10.0	-33.45	-4.00	0.20	35.3
R100005	FO Overf. Tank No 1	15.9	10.0	-27.41	0.00	0.91	238.8
R050004	FO Overf. Tank No 2	43.9	10.0	-103.24	4.93	1.44	5.9
R080005	Washing Water Drain Tank	25.2	15.0	-59.31	10.12	0.31	14.7
R070004	Cooling Water Drain Tank	25.2	15.0	-72.71	-10.12	0.31	14.7
R080006	ME LO Separ. Tank No 1	15.2	5.0	-58.93	-2.79	0.93	9.4
R070009	ME LO Separ. Tank No 2	15.2	5.0	-73.08	2.79	0.93	9.4
R080009	Clean FO Drain Tank No 1	45.5	5.0	-54.38	2.79	1.19	3.1
R070006	Clean FO Drain Tank No 2	45.5	5.0	-77.63	-2.79	1.19	3.1
R080008	Dirty Oil Drain Tank No	45.5	5.0	-57.11	2.79	1.19	3.1
R070007	Dirty Oil Drain Tank No	45.5	5.0	-74.90	-2.79	1.19	3.1
R080007	LO Drain Tank No 1	68.3	5.0	-53.93	-2.79	1.38	2.1
R070008	LO Drain Tank No 2	68.3	5.0	-78.09	2.79	1.38	2.1
R060306	Waste Oil Mixing Tank No	31.2	5.0	-86.28	7.06	9.04	2.5
R060305	Waste Oil Mixing Tank No	31.3	5.0	-89.90	7.06	9.05	2.5
R110104	Glycol Storage Tank (Ice	91.9	2.0	-12.49	13.71	2.32	0.8
R040104	Glycol Storage Tank	74.1	2.0	-115.44	-12.83	4.40	0.2
R040103	Glycol Mix. Tank	82.3	6.0	-117.22	-12.83	4.62	0.6
Total of	Miscellaneous		150.0	-67.68	0.44	1.64	662.0
Sewage Holding.	density= 1.000 t/m3						
R180105	Sewage Holding Tank No 1	67.3	40.0	74.97	-4.00	3.62	93.5
R180106	Sewage Holding Tank No 1	67.3	40.0	74.97	4.00	3.62	93.5
R040203	Sewage Holding Tank No 2	69.3	40.0	-118.63	-5.36	6.99	256.5
R040204	Sewage Holding Tank No 2	69.3	40.0	-118.63	5.36	6.99	256.5
Total of	Sewage Holding.		160.0	-21.83	0.00	5.31	699.9
Swimming pool	density= 1.000 t/m3						
R031502	Flow rider	98.3	68.0	-131.28	0.00	48.27	125.0
R171401	Swimming pool No 1	89.5	112.2	63.95	0.00	43.10	45.0
R131401	Swimming pool No 2	77.6	99.3	10.95	-6.51	43.27	60.0
R131402	Swimming pool No 3	79.7	83.4	11.78	6.32	43.24	60.0
R121402	Swimming pool No 4	64.5	41.0	-9.72	0.00	43.80	50.0
R101401	Kids spray ground	100.0	10.0	-21.09	-0.89	43.78	70.0
R111401	Baby pool	97.6	1.5	-18.72	9.01	43.80	17.9
R171402	Jacuzzi No 1	99.8	8.7	53.13	-23.55	44.34	0.0
R171403	Jacuzzi No 2	99.8	8.7	53.13	23.56	44.34	0.0
R141403	Jacuzzi No 3	100.0	5.2	21.28	0.00	44.25	0.0
R131403	Jacuzzi No 4	96.9	5.2	7.67	9.96	44.22	9.6
R121401	Jacuzzi No 5	96.9	5.2	2.83	6.37	44.22	9.6
R111402	Jacuzzi No 6	96.1	2.1	-19.32	-9.75	44.47	0.8
R101407	Jacuzzi No 7	96.1	2.1	-23.86	-8.69	44.47	0.8
R031604	Water Park Pool P	83.4	11.0	-108.54	14.22	50.56	10.3
R031602	Water Park Pool S	85.1	14.0	-120.58	-14.88	50.57	11.4
Total of	Swimming pool		477.4	-4.61	-0.25	44.46	470.4

Slika 15: Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (c)

Location	Description	Filling %	Weight (t)	L.C.G. L/2(m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
Pool Equalizer Water	density= 1.000 t/m3						
R111303	Current Pool Expansion T	7.1	1.0	-23.31	0.00	41.30	12.3
R171302	Expansion Tank No 1	91.2	20.0	66.68	0.00	41.41	41.4
R131306	Expansion Tank No 2	81.8	29.0	15.78	-6.50	40.83	27.9
R131307	Expansion Tank No 3	81.8	29.0	15.78	6.50	40.83	27.9
R111304	Expansion Tank No 4	50.6	29.0	-8.39	-2.20	41.19	6.5
R171303	Equalizer Tank No 1	80.8	3.5	60.21	-1.28	40.32	0.8
R171304	Equalizer Tank No 2	80.8	3.5	56.01	1.20	40.32	0.8
R141303	Equalizer Tank No 3	81.3	3.5	10.78	5.30	40.33	0.8
R141304	Equalizer Tank No 4	81.3	3.5	6.22	7.93	40.33	0.8
R141305	Equalizer Tank No 5	81.3	3.5	5.82	-7.80	40.33	0.8
R111308	Equalizer Tank No 6	46.1	1.5	-15.33	2.28	40.07	0.5
R111309	Equalizer Tank No 7	46.1	1.5	-15.33	-2.28	40.07	0.5
R111307	Equalizer Tank No 8	46.1	1.5	-20.44	-2.28	40.07	0.5
R031601	Buffer Tank S	91.7	11.0	-119.69	-13.45	50.46	26.2
R031603	Buffer Tank P	82.5	9.0	-112.09	15.30	50.44	31.2
Total of	Pool Equalizer Water		150.0	0.44	-0.39	42.18	178.6
Exhaus Gas Cleaning	density= 1.510 t/m3						
R130004	Alkall Storage Tank	88.3	60.0	6.84	-8.76	0.88	83.8
R130003	Srubber FW Tank	79.8	60.0	13.56	-8.92	0.80	94.5
R080011	Zero discharge Tank No 1	95.5	160.0	-59.35	-13.73	1.23	283.2
R080012	Zero discharge Tank No 1	95.8	180.0	-59.04	12.66	1.20	328.0
Total of	Exhaus Gas Cleaning		460.0	-41.09	-2.13	1.12	789.5
Laundry Clean water	density= 1.000 t/m3						
R170001	Laundry Water Tank No 1	51.7	100.0	64.99	-3.38	0.68	698.2
R170002	Laundry Water Tank No 1	51.7	100.0	64.99	3.38	0.68	698.2
Total of	Laundry Clean water		200.0	64.99	0.00	0.68	1396.5
Water Ballast	density= 1.025 t/m3						
R180001	WB Tank No 4	0.0	0.0	78.48	0.01	0.00	2858.0
Fixed Ballast	density= 1.000 t/m3						
R100010	Fixed Ballast Tank	100.0	504.7	-32.33	0.15	0.95	0.0
PAX	4635 Passengers		510.0	-4.91	0.00	30.00	0.0
PRO	Provision stores		200.0	-124.11	0.00	13.20	0.0
SHS	Hotel stores		350.0	2.79	0.00	12.00	0.0
SCL	Lockers and stores		10.0	15.09	0.00	19.20	0.0
ICE	Ice station		10.0	-17.41	0.00	32.30	0.0
GST	Deck stores		75.0	68.09	0.00	21.25	0.0
MST	Engine stores		200.0	-102.71	0.00	10.15	0.0
Total of			845.0	-46.51	0.00	12.99	0.0
CRE	1365 Crew with effects		136.5	-8.91	0.00	16.50	0.0
Deadweight			14271.0	-11.12	0.11	7.52	25580.5
Lightweight			62072.0	-15.75	0.00	21.56	
Displacement	(1.025 t/m3)		76343.0	-14.88	0.02	18.94	25580.5

