

# Konstrukcija brodova za prijevoz rasutih tereta

---

Raguž, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:065861>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL**

**ANTE RAGUŽ**

**KONSTRUKCIJA  
BRODOVA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA**

**ZAVRŠNI RAD**

Dubrovnik, 2023.

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**PREDDIPLOMSKI STUDIJ NAUTIKA**

**KONSTRUKCIJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ RASUTIH  
TERETA**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: doc.dr.sc. Ivica Đurđević-Tomaš, kap.

Student: Ante Raguž

Komentor: doc.dr.sc. Maro Ćorak

Dubrovnik, 2023.

Republika Hrvatska  
SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL  
Preddiplomski studij Nautika

Ur.Broj

Dubrovnik, rujan 2023.

Kolegij: Rukovanje i prijevoz tereta

Mentor: dr.sc. IVICA ĐURĐEVIĆ-TOMAŠ, kap.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Ante Raguž, ak. 2022/2023. god.

Zadatak: Konstrukcija brodova za prijevoz rasutih tereta

Zadatak treba sadržavati:

1. Podjela brodova za prijevoz rasutih tereta
2. Način krcanja brodova za prijevoz rasutih tereta

Osnovna literatura:

1. Chakraborty, S.: Understanding Design Of Bulk Carriers, MarineInSight, 2019. dostupno na: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-bulk-carriers/> (17.06.2023.)
  2. International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)
- Zadatak uručen pristupniku: svibanj, 2023.

Rok za predaju završnog rada: rujan, 2023.

Mentor:

Pročelnik Pomorskog odjela:

dr. sc. IVICA ĐURĐEVIĆ-TOMAŠ, kap.

doc. dr. sc. SRĐAN VUJIČIĆ

## **IZJAVA**

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora

Ante Raguž

Potpis

---

## SAŽETAK

Brodovi za prijevoz rasutih tereta (*bulk carriers*) su brodovi za prijevoz tereta uglavnom u rasutom stanju. rasuti tereti koji se najviše prevoze u svjetskoj trgovini morem su željezna ruda, ugljen, žitarice, boksit, aluminij, ostale rude, šećer, sol, pijesak, šljunak. Kako se radi o prijevozu specifičnog tereta, tako je i konstrukcija ovih brodova prilagođena za siguran prijevoz navedene vrste tereta.

**Ključne riječi:** bulk carrier, rasuti teret, konstrukcija

## **ABSTRACT**

Bulk carriers are ships that carry mainly bulk commodities. Major bulk commodities in the world seaborne trade include iron ore, coal, grain, bauxite, aluminium, other ores, sugar, salt, sand, and gravel. Since it is a matter of carrying a specific cargo, the design of these ships is also adapted to the safe transportation of the aforementioned type of cargo.

**Keywords:** bulk carrier, bulk cargo, construction

## SADRŽAJ:

1.	UVOD .....	1
2.	BRODOVI ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA .....	2
3.	POVIJESNI RAZVOJ BRODOVA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA.....	4
4.	KONSTRUKCIJA BRODA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA .....	9
5.	NAČIN KRCANJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA.....	23
6.	ZAKLJUČAK .....	26
	LITERATURA.....	27
	POPIS SLIKA .....	28



## 1. UVOD

Brodovima se na velike udaljenosti prevoze sve vrste tereta. Jedan od tereta je i rasuti teret, a koji se prevozi specijalnim brodovima za prijevoz rasutih tereta. Budući da se radi o specifičnoj vrsti tereta i specijalnim brodovima, tako je i konstrukcija brodova za prijevoz rasutih tereta specifična. Upravo navedeno je tema ovog završnog rada te će isto biti predstavljeno u nastavku rada.

Podaci korišteni za izradu ovog rada su iz sekundarnih izvora i to iz raznih domaćih izvora: knjige, stručni časopisi i razne publikacije objavljene na internetu.

Prilikom izrade rada korištene su opće metode znanstvenog istraživanja: induktivna metoda, deduktivna metoda, metoda analize, metoda sinteze, metoda apstrakcije, metoda dokazivanja, metoda deskripcije i metoda kompilacije.

Rad se sastoji od četiri poglavlja.

U prvom, uvodnom poglavlju, predstavljen je predmet rada, izvori podataka i metode prikupljanja te sadržaj i struktura rada.

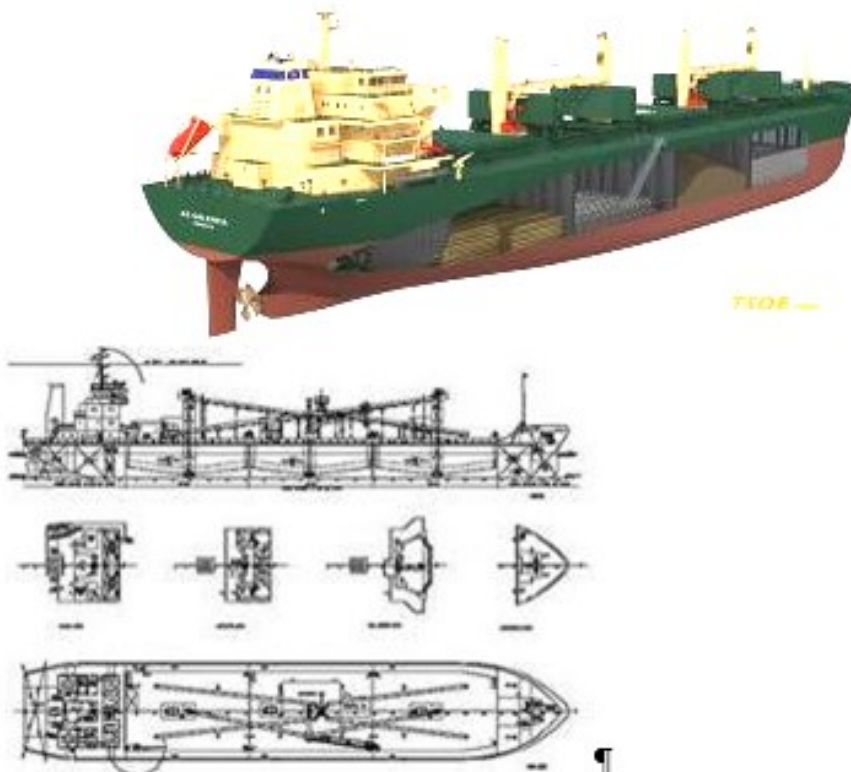
U drugom poglavlju su predstavljeni brodovi za prijevoz rasutog tereta.

Treće poglavlje predstavlja konstrukciju broda za prijevoz rasutih tereta.

Četvrto, zaključno poglavlje, sažima temu ovog rada.

## 2. BRODOVI ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA

*Bulk carrieri* su brodovi u kojima se prevoze sipki tereti u rasutom stanju. Oni su obično s jednostrukom ili dvostrukom oplatom namijenjeni prvenstveno za prijevoz suhog rasutog tereta. Obično su s jednom palubom, dvodnom, uzvojnim i potpalubnim bočnim tankovima u skladištima tereta.<sup>1</sup>



Slika 1.: Brod za prijevoz rasutih tereta

Izvor: Srednja škola Ambroza Haračića: Osnove brodogradnje, str. 11-12., dostupno na: <http://www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/wp-content/uploads/2011/03/1.-Tekst-Osnove-brodogradnje-1.-dio.doc> (10.06.2023.)

SOLAS (Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru) definira brod za rasuti teret kao „brod konstruiran s jednom palubom, gornjim bočnim tankovima i donjim bočnim tankovima u prostorima za teret i koji je namijenjen primarno prijevozu rasutog suhog tereta,

<sup>1</sup> Srednja škola Ambroza Haračića: Osnove brodogradnje, str. 11-12., dostupno na: <http://www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/wp-content/uploads/2011/03/1.-Tekst-Osnove-brodogradnje-1.-dio.doc> (10.06.2023.)

rude, ili za kombinirani prijevoz.“ Različite vrste tereta se prevoze morem u brodovima za prijevoz rasutog tereta, a ovisno o vrsti rasutog tereta brodove možemo podijeliti na:<sup>2</sup>

- brod za prijevoz rudače - to je brod za rasuti teret namijenjen za prijevoz rudače u rasutom stanju u centralnim skladištima tereta, građen s jednom palubom, dvodnom i dvije uzdužne pregrade u skladištima tereta. Rudača je specifičan teret kod kojeg treba voditi računa o postotku vlage, jer se može dogoditi da se višak vlage kondenzira na dnu pri čemu se teret pri valjanju broda počinje pomicati i poremećuje stabilnost broda. Osim toga, rudače stružu i korodiraju stjenke skladišta pa tome treba pridati posebnu pažnju,
- brod za prijevoz sipkog tereta - to je brod koji udovoljava zahtjevima iz SOLAS 74 za prijevoz sipkog tereta. Sipki teret se u nekim situacijama ponaša kao tekućina što također može nepovoljno djelovati na stabilnost broda pa treba o tome voditi računa, npr. separiranjem, postavljanjem ne/pomičnih pregrada i sl. U sipke terete se ubrajaju i žitarice,
- brod za cement - zbog svojih specifičnosti grade se i brodovi za prijevoz rasutog cementa. Cement je specifičan jer ne smije nikako doći u dodir s tekućinom, tj. potrebno je stalno prikladno ventilirati kako se ne bi ovlažio, a s druge strane je sipki poput tekućina,
- brod za mješoviti teret - to je poseban brod koji može prevoziti naftu i suhe rasute terete, s tim da se oni ne prevoze istovremeno (iznimka je ulje u taložnim tankovima).

