

# DIMENZIONIRANJE I IZRADA RAČUNALNOG MODELA STRUKTURE TRUPA BARŽE ZA PRIJEVOZ TEKUĆEG TERETA OD 1450 tdw

---

**Penava, Davor**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:535274>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski stručni studij brodogradnje

Završni rad

**DIMENZIONIRANJE I IZRADA RAČUNALNOG MODELA  
STRUKTURE TRUPA BARŽE ZA PRIJEVOZ TEKUĆEG  
TERETA OD 1450 tdw / HULL SCANTLINGS AND  
STRUCTURAL MODEL OF 1450 tdw BUNKER BARGE**

Rijeka, rujan 2022.

Davor Penava  
0069056978

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski stručni studij brodogradnje

Završni rad

**DIMENZIONIRANJE I IZRADA RAČUNALNOG MODELA  
STRUKTURE TRUPA BARŽE ZA PRIJEVOZ TEKUĆEG  
TERETA OD 1450 tdw / HULL SCANTLINGS AND  
STRUCTURAL MODEL OF 1450 tdw BUNKER BARGE**

Mentor: prof. dr. sc. Albert Zamarin

Rijeka, rujan 2022.

Davor Penava  
0069056978

Rijeka, 10. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**  
Predmet: **Konstrukcija broda**  
Grana: **2.02.01 konstrukcija plovnih i pučinskih objekata**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Davor Penava (0069056978)**  
Studij: **Preddiplomski stručni studij brodogradnje**

Zadatak: **DIMENZIONIRANJE I IZRADA RAČUNALNOG MODELA STRUKTURE TRUPA BARŽE ZA PRIJEVOZ TEKUĆEG TERETA OD 1450 tdw / HULL SCANTLINGS AND STRUCTURAL MODEL OF 1450 tdw BUNKER BARGE**

### Opis zadatka:

U okviru zadatka potrebno je:

- uvodno prikazati podjelu barži prema veličini i vrsti tereta i strukturalnim specifičnostima, te prikazati osnovne konstrukcijske značajke i usporediti različita konstrukcijska rješenja teretnog prostora,
- za predloženi osnovni strukturalni raspored i glavne dimenzije barže za prijevoz tekućeg tereta i područje unutarnje plovidbe, proračunati dimenzije osnovnih elemenata strukture trupa, te izraditi nacrt glavnog rebra,
- izraditi računalni strukturalni model predložene barže kao pripremu za strukturalnu analizu koristeći kombinacije prikladnih dostupnih programskih paketa za opće modeliranje i modeliranje brodskih konstrukcija.


Dimenzioniranje strukturalnih elemenata izvršiti prema relevantnim pravilima i propisima nekog od priznatih klasifikacijskih društava.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.



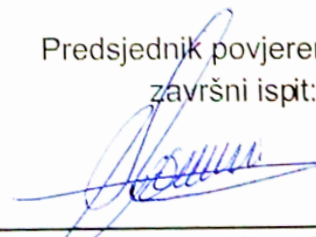
Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2020.

Mentor:



Prof. dr. sc. Albert Zamarin

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:



Prof. dr. sc. Albert Zamarin

## **IZJAVA**

Ovom izjavom potvrđujem da sam završni rad s naslovom „**Dimenzioniranje i izrada računalnog modela strukture trupa barže za prijevoz tekućeg terete od 1450 tdw / Hull scantlings and structural model of 1450 tdw bunker barge**“ pod mentorstvom prof. dr. sc. Alberta Zamarina pisao samostalno primjenjujući znanja i vještine stečene tijekom studiranja na Tehničkome fakultetu u Rijeci, kao i metodologiju znanstveno-istraživačkoga rada, te uz korištenje literature koja je navedena u radu. U završnome radu dijelovi tekstova drugih autora obilježeni su i povezani sa izvornom literaturom.

Rijeka, rujan 2022.

Davor Penava

---

## **ZAHVALA**

Ovu zahvalu upućujem profesorima koji su sudjelovali u mom obrazovanju, a posebno svom mentoru prof. dr. sc. Albertu Zamarinu radi prenesenog znanja i vještina iz područja brodogradnje.

Također se zahvaljujem tvrtki Navtec Marine d.o.o., koja me je u svijet brodogradnje uvela na način koji može biti samo za primjer drugima, a to je kroz stvarne projekte, rad s ljudima i jedno dinamično okruženje gdje se vrednuje znanje, vještine i zalaganje svakog pojedinca.

Na posljetcu se zahvaljujem onim najbitnijima koji su uvijek bili uz mene i bez kojih ništa od ovoga ne bi bilo moguće, a to su članovi moje obitelji.

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. BARŽA</b> .....	3
2.1. Plovni sastavi.....	13
2.2. Promet unutarnjim vodama u Hrvatskoj.....	16
<b>3. PRORAČUN STRUKTURE TRUPA</b> .....	20
3.1. Glavne dimenzije.....	22
3.2. Proračun dimenzija osnovnih elemenata trupa .....	23
<b>4. RAČUNALNI MODEL</b> .....	34
4.1. Priprema za izradu računalnog modela .....	34
4.2. Metodologija izrade računalnog modela .....	46
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	54
<b>6. LITERATURA</b> .....	55
<b>7. POPIS OZNAKA I KRATICA</b> .....	56
<b>8. POPIS SLIKA</b> .....	59
<b>9. POPIS TABLICA</b> .....	61
<b>10. SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI</b> .....	62
<b>11. PRILOZI</b> .....	63
Prilog A .....	64
Prilog B .....	Košuljica
Prilog C .....	Košuljica

## 1. UVOD

U ovom radu će se dimenzionirati struktura barže za tekući teret i unutarnju plovidbu prema pravilima i propisima Lloyd's Register-a [1].

Nakon proračuna dimenzija elemenata strukture trupa barže u programskom paketu “Rhinoceros 3D” izmodelirat će se geometrija trupa barže kao dio pripreme modela za strukturnu analizu.

Strukturna analiza se može raditi analitičkim i numeričkim metodama, za slučaj plovila koja prevoze tekući teret registar [1] propisuje da je potrebno napraviti “analizu tri tanka” metodom konačnih elemenata (FEM - Finite Element Metod).

Pripremljena geometrija se koristi kao ulazni podatak za daljnju pripremu modela za strukturnu analizu koja se obavlja numeričkom metodom pod nazivom “metoda konačnih elemenata” u nekom od programskih paketa kao što su: Abaqus, Ansys, Femap itd.

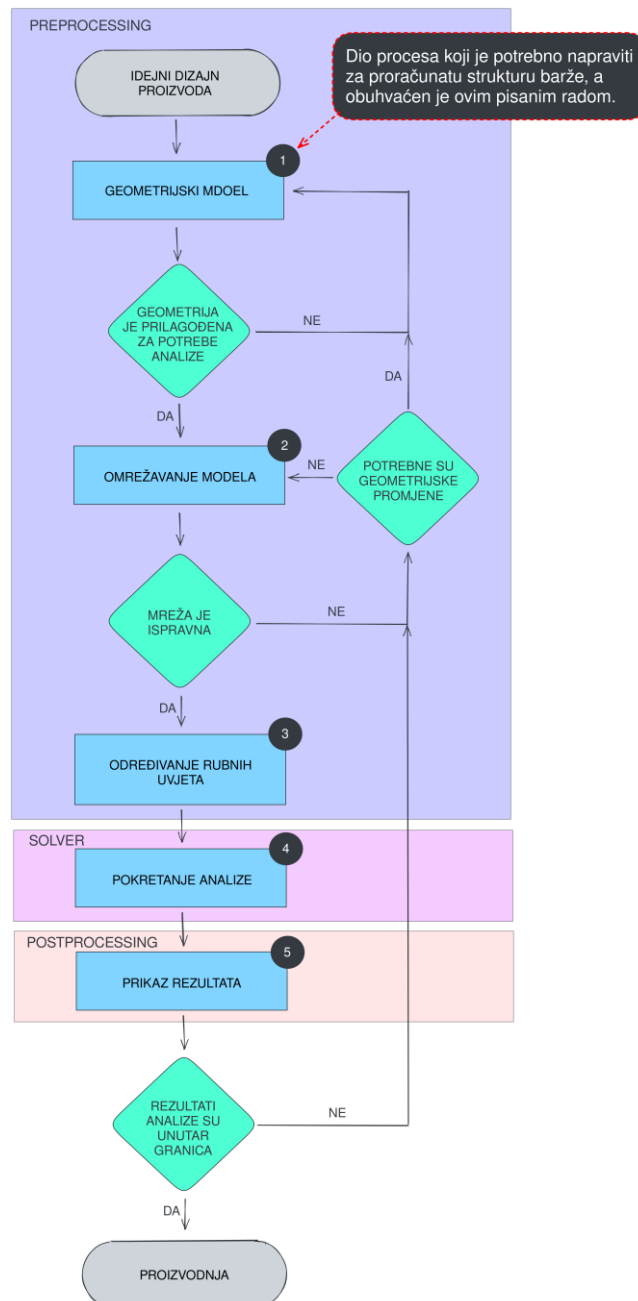
Pripremljena geometrija se koristi za izradu mreže i postavljanje rubnih uvjeta (oslonaca i opterećenja). Tako pripremljen model (engl. *preprocessing*) spreman je za pokretanje analize tj. rješavača (engl. *Solver*) i prikaz rezultata naknadnom obradom istih (engl. *Postprocessing*).

Većina programskih paketa koji se danas nalaze na tržištu a namijenjeni su za izradu strukturne analize metodom konačnih elemenata tj. FEA (Finite Element Analysis) programski paketi u sebi imaju sva tri modula. Modul za pripremu modela, modul rješavača i modul naknadne obrade podataka.

Iako se geometrija može izraditi unutar FEA programskih paketa, za izradu geometrije koriste se programski paketi kojima je primarna namjena izrada geometrije. Ti programski paketi se zovu CAD (Computer Aided Design) programski paketi.



Proces obavljanja analize konačnim elementima od idejnog dizajna do konačnih rezultata prikazan je na slici koja se nalazi u nastavku teksta (*Slika 1.1.*).



- 1 – Izrada geometrije u nekom od CAD programskih paketa.
- 2 – Diskretizacije geometrije različitim tipovima elemenata u smislu što optimalnijeg opisivanja geometrijskog modela.
- 3 - Reprzentacija stvarnih uvjeta pomoću definiranja oslonaca i opterećenja.
- 4 - Odabir rješavača i tipa analize.
- 5 - Grafički prikaz rezultata analize preko elemenata i/ili čvorova mreže.

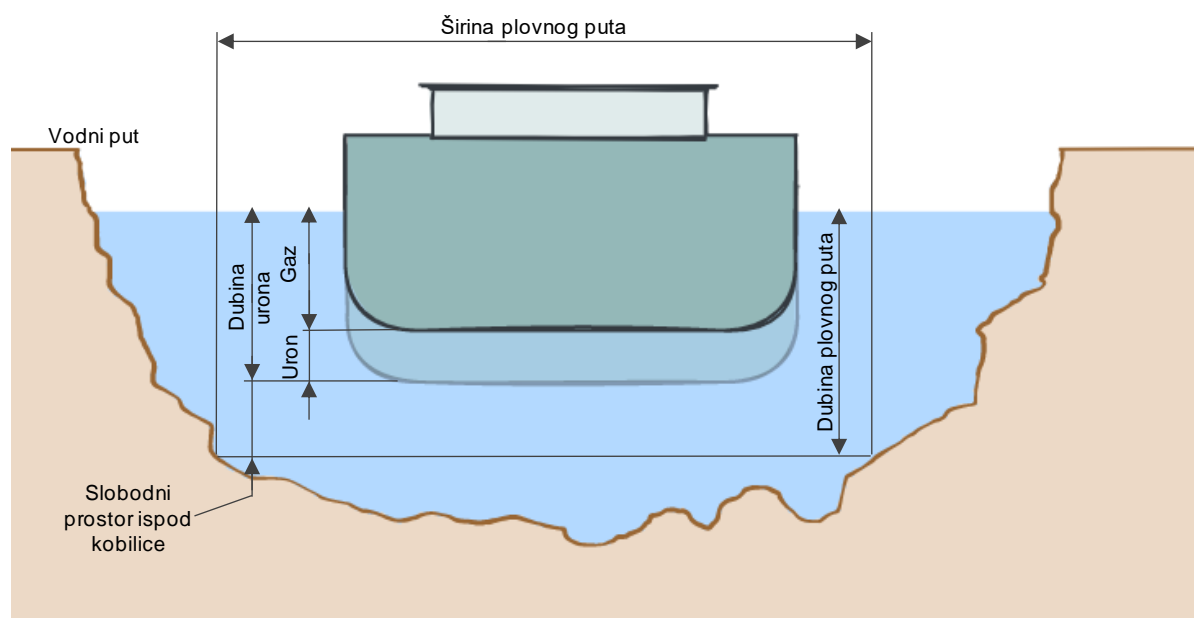
*Slika 1.1. FEA proces.*

## 2. BARŽA

Plovidba rijekama, kanalima i jezerima naziva se unutarnja plovidba, a transport roba i dobara unutarnjom plovidbom ne zamisliv je bez barži.

Barže su jeftinije od brodova, imaju mali gaz i mogu se slagati u konvoj različitih sastava (formacija). Konvojima se mogu prevesti velike količine tereta kroz ograničene plovne puteve. Zbog navedenih razloga barže su pretežito zastupljene u riječnom prometu.

Dubina plovnog puta (Slika 2.1.) ovisi o uzdužnom i poprečnom profilu, trenutnom vodostaju, te hidrološkim i morfološkim svojstvima vodnog puta. Ona određuje maksimalno dozvoljeni gaz plovila što utječe na količinu tereta koju je moguće prevesti.



Slika 2.1. Odnos dimenzija plovnog puta [2].

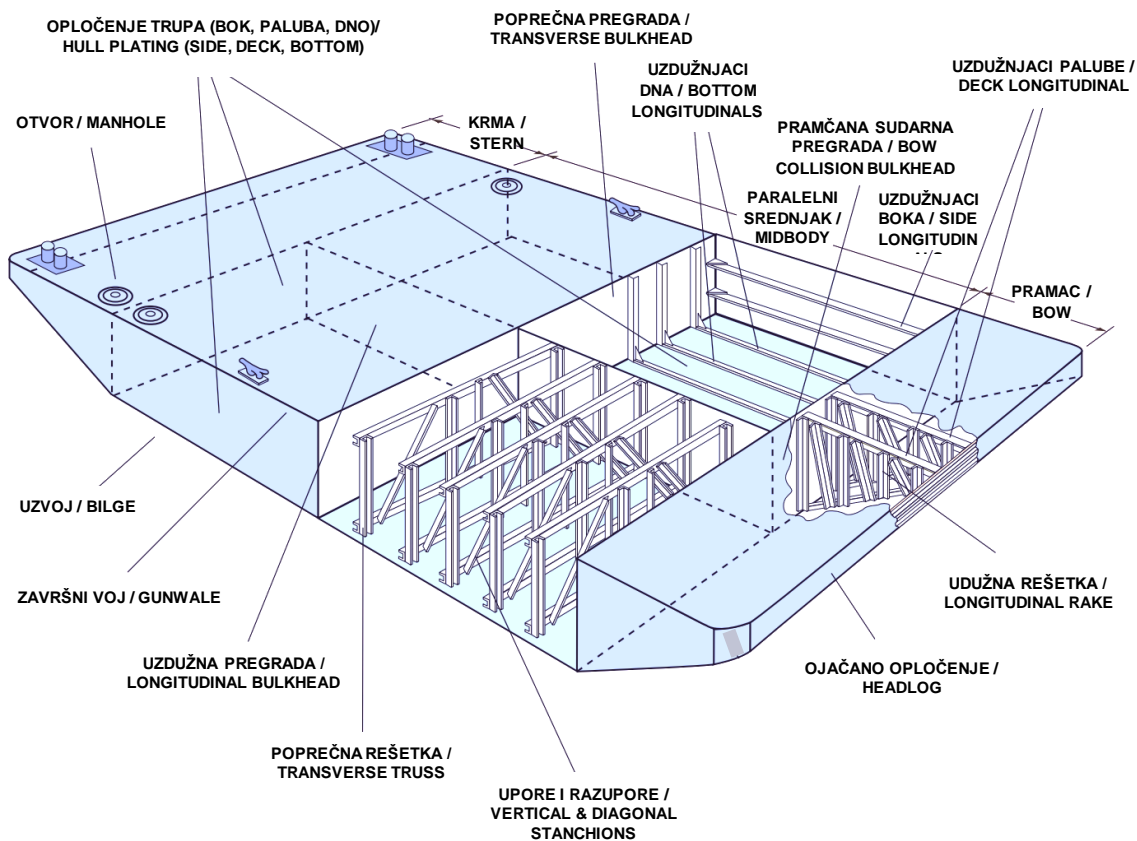
Plovilo bez vlastitog pogona koje može biti potisnica (engl. *lighter*) ili teglenica, često se nalazi u konvojima definiranog plovnog sastava (formacije) koje gura ili vuče poseban brod zove se barža (engl. *dump barge* ili engl. *tank barge* tj. barža za kruti ili tekući teret).

Barže se mogu podijeliti s obzirom na:

- a) Područje plovidbe koje može biti unutarnja plovidba i oceanska plovidba.

Barže za unutarnju plovidbu su građene za plovidbu rijekama, kanalima, zaljevima i jezerima te su sastavni dio razvoja mnogih industrija i zajednica koje ovise o vodnim putevima.

Primjer strukture barže za plovidbu unutarnjim vodama prikazan je na slici u nastavku (Slika 2.2.).

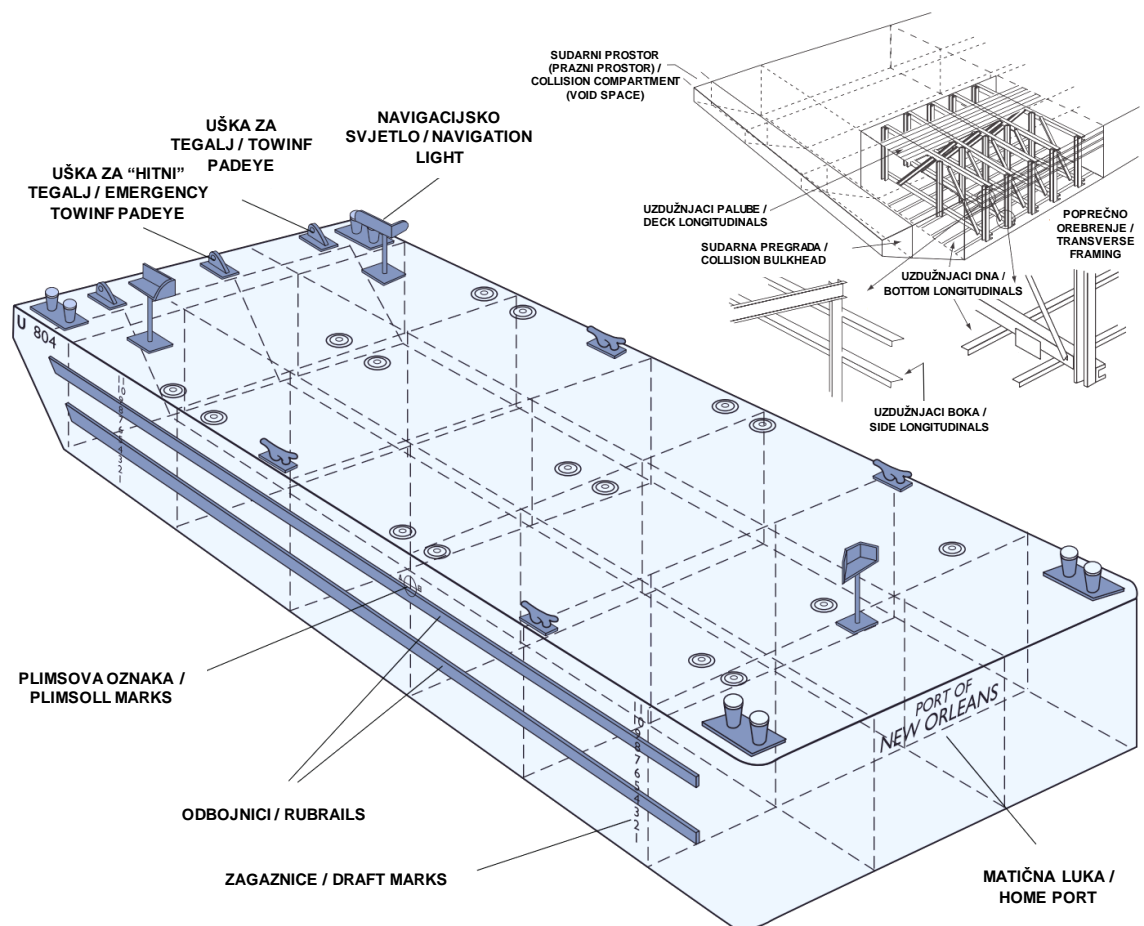


Slika 2.2. Skica primjera strukture barže za unutarnju plovidbu [3].