Slika 16: Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (d)

FLOATING POSITION

Mean draught	(below keel)	9.03 m	KM above the moulded base	21.25	m
Draught at AP	(below keel)	9.03 m	KG above the moulded base	18.94	m
Draught at FP	(below keel)	9.03 m	GM0 (solid)	2.31	m
Trim		0.00 m	Free surface correction	-0.34	m
			GM (fluid)	1.98	m

Slika 17: Isječak iz HT-a, hidrostatski podaci

Ovo stanje krcanja je stanje koje se najčešće događa. Na početku putovanja će se pokušati napuniti što više goriva i namirnica tako da putovanje prođe sa što manje zaustavljanja radi krcanja istih. Problem koji ovdje nastaje je taj šta se kapacitet tankova ne smije napuniti 100% jer je, kako smo već napomenuli, ukupni kapacitet svih tankova veći od ukupne nosivosti na ljetnoj vodenoj liniji. Zbog toga osoba koja prati ukrcaj mora imati dosta iskustva i znanja da ne dođe do prekoračenja ukrcanih težina. Upravo zbog toga možemo vidjeti da su samo tankovi goriva i tankovi vode nakrcani u potpunosti, a svi ostali su nakrcani samo onoliko da bi zadovoljili funkcioniranje broda.

Zbog velikog broja tankova koji nisu u potpunosti puni, pažnju moramo posvetiti utjecaju slobodnih površina. Kao što možemo primijetiti metacentarska visina koju smo izračunali iznosi 2,31m, a kada je ispravimo za popravak slobodnih površina koji iznosi 0,34m, dobivamo da konačna metacentarska visina iznosi 1,98m.

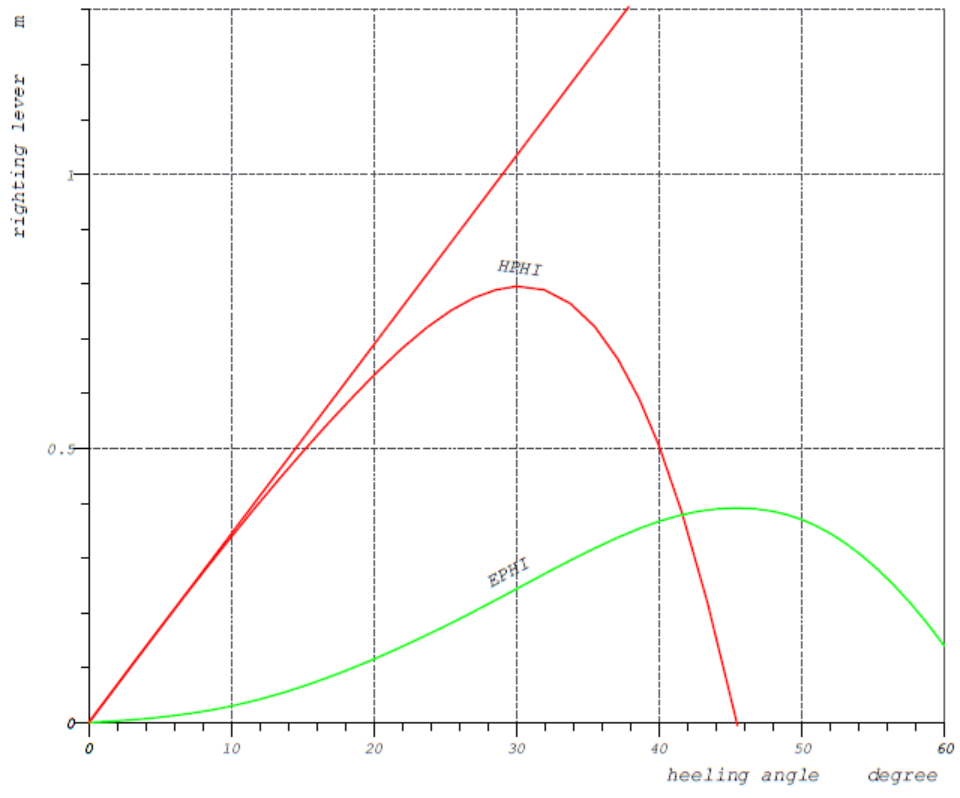
U ovom stanju brod ima najveći gaz koji iznosi 9,03 metra na pramcu i krmi. Dakle, ukupni trim broda ne postoji, što znači da je brod maksimalno nakrcan tj. maksimalno iskorišten.

