

Standardi za trim i stabilnost broda

Boban, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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/um:nbn:hr:164:044642>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-11**

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET**

TOMISLAV BOBAN

**STANDARDI ZA TRIM I STABILNOST
BRODA**

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2016.

SVEU ILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET

STUDIJ: DIPLOMSKI STUDIJ/ POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I
MARINA

**STANDARDI ZA TRIM I STABILNOST
BRODA**

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:

Dr. sc. Goran Belamari , kap.

STUDENT:

Tomislav Boban

SPLIT, 2016.

SAŽETAK

Na samom po etku diplomskog rada su objašnjeni osnovni pojmovi i na elu brodskog stabiliteta, te je dan poseban osvrt na tri zakona plovnosti. Isto tako u radu se definiraju problemi i kriteriji stabiliteta poveza sa specifi nim tipovima brodova kao što su: Off-shore brodovi, brodovi za prijevoz rasutog tereta, tankeri sa dvostrukom oplatom, brodovi za prijevoz putnika, kod koji su definirani i standardi za brodove u ošte enom stanju. Nadalje na sve navedeno nadopunjaju se i kriteriji za netaknuto stabilnost za razne vrste brodova prema IMO rezoluciji A.749 (18). U tom poglavlju ovoga rada detaljno su formulama i tablicama prikazani standardi za stabilnost i to za: Putni ke i teretne brodove, ribarske brodove, off-shore brodove, mobilne off-shore jedinice za bušenje nafte, te dodatni standardi za kontejnerske brodove ve e od 100 m. Na temelju navedenih standarda napravljen je izra un stabiliteta i trima na primjeru broda M/B Plovput Split. Tablicom centracije za ra unanje nestandardnih plovnih stanja, te njenom provjerom uz pomo formula može se zaklju iti da brod zadovoljava navedene kriterije.

ABSTRACT

Beginning of this graduate work explains the basic concepts and principles of ship stability and it is given a special review of the three laws of airworthiness. Also in the work defined problems and stability criteria binding with specific types of ships such as offshore vessels, bulk carriers, oil tankers with double hull, ships for the passengers, with defined standards for ships in damaged condition. In addition to all of the above complement the criteria for intact stability for various types of ships in accordance with IMO Resolution A.749 (18). In this section of this paper are detailed formulas and tables presented standards for stability and for: Passengers and cargo ships, fishing vessels, offshore vessels, mobile offshore drilling units, and additional standards for container ships exceeding 100 m. Based on these standards made the calculation of stability and trim in example of the ship M/B Plovput Split. Table centration of calculating non-standard floating condition, and its verification with formula can be concluded that the ship meets the above criteria.

SADRŽAJ

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. NA ELA I OSNOVNI POJMOVI BRODSKOG STABILITETA..... | 2 |
| 2.1. OSNOVNI POJMOVI BRODSKOG STABILITETA..... | 2 |
| 2.2. ZAKON PLOVNOSTI..... | 4 |
| 2.2.1. Prvi zakon plovnosti..... | 4 |
| 2.2.2. Drugi zakon plovnosti..... | 5 |
| 2.2.3. Treći zakon plovnosti..... | 6 |
| 3. PROBLEMI I KRITERIJI STABILITETA POVEZANI SA SPECIFIČNIM TIPOVIMA BRODOVA..... | 7 |
| 3.1. BRODOVI ZA OFFSHORE OPSKRBU..... | 7 |
| 3.2. BRODOVI ZA PRIJEVOZ RASUTOG TERETA..... | 9 |
| 3.3. TANKOVI SA DVOSTRUKOM OPLATOM..... | 12 |
| 3.4. BRODOVI ZA PRIJEVOZ PUTNIKA..... | 14 |
| 3.4.1. Određena pravila za brodove za prijevoz putnika..... | 15 |
| 3.4.2. Stabilitet broda u oštećenom stanju..... | 18 |
| 4. KRITERIJI STABILNOSTI ZA RAZNE VRSTE BRODOVA PREMA IMO REZOLUCIJI A.749 (18)..... | 21 |
| 4.1. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA PUTNIKE I TERETNE BRODOVE..... | 22 |
| 4.1.1. Kriteriji uslijed jakog vjetra i valjanja | 23 |
| 4.1.2. Utjecaj slobodnih površina tekućina u tankovima..... | 26 |
| 4.2. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA RIBARSKE BRODOVE..... | 29 |
| 4.2.1. Kriteriji uslijed jakog vjetra i valjanja | 29 |
| 4.2.2. Preporuka za donošenje privremenog kriterija stabilnosti za ribarske brodove do 24 m dužine..... | 30 |
| 4.3. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA OFFSHORE BRODOVE..... | 31 |
| 4.4. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA MOBILNE OFFSHORE JEDINICE ZA BUŠENJE NAFTE..... | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5. DODATNI KRITERIJI ZA KONTEJNERSKE BRODOVE VEĆE OD 100 m PREMA IMO REZOLUCIJI A.749 (18)..... | 34 |
| 5. IZRAĐUN STABILITETA I TRIMA NA PRIMJERU BRODA | |
| „PLOVPUT SPLIT“..... | 37 |
| 5.1. PRORAĐUN STABILITETA ZA M/B „PLOVPUT SPLIT“..... | 38 |
| 5.2. UPUTE ZA IZRAĐUN STANJA KRCANJA..... | 40 |
| 5.3. PROVJERA NESTANDARDNOG STANJA KRCANJA..... | 44 |
| ZAKLJUČAK..... | 47 |
| LITERATURA..... | 48 |
| POPIS TABLICA..... | 49 |
| POPIS SLIKA..... | 50 |

1.UVOD

Brodovi su konstruirani kako bi izvršili raznolike djelatnosti: prijevoz krutog, rasutog i tekućeg tereta, prijevoz kontenjeriziranog i RO-RO tereta, prijevoz putnika, te vršenje Off-shore opskrbe i ostalih Off-shore usluga, samo su neki od primjera. Brodovi moraju zadovoljiti mnogo funkcija, što nam govori da različiti brodovi imaju i različite dizajne, te je uvek potrebno osigurati odgovarajuće radne zahtjeve s kojima se susreću. Raznolik dizajn različitog tipa broda znači da određeni brod mora imati karakteristike stabilnosti koje su mu jedinstvene, te je važno da razni faktori poput vjetra i valova koji utječu na jedinstvene karakteristike brodske stabilnosti budu jasne onima koji s njima upravljaju.

Prvi dio diplomskog rada obuhvaća analizu osnovne pojmove brodskog stabiliteta kao što su: istisnina, kapacitet nosivosti, TPC, brodske okomice, uzdužni centar gravitacije, uzdužni centar uzgona, uzdužni centar plutanja, te blok koeficijent. Definirana su i tri zakona plovnosti.

Središnji dio ovoga rada naslanja se na samu srž teme, te su u njemu definirani problemi i kriteriji stabiliteta za različite tipove brodova što se nadopunjuje formulama i tablicama iz poglavlja koje definira kriterije netaknute brodske stabilnosti prema IMO rezoluciji A.749 (18). Napravljena je i posebna podjela prema raznim tipovima brodova.

Završni dio donosi izračun stabiliteta i trima na primjeru broda M/B Plovput Split prema navedenim standardima. Tablicom centracije za računanje nestandardnih plovnih stanja, te njenom provjerom uz pomoć formula može se zaključiti da brod zadovoljava navedene kriterije.

Na kraju diplomskog rada dat je zaključak.

2. NAELA I OSNOVNI POJMOVI BRODSKOG STABILITETA

Stabilitet je sposobnost broda da se vrati u uspravan položaj nakon što je bio nagnut djelovanjem nekih vanjskih sila.

Stabilitet je svojstvo broda da se protivi silama koji ga nastoje pomaknuti iz položaja ravnoteže uslijed djelovanja vanjskih sila ili zbog pomicanja masa na brodu, kao i sposobnost da se automatski vrati u uspravan položaj (položaj ravnoteže) nakon prestanka djelovanja vanjskih sila/momenata koji su ga pomakli iz položaja ravnoteže. Brod koji nekam takvo svojstvo ne može uopće ploviti, a brod koji ga nema u dovoljnoj mjeri nije siguran u plovidbi i predstavlja opasnost za osoblje i teret koji prevozi.

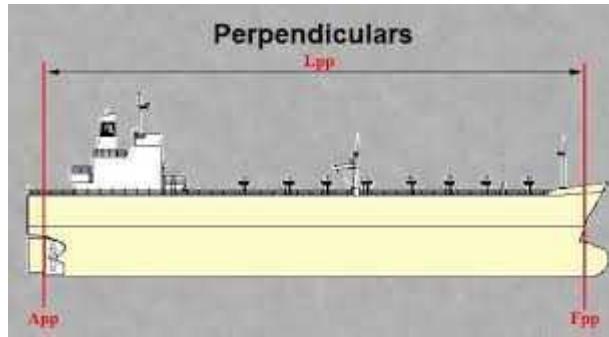
2.1. OSNOVNI POJMOVI BRODSKOG STABILITETA

ISTISNINA- Kada tijelo pliva na površini, njegova masa jednaka je masi tekuće što je istisnuta onim dijelom koji se nalazi ispod razine tekuće. Da bi neko tijelo (brod) mogao plutati, ono mora istisnuti masu vode/tekuće koja je jednaka masi njegove vlastite težine. Ova masa mjeri se u tonama, a prikazuje se simbolom Δ , ili simbolom D ili W.

DEADWEIGHT- Je mjera broda za njegov ukupni kapacitet nosivosti. To je ukupna težina tereta, balasta, goriva, maziva, svježe vode, zaliha hrane i rezervnih dijelova, posade i dr. (bez težine praznog broda). Kada se od deplasmana odbije težina praznog broda dobije se *deadweight*.

Urona je broda tona po centimetru (*Tons per centimeter immersion - TPC*) - To je mjera koja pokazuje koliko tona tereta treba ukrcati u brod da bi se uronio odnosno da bi se njegov gaz promijenio za 1 cm. TPC se mijenja sa promjenom gaza i trima broda.

OKOMICE- Su konstrukcijske vertikalne linije naprijed/Forward (FWD) i nazad/Aft (A), a koje služe za proračunske svrhe, te se udaljenost između okomica estoma koristi u teoriji svrhe, a označava se sa LPP. Pravilna okomica okomita je na crtu ljetnog gaza i prolazi prednjim bridom pravilne statve, dok je krmena okomica okomita na crtu ljetnog gaza i prolazi osovinom kormila.



Slika 1. Prikaz brodskih okomica

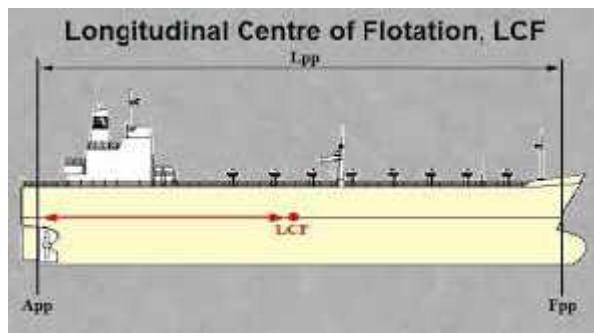
(Izvor: <https://www.google.hr/search?q=okomica+broda&espv=2&biw>)

SREDINA BRODA- U sredini broda između okomica imamo tzv. sredinu duljine broda. Nalazi se dijeljenjem udaljenosti između Lpp na dva dijela. Polovica duljine esto se naziva L/2.

UZDUŽNI CENTAR GRAVITACIJE- Ovisi od uzdužnog razmještaja mase tereta na brodu. Radi se o krmene okomici (perpendikularu) i u tom slučaju ima uvijek pozitivan predznak. U koliko se radi od glavnog rebra (sredine broda) onda može imati pozitivan ili negativan predznak, a što ovisi o tome da li je LCG ispred ili iza sredine broda.

UZDUŽNI CENTAR UZGONA- Su sile uzgona koje djeluju oko cijelog podvodnog dijela broda, a djeluju vertikalno prema gore, u jednog točki. LCB se mjeri u metrima od krmene okomice.

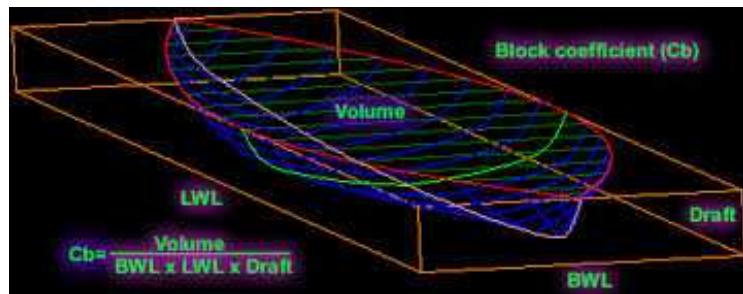
UZDUŽNI CENTAR PLUTANJA- Kod promjene trima, brod se rotira oko poprečne osi, a koja prolazi oko centra stvarne trenutne vodene linije. Udaljenost centra plutanja mjeri se u metrima od sredine broda ili od krmenog perpendikulara. LCF se dobije iz tablice ili krivulje hidrostatskih podataka broda za zadano stanje krcanja.



Slika 2. Prikaz uzdužnog centra plutanja

(Izvor: <https://www.google.hr/search?q=okomica+broda&espv=2&biw>)

BLOK KOEFICIJENT- To je mjera koja pokazuje koliko podvodni trup popunjava prostor „kutije“ etvrtastog oblika sa nekim najvećim dimenzijama. Visina „kutije“ etvrtastog oblika jednaka je iznosu ukupne duljine trupa, a širinu je jednaka iznosu širine trupa.



Slika 3. Prikaz i formula blok koeficijenta

(Izvor: <https://www.google.hr/search?q=block+coefficient&espv=2&biw>)

2.2. ZAKON PLOVNOSTI

Arhimedov zakon kaže: Na svako tijelo uronjeno u teku inu djeluje sila uzgona jednaka težini teku ine istisnute tim tijelom.