Barže za oceansku plovidbu plove izvan granica unutarnjih voda. Koriste se kao alternativa prekooceanskim brodovima za transport roba i dobara u luke koje nemaju prilagođenu dubinu tj. imaju pristaništa malog gaza.

Tereti velikih volumena kao što su cijevi velikih promjera i iznimno teška oprema, kao što su objekti za proizvodnju nafte pogodni su za transport baržama.

Kod oceanske plovidbe uslijed djelovanja valova i vjetera javljaju se veća opterećenja nego kod plovidbe unutarnjim vodama stoga je i struktura oceanskih barži (Slika 2.3.) dodatno pojačana naspram barži za plovidbu unutarnjim vodama (Slika 2.2.).



Slika 2.3. Skica primjera strukture barže za oceansku plovidbu [3].

- b) Veličinu koja je definirana veličinom konvoja (odnosi se na unutarnju plovidbu rijekama).

Tablica 2.1. Klase guranog konvoja [2]

Vodni put klasa	Formacija	Duljina (L), m	Širina (B), m	Gaz (T), m	Nosivost ( $\Delta$ ), t	Minimalna visina ispod mosta (H), m
IV		85	9,5	2,5 - 2,8	1 250 - 1 450	5,25 / 7,00
Va		95 - 110	11,4	2,5 - 4,5	1 600 - 3 000	5,25 / 7,00 / 9,10
Vb		172 - 185	11,4	2,5 - 4,5	3 200 - 6 000	5,25 / 7,00 / 9,10
Vla		95 - 110	22,8	2,5 - 4,5	3 200 - 6 000	7,00 / 9,10
Vlb		185 - 195	22,8	2,5 - 4,5	6 400 - 12 000	7,00 / 9,10
Vlc		270 - 280	22,8	2,5 - 4,5	9 600 - 18 000	9,10
Vlc		195 - 200	33,0 - 34,2	2,5 - 4,5	9 600 - 18 000	9,10
VII		275 - 285	33,0 - 34,2	2,5 - 4,5	14 500 - 27 000	9,10

- c) Vrstu tereta: kruti, rasuti i tekući.

d) Strukturalne specifičnosti s obzirom na namjenu koju plovilo vrši:

**Deck barges (teretne barže)** su barže dizajnirane za transport tereta na palubama, razlikuju se po veličini i strukturi ovisno o namjeni.

Teret koji prevoze na palubi su gotove konstrukcije, brodske sekcije, oprema, cijevi, stupovi, stijene, stoka, materijali na paletama. U nekim slučajevima tekući teret može se prevoziti u unutrašnjim tankovima.

Ove barže se također koriste i kao radne platforme za radnike i strojeve služeći tako kao produžetak kopna.

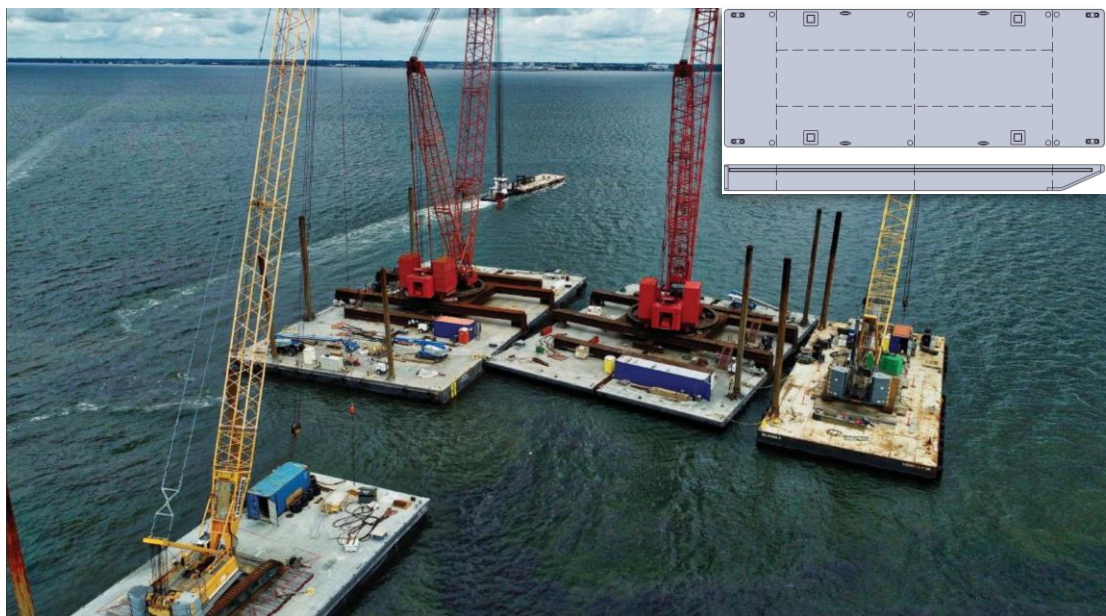


Slika 2.4. Deck barge – teretna barža [3].

**Spud and crane barges (kran barže)** su posebno izrađene barže za podupiranje kranova.

Oblik krme je kockast kako bi se omogućio dovoljan uzgon za vrijeme rada kрана. Ispod kрана se nalaze dodatna strukturna ojačanja, a kao podloga se koristi drvo koje za svrhu ima distribuciju opterećenja i povećanje trenja između dizalice i palubne barže.

Ove barže se također mogu koristiti za prijevoz tereta na palubi i kao radne platforme.



Slika 2.5. Spud and crane barges – kran barža [3].

**Hopper barges (barže za rasuti teret)** su barže uglavnom izrađene sa duplom strukturom dna (dvodnom) i duplom strukturom boka (dvobokom).

Izrađene su za prijevoz tereta u rasutom stanju kao što su: žitarice (pšenica, ječam, suncokret), šećer, čelik, rudače, agregati i drugi rasuti teret.

Otvori grotala teretnog prostora mogu biti sa ili bez poklopaca čija je svrha zaštita tereta od vanjskih utjecaja.



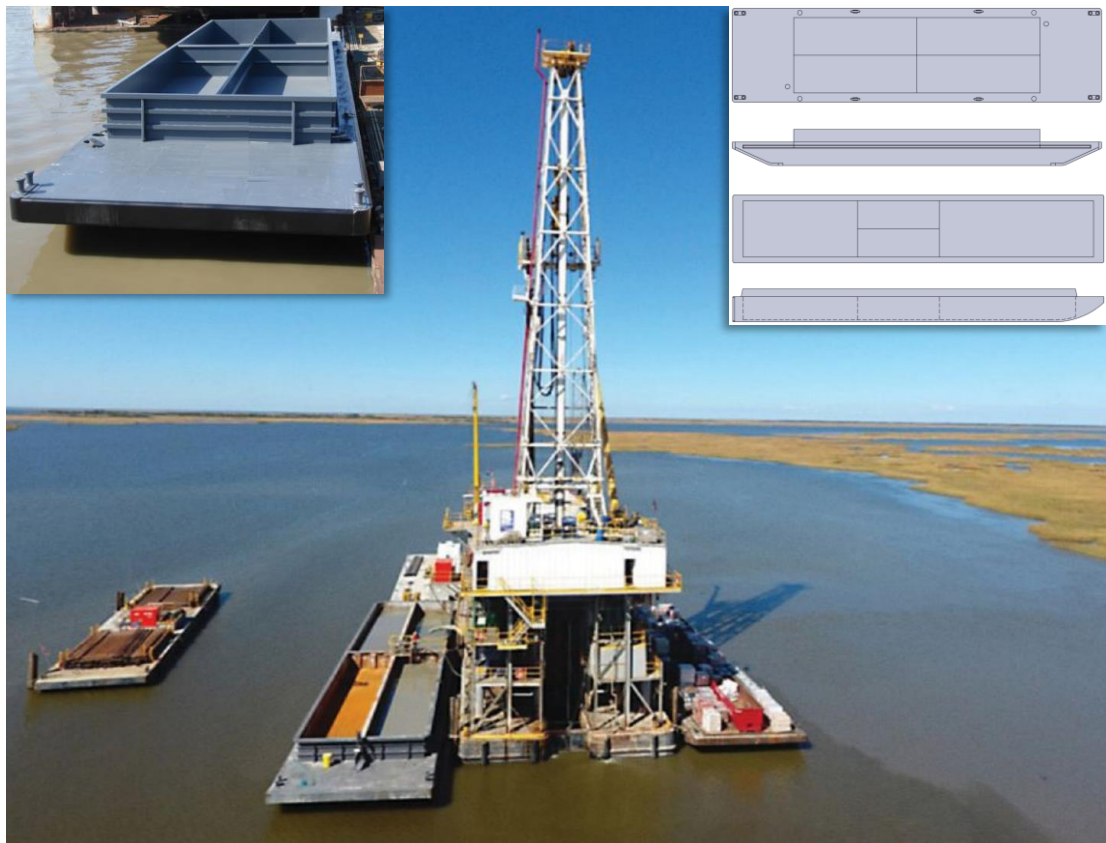
Slika 2.6. Hopper barges – barža za rasuti teret [3].



**Shale barges (barže za zbrinjavanje naftnog otpada)** su barže koje prevoze teret na palubi koja na sebi ima spremnike za teret i tip barži za rasuti teret s otvorenim grotlima.

Koriste se na bušotinama nafte za prikupljanje otpada (tekućina i krhotina) kao nusprodukta procesa bušenja koji se ne može ispustiti u more iz ekoloških razloga.

Prikupljeni teret obavezna je zbrinuti tvrtka ovlašten za zbrinjavanje te vrste otpada.



Slika 2.7. Shale barges – barža za zbrinjavanje naftnog otpada [3].

**Liquid mud barges (barže za transport otpadnih tekućina naftnih bušotina)** ove barže su opremljene sa spremnicima na palubi koji služe za prijevoz „D“ i „E“ razreda neopasnih tekućina sa naftnih polja. Pod „D“ i „E“ razred pripadaju zapaljive tekućine koje ispuštaju zapaljive pare iznad 80°F (26.7 °C).

Ove barže su opremljene pumpnim sustavom i cijevima koje omogućuju cirkulaciju i pražnjenje prikupljenih tekućina na udaljene objekte.

Prikupljena tekućina se zbrinjava u objektima predviđenim za zbrinjavanje tog tipa otpada.



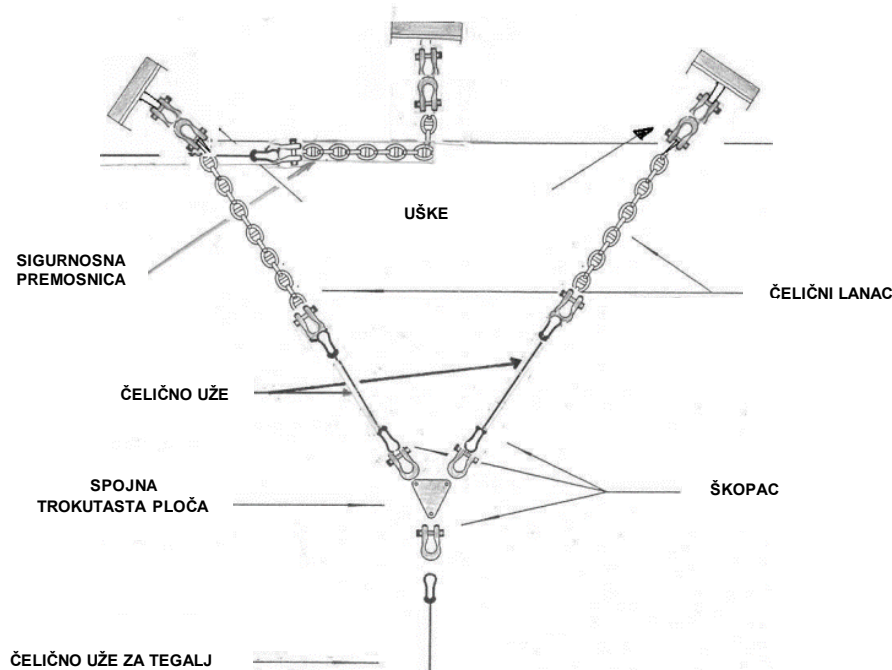
*Slika 2.8. Liquid mud barges – barža za transport otpadnih tekućina sa naftnih bušotina [3].*

Osnovne konstrukcijske značajke jedne barže su:

- Jednostavan dizajn – forma nije hidrodinamičkog oblika nego je izvedena u obliku pravokutnika sa skošenjem dna na krmi i/ili pramcu.
- Nema vlastiti pogon.
- Strukturna pojačanja na krmi zbog oslanjanja gurača.
- Strukturna pojačanja na pramcu zbog oslanjanja na drugu potisnicu.
- Uške na palubi za privez potisnica, teglenica tegljača.

Različita konstrukcijska rješenja na baržama:

- Zbog naglih promjena geometrije barža ima zgibove, konstrukcijski se ti prijelazi zgibova najčešće izvode pomoću čelične šipke okruglog poprečnog presjeka (tondin) na koji se punim provarom zavare limovi oplate.
- Plovilo manjih dimenzija, jednostavnost izrade, manje zahtjevni sustavi i nisko kvalificirana radna snaga za rezultat imaju veliku uporabu preklopnih koljena.
- Barže koje se tegle (teglenice) na pramcu imaju uške za tegalj (*Slika 2.9.*) ispod kojih mora biti dodatno ojačana struktura.

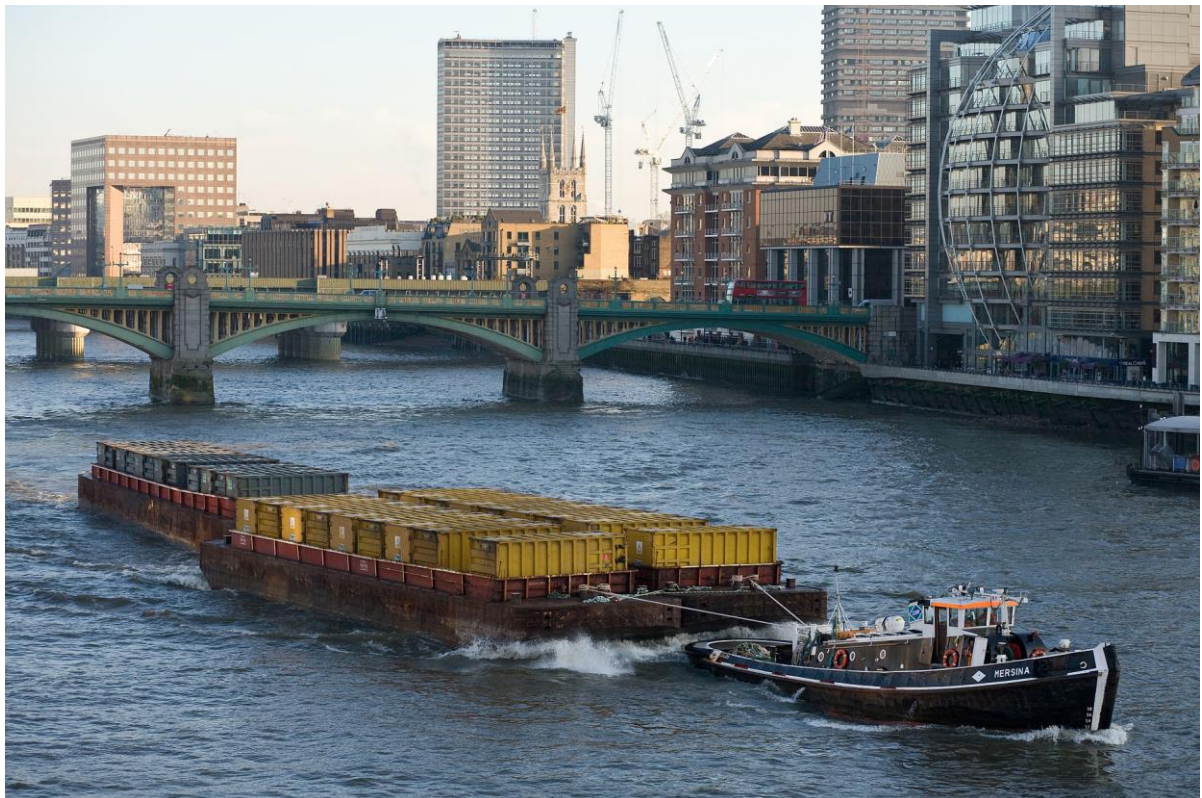


Slika 2.9. Skica povezivanja sustava za tegalj [4].

## 2.1. Plovni sastavi

Tegljeni sastav (*Slika 2.4.*) se uglavnom sastoji od tegljača (brod za tegljenje) s vlastitim porivnikom koji tegli jednu ili više teglenica u jednom ili više redova koristeći se vučnim vitlom (vitlo za tegalj) i čeličnom užadi (vučnicama).

Teglenica je plovilo bez vlastitog porivnika ili s porivnikom dovoljnim za ograničeno manevriranje koje se tegli pri plovidbi. Služi za transport krutog, rasutog i tekućeg tereta, a od opreme ima na pramcu sidreno vitlo s jednim ili dva sidra, te jedno ili tri kormila s mehaničkim ručnim sustavom za kormilarenje.



*Slika 2.10. Tegljeni sastav – Rijeka Temza [5].*

Zbog prednosti potiskivanja danas je gotovo istisnuto tegljenje na unutarnjim plovnim putevima Europe. Zbog malih polumjera zakrivljenosti rijeke i uskog plovnog puta tegljeni ili bočni sastav se još uvijek koristi npr. na Savi.

Potiskivani sastav se uglavnom sastoji od potiskivača (gurača) s vlastitim porivnikom i jednom ili više potisnica povezanih u nekoliko redova. Može se spajati i gibljivim spojnicama koje omogućavaju potisnicama savladavanje zakrivljenosti u riječnim područjima malog polumjera zakrivljenosti.



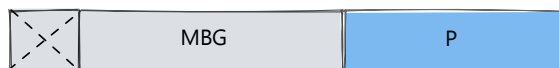
*Slika 2.11. Potiskivani sastav [6].*

Postoje razne kombinacije rasporeda potisnica unutar potiskivanog plovnog sastava neke od njih su prikazane na slici u nastavku teksta (*Slika 2.12.*).

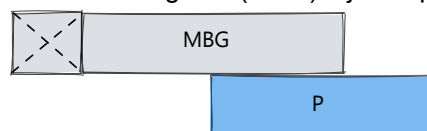
a) Motorni brod (MB).



b) Motorni brod-gurač (MBG) + jedna potisnica (P) u potiskivanom sastavu.



c) Motorni brod-gurač (MBG) + jedna potisnica (P) u bočnom sastavu.



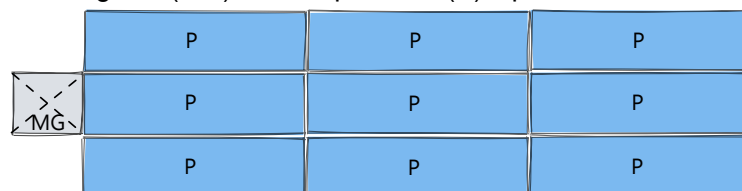
d) Motorni gurač (MG) + dvije potisnice (P) u potiskivanom sastavu.



e) Motorni gurač (MG) + četiri potisnice (P) u potiskivanom sastavu.



f) Motorni gurač (MG) + devet potisnica (P) u potiskivanom sastavu.



*Slika 2.12. Primjer potiskivanog sastava (formacija) prema vrsti i broju plovila [7].*

## 2.2. Promet unutarnjim vodama u Hrvatskoj

U Hrvatskoj ukupna duljina unutarnjih plovnih putova iznosi 804,1 km, od čega je međunarodnih 539,2 km i državnih 264,9 km.

Iako Sava ima najduži plovni put u Hrvatskoj on nije uređen za plovidbu, djelom je to posljedica razaranja u Domovinskom ratu. Najbolje uvjete za plovidbu ima Dunav. Plovni put Dunava od Batine do Iloka je osposobljen i obilježen za dnevnu i noćnu plovidbu.

Na području Hrvatske riječnim plovnim putem prevoze se: žitarice (pšenica, ječam, kukuruz, suncokret), sirovine (rudača, ugljen, koks), građevinski materijal (šljunak, pijesak, opeka), te tereti koji se zbog cijene transporta ili svojih dimenzija ne prevoze željezničkom prugom ili cestom.



Slika 2.13. Hrvatska, unutarnji vodni putovi luke i pristaništa [8].

U usporedbi s drugim prometnim granama, izučavanju riječnog prometa u Hrvatskoj ne pridodaje se velika važnost. Dok upravo zahvaljujući integraciji pomorskog i riječnog prometa luke: Rotterdam, Shanghai i New Orleans imaju dominantan utjecaj u transportu roba i dobara.



Slika 2.14. Satelitske slike: a) Rotterdam, b) Shanghai, c) New Orleans [9].