Stability criteria according to SOLAS 90

TEXT	REQ	ATTV	UNIT	STAT	MINGM m
Area under GZ curve up to 20 d.	0.065	0.116	mrad	OK	1.135
Area under GZ curve up to 40 d.	0.090	0.367	mrad	OK	0.749
Area under GZ curve between 30.	0.030	0.123	mrad	OK	1.031
Max. GZ at an angle > 20 deg.	20.000	30.240	deg	OK	0.396
Max GZ > 0.2	0.200	0.796	m	OK	0.784
Max. heel due to crowding of p.	10.000	2.381	deg	OK	0.501
Max. heel due to turning 10 de.	10.000	3.246	deg	OK	0.735
Max. heel due to turning 5 deg.	5.000	3.246	deg	OK	1.351

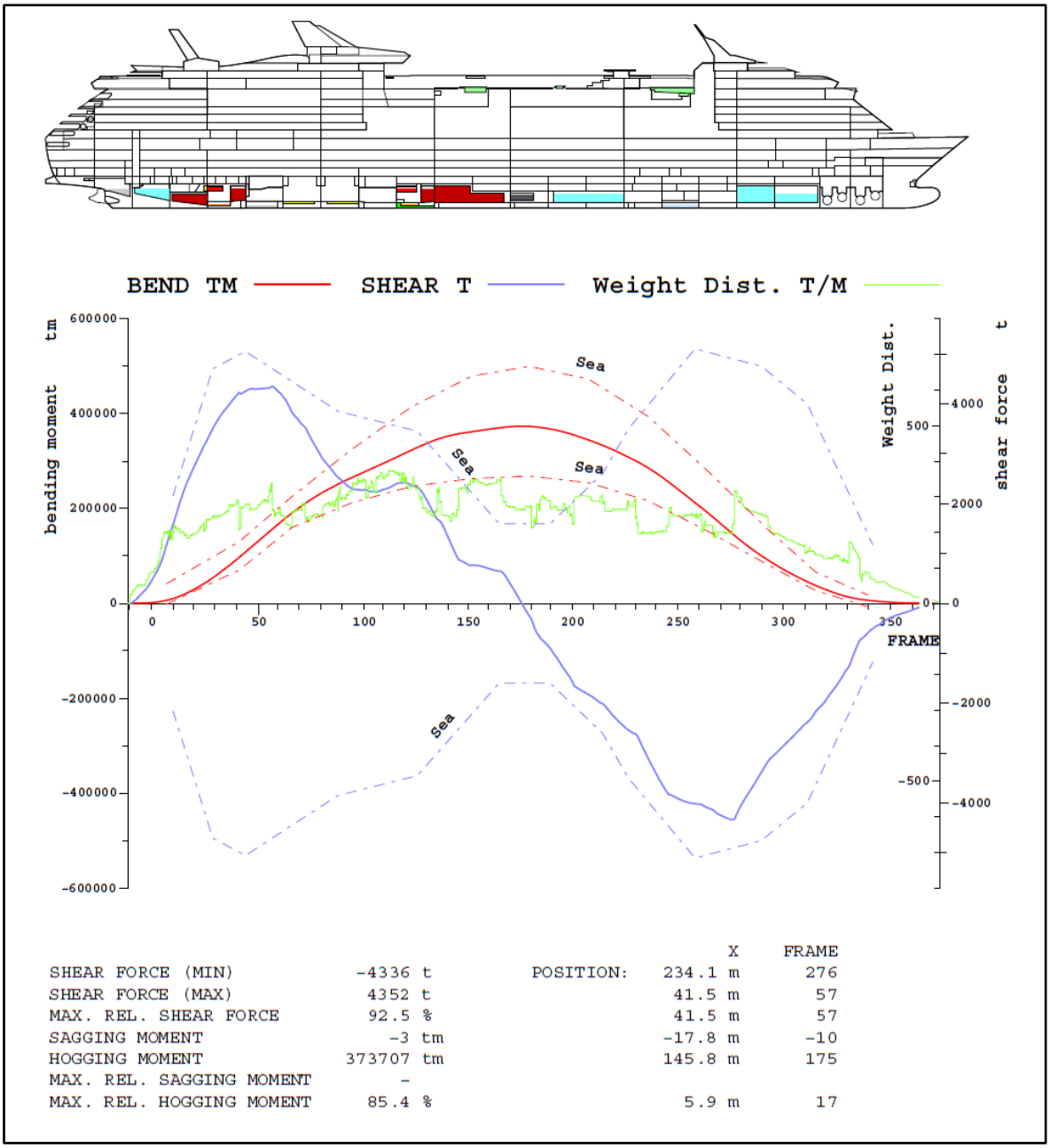
STABILITY CURVE

Heel	(deg)	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
MS	(m)	-0.013	-0.075	-0.256	-0.864	-2.230	-3.974
GM0sin(phi)	(m)	0.401	0.790	1.156	1.486	1.770	2.001
dGZ	(m)	0.050	0.082	0.104	0.117	0.122	0.122
GZ	(m)	0.339	0.634	0.796	0.504	-0.582	-2.094
e(phi)	(mrad)	0.030	0.116	0.244	0.367	0.370	0.140



Slika 18: Isječak iz HT-a, kriteriji stabiliteta u neoštećenom stanju

U ovom stanju krcanja brod zadovoljava sve kriterije stabiliteta i spreman je za isplovljavanje na putovanje.



			X	FRAME
SHEAR FORCE (MIN)	-4336 t	POSITION:	234.1 m	276
SHEAR FORCE (MAX)	4352 t		41.5 m	57
MAX. REL. SHEAR FORCE	92.5 %		41.5 m	57
SAGGING MOMENT	-3 tm		-17.8 m	-10
HOGGING MOMENT	373707 tm		145.8 m	175
MAX. REL. SAGGING MOMENT	-			
MAX. REL. HOGGING MOMENT	85.4 %		5.9 m	17

Slika 19: Isječak iz HT-a, smična naprezanja i momenti savijanja

Kao i u prijašnjem stanju krcanja, imamo jako visoke postotke smičnih sila i momente savijanja. Smična naprezanja imamo u pozitivnom i negativnom smjeru. Minimalna smična naprezanja koja iznose 88,2% od dopuštenog nalazimo na rebru broj 276 na udaljenosti od 234,1m od AP-a. Maksimalna smična naprezanja koja iznose 92,5% se nalaze na rebru broj 57, 41,5m od AP-a.