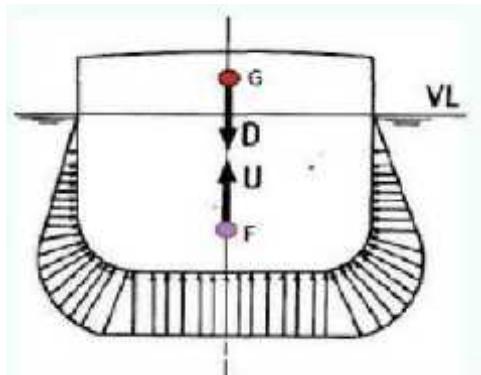
Plovnost je svojstvo tijela da mirno pluta na teku inu (bez dodira s dnem ili drugim tijelom). Na plovnost utječe u karakteristike tijela koje pluta kao i teku ine u kojoj tijelo pluta. Pri tome je tijelo opisano svojim oblikom, masom [kg ili t] i težištem [m], dok je teku ina karakterizirana svojom gustoćom [kg/m^3 ili t/m^3]. Primjenom Arhimedova zakona na plovne objekte mogu se formulirati tri uvjeta (zakona) plovnosti.

- Sila uzgona mora biti jednak sili težine
- Sile težine i sile uzgona moraju biti na istom pravcu koji je okomit na teretnu vodenu liniju
- Potrebno je da brod posjeduju stabilnu ravnotežu

2.2.1. Prvi zakon plovnosti

Ako se brod iz bilo kojeg razloga nagnje, pri naginjanju javiti će se uspravljanje i „SPREG“ sila koja će vratiti brodu uspravan položaj i im prestane uzrok nagiba. Kada se brod nagnje težište istisnine „B“ pomakne se na stranu nagiba jer se promjeni oblik uronjenog dijela broda. Sile teže broda „G“ i sile uzgona „B“ sastavljaju uspravljeni par sila koji nastoje vratiti brod u uspravan položaj.

Na svako tijelo uronjeno u teku inu djeluje sila uzgona koja odgovara težini istisnute teku ine, što zna i da umnožak volumena podvodnog dijela broda i gustoće vode u kojoj brod plovi, mora biti jednak ukupnoj težini broda.

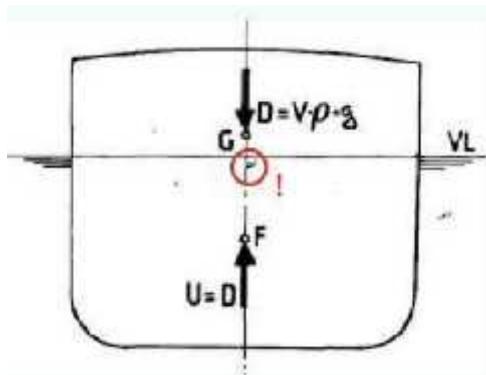


Slika 4. I zakon plovnosti

(Izvor: <http://www.pfst.unist.hr/uploads/00-Osnove%20brodskog%20stabiliteta.pdf>)

2.2.2. Drugi zakon plovnosti

Sila uzgona kao rezultanta svih tlakova koji djeluju na podvodni dio trupa, prolazi težištem istisnute teku ine (F). Težište istisnine F i težište masa G nalaze se na istoj okomici na plovnu vodenu liniju.

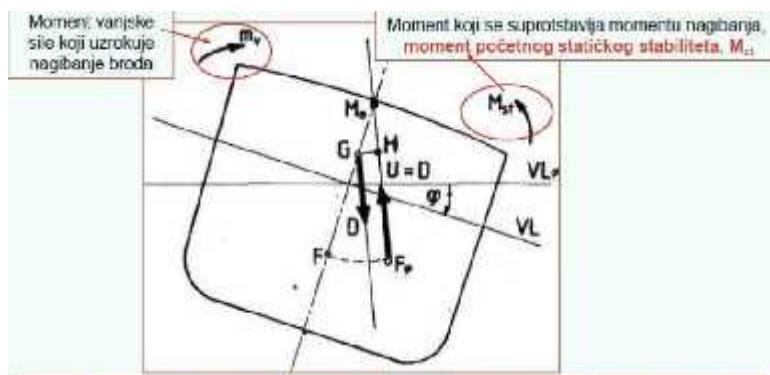


Slika 5. II zakon plovnosti

(Izvor: <http://www.pfst.unist.hr/uploads/00-Osnove%20brodskog%20stabiliteta.pdf>)

2.2.3. Tre i zakon plovnosti

Brod mora ploviti u stabilnom položaju, tj. Ako se zbog djelovanja neke vanjske sile (vjetra, valova i sl.) brod nagne za neki mali kut, brod se mora vratiti u prvobitni položaj nakon prestanka djelovanja sile koja je izazvala nagib.



Slika 6. III zakon plovnosti

(Izvor: <http://www.pfst.unist.hr/uploads/00-Osnove%20brodskog%20stabiliteta.pdf>)

3. PROBLEMI I KRITERIJI STABILITETA POVEZANI SA SPECIFI NIM TIPOVIMA BRODOVA

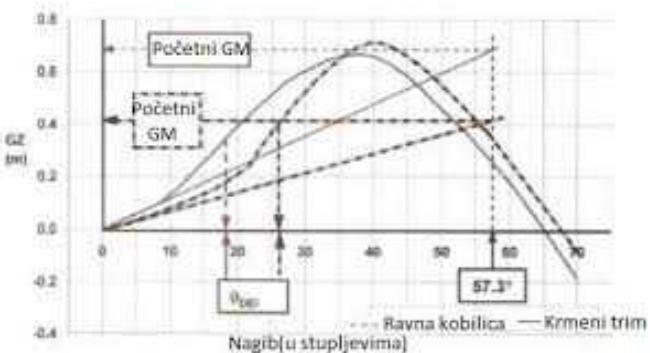
Brodovi su konstruirani kako bi izvršili raznolike djelatnosti; prijevoz krutog, rasutog tereta i teku eg tereta, prijevoz kontenjeriziranog i RO-RO tereta te vršenje Off-shore opskrbe i ostalih Off-shore usluga, samo su neki od primjera. Mnogo funkcija brod mora zadovoljiti diktiraju i mu to da je jednako razli it broj brodova dizajniran, te je u svakom slu aju potrebno osigurati odgovaraju e radne zahtjeve s kojima se susre e. Raznolik dizajn razli itog tipa broda zna i da odre eni brod mora imati stabilne karakteristike koje su mu jedinstvene i važno je da razli iti faktori koji utje u na jedinstvene karakteristike stabilnosti budu jasne onima koji s njima upravljaju.

3.1. BRODOVI ZA OFFSHORE OPSKRBU

Posebnu pozornost kod brodova za Off-shore opskrbu treba pridati ukrcaju, iskrcaju, trimu i stabilitetu iz sljede ih razloga:

- Kruti i teku i teret potrebno je ukrcati i iskrcati, esto istovremeno, na moru
- Postoji rizik da se voda zadrži u teretu cijevi složenih na palubi
- Ova plovila imaju nisko nadvo e na dijelu teretne palube stražnjeg dijela, ali veliku rezervu istisnine nadgra a na prednjem dijelu broda
- Kada se brod nagne do to ke potonu a teretne palube može do i do velikog gubitka stabiliteta zbog pomicanja poluge stabiliteta, što je rezultat pokušaja broda da smanji razliku gaza na krmu
- Ova plovila esto imaju stabilizacijske tankove

Brodovi za opskrbu karakterizirani su velikom širinom i malim gazom. Širina ini ova plovila vrlo stabilnima u po etku, ali nisko nadvo e prema krmu uzrokuje da rub palube zaroni pri malim kutovima nagiba. Sva prednost širine gubi se nakon potonu a ruba palube. Cijelo nadgra e nalazi se na prednjoj etvrtini broda, što zadnje tri etvrtine ostavlja slobodnima za teret. Ovakav raspored uzrokuje probleme vezane uz raspodjelu rezervne istisnine prilikom nagiba broda. Brod koji ima krmu trim imati e manji ukupni stabilitet nego na ravnoj kobilici. Metacentarska visina (GM) i stabilitet pri malim kutovima nagiba mogu biti ve i pri krmenom trimu zbog toga što ve a površina vodne linije pove ava dužinu BM i malo ve i KB, a što e dovesti do poboljšane po etne metacentarske visine KM.



Slika 7. Krivulja stati kog stabiliteta kada je brod na ravnoj kobilici i krmenim trimom
(Izvor: Martin A. Rhodes; Ship stability Mates / Masters Glasgow College of Nautical
Studies, 2008)

Međutim, preuranjeni kut nagiba pri kojem rub teretne palube biva uronjen pri trimu rezultirat će ranijim padom poluge stabilitete GZ. Poluga stabiliteta GZ sa krivuljom stati kog stabiliteta za brod na ravnoj kobilici i brod u sa krmenim trimom prikazane su na slici 7.

Kada se opskrbni brod nagnе do te mjere da krmeni rub palube bude toliko uronjen da uzrokuje da prednje nadgrađe ima povećanje istisnine, posljedice mogu biti strašne jer dolazi do povećanja krmenog trima i gubitka stabiliteta, pa tako i ako je brod na ravnoj kobilici kada je uspravan. To je objašnjeno na sljedeći način: Zamislite tipičan opskrbni brod sa ravnom kobilicom koji se postupno nagnije pod sve većim kutovima. Uspravan brod je na ravnoj kobilici. F predstavlja uzdužni centar istisnine (smješten u geometrijskom središtu ravnine vodne linije) i predstavlja toku u dužini broda oko koje će doći do trima.

Pri nagibu od 20° na desnu stranu krmena paluba bit će potopljena, te dolazi do krmenog trima. Ravnina vodene linije na krmi na nagnutom boku broda je izgubljena zbog čega se F pomiće prema naprijed. To je kao da se pomakne toku težišta klackalice. Pri dodatnom nagibu od 30° rezervna istisnina pramača nadgrađa dolazi do isticanja, volumen istisnine biva prenesen sa više bočne strane, gdje od njega nema koristi, na nižu bočnu prednju stranu nagnutog dijela. Ovo uzrokuje da se LCB pomakne naprijed i stvori moment za dodatni krmeni trim. Sve ovo, zajedno sa neprekinutim pomicanjem središta istisnine prema naprijed uzrokuje da brod prilikom nagnjanja dobije na značajnom krmenom trimu. Pri nagibu od 45° krmeni trim se poveća do te mjere da situacija postaje opasna, pri čemu stražnja paluba biva toliko poplavljena da bi ubrzo moglo doći do kuta progresivnog naplavljivanja.

Zbog oblika trupa brodova za opskrbu kriteriji postavljeni odredbom 3.1.2 IMO: Kodeksa o stabilitetu u nedirnutom stanju za sve vrste brodova koji su u skladu s IMO propisima mogu biti zamijenjeni alternativnim kriterijima stabiliteta (za brodove iz Ujedinjenog Kraljevstva ovi alternativni kriteriji dozvoljeni su odredbom 8.15 u pravilniku Teretna vodna linija - Upute i smjernice za inspektore (MCA) (*Load Line - Instructions for the Guidance of Surveyors (MCA)*)).

- Podru je ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulje) ne bi smjelo biti manje od 0.070 metar-radijana do kuta nagiba od 15° kada poluga stabiliteta (GZ) dostiže maksimalnu vrijednost pod kutom od 15° i 0.055 metar-radijana do kuta nagiba od 30° kada poluga stabiliteta (GZ) dostiže maksimalnu vrijednost pod kutom od 30° ili više. Gdje poluga stabiliteta (GZ) dostiže maksimalnu vrijednost izme u kutova 15° i 30° , odgovaraju e podru je ispod krivulje poluge stabiliteta trebalo bi biti:
$$0.055 + 0.001(30^\circ - \text{max}) \text{ metar-radijana}$$
(max predstavlja kut nagiba pri kojem dolazi do maksimalne GZ vrijednosti)
- Podru je ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulje) izme u kutova nagiba od 30° i 40° , ili izme u 30° i kuta pod kojim dolazi do progresivnog naplavljivanja (t), ako je taj kut manji od 40° , ne bi smjelo biti manje od 0.03 metar-radijana.
- Poluga stabiliteta (GZ) trebala bi iznositi najmanje 0.20 m pri kutu nagiba jednakom ili ve em od 30° .
- Do maksimalne poluge stabiliteta (GZ) trebalo bi do i pod kutom nagiba koji nije manji od 15° .
- Po etna popre na metacentarska visina (GM) ne bi smjela iznositi manje od 0.15 m.

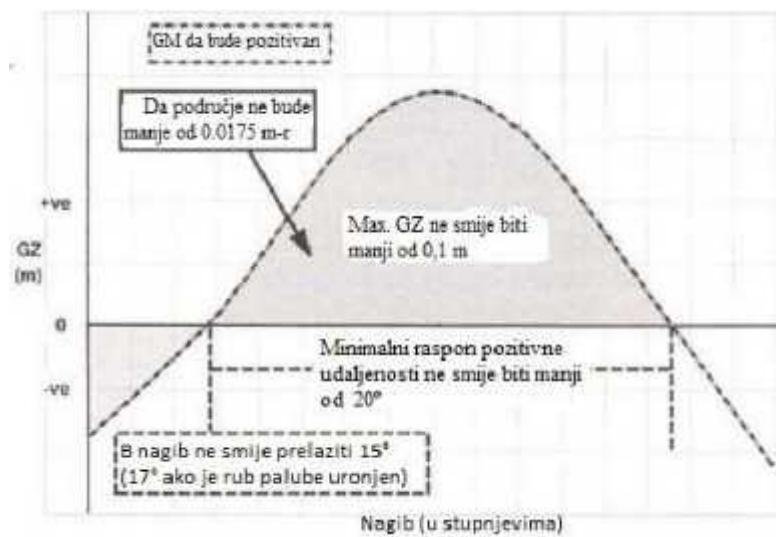
3.2. BRODOVI ZA PRIJEVOZ RASUTOG TERETA

Brod za prijevoz rasutog tereta u osnovi je jednopalubni brod sa strojarnicom na krmi. Mnogi od njih imaju konstrukciju s jednostrukom bo nom oplatom. Koeficijent istisnine uglavnom premašuje 0.80. Skladišta u obliku lijevka složena su postavljanjem bo nih tankova. Taj gornji i donji bo ni tank ponekad se ozna avaju terminima *saddle* (gornji bo ni tank) i *hopper* (donji bo ni tank). Oblik skladišta tereta brodu za prijevoz rasutog tereta omogu uje vlastitu kontrolu trima, što umanjuje vjerojatnost da e do i do opasnog pomaka tereta. Zahvaljuju i obliku, posljednji dio tereta prilikom iskrcaja teži da se pomakne ispod teretnog grotla. To omogu ava iskrcaj grabilicom. Grotla su velika, a palube prazne. Voden balast sa morskem vodom mogu e je nositi u gornjim i donjim krilnim tankovima kao i u dvodnu i pikovima. U ve ini slu ajeva sveukupna nosivost u balastu vrlo je dobra (oko 40% teretne

nosivosti) što pruža dobar uron. Zbog visokog središta gravitacije balasta u gornjim bo nim tankovima brod nije prekomjerno krut u balastnom stanju nego i dalje posjeduje odgovaraju i stabilitet. injenica da je velika koli ina balasta raspore ena na bokovima, a ne po simetrali tako er pomaže da brod dobije poželjno, relativno sporo i lagano ljudjanje tijekom plovidbe u balastu. Raspored balasta uzduž broda trebao bi osigurati relativno mali moment savijanja i izostanak velikih smi nih sila.