Korištenje transporta unutarnjim vodama kao jednog od načina transporta uvelike ovisi o pristupu mreži vodnih puteva.

Neke od zemalja nemaju pristup vodnim putevima, dok neke imaju široku mrežu vodnih puteva kao što su to Nizozemska i Belgija. Također neke zemlje imaju pristup mreži vodnih puteva ali samo u nekim dijelovima zemlje.

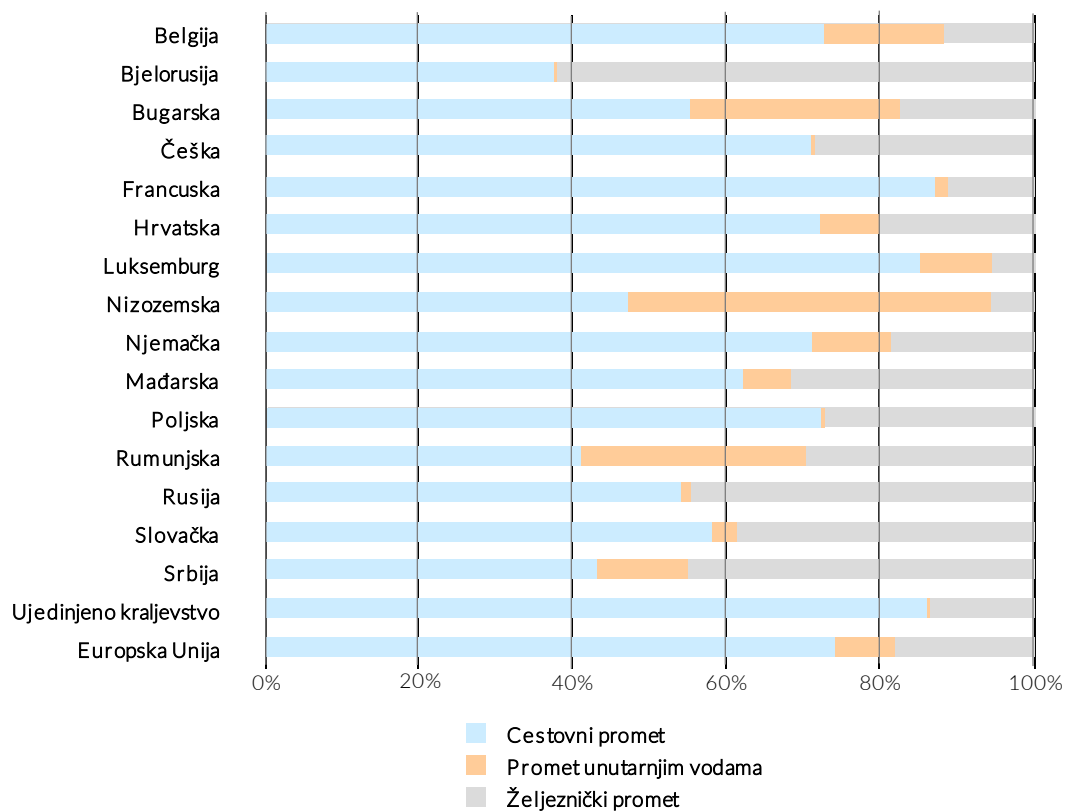
Transport roba unutar zemalja regije Ekonomske komisije za Europu (ECE *engl. Economic Commission for Europe*) vidljiv je u tablici (Tablica 2.2.).

Tablica 2.2. Transport tereta unutarnjim vodama ECE regije od 2011–2015  
(u tisućama tona) [10].

Zemlja	Godina				
	2011	2012	2013	2014	2015
Austrija	9 943	10 714	10 710	10 122	8 599
Belgija	172 905	190 288	187 404	190 303	188 258
Bjelorusija	6 711	4 023	4 486	3 758	2 960
Bugarska	14 448	16 378	16 726	16 922	17 201
Češka	911	836	608	802	850
Francuska	68 471	68 170	68 926	65 488	63 094
Hrvatska	5 184	5 934	5 823	5 377	6 642
Kazahstan	1 082	1 291	1 107	1 321	1 218
Litva	95	89	36	47	68
Luksemburg	8 956	8 506	8 987	8 390	7 107
Mađarska	7 175	8 135	7 857	7 825	8 163
Moldavija	149	144	...	...	...
Nizozemska	345 469	350 069	356 062	366 637	359 898
Njemačka	221 966	223 170	226 864	228 489	221 369
Poljska	3 143	2 574	3 185	5 899	5 036
Rumunjska	29 396	27 946	26 858	27 834	30 020
Rusija	125 867	137 488	134 860	119 080	118 120
Slovačka	8 211	8 242	8 107	7 010	5 721
Srbija	2 146	1 998	...	...	...
Švicarska	5 678	7 211	6 830	...	...
Ukrajina	9 900	7 800	6 300	6 000	6 400
Ujedinjeno kraljevstvo	3 478	3 693	5 252	5 689	5 594
Europska unija	526 420	531 452	524 781	552 405	544 712

Unutarnji transport roba i dobara može se svrstati u tri kategorije: cestovni promet, promet unutarnjim vodama i željeznički promet.

Ovisno o prometnoj povezanosti neke zemlje ona koristi određenu vrstu prometa za transport određenih roba i dobara. U zemljama Europe pretežito se koristi cestovni promet (*Slika 2.15.*).



*Slika 2.15. Podjela unutarnjeg prometa s obzirom na vrstu prometa u pojedinim zemljama Europe za 2014. godinu [10].*

### 3. PRORAČUN STRUKTURE TRUPA

Proračun osnovnih elemenata strukture trupa napravljen je prema općem planu (*Slika 3.2.* i *Slika 3.3.*) i glavnim dimenzijama barže koje su preuzeta iz literature [12].

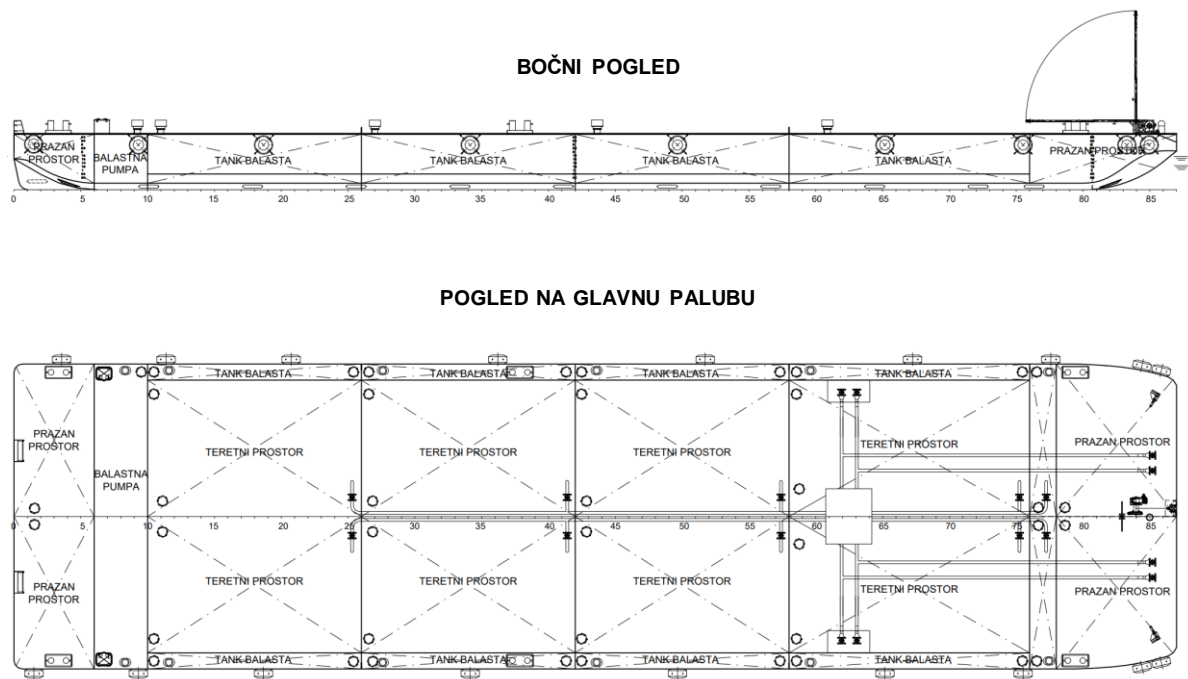
Idejni dizajn barže za prijevoz tekućeg tereta od 1450 tdw i unutarnju plovidbu prikazan je slikom 3D modela barže (*Slika 3.1.*).



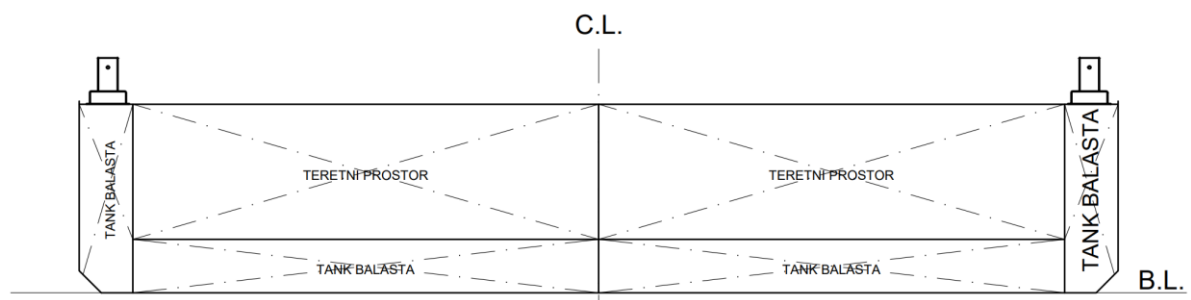
*Slika 3.1. Grafički obrađena slika idejnog dizajn barže [11].*

Strukturni raspored prikazan je općim planom (*Slika 3.2.* i *Slika 3.3.*), te je iz njega vidljivo da barža ima osam teretnih prostora, dva po širini i četiri po dužini. Također je vidljivo da se u dvodnu i dvoboku nalaze tankovi za balasta.

Iz općeg plana je potrebno razmjeriti pozicije pregrada i volumnih prostora, a da bi se to napravilo potrebno je opći plan učitati u neki od programskih paketa za modeliranja. Nakon što je opći plan učitani potrebno ga je navući na poznate vrijednosti tj. na vrijednosti glavnih dimenzije plovila, nakon čega je moguće vršiti valjana očitavanja iz općeg plana.



Slika 3.2. Opći plan - Bočni pogled i pogled na glavnu palubu [11].

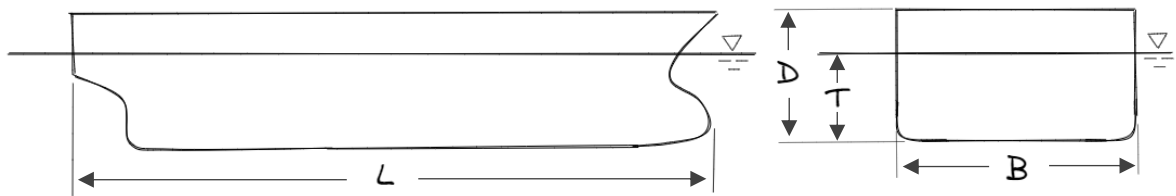


Slika 3.3. Opći plan – Pogled na poprečni presjek [11].

### 3.1. Glavne dimenzije

Glavne dimenzije broda su duljina, širina, visina, gaz i nosivost (*Tablica 3.1.*), te vrijednosti se koriste kao ulazni podatak za izradu proračuna dimenzija osnovnih elemenata trupa.

Grafički prikaz dimenzija broda prikazan je skicom:



*Slika 3.4. Glavne dimenzije broda.*

Vrijednosti glavnih dimenzija:

*Tablica 3.1. Glavne dimenzije.*

GLAVNE DIMENZIJE	
Duljina	$L = 63,10 \text{ m}$
Širina	$B = 16,50 \text{ m}$
Visina	$D = 3,00 \text{ m}$
Gaz	$T = 1,80 \text{ m}$
Nosivost	$\Delta = 1450 \text{ t}$

### 3.2. Proračun dimenzija osnovnih elemenata trupa

Proračun dimenzija osnovnih elemenata trupa rađen je prema Lloyd's Register-u [1]. Potrebno je usvojiti proračunate vrijednosti s obzirom na strukturni raspored iz općeg plana.

**Blok koeficijent** (*Pt.3; Ch.1; Sec 6.1.6*):

$$C_b = \frac{\text{Istisnina, m}^3 (\nabla) \text{ na gazu (T)}}{LBT} = 0,78 \quad (3.1)$$

$$\nabla = \frac{\Delta}{\rho} = 1452,9 \text{ m}^3 \quad (3.2)$$

Gustoća slatke vode za temperaturu od 20 °C:

$$\rho = \rho_{sv} = 0.998 \text{ t/m}^3 \quad (3.3)$$

**Princip zaokruživanja** (*Pt.3; Ch.3; Sec 2.6.1*):

Proračunate debljine limova strukture trupa zaokružuju se prema određenom principu (*Tablica 3.2.*).

*Tablica 3.2. Odabir brodograđevnog čelika s obzirom na debljinu lima.*

Ne zaokružena vrijednost proračunate vrijednosti debljina, mm		Zaokruživanje vrijednosti debljine, mm
Iznad	Ne prelazi	
-	0,2	0
0,2	0,7	0,5
0,7	1,0	1,0

**Razmak rebara** (*Pt.3; Ch.3; Sec. 2.7.1*):

$$s = (340 + 23\sqrt{L - 10}) \pm 70 = 507,6 \pm 70, \text{ mm} \quad (3.4)$$

$$\text{Uzdužno – usvojeno: } s = 580 \text{ mm} \quad (3.5)$$

$$S = 4s = 2320 \text{ mm} \quad (3.6)$$

$$\text{Poprečno – usvojeno: } s = 500 \text{ mm} \quad (3.7)$$

$$\text{Vertikalno – usvojeno: } s = 550 \text{ mm} \quad (3.8)$$

$s$ , mm - razmak sekundarne strukture.

$S$ , mm - razmak primarne strukture.

**Kategorija plovila s obzirom na utovar i istovar "T" (Pt.3; Ch.4; Sec 2.2.1):**

Plovilo bez porivnika – Utovar i istovar iz dva puta.

**Proračun momenta savijanja (Pt.3; Ch.4; Sec. 5.2):**

Kategorija "T" – plovilo bez porivnika:

Pregib:

$$MH_T = (2,23 - 1,67C_b)MH_O = 641,1 \text{ tm} = 6\,289,2 \text{ kNm} \quad (3.9)$$

$$MH_O = (0,0166 - 0,0088C_b)L^2BT(3,97r - 2,414) = 688,3 \text{ tm} \quad (3.10)$$

Progib:

$$MS_T = (2C_b - 1,08)MH_O = 213,3 \text{ tm} = 2\,092,5 \text{ kNm} \quad (3.11)$$

$$MS_O = (0,091C_b - 0,068)L^2BT(4,18 - 3,7r) = 448,9 \text{ tm} \quad (3.12)$$

$$\text{Omjer: } r = \frac{L_c}{L} = 0,76 \quad (3.13)$$

Duljina teretnog prostora ne uključujući koferdame na krmenim i pramčanim krajevima tankova:

$$L_c = 47,85 \text{ m} \quad (3.14)$$

**Maksimalna dopuštena naprezanja (Pt.3; Ch.4; Sec. 6.1):**

Uzdužno savijanje:

$$\sigma_s = 137 \text{ N/mm}^2 \quad (3.15)$$

Dopušteno kombinirano naprezanje, zbroj naprezanja uslijed uzdužnog savijanja i lokalnog opterećenja:

$$\sigma_c = \sigma_s + \sigma_b = 177 \text{ N/mm}^2 \quad (3.16)$$

**Materijali i zaštita (Pt.4; Ch.1; Sec.2):**

Brodograđevni čelik je podijeljen po razredima s obzirom na granična naprezanja i temperature na kojima može podnijeti ta granična naprezanja (*Tablica 3.4. i Tablica 3.6.*).

*Tablica 3.3. Odabir brodograđevnog čelika s obzirom na debljinu lima.*

	Obični čelik	Čelik povišene čvrstoće
t ≤ 20 mm:	A	AH
t > 20 mm:	D	DH

**Iz propisa Proizvodnja, testiranje i certificiranje materijala (Ch.3; Sec.2) [12]:**

*Tablica 3.4. Obični brodograđevni čelik.*

Razred	Granično naprezanje, N/mm <sup>2</sup>	Test udarnog opterećenja na određenoj temperaturi
A	235	Nije potrebno
B	235	0 °C
C	235	-20 °C
D	235	-40 °C

**Iz propisa Proizvodnja, testiranje i certificiranje materijala (Ch.3; Sec.3) [12]:**

*Tablica 3.5. Čelik povišene čvrstoće.*

Razred	Granično naprezanje, N/mm <sup>2</sup>
AH26S, DH26S, EH26S, FH26S	265
AH32, DH32, EH32, FH32	315
AH36, DH36, EH36, FH36	355
AH40, DH40, EH40, FH40	390
AH47, DH47, EH47, FH47	460

*Tablica 3.6. Temperature testiranja čelika povišene čvrstoće.*

Razred	Test udarnog opterećenja na određenoj temperaturi
AH	0 °C
DH	-20 °C
CH	-40 °C
FH	-60 °C

Usvojen je obični brodograđevni čelik A razreda.



**Opće zahtjevi za tankere koji prevoze opasne tekućine (Pt.4; Ch.4; Sec. 1):**

Tip konfiguracije trupa – Tip C.

**Kobilica (Pt.4; Ch.6; Sec. 3.2):**

Opločenja kobilice – Širina:

0,1B ali ne manje od 0,75 m

$$t = 0,1B = 1,65 \text{ m} \quad (3.17)$$

$$\text{Usvojeno: } t = 1,68 \text{ m} \quad (3.18)$$

Opločenja dna – Debljina:

$$t_b = (5,6 + 0,054L)\sqrt{s} = 6,9 \text{ mm} \quad (3.19)$$

$$t_b = 10s = 5,8 \text{ mm} \quad (3.20)$$

$$\text{Usvojeno: } t_b = 7,0 \text{ mm} \quad (3.21)$$

Opločenja kobilice – Debljina:

$$\text{Isto kao i opločenja dna: } t_b = 7,0 \text{ mm} \quad (3.22)$$

Opločenje uzvoja – Debljina:

$$t_b = t_b + 2 = 9,0 \text{ mm} \quad (3.23)$$

Uzvoj – Spojna šipka:

Šipka kružnog poprečnog presjeka:  $3t_b$  mm, ali ne manje od 30 mm.

$$\text{Usvojeno: } d = 30,0 \text{ mm} \quad (3.24)$$

Bočno opločenje – Debljina:

$$t_b = (5,6 + 0,054L)\sqrt{s} = 6,7 \text{ mm} \quad (3.25)$$

$$t_b = 10s = 5,5 \text{ mm} \quad (3.26)$$

$$\text{Usvojeno: } t_b = 6,5 \text{ mm} \quad (3.27)$$

Opločenje pokrova dna – Debljina:

$$t = 12s = 6,0 \text{ mm} \quad (3.28)$$

$$h_s = 0,5 \text{ m} \quad (3.29)$$

$$K_C = 1,5 \quad (3.30)$$

$$t = 4s\sqrt{h_s} + K_C = 2,9 \text{ mm} \quad (3.31)$$

$$\text{Usvojeno: } t = 6,0 \text{ mm} \quad (3.32)$$

Koeficijent debljine lima, za obični brodograđevni čelik  $K_C$ .

**Opločenje palube za sustav poprečne gradnje (Pt.4; Ch.6; Sec. 3.6):**

Opločenje palube - Debljina:

$$t_b = (5,6 + 0,0039L)\sqrt{s} = 6,1 \text{ mm} \quad (3.33)$$

$$t_b = 10s = 5,8 \text{ mm} \quad (3.34)$$

$$\text{Usvojeno: } t_b = 6,0 \text{ mm} \quad (3.35)$$

**Uzdužno orebrenje (Pt.4; Ch.6; Sec. 5):**

Sekundarna struktura:

Uzdužnjaci dna (dvodno) – Otporni moment:

$$D_2 = D = 3,0 \text{ m} \quad (3.36)$$

$$I_e = S = 2,32 \text{ m} \quad (3.37)$$

$$L_1 = L = 63,1 \text{ m} \quad (3.38)$$

$$Z = (3,95 + 0,04L_1)D_2SI_e^2 = 60.6 \text{ cm}^3 \quad (3.39)$$

$$\text{HP 180x9} \Rightarrow Z = 61,8 \text{ cm}^3 \quad (3.40)$$

Uzdužnjaci pokrova dna (dvodno) – Otporni moment:

$$h_p = 1,0 \text{ m} \quad (3.41)$$

$$h_d = 2,04 \text{ m} \quad (3.42)$$

$$h_g = h_p + h_d + 0,2 = 3,24 \text{ m} \quad (3.43)$$

$$Z = 6sI_e^2 h_g = 60,69 \text{ cm}^3 \quad (3.44)$$

$$\mathbf{HP 180x9} \Rightarrow \mathbf{Z = 61,8 \text{ cm}^3} \quad (3.45)$$

Bočni uzdužnjaci (dvobok) – Otporni moment:

$$h_{de} = 2,2 \text{ m} \quad (3.46)$$

$$h_s = 0,5 \text{ m} \quad (3.47)$$

$$h_f = h_{de} + h_s = 2,7 \text{ m} \quad (3.48)$$

$$Z = (4,6 + 0,0342L_1)sI_e^2 h_f = 54,0 \text{ cm}^3 \quad (3.49)$$

$$\mathbf{HP 180x8} \Rightarrow \mathbf{Z = 55,9 \text{ cm}^3} \quad (3.50)$$

$h_{de}$ , m - udaljenost od pokrova dvodna do palube.