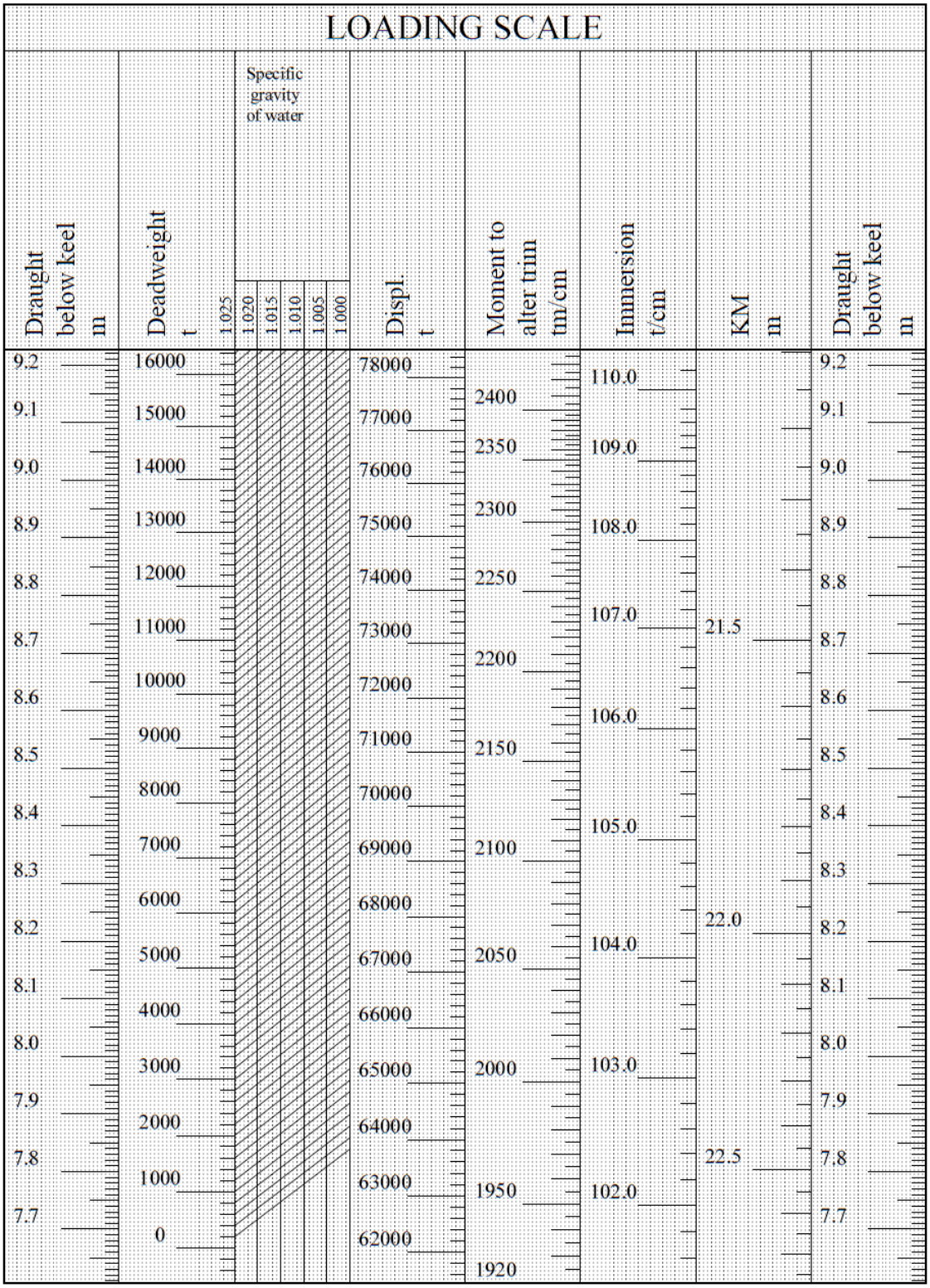
Također i momenti savijanja su jako veliki i iznose 74,9% od ukupnog momenta savijanja u pregibu. Najveći moment se nalazi na 175-om rebru (146m od AP).

4.6. DIJAGRAM NOSIVOSTI BRODA

Dijagram nosivosti se crta tek nakon izgradnje broda i određivanja istisnine praznog broda pokusom. Počevši od istisnine laganog broda, Δ_{LWL}, nanose se na apscisu jednolike vrijednosti povećanja nosivost. Te se vrijednosti preko krivulje istisnine (s privjescima) prenesu se na skalu gazova i odgovarajuće označe. Dobivena skala je vrlo praktična za upotrebu pomorcima jer se jednostavnim očitenjem može povezati nosivost i gaz broda. Analogna skala se može nacrtati tako da sadrži puno veći opseg informacija. Crtaju se skale koje daju podatke o:

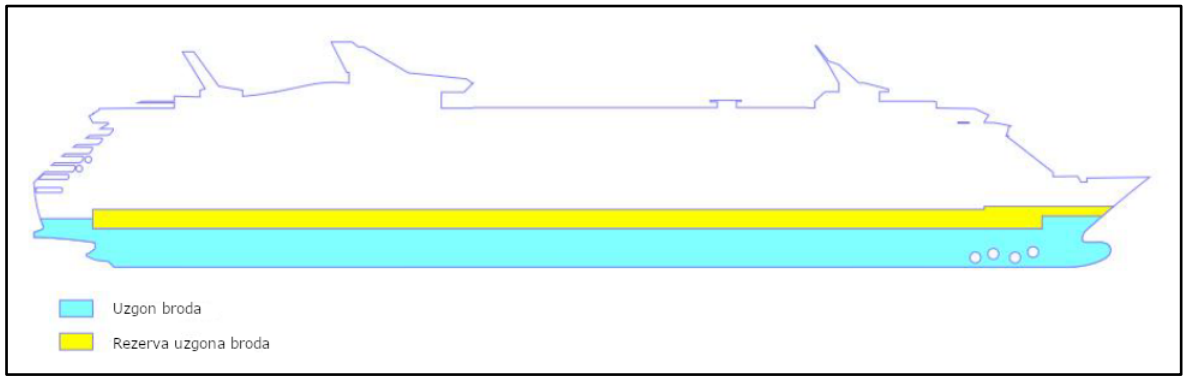
- gazu (m)
- gazu (ft)
- nadvođu (m)
- nadvođu (ft)
- istisnini u slatkoj vodi (t)
- istisnini u morskoj vodi (t)
- nosivosti u slatkoj vodi (t)
- nosivosti u morskoj vodi (t)
- jediničnom zagažaju (t/cm)
- jediničnom zagažaju u (LT/in)
- jediničnom momentu trima (tm/m).

Prikaz geometrijskih karakteristika skalom je pomorcima bio vrlo pogodno dok se navigacija vodila klasičnim metodama pa su navikli očitavati poziciju na karti korištenjem navigacijskog šestara. Istim šestarom se vrlo lako očitavaju skale. Noviji razvoj dovodi do sve veće primjene elektronskih pomagala u navigaciji i u korištenju broda pa se ove skale zamjenjuju računalnim prikazom ili se daju u obliku gusto izlistanih tablica koje se mogu koristiti bez interpolacije.



Slika 20: Isječak iz HT, dijagram nosivosti

4.7. STABILITET BRODA U OŠTEĆENOM STANJU



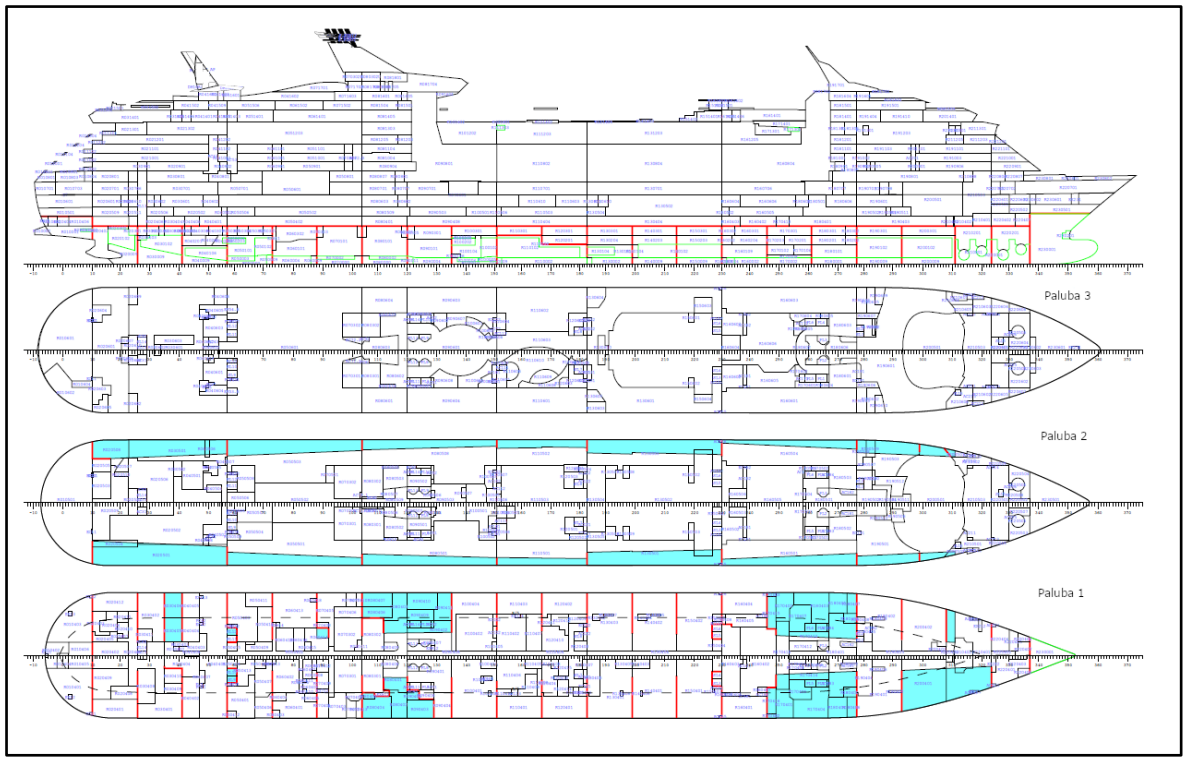
Slika 21: Isječak iz HT, uzgon i rezerva uzgona broda

Jedno od važnih područja, kojima se bavi teorija broda odnosi se na plovnost i stabilitet. Pod pojmom plovnost podrazumijeva se osiguranje osnovnih uvjeta plovnosti u neoštećenom i oštećenom stanju plovila, dok se pod pojmom stabiliteta plovila podrazumijeva svojstvo plovila koje se odnosi na vraćanje u ravnotežni položaj nakon prestanka djelovanja opterećenja. Jedno od osnovnih svojstava koje mora posjedovati svako plovilo je da ima osigurane minimalne uvjete plovnosti i stabiliteta u neoštećenom i oštećenom stanju. Plovnost i stabilitet plovila ovise o brodskoj formi i razmještaju težina te o okolišnim uvjetima.

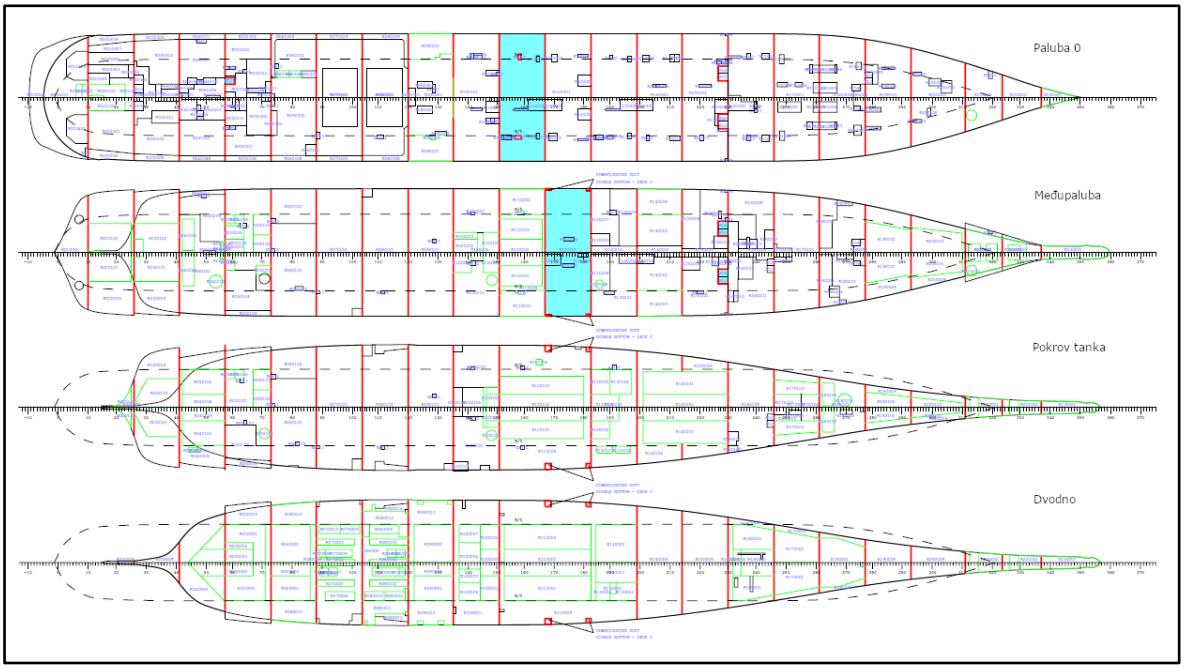
Do prodora vode u unutrašnjost broda dolazi kod oštećenja vanjske oplate uslijed sudara, nasukanja odnosno udaranja broda u obalu i sl. Posljedice prodora vode u plovilo može se analizirati primjenom jedne od dviju poznatih metoda: metoda izgubljenog uzgona ili metoda ukrcanog tereta. Zbog posljedica prodora vode brod će plutati (i ploviti) u uvjetima nove plovnosti (novi gazovi, nova rezervna plovnost, nova početna poprečna metacentarska visina), te novog statičkog i dinamičkog stabiliteta (nova poluga statičkog stabiliteta, novi putevi dinamičkog stabiliteta). Nažalost, ponekad se događa da plovilo neće zadovoljiti uvjete plovnosti i/ili stabiliteta te će stoga potonuti odmah ili nakon nekog vremena zbog novih (pre)opterećenja na plovilu i posljedica okolišnih uvjeta za koje plovilo nema više dovoljne plovnosti i stabiliteta. Iako projektanti moraju osigurati minimalne uvjete propisane propisima klasifikacijskih društava to nije uvijek dovoljno za preživljavanje u slučaju posljedica oštećenja plovila. Da bi se ograničio prodor vode tako da ne postane sudbonosan za brod, unutrašnjost brodskog trupa se pregrađuje poprečnim, katkad i uzdužnim pregradama, a ponekad i vodoravnim pregradama, na više nepropusnih odjeljaka. U slučaju oštećenja vanjske oplate broda, prodrla voda može prema tome ispuniti jedan ili