Na zahtjev Meunarodne pomorske organizacije (IMO), Meunarodno udruženje klasifikacijskih društava (engl. *International Association of Classification Societies* (IACS)) provelo je studiju o radnom vijeku brodova za prijevoz rasutog tereta. Otkriveno je da, ako do e do naplavljivanja prednjeg skladišta broda, pregrada izme u dva prednja skladišta vjerojatno ne e mo i izdržati pritisak koji stvara smjesa tereta i vode, posebice ako su naizmjeni na skladišta nakrcana teretom velike gusto e (poput željezne rude). Ako do e do urušavanja pregrade izme u skladišta moglo bi naglo do i do progresivnog naplavljivanja uzduž cijelog broda, koji bi radi toga potonuo u roku nekoliko minuta. Studijom IACS-a zaklju eno je da su najranjivija podru ja pregrade izme u prva dva skladišta na pramcu, kao i dvodno na tom podru ju. Tijekom specijalnih pregleda brodova posebnu pozornost treba posvetiti tim podru jima i, ako je potrebno, moraju se ugraditi oja anja. Glavni uzroci ošte enja na strukturi su propadanje uzrokovano korozijom i zamor materijala kada je brod na moru, a loš sustav održavanja uvelike pridonosi tome.

Dodatna studija naplavljivanja dvaju skladišta provedena od strane Ministarstva pomorstva Sjedinjenih Država (engl. U.S. Maritime Administration (MARAD)), zaklju eno je da bi brodovi srednje veli ine koji služe za prijevoz rasutog tereta trebali izdržati sve scenarije u kojima dolazi do naplavljivanja jednog skladišta, pod uvjetom da na brodu nema ošte enja uzrokovanoj korozijom elika niti neotkrivenih pukotina, ali naplavljivanje bilo koja dva susjedna skladišta dovelo bi do katastrofalnih posljedica. Daljnje prouavanje Amerike pomorske vlade (eng. U.S. Maritime Administration) o naplavljivanju dva skladišta je zaklju eno da bi brodovi za prijevoz rasutog tereta srednje veli ine trebali pretrpiti naplavljivanje jednog skladišta pod pretpostavkom da brod nije pretrpio korozijske gubitke i neprimije ene pukotine, ali naplavljivanje od bilo koja susjedna dva skladišta bi moglo dovesti do katastrofalnih posljedica.



Slika 8. Kriteriji stabiliteta prilikom ošte enja brodova za prijevoz rasutog tereta
(Izvor: Martin A. Rhodes; Ship stability Mates / Masters Glasgow College of Nautical Studies, 2008)

IMO je u studenom 1997. prihvatile novo poglavlje XII SOLAS-a - Dodatne mjere sigurnosti za brodove za prijevoz rasutog tereta (za brodove registrirane u Ujedinjenom Kraljevstvu, S.I. 1999 No.1644 Odredbe o trgovci koj plovidbi (Dodatne mjere sigurnosti za brodove za prijevoz rasutog tereta) 1999., stupile su na snagu 1. srpnja 1999. i provode nove odredbe SOLAS-a).

- Svi novi brodovi za prijevoz rasutog tereta dužine 150 metara ili više, s jednostrukom oplatom (izgrađeni nakon 1. srpnja 1999.) koji prevoze teret gusto je 1000 kg/m^3 ili više moraju imati dovoljnu vrsto u kako bi podnijeli naplavljivanje bilo kojeg pojedinog skladišta, uzveši u obzir dinamičke ubine nastale zbog prisutnosti vode u skladištu
- Kod postojećih brodova (izgrađeni prije 1. srpnja 1999.) koji prevoze rasuti teret gusto je 1780 kg/m^3 ili više poprema na vodonepropusna pregrada koja odvaja dva skladišta najbliže pramcu, i dvodno prednjeg skladišta moraju imati dovoljnu vrsto u kako bi podnijeli naplavljivanje i rezultirajuće dinamičke ubine skadišta najbližeg pramcu
- Kao teret gusto je 1780 kg/m^3 ili više (teški teret) podrazumijeva se željezna ruda, sirovo željezo, elik, boksit i cement. Kao lakši teret, ali gusto je iznad 1000 kg/m^3 , podrazumijevaju se žitarice poput žita i riže, i drvena građa
- Brodovi za prijevoz rasutog tereta duljine 150 ili više metara s jednostrukom oplatom, konstruirani za prijevoz 1000 kg/m^3 ili više krutog rasutog tereta, izgrađeni na ili nakon datuma 1. srpnja 1999., nakrcani do ljetne teretne linije, moraju biti u stanju podnijeti

naplavljivanje bilo kojeg skladišta za teret u svim uvjetima ukrcanja i ostati u plutaju em stanju u zadovoljavaju im uvjetima ravnoteže kao što je propisano u definiciji broda tipa "A" u Dijelu 3 proglaša IMO-e pod nazivom 'Teretne linije - Izdanje 2002.'

IMO je u studenom 1997. prihvatile Kodeks BLU - Me unarodni kodeks za sigurno ukrcavanje i iskrcavanje brodova za prijevoz rasutog tereta (engl. *The BLU Code Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk Carriers*) (IMO), odredbe tog pravilnika tako er je potrebno uzeti u obzir.

3.3. TANKERI SA DVOSTRUKOM OPLATOM

Tradicionalna konstrukcija tankera s jednostrukom oplatom više se ne gradi jer se prema IMO propisima u cilju zaštite okoliša od mogu eg zaga enja moraju graditi samo tankeri sa dvostrukom oplatom. Postoje tri glavna podru ja zabrinutosti vezana uz stabilitet:

1. Dvostruka oplata rezultira višim težištem tereta i višom KG vrijednosti broda kada je nakrcan.
2. Karakteristike vrsto e dvostrukе oplate dozvoljavaju konstrukciju tankova sa ve om slobodnom površinom. Tankeri s jednostrukom oplatom moraju imati uzdužne pregrade koje se protežu cijelom dužinom broda kako bi pružile potrebnu uzdužnu vrsto u. Popre ni razmak tih pregrada odabran je kako bi smjestio veli ine tankova otprilike jednakog kapaciteta i optimalno opteretio dno tanka. elijska struktura dvostrukog trupa ve pruža potrebnu uzdužnu vrsto u i time ini dodatne uzdužne pregrade nepotrebнима za strukturalne potrebe. Zato je raspored tankova prema kojem se pojedina ni tank slaže poprijeko (STA raspored tankova) prihva en kod mnogih konstrukcija (nedavne promjene odluka donesenih na Me unarodnoj konvenciji o sprje avanju one iš enja s brodova (engl. *International Convention for the Prevention of Pollution (MARPOL)*)).
3. Pove ana težina elika kod konstrukcija brodova s dvostrukom oplatom i umanjen kapacitet nosivosti pove ali su opiranje brodovlasnika da dodatno podijele vodonepropusnim pregradama velike središnje teretne tankove. Rezultiraju i potencijal za gubitkom GM vrijednosti zbog u inaka slobodne površine uvelike je pove an.

Postoje dva pristupa spre avanju / minimaliziranju nestabilnosti neošte enog broda:

1. Propisima provesti prihva anje konstrukcija tankera koje osiguravaju da je "stabilitet broda u neošte enom stanju" mogu e održavati tijekom svih mogu ih istovremenih operacija manipuliranja teretom i balastom (što zagovara udruga OCIMF (engl. Oil Companies International Marine Forum)).
2. Propisima provesti "ograni eni" konstrukcijski pristup ali dozvoliti upotrebu jednostavnih smjernica i operativnih procedura za pojedine brodove, koje bi bile donesene zajedno sa tim pristupom, kako bi se onemogu ili incidenti nekontroliranog nagiba (što zagovara IACS).

Tablica 1. Usporedba dva pristupa vezana uz konstrukciju tankera i eksploraciju.

| | KONSTRUKCIJA | OPERATIVNE PROCEDURE |
|--|---|--|
| <i>Stabilitet broda u neošte enom stanju</i> | Nekontrolirani nagib nije mogu . | Nekontrolirani nagib je mogu ako se operativne procedure ne poštuju. |
| <i>Stabilitet broda u ošte enom stanju</i> | Dodatna podjela balasta i teretnih tankova mogla bi biti nužna kako bi se ispunili zahtjevi stabiliteta broda u ošte enom stanju. | Raspoloživo je više razli itih razmještaja tankova kako bi se popravilo djelovanje stabiliteta broda u ošte enom stanju. |
| <i>Kapitalni trošak</i> | Trošak je pove an ako konstrukcija zahtjeva dodatne teretne ili balastne tankove i ugradnju pripadaju ih cijevi. | Nema razlike u usporedbi s trenutnim troškovima izgradnje. |
| <i>Operativni trošak</i> | Pove ani trošak održavanja ako konstrukcija zahtjeva više teretnih ili balastnih tankova. | Mogu nost za optimalniji razmještaj pumpi zbog manjeg broja tankova |
| <i>Obuka</i> | Dodatna obuka i procedure nisu potrebni. | Zahtjeva kontinuiranu obuku vezanu uz pojedini brod. |

| | | |
|--|--|---|
| <i>Karakteristike sigurnosti i zaga enja</i> | Incidenata uzrokovanih nekontrolirnaim nagibom nema. | Karakteristike sveukupne sigurnosti i spre avanja zaga enja mogu biti pove ane zbog ve eg broja mogu nosti za razmještaj tankova. |
| <i>Verifikacija usuglašenosti sa propisima</i> | Jednokratna verifikacija u stadiju konstrukcije broda. | Procedure treba kontinuirano nadogra ivati i potrebno je verificirati usuglašenost prilikom svake operacije manipuliranja teretom i/ili balastom. |

3.4. BRODOVI ZA PRIJEVOZ PUTNIKA

Pravila za brodove za prijevoz putnika navedena su u Poglavlju II-1, Dio B odredbi SOLAS-a. (Za brodove registrirane u Ujedinjenom Kraljevstvu postupak prora una nepropusne podjele broda nalazi se u Prilogu 2 MSN-a 1698 (M)). Cilj ovog poglavlja je pružiti sažetak procedure izra una maksimalne duljine vodo-neporpusnih odjeljenja; potrebno se referirati i na vezane odredbe u Poglavlju II-1 Dijela B. Kada brod za prijevoz putnika pretrpi štetu, smatra se da je došlo do gubitka broda kada pregradna paluba potone ispod ošte ene vodne linije na bilo kojoj to ki dužine broda. Ipak, poželjno je imati sigurnosnu rezervu tako da se smatra da je limit dosegnut kada do e do potonu a grani ne linije.



Slika 9. Pregradna paluba i grani na linija

(Izvor: Martin A. Rhodes; Ship stability Mates / Masters Glasgow College of Nautical Studies, 2008)

Vodonepropusna podjela broda za prijevoz putnika ovisi o raznim karakteristikama kao što su duljina broda, gaz, nadvo e, koeficijent puno e istisnine i skok palube, te o relativnoj koli ini i smještaju prostora korištenog u razli ite svrhe kao što su smještaj putnika, strojarnica, teret i skladišta. Ove karakteristike uzimaju se u obzir na odre eni na in.

3.4.1. Određena pravila za brodove za prijevoz putnika

1. Veličina prostora iznad i ispod granične linije namijenjenog za smještaj (putnika i posade), broj putnika i prostor ispod granične linije namijenjen teretu i strojevima određuju brojani kriterij službe (C_s).¹

$$C_s = \frac{72(M + 2P)}{72}$$

Gdje: M predstavlja volumen strojarnice ispod granične linije (m^3);

P predstavlja volumen prostora za putnike ispod granične linije, i;

V predstavlja volumen cijelog broda ispod granične linije (m^3).

Vrijednost C_s dobivena ovom formulom iznosi između 23, kod brodova prvenstveno namijenjenih prijevozu tereta, i 123 kod brodova prvenstveno namijenjenih prijevozu putnika; te dvije vrijednosti, 23 i 123, smatraju se krajnjim vrijednostima prilikom kasnijih stadija proračuna pregradaivanja.

2. Duljina broda i brojani kriterij službe određuju faktor pregradaivanja (F).

Faktor pregradaivanja određuje se na temelju vrijednosti brojanih kriterija službe (CS) i duljine (L), preko jedne od nekoliko formula. Povezanje vrijednosti CS ili duljine umanjuje faktor pregradaivanja i dovodi do manjeg razmaka među pregradama tj. dozvoljena duljina odjeljaka je umanjena.

U većini slučajeva vrijednosti C_s i L daju faktor pregradaivanja koji rezultira standardom teretnog odjeljenja koji nije izražena cijelim brojem. Primjerice, ako je $F = 0.65$ standard odjeljenja iznositi će 1.54 (s obzirom da je recipročna). Brod bi stoga bio klasificiran kao da ima standard od jednog odjeljenja i morao bi biti u stanju podnijeti naplavljivanje bilo kojeg pojedinog odjeljenja. Ako je $F = 0.42$ standard odjeljenja iznositi će 2.38, brod bi bio klasificiran kao da ima standard od dva odjeljenja i morao bi biti u stanju podnijeti naplavljivanje bilo kojih dva susjedna odjeljenja. F ne smije nikada iznositi više od 1.00. Faktor pregradaivanja (F) koristi se kako bi se odredila dozvoljena duljina teretnog odjeljenja kada ga se pomnoži sa naplavljivim duljinama spomenutih odjeljenja tj.