$h_s$ , m - vrijednost koja se uzima za duboke tankove.

Uzdužnjaci palube – Otporni moment:

$$Z = [h_g - 3 + (0,18 - 0,02h_g)L_1]h_g s I_e^2 = 76,0 \text{ cm}^3 \quad (3.51)$$

$$\mathbf{HP 200x12} \Rightarrow \mathbf{Z = 96,2 \text{ cm}^3} \quad (3.52)$$

Uzdužnjaci palube – Moment inercije:

$$I = 2,3I_e Z = 405,3 \text{ cm}^4 \quad (3.53)$$

Primarna struktura:

Rebrenica – Otporni moment:

$$h_b = T + 0,4 = 2,2 \text{ m} \quad (3.53)$$

$$h_b = h_g - 0,4T = 2,5 \text{ m} \quad (3.54)$$

$$\text{Usvojeno: } h_b = 2,5 \text{ m} \quad (3.55)$$

$$Z = 6,6SI_e^2 h_b = 207,7 \text{ cm}^3 \quad (3.56)$$

Vertikalna sponja - Otporni moment:

$$Z = 10SI_e^2 h_g = 404,6 \text{ cm}^3 \quad (3.57)$$

$$\text{W 550x5/FL200x5} \Rightarrow Z = 525,0 \text{ cm}^3 \quad (3.58)$$

Sponja - Otporni moment:

$$Z = 6,6SI_e^2 h_b = 207,7 \text{ cm}^3 \quad (3.59)$$

$$h_t = 0,4 \text{ m} \quad (3.60)$$

$$Z = 4,3SI_e^2 h_t = 214,8 \text{ cm}^3 \quad (3.61)$$

$$\text{W 550x5/FL200x5} \Rightarrow Z = 525,0 \text{ cm}^3 \quad (3.62)$$

Opločenje dvoboka – Debljina:

$$t = 7,0 \text{ mm} \quad (3.63)$$

$$t = 9s_d = 5,0 \text{ mm} \quad (3.64)$$

$$s_d = 0,55 \text{ m.} \quad (3.65)$$

$$\text{Usvojeno: } t = 7,0 \text{ mm} \quad (3.66)$$

$s_d$ , m - razmak uzdužnjaka ili dvostruke strukture (usvaja se manja vrijednost).

**Raspored dvodna - uzdužni sustav gradnje (Pt.4; Ch.6; Sec. 5.6):**

Dvodno – Minimalna visina:

$$d_f = 650,0 \text{ mm} \quad (3.67)$$

$$\text{Usvojeno: } d_f = 800, 0 \text{ mm} \quad (3.68)$$

Centralni i bočni uzdužni nosači dvodna – Debljina:

$$t = 0,01d_f + 1 = 9,0 \text{ mm} \quad (3.69)$$

$$\text{Usvojeno: } t = 9, 0 \text{ mm} \quad (3.70)$$

Rebrenice – Debljina:

$$t = 0,009d_f + 2 = 9,2 \text{ mm} \quad (3.71)$$

$$\text{Usvojeno: } t = 9, 0 \text{ mm} \quad (3.72)$$

**Uzdužne i poprečne pregrade teretnih prostora (Pt.4; Ch.6; Sec. 7):**

Pregrada – Debljina:

$$f = 1,1 - \frac{s}{2,5S} = 1 \quad (3.73)$$

$$k = \frac{235}{\sigma_0} = 1 \quad (3.74)$$

$$t = 4sf \sqrt{kh_g} + K_C = 5,48 \text{ mm} \quad (3.75)$$

$$\text{Usvojeno: } t = 6, 0 \text{ mm} \quad (3.76)$$

 $k$  - koeficijent materijala.

Ukrepe – Otporni moment:

$$Z = 6ksI_e^2 h_g = 37,98 \text{ cm}^3 \quad (3.77)$$

$$\text{HP 160x9} \Rightarrow Z = 47, 90 \text{ cm}^3 \quad (3.78)$$

Tablica 3.7. Moment inercije poprečnog presjeka trupa barže.

Br.	Naziv strukturnog elementa	Kol.	$y_e$ , m	A, m <sup>2</sup>	$h'$ , m	$I_{pol}=Ah^2$ , m <sup>4</sup>	$I_{vl}=bh^3/12$ , m <sup>4</sup>	$I=I_{pol}+I_{vl}$ , m <sup>4</sup>	$(I_G=IKol.)$ , m <sup>4</sup>
1	Opločenje kobilice	1	0.0035	0.01176	1.7965	0.03795	4.80E-08	0.037954	0.037954
2	Opločenje dna	2	0.0035	0.04438	1.7965	0.14323	1.81E-07	0.143233	0.286465
3	Opločenje uzvoja - 1	2	0.0045	0.00738	1.7955	0.02379	4.98E-08	0.023792	0.047584
4	Spojna šipka uzvoja -1	2	0.0150	0.00071	1.7850	0.00225	4.05E-08	0.002251	0.004502
5	Opločenje uzvoja - 2	2	0.1750	0.00387	1.6250	0.01022	2.61E-08	0.010219	0.020438
6	Spojna šipka uzvoja -2	2	0.3500	0.00071	1.4500	0.00149	4.05E-08	0.001485	0.002971
7	Opločenje uzvoja - 3	2	0.7600	0.00684	1.0400	0.00740	4.14E-04	0.007812	0.015623
8	Opločenje boka	2	2.1350	0.01355	-0.3350	0.00152	3.89E-03	0.005415	0.010830
9	Opločenje pokrova dvodna	1	0.8000	0.09900	1.0000	0.09900	2.97E-07	0.099000	0.099000
10	Opločenje dvoboka	2	1.9000	0.01100	-0.1000	0.00011	4.44E-03	0.004547	0.009093
11	Opločenje palube	1	3.0000	0.09900	-1.2000	0.14256	2.97E-07	0.142560	0.142560
12	Uzdužna pregrada	1	1.9000	0.01320	-0.1000	0.00013	4.37E-03	0.004569	0.004569
13	Centralni uzdužni nosač dna	1	0.4000	0.00720	1.4000	0.01411	3.84E-04	0.014496	0.014496
14	Bočni uzdužni nosač dna	6	0.4000	0.00720	1.4000	0.01411	3.84E-04	0.014496	0.086976
15	Uzdužni nosač palube	4	2.6510	0.00375	-0.8510	0.00272	1.26E-04	0.002842	0.011366
16	Uzdužnjaci dna	24	0.1074	0.00207	1.6926	0.00592	6.63E-06	0.005926	0.142212
17	Uzdužnjaci pokrova dvodna	28	0.6926	0.00207	1.1074	0.00253	6.63E-06	0.002540	0.071127
18	Bočni uzdužnjaci 1	4	1.3506	0.00189	0.4494	0.00038	6.09E-06	0.000387	0.001548
19	Bočni uzdužnjaci 2	4	1.9006	0.00189	-0.1006	0.00002	6.09E-06	0.000025	0.000101
20	Bočni uzdužnjaci 3	4	2.4506	0.00189	-0.6506	0.00080	6.09E-06	0.000804	0.003218
21	Uzdužnjaci palube	26	2.8803	0.00237	-1.0803	0.00276	1.02E-05	0.002771	0.072057
22	Uzdužna pregrada - uzdužnjaci 1	1	1.3500	0.00178	0.4500	0.00036	4.48E-06	0.000365	0.000365
23	Uzdužna pregrada - uzdužnjaci 2	1	1.9000	0.00178	-0.1000	0.00002	4.48E-06	0.000022	0.000022
24	Uzdužnjaci centralnog nosača dvodna - 1	1	0.1527	0.00290	1.6473	0.00787	1.40E-05	0.007883	0.007883
25	Uzdužnjaci centralnog nosača dvodna - 2	1	0.6527	0.00290	1.1473	0.00382	1.40E-05	0.003831	0.003831
26	Uzdužnjaci bočnog nosača dvodna - 1	6	0.1527	0.00290	1.6473	0.00787	1.40E-05	0.007883	0.047301
27	Uzdužnjaci bočnog nosača dvodna - 2	6	0.6527	0.00290	1.1473	0.00382	1.40E-05	0.003831	0.022988
Opis:								<b>Ukupno, <math>I_{GR}</math>:</b>	<b>1.16708 m<sup>4</sup></b>
$y_e$ - Udaljenost težišta strukturnog elementa po y osi. A - Površina poprečnog presjeka. $h'$ - Udaljenost od težišta poprečnog presjeka strukturnog elementa do neutralne osi. $I_{pol}$ - Položajni moment inercije. $I_{vl}$ - Vlastiti moment inercije. I - Ukupni moment inercije. $I_G$ - Grupni moment inercije. $I_{GR}$ - Moment inercije poprečnog presjeka glavnog rebra $y_{NL}$ - udaljenost neutralna os 1.8 m od osnovice.									

Registar [1] ne zahtijeva zadovoljavanje minimalnog momenta inercije poprečnog presjeka strukture trupa plovila, stoga je jedino potrebno provjeriti da li ukupni moment inercije zadovoljava proračunati minimalni moment savijanja.

To će se provjeriti na način da se s proračunatim momentom inercije poprečnog presjeka izračuna moment savijanja te se ta dva momenta usporede.

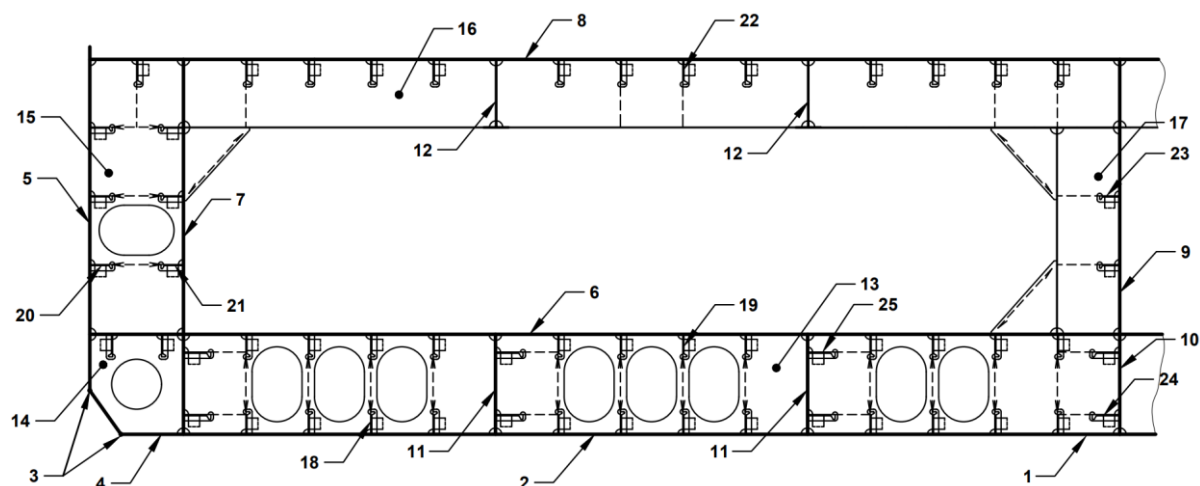
$$M = \frac{\sigma_S}{y_{NL}} I_{GR} = 88,883 \cdot 10^6 \text{ Nm} \quad (3.79) > \quad M_{H_T} = 62,892 \cdot 10^5 \text{ Nm} \quad (3.80)$$

$\sigma_S$  - dopušteno naprezanje za uzdužno savijanje, (*Izraz 3.15*).

$y_{NL}$ , m - udaljenost neutralne osi od osnovice (*Tablica 3.7*).

$I_{GR}$ , m - moment inercije poprečnog presjeka glavnog rebra (*Tablica 3.7*).

Pozicije strukturnih elemenata za koje su proračunate vrijednosti dimenzija prikazane su na slici poprečnog presjeka trupa barže tj. okvirnom rebru (*Slika 3.5*).



Br.:	Nazivi strukturnih elemenata	
	Hrvatski	Engleski
1	Opločenje kobilice	Keel plating
2	Oplata dna	Bottom plating
3	Spojna šipka	Bilge chin bar
4	Opločenje uzvoja	Bilge plating
5	Oplata boka	Side shell plating
6	Pokrov dvodna	Inner botom plating
7	Unutarnje opločenje boka	Inner skin
8	Oplata palube	Deck plating
9	Uzdužna pregrada u CL-u	Longitudinal bulkhead in CL
10	Uzdužni nosač dna u Cl-u	Central girder
11	Bočni uzdužni nosač dna	Side girder
12	Podveza	Deck girder
13	Puna rebrenica	Solid floors
14	Uzvojno koljeno	Bilge transvers
15	Bočna sponja	Side transvers
16	Sponja	Deck transvers
17	Bočna sponja u CL-u	Side transvers in CL
18	Uzdužnjaci dna	Bottom longitudinals
19	Uzdužnjaci pokrova dvodna	Inner bottom longitudinals
20	Uzdužnjaci oplata boka	Side longitudinals
21	Uzdužnjaci unutarnjeg opločenja boka	Inner skin longitudinals
22	Uzdužnjaci palube	Deck longitudinals
23	Uzdužnjaci uzdužne pregrade	Longitudinal bulkhead - longitudinals
24	Uzdužnjaci nosača dna u Cl-u	Central girder - longitudinals
25	Uzdužnjaci bočnog nosača dna	Side girder - longitudinals

Slika 3.5. Pozicije strukturnih elemenata glavnog rebra.



## 4. RAČUNALNI MODEL

### 4.1. Priprema za izradu računalnog modela

Da bi se izmodelirala geometrija koja će se koristiti za izradu modela na kojem je potrebno napraviti analizu potrebno je prije samog modeliranja znati sljedeće:

1. Da li se model koristi u CFD (Computational fluid dynamics) ili FEM analizi.
2. Koji resursi su na raspolaganju (računalna oprema i programski paketi).
3. Koji programski paketi će se koristiti u daljnjoj pripremi modela za analizu i samu analizu.
4. Koji tip analize se radi npr. linearna ili nelinearna.
5. Što se provjerava analizom npr. globalna čvrstoća ili lokalna čvrstoća.
6. Da li postoje određena pravila i propisi od strane regulatornih tijela, npr. na koji način treba postaviti rubne uvjete, kako treba izgledati model i sl.
7. Postoji li oprema zbog koje je potrebno prilagoditi geometriju, npr. slijetanje helikoptera, izvlačenje glisera teleskopskom dizalicom iz garaže i sl.
8. Postoje li određeni zahtjevi naručitelja posla koji utječu na samu izradu geometrije.

Ovakvim postupkom modeliranja geometrije za analizu uvelike se olakšava daljnji rad na istoj (izmjene, omrežavanje, postavljanje rubnih uvjeta itd.) što za konačan rezultat ima analizu pouzdanih rezultata na koju nije potrošeno više vremena nego što je za to stvarno i potrebno.

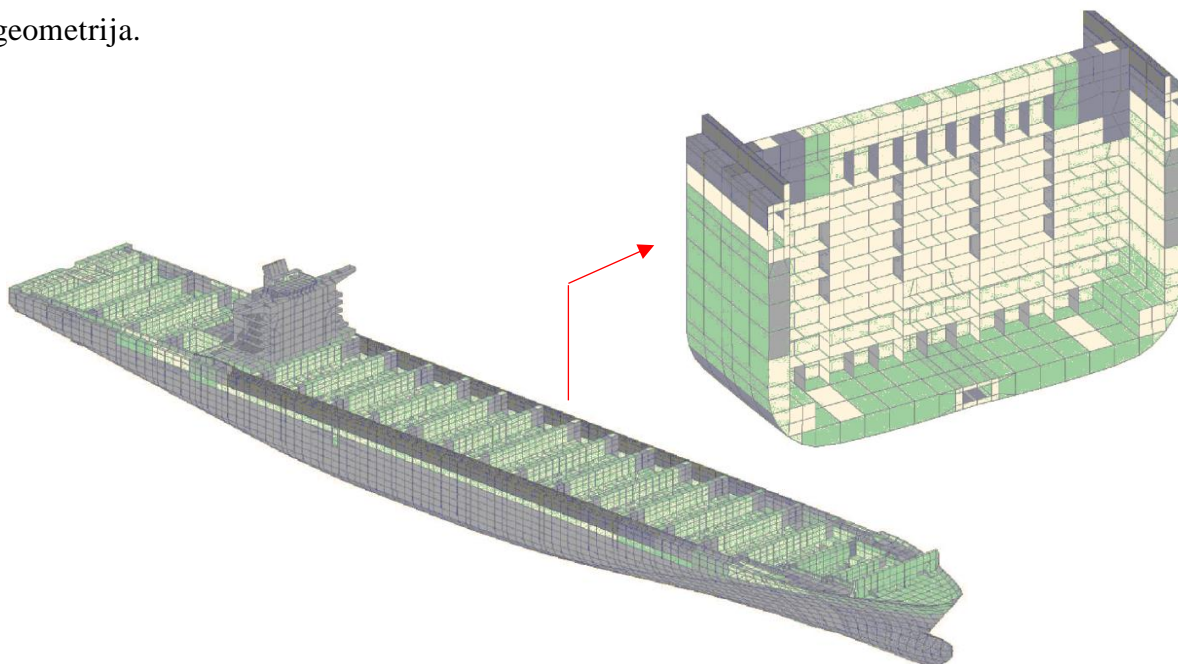
U brodogradnji se za izradu strukturne analize koriste modeli koji su opisani različitim tipovima elemenata mreže sve u svrhu opisivanja modela koji daje mjerodavne rezultate analize.

Tablica 4.1. Elementi mreže s obzirom na brodsku strukturu.

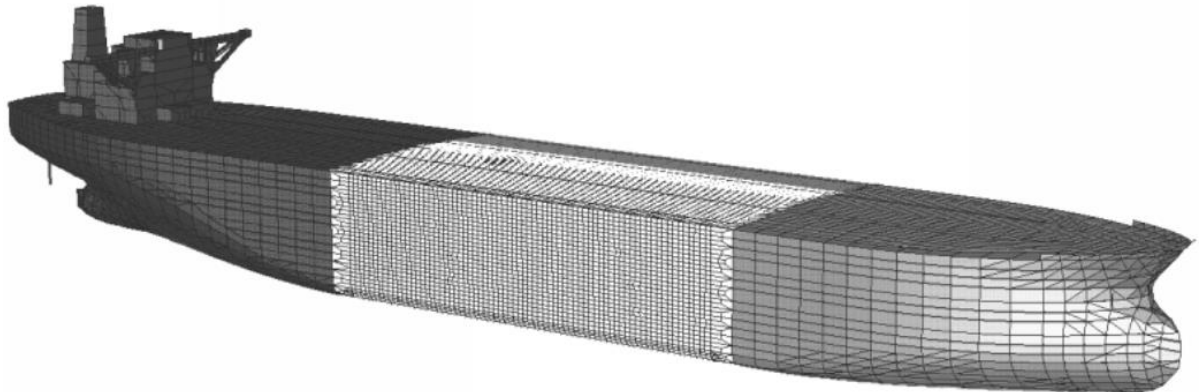
Tip strukture	Globalni	Lokalni
Primarna	2D-Plošni	2D-Plošni
Sekundarna	1D - Linijski	2D-Plošni

Prilikom izradi geometrije potrebno je znati koji tip elemenata za omrežavanje iste će se koristiti npr. da li će se sekundarna struktura geometrije modelirati za gredne (1D- linijske, Beam) elemente mreže ili za pločaste (2D – Plošne, Plate) elemente mreže. Ovisno o tipu elemenata mreže koji će se koristiti za reprezentaciju neke geometrije ta ista geometrija mora biti prilagođena elementima mreže koji će se koristiti.

Prema registru [4] za globalnu analizu dovoljan je jedan element mreže po visini struka elemenata primarne strukture (*Slika 4.1.*), ovisno o tome što je interesna zona u određenom dijelu moguće je napraviti počinjenje mreže (*Slika 4.2.*) kako bi se točnije opisala određena geometrija.

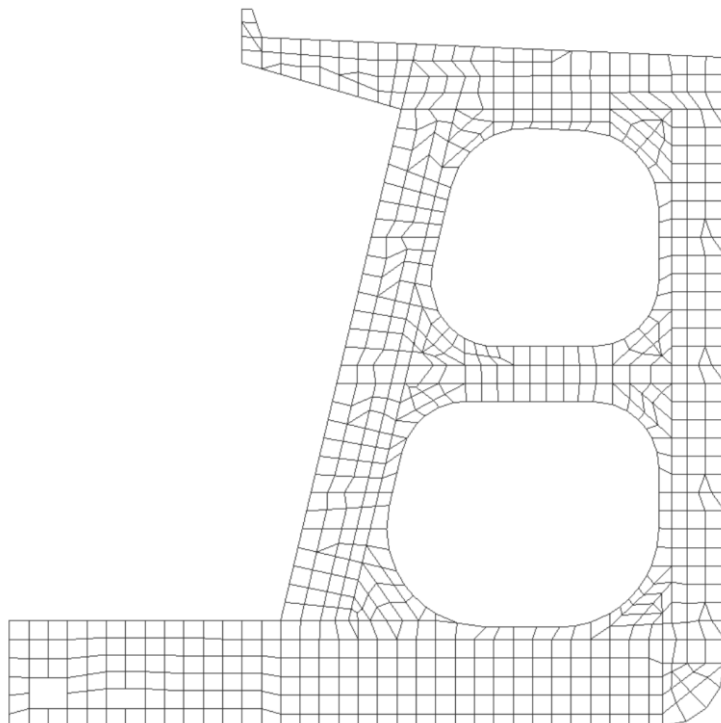


Slika 4.1. Globalni omreženi model – Kontejnerski brod [13].



*Slika 4.2. Globalni omreženi model s lokalnim počinjenjem mreže [13].*

Fina mreža zahtjeva barem tri elementa po visini struka nosača (Slika 4.3.).

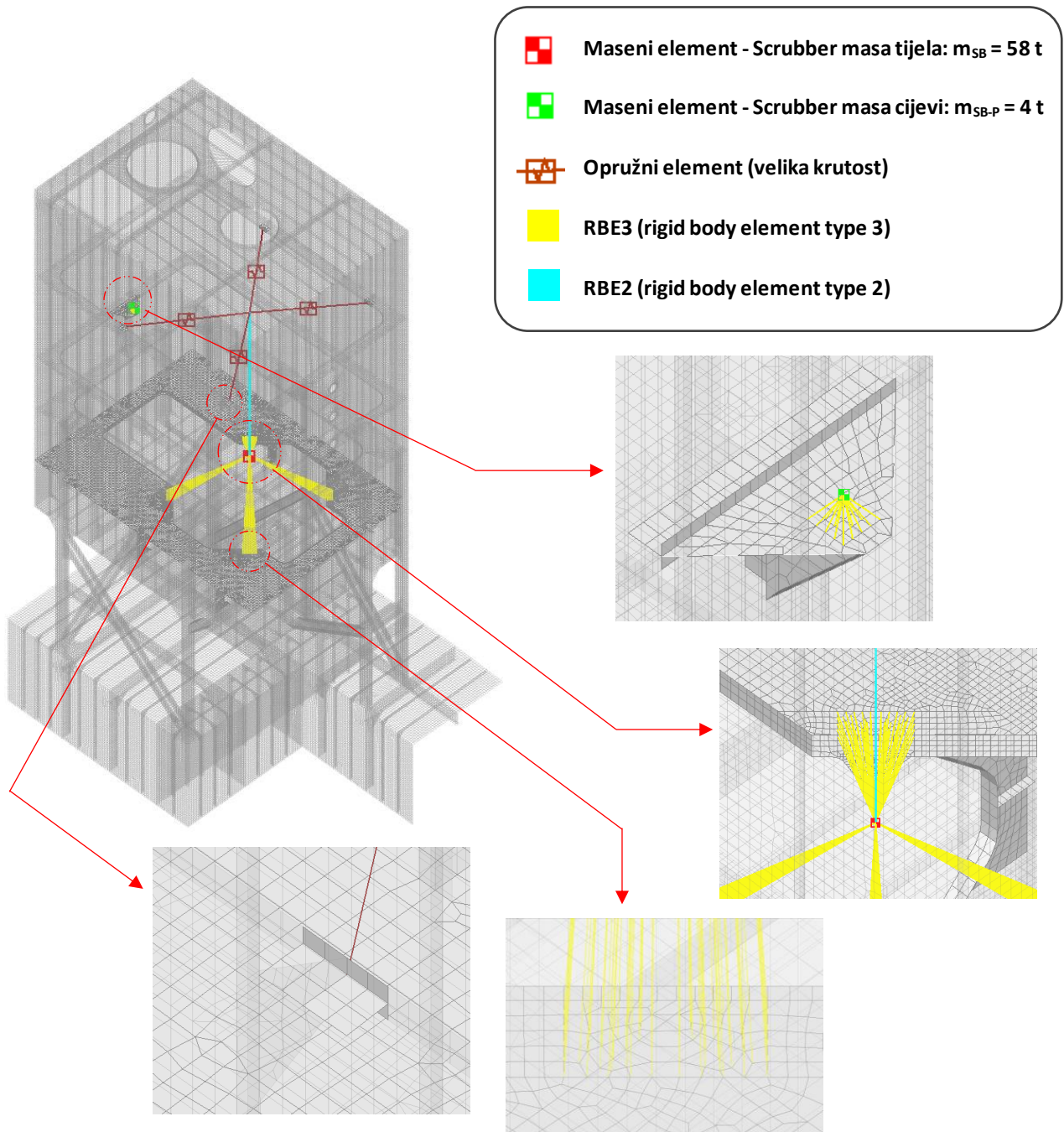


*Slika 4.3. Primjer fino omrežene brodske strukture [13].*

Iz svega navedenog proizlazi da razina pojednostavljenja geometrijskog modela ovisi o tome da li se radi o globalnoj ili lokalnoj analizi modela te o tome koja veličina elemenata mreže će se koristiti za omrežavanje geometrije.

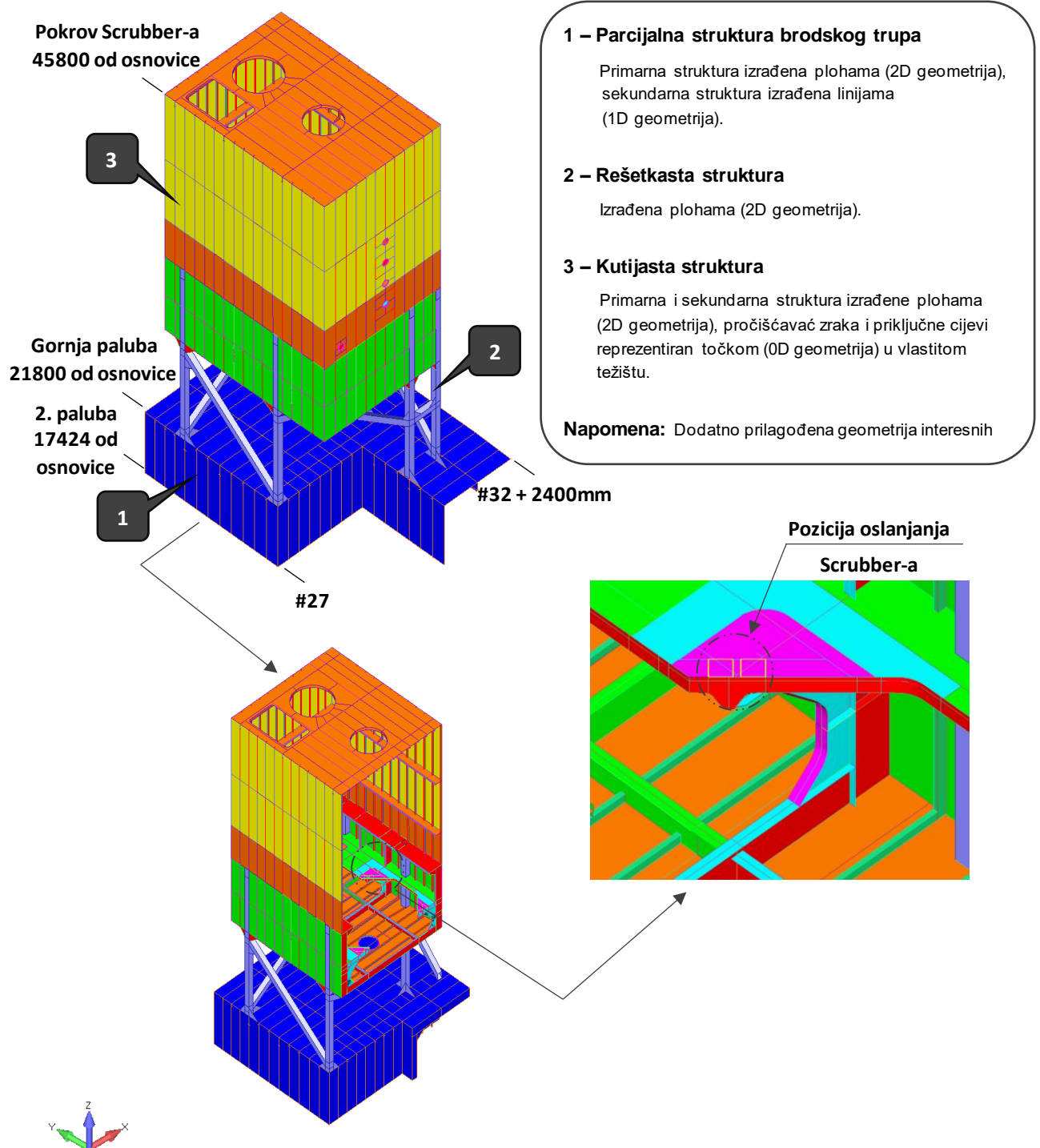
Da bi se napravio geometrijski model prvo je za tu istu geometriju potrebno znati kako trebao izgledati pripremljeni model za strukturnu analizu.

Primjer modela koji se sastoji od parcijalne strukture broskog trupa, rešetkaste strukture i kutijaste strukture u koju se smješta pročišćivač ispušnih plinova (engl. *Scrubber*) vidljiv je na slici (Slika 4.4.).



Slika 4.4. Primjer pripremljenog modela za FEA [4].

Nakon što je poznato kako treba izgledati konačan model za strukturnu analizu tada je jasno koje sve prilagodbe prilikom modeliranja geometrije je potrebno napraviti (Slika 4.5.).

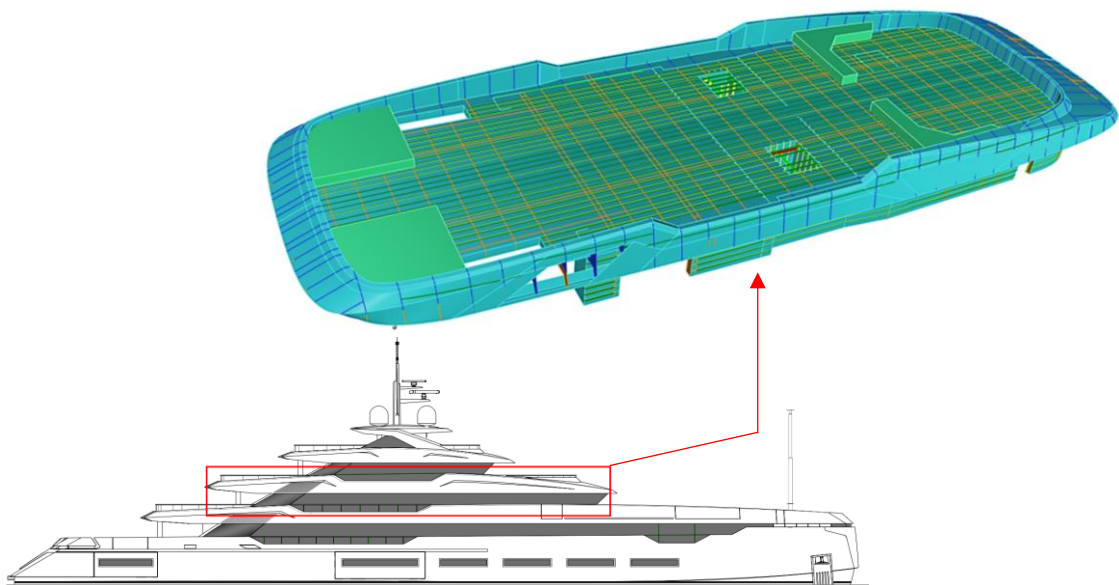


Slika 4.5. Primjer pripremljene geometrije za FEA [4].

Prilikom izrade geometrije potrebno je obratiti pozornost na to da geometriju koja se modelira za FEA treba što jednostavnije opisati bez obzira da li se radi o globalnoj ili lokalnoj analizi modela.

Loše pripremljena geometrija za strukturnu analizu je ona koja: ima preveliku razinu detalja (skalopi, mali radijusi, završeci koljena), nema podudaranje zajedničkih bridova stranica, ima velike razlike u duljini stranica trokutastih ploha itd.

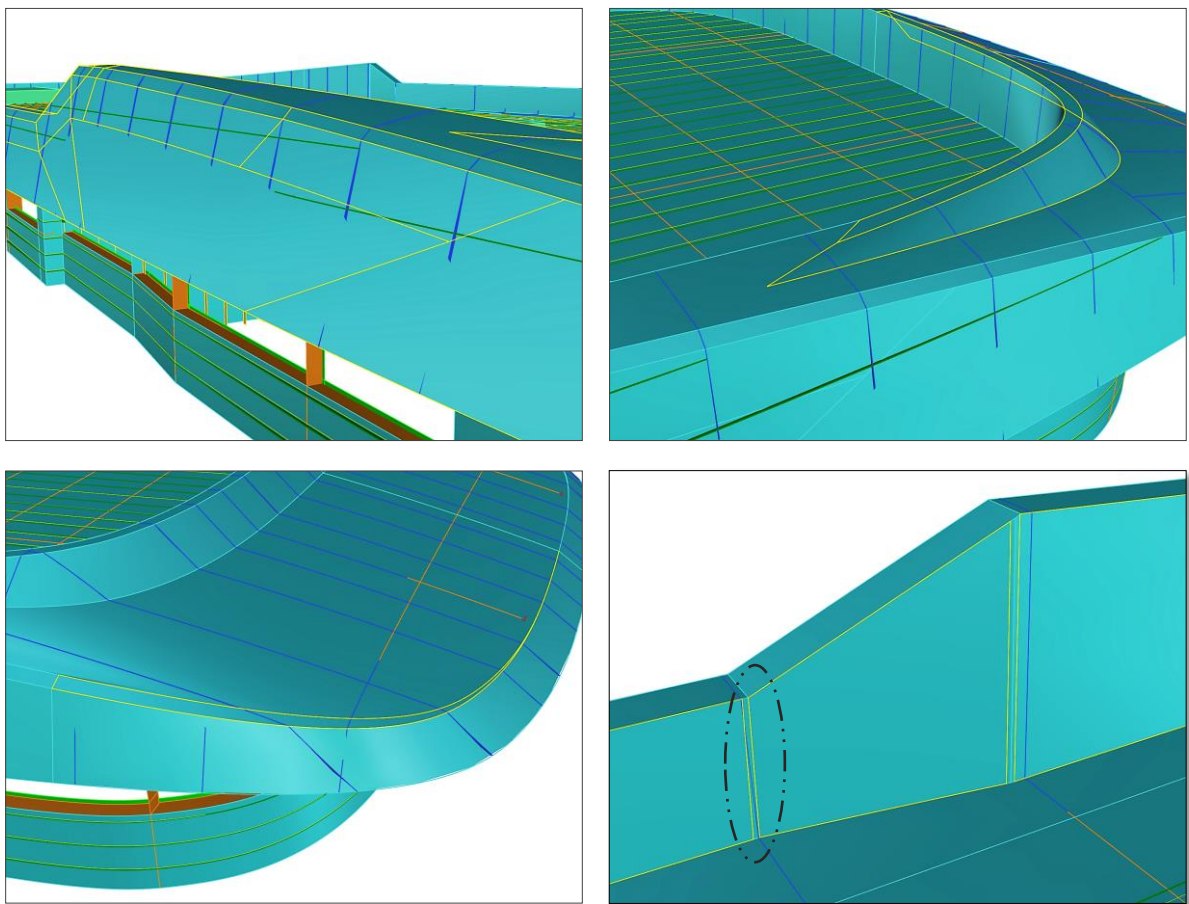
Kao primjer ne pojednostavljene i ne odgovarajuće izmodelirane geometrije za strukturnu analizu prikazan je geometrijski model gornje palube jedne jahte (od *Slika 4.6.* do *Slika 4.12.*).



*Slika 4.6. Prikaz modela neodgovarajuće geometrije za FEA [4].*

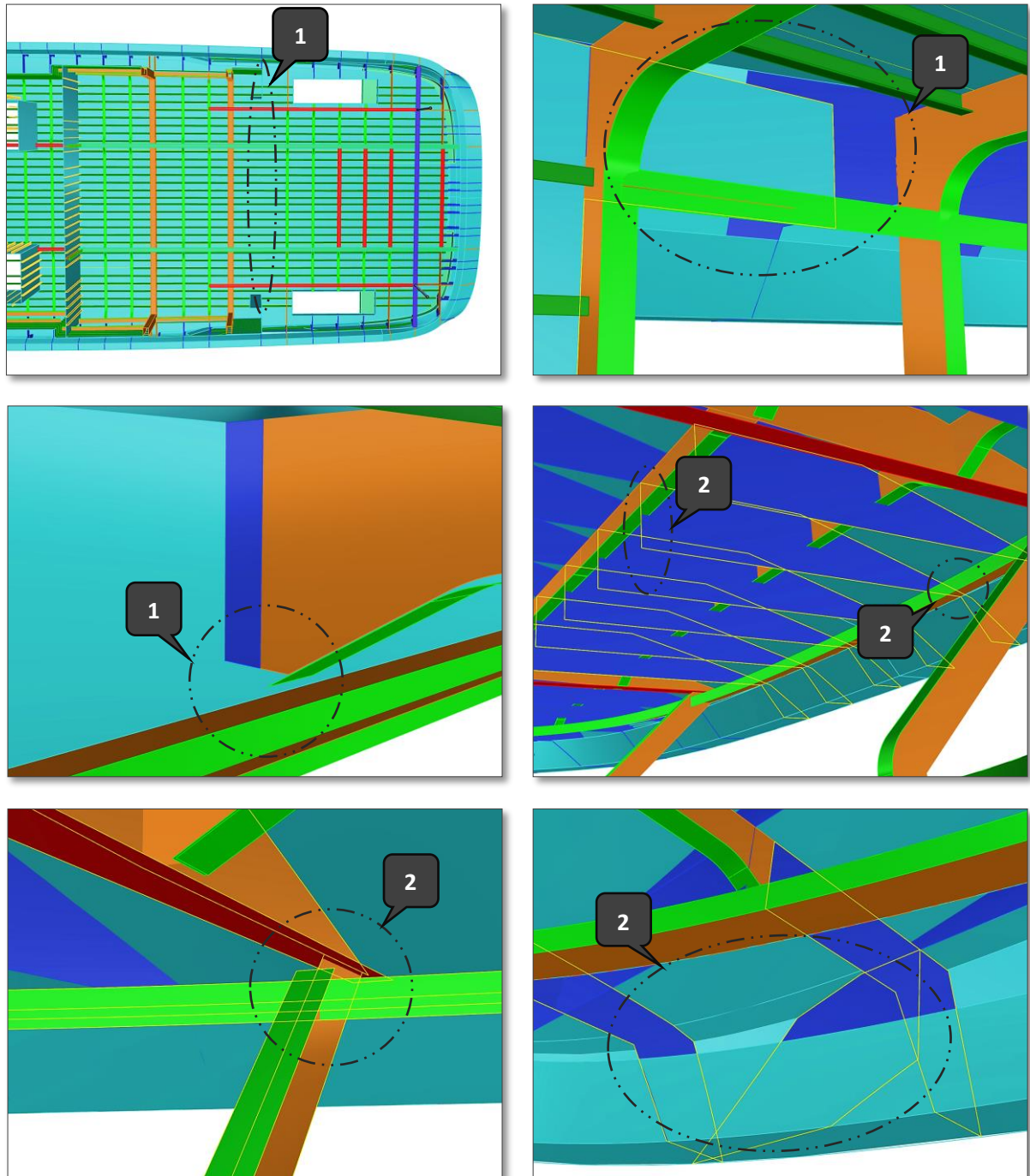
Greške u razini detalja (*Slika 4.7.*) treba izbjegavati jer značajno povećavaju veličinu omreženog modela zbog većeg broja kreiranih ploha čijim bridovima su dodijeljeni čvorovi preko kojih se kreiraju elementi. Samim time je potrebno više vremena za manipulaciju omreženim modelom, rješavanje analize i prikaza rezultata.

Također analiza neće biti reprezentativna jer rezultati nisu valjani. Elementi u blizini tih nepotrebnih bridova ploha su nepravilni elementi tj. odnosi stranica i kutova između stranica elemenata su izvan dopuštenog što za rezultat ima ne pouzdane rezultate.



*Slika 4.7. Greške geometrijskog modela – Razina detalja [4].*

Strukturalne greške (Slika 4.8.) se moraju uočiti i ispraviti prije pokretanja analize jer rezultati analize nisu pouzdani ukoliko model sadrži ovaj tip greške.



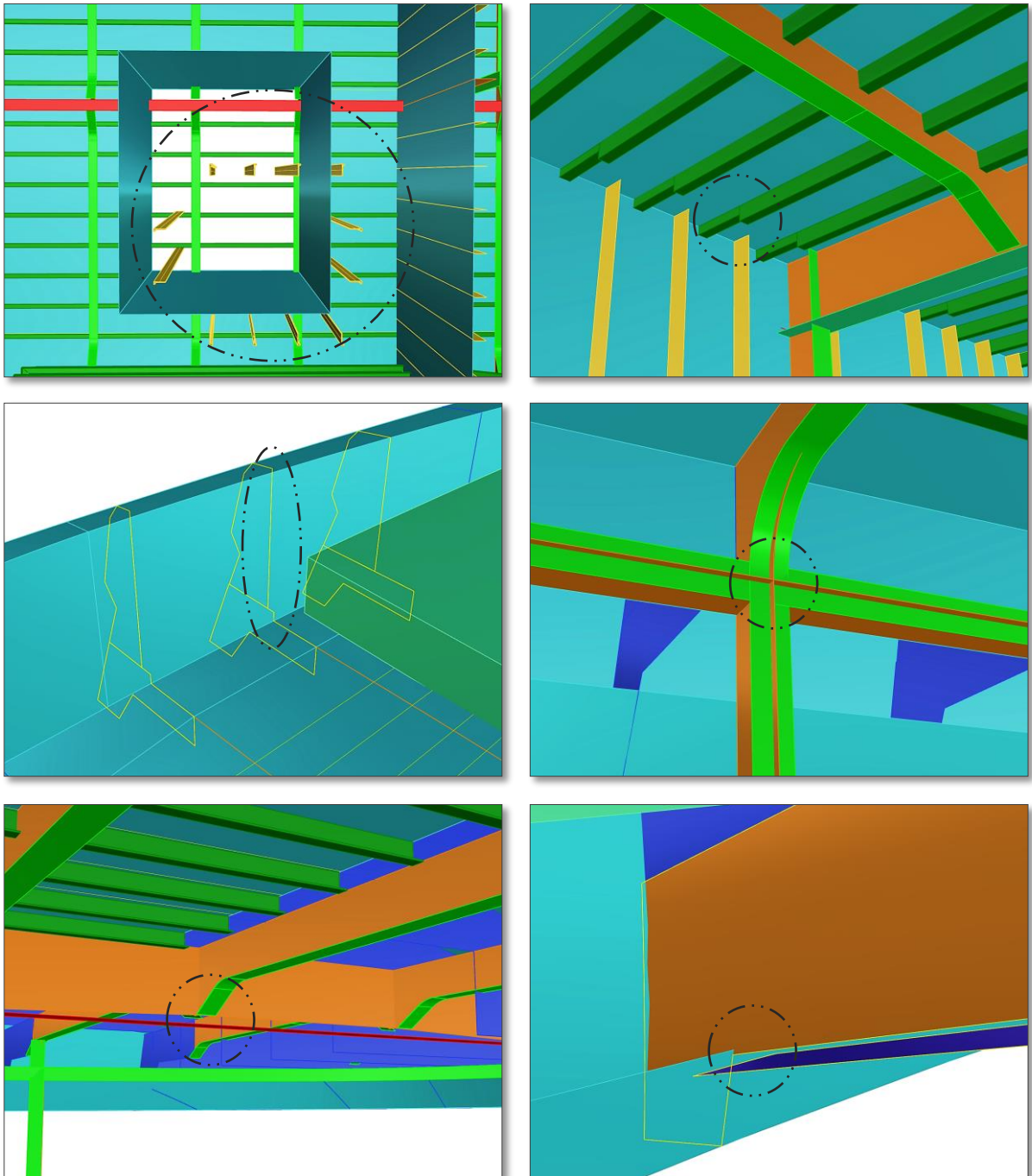
1 – Nedostatak geometrije strukturalnih elemenata.

2 – Potrebno strukturalno rješenje.

Slika 4.8. Greške geometrijskog modela – Strukturalne [4].



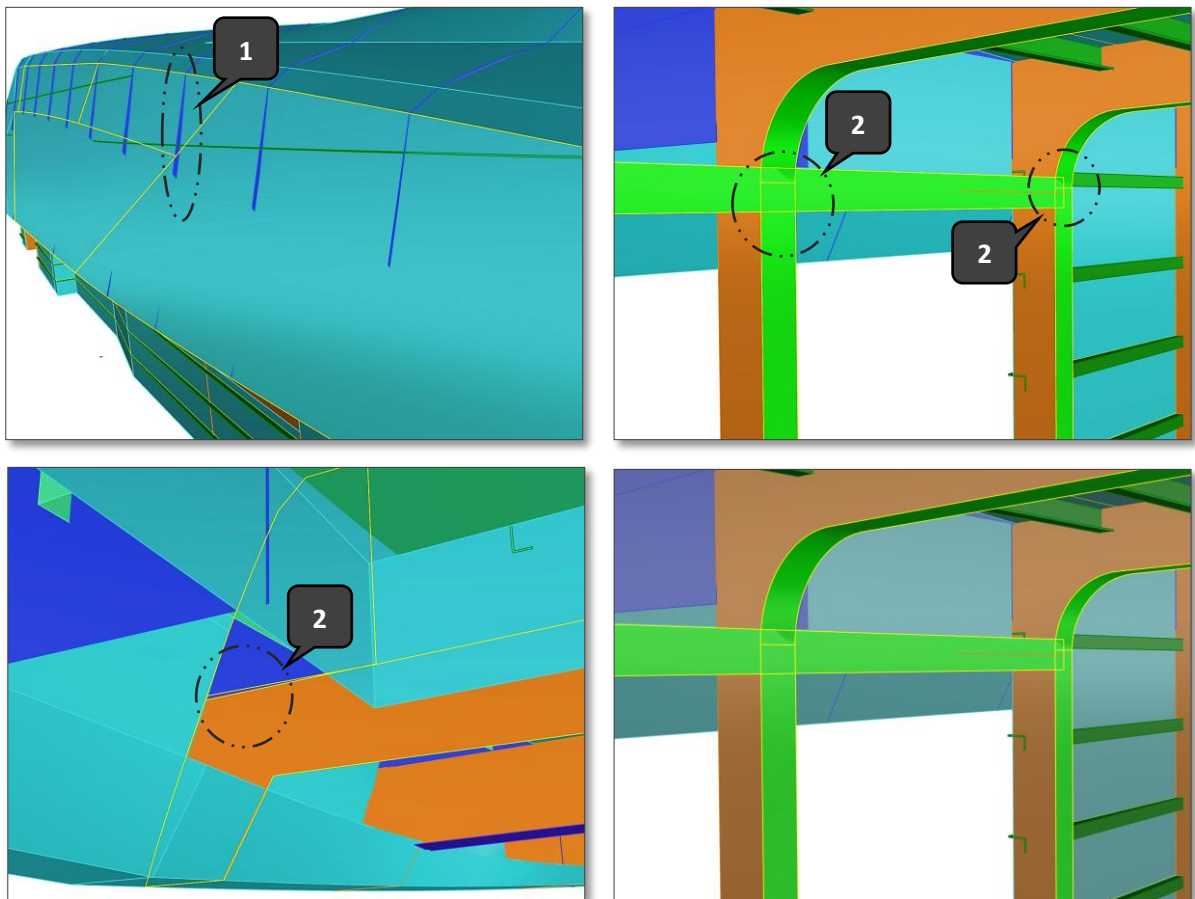
Greške neusklađenosti strukture (Slika 4.9.) isto kao i kod strukturalnih grešaka prije pokretanja analize potrebno je ispraviti sve neusklađenosti. Do neusklađenosti dolazi najčešće kada na istom geometrijskom modelu radi više ljudi.



Slika 4.9. Greške geometrijskog modela – Neusklađenost [4].

Granične greške (*Slika 4.10.*) su greške koje nastaju zbog krivog završavanja granica neke geometrije. To mogu biti prodori ukoliko se plohe ne nalaze u istoj ravni ili preklapanja ukoliko se plohe nalaze u istoj ravni.

Mali prodori i mala preklapanja teže su uočljiva, a za rezultat imaju stvaranje malih i nepravilnih elemenata prilikom omrežavanja geometrije.

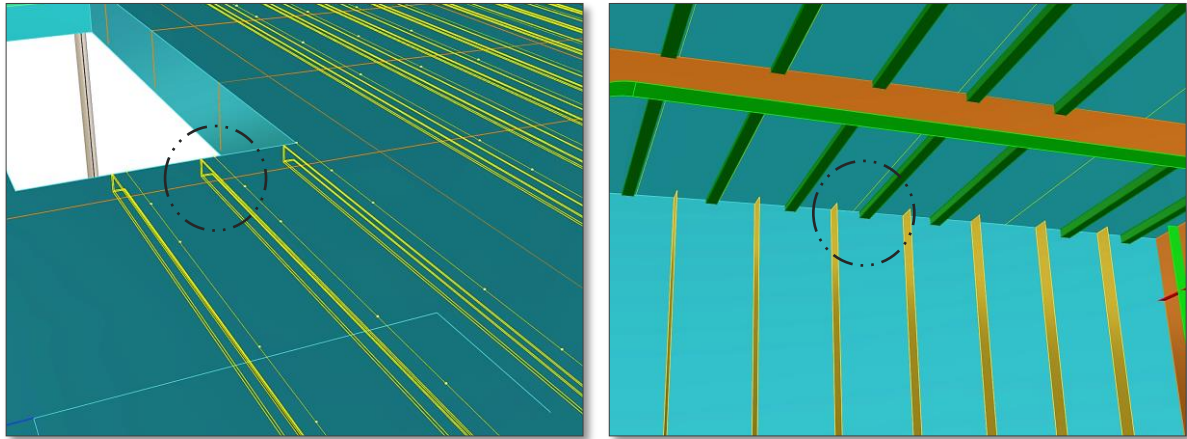


1 – Prodiranje ploha.

2 – Preklapanje ploha.

*Slika 4.10. Greške geometrijskog modela – Granične [4].*

Ne poklapanje strukture (Slika 4.11.) se mora ispraviti prije pokretanja analize jer kontinuitet strukture mora postojati kako bi se naprezanja pravilno prenosila. U slučaju da kontinuitet strukture ne postoji dolazi do pojave tangencijalnih sila koje za rezultat imaju izvijanje ukrepljenih limova.

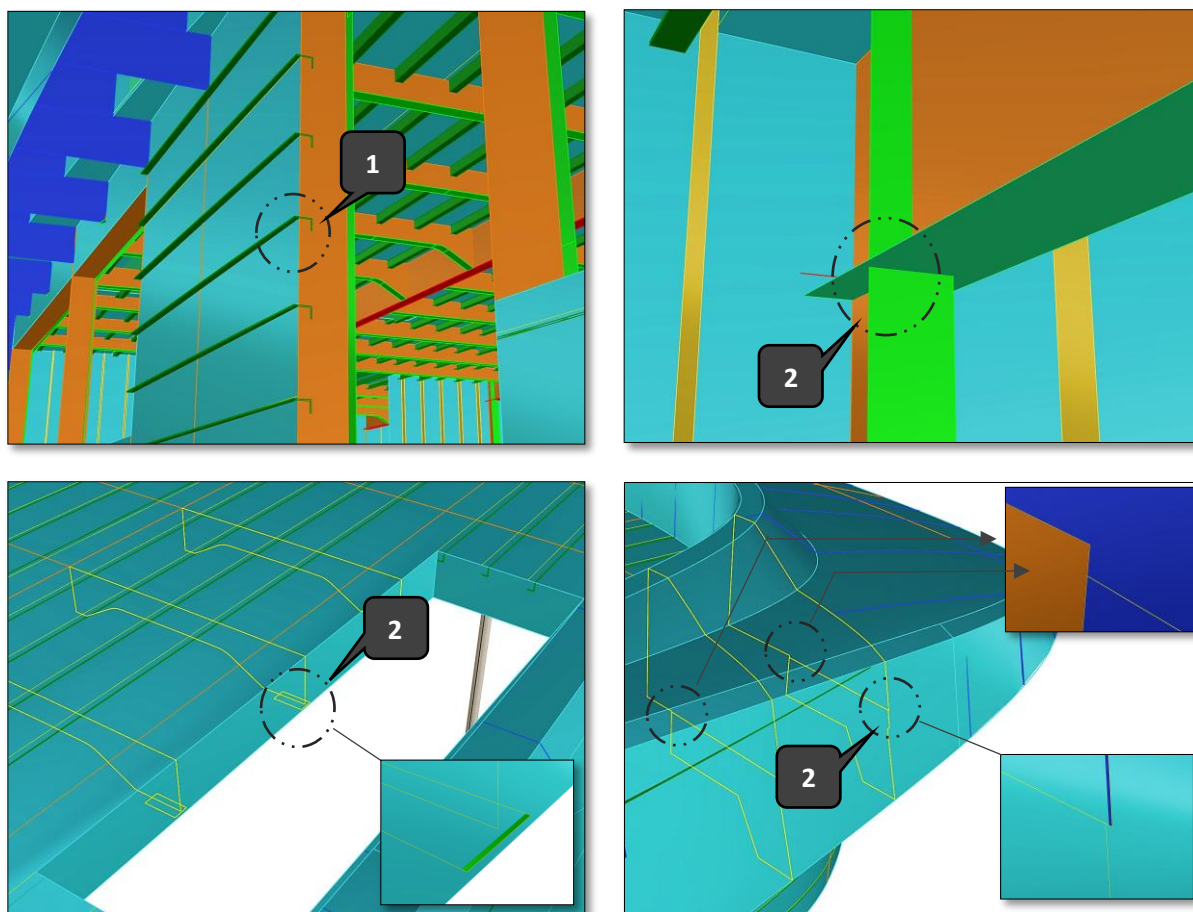


Slika 4.11. Greške geometrijskog modela – Ne poklapanje strukture [4].

Pojednostavljenje geometrije (Slika 4.12.) se izvodi da bi se dodatno smanjila količina elemenata mreže, te da bi se dobili pouzdani rezultati analize.

Geometrija veće dimenzije se modelira kao geometrija niže dimenzije npr. profil koji je 3D geometrija se modelira kao 2D ili 1D, neki teret poznate mase se prikazuje kao 0D geometrija (točka) umjesto da se modelira cijeli teret. Također se rade i mala odstupanja u dimenzijama geometrije kako bi se geometrijski završetci poklapali.

Ukoliko se u istoj ravnini nalaze dva strukturna elementa istih debljina mogu se premodelirati tako da njihov kontakt ne bude na istom mjestu kao i prije sve u svrhu pravilnijeg kreiranja elemenata mreže.



1 – 3D geometrija.

2 – Odstupanja nekoliko puta manja od veličine mreže.

*Slika 4.12. Greške geometrijskog modela – Pojednostavljenje [4].*

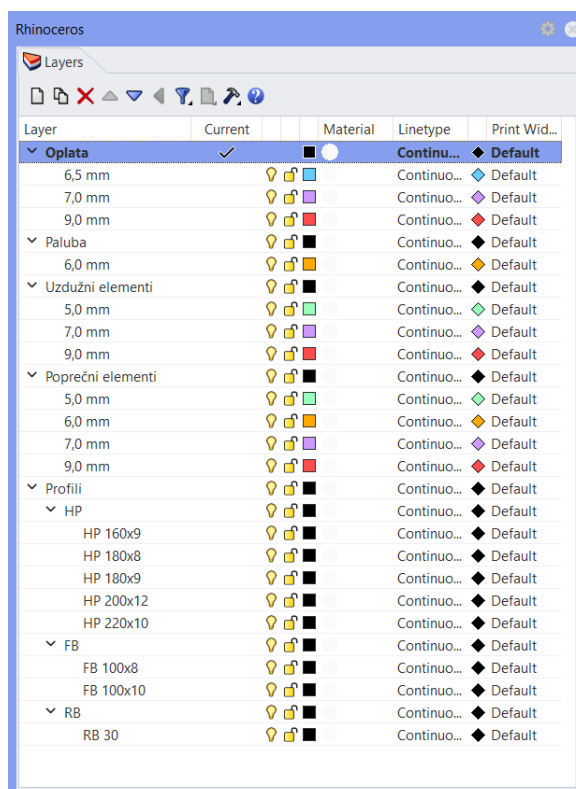
## 4.2. Metodologija izrade računalnog modela

Da bi se u razumnom vremenu izradio valjani geometrijski model naročito ako na njegovoj izradi radi veći broj ljudi potrebno je slijediti određenu metodologiju izrade:

### 1. Kreiranje slojeva (engl. Layers)

Slojeve treba podijeliti na prikladan način kako bi se omogućila lakša manipulacija geometrijom, stoga se kod jednostavnih modela preporučuje podjela na primarnu strukturu i sekundarnu strukturu, a kod zahtjevnijih modela se preporučuje podjela slojeva na oplatu, palubu, uzdužne elemente, poprečne elemente i profile (*Slika 4.13.*). Podslojevi za geometriju napravljenu od ploha se kreiraju s obzirom na debljine limova na način da svaka debljina ima svoju boju dok su podslojevi kod linijskih elemenata kreirani s obzirom na naziv profila.

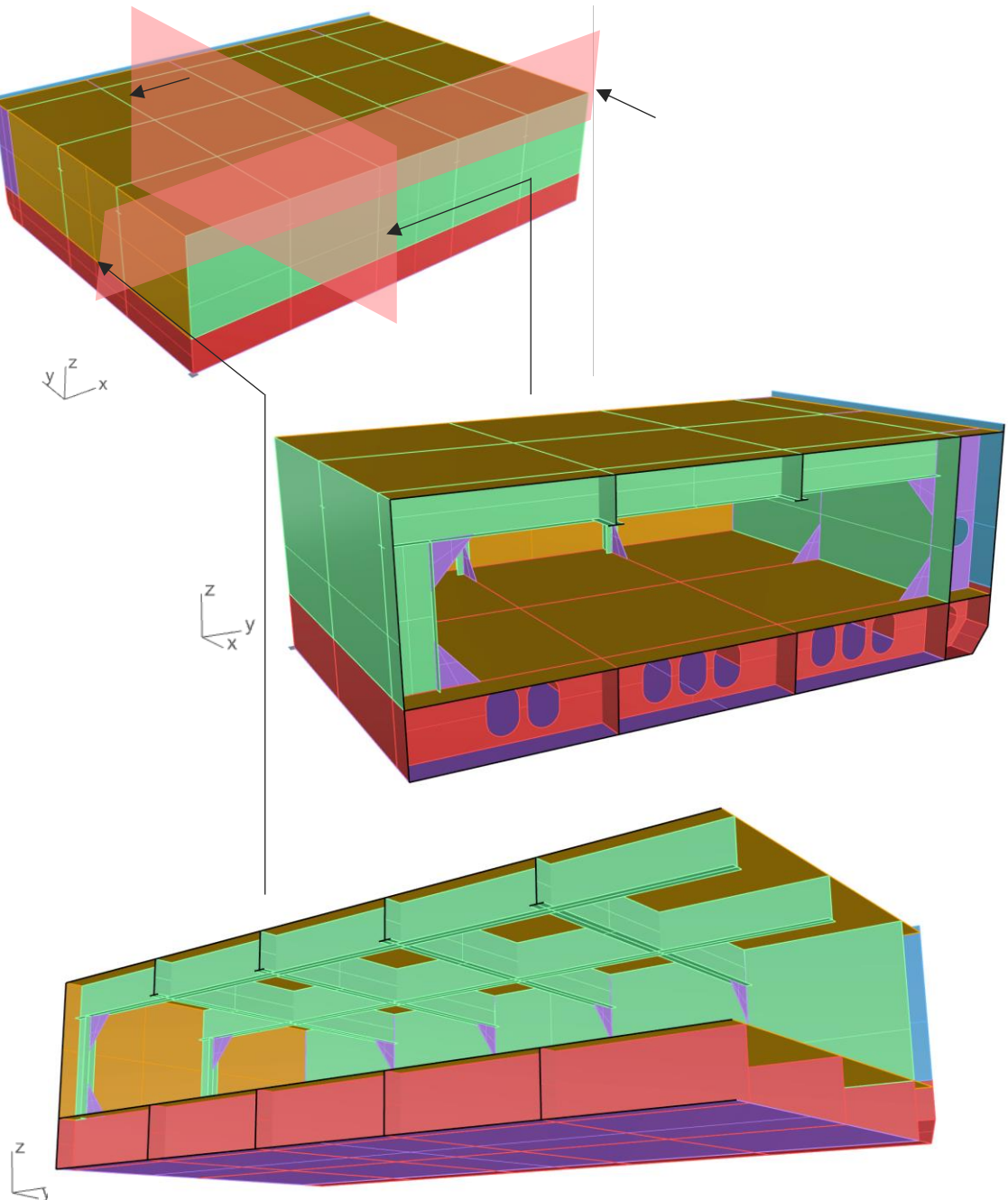
Zbog količine geometrijskih elemenata ovaj geometrijski model barže se svrstava u zahtjevnije modele stoga je i raspodjela slojeva tome prilagođena.



Slika 4.13. Slojevi.

## 2. Izrada primarne strukture:

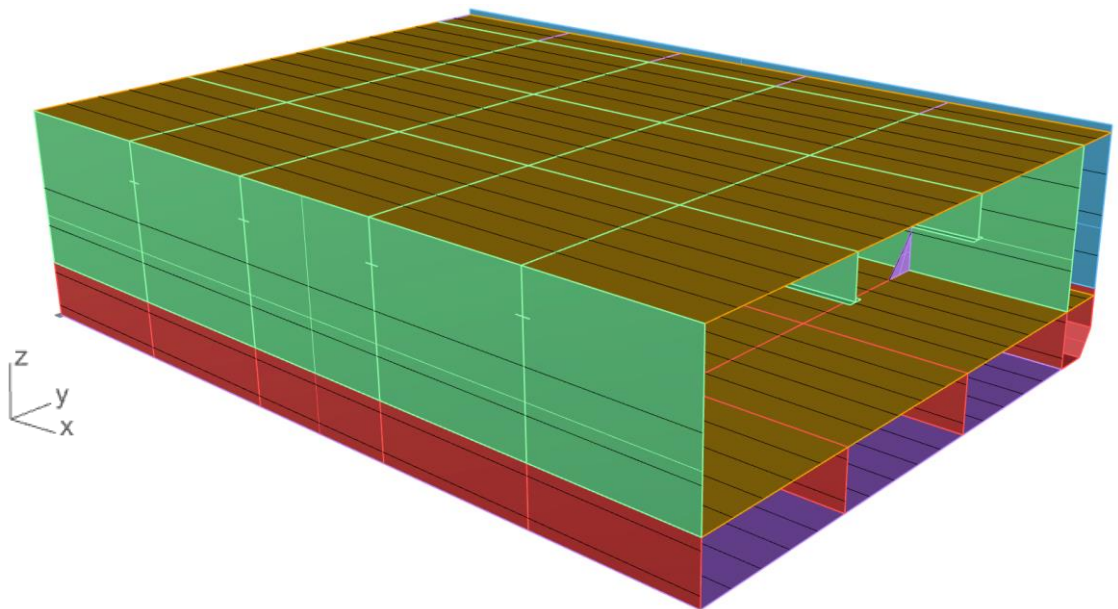
Primarna struktura je izrađena s plohamama te je razvrstana u za to prethodno kreirane slojeve.



*Slika 4.14. Primarna struktura – Parcijalni geometrijski model.*

### 3. Izrada sekundarne strukture:

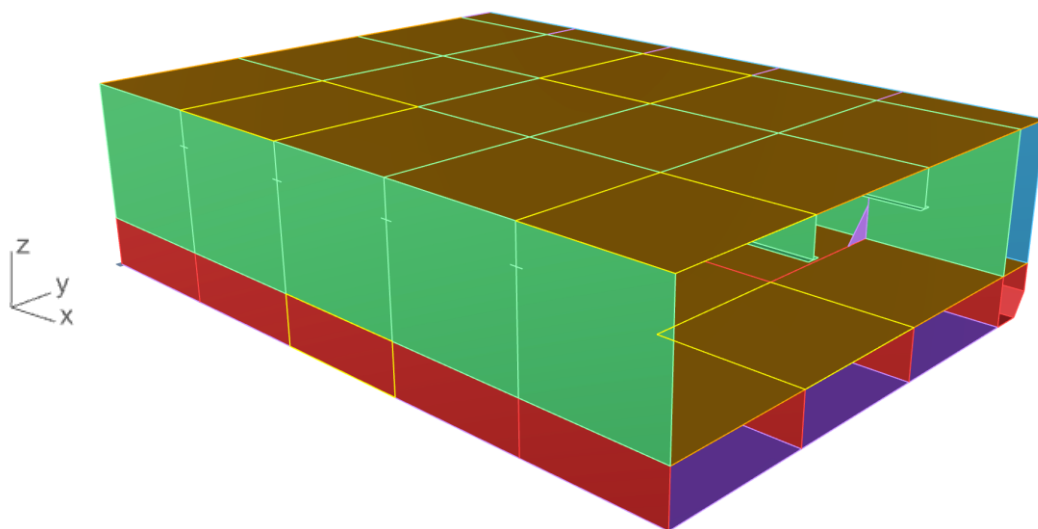
Kreiranje linija i krivulja pomoću kojih će se naknadno izraditi profili. Ukoliko u bazi poprečnih presjeka za definiranje linijskih elemenata unutar programa u kojemu će se raditi omrežavanje modela nema poprečnog presjeka profila koji je potrebno omrežiti tada je potrebno izmodelirati i poprečni presjek tog profila kako bi se nadopunila baza, te kako bi se mogli kreirati linijski elementi mreže sa točnim karakteristikama poprečnog presjeka.



*Slika 4.15. Primarna i sekundarna struktura – Parcijalni geometrijski model.*

4. Podjela primarne strukture u međusobnom dodiru:

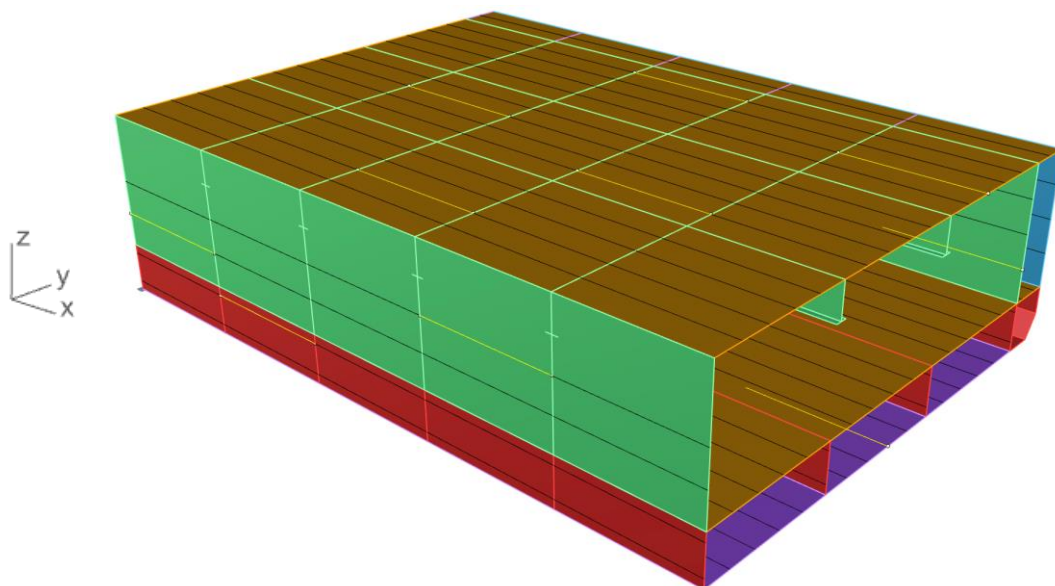
Ova podjela se obavlja radi dodatne kontrole prilikom ujedinjenja geometrije (dva dodirna brida od različitih ploha postaju jedan brid samim time su i čvorovi na bridu zajednički elementima od obje plohe prilikom izrade elemenata mreže), kreiranja mreže i dodatnih izmjena na samoj geometriji.



Slika 4.16. Podjela primarne strukture – Parcijalni geometrijski model.

5. Podjela sekundarne strukture sa primarnom i sekundarnom strukturom:

Ova podjela se obavlja kako bi se prilikom kreiranja linijskih elemenata njihovi čvorovi poklapali sa čvorovima plošnih elemenata limova koje ukrepljuju.



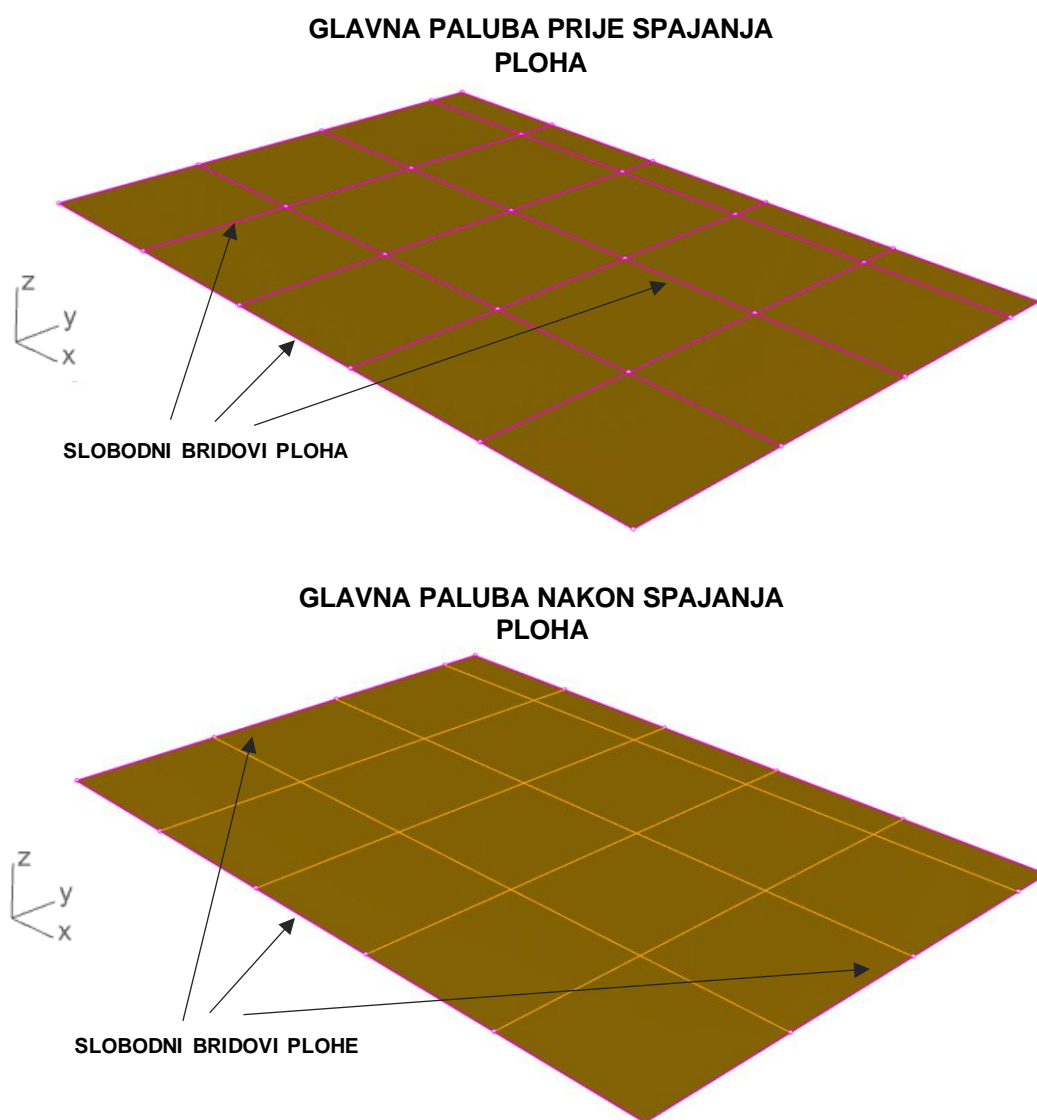
Slika 4.17. Podjela sekundarne strukture – Parcijalni geometrijski model.



## 6. Provjera geometrije:

Provjera geometrije se radi na način da se prvo vizualno pregleda model. Kontakti ploha su kritična mjesta gdje se najčešće dešavaju geometrijske greške, a oni su uvelike provjereni podjelom geometrije koja je obavljena u koraku 4 i koraku 5 jer podjela geometrije ne bi bila moguća ukoliko ne postoji puni kontakt između dvije plohe ili neke od kombinacija ploha, linija i krivulja s plohom.

Dodatna provjera je moguća na način da se podijeljena geometrija ponovno spoji u jednu cjelinu te da se nakon postupka spajanja provjere slobodni bridovi te nove spojene plohe (Slika 4.18.).



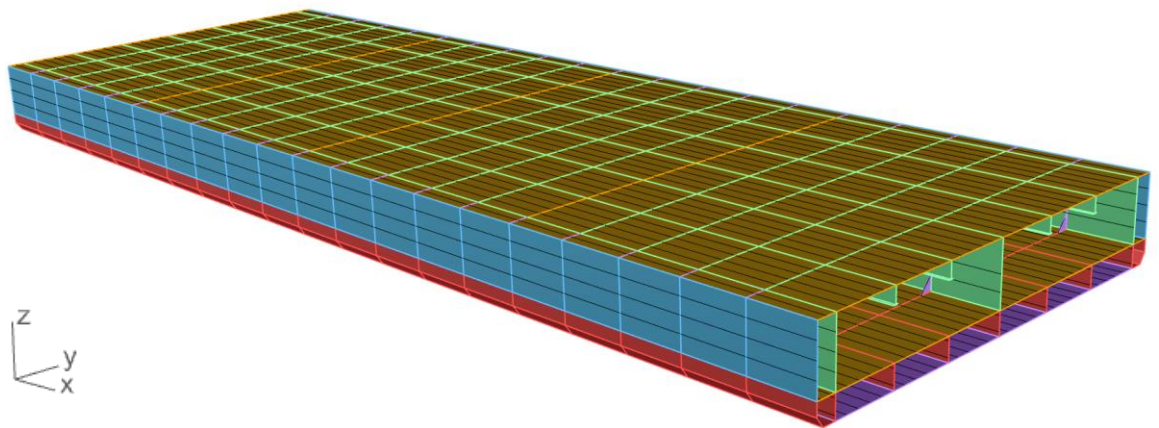
Slika 4.18. Provjera geometrije preko slobodnih krajeva.

### 7. Umnožavanje uređene geometrije:

Kako bi se smanjilo vrijeme utrošeno na izradu geometrije broskog trupa prvo se izrađuje parcijalni dio konačnog geometrijskog modela koji se u konačnom geometrijskom modelu ponavlja.

Brodaska struktura je u velikom dijelu simetrična s obzirom na centralnu liniju te se sastoji od teretnih prostora koji se od krme prema pramcu ponavljaju a čija se struktura zbog kontinuiteta strukture i mreže strukturnih elemenata bitno ne razlikuje.

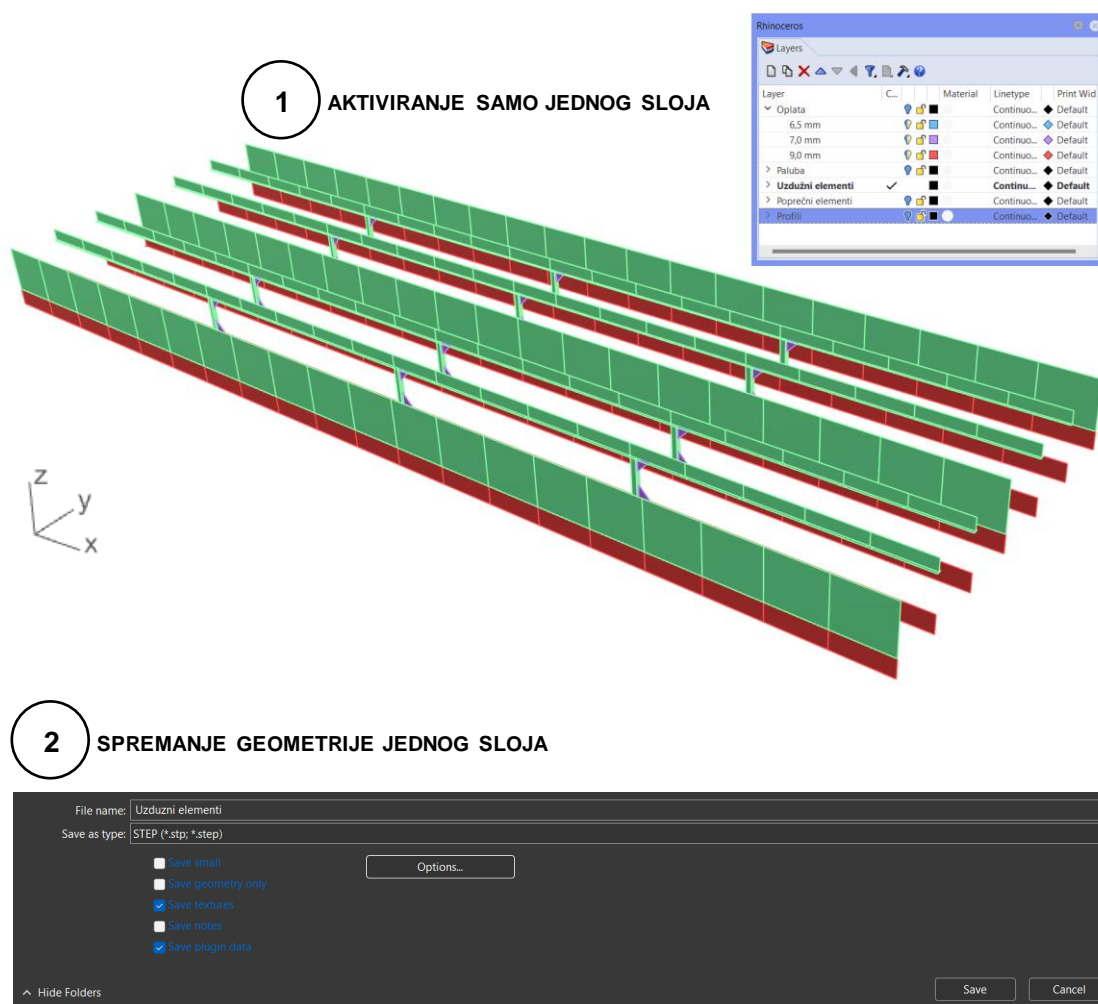
Stoga se za parcijalni dio geometrijskog modela brodske strukture uzima lijevi ili desni dio jednog teretnog prostora, te se na tom dijelu naprave svi potrebni zahvati. Nakon što je parcijalni dio geometrijskog modela dovršen vrši se njegovo omnožavanje te se modeliraju dodatni strukturni elementi koji nisu u parcijalnom modelu postojali, to su najčešće koljena ili neka lokalna strukturalna ojačanja (npr. kod temelja opreme).



Slika 4.19. Geometrijski model barže – Svih osam teretnih prostora.

8. Spremanje geometrije za program u kojem će se raditi njeno omrežavanje:  
Geometrija se sprema u STEP formatu na način da se sprema po glavnim slojevima tj. ona geometrija što se nalazi u npr. sloju Oplata sprema se pod Oplata.stp. Takav način spremanja geometrije olakšava daljnju manipulaciju istom.

STEP format je standardizirani format za izmjenu 3D modela, ne sprema samo osnovnu geometriju nego sa sobom sprema i boje koje su dodijeljene plohamo što uvelike olakšava rad prilikom omrežavanja modela jer postoji mogućnost grupiranja i pozivanja ploha s obzirom na boje koje su im dodijeljene.

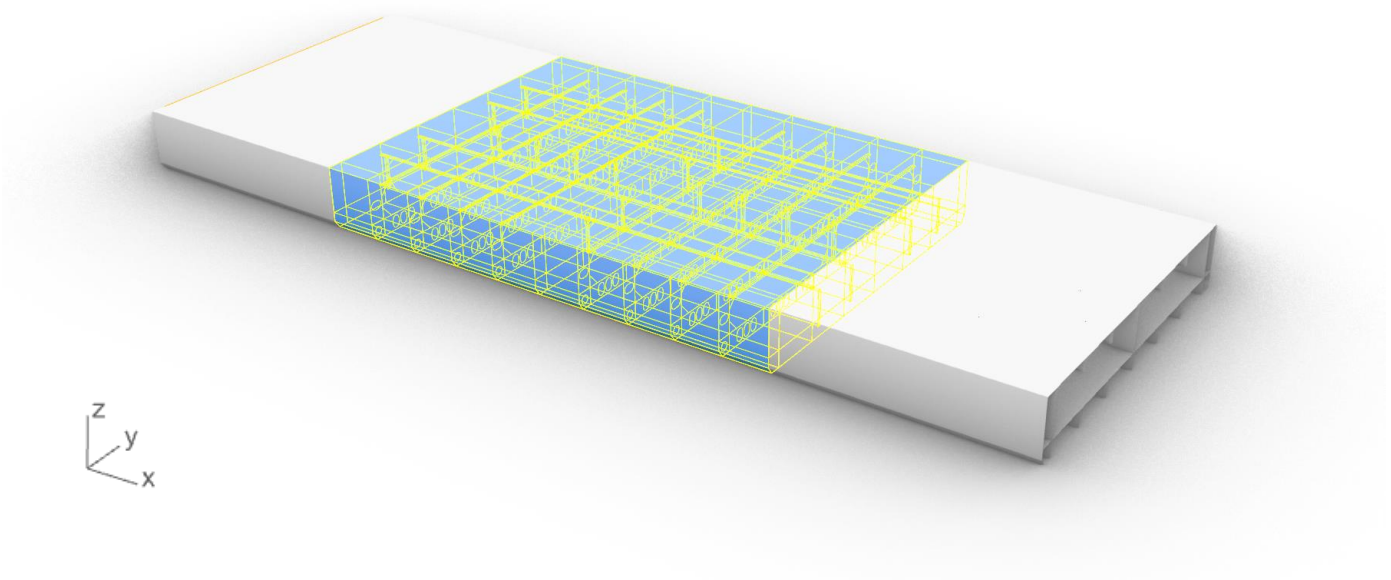


Slika 4.20. Spremanje geometrije kao STEP format.