Dvije uobičajene kombinacije su:

- *ore-oil* - za rudaču-ulje (brod s jednom palubom, dvodnom, i dvije uzdužne pregrade u skladištima tereta, namijenjen za prijevoz rudače u centralnim skladištima tereta i za prijevoz ulja u centralnim i bočnim skladištima tereta),
- *ore-bulk-oil* - za rudaču/rasuti teret/ulje (brod s jednostrukom ili dvostrukom oplatom, jednom palubom, dvodnom, uzvojnim i potpalubnim bočnim tankovima u skladištima tereta, namijenjen za prijevoz ulja i suhog rasutog tereta, uključujući i rudaču u rasutom stanju). Ovakvi brodovi su rijetki te se primjenjuju na područjima u kojima se u jednom smjeru prevozi npr. nafta, a u suprotnom smjeru npr. nekakva rudača, dakle potrebno je da obje luke budu u područjima koja izvoze nekakve sirovine. Vanjskim izgledom su najsličniji brodovima za rasuti teret.

---

<sup>2</sup> Ibid, str. 12.

### 3. POVIJESNI RAZVOJ BRODOVA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA

Naziv „bulkeri“, odnosno brodovi za prijevoz rasutog tereta, koristi se za sve brodove i čamce koji prevoze neupakirani teret. Danas brodovi za rasuti teret čine 42,84 % ukupne flote brodova prema podacima UNCTAD STAT. Definiranje brodova za prijevoz rasutog tereta odnosi se na njihov poseban teret, općenito jedinstven i slobodno protočan, ali suh za razliku od prijevoznika tekućih tereta (tankeri kao najpoznatiji). Sve do dolaska prvih kontejnerskih brodova 1950-ih, teret je bio raznoliko pakiran i prevožen unutar širokih skladišta koja su mogla primiti gotovo bilo koji teret, osim tekućeg tereta. Glavni problem pomicanja tereta morao je kompenzirati unutarnje pomake mase u slučaju pretjeranog naginjanja. Stoga su za kompenzaciju osmišljeni sustavi pregrada i balasta. Rasuti teret također može ugroziti brod kroz spontano sagorijevanje i zasićenje tereta.<sup>3</sup>

Rasuti teret transportiran je sporim putem, unutar vreća naslaganih na palete, odloženih dizalicom. Palete i mreže osiguravale su stabilnost tereta, no očito je problem predstavljalo vrijeme potrebno za taj postupak i potreban materijal. U alternativnim slučajevima spremnici od šperploče bili su namjenski ugrađeni u skladište. Međutim, navedeno je također bilo radno-intenzivno i skupo. Nakon specijaliziranih brodova za rasuti teret, prvi samoistovarivač je bio jezerski teretnjak Hennepin 1902. godine na Velikim jezerima. Lakersi su dugo bili posebna plovila, a brodovi za rasuti teret postali su gotovo norma, posebno za prijevoz žitarica s velikih ravnica ili metalne rude iz sjevernih rudnika do čeličana. Za premještanje tereta koristili su pokretnu traku. Dvostruko dno usvojeno je 1890. godine, trokutasta struktura balastnih tankova 1905. godine, a dizel kao pogonsko gorivo se počeo koristiti 1911. godine.<sup>4</sup>

Prvi zabilježeni, namjenski izgrađeni brod za rasuti teret bio je SS John Bowes (1852. godine). Sagradio ga je Palmer Brothers & Co, Jarrow za Charlesa Marka Palmera, u Newcastleu i ovo je bio mješoviti brod, ali prvo parobrod (tri jarbola) koji je krenuo na svoje prvo putovanje 27. srpnja 1852. godine, a potopljen je kod Ribadeselle (Španjolska) 12. listopada 1933. godine, nakon što je potpuno preuređen 1964. i 1883. godine. Ovaj brod, preteča bulk carriera, je po mnogo čemu bio prvi:<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Naval Encyclopedia: The Bulk Carriers, dostupno na: <https://naval-encyclopedia.com/civ/bulk-carriers.php> (12.06.2023.)

<sup>4</sup> <https://www.globalspec.com/reference/76964/203279/chapter-33-bulk-carriers>

<sup>5</sup> Naval Encyclopedia: The Bulk Carriers, dostupno na: <https://naval-encyclopedia.com/civ/bulk-carriers.php> (12.06.2023.)

- potpuno izrađen od čelika i činilo se da njegova krutost osigurava dugi vijek trajanja,
- parobrod, što je osiguravalo dobru redovitost usluge,
- imao je dodatna balastna skladišta za morsku vodu, što je rad činilo brzim i sigurnim. Potonji su bili uzdužni željezni spremnici ispod svakog skladišta, dodani 1853. godine nakon mnogih isprobanih rješenja.

U svom dugom aktivnom životu Boveovi su prevozili ugljen i drugu robu pod skandinavskom (spec, Transit) i španjolskom (Carolina, Valentin Fierro, Villa Selgas) zastavom. Ovaj brod za rasuti teret je unajmila tvrtka General Iron Screw Collier Company te je uštedio vrijeme i bio vrlo isplativ za svog vlasnika i ubrzo je postao standard.<sup>6</sup>

SS John Bowes specifikacije:<sup>7</sup>

- dimenzije: 30,8 m x 5,28 m x 3,20 m
- pogon: 2 parna klipna TE 2,35 KS, jedan vijak, 9 čvorova, novi motori 17+864. i 1883.
- kapacitet: prevezio je 650 tona ugljena brzinom utovara/istovara koja je bila bolja od dva broda za ugljen u to vrijeme.



Slika 2.: Model SS John Bowes

Izvor: Naval Encyclopedia: The Bulk Carriers, dostupno na: <https://naval-encyclopedia.com/civ/bulk-carriers.php> (12.06.2023.)

<sup>6</sup> Naval Encyclopedia, op.cit.

<sup>7</sup> Ibid

Posljednji visoki brodovi su često bili bulkeri. tijekom 19. stoljeća do početka 20. stoljeća visoki brodovi izgrađeni od metala sa hidrauličnim vitlima i parnim outputom su često prema zadanim postavkama bili brodovi za rasuti teret. Brojni jarboli bili su prepreka za utovar i istovar tereta, a sam teret nije bio dovoljno isplativ da bi se koristio parni stroj sa velikom zalihom ugljena.<sup>8</sup>

Sve do 1914. godine ovaj tip broda sa samo parnim balastom je bio dominantan, suočen sa prometom koji je još uvijek bio uglavnom napučen visokim brodovima od željeza. Samo 1905. godine porinuto je pedesetak ovih čeličnih plovila. Mnogim brodovlasnicima jedro se još uvijek činilo isplativim, korišteno u određenim segmentima brodarstva (radi uštede ugljena). Napredak bi bio spor s novim uređajima za otvaranje i zatvaranje skladišta, novim dizalicama za olakšavanje manevara, novim sustavima balasta. U razdoblju od 1914.-1918. godine pomorski promet, većinom britanski, bio je žrtva totalnog rata podmornica koji je pokrenulo Njemačko Carstvo 1917. godine. Broj potopljenih jedrilica naglo se povećao, posebno zbog njihove male brzine i nemogućnosti izbjegavanja podmornica. Godine 1917. admiralitet se suočio s tolikim gubicima da je odlučeno pokrenuti opsežni plan brodogradnje za standardizirane teretnjake. Ovi standardni brodovi (tip A do J) koje je definirala Emergency Fleet Corporation (EFC) još uvijek su činili oko polovicu brodova 1939. godine. Većina su bili „obični“, univerzalni prijevoznici koji su mogli nositi bilo koji pakirani teret kao i rasuti teret u svojim velikim skladištima, zahvaljujući svojim balastima. Ali oni su također bili specijalizirani brodovi za rasuti teret, uglavnom manjih dimenzija. Novoizgrađeni brod za žito (klasa Empire) temeljen na standardu Ministarstva rata za promet prilagodio se dizajnu pilotske palube Admiraliteta i bio je dugačak 120 m, a kasnije 126 m i 129 m.<sup>9</sup>

Godine 1950. prvi kontejnerski brod, Ideal X, zauvijek je revolucionirao prijevoz tereta. Unatoč tome, brodovi za teret u starom stilu služili su još mnogo godina (sve do kasnih 1980-ih), a brodovi za rasuti teret su opstali, čemu su posebno pomogli novi samoutovarni sustavi, sustavi balasta i veća konstrukcija. Zapravo, posljednji su gotovo dosegli standarde supertankera poput Berge Stahla. Berge Stahl (1986) - ovaj brod za rasuti teret, sa izgledom supertankera, čini se obećanim za prijevoz teškog tekućeg rasutog tereta, a zapravo je izgrađen u Južnoj Koreji (Hyundai) za prijevoz željezne rudače. Porinut 1986. u ime norveškog brodovlasnika Bergesen Worldwide Gas ASA, mogao je iskrcavati samo u Europoortu, Rotterdamu u Nizozemskoj i terminalu Maritimo u Ponta da Madeiri u Itaquiju,

---

<sup>8</sup> Naval Encyclopedia, op.cit.

<sup>9</sup> Ibid

Brazil. Trenutno drži rekord za prijevoz ugljena i to za brod za rasuti teret. Jedini veći „teretnjak“ trenutno je kontejnerski brod Emma Maersk. Ipak, kao i njegov predak iz 1850., ovaj brod ima svu svoju dužinu rezerviranu za teret, dio za posadu, pogon je na krajnjem stražnjem dijelu, a osigurava ga jedan propeler promjera 9 metara. Kao i John Bowes, popratni prijelazi su prazni na balastima ispunjenim morskom vodom. Njihov proces desalinizacije i čišćenje skladišta dio je svakodnevnog života takvog broda na sidru.



Slika 3.: Berge Stahl (1986)

Izvor: Naval Encyclopedia: The Bulk Carriers, dostupno na: <https://naval-encyclopedia.com/civ/bulk-carriers.php> (12.06.2023.)

Tehničke karakteristike Berge Stahla:<sup>10</sup>

- dimenzije: 342,1 metar sa 63,5 m sa 23 m gaza
- pogon: 1 Hyundai diesel od 27610 cv za jedan propeler, 13,5 čvorova
- kapacitet: opterećenje od 364 768 tona željezne rude.