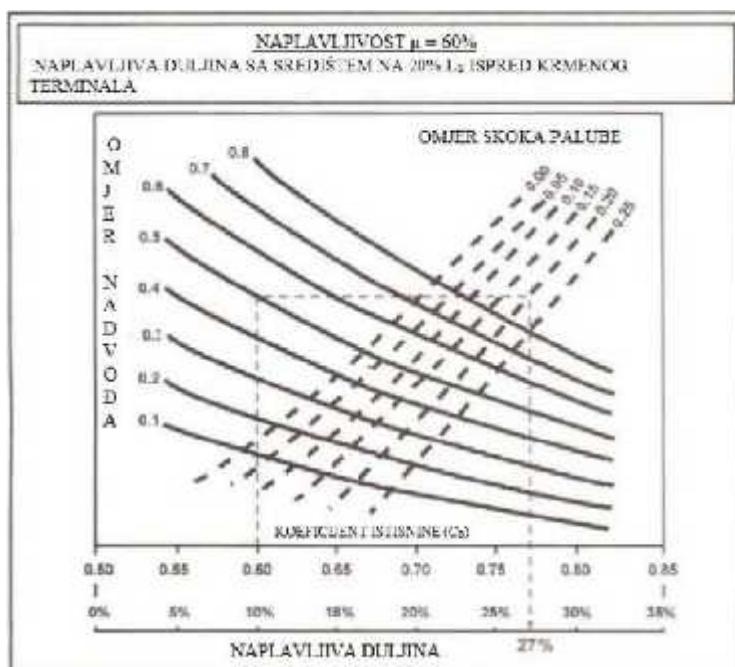
$$\text{Dozvoljena duljina} = \text{Naplavljava duljina} \times \text{Faktor pregradaivanja}$$

¹ Brojani kriterij službe je mjeri putničke usluge koju brod pruža. Izračunava se na temelju jedne od nekoliko alternativnih formula, kako bi se uzeo u obzir ukupni broj putnika, volumen koji oni zauzimaju iznad granične linije, ukupni prostor namijenjen smještaju ispod granične linije i relativna veličina strojarnice i prostora za teret

3. Oblik i duljina broda određuju naplavljene duljine odjeljaka.

Naplavljava duljina, u bilo kojoj točki duž broda, predstavlja maksimalnu duljinu odjeljenja, kojemu je središte u toj točki, koju je moguće naplaviti, a da ne dođe do potonu granične linije urona. Izražava se u obliku postotka duljine broda. Naplavljiva duljina na bilo kojem dijelu broda ovisi o mjestu gdje se odjeljenje nalazi i obliku broda.

Izdana su dvadeset i etiri dijagrama naplavljivih duljina, dvanaest koji prepostavljaju 100%-tnu naplavljivost odjeljenja i dvanaest koji prepostavljaju 60%-tnu naplavljivost odjeljenja. Svaki od 12 dijagrama u svojoj skupini služi kako bi se prikazalo naplavljivanje u drugoj točki uzduž broda (to kaže izražena kao razlomak postotka duljine broda kako bi dijagrami odgovarali brodovima svih duljina). Dijagrami sadržavaju varijable forme, koeficijent istisnine, omjer nadvojstva i omjer skoka palube (na krmu i pramcu, ovisno o mjestu na kojem se nalazi odjeljenje o kojem je riječ). Jedan takav dijagram u pojednostavljenom obliku prikazan je na slici 10. Ovaj dijagram odnosi se na točku 20% LS ispred krmene okomice (krmeni terminal), sa 60%-tom naplavljivošću.



Slika 10. Dijagram naplavljivosti

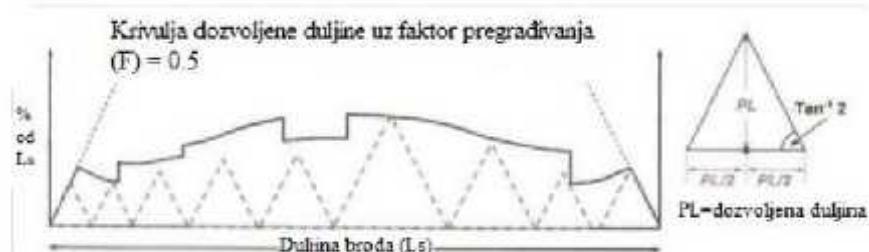
(Izvor: Martin A. Rhodes; Ship stability Mates / Masters Glasgow College of Nautical Studies, 2008)

Dijagram prikazuje da ako brod ima koeficijent istisnine od 0.60, omjer nadvo a 0.50 i omjer skoka palube 0.20, naplavljiva duljina iznosi 27%. Što zna i da 27% duljine broda smještene u to ki udaljenoj 20% duljine broda od krme, može bit naplavljeno (uz 60%-tnu naplavljivost) a da ne do e do potonu a grani ne linije urona (pod pretpostavkom da faktor pregra ivanja iznosi 1.00). Ako duljina broda iznosi primjerice 100 m, naplavljiva duljina odjeljenja koji se nalazi na to ki udaljenoj 20% duljine broda od krme iznosi 27 metara.

Ako se nakon toga referira na ostalih jedanaest dijagrama iz iste serije, od kojih svaki predstavlja drugu poziciju na brodu, koriste i istu formu (koeficijent istisnine, omjer nadvo a, i omjer skoka palube) dobije se još jedanaest vrijednosti naplavljivih duljina, od kojih je svaka izražena kao postotak duljine broda. Dvanaest vrijednosti naplavljivih duljina mogu e je onda koristiti kako bi se napravilo krivulju naplavljivih duljina. Os X te krivulje predstavlja duljinu broda, ozna enu postotkom duljine (od krme). Os Y prikazuje naplavljivu duljinu svake pozicije u dužini broda.

4. Naplavljene duljine i faktor pregra ivanja koriste se kako bi se odredile dozvoljene duljine odjeljaka.

Krivulja dozvoljene duljine ima isti generalni oblik kao i krivulja naplavljivih duljina, ali ima manju visinu.



Slika 11. Krivulja dozvoljene duljine

(Izvor: Martin A. Rhodes; Ship stability Mates / Masters Glasgow College of Nautical Studies, 2008)

3.4.2. Stabilitet broda u ošte enom stanju

Pojedinosti su sadržane u Poglavlju II-1 Dio B Odredba 8 SOLAS-ovog pravilnika (za brodove registrirane u Ujedinjenom Kraljevstvu zahtjevi stabiliteta brodova u ošte enom stanju nalaze se u Prilogu 3 MSN-a 1698 (M)). Zahtjevi u MSN 1698 (M) Prilog 3, koji su u biti jednaki onima u Odredbi 8 SOLAS-ovog pravilnika.

Dovoljni stabilitet broda u ošte enom stanju (brodovi izgrađeni na ili nakon 29. travnja 1990.) Smatra se da brod u neošte enom stanju posjeduje dovoljni stabilitet ako proračuni pokažu da je, nakon pretpostavljenog ošte enja, stanje broda sljedeće:

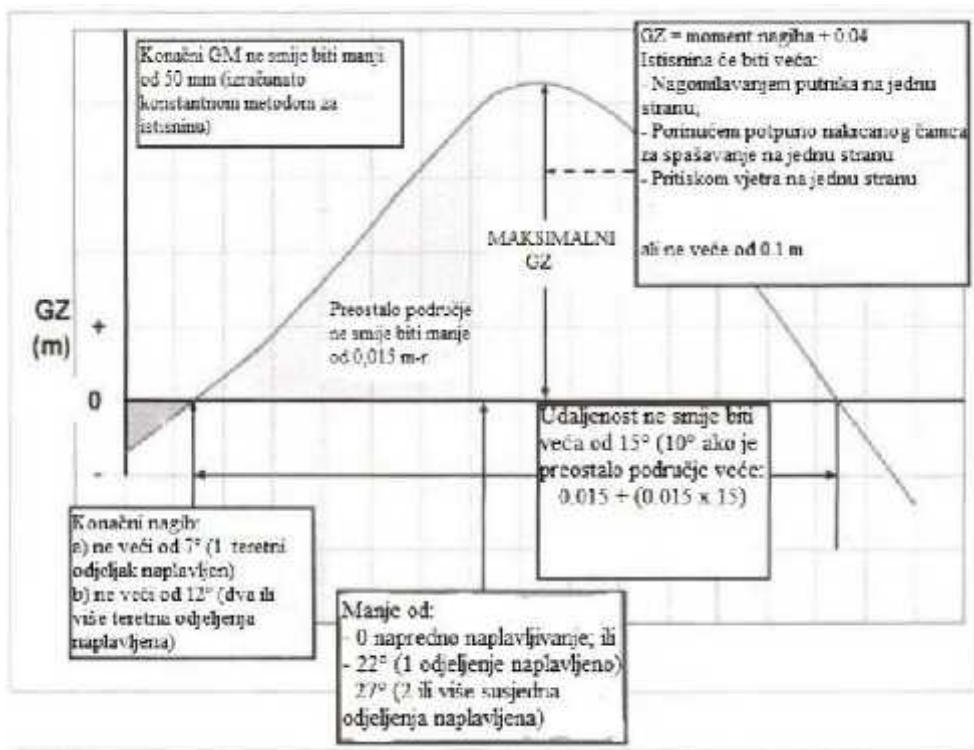
- 1.** U posljednjem stadiju nakon ošte enja, i nakon što je ravnoteža postignuta:
 - a) preostala pozitivna krivulja poluge momenta stabiliteta ima područje od najmanje 15 stupnjeva ispod kuta ravnoteže; taj raspon može biti umanjen na minimalnih 10 stupnjeva u slučaju da je područje pod krivuljom poluge momenta stabiliteta jednako onom navedenom u točki (b) i povezano u omjeru 15/nagib, gdje je nagib izražen u stupnjevima
 - b) područje je ispod krivulje poluge momenta stabiliteta iznosi najmanje 0.015 metar-radijana, mjereno od kuta ravnoteže do manjeg među dalje navedenima:
 - i) kut pri kojem dolazi do progresivnog napajanja; ili
 - ii) 22 stupnja (mjerena od okomice) u slučaju napavljanja jednog odjeljenja, ili 27 stupnjeva (mjerena od uspravnog položaja) u slučaju istovremenog napavljanja dvaju ili više susjednih odjeljenja
 - c) preostalu vrijednost poluge momenta stabiliteta (GZ), dobije se iz raspona određenog točkom (1)(a), kada je se određuje pomoću formule:
 - d)

$$GZ \text{ (m)} = \frac{\text{moment poprečnog nagiba(t.m)} + 0.04}{\text{istisnina}(t)}$$

pri čemu se moment poprečnog nagiba uzima kao najveća vrijednost do koje dođe zbog bilo kojeg od sljedećih u inaka:

- i) gomilanja svih putnika na jednu stranu broda;
- ii) porinutja potpuno opterećenog amca za spašavanje uz pomoć dizalice na jednoj strani broda; ili
- iii) opterećenjem vjetra na jednoj strani broda; pri čemu nije u jednom slučaju tako da rečena vrijednost GZ neće iznositi manje od 0.10 metara;

- e) u svrhu izra una momenta popre nog nagiba u to ki (1)(c), potrebno je prepostaviti sljede e:
- i) moment popre nog nagiba uzrokovan gomilanjem putnika
 - ii) moment popre nog nagiba uzrokovan porinu em potpuno optere enog amca za spašavanje na jednoj strani pomo u dizalice
- 2.** Kona no stanje broda nakon ošte enja i, u slu aju asimetri nog naplavljivanja, nakon što se poduzmu mjere izjedna avanja biti e sljede e:
- a) u slu aju simetri nog naplavljivanja ostat e pozitivna rezervna metacentarska visina od najmanje 50 milimetara, što je izra unato metodom konstante istisnine;
 - b) u slu aju asimetri nog naplavljivanja kut nagiba pri naplavljivanju jednog odjeljenja ne e biti ve i od 7 stupnjeva. Kod istovremenog naplavljivanja dvaju ili više susjednih odjeljenja dozvoljen je nagib od 12 stupnjeva; i
 - c) ni u jednom slu aju ne smije do i do potonu a grani ne linije urona u zadnjem stadiju naplavljivanja.
- 3.** U srednjem stadiju naplavljivanja ne smije do i do potonu a grani ne linije urona osim u slu aju djelomi ne podjele broda na vodonepropusne pregrade iznad grani ne linije urona (poput djelomi nih pregrada ili okvirnih rebara) koja u dovoljnoj mjeri ograni ava protok vode duž palubnu pregradu i rezultira kutom nagiba ne ve im od 15 stupnjeva. U slu aju da brod na pregradnoj palubi prevozi vozila, kut nagiba u srednjem stadiju naplavljivanja ne e biti ve i od onog koji e uzrokovati potonu e grani ne linije urona;
- a) kada do e do velikog progresivnog naplavljivanja, tj. kada naplavljivanje uzrokuje naglo umanjenje poluge momenta stabiliteta od 0.04 metra ili više, smatra se da se krivulja poluge momenta stabiliteta prekida pod kutom pri kojem dolazi do progresivnog naplavljivanja, a raspon i podru je o kojima se govori u to kama (1)(a) i (b) treba mjeriti do tog kuta; i
 - b) u slu ajevima kada je progresivno naplavljivanje ograni eno i koje ne traje neprekinuto i uzrokuje prihvatljivo polagano umanjenje poluge momenta stabiliteta na manje od 0.04 metra, ostatak ove krivulje biti e djelomi no smanjenog nagiba zbog prepostavke da je progresivno napavljen prostor tako napavljen od po etka.