Prema pravilima registra [1] za globalnu analizu broda koji prevozi tekućine potrebno je napraviti analizu tri "srednja" tanka (tri tanka po duljini) gdje se razmatra onaj srednji kako bi se umanjio utjecaj rubnih uvjeta. U ovom slučaju postoji parni broj tankova tako da se za potrebe izrade geometrije kao pripreme za strukturnu analizu modeliraju četiri tanka po duljini, a za potrebe analize potrebno je razmatrati rezultate dva "srednja" tanka (*Slika 4.20.*).

Ovisno o potrebama postoji nekoliko načina na koji se mogu postići omrežena četiri tanka potrebna za analizu:

1. Izmodelirati cijelu geometriju sa osam tankova  $\rightarrow$  omrežiti.
2. Izmodelirati geometriju sa dva tanka (po širini)  $\rightarrow$  omrežiti  $\rightarrow$  umnožiti mrežu.
3. Ukoliko je struktura simetrična lijevo i desno od centralne linije može se odabrati jedna od prethodne dvije opcije i izmodelirati samo lijeva ili desna strana te geometrije od centralne linije nakon čega se ona omrežava i postavljaju se simetrični rubni uvjeti.



*Slika 4.21. Geometrijski model - Interesna zona.*

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su proračunati osnovni elementi strukture trupa barže za tekući teret nosivosti 1450 tdw. Za plovību unutarnjim vodama prema pravilima i propisima Lloyd's Register-a [1] ne postoji mogućnost usporedbe momenta inercije poprečnog presjeka trupa tj. glavnog rebra s proračunatim minimalnim momentom inercije.

Jedina provjera momenta inercije je moguća preko minimalnog zahtijevanog momenta savijanja. Pretpostavka je da je to zbog toga što su naprezanja koja se javljaju tijekom eksploatacije plovila unutarnjim vodama značajno manja od onih koja se javljaju na plovilima koja plove otvorenim morem. Plovila koja plove unutarnjim vodama su također manjih duljina pa se javljaju manja naprezanja na savijanje.

Za proračunatu strukturu je napravljen geometrijski model kao priprema za izradu modela za strukturnu analizu. Geometrijski model je napravljen u skladu sa zahtjevima za izradu elemenata mreže prema pravilima i propisima DNVGL-a [4]. Prilikom modeliranja se treba velika pažnja posvetiti pojednostavljenju geometrije, a sve u svrhu pravilnog opisivanja iste koja se kasnije može koristiti za strukturnu analizu.

## 6. LITERATURA

- [1] Lloyd's Register, "Rules and Regulations for the Classification of Inland Waterways Ships", July 2019
- [2] viadomau, „Platina 2 Good Practice Manual on Inland Waterway Maintenance“, March 2016
- [3] The International Deep Foundations and Marine Construction Magazine, „Pile Buck“, Volume 3,6 Issue1, January/February 2020
- [4] Navtec Marine d.o.o., „Arhiva“, August 2022
- [5] S interneta, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Barge\\_on\\_River\\_Thames,\\_London-Dec\\_2009.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Barge_on_River_Thames,_London-Dec_2009.jpg), 24.8.2022.
- [6] S interneta, <https://unsplash.com/photos/A5ygdB8i0zA>, 24.8.2022.
- [7] Neven Grubišić, dip.ing., „Specifičnosti tehnoloških procesa u riječnom prometu“, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci Studentska 2, 51000 Rijeka, Hrvatska
- [8] S interneta, <https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/1%20wKarta%20novi%20razvrstaj%20ocisceno.jpg>, 24.8.2022.
- [9] Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO Image Landsat / Copernicus, "Google Earth", 25.8.2022.
- [10] United Nations Economic Commission for Europe, "White Paper on the Progress, Accomplishments and Future of Sustainable Inland Water Transport", Geneva, 2020
- [11] Damen, "Damen BunkerBarge 6316", February 2014
- [12] Lloyd's Register, "Rules for the Manufacture Testing and Certification of Materials", July 2019
- [13] DNVGL, „DNVGL-CG-0127 Finite element analysis“, August 2021
- [14] S interneta, <https://tehnika.lzmk.hr/promet-unutamjim-vodama/>, 25.8.2022.
- [15] S interneta, <https://tehnika.lzmk.hr/plovila-unutamje-plovidbe/>, 25.8.2022.

## 7. POPIS OZNAKA I KRATICA

### Popis oznaka

<u>Simbol</u>	<u>Opis</u>	<u>Mjerna jedinica</u>
$L$	Duljina	m
$B$	Širina	m
$D$	Visina	m
$T$	Gaz	m
$\Delta$	Nosivost	t
$C_b$	Blok koeficijent	-
$\nabla$	Nosivost	m <sup>3</sup>
$\rho$	Gustoća	m <sup>3</sup> /t
$\rho_{sv}$	Gustoća slatke vode	m <sup>3</sup> /t
$s$	Razmak sekundarne strukture	mm
$S$	Razmak primarne strukture	mm
$MH_T$	Moment savijanja – pregib (kategorija T)	tm
$MH_O$	Moment savijanja – pregib (kategorija O)	tm
$MS_T$	Moment savijanja – progiba (kategorija T)	tm
$MS_O$	Moment savijanja – progiba (kategorija O)	tm
$r$	Omjer duljine teretnog prostora i duljine broda	-
$\sigma_s$	Naprezanje – uzdužno savijanje	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	Naprezanje – kombinirano	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	Naprezanje – lokalno	N/mm <sup>2</sup>

<u>Simbol</u>	<u>Opis</u>	<u>Mjerna jedinica</u>
$t$	Debljina opločenja	mm
$t_b$	Debljina opločenja dna	mm
$d$	Promjer spojne šipke	-
$h_s$	Vrijednost za proračun debljine pokrova dvodna	m
$K_C$	Koeficijent debljine lima	-
$D_2$	Visina broda (D) ali ne veća od T+0,4	m
$I_e$	Efektivna duljina ukrepljenih elemenata	m
$L_1$	Duljina broda (L) ali ne manja od 40 m ili veća od 100 m	m
$Z$	Otporni moment	cm <sup>3</sup>
$h_p$	Vrijednost za visine za proračun otporni moment	m
$h_d$	Propisana visina za hidrostatski tlak teretnog prostora	m
$h_g$	Zbroj visina $h_p$ , $h_d$ i vrijednosti 0,2	m
$h_{de}$	Udaljenost od pokrova dvodna do palube	m
$h_s$	Vrijednost visine za duboke tankove	m
$I$	Moment inercije	cm <sup>4</sup>
$h_f$	Zbroj visina $h_{de}$ i $h_s$	m
$h_b$	Vrijednost udaljenosti za proračun strukture dvodna	m
$h_t$	Vrijednost za duboke tankove	m
$s_d$	Razmak uzdužnjaka ili dvostruke strukture (veća vrijednost)	m
$d_f$	Visina dvodna u CL-u	m



---

<u>Simbol</u>	<u>Opis</u>	<u>Mjerna jedinica</u>
$k$	Koeficijent materijala	-
$\sigma_0$	Granica razvlačenje materijala	N/mm <sup>2</sup>
$f$	Koeficijent raspona	-
$M$	Moment savijanja	Nm

**Popis kratica**

<u>Simbol</u>	<u>Opis</u>
FEM	engl. Finite Element Metoda, metoda konačnih elemenata
FEA	engl. Finite Element Analysis, analiza konačnih elemenata
CAD	engl. Computer Aided Design, računalom potpomognuto dizajniranje
MB	Motorni brod
MBG	Motorni brod gurač
P	Potisnica
MG	Motorni gurač
ECE	engl. Economic Commission for Europe, ekonomska komisija za Europu
CL	Centralna linija
BL	Bazna linija (osnovica)
1D	Jednodimenzionalni prostor
2D	Dvodimenzionalan prostor
0D	Prostor nulte dimenzije
3D	Trodimenzionalan prostor
STEP	engl. Standard for the Exchange of Product Data, standard za razmjenu podataka o proizvodu

---

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1.1. FEA.....	2
Slika 2.1. Odnos dimenzija plovnog puta [2].....	3
Slika 2.2. Skica primjera strukture barže za unutarnju plovidbu [3].....	4
Slika 2.3. Skica primjera strukture barže za oceansku plovidbu [3].....	5
Slika 2.4. Deck barge – teretna barža [3].....	7
Slika 2.5. Spud and crane barges – kran barža [3].....	8
Slika 2.6. Hopper barges – barža za rasuti teret [3].....	9
Slika 2.7. Shale barges – barža za zbrinjavanje naftnog otpada [3].....	10
Slika 2.8. Liquid mud barges – barža za transport otpadnih tekućina sa naftnih bušotina [3].....	11
Slika 2.9. Skica povezivanja sustava za tegalj [4].....	12
Slika 2.10. Tegljeni sastav – Rijeka Temza [5].....	13
Slika 2.11. Potiskivani sastav [6].....	14
Slika 2.12. Primjer potiskivanog sastava (formacija) prema vrsti i broju plovila [7].....	15
Slika 2.13. Hrvatska, unutarnji vodni putovi luke i pristaništa [8].....	16
Slika 2.14. Satelitske slike: a) Rotterdam, b) Shanghai, c) New Orleans [9].....	17
Slika 2.15. Podjela unutarnjeg prometa s obzirom na vrstu prometa u pojedinim zemljama Europe za 2014. godinu [10].....	19
Slika 3.1. Grafički obrađena slika idejnog dizajna barže [11].....	20
Slika 3.2. Opći plan - Bočni pogled i pogled na glavnu palubu [11].....	21
Slika 3.3. Opći plan – Pogled na poprečni presjek [11].....	21
Slika 3.4. Glavne dimenzije broda.....	22
Slika 3.5. Pozicije strukturnih elemenata glavnog rebra.....	33
Slika 4.1. Globalni omreženi model – Kontejnerski brod [13].....	35
Slika 4.2. Globalni omreženi model s lokalnim počinjenjem mreže [13].....	36
Slika 4.3. Primjer fino omrežene brodske strukture [13].....	36
Slika 4.4. Primjer pripremljenog modela za FEA [4].....	37
Slika 4.5. Primjer pripremljene geometrije za FEA [4].....	38
Slika 4.6. Prikaz modela neodgovarajuće geometrije za FEA [4].....	39
Slika 4.7. Greške geometrijskog modela – Razina detalja [4].....	40

Slika 4.8. Greške geometrijskog modela - Strukturalne. [4].....	41
Slika 4.9. Greške geometrijskog modela – Neusklađenost [4].....	42
Slika 4.10. Greške geometrijskog modela – Granične [4].....	43
Slika 4.11. Greške geometrijskog modela – Ne poklapanje strukture [4].....	44
Slika 4.12. Greške geometrijskog modela – Pojednostavljenje [4].....	45
Slika 4.13. Slojevi.....	46
Slika 4.14. Primarna struktura – Parcijalni geometrijski model.....	47
Slika 4.15. Primarna i sekundarna struktura – Parcijalni geometrijski model.....	48
Slika 4.16. Podjela primarne strukture – Parcijalni geometrijski model.....	49
Slika 4.17. Podjela sekundarne strukture – Parcijalni geometrijski model.....	49
Slika 4.18. Provjera geometrije preko slobodnih krajeva.....	50
Slika 4.19. Geometrijski model barže – Svih osam teretnih prostora.....	51
Slika 4.20. Spremanje geometrije kao STEP format.....	52
Slika 4.21. Geometrijski model - Interesna zona.....	53

## 9. POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Klase guranog konvoja [2].....	6
Tablica 2.2. Transport tereta unutarnjim vodama ECE regije od 2011–2015 (u tisućama tona) [10].....	18
Tablica 3.1. Glavne dimenzije.....	22
Tablica 3.2. Odabir brodograđevnog čelika s obzirom na debljinu lima.....	23
Tablica 3.3. Odabir brodograđevnog čelika s obzirom na debljinu lima.....	25
Tablica 3.4. Obični brodograđevni čelik.....	25
Tablica 3.5. Čelik povišene čvrstoće.....	25
Tablica 3.6. Temperature testiranja čelika povišene čvrstoće.....	25
Tablica 3.7. Moment inercije poprečnog presjeka trupa barže.....	31
Tablica 4.1. Elementi mreže s obzirom na brodsku strukturu.....	35

## 10. SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

### **Sažetak**

Ovaj rad obuhvaća proračun osnovnih elemenata strukture trupa barže za prijevoz tekućeg tereta nosivosti 1450 tdw i unutarnju plovidbu. Rezultati proračuna strukture su korišteni za izradu geometrijskog modela duljine četiri teretna prostora. Namjena tog geometrijskog modela je da bude korišten u strukturnoj analizi. S tim na umu, velika pažnja je posvećena metodologiji izrade tog geometrijskog modela.

**Ključne riječi:** barža, vodni put, plovni put, glavno rebro, primarna struktura, sekundarna struktura, geometrijski model, model za strukturnu analizu, omrežavanje modela.

### **Summary**

This paper includes the calculation of the basic structural elements of the hull for 1450 tdw inland water bunker barge. The results of the calculated structure were used to create a geometrical model with a length of four cargo holds. The purpose of that geometrical model is to be used in structural analysis. With that in mind, great attention was paid to the methodology of creating that geometrical model.

**Keywords:** barge, waterway, fairway, midship section, primary structure, secondary structure, geometric model, structural analysis model, meshing.

## **11. PRILOZI**

Prilog A Damen Bunker Barge 6316

Prilog B Midship section

Prilog C Transverse BHD

## Prilog A

### Damen Bunker Barge 6316



## DAMEN BUNKER BARGE 6316

### GENERAL

TYPICAL APPLICATIONS  
AREA OF OPERATION  
CLASSIFICATION

Transport of liquid cargoes  
Harbours, Inland waters  
Lloyd's Register + AT IWW, Oil  
Barge, Carriage of Oils with a FP  
exceeding 60° C

### DIMENSIONS

LENGTH O.A.	63,10 m
BEAM MLD	16,50 m
DEPTH MLD	3,00 m
DRAUGHT BALLAST	1,25 m
AIR DRAFT	2,75 m
DRAUGHT DESIGN	1,80 m
DEADWEIGHT	1450 ton

### CAPACITIES

CARGO TANKS VOLUME	1450 m <sup>3</sup>
BALLAST TANKS VOLUME	840 m <sup>3</sup>

### DESIGN CONDITIONS

SEA WATER TEMPERATURE	0° to +35° C
OUTSIDE AIR TEMPERATURE	5° to +45° C

### BILGE /BALLAST SYSTEM

BILGE PUMP	18 m <sup>3</sup> /h @ 6 mlc
BALLAST PUMPS	2x 100 m <sup>3</sup> /h @ 2,5 bar
BALLAST CONTROLS	Manual valve control at the manifold in the pump room

### CARGO SYSTEM

MANIFOLD

DRIP TRAYS  
VALVES  
VENTILATION  
SOUNDING  
ALARM

Maximum loading/unloading capacity  
2x 250 m<sup>3</sup>/h  
Underneath cargo shore connections  
Manual operated on deck  
De-aerators with flame arrestors  
By opening of the manholes  
High and low level alarm

### DECK EQUIPMENT

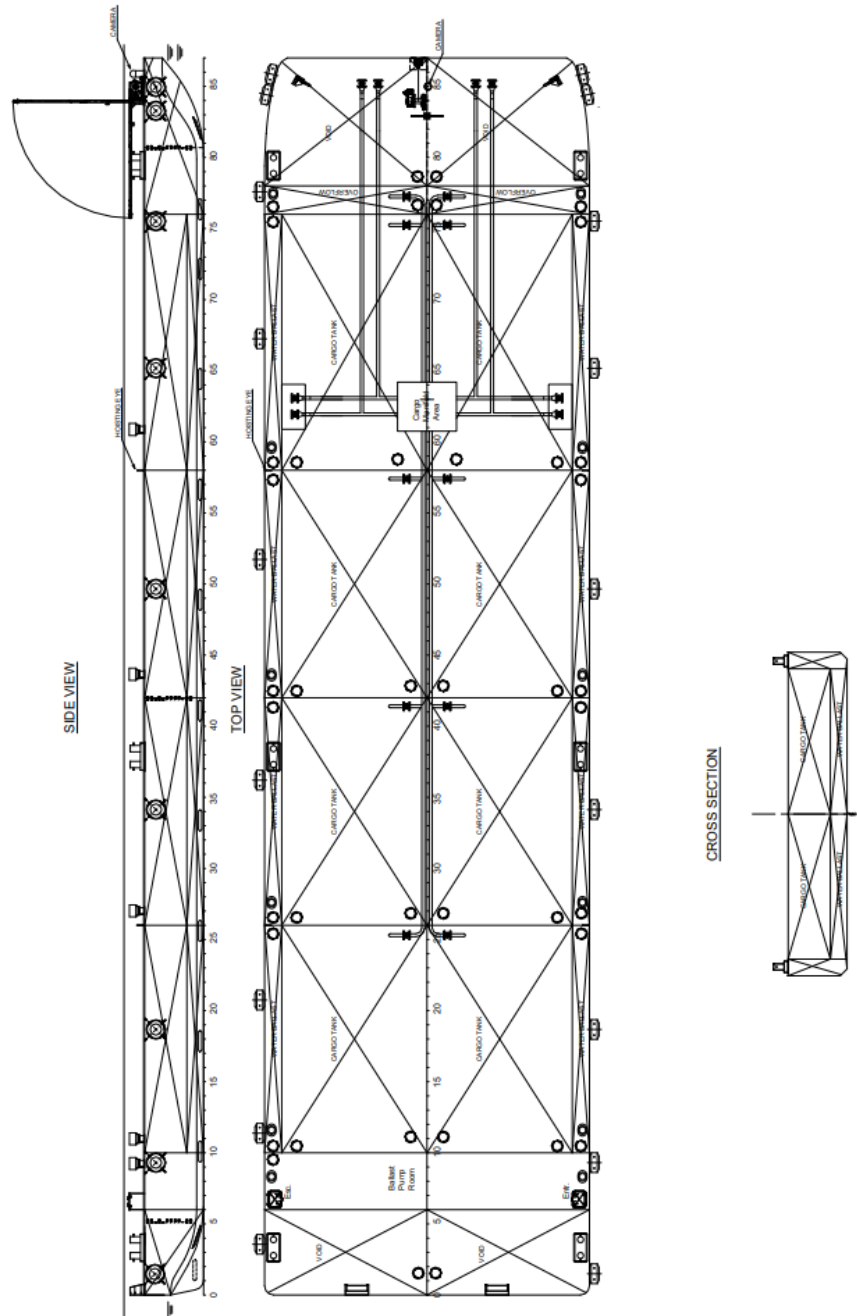
PUSH FRAME

TOWING BRACKETS  
BOLLARDS  
MOORING  
DRAUGHT MARKS

CATHODIC PROTECTION  
MANHOLES  
ANCHOR WINCH  
ANCHOR

FENDERING  
NAVIGATION LIGHTING

Reinforcement at the stern to absorb forces of  
the pusher  
One on PS and one on SB at foredeck  
6 Double bollards  
Three mooring ropes  
At fore, midship and aft on PS and SB every  
20 cm  
Zinc anodes on underwater part of the hull  
Flush bolted manholes  
One electrical driven anchor winch at the bow  
One anchor and steel wire in a recess at the  
bow  
Tyre fender system  
Navigation lights for inland navigation



## DAMEN BUNKER BARGE 6316

**DAMEN**

DAMEN SHIPYARDS GORINCHEM

Member of the DAMEN SHIPYARDS GROUP



Industrieterrein Avelingen West 20  
4202 MS Gorinchem

P.O. Box 1  
4200 AA Gorinchem  
The Netherlands

phone +31 (0)183 63 99 11  
fax +31 (0)183 63 21 89

info@damen.nl  
www.damen.nl

© No part of the leaflet may be reproduced in any form, by print, photo print, microfilm, or any other means, without written permission from Damen Shipyards Gorinchem

02-2014