MS Ore Brazil (2011.) – prvo pod nazivom Vale Brasil, vlasništvo je Vale Shipping Holding Pte. Ltd, Singapur. Sagradio ju je Daewoo, veći je od Berge Stahla i Bold Challengea sa 198.980 GT, 67.993 NT, 402.347 DWT, 362 m sa 65,0 m i 23 m gaza. Ima propeler kojeg pokreće MAN B&W 7S80ME-C8 i tri pomoćna motora Hyundai-HiMSEN6H21/32. Najveća brzina je 15,4 čvora (28,5 km/h; 17,7 mph). Bio je kontroverzi oko ove nove klase brodova pod nazivom „Valemax“ veličina, koju je naručio Vale s nosivošću od nešto više od 400.000 tona, što je previše za većinu kineskih luka. Posljedično to je smanjeno na 380.000 tona, ali samo na papiru. Rezultat navedenog je da nisu opterećeni punim kapacitetom.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Naval Encyclopedia, op.cit.

<sup>11</sup> Ibid

Većina velikih brodova za rasuti teret ima 5 do 9 skladišta i opremljeni su dizalicama između svakog skladišta, a zbog manje opremljenih luka. Neki se nazivaju „samoiskrcavajućim“ jer koriste sustav bočnog ukrcaja prekrcajne trake.

Većina brodova je bez prekrcajnih sredstava i u potpunosti ovise o dobro opremljenim lukama. Ovo su najekonomičniji brodovi. Tu su i relativno složeni OBO (*Ore Bulk Oil carriers*), BIBO koji su odgovorni za pakiranje rasutog tereta tijekom putovanja i na kraju tipovi specifičnih brodova za rasuti teret poput onih namijenjenih za velika američka jezera i „teglenica“ bulk carriers. Dakle, ova vrsta će se vjerojatno koristiti desetljećima, sve dok se kontejneri ne budu masovno koristili za prijevoz rasutog tereta (što je realna mogućnost), tako da se još više standardizira oprema.<sup>12</sup>



Slika 1.: Panamax Bulk Carrier

Izvor: Maritime page: Dry Bulk Carriers – All Major Sizes and Types, dostupno na: <https://maritimepage.com/dry-bulk-carriers-sizes-and-types/> (15.06.2023.)

---

<sup>12</sup> Naval Encyclopedia, op.cit.



## 4. KONSTRUKCIJA BRODA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA

Dizajn brodova za rasuti teret ovisi o mnogo čimbenika. Tijekom vremena vrsta tereta koju prevoze brodovi za prijevoz rasutog tereta se povećala, a navedeno je uzrokovalo rast broja, vrsta i veličina takvih brodova. Danas SOLAS (Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru) definira brod za rasuti teret kao „brod konstruiran s jednom palubom, gornjim bočnim tankovima i bočnim tankovima u lijevku u prostorima za teret i koji je namijenjen primarno prijevozu rasutog suhog tereta, kao nosač rude, ili kombinirani prijevoz.“<sup>13</sup>

Pojam brod za rasuti teret obuhvaća sve brodove koji prevoze rasuti teret, kruti i tekući, oboje. Ali oni koji prevoze tekući teret u rasutom stanju dalje se kategoriziraju kao brodovi za prijevoz nafte i brodovi za ukapljeni plin. Stoga se izraz brod za rasuti teret općenito koristi za označavanje brodova koji prevoze suhi teret u rasutom stanju.<sup>14</sup>

Brodovi za suhi rasuti teret kategorizirani su prema različitim aspektima kao što su veličina, vrsta tereta i strukturalna svojstva. Prema veličini, brodovi za rasuti teret su kategorizirani na:<sup>15</sup>

- Handysize: 10.000 DWT do 30.000 DWT
- Handymax: 35.000 DWT do 60.000 DWT
- Panamax: 60.000 DWT do 80.000 DWT
- Capesize: 80.000 DWT i veći.

Handysize i Handymax bulkeri čine oko 70% ukupne flote suhih bulkera. Ova veličina brodova za prijevoz rasutog tereta bilježi maksimalnu stopu rasta na današnjem tržištu, budući da brodarske tvrtke preferiraju manje veličine zbog mnogih ograničenja koja se postavljaju na veće brodove. Brodovi ove veličine također mogu pristupiti većini luka i kanala, što povećava njihov opseg trgovačkih sposobnosti.<sup>16</sup>

Prema strukturnim svojstvima bulkeri se dijele na:<sup>17</sup>

---

<sup>13</sup> Chakraborty, S.: Understanding Design Of Bulk Carriers, MarineInSight, 2019. dostupno na: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-bulk-carriers/> (17.06.2023.)

<sup>14</sup> Ibid

<sup>15</sup> Ibid

<sup>16</sup> Ibid

<sup>17</sup> Chakraborty, S., op.cit.

- brod za rasuti teret s jednim dnom – ova vrsta brodova za prijevoz rasutog tereta nema dvostruko dno, a jedina prepreka između mora i tereta je vanjska ploča dna. Brodovi za rasuti teret kraći od 120 m ne zahtijevaju dvostruko dno prema konstrukcijskim zahtjevima, ali danas dizajneri brodova ipak radije izbjegavaju jedno dno kako bi spriječili kontakt tereta s morskom vodom u slučaju oštećenja konstrukcije,
- brod za prijevoz rasutog tereta s dvostrukim dnom i jednostrukom oplatom – ovi brodovi imaju jednostruku oplatu, ali su opremljeni dvostrukim dnom ili gornjim dijelom spremnika po cijeloj dužini (od krme prednje pregrade za sudare do krmene pregrade). Prostori dvostrukog dna služe za skladištenje balasta i tunelske kobilice za prolaz cjevovoda,
- brod za rasuti teret s dvostrukom oplatom – upotreba dvostruke oplata u projektiranju brodova za rasuti teret naglo se povećala tijekom posljednjih deset godina. Potpalubni tankovi i spremnici na bokovima dodatna su prednost i pružaju mogućnost ukrcanja veće količine balasta i bolju kontrolu stabilnosti broda.

Ovisno o vrsti tereta koji se prevozi i veličini, postoje neki komercijalni izrazi koji se koriste za nomenklaturu brodova za rasuti teret kao što je:<sup>18</sup>

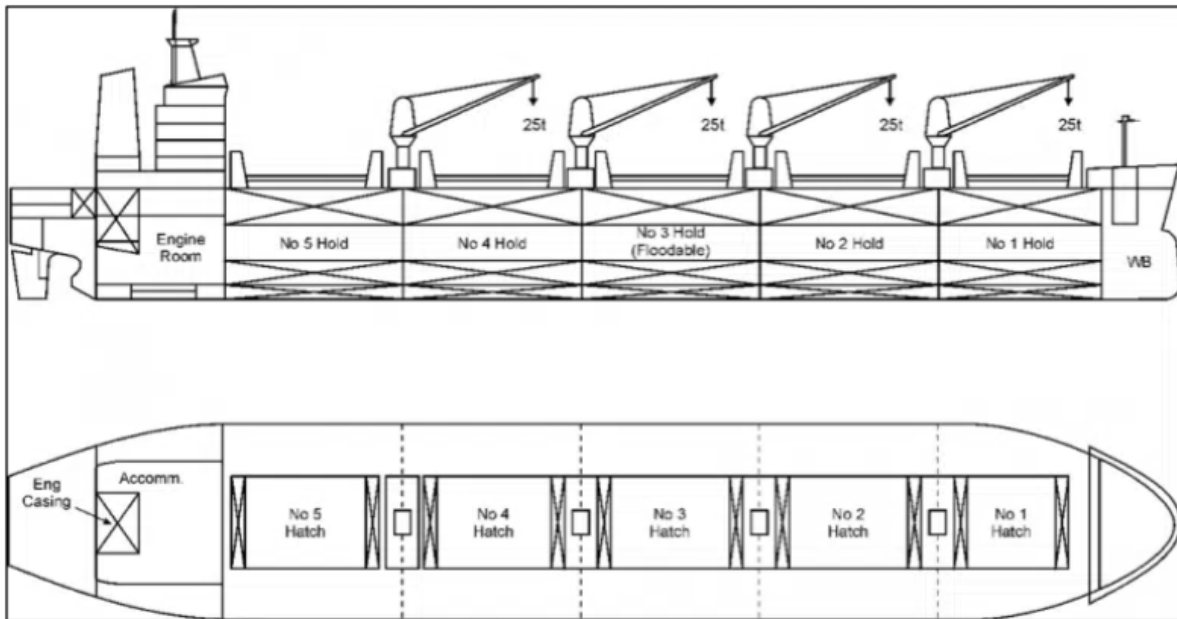
- OBO carrieri – brodovi za prijevoz rude i nafte imaju skladišta tako raspoređena da mogu prevoziti rudaču, čvrsti suhi rasuti teret i naftu u istom putovanju, bez smetnji između svake vrste tereta,
- O/O carrieri – brodovi za rudu i naftu koji mogu prevoziti kombinaciju rude i nafte na istom putovanju. Ova plovila moraju biti u skladu s posebnim kodeksima kojih se treba pridržavati za zadržavanje i transport nafte na moru,
- VLOC – jako veliki brod za prijevoz rude (engl. *Very Large Ore Carrier*),
- VLBC – jako veliki brod za prijevoz rasutog tereta (engl. *Very Large Bulk Carrier*),
- ULOC – ultra velik brod za prijevoz rude (engl. *Ultra Large Ore Carrier*),
- ULBC – ultra veliki brod za prijevoz rasutog tereta (engl. *Ultra Large Bulk Carrier*).

Slika 5. prikazuje opći raspored (profilni prikaz, planski prikaz i srednji plan) broda za rasuti teret. Uobičajeni brod za suhi rasuti teret ima čistu glavnu palubu sa strojarnicom i nadgrađem. Grotla s neograničenim pristupom skladištima projektirana su na glavnoj palubi s čeličnim poklopcima grotla kako bi se olakšao lakši utovar i pražnjenje tereta.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Ibid

<sup>19</sup> Chakraborty, S., op.cit.