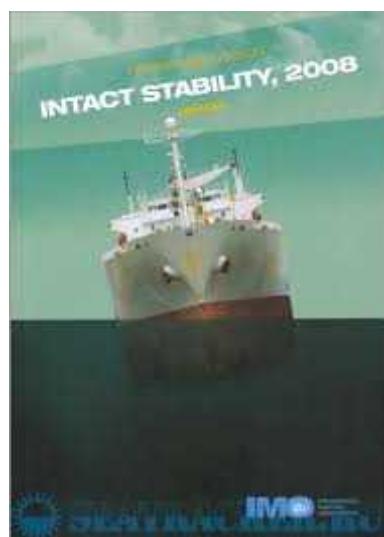
Slika 12. Rezerva stabiliteta broda u ošte enom stanju za putni ke brodove izgra ene na ili nakon 29. travnja 1990. (zahtjevi UK MCA)

(Izvor: Martin A. Rhodes; Ship stability Mates / Masters Glasgow College of Nautical Studies, 2008)

4. KRITERIJI STABILNOSTI ZA RAZNE VRSTE BRODOVA PREMA IMO REZOLUCIJI A.749 (18)

Meunarodna pomorska organizacija (International Maritime Organization (IMO)) je odavno razvila kriterije stabilnosti za razne vrste brodova, što je kulminiralo u završetku Kodeksa o netaknutoj stabilnosti za sve vrste brodova obuhva enim IMO instrumentima (IS Code/Kodeks) 1993 (rezolucija A.749 (18)), a kasnije izmjene te iste (rezolucija MSC.75 (69)). IS kod uklju uje temeljna na elu kao što su op e mjere opreza protiv prevrtanja (kriteriji koji se odnose na metacentarsku visinu (GM) i polugu stabiliteta (GZ)); kriterij vremena (jaki vjetar i kriterij valjanja); u inak slobodnih površina i zale ivanje; te vodonepropusni integritet. IS kod je tako er povezao i operativne aspekte kao što su informacije za posadu, uklju uju i radne knjižice i operativne postupke u teškim vremenskim uvjetima.

U 2008. godini Odbor za sigurnost na moru, na svojoj osamdeset petoj sjednici usvojio je Meunarodni pravilnik o stabilnosti (2008 IS Code). Nakon opsežnih razmatranja od strane SLF² pododbora i uzimaju i u obzir tehni ki razvoj ažurirana je rezolucija iz 1993 godine. MSC 85 je tako er usvojila izmjene i dopune SOLAS konvencije, te iz 1988 Load Line Protokol da bi nastao 2008 IS Code koji je stupio na snagu 1. srpnja 2010. godine. 2008 IS Code ukazuje u svom dokumentu na obavezne uvjete i preporu ene odredbe koje se odnose na stabilnost koja e zna ajno utjecati na dizajn i ukupnu sigurnost brodova.



Slika 13. 2008 IS Code, tre e izdanje

(Izvor: <http://seatorrent.com/viewtopic.php?t=4102>)

² Pododbor za stabilnost i tereta linije, te sigurnost ribarskih brodova

4.1. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA PUTNI KE I TERETNE BRODOVE

Svi novi brodovi ija je duljina 24m ili iznad bit e dodijeljeni klasi tek nakon što demonstriraju da je njihova stabilnost primjerena za namijenjene usluge. Odgovaraju a brodska stabilnost zna i da je u skladu sa standardima utvr enim od strane relevantnih organizacija, u ovom slu aju IMO-a, te njegovih pododbora za stabilnost broda, uzimaju i u obzir veli inu i tip broda. Razina netaknute stabilnosti za brodove s dužinom od 24m i iznad u svakom slu aju ne bi trebala biti manja nego što se to prikazuje u dijelu A IMO rezolucije A.749 (18), poglavljia 3.1, 3.2 i 4.1, potom izmijenjeno MSC rezolucijom 75 (69) MSC.267 (85), te se primjenjuje na vrstu broda koji se razmatra. Preporu eni kriteriji za netaknutu stabilnost putni kih i teretnih brodova su:

- Površina ispod krivulje poluga stabiliteta (GZ krivulja) ne smije biti manja od 0.055 metar-radijana do $\Theta = 30^\circ$ kuta nagiba i ne manja od 0.09 metar-radijana do $\Theta = 40^\circ$. Dodatno, površina ispod GZ krivulje izme u kutova nagiba 30° i 40° , ne smije biti manja od 0.03 metar-radijana
- GZ poluga trebala bi biti najmanje 0.20 m pod kutom nagiba jednakoj ili ve oj od 30°
- Maksimum uspravljanja trebao bi se pojaviti pod kutom nagiba od 30° , ali ne manjim od 25°
- Po etna metacentarska visina ne smije biti manja od 0.15 m
- Kod putni kih brodova kut nagiba zbog okretanja ne smije prelaziti 10° , kod ra unanja koristi se formula:

$$M_r = 0.02 \frac{V_o^2}{L} (K - \frac{d}{2})$$

M_r = moment nagiba (m-t)

V_o = brzina (m/s)

L = dužina broda na vodenoj liniji (m)

d = glavnina gaza (m)

KG = visina iznad kobilice (m)

- Gdje su ure aji protiv valjanja instalirani na brodu, gore navedeni kriteriji mogu se ispunjavati ukoliko su ure aji u pogonu

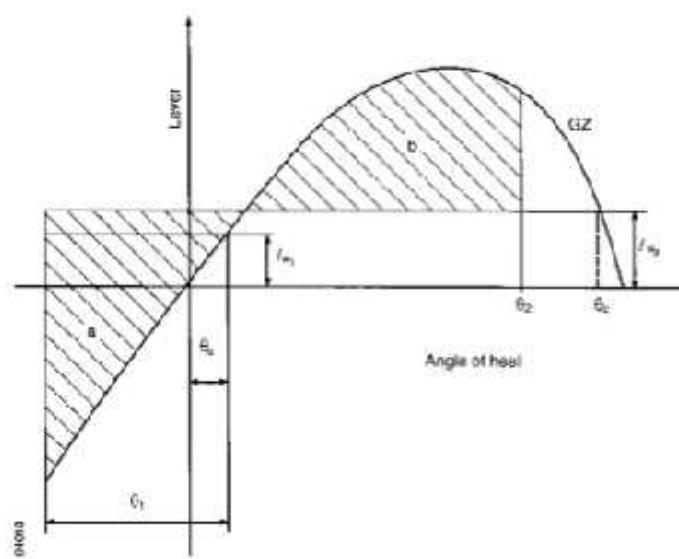
- Brojni utjecaji, kao što su udari vjetra, zamrzavanje, voda na palubi, valjanja itd. mogu negativno utjecati na stabilnost, te je potrebno sve negativne utjecaje uzeti u obzir
- Potrebno je napraviti odredbe za sigurnu stabilnost u svim fazama putovanja, u obzir se uzima dodavanje težine, poput onih zbog apsorpcije vode i leda, te gubitak težine, kao što su one zbog potrošnje goriva

4.1.1. Kriteriji kao posljedica jakog vjetra i valjanja (vremenski kriteriji)

Ovaj kriterij nadopunjuje kriteriji navedene u poglavlju 4.1. Kriteriji za netaknutu stabilnost broda koji su gore navedeni, te vremenski kriteriji trebaju dati one minimalne uvjete za stabilnost putni kih i teretnih brodova duljine veće od 24 m.

1. Sposobnost broda da izdrži sve utjecaje vjetra i valjanja treba pokazati za svaki uvjet, kako slijedi:

- Brod je podvrgnut stalnom udaru vjetra koji djeluje okomito na brodsku os, što rezultira stalnim kutom nagiba
- Pozornost treba posvetiti u inklinaciju stalnog vjetra, tako da se mogu izbjegavati prekomjerni kutovi nagiba
- Pod tim okolnostima površina b treba biti jednaka ili veća od površine a , kao što je prikazano na slici 14.
- U inke slobodne površine treba uzeti u obzir u standardnim uvjetima opterećenja



Slika 14. Utjecaj jakog vjetra i valjanje

(Izvor: <http://www.sjofartsverket.se/upload/5121/749.pdf>)

Gdje je:

Θ_0 - kut nagiba broda pod djelovanjem stalnog vjetra

Θ_1 - kut valjanja uz vjetar zbog utjecaja valova

Θ_2 - kut naplavljivanja

2. Poluge nagiba I_{w1} i I_{w2} su konstantne vrijednosti na svim kutovima nagiba, te se računaju na sljedeći način:

$$I_{w1} = \frac{P}{1000g\Delta} (m)$$

$$I_{w2} = 1.5I_{w1}$$

Gdje je:

$P = 504 \text{ N/m}_2$

$A = b_o$ površina područja dijela broda i palube tereta iznad vodene linije (m_2)

Z = vertikalna udaljenost od centra A do središta podvodne površine do točke na polovini gaza

= deplasman (t)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

3. Kut valjanja Θ_1 treba računati prema sljedećoj formuli:

$$\Theta_1 = 109k X_1 X_2 \sqrt{r}$$

Gdje je:

X_1 = faktor prikazan u tablici 2.

X_2 = faktor prikazan u tablici 3.

k = faktor prikazan u tablici 4.

$r = 0.73 \pm 0.6 \text{ OG/d}$

s = faktor prikazan u tablici 5.

Tablica 2. Vrijednosti faktora X₁

| B/d | X ₁ |
|-----|----------------|
| 2.4 | 1.0 |
| 2.5 | 0.98 |
| 2.6 | 0.96 |
| 2.7 | 0.95 |
| 2.8 | 0.93 |
| 2.9 | 0.91 |
| 3.0 | 0.90 |
| 3.1 | 0.88 |
| 3.2 | 0.86 |
| 3.4 | 0.82 |
| 3.5 | 0.80 |

Tablica 3. Vrijednosti faktora X₂

| C _B | X ₂ |
|----------------|----------------|
| 0.45 | 0.75 |
| 0.50 | 0.82 |
| 0.55 | 0.89 |
| 0.60 | 0.95 |
| 0.65 | 0.97 |
| 0.70 | 1.0 |

Tablica 4. Vrijednosti faktora k

| $\frac{A_k \times 1}{L \times B}$ | k |
|-----------------------------------|------|
| 0 | 1.0 |
| 1.0 | 0.98 |
| 1.5 | 0.95 |
| 2.0 | 0.88 |
| 2.5 | 0.79 |
| 3.0 | 0.74 |
| 3.5 | 0.72 |
| 4.0 | 0.70 |

Tablica 5. Vrijednosti faktora s

| T | s |
|----|-------|
| 6 | 0.100 |
| 7 | 0.098 |
| 8 | 0.093 |
| 12 | 0.065 |
| 14 | 0.053 |
| 16 | 0.044 |
| 18 | 0.038 |
| 20 | 0.035 |

$$\text{Period valjanja } T = \frac{2C}{G} (s)$$

Gdje je : $C = 0.373 + 0.023 (B/d) - 0.043 (L/100)$

Simboli u gornjim tablicama i formuli za period valjanja definirani su kao:

L = duljina vodene linije broda (m)

B = konstrukcijska širina broda (m)

d = glavnina gaza (m)

C_B = blok koeficijent

A_k = ukupna površina kobilice ili područje projekcije, ili pak zbroj tih područja (m^2)

GM = metacentarska visina korigirana za ušine slobodne površine (m)

4.1.2. Utjecaj slobodnih površina tekućina u tankovima

Za sve uvjete, po etnu metacentarsku visinu i krivulje stabilnosti treba ispraviti za utjecaj slobodnih površina tekućina u spremnicima u skladu sa sljedećim prepostavkama:

- Tankovi koji se uzimaju u obzir prilikom određivanja utjecaja tekućine na stabilnost na svim kutovima nagiba trebaju uključivati pojedinačne tankove ili kombinirane tankove za svaku vrstu tekućine (uključujući i one za vodenim balastom)
- U svrhu utvrđivanja korekcije slobodne površine, tankovi bi trebali biti tali koji razvijaju najveći moment slobodne površine, $M_{f.s.}$, na 30° nagiba kada je popunjeno tanka na 50%

$$M_{f.s.} = v \bar{\delta}$$

Gdje je:

$M_{f.s.}$ = moment slobodne površine u svakom nagibu ($m \cdot t$)

v = ukupni kapacitet tanka (m^3)

b = maksimalna širina tanka (m)

$=$ specifična težina tekućine u tanku (t/m^3)

$=$ jednako je $\frac{v}{b h}$ (blok koeficijent tanka)

h = maksimalna visina tanka (m)

l = maksimalna duljina tanka (m)

k = bezdimenzijski koeficijent koji se određuje iz tablice 6. prema omjeru b/h . Međuprodukti vrijednosti se odrede interpolacijom

- Mali tankovi koji zadovoljavaju sljedeći uvjet pomoći u vrijednost „ k “ odgovaraju kutu nagiba od 30° , te oni kao takvi ne moraju biti uključeni u izračun

$$\frac{v}{m} \frac{\delta}{\bar{\delta}} < 0.01 \text{ m}$$

Gdje je:

v_{\min} = minimalni deplasman broda u tonama

- Uobičajeni ostatak tekućine u praznim tankovima ne uzima se u obzir kod računanja
- Za potrebe procjene da li su ispunjeni kriteriji stabilnosti, krivulja stabilnosti mora biti izvedena za glavne uvjete opterećenja namijenjenim od strane vlasnika u odnosu na operacije broda
- Ako vlasnik broda ne daje dovoljno detaljnih informacija u vezi uvjeta opterećenja, izračune treba napraviti prema standardnim uvjetima opterećenja

Tablica 6. Vrijednosti koeficijenta „k“ za računanje korekcija slobodne površine

| Θ | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| b/h | 5° | 10° | 15° | 20° | 30° | 40° | 45° | 50° | 60° | 70° | 75° | 80° | 90° |
| 20 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.01 |
| 10 | 0.07 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.01 |
| 5 | 0.04 | 0.07 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.03 |
| 3 | 0.02 | 0.04 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.04 |
| 2 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.06 |
| 1.5 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.08 |
| 1 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.13 |
| 0.75 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.12 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.17 |
| 0.5 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 0.16 | 0.18 | 0.21 | 0.25 |
| 0.3 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.11 | 0.19 | 0.27 | 0.42 |
| 0.2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.07 | 0.13 | 0.27 | 0.63 |
| 0.1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.06 | 0.14 | 1.25 |

$$k = \frac{s \cdot \theta}{1} \left(1 + \frac{tg^2 \theta}{2}\right) \times b/h \quad k = \frac{c \cdot \theta}{1} \left(1 + \frac{t \cdot \theta}{\nu h}\right) - \frac{c \cdot \theta}{1 (\nu h)^2} \left(1 + \frac{c \cdot g^2 \theta}{2}\right)$$

Gdje je: $\operatorname{ctg} \Theta = b/h$

Gdje je : ctg Θ b/h

4.2. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA RIBARSKE BRODOVE

Osim opnih mjera opreza sljedeće mjere treba smatrati preliminarnim smjernice o pitanjima koja utječe na sigurnost pri stabilnosti:

- Svi ribolovni alati trebaju biti pravilno smješteni i postavljeni što je niže moguće
- Posebno treba biti pažljiv prilikom izvlačenja ribolovnih alata, jer to može imati loš utjecaj na stabilnost
- Riba se nikada ne smije prevoziti u rasutom stanju dok nije osigurano da su prijenosne podjele u skaladištima pravilno instalirane
- Oslanjanje na automatskim upravljanjem može biti opasno, jer to sprečava promjene smjera koje mogu biti potrebne u slučaju lošeg vremena
- Posebno treba paziti kada i kako će se ribarski alati povući u opasnim kutovima nagiba
- Opći kriteriji netaknute stabilnosti trebaju se primjenjivati na ribarskim plovilima koja imaju dužinu od 24 m i više, uz izuzetak zahtjeva na početnu metacentarsku visinu koja za ribarske brodove ne bi trebala biti manja od 0.35 m za plovila s jednom palubom. Na brodovima s nadgradnjom ili plovila od 70 m i više metacentarska visina se može smanjiti, ali nije u kojem slučaju ne smije biti manja od 0.15 m

4.2.1. Kriteriji uslijed jakog vjetra i valjanja (vremenski kriteriji) za ribarske brodove

- Ribarski brodovi od 45 m duljine i više, koji imaju veliku površinu izloženu vjetru trebaju biti u skladu s odredbama vremenskih kriterija koja su definirana u poglavljju 4.1.1.
- Za plovila u rasponu duljine 24 m do 45 m vrijednosti tlaka vjetra treba uzeti iz sljedeće tablice:

Tablica 7. Vrijednosti tlaka vjetra

| h (m) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 i više |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| P (N/m²) | 316 | 386 | 429 | 460 | 485 | 504 |

Gdje je „h“ vertikalna udaljenost od centra projicirane vertikalne površine broda iznad vodene linije.

4.2.2. Preporuka za donošenje privremenog kriterija stabilnosti za ribarske brodove do 24 m dužine

Za plovila s dužinom manjom od 24 m, sljede u formulu za minimalnu metacentarsku visinu GM_{min} (u metrima) za sve radne uvjete treba koristiti kao kriterij:

$$GM_{min} = 0.53 + 2B [0.075 - 0.37 \left(\frac{I_s}{B} \right) + 0.82 \left(\frac{I_s}{B} \right)^2 - 0.014 \left(\frac{B}{D} \right) - 0.032 \left(\frac{L}{B} \right)]$$

Gdje je:

L = duljina broda na vodenoj liniji u maksimalnom optere enju (m)

I_s = stvarna duljina zatvorenog nadgra a koje se proteže od jedne do druge strane broda (m)

B = ekstremna širina broda na vodenoj liniji u maksimalnom stanju optere enja (m)

D = dubina broda mjerena vertikalno u sredini broda od osnovne linije do vrha gornje palube

f = najmanji gaz mjerena vertikalno od vrha gornje palube,na stranu, do stvarne vodene linije

Formula je primjenjiva za plovila koja imaju:

- f/B izme u 0.02 i 0.20
- I_s/L manji od 0.60
- B/D izme u 1.75 i 2.15
- visina nadgra a uklju ena u izra un ne smije biti manja od 1,8 m

Gornja formula nije namijenjena kao zamjena za osnovne kriteriji, ali se koristi samo ako su okolnosti takve da krivulje stabilnosti, krivulja KM i GZ krivulje nisu i ne mogu biti na raspolaganju za prosudbu stabilnosti pojedinih plovila. Izra unata vrijednost GM_{min} treba usporediti sa stvarnom GM vrijednosti broda u svim uvjetima optere enja. Ukoliko test valjanja ili neka druga metoda određivanja stvarne GM se koristi pri izraunu, sigurnosna margina trebala bi se dodati izra unatim GM_{min} .

4.3. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA OFFSHORE BRODOVE

Kriteriji navedeni u poglavlju 4.1. tako će se primjenjuju na sve Off-shore brodove osim onih iznimki kada je poštivanje tih kriteriji nepraktično. U tom slučaju trebaju se poštivati sljedeći kriteriji koji su propisani za Off-shore brodove IMO rezolucijom A.749.

- Površina ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulje) ne smije biti manja od 0.070 metar-radijana do kuta od 15° kada je maksimalna poluga stabiliteta (GZ) javlja se kod 15° i 0.055 metar-radijana do kuta od 30° kada je poluga maksimalnog stabiliteta (GZ) javlja se na 30° i više. Gdje je maksimalna poluga stabiliteta (GZ) pojavljuje pod kutom između 15° i 30° , odgovarajuća površina pod krivuljom poluge stabiliteta treba biti:

$$0.055 + 0.001 (30^\circ - \Theta_{\max}) \text{ metar-radjan}$$

- Površina ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulje) između kutova nagiba od 30° i 40° , ili između 30° i Θ_f ako je taj kut manji od 40° ne bi trebala biti manja od 0.03 metar-radijana
- Poluga stabiliteta (GZ) mora biti najmanje 0.20 m pod kutom od kuta nagiba koji je jednak ili veći od 30°
- Maksimalna poluga stabiliteta (GZ) treba se javiti pod kutem nagiba ne manjim od 15°
- Po etno poprečna metacentarska visina (GM_o) ne smije biti manja od 0.15 m

4.3.1. Uvjeti opterećenja i pretpostavke za izračun

Standardni uvjeti opterećenja trebaju biti prema sljedećim brodskim stanjima opterećenja:

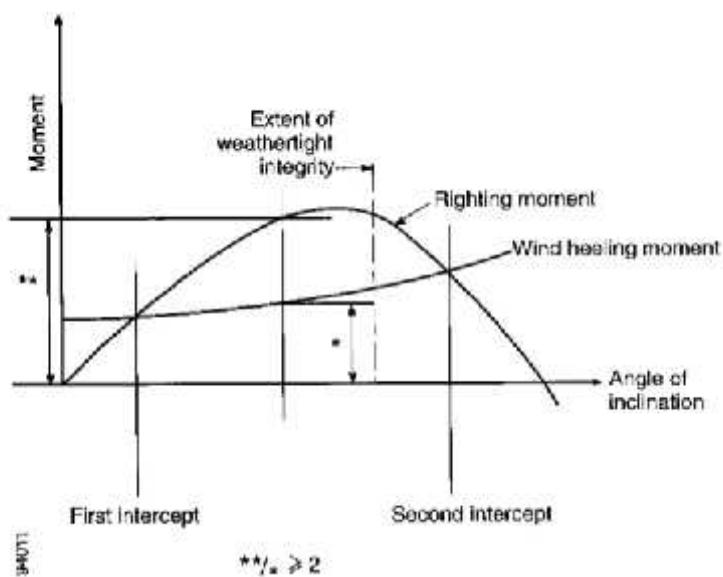
- Brod u potpuno napunjrenom stanju s teretom distribuiranim ispod palube i sa teretom definiranim položajem i težinom na palubi, sa punim zalihama i gorivom, odgovara i na najgore stanje u kojem su ispunjeni svi relevantni kriteriji stabilnosti
- Brod u takvom opterećenju stanju s teretom, ali s 10% svih zaliha i goriva
- Brod u balasnom stanju polaska, bez tereta, ali sa svim zalihama i gorivom
- Brod u balasnom stanju dolaska, bez tereta i sa 10% zaliha i preostalog goriva
- Brod u najgorem očekivanjem radnjom stanju

Prepostavke za izra un uvjeta optere enja trebaju biti prema sljede em:

- Ako je brod opremljen s tankovima tereta, gore navedene uvjete optere enja, treba mijenjati uz prepostavku da su teretni tankovi puni, a potom da su teretni tankovi prazni
- Ukoliko je potrebno bilo koje optere enje vodenog balasta, dodatne dijagrame treba izra unati uzimaju i u obzir vodeni balast, koli inu i raspored od kojih treba navesti podatke o stabilnosti
- Ako brod djeluje u zonama gdje je vjerojatno da e se dogoditi nakupljanje leda dopuštanje za zale ivanje treba biti u skladu s odredbama

4.4. IMO REZOLUCIJA A.749 (18) KOJA SE ODNOŠI NA MOBILNE OFFSHORE JEDINICE ZA BUŠENJE NAFTE

Krivilje momenta stabiliteta i momenta nagiba vjetra sli nih slici 15. s prate im izra unima treba pripremiti tako da pokriva cijeli niz operativnih nacrta, uklju uju i i one u promjenjivim uvjetima, uzimaju i u obzir maksimalni palubni teret i opremu u najnepovoljnijem primjenjivom položaju. Krivilje momenta stabiliteta i momenta nagiba vjetra trebaju biti povezani s najkriti nijom osi. U obzir treba uzeti slobodne površine teku ina u tankovima.



Slika 15. Krivilje momenta stabiliteta i momenta nagiba vjetra

(Izvor: <http://www.sjofartsverket.se/upload/5121/749.pdf>)

Krivulje za momente nagiba vjetra trebaju biti napravljene prema ja in i vjetra izra unatoj prema sljede oj formuli:

$$F = 0.5 * C_S * C_H * V^2 * A$$

Gdje je:

F = ja ina vjetra

C_S = koeficijent forme ovisan o obliku konstrukcijskog elementa izloženog vjetru (Tablica 8.)

C_H = koeficijent visine koji ovisi o visini iznad razine mora konstrukcijskog elementa izloženog vjetru (Tablica 9.)

= gusto a mase zraka (1.222 kg/m^3)

V = brzina vjetra (m/s)

A = projicirana površina svih izloženih površina u uspravnom ili nagibnom položaju (m^2)

Tablica 8. Vrijednosti koeficijenta C_S

| FORMA | C_S |
|--|-------|
| Sferni | 0.4 |
| Cilindri ni | 0.5 |
| Velika ravna površina (trup, glatka podpalubna podru ja) | 1.0 |
| Dizalice za bušenje | 1.25 |
| Žice | 1.2 |
| Izložene grede i nosa i ispod palube | 1.3 |
| Mali dijelovi | 1.4 |
| Izolirani oblici (dizalica, greda itd.) | 1.5 |
| Ku ica na palubi ili sli ne gra evine | 1.1 |

Tablica 9. Vrijednosti koeficijenta C_H

| VISINA IZNAD RAZINE MORA (m) | C_H |
|------------------------------|-------|
| 0-15.3 | 1.00 |
| 15.3-30.5 | 1.10 |
| 30.5-46.0 | 1.20 |
| 46.0-61.0 | 1.30 |
| 61.0-76.0 | 1.37 |
| 76.0-91.5 | 1.43 |
| 91.5-106.5 | 1.48 |
| 106.5-122.0 | 1.52 |
| 122.0-137.0 | 1.56 |
| 137.0-152.5 | 1.60 |
| 152.5-167.5 | 1.63 |
| 167.5-183.0 | 1.67 |
| 183.0-198.0 | 1.70 |
| 198.0-213.5 | 1.72 |
| 213.5-228.5 | 1.75 |
| 228.5-244.0 | 1.77 |
| 244.0-256.0 | 1.79 |
| Iznad 256 | 1.80 |

4.5. DODATNI KRITERIJI ZA KONTEJNERSKE BRODOVE VE E OD 100 m PREMA IMO REZOLUCIJI A.749 (18)

Ovi se zahtjevi primjenjuju na kontejnerskim brodovima ve im od 100 m, ali se tako er mogu primijeniti i na druge teretne brodove u velikim morskim podru jima. Upravi³ je dozvoljeno primijeniti sljede e kriterije umjesto onih u poglavlju 4.1. koji se tako er odnose na teretne brodove.

³ Uprava označava Vladu države čiju zastavu brod vije.

- Površina ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulja) ne smije biti manja od $0.09/C$ metar-radijana do $\Theta = 30^\circ$ kuta nagiba i ne manja od $0.016/C$ metar-radijana do $\Theta = 40^\circ$ ili pak kuta naplavljivanja Θ_f ako je taj kut manji od 40°
- Površina ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulje) između kutova nagiba od 30° i 40° ili između 30° i Θ_f , ako je taj kut manji od 40° , ne bi trebala biti manja od $0.006/C$ metar-radijana
- Poluga stabiliteta GZ treba biti najmanje $0.033/C$ m pod kutom nagiba jednakim ili većim od 30°
- Maksimalna poluga stabiliteta GZ treba biti najmanje $0.042/C$ m
- Cijela površina ispod krivulje poluge stabiliteta (GZ krivulja) do kuta naplavljivanja Θ_f ne smije biti manja od $0.029/C$ metar-radijana

U gore navedenim kriterijima faktor C treba se izračunati pomoću slika 16. i 17. te koristeći formulu koja glasi:

$$C = \frac{d D}{Bm^2} - \sqrt{\frac{d}{KG}} \times \left(\frac{CB}{CW} \right)^2 \times \sqrt{\frac{100}{L}}$$

Gdje je:

d = glavnina gaza (m)

$D' = D + h \left(\frac{2D-B}{B} \right) \left(\frac{2-L}{L} \right)$ kao što je definirano na slikama 16. i 17.