više susjednih odjeljaka. Svrha proračuna stabiliteta broda u oštećenom stanju je da brod nakon prodora vode u brodski prostor (tank) ne izgubi plovnost i stabilitet. Kod toga se zahtijeva da vodna linija ne prijeđe granicu urona koja teče paralelno s palubom do koje sežu nepropusne pregrade, a 76 mm ispod njenog gornjeg brida.

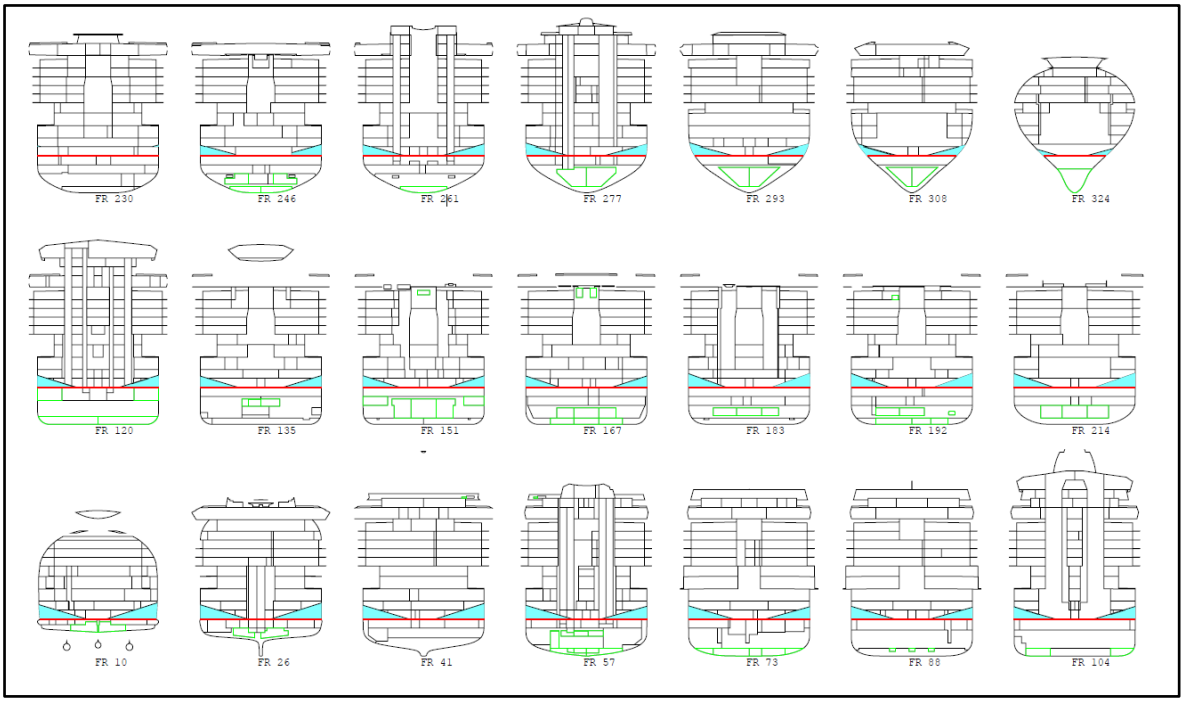
Ovaj brod je podijeljen na 23 nepropusna dijela i spada u kategoriju brodova koji mogu potopiti 2 odjeljka i opet će zadržati uzgon. Svi nepropusni odjeljci su prikazani na planu za slučaj oštećenja (damage control stability).



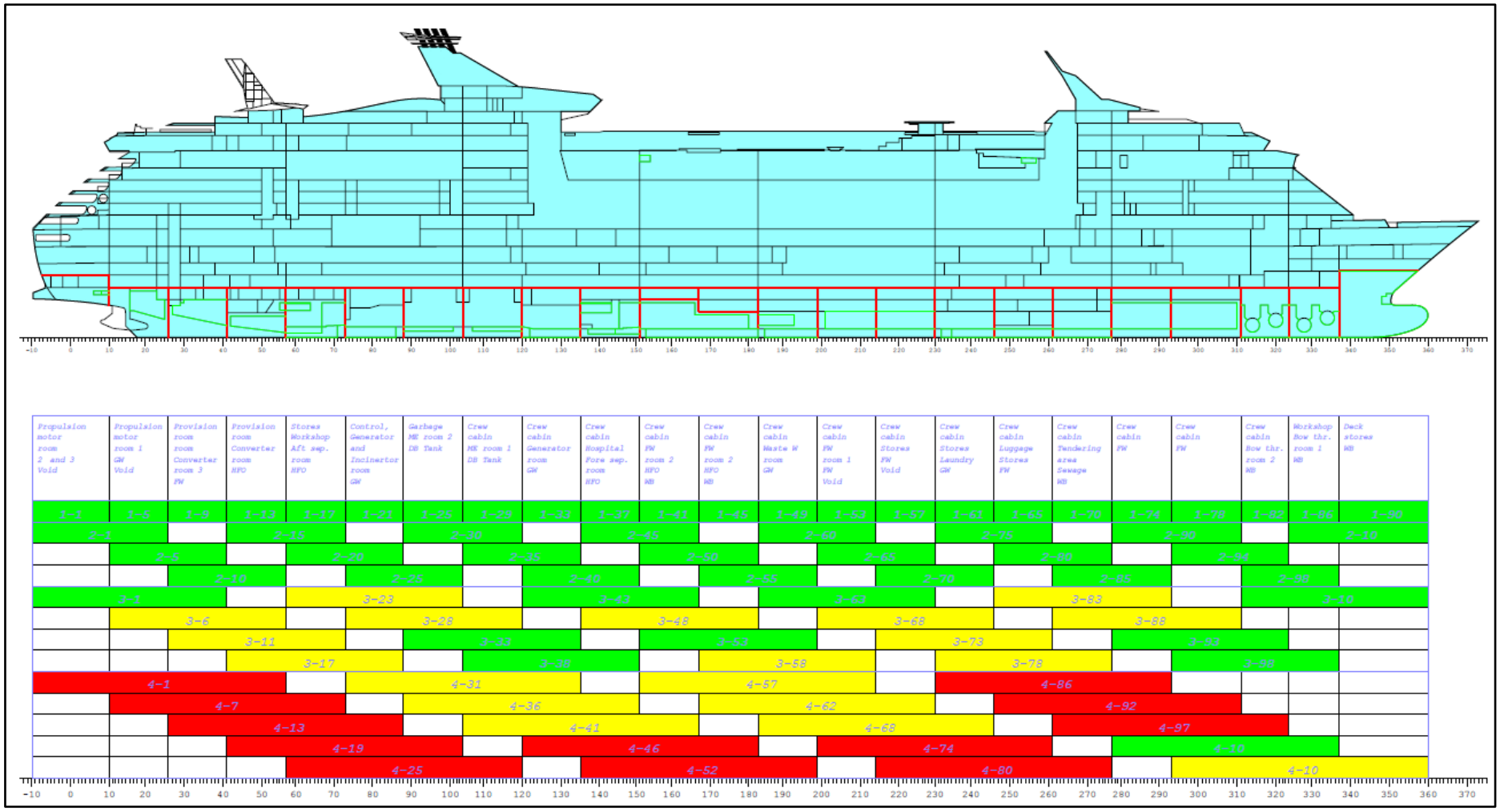
Slika 22: Isječak iz HT, nepropusne pregrade (a)