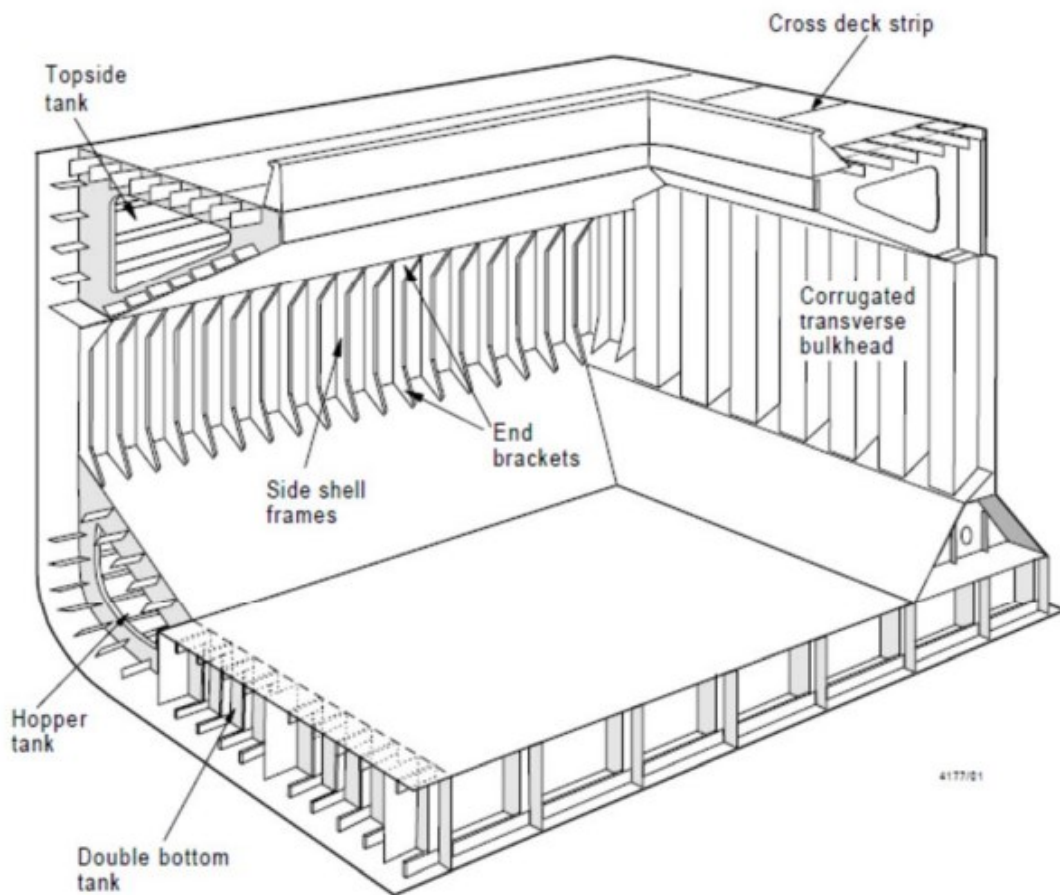
Slika 5.: Opći raspored na brodu za prijevoz rasutog tereta

Izvor: Chakraborty, S.: Understanding Design Of Bulk Carriers, MarineInSight, 2019. dostupno na: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-bulk-carriers/> (17.06.2023.)

Dio flote brodova za prijevoz rasutog tereta ima dizalice postavljene na palubu koje imaju pristup od 360 stupnjeva i mogu utovariti i iskrcati teret iz skladišta.

Najrašireniji strukturni raspored na brodovima za prijevoz rasutog tereta je struktura jednopalubnog broda s dvostrukim dnom, tankovima, bočnom oplatom s poprečnim okvirom od jednostruke oplate, gornjim spremnicima i otvorima na palubi. Tipičan strukturni raspored skladišnog prostora broda za rasuti teret je ilustriran na slici 6.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)



Slika 6.: Tipična konstrukcijska konfiguracija skladišta tereta za rasuti teret

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

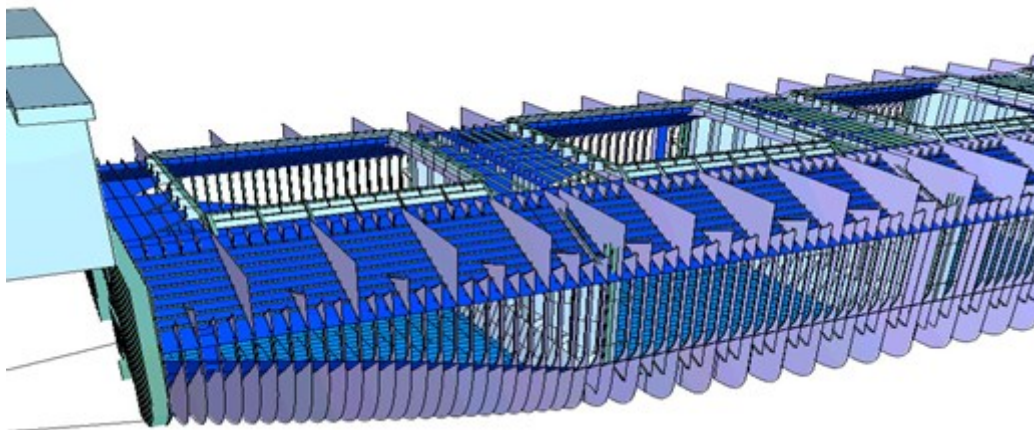
Na slikama 7. i 8. je ilustriran tipični poprečni presjek u pravcu skladišta tereta i uzdužni presjek tipične valovite poprečne vodonepropusne pregrade.<sup>21</sup> Sustav orebrenja brodova za prijevoz rasutih tereta je mješoviti gdje su dno i paluba uzdužno orebreni, a bok broda (jednostruka oplata) poprečno.

<sup>21</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

Orebrenjem se ukrepljuje vanjska oplata boka, a tvore ga rebra, ukrepe i/ili nosači. Rebra i nosači zajedno sa vanjskom oplatom boka predstavljaju međusobno povezane ukrijepljene panele koji mogu biti ukrijepljeni poprečno i uzdužno. Paneli boka se oslanjaju na dno, na palube i na poprečne pregrade a rebra podupiru krajeve sponja prenoseći opterećenja palube na dno broda.

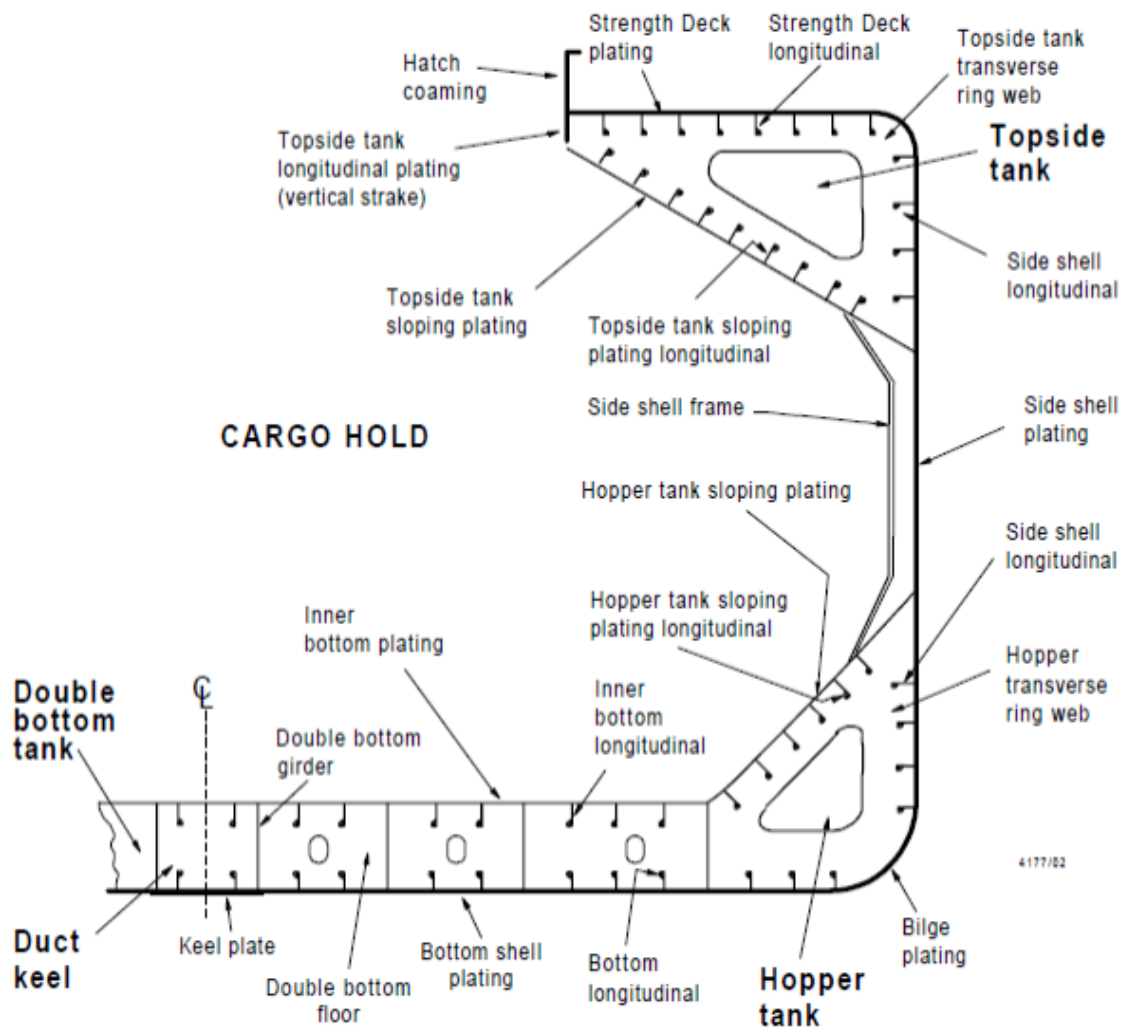
Sustav orebrenja ovisi o namjeni broda, veličini broda, vrsti i načinu krcanja tako da postoje tri načina orebrenja i to:

- Na malim brodovima gdje uzdužna čvrstoća nije od presudnog značaja, poprečni sustav orebrenja ima prednost obzirom na bolje korištenje prostora.
- Uzdužni sustav orebrenja je povoljniji sa stajališta uzdužne čvrstoće. Uzdužni sustav orebrenja boka se pretežito primjenjuje na brodovima za tekuće terete, rasuti teret i na ratnim brodovima. Uzdužni sustav orebrenja se ostvaruje sa uzdužnjacima dna, bokova i paluba. Uzdužnjaci se protežu po dužini broda. Uzdužnjaci boka trebaju biti raspoređeni tako da leže u istoj ravnini s ukrepljenjima uzdužnih i poprečnih pregrada. Poprečni elementi strukture u uzdužnom sustavu orebrenja su poprečna okvirna rebra
- Na brodovima za suhi teret se dosta primjenjuje mješoviti sustav orebrenja. Kako pri uzdužnom sustavu orebrenja, visoki bočni poprečni okviri smetaju slaganju tereta, to se bokovi brodova za suhi teret orebruju poprečno. Dno i palube se orebruju uzdužno.



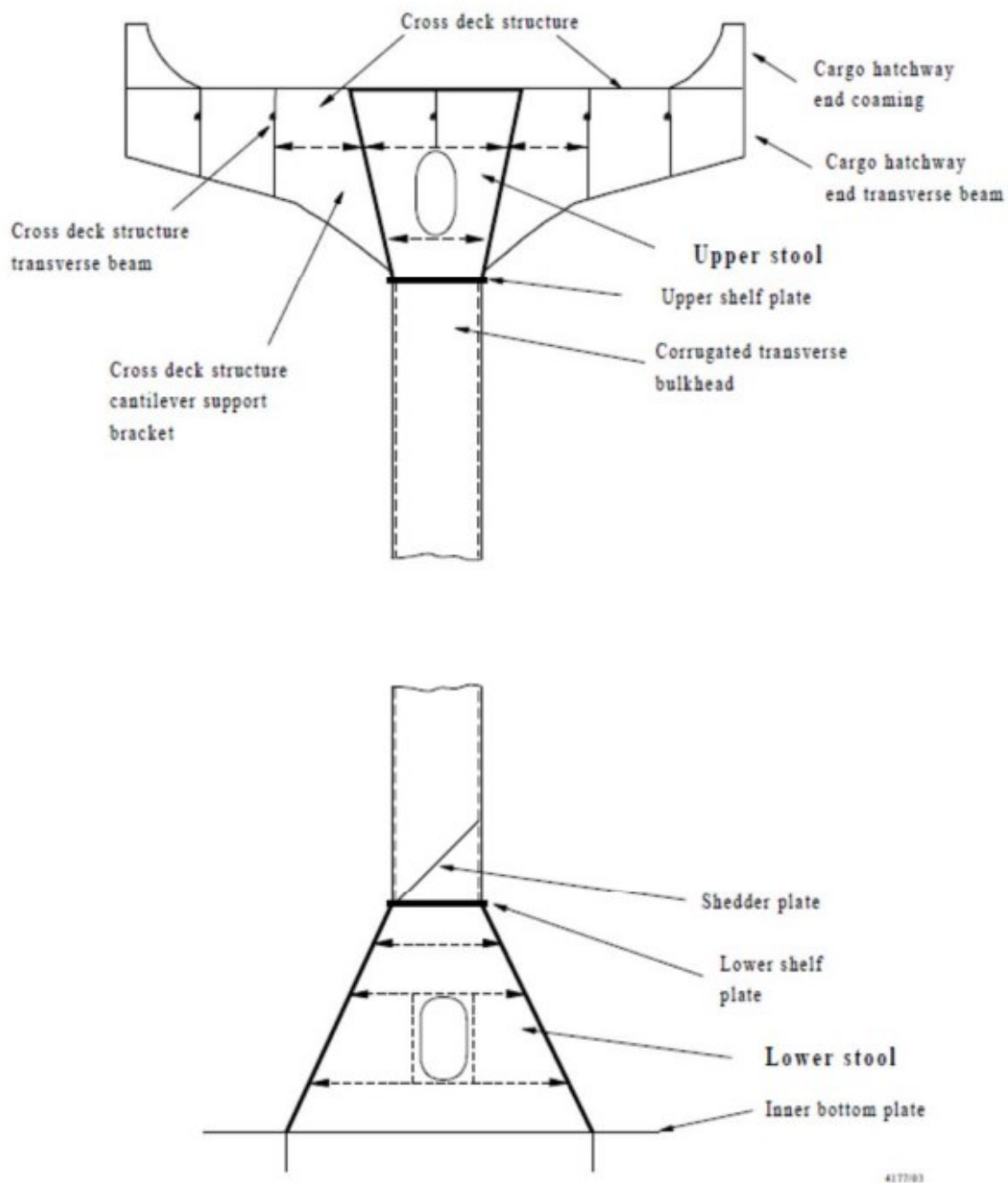
Slika 2 Mješoviti sustav orebrenja broda za rasute terete: bok i paluba među grotlima poprečno, dno i paluba izvan grotala uzdužno

Izvor. Nastavni materijal za kolegij Konstrukcija i stabilnost broda, pomorski odjel Sveučilište u Dubrovniku



Slika 3 Nomenklatura za tipični poprečni presjek na putu teretnog skladišta

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)



Slika 9.: Nomenklatura za tipičnu valovitu poprečnu vodonepropusnu pregradu

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Dizajn broda za rasuti teret ne mijenja se značajno s veličinom. U osnovi, brod za rasuti teret 30.000 tona nosivosti obično ima istu strukturnu konfiguraciju kao brod od 80.000 tona nosivosti.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

Općenito, oplata sadrži strukturne elemente kao što su postolje korugirane pregrade, čvrsta paluba, poprečne pregrade, unutarnje dno i gornja strana i kosi spremnik osigurava granice strukture i nosi statički i dinamički pritisak uzrokovan, na primjer, teretom, bunkerima, balastom i morem. Oplata je poduprta sekundarnim elementima za ukrućenje kao što su okviri ili uzdužnici. Sekundarni članovi prenose opterećenja na primarne konstrukcijske članove kao što su dvostruki donji podovi i nosači ili poprečni mrežni okviri u gornjim spremnicima u lijevku itd. (kao što se vidi na slici 6.).<sup>23</sup>

Strukture poprečne pregrade, kao što se vidi na slici 8., zajedno s poprečnom palubom i strukturama dvostrukog dna glavni su strukturni dijelovi koji osiguravaju poprečnu čvrstoću broda kako bi spriječili dio trupa od distorzije. Osim toga, ako je došlo do prodora vode u bilo koje skladište, poprečne vodonepropusne pregrade sprječavaju progresivno plavljenje drugih skladišta.<sup>24</sup>

Svi su brodovi projektirani s ograničenjima koja su nametnuta njihovoj operativnosti kako bi se osiguralo da se održava strukturni integritet. Prema tome, prekoračenje ovih ograničenja može rezultirati prenaprezanjem strukture broda što može dovesti do katastrofalnog oštećenja. Priručnik za krcanje koji je odobren za brod daje opis operativnih uvjeta utovara za koji je projektirana konstrukcija trupa. LCS (Loading Computer System) sa programima za ukrcaj osigurava lakši proračun sila mirne vode i momentata savijanja, u bilo kojem opterećenju ili stanju balasta i procjenjuje te vrijednosti u odnosu na projektirana ograničenja.<sup>25</sup>

Konstrukcija broda projektirana je da izdrži moguća statička i dinamička opterećenja s kojima se brod suočava tijekom svog životnog vijeka. Opterećenja koja djeluju na konstrukciju trupa kada brod pluta u mirnoj vodi su statična opterećenja. Ova opterećenja su uzrokovana:<sup>26</sup>

- stvarnom težinom brodske konstrukcije, opreme i strojeva,
- opterećenjem tereta (težina),
- bunkerom i drugim potrošnim teretom (težina),
- balastnim opterećenjem (težina),
- hidrostatskim tlakom (tlak morske vode koji djeluje na trup).

Dinamički tlakovi su ona opterećenja koja naprežu brodsku strukturu trupa na osnovu djelovanja valova i efekata broskog kretanja (udaranja pramca o valove, sile ubrzanja,

---

<sup>23</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

<sup>24</sup> Ibid

<sup>25</sup> Ibid

<sup>26</sup> Ibid



slobodnih tekućina i sl.). Kad se jedno skladište prekrea to povećava statički tlak u brodskoj strukturi i smanjuje otpor broda da izdrži dinamički tlak u nemirnom moru..<sup>27</sup>

Preopterećenje tereta u pojedinim skladišnim prostorima povećat će razine statičkog naprezanja na brodsku strukturu i smanjiti sposobnost čvrstoće konstrukcije da izdrži dinamička opterećenja u nepovoljnim uvjetima na moru..<sup>28</sup>

Bulk carrieri koji su klasificirani od strane članica IACS-a imaju određene granične vrijednosti za smične sile u mirnoj vodi - *STILL WATER SHEAR FORCES (SWSF)* - i za momente savijanja u mirnoj vodi - *STILL WATER BENDING MOMENTS (SWBM)*. Osim toga, određene su i granične vrijednosti za smične sile i momente savijanja za uvjete na otvorenom moru. Postoje dva seta dopuštenih SWSF i SWBM za svaki brod i to:<sup>29</sup>

- ograničenja SWSF i SWBM za otvoreno more (*SEA*),
- ograničenja SWSF i SWBM u luci (*HARBOUR*).

Kada brod pluta u mirnoj vodi, njegova težina (praznog opremljenog broda, zaliha, balasta i/ili tereta) se podupiru uzgonom broda. Uzduž trupa broda postojat će razlike između vertikalnih sila i uzgona što će uzrokovati savijanje broskog trupa kao grede.<sup>30</sup>

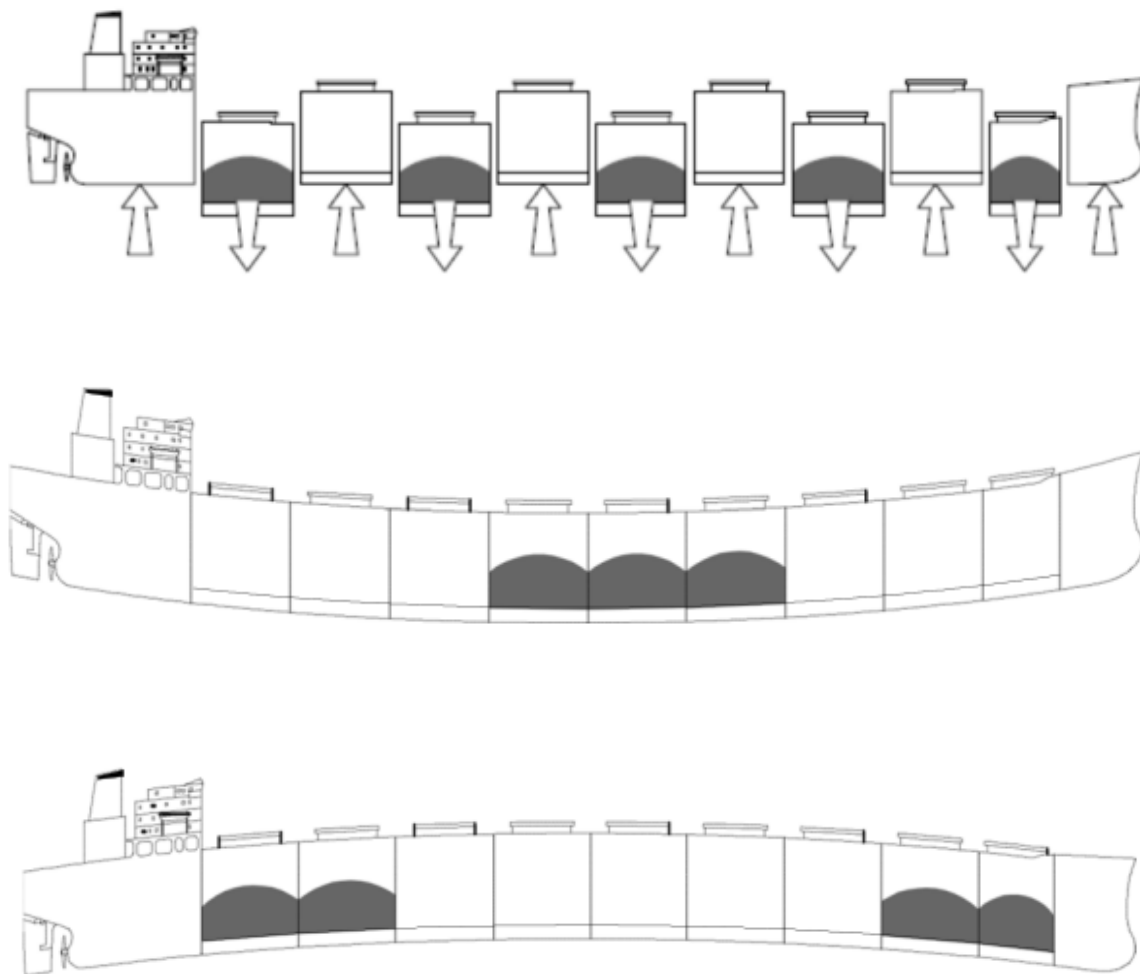
---

<sup>27</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

<sup>28</sup> Ibid

<sup>29</sup> Ibid

<sup>30</sup> Ibid



Slika 10.: Progib i pregib broda

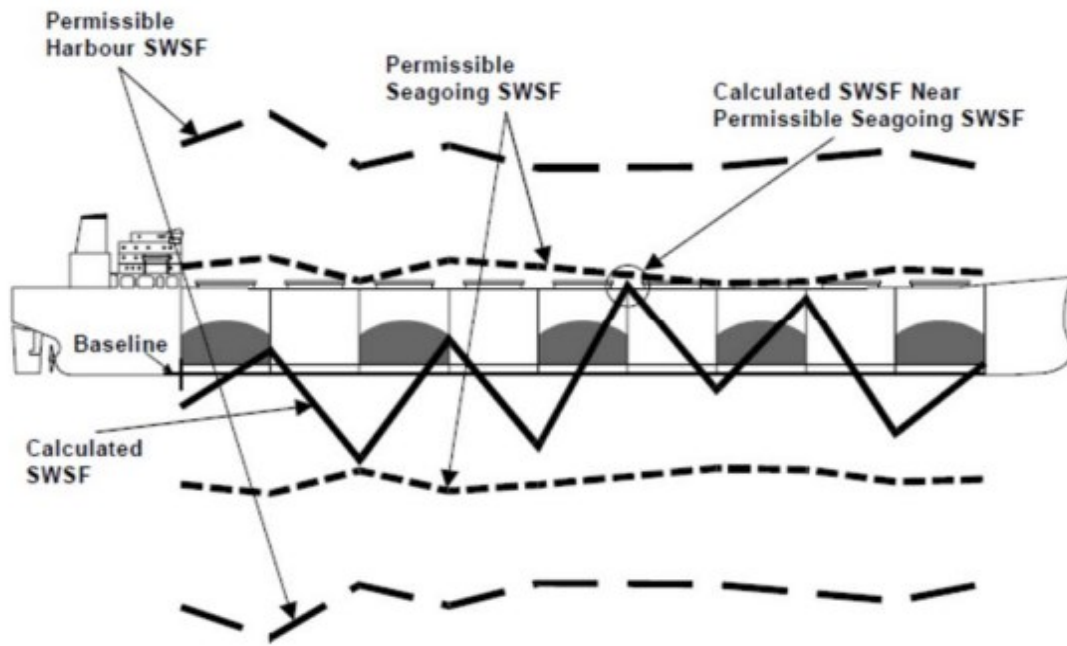
Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Na moru je situacija drugačija i brod se dodatno napreže tlakom kojeg uzrokuju valovi. Hrptenica je izložena kombinaciji tlakova koji djeluju u tzv. „mirnoj vodi“ i pojačanim smičnim silama i momentima savijanja zbog valova.<sup>31</sup>

Ova opterećenja zajedno podnose uzdužni dijelovi trupa broda kao što su ojačana paluba, oplata trupa broda (opločenje boka i dna), opločenje pokrova dvodna, uzdužnjaci, hrptenica i bočni nosači, opločenja bočnih i krovnih tankova, njihovi uzdužnjaci koji se zajedno nazivaju elementi uzdužne čvrstoće (*hull girder*). Na slikama 10. i 11. su prikazane dozvoljene i izračunate SWSF i SEBM te usporedbe za luku i po moru.<sup>32</sup>

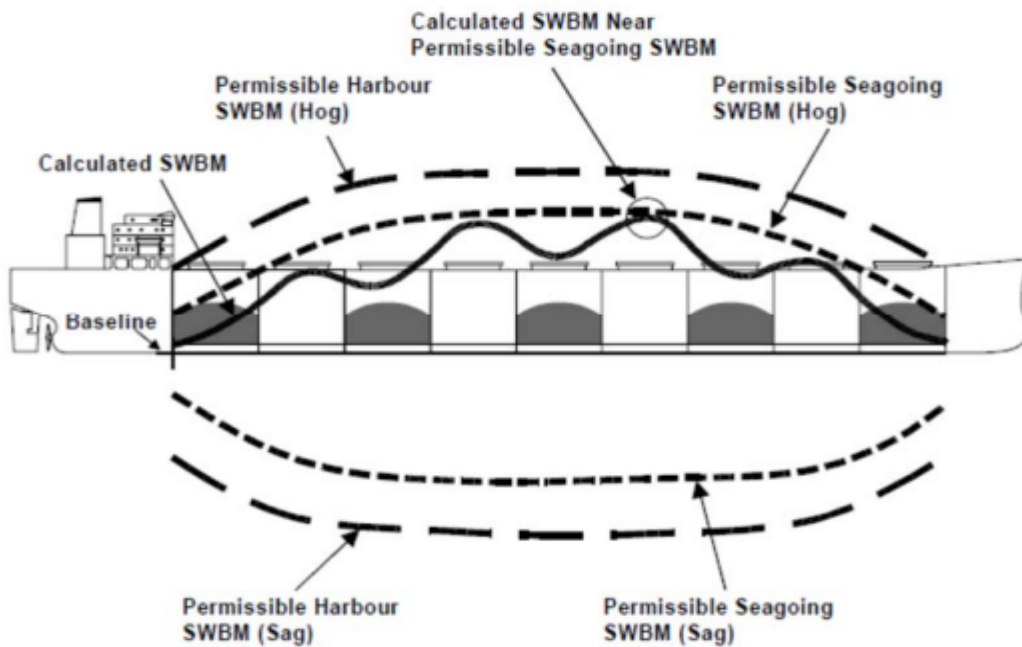
<sup>31</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