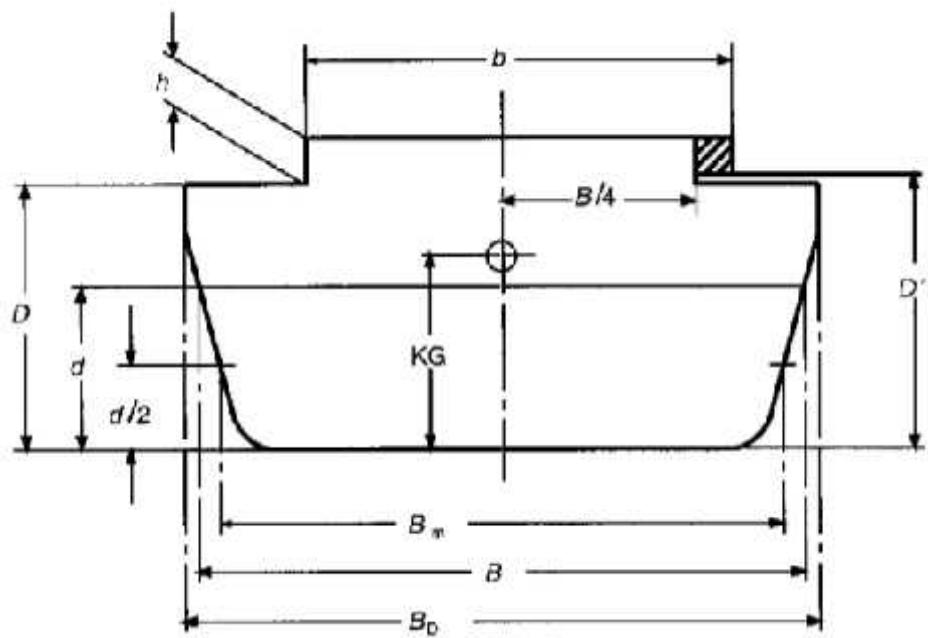
D = profilirana dubina broda (m)

B = profilirana širina broda (m)

KG = visina težišta iznad kobilice (m)

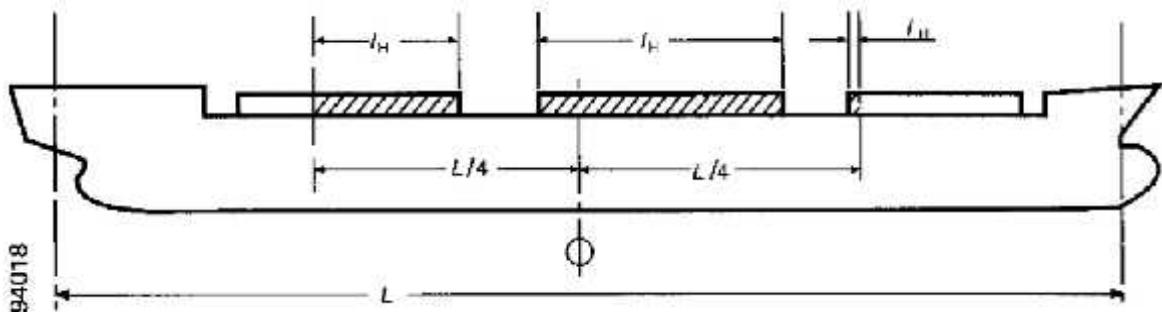
C_B = blok koeficijent

C_W = koeficijent vodene linije



Slika 16. Prikaz stabiliteta u okomitom presjeku broda za izra un faktora C

(Izvor: <http://www.sjofartsverket.se/upload/5121/749.pdf>)



Slika 17. Prikaz stabiliteta u vodoravnom presjeku broda za izra un faktora C

(Izvor: <http://www.sjofartsverket.se/upload/5121/749.pdf>)

5. IZRA UN STABILITETA I TRIMA NA PRIMJERU BRODA „PLOVPUT SPLIT“

M/B "Plovput Split" je brod-radionica specijaliziran za izvo enje hidrogra evinskih radova, me u kojima je izdvojena izgradnja novih i sanacija postoje ih objekata pomorske signalizacije. Brod je jednotrupni, elektrolu no zavaren, s dva pogonska diesel motora i dva brodska vijka s fiksnim krilima, dva kormila u struji brodskog vijka s dodatnim pram anim i krmenim bo nim porivnicima, a posjeduje: tankove za prijevoz pitke vode s pumpom vode za snabdijevanje na visinu od preko 130 metara, pram anu rampu za pristup kamiona s materijalom, oja anu palubu za prijevoz gra evinske mehanizacije, velike manipulativne prostore za smještaj pluta a, automatsku betonaru sa skladištim za frakcije tucanika i cementa, automatiziranu vagu za doziranje tucanika, cementa i aditiva, beton pumpu za transport beton, brodsку dizalicu, kompresorsku bateriju za potrebe ronioca, brodsku radionicu i priru no skladište za materijal potreban na planskim putovanjima.

Tablica 10. Karakteristike broda M/B „Plovput Split“

| | |
|---------------------------|--|
| Duljina preko svega | 48,2 m |
| Duljina na vodenoj liniji | 46,44 m |
| Širina preko svega | 11,3 m |
| Visina (Izmjerena) | 3,952 m |
| Maksimalni gaz | 2,995 m |
| Bruto tonaža | 761 |
| Nosivost | 305 t |
| Materijal gradnje | elik |
| Mjesto izgradnje | „Brodogra evna industrija Split“ Split |
| Godina izgradnje | 2016. |



Slika 18. M/B "Plovput Split"

(Izvor: <http://www.plovput.hr/pomorska-signalizacija/plovila/a/view/id/67>)

5.1. PRORA UN STABILITETA ZA M/B „PLOVPUT SPLIT“

Prora un stabiliteta proveden je za neošte eni brod za plovna stanja, u skladu sa Pravilima za tehni ki nadzor pomorskih brodova HRB-a Dio 4, Stabilitet.

Prora un je izведен na osnovu stanja lakog broda iz pokusa nagiba:

Masa = 599,75 t,

Težište: $x = 20,392$ m

$$y = 0.083 \text{ m}$$

$$z = 4,74 \text{ m}$$

Kako brod ima *omjer širine i visine* > 2 , te nije mogu e zadovoljiti uvjete da se max. poluga stabiliteta nalazi kod kuta 30° i više dolazi do odstupanja od klasi nih pravila, te se koriste pravila:

- Gdje se maksimalna poluga (GZ) pojavljuje pri kutu izme u 15° i 30° , odgovaraju a površina ispod krivulje poluga mora iznositi: $0,055+0,001(30^\circ - \Theta_{\max})$ metar-radijana $^\circ$
- Maksimalna poluga stabiliteta (GZ) mora se pojaviti kod kuta nagiba ne manjeg od 15°

Kako bi zadovoljili uvjete za vrijednost površine ispod krivulje poluga od kuta 0 do kuta maksimalne krivulje (izme u 15° i 30°), uzet je najmanji kut koji se pojavljuje u standardnim

stanjima krcanja, (KN3, SK1) i iznosi $18,3^\circ$. Tako da je zahtjevnija površina ispod krivulje poluga do tog kuta: $0.055+0.001$ ($30^\circ - 18,3^\circ$) što iznosi 0,0667 metar-radijana.

Iako su kutovi maksimuma krivulje poluga u drugim stanjima krcanja veći, računalo se s površinom za najmanji postignuti kut, kako bi bili „na strani sigurnosti“.

Proračun je podijeljen u 5 operativnih stanja broda:

1. KN1- prijevoz pitke vode (230 t) s dodatnih 16 t šljunka, 3 t cementa
2. KN2- prijevoz građevinskog materijala (160 t šljunka, 30 t cementa) i vode (115 t)
3. KN3- prijevoz građevinskog materijala (160 t šljunka, 30 t cementa), vode (21 t) i jednog građevinskog stroja na palubi (32 t)
4. KN4- prijevoz tereta na palubi: plute (32 t) ili građevinski stroj (32 t), s dodatnih 16 t šljunka i 3 t cementa
5. KN5-plovidba praznog broda, s dodatnih 16 t šljunka i 3 t cementa

Za svako operativno stanje (KN1-KN4) izvršeni su proračuni:

1. SK1, 100% tereta, 100% zaliha
2. SK2, 100% tereta, 10% zaliha
3. SK3, Najnepovoljnije stanje krcanja

Tablica 11. Prikaz stanja krcanja broda

| Br. | Stanja krcanja broda | Istisnina (t) | LCG (m) | TCG (m) | VCG (m) |
|------------|---|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1. | KN1, SK1, 100% tereta, 100% zaliha | 913,3 | 21,23 | 0 | 3,839 |
| 2. | KN1, SK2, 100% tereta, 10% zaliha | 886,6 | 21,32 | -0,001 | 3,875 |
| 3. | KN1, SK3, Najnepovoljnije stanje krcanja 1 | 698,4 | 21,3 | 0,001 | 4,571 |
| 4. | KN1, SK4, Najnepovoljnije stanje krcanja 2 | 997,9 | 21,14 | 0 | 3,915 |
| 5. | KN2, SK1, 100% tereta, 100% zaliha | 1007 | 21,18 | 0,002 | 3,891 |
| 6. | KN2, SK2, 100% tereta, 10% zaliha | 992,3 | 21,14 | -0,002 | 3,932 |
| 7. | KN2, SK3, Najnepovoljnije stanje krcanja | 686,8 | 21,32 | 0,004 | 4,646 |
| 8. | KN3, SK1, 100% tereta, 100% zaliha | 970 | 21,03 | -0,012 | 4,228 |

| | | | | | |
|------------|---|-------|-------|--------|-------|
| 9. | KN3, SK2, 100% tereta, 10% zaliha | 947,6 | 21,11 | -0,026 | 4,279 |
| 10. | KN3, SK3, Najnepovoljnije stanje krcanja | 698,4 | 21,45 | 0 | 4,777 |
| 11. | KN4, SK1, 100% tereta, 100% zaliha | 711,8 | 21,6 | 0 | 4,492 |
| 12. | KN4, SK2, 100% tereta, 10% zaliha | 688,6 | 21,73 | -0,002 | 4,607 |
| 13. | KN4, SK3, Najnepovoljnije stanje krcanja | 706,2 | 21,68 | 0 | 4,77 |
| 14. | KN5, SK1, 100% zaliha | 677,5 | 21,19 | 0,003 | 4,44 |
| 15. | KN5, SK2, 10% zaliha | 655,6 | 21,3 | 0,001 | 4,552 |
| 16. | KN5, SK3, Najnepovoljnije stanje krcanja | 674 | 21,29 | 0 | 4,722 |

5.2. UPUTE ZA IZRA UN STANJA KRCANJA

Upute se sastoje od tablica centracija te formula za dobivanje zna ajnih karakteristika broda za odre eno stanje krcanja. Svako nestandardno stanje krcanja se provjerava kroz prora une da bi se uvidjelo zadovoljava li kriterije, tj. da li je narušen stabilitet broda. Kapetan je dužan provjeriti nestandardno stanje krcanja prije svake plovidbe, tj. dokumentirati ga. Osnovni podaci kojima se ulazi u prora un su stanje tankova (sondiranje), te koli ina i položaj tereta na palubi i u skladištima. Podaci potrebni za ra unanje mogu se na i u raznim tablicama potrebnima za sami izra un, poput dijagramnog lista i ograni avaju eg KG, te se iz njih o itavaju podaci potrebni za prora un. Npr. iz tablica kapaciteta tankova se na osnovu sondiranja tankova dobivaju vrijednosti mase, položaja težišta, te momenta slobodne površine.

Preporuke pri krcanju:

- Krcati na palubu teret mase ve e od 32 t i težišta višeg od 1,8 m od palube
- Ukoliko je to mogu e, tankove balasta puniti do vrha kako bi se izbjegao utjecaj momenta slobodne površine, kojim direktno utje e na povišenje težišta sistema, tj. smanjivanje metacentarske visine
- Za prora une koristiti maksimalnu vrijednost momenta slobodne površine parcijalno ispunjenog tanka, kako bi bili „na stani sigurnosti“.
- Paziti na maksimalni dozvoljen gaz prilikom krcanja broda.

Tablica 12. Tablica centracije za računanje nestandardnih plovnih stanja

| | količina | sondiranje | jed.masa | masa | težište od R.0 | | težište od osnovice | | mom.slob. površine |
|-------------------|----------|------------|----------|--------|----------------|--|---------------------|---------------------------|------------------------|
| | 1 | 9 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ime tereta | | | | | | | | | |
| | upisati | upisati | upisati | =1x2 | upisati | =3x4 | upisati | =3x6 | upisati |
| Prazan brod | 1 | | 599,75 | 599,75 | 20,392 | 12230 | 4,74 | 2843 | x |
| šljunak | | | | | | | | | x |
| cement | | | | | | | | | x |
| posada | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| teret na palubi | | | | | | | | | x |
| gorivo D | | | 8,494 | | | | | | |
| gorivo L | | | 8,494 | | | | | | |
| tank G.L | | | 2,351 | | | | | | |
| tank G.D | | | 2,351 | | | | | | |
| voda D2 | | | 39,122 | | | | | | |
| voda D1 | | | 86,126 | | | | | | |
| voda L2 | | | 39,122 | | | | | | |
| voda L1 | | | 86,126 | | | | | | |
| balast pramac D | | | 38,821 | | | | | | |
| balast pramac L | | | 38,821 | | | | | | |
| balast krma L | | | 48,385 | | | | | | |
| balast krma D | | | 48,385 | | | | | | |
| tank otp. voda | | | 10,488 | | | | | | |
| kaljuža | | | 1,093 | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | 3/ 5 | 5 | 3/ 7 | 7 |
| | | | | | suma svih suma | težište broda od R.0 | suma uzd. mom. | težište broda od osnovice | suma ver. mom. |
| | | | | | | VCG fluid | | | suma mom. sl. površine |
| | | | | | | = (3/ 7) + (8/ 3) | | | |
| | | | | | | uveđanje težišta (Z) za utjecaj slobodne površine | | | |

Objašnjenje:

Kolona 1 - upisuje se broj komada ili postotak ispunjenosti iz tablice tankova (prema oitanju sondiranja-kolona 9).

Kolona 9 – upisuje se oitanje sondiranje tanka u metrima.

Kolona 2 – upisuje se jedini na masa u tonama (za tankove je već upisana maksimalna masa).

Kolona 3 – ukupna masa u tonama – je umnožak kolone 1 i kolone 2 (1 x 2). Postotak se množi kao decimalni broj, npr. 25% je ustvari 0,25, a 38,7% je 0,387.

Kolona 4 – upisuje se udaljenost težišta tereta od rebra „0“ („x“ komponenta težišta) u metrima, za tekuće terete se ta vrijednost očita iz tablica tankova (LCG) za vrijednost kolone 9.

Kolona 5 – uzdužni moment tereta (tona x metar) – je umnožak mase i „x“ komponente težišta, tj. umnožak kolone 3 i kolone 4 (3 x 4).

Kolona 6 – upisuje se udaljenost težišta tereta od osnovice („z“ komponenta težišta), za tekuće terete se ta vrijednost očita iz tablica tankova (VCG) za vrijednost kolone 9.

Kolona 7 – vertikalni moment tereta (tona x metar) – je umnožak mase i „z“ komponente težišta, tj. umnožak kolone 3 i kolone 6 (3 x 6).

Kolona 8 – upisuje se moment slobodne površine tekućine u tanku (tona x metar), očitava se iz tablica tankova za vrijednost u koloni 9 (FSM), ali se preporuča koristiti maksimalnu vrijednost momenta. Ako su tankovi tereta/balasta puni do vrha ta vrijednost je nula (0), i ona se može koristiti samo ako su ti tankovi tijekom plovidbe konstantno puni.