Slika 23: Isječak iz HT, nepropusne pregrade (b)



Slika 24: Isječak iz HT, nepropusne pregrade (c)



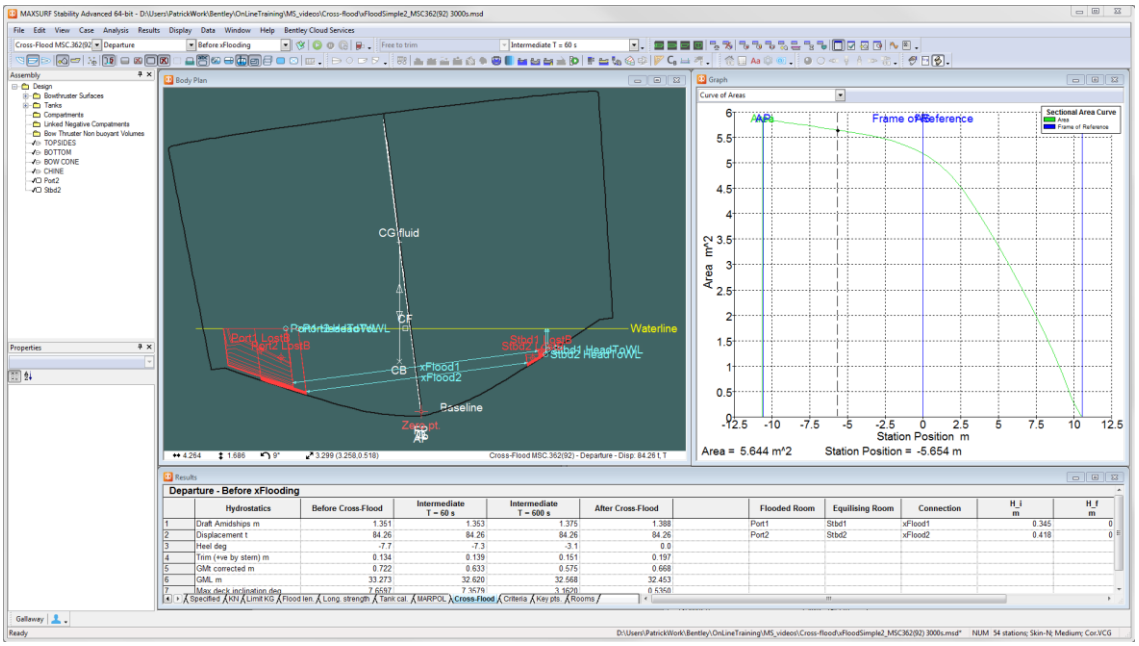
Slika 25: Isječak iz HT, plan naplavljivanja

Na slici možemo vidjeti nacrt broda podijeljenog na vodonepropusne odjeljke te njihove pripadajuće kombinacije oštećenja. Ovaj dijagram se odnosi na stanje krcanja L2 (na polasku, ukupna nosivost 12 219 *t*, sa svim putnicima) na gazu 8,81m. Kombinacije su određene probabilističkim putem, što znači da su područja određena na temelju vjerojatnosti oštećenja. Na slici prevladavaju 3 boje: zelena, žuta i crvena.

Zelena:	brod ima zadovoljavajući stabilitet i plutati će u stabilnoj ravnoteži. Stabilitet zadovoljava kriterije stabiliteta.
Žuta:	brod se nalazi na granici stabiliteta, ali će i dalje plutati u stabilnoj ravnoteži. Stabilitet ne zadovoljava kriterije stabilnosti.
Crvena:	Brod nema dovoljnu rezervu uzgona i postoji velika vjerojatnost od prevrtanja ili potonuća

4.8. RAČUNALNI PROGRAMI (LOADING INSTRUMENTS)

Važan računalni alat koji pomaže posadi broda u planiranju i kontroli svih radnji s teretom i balastom. Također služi za brzo računanje poprečnih sila i momenata savijanja za bilo koje stanje krcanja kao i za identifikaciju strukturnih ograničenja (npr. dopuštena krcanja u pojedina skladišta, dopuštena opterećenja pokrova dvodna itd.). Računalni programi ne mogu biti zamjena za brodski Plan krcanja u papirnatom obliku. Pravila klasifikacijskih zavoda zahtijevaju da zapovjednik broda ispituje točnost računalnih programa u pravilnim vremenskim razmacima.



Slika 26: MaxSurf program za analizu stabiliteta

Izvor: communities.bentley.com

Računalni programi imaju dosta jednostavno sučelje za korisnike koje je jako pogodno i brzo za ubacivanje podataka. Zatim računalo obrađuje sve podatke i daje nam povratnu informaciju. Ovo je najbrži način analize podataka i u skorijoj budućnosti se očekuje razvijanje računalnih programa. Jedina loša strana je veliko oslanjanje pomoraca na računalne proračune, koji često mogu navesti na krivi put. Zbog toga je potrebno često provjeravati i ispravljati ulazne podatke s kojima koristimo programe.