<sup>32</sup> Ibid



Slika 11.: Dozvoljene i izračunate smične sile

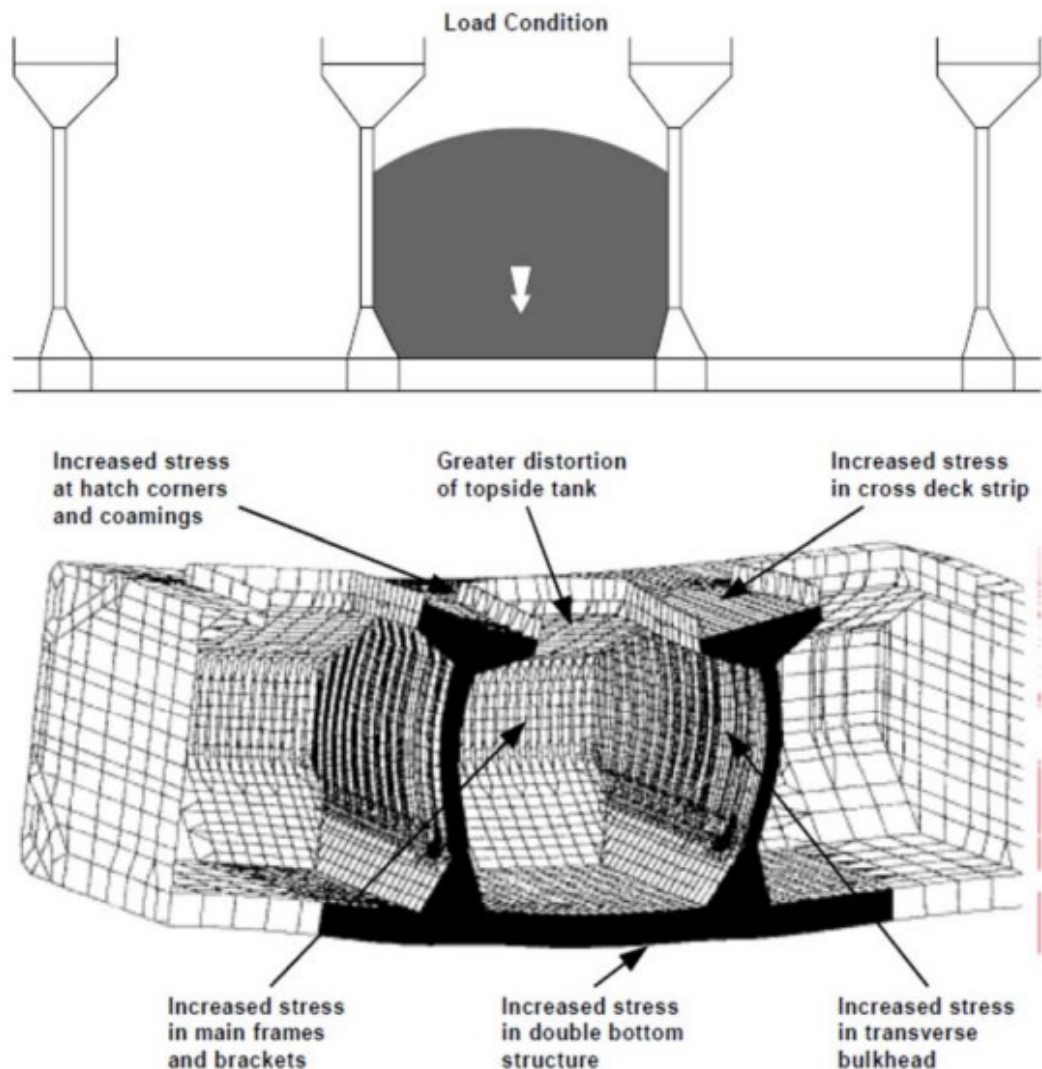
Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)



Slika 12.: Dozvoljeni i izračunati momenti savijanja

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

U cilju povećanja sigurnosti i elastičnosti, bulk carrieri imaju kriterije krcanja, odnosno definirano je koliko se maksimalno može ukrcati u pojedina skladišta i parove skladišta (kada se krca u bloku) u odnosu na različite gazove broda. Prekoračenje ovih kriterija je prikazano na slici 12.<sup>33</sup>



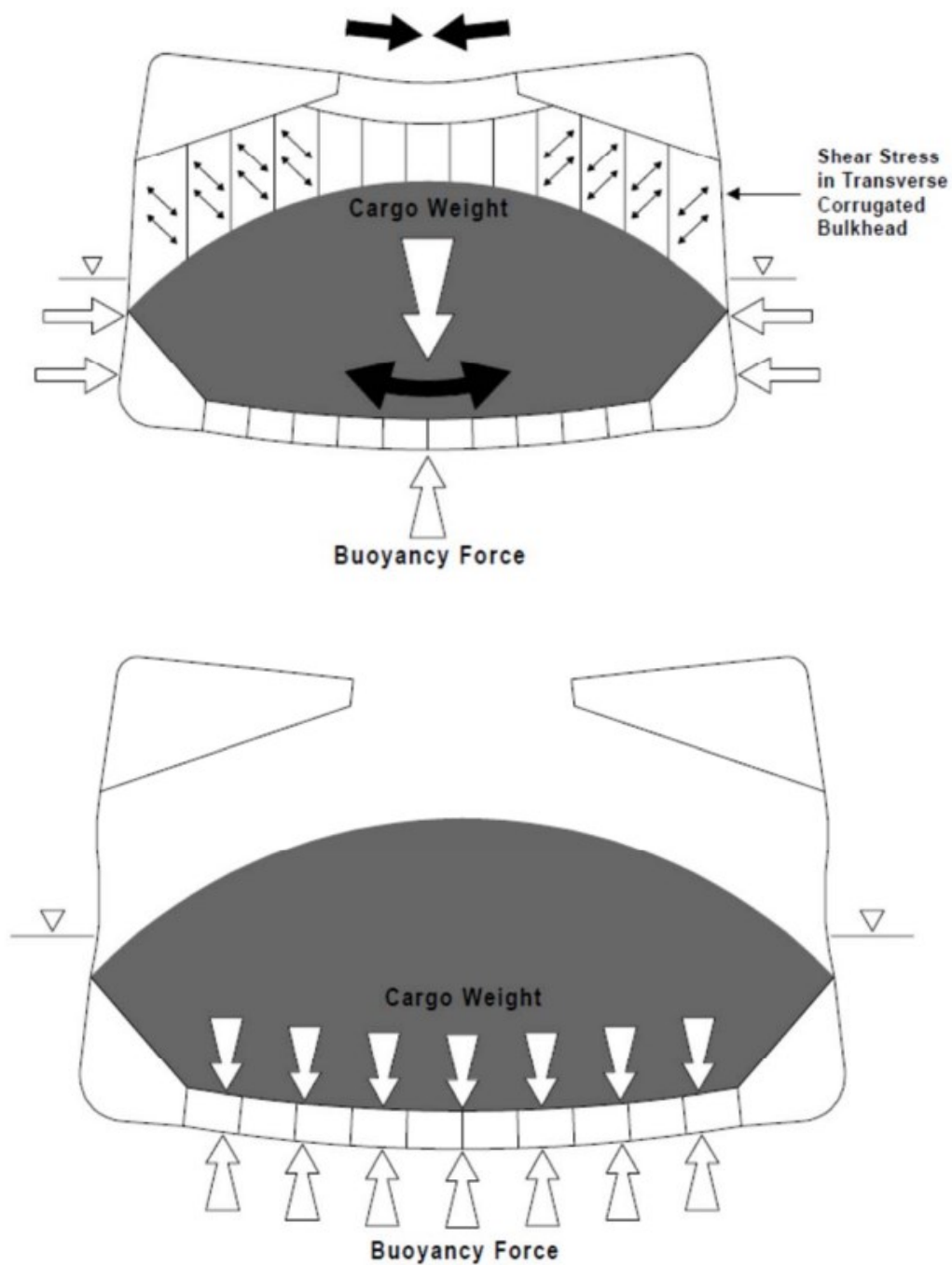
Slika 13.: Deformacija strukture skladišta zbog prekrcaja skladišta

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Kao što se može uočiti, previše tereta u pojedinom skladištu uzrokuje preopterećenja duplog dna, nepropusnih pregrada, glavnih rebara i ostalih dijelova. Kada je još uz navedeno prisutan

<sup>33</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

neprikladan gaz broda, dolazi do prekomjernih vertikalnih opterećenja na duplo dno koje uzrokuje deformacije cjelokupne strukture skladišta, kao što je prikazano na slici 13.<sup>34</sup>

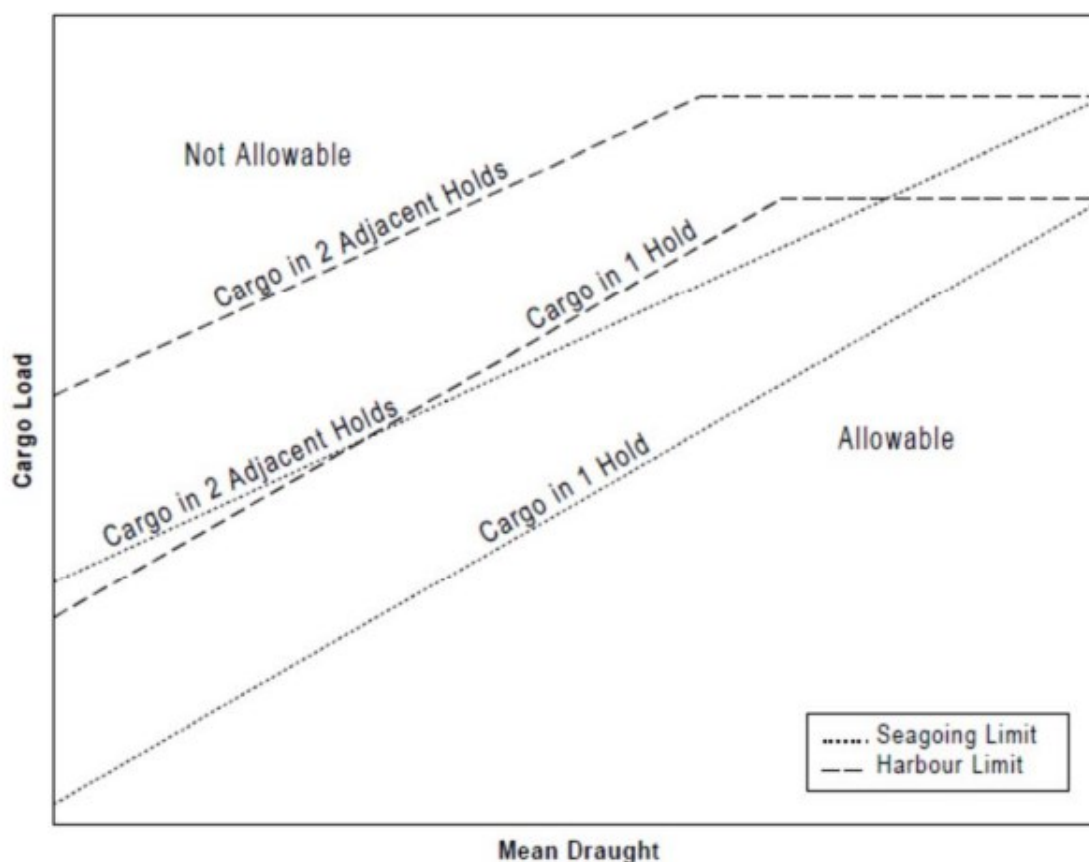


Slika 14.: Deformacija nepropusne pregrade i dvodna

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

<sup>34</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

Tipični dijagram utovara za teretni prostor (ojačano skladištenje) u kombinaciji sa ograničenjima broda za rasuti teret je prikazano na slici 14.