Tablica 13. Tablica centracije za računanje nestandardnih plovnih stanja – primjer

| | količina | sondiranje | jed.masa | masa | težište od R.0 | težište od osnovice | mom.slob. površine | | |
|-------------------|----------|------------|----------|---|----------------------|---------------------|---------------------------|----------------|------------------------|
| | 1 | 9 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ime tereta | | | | | | | | | |
| | upisati | upisati | upisati | =1x2 | upisati | =3x4 | upisati | =3x6 | upisati |
| Prazan brod | 1 | | 599,75 | 599,75 | 20,392 | 12230 | 4,74 | 2843 | x |
| šljunak | 1 | | 160 | 160 | 31,8 | 5088 | 3 | 480 | x |
| cement | 1 | | 30 | 30 | 22,45 | 673,5 | 8,2 | 246 | x |
| posada | 14 | | 0,075 | 1,05 | 14 | 14,7 | 8,2 | 8,61 | x |
| teret na palubi | 1 | | 32 | 32 | 30 | 960 | 5,8 | 185,6 | x |
| teret na palubi | | | | 0 | | 0 | | 0 | x |
| teret na palubi | | | | 0 | | 0 | | 0 | x |
| teret na palubi | | | | 0 | | 0 | | 0 | x |
| teret na palubi | | | | 0 | | 0 | | 0 | x |
| teret na palubi | | | | 0 | | 0 | | 0 | x |
| gorivo D | 95,0% | 2,100 | 8,494 | 8,07 | 16,508 | 133,2 | 1,107 | 8,93 | 4,963 |
| gorivo L | 95,0% | 2,100 | 8,494 | 8,07 | 16,508 | 133,2 | 1,107 | 8,93 | 4,963 |
| tank G.L | 95,0% | 2,46 | 2,351 | 2,23 | 6,903 | 15,4 | 2,271 | 5,07 | 0,659 |
| tank G.D | 95,0% | 2,46 | 2,351 | 2,23 | 6,903 | 15,4 | 2,271 | 5,07 | 0,629 |
| voda D2 | 80,0% | 3,15 | 39,122 | 31,30 | 21,309 | 666,9 | 1,625 | 50,86 | 1,856 |
| voda D1 | 0,0% | | 86,126 | 0,00 | | 0,0 | | 0,00 | 0 |
| voda L2 | 0,0% | | 39,122 | 0,00 | | 0,0 | | 0,00 | 0 |
| voda L1 | 0,0% | | 86,126 | 0,00 | | 0,0 | | 0,00 | 0 |
| balast pramac D | 0,0% | | 38,821 | 0,00 | | 0,0 | | 0,00 | 0 |
| balast pramac L | 0,0% | | 38,821 | 0,00 | | 0,0 | | 0,00 | 0 |
| balast krma L | 98,0% | 5,14 | 48,385 | 47,42 | 4,875 | 231,2 | 2,734 | 129,64 | 0 |
| balast krma D | 98,0% | 5,14 | 48,385 | 47,42 | 4,875 | 231,2 | 2,734 | 129,64 | 0 |
| tank otp. voda | 2,0% | 0,1 | 10,488 | 0,21 | 16,509 | 3,5 | 0,078 | 0,078 | 9,6 |
| kaljuža | 2,0% | 0,08 | 1,093 | 0,02 | 14,069 | 0,3 | 0,359 | 0,359 | 0,1 |
| Total loadcase | | | | 970 | 21,03 | 20397 | 4,229 | 4102 | 22,74 |
| | | | | 3 | 3/ 5 | 5 | 3/ 7 | 7 | 8 |
| | | | | suma svih suma | težište broda od R.0 | suma uzd. mom. | težište broda od osnovice | suma ver. mom. | suma mom. sl. površine |
| | | | | VCG fluid | 4,253 | | | | |
| | | | | = (3/ 7) + (8/ 3) | | | | | |
| | | | | uvećanje težišta (Z) za utjecaj slobodne površine | | | | | |

Za primjer je uzeto operativno stanje KN3, stanje krcanja SK1, : 160 t šljunka, 30 t cementa, 21 t vode, te građevinski stroj na palubi težak 32 t.

Iz tablice centracije vidimo da se vrijednosti podudaraju s stanjem krcanja (Tablica 11).

$D = \text{Istisnina} = \text{masa broda} = 970 \text{ t}$

$LCG = \text{Težište od rebara „}0\text{“} = 21,03 \text{ m}$

$VCG_{\text{kor.}} = \text{Težište od osnovice (korigirano za FSM)} = 4,253 \text{ m}$

5.3. PROVJERA NESTANDARDNOG STANJA KRCANJA

Provjera nestandardnog stanja krcanja napravljena je za isti primjer kao u „Tablici 13“ koja opisuje operativno stanje KN3, stanje krcanja SK1: 160 t šljunka, 30 t cementa, 21 t vode, te građevinski stroj na palubi težak 32 t.

$D = \text{Istisnina} = \text{masa broda} = 970 \text{ t}$

$LCG = \text{Težište od rebara „}0\text{“} = 21,03 \text{ m}$

$VCG_{\text{kor.}} = \text{Težište od osnovice (korigirano za FSM)} = 4,253 \text{ m}$

➤ Prvi korak je očitavanje vrijednosti iz tablica hidrostatike (dijagramni list) za trim =0 m Za dobivenu vrijednost istisnine (masu broda) očitavamo (ili ako je potrebno interpoliramo) vrijednosti:

$d_m - \text{srednji gaz} = 2,904 \text{ m}$

$LCB - \text{uzdužno težište istisnine, od rebara „}0\text{“} = 21,099 \text{ m}$

$LCF - \text{uzdužno težište vodene linije, od rebara „}0\text{“} = 19,91 \text{ m}$

$MTc - \text{jedinični moment trima za } 1 \text{ cm} = 13,145 \text{ tm}/1\text{cm}$

➤ Drugi korak je računanje trima broda:

$$t = [(LCB - LCG) \times D] / [MTc \times 100]$$

$$t = [(21,099 - 21,03) \times 970] / [13,143 \times 100]$$

$$t = 0,051 \text{ m}$$

Oduzmemos težište istisnine (LCB) od težišta broda (LCG), te tu vrijednost pomnožimo s istisninom (D), tako dobiveni rezultat podijelimo s jedinicom momentom trima umnoženim za 100 (zbog pretvorbe cm u m).

➤ Treći korak je računanje gazova broda

Gaz na A.P. od osnovice:

$$d_{AP} = d_m + [(t / L_{pp}) \times LCF]$$

$$d_{AP} = 2,904 + [(0,051 / 45,785) \times 19,91]$$

$$d_{AP} = 2,926 \text{ m}$$

Od srednjeg gaza (d_m) oduzmemmo vrijednost koju dobijemo množenjem uzdužnog težišta vodene linije (LCF) s kvocijentom trima (t) i duljine između perpendikulara L_{pp} (45,785 m je konstanta).

Gaz na F.P. od osnovice

$$d_{FP} = d_m - [(t / L_{pp}) \times (L_{pp} - LCF)]$$

$$d_{FP} = 2,904 - [(0,051 / 45,785) \times (45,785 - 19,91)]$$

$$d_{FP} = 2,875 \text{ m}$$

Od srednjeg gaza (d_m) oduzmemmo vrijednost koju dobijemo množenjem razlike uzdužnog težišta vodene linije (LCF) i duljine između perpendikulara L_{pp} , s kvocijentom trima (t) i duljine između perpendikulara L_{pp} (45,785 m je konstanta).

➤ Četvrti korak je računanje metacentarske visine (poprečne)

$$GM_t = KM_t - VCG_{kor.}$$

$$GM_t = 5,765 - 4,253$$

$$GM_t = 1,512 \text{ m}$$

Metacentar od osnovice $KM_t = (5,77 + 5,76) / 2 = 5,765 \text{ m}$

Očitano: KM_t (za trim 0 m) = 5,77 m

KM_t (za trim 0,1 m) = 5,76 m

➤ Peti korak je provjera stabiliteta preko tablica (krivulja) „Limitirajućeg KG-a“.

Očitovanjem (interpoliranjem) vrijednosti iz tablica „Limitirajućeg KG-a“ za određeni trim i istisninu dobiva se vrijednost maksimalne dozvoljene visine težišta broda.

Lim. KG > VCG_{kor.}

$$(4,303 + 4,288) / 2 > 4,253$$

4,295 > 4,253 m zadovoljava kriterij

Očitano: Lim.KG (za trim 0 m) = $(4,376 + 4,231) / 2 = 4,303 \text{ m}$

Lim.KG (za trim 0,1 m) = $(4,336 + 4,211) / 2 = 4,288 \text{ m}$

Tako er u tim tablicama se o itava (interpolira) minimalna dozvoljena metacentarska visina (min.GMt) za odre eni trim i istisninu broda.

$$GM_t > \text{min.GMt}$$

$$1,512 > (1,454 + 1,464) / 2$$

$1,512 > 1,459$ mzadovoljava kriterij

O itano: min.GMt (za trim 0 m) = $(1,428 + 1,48) / 2 = 1,454$ m

minGMt (za trim 0,1 m) = $(1,433 + 1,495) / 2 = 1,464$ m

- Šesti korak, odnosno završni korak je o itavanje (interpoliranje) svih vrijednosti, koje su potrebne, iz hidrostatskih tablica (dijagramni list) za odre eni trim i istisninu broda.

ZAKLJU AK

Brodovi su napravljeni za različite namjene, te njihova konstrukcija i dizajn pokazuju da određeni brod ima i sebi svojstvene jedinstvene karakteristike, te je potrebno znati da svaki brod ima i razne imbenike koje će utjecati na njegovu stabilnost, bio to utjecaj vjetra, valova ili pak ne dobro raspoređenog tereta na brodu. International Maritime Organization (IMO) je odavno razvila kriterije stabilnosti za razne vrste brodova, što je kulminiralo u završetku Kodeksa o netaknutoj stabilnosti za sve vrste brodova obuhvaćenim IMO instrumentima (IS Code) 1993 (rezolucija A.749 (18)), a kasnije izmjene te iste (rezolucija MSC.75 (69)). IS kod uključuje temeljna načela kao što su opće mјere opreza protiv prevrtanja (kriteriji koji se odnose na metacentarsku visinu (GM) i polugu stabiliteta (GZ)); kriterij vremena (jaki vjetar i kriterij valjanja); u inak slobodnih površina i zaleđivanje; te vodonepropusni integritet. IS kod je također povezao i operativne aspekte kao što su informacije za posadu, uključujući i radne knjižice i operativne postupke u teškim vremenskim uvjetima.

Svi navedeni kriteriji iz IMO rezolucije A.749 (18) su se morali ispoštovati i kod M/B Plovput Split. Tablicom centracije za računanje nestandardnih plovnih stanja, te provjerom nestandardnog stanja krcanja uz pomoć formula za računanje trima, gazova i metacentarske visine dokazano da je navedeni brod zadovoljava standarde za stabilnost i trim broda.

LITERATURA

- [1] Rhodes Martin A.; *Ship stability Mates / Masters*, Glasgow College of Nautical Studies, 2008.
- [2] Kristi A.; *Priru nik iz odabranih poglavljja stabiliteta broda i ukrcaja tereta*, Rije ki nakladni zavod, Rijeka, 1993
- [3] Hrvatski registar brodova, *Knjiga trima i stabiliteta* (Nov.482/Plovput 48, P-WS001-101-130)
- [4] Kod za netaknutu stabilnost za sve vrste brodova obuhva en IMO instrumentima (Rezolucija A.749 (18), usvojena 4.11.1993.)
- [5] www.plovput.hr (21.08.2016.)

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Usporedba dva pristupa vezana za konstrukciju tankera i eksploraciju..... | 13 |
| Tablica 2. Vrijednosti faktora „X ₁ “..... | 25 |
| Tablica 3. Vrijednosti faktora „X ₂ “..... | 25 |
| Tablica 4. Vrijednosti faktora „k“..... | 25 |
| Tablica 5. Vrijednosti faktora „s“..... | 25 |
| Tablica 6. Vrijednosti koeficijenta „k“ za ra unanje korekcija slobodne površine..... | 28 |
| Tablica 7. Vrijednosti tlaka vjetra..... | 29 |
| Tablica 8. Vrijednosti koeficijenta C _S | 33 |
| Tablica 9. Vrijednosti koeficijenta C _H | 34 |
| Tablica 10. Karakteristike broda M/B Plovput Split..... | 37 |
| Tablica 11. Prikaz stanja krcanja broda..... | 39 |
| Tablica 12. Tablica centracije za ra unanje nestandardnih plovnih stanja..... | 41 |
| Tablica 13. Tablica centracije za ra unanje nestandardnih plovnih stanja-primjer..... | 43 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Prikaz brodskih okomica..... | 3 |
| Slika 2. Prikaz uzdužnog centra plutanja..... | 3 |
| Slika 3. Prikaz i formula blok koeficijenta..... | 4 |
| Slika 4. I. zakon plovnosti..... | 5 |
| Slika 5. II. zakon plovnosti..... | 5 |
| Slika 6. III. zakon plovnosti..... | 6 |
| Slika 7. Krivulja stati kog stabiliteta kada je brod na ravnoj kobilici i krmenim trimom..... | 8 |
| Slika 8. Kriteriji stabiliteta prilikom ošte enja brodova za prijevoz rasutog tereta..... | 11 |
| Slika 9. Pregradna paluba i grani na linija..... | 14 |
| Slika 10. Dijagram naplavljivosti..... | 16 |
| Slika 11. Krivulja dozvoljene duljine..... | 17 |
| Slika 12. Rezerva stabiliteta broda u ošte enom stanju za putni ke brodove..... | 20 |
| Slika 13. 2008 IS Code, tre e izdanje..... | 21 |
| Slika 14. Utjecaj jakog vjetra i valjanje..... | 23 |
| Slika 15. Krivulje momenta stabiliteta i momenta nagiba vjetra..... | 32 |
| Slika 16. Prikaz stabiliteta u okomitom presjeku broda za izra un faktora „C“..... | 36 |
| Slika 17. Prikaz stabiliteta u vodoravnom presjeku broda za izra un faktora „C“..... | 36 |
| Slika 18. M/B Plovput Split..... | 38 |