5. ZAKLJUČAK

Kao što se može vidjeti u ovome radu, poznavanje stabiliteta zahtjeva poznavanje iz matematike, fizike i mehanike. Proračun statičkih i dinamičkih podataka je jako dug i složen proces. Zbog toga veliku važnost imaju sve brodske knjige koje sadrže unaprijed proračunate podatke koji nam služe za što jednostavniju analizu brodskog stabiliteta. Te podatke možemo pronaći u hidrostatskim tablicama i stabilitetu broda u oštećenom stanju. Ti podaci i tablice su nastale iz nacrta brodskih krivulja i one su temelj za sve daljnje proračune stabiliteta. Kao što se vidi iz ovog rada, ukrcaj ovog broda je jako kompleksan jer se ne smiju ukrcati svi tankovi do vrha. Zbog toga veliku važnost imaju hidrostatske tablice koje nam daju informacije o potrebnom kapacitetu svakog tanka, a da se ne prijeđe ljetna vodena linija, da se ne ugrozi metacentarska visina te sve površine ispod GZ krivulje zadovoljavaju IMO uvjete.

Veliku pozornost treba posvetiti i računalnim programima, koji pomorcima uvelike pomažu pri proračunu stabiliteta. Iako računalni programi nisu u potpunosti zamijenili hidrostatske tablice, možemo vidjeti da se u skorijoj budućnosti ipak očekuje da će oni u potpunosti preuzeti kontrolu nad stabilitetom broda. Upravo tu se i nalazi jedan od velikih problema, zato što je narav svakog čovjeka da se previše oslanja na tehnologiju zbog njene jednostavnosti. Upravo zbog toga pomorci ponekad proračun koji su dobili računalnim putem uzimaju zdravo za gotovo i rijetko ih provjeravaju. Tu postoji potencijalni problem da dođe do krivog ukrcaja. Računalni programi bi se uvijek trebali provjeravati, jer brod predstavlja jedan veliki dinamički sustav koji se mijenja kroz vrijeme. To znači da proračuni koji su napravljeni na početku gradnje, ne moraju biti jednaki nakon nekoliko godina eksploatacije. Zbog toga je jako bitno vršiti provjere i računalnih sustava i tablica u papirnatom obliku.

LITERATURA

[1] Buljan, I., *Stabilnost broda*, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

[2] J. Uršić „Stabilitet broda I“ Zagreb 1991. Sveučilišna naklada d.o.o. Zagreb

[3] J. Uršić „Stabilitet broda II“ Zagreb 1991. Sveučilišna naklada d.o.o. Zagreb

[4] Marnika, F., *Stabilnost broda*, Znanje, Zagreb, 1999.

[5] A. Rogulj: Naprezanja u brodskim konstrukcijama, Skripta

[6] IMO Res. A.749(18), 1993.

[7] Marpol Annex 1 Regulation 28, 1983.

[8] Hrvatski registar brodova, Dio 4. Stabilitet

[9] Hrvatski registar brodova, Dio 5. Pregrađivanje

[10] Hrvatski registar brodova, Dio 6. Nadvođe

POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1.	Brod za prijevoz putnika na kružnim putovanjima.....	2
Slika 2.	Isječak iz HT-a, koordinatni sustav broda.....	4
Slika 3.	Isječak iz HT, generalni plan broda.....	6
Slika 4.	Isječak iz HT-a, generalni plan tankova.....	7
Slika 5.	Brodske krivulje u poprečnom smjeru.....	12
Slika 6.	Brodske krivulje u uzdužnom smjeru i vodene linije.....	13
Slika 7.	Dijagramni list.....	14
Slika 8.	Isječak iz HT-a, hidrostatske tablice.....	16
Slika 9.	Isječak iz HT-a, stanja krcanja.....	19
Slika 10.	Isječak iz tablica HT-a, podaci o stanju krcanja.....	21
Slika 11.	Isječak iz HT-a, kriteriji stabiliteta u neoštećenom stanju.....	22
Slika 12.	Isječak iz HT-a, smična naprezanja i momenti savijanja.....	24
Slika 13.	Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (a).....	26
Slika 14.	Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (b).....	27
Slika 15.	Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (c).....	28
Slika 16.	Isječak iz HT-a, plan krcanja tankova (d).....	29
Slika 17.	Slika 17: Isječak iz HT-a, hidrostatski podaci.....	30
Slika 18.	Isječak iz HT-a, kriteriji stabiliteta u neoštećenom stanju.....	31
Slika 19.	Isječak iz HT-a, smična naprezanja i momenti savijanja.....	32
Slika 20.	Isječak iz HT, dijagram nosivosti.....	34
Slika 21.	Isječak iz HT, uzgon i rezerva uzgona broda.....	35
Slika 22.	Isječak iz HT, nepropusne pregrade (a).....	36
Slika 23.	Isječak iz HT, nepropusne pregrade (b).....	37
Slika 24.	Isječak iz HT, nepropusne pregrade (c).....	37
Slika 25.	Isječak iz HT-a, plan naplavljivanja……	38
Slika 26.	Slika 26: MaxSurf program za analizu stabiliteta.....	40

SIMBOLI I KRATICE

Lpp	Udaljenost između perpendikulara
L/2	Lpp/2
BL	Osnovica broda
CL	Centralna linija
TM	Srednji gaz
TFP	Gaz na pramčanom perpendikularu
TAP	Gaz na krmenom perpendikularu
t	Trim (-/+ = krma/pramac)
KM	Udaljenost od osnovice do metacentra
KG	Udaljenost težišta od osnovice
GM_0	Metacentarska visina
GMcorr	Ispravak metacentarske visine zbog utjecaja slobodnih površina
GM	Ispravljena metacentarska visina
GZ	Uspravljajuća poluga
dGZ	Ispravak GZ-a zbog utjecaja slobodnih površina
phi	Kut nagiba
e(phi)	Poluga dinamičkog nagibanja
FSM	Moment slobodnih površina
L.C.G.	Uzdužna udaljenost težišta broda (od Lpp/2)
T.C.G.	Poprečna udaljenost težišta od uzdužnice broda (desno/lijevo = -/+)
V.C.G.	Vertikalna udaljenost težišta (od osnovice broda)
SWBM	Moment savijanja broda u mirnoj vodi
BMMAX	Maksimalni moment savijanja
SHMAX	Maksimalne smične sile
SHMIN	Minimalne smične sile
RHO = DENS	Gustoća