Slika 15.: Primjer dijagrama utovara za prijevoz rasutog tereta

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Važan trend koji treba uočiti iz dijagrama opterećenja je da postoji smanjenje u nosivosti tereta skladišta sa smanjenjem srednjeg gaza. Prekoračenje ovih ograničenja će nametnuti velika naprezanja u strukturi broda jer će biti preopterećena skladišta tereta. Postoje dva skupa lokalnih kriterija utovara ovisno o raspodjeli opterećenja tereta, pojedinačno opterećenje skladišta ili dva susjedna opterećenja skladišta.<sup>35</sup>

Dopuštena opterećenja teretom za svako skladište ili opterećenja teretom u dva susjedna skladišta su definirana u priručniku za ukrcaj i programima za ukrcaj. Kada se vodeni balast prevozi u dvostrukom dnu i uzvojnim i potpalubnim tankovima, najveća dopuštena težina tereta treba se umanjiti za težinu vodenog balasta koji se prevozi u tankovima.

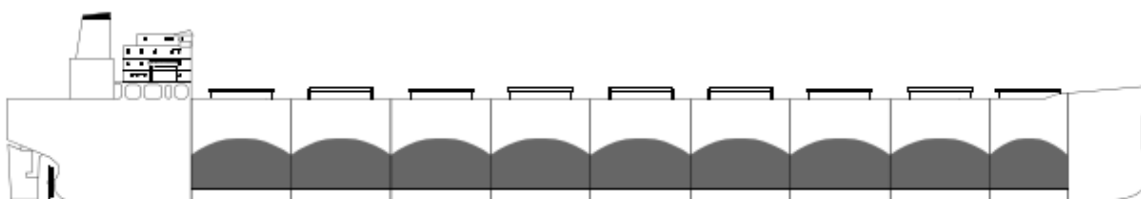
<sup>35</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

## 5. NAČIN KRCANJA BRODOVA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA

*Bulk carriers* su dizajnirani za prijevoz različitih tereta. Distribucija tereta uzduž duljine broda ima izravan utjecaj i na globalno savijanje i na smicanje nosača trupa i na naprezanje u lokaliziranim konstrukcijama trupa. Najčešći načini krcanja bulk carriera su:<sup>36</sup>

- krcanje u sva skladišta jednako (*HOMOGENEOUS*),
- krcanje u svako drugo skladište (*ALTERNATE*),
- krcanje skladišta u bloku (paru) (*BLOCK*).
- BALAST je isto uobičajeno stanje krcanja

Krcanje u sva skladišta je uobičajeno za bulk carrier, pogotovo kada se radi o punom kapacitetu. Ovaj način se obično primjenjuje kod krcanja „lakih tereta“ (tereta male gustoće) kao što je ugljen i žitarice. Međutim, na ovaj način se može prevoziti i željezna ruda.<sup>37</sup>



Slika 16.: Homogeni način krcanja tereta

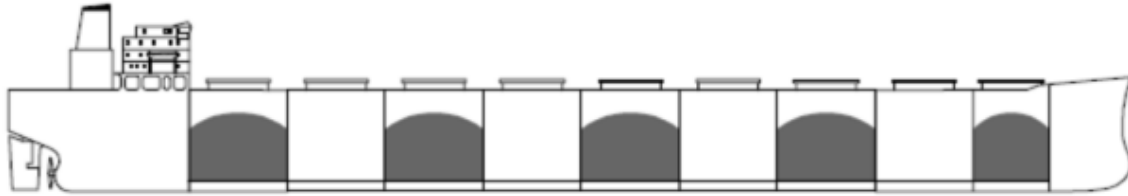
Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Kod teških tereta poput željezne rude je uobičajen prijevoz tereta u svakom drugom skladištu. Ovakav način podiže težište sustava broda i olakšava mu kretanje. Kada se teret krca ovako, u svakom skladištu se krca dvostruko veća težina nego kod homogenog načina krcanja cijelog broda. Zbog toga brod mora imati mogućnost ovakvog prijevoza, tj. mora biti specijalno dizajniran i ojačan.<sup>38</sup>

<sup>36</sup> International Association of Classification Societies, op.cit.

<sup>37</sup> Ibid

<sup>38</sup> Ibid



Slika 17.: Alternativni način krcanja tereta

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Kada se teret krcu u blok skladišta (dva ili više susjednih skladišta) obično se radi o djelomičnom ukrcaju broda, tj. nije ispunjen kapacitet broda. Budući da se u ukrcajnim priručnicima ne navodi posebno ovaj način ukrcaja (osim ako nije posebno zatraženo prilikom dizajniranja broda), treba paziti na količinu tereta u pojedinim skladištima i gaz koji će brod imati u plovidbi.



Slika 18.: „Blok“ način krcanja tereta

Izvor: International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)

Da bi *bulk carriers* mogli prevoziti namotaje lima (engl. Coils) " moraju imati posebno ojačanje na pokrovu dvodna i gušće postavljene rebrenice.





Slika 4 Slaganje *coilsa* u skladište

Izvor: <https://thenevalarch.com/steel-coils-loading-its-challenges-and-ways-to-overcome/>

## 6. ZAKLJUČAK

*Bulk carriers* su brodovi u kojima se prevoze sipki tereti u rasutom stanju. Oni su obično s jednostrukom ili dvostrukom oplatom namijenjeni prvenstveno za prijevoz suhog rasutog tereta. Obično su s jednom palubom, dvodnom, uzvojnim i potpalubnim bočnim tankovima u skladištima tereta. Danas brodovi za rasuti teret čine 42,84 % ukupne flote brodova prema podacima UNCTAD STAT..

Dizajn brodova za rasuti teret ovisi o mnogo čimbenika. Tijekom vremena vrsta tereta koju prevoze brodovi za prijevoz rasutog tereta se povećala, a navedeno je uzrokovalo rast broja, vrsta i veličina takvih brodova. SOLAS (Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru) definira brod za rasuti teret kao „brod konstruiran s jednom palubom, gornjim bočnim tankovima i donjim bočnim tankovima u prostorima za teret i koji je namijenjen primarno prijevozu rasutog suhog tereta, rude, ili za kombinirani prijevoz.“

Prema strukturnim svojstvima *bulk carriers* se dijele na brodove jednostrukom oplatom i brodove s dvostrukim trupom.

Dizajn broda za rasuti teret ne mijenja se značajno s veličinom. U osnovi, brod za rasuti teret 30.000 tona nosivosti obično ima istu strukturnu konfiguraciju kao brod od 80.000 tona nosivosti. Konstrukcija broda projektirana je da izdrži moguća statička i dinamička opterećenja s kojima se brod suočava tijekom svog životnog vijeka.

Tri najveće opasnosti koje se javljaju kod prijevoza rasutih tereta su pomak tereta, samozapaljenje tereta te ugroženi strukturni integritet trupa zbog neispravnog krcanja.

## LITERATURA

1. Chakraborty, S.: Understanding Design Of Bulk Carriers, MarineInSight, 2019. dostupno na: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-bulk-carriers/> (17.06.2023.)
2. International Association of Classification Societies: Bulk carriers, 2018., dostupno na: <https://iacs.org.uk/download/8522> (17.06.2023.)
3. Maritime page: Dry Bulk Carriers – All Major Sizes and Types, dostupno na: <https://maritimepage.com/dry-bulk-carriers-sizes-and-types/> (15.06.2023.)
4. Naval Encyclopedia: The Bulk Carriers, dostupno na: <https://naval-encyclopedia.com/civ/bulk-carriers.php> (12.06.2023.)
5. Srednja škola Ambroza Haračića: Osnove brodogradnje, str. 11-12., dostupno na: <http://www.ss-aharacica-malilosinj.com.hr/wp-content/uploads/2011/03/1.-Tekst-Osnove-brodogradnje-1.-dio.doc> (10.06.2023.)

## POPIS SLIKA

Slika 1.: Brod za prijevoz rasutih tereta .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 2.: Model SS John Bowes .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 3.: Berge Stahl (1986) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 4.: Panamax Bulk Carrier .....	8
Slika 5.: Opći raspored na brodu za prijevoz rasutog tereta.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 6.: Tipična konstrukcijska konfiguracija skladišta tereta za rasuti teret	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 7 Mješoviti sustav orebrenja broda za rasute terete: bok i paluba među grotlima poprečno, dno i paluba izvan grotala uzdužno .....	13
Slika 8 Nomenklatura za tipični poprečni presjek na putu teretnog skladišta.....	14
Slika 9.: Nomenklatura za tipičnu valovitu poprečnu vodonepropusnu pregradu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 10.: Progib i pregib broda .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 11.: Dozvoljene i izračunate smične sile.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 12.: Dozvoljeni i izračunati momenti savijanja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 13.: Deformacija strukture skladišta zbog prekrcaja skladišta	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 14.: Deformacija nepropusne pregrade i dvodna .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 15.: Primjer dijagrama utovara za prijevoz rasutog tereta	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 16.: Homogeni način krcanja tereta .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 17.: Alternativni način krcanja tereta .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 18.: „Blok“ način krcanja tereta .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 19 Slaganje <i>coilsa</i> u skladište .....	25