

# Projekt plutajuće garaže

---

**Erhardt, Luka Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:116943>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-14**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Luka Josip Erhardt**

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Vedran Slapničar, dipl. ing.

Student:

Luka Josip Erhardt

Zagreb, 2022.

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

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Vedran Slapničaru, dipl. ing. i dr.sc. Jerolim Andriću, dipl.ing. na pomoći i strpljenju.

Također se želim zahvaliti svojoj djevojci Nini, roditeljima, bratu, sestri i prijateljima na motivaciji i podršci.

Luka Josip Erhardt



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 22 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Luka Josip Erhardt**

JMBAG: 0035201915

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt plutajuće garaže**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Floating garage project**

Opis zadatka:

S obzirom na nedostatak parkirnih mjesta jedno od rješenja za priobalna mjesta predstavljaju plutajuće garaže. Potrebno je razraditi idejni projekt modularne plutajuće garaže pontonskog tipa. Garaža je predviđena za osobna vozila s dvije osovine, osovinskog opterećenja od jedne tone po osovini za varijante kapaciteta od 150, 300 i 450 osobnih automobila. Idejni projekt treba se bazirati na funkcionalnosti, sigurnosti i ekonomičnosti. Ovisno o varijanti kapaciteta predvidjeti dodatne sadržaje garaže kao što su restoran, sportsko igralište i heliodrom. Garaža treba sadržavati kontrolnu kabinu sa spremom, sanitarne čvorove, prostoriju za diesel-električni agregat. Sve etaže povezane su rampama za protok automobila sa stubištem i liftom. Bočne stranice etaža su većim dijelom otvorene tako da se prostori etaža prirodno ventiliraju. Krov je ploha, poduprta laganom čeličnom konstrukcijom, na kojoj treba predvidjeti ugradnju fotonaponskih modula kako bi garaža bila u što većoj mjeri energetska neovisna o dodatnom napajanju električnom energijom. Za nadopunu električne energije elektroenergetski sustav će biti spojen i na kopnenu mrežu. Za slučaj nužde treba predvidjeti diesel-električni agregat. Opskrba slatkom vodom je iz gradskog vodovoda. Za stabilitet i trim je predviđena kontrola gaza, trima i nagiba koja će se vršiti balastiranjem garaže pomoću balastne vode u za to predviđenim tankovima. Za ulazno/izlazne rampe treba predvidjeti elastično temeljenje i izvedene mostiće s varijantama jedne ili dvije trake ovisno o načinu izvedbe rampi. Projekt treba prikazati nacrtom općeg plana s tehničkim opisom te izraditi proračune centracije, plovnosti i stabiliteta.

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

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

11. studenoga 2021.

13. siječnja 2022.

17. – 21. siječnja 2022.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Vedran Slapničar

Izv. prof. dr. sc. Ivan Čatipović

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OSNIVANJE PLUTAJUĆE GARAŽE.....	6
2.1. Projektni zahtjev .....	6
2.2. Glavne značajke .....	7
2.3. Parkirna mjesta.....	7
3. PRELIMINARNI PRORAČUN MASE I CENTRACIJA .....	12
4. STABILITET.....	13
4.1. Stabilitet .....	14
4.2. Pokus nagibanja .....	22
4.3. Provjera nepotonivosti .....	24
5. TEHNIČKI OPIS.....	40
5.1. Značajke .....	40
5.1.1. Opis.....	40
5.1.2. Opskrba električnom energijom i vodom.....	40
5.1.3. Pozicija i radni uvjeti .....	40
5.2. Prostori i parkiranje.....	41
5.2.1. Parkiralište .....	41
5.2.2. Opis etaže.....	41
5.2.3. Ulazno/izlazna rampa.....	42
5.2.4. Protok i parkiranje vozila.....	42
5.2.5. Komunikacije za ljude .....	42
5.2.6. Opća sigurnost .....	42
5.3. Oprema i sustavi.....	43
5.3.1. Komunikacija.....	43
5.3.2. Prostori za potrebe korisnika.....	43
5.3.3. Oprema za čišćenje i odvodnjavanje.....	43
5.3.4. Kontrola i naplata parkiranja .....	44
5.3.5. Protupožarstvo .....	44
5.3.6. Grijanje, ventilacija i klimatizacija .....	44
5.3.7. Elektroenergetika i elektronika .....	44
6. PRELIMINARNI PRIVEZ.....	46
6.1. Dubina na mjestu priveza.....	46
6.2. Utjecaj vjetra, morskih struja i valova .....	47
6.2.1. Utjecaj vjetra .....	47
6.2.2. Utjecaj morske struje .....	48
6.2.3. Utjecaj valova .....	48
6.3. Zajedničko međudjelovanje i granični uvjeti.....	49
6.4. Obilježja bokobrana i privezne opreme obale.....	50
6.4.1. Obilježja bokobrana .....	50
6.4.2. Obilježja priveznih bitvi .....	51
6.5. Maritimna sigurnost tijekom boravka na mjestu priveza.....	51
7. SPRINKLER SUSTAVI.....	53
8. FOTONAPONSKI MODULI.....	55

---

8.1. Općenito o fotonaponskim modulima.....	55
8.2. Izračun električne energije: na godišnjoj razini .....	56
8.3. Proračun potrošača:.....	57
9. ZAKLJUČAK.....	60

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Plutajuća garaža P-arken – poprečni izgled [2].....	2
Slika 2.	Plutajuća garaža P-arken – uzdužni izgled [2].....	2
Slika 3.	Plutajuća parkirna garaža Umihotaru u Tokyu [3].....	3
Slika 4.	Koncept plutajuće garaže na Novom Zelandu [4].....	4
Slika 5.	Koncept plutajuće garaže u Rusiji na jednoj etaži [5].....	5
Slika 6.	Koncept plutajuće garaže u Rusiji na dvije etaže [5].....	5
Slika 7.	Uzdužna parkirna mjesta [6].....	8
Slika 8.	Prikaz okomito projektiranog parkinga [6].....	10
Slika 9.	Usporedba okomitog i pod kutem izvedenim parkirnim mjestima.....	11
Slika 10.	Tlocrt i nacrt pontona sa označenim nepropusnim pregradama.....	13
Slika 11.	Izometrija, nacrt i tlocrt pontona iz programa MAXSURF.....	14
Slika 12.	Dijagramni list.....	16
Slika 13.	Poluga statičkog stabiliteta za plutajuću garažu za gaz preliminarne mase konstrukcije.....	18
Slika 14.	Poluga statičkog stabiliteta za plutajuću garažu na maksimalnom gazu.....	20
Slika 15.	Prikaz 2. etaže s automobilima za pokus nagibanja.....	22
Slika 16.	Prikaz nagiba pontona tijekom pokusa nagibanja.....	23
Slika 17.	Prikaz naplave prostora NP1_PS.....	25
Slika 18.	Prikaz naplave prostora NP1_PS iz programa MAXSURF.....	25
Slika 19.	Prikaz naplave prostora NP1_SRED.....	27
Slika 20.	Prikaz naplave prostora NP1_SRED iz programa MAXSURF.....	27
Slika 21.	Prikaz naplave prostora NP2_PS.....	29
Slika 22.	Prikaz naplave prostora NP2_PS iz programa MAXSURF.....	29
Slika 23.	Prikaz naplave prostora NP2_SRED.....	31
Slika 24.	Prikaz naplave prostora NP2_SRED iz programa MAXSURF.....	31
Slika 25.	Prikaz naplave prostora NP3_PS.....	33
Slika 26.	Prikaz naplave prostora NP3_PS iz programa MAXSURF.....	33
Slika 27.	Prikaz naplave prostora NP3_SRED.....	35
Slika 28.	Prikaz naplave prostora NP3_SRED iz programa MAXSURF.....	35
Slika 29.	Prikaz naplave prostora NP1_PS i NP2_PS.....	37
Slika 30.	Prikaz naplavljenim prostorima NP1_PS i NP2_PS.....	37
Slika 31.	Prikaz naplave prostora NP2_PS i NP3_PS.....	39
Slika 32.	Prikaz naplave prostora NP2_PS i NP3_PS iz programa MAXSURF.....	39
Slika 33.	Primjer bokobrana s jednostrukim i dvostrukim elastičnim elementima [11].....	51
Slika 34.	Primjer sprinkler mlaznice [13].....	53
Slika 35.	Predodžba rada sprinkler mlaznice, aktivacija (lijevo) i kontinuirani rad.....	54
Slika 36.	Prvi putnički brod pogonjen isključivo solarnom energijom u Indiji [16].....	55
Slika 37.	Raspored fotonaponskih modula na krovu plutajuće garaže.....	56



**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Dimenzija okomitih i kosih mjesta za parkiranje [6] .....	9
Tablica 2. Preliminarne mase .....	12
Tablica 3. Hidrostatički podaci .....	15
Tablica 4. Hidrostatički podaci za gaz preliminarne mase konstrukcije i za maksimalni gaz opremljenog pontona s automobilima .....	17
Tablica 5. Podaci za polugu statičkog stabiliteta plutajuće garaže za gaz preliminarne mase konstrukcije .....	18
Tablica 6. Kriteriji za polugu statičkog stabiliteta za gaz preliminarne mase konstrukcije ...	19
Tablica 7. Podaci za polugu statičkog stabiliteta plutajuće garaže na maksimalnom gazu ...	20
Tablica 8. kriteriji za polugu statičkog stabiliteta na maksimalnom gazu .....	21
Tablica 9. Podaci stabiliteta u pokusu nagibanja .....	23
Tablica 10. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP1_PS .....	24
Tablica 11. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP1_SRED .....	26
Tablica 12. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP2_PS .....	28
Tablica 13. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP2_SRED .....	30
Tablica 14. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP3_PS .....	32
Tablica 15. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP3_SRED .....	34
Tablica 16. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorima NP1_PS i NP2_PS.....	36
Tablica 17. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorima NP2_PS i NP3_PS.....	38
Tablica 18. Proračun mjesečne i godišnje potrošnje i potrebna nadopuna električnom energijom.....	59

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
KB	[m]	vertikalni položaj težišta istisnine
KG	[m]	vertikalni položaj težišta masa
BM <sub>t</sub>	[m]	poprečni metacentarski radijus
BM <sub>L</sub>	[m]	uzdužni metacentarski radijus
GM <sub>t</sub>	[m]	poprečna metacentarska visina
GM <sub>L</sub>	[m]	uzdužna metacentarska visina
KM <sub>t</sub>	[m]	visina poprečnog metacentra iznad osnovice
KM <sub>L</sub>	[m]	visina uzdužnog metacentra iznad osnovice
LCB	[m]	uzdužni položaj težišta istisnine
LCF	[m]	uzdužni položaj težišta vodne linije
GZ	[m]	poluga statičkog stabiliteta
NP	/	nepropusna pregrada
PS	/	portside (lijeva strana)
SB	/	starboard (desna strana)
CP	/	
CB	/	
CM	/	
CWP	/	
JZ	[t/cm]	Količina tereta koja se mora ukrcati da bi gaz porasao za 1 cm
JMT	[t*m]	Moment potreban za postizanje trima od 1 m

## **SAŽETAK**

Važnost pronalaska dobrog rješenja za nedostatak prostora za parkiranje sve je veća uz neprestani rast broja osobnih automobila. U ovom je radu kao realna mogućnost predložen idejni koncept plutajuće garaže za priobalne gradove. Uz veliki broj parkirnih mjesta, ova plutajuća garaža sadrži mogućnost izgradnje i drugih sadržaja, a posebno je zanimljiva radi predviđene ugradnje fotonaponskih modula kojima bi se ostvarile uštede na korištenju električne energije. Proveden je postupak osnivanja plutajuće garaže koji je obuhvatio razradu idejnog rješenja te proračune, mase, centracije i stabiliteta. Definiran je tehnički opis iz kojeg je detaljnije obrađen sprinkler sustav, preliminarni privez i energetski proračun fotonaponskih modula.

Ključne riječi: plutajuća garaža, osnivanje, stabilitet, fotonaponski moduli, tehnički opis.

## **SUMMARY**

The importance of finding a practical solution to the lack of parking space is constantly growing with the relentless growth in the number of personal vehicles. This paper proposes the realistic possibility of a floating garage designed for coastal cities. In addition to a large number of parking spaces, this floating garage could include other facilities and amenities. Particularly interesting is the implementation of photovoltaic modules that would lead to energy savings. A floating garage was designed, including an elaboration of the conceptual solution and calculations of the mass, centre and stability. A technical description is defined, from which the sprinkler system, the preliminary mooring and the energy calculation of the photovoltaic modules were analysed in more detail.

Key words: floating garage, conceptual solution, photovoltaic modules, technical description.

## 1. UVOD

U većini gradova je problem manjak parkirnih mjesta, zbog sve većeg broja ljudi, a time i vozila. Uslijed toga postoji nedostatak slobodnih površina na kojima bi se mogla izgraditi parkirališta. Kod priobalnih gradova tijekom turističkih sezona je to posebno velik problem zbog povećanog protoka ljudi i vozila. Zbog toga se razvila ideja o izgradnji plutajućih garaža na moru koje se mogu pozicionirati gdje i kada su najpotrebnije.

### Plutajuće garaže u svijetu

Plutajućih garaža u svijetu skoro i nema jer je to još uvijek relativno novi koncept. Lokacije na kojima se nalaze su u Švedskoj u Göteborgu i u Tokyu, a na Novom Zelandu, u Nizozemskoj i u Rusiji su dostupni za sada samo različiti koncepti plutajućih garaža.

Plutajuća Garaža P-arken [1] koja je za stalno smještena i privezana u marini Lilla Bommen u Göteborgu izgradili su „HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO. LTD.“ u Južnoj Koreji 1975. godine kao pomorsko plovilo. Pri izgradnji ima naziv Misurata, već 1976. godine je preimenovana u Federal 402, 1988. godine u Federal. te 1991. godine je prenamijenjena u više etažnu plutajuću garažu za automobile. Trenutno je aktivna pod Švedskom zastavom pod nazivom P-arken [2] (slika 1.). Duljinom od 121 m i širinom od 30 m, omjerima je slična RoRo brodu, te joj se omjeri dosta razlikuju od plutajuće garaže u ovom radu (slika 2.).



Slika 1. Plutajuća garaža P-arken – poprečni izgled [2]



Slika 2. Plutajuća garaža P-arken – uzdužni izgled [2]

Izgrađen na plutajućem otoku od 650 metara okružen vodom, "Umihotaru Parking Area" je prilično neobično parkiralište (slika 3.). S garažom za parkiranje na 3 etaže i s komercijalnim objektima na 2 etaže Umihotaru je jedini trgovački centar koji pluta na moru [3].



**Slika 3. Plutajuća parkirna garaža Umihotaru u Tokyu [3]**



Koncept plutajuće garaže na 4 etaže koja bi mogla smjestiti 2000 automobila (slika 4.). Rampe su fiksne a balastni tankovi s pumpama održavaju jednak gaz pontona pri ulazu i izlazu automobila [4].



**Slika 4. Koncept plutajuće garaže na Novom Zelandu [4]**



Koncept plutajuće garaže u Rusiji [5] s duljinom pontona koja daleko premašuje širinu, može smjestiti oko 50 automobila (slika 5.). Garaža na dvije etaže ima spiralnu rampu na jednom kraju pontona s kojom auti prelaze s etaže na etažu (slika 6.).



Slika 5. Koncept plutajuće garaže u Rusiji na jednoj etaži [5]



Slika 6. Koncept plutajuće garaže u Rusiji na dvije etaže [5]

## 2. OSNIVANJE PLUTAJUĆE GARAŽE

### 2.1. Projektni zahtjev

Prema projektnom zahtjevu potrebno je bilo osnovati plutajuću garažu koja bi po etaži sadržavala oko 150 parkiranih automobila. Zbog ograničenog prostora na kojima bi plutajuća garaža mogla biti smještena, odabrano je nešto manje parkirnih mjesta po etaži kako bi se dobila garaža manjih dimenzija. Dimenzije plutajuće garaže iznosi  $L=70.5$  m, a širina  $B=50.5$  m. Osnivanje pontona je započeto tako da je napravljen izračun preliminarne mase strukture plutajuće garaže i time je dobivena i potrebna masa istisnine pontona na željenom gazu. Zbog modularne izvedbe etaža, moguća je izrada garaže s jednom, dvije ili tri etaže. Za svaku etažu je predviđen sanitarni čvor, automat za plaćanje parkinga u prostoru sa stubištem i liftom i spremište za tehniku, što uključuje električnu kontrolu sprinkler sustava po etaži. Ideja plutajuće garaže otvara mogućnosti izgradnje plutajućih objekata za razonodu. Naime, iznad parkirne garaže moguće je dodati etaže u koje se mogu smjestiti restorani, dućani, sportski objekti, koncertne dvorane, itd. Time bi se bez zauzimanja prostora po gradu i oko stambenih zgrada istovremeno riješio problem parkirnih mjesta za veliki broj ljudi koji posjećuje navedene objekte. Ovo bi podrazumijevalo veću masu istisnine što bi rezultiralo većim gazom ili većim dimenzijama pontona.

Krov garaže ne bi ostao neiskorišten. Kako bi cijeli plutajući objekt bio u što većoj mjeri energetski neovisan o dodatnom napajanju električnom energijom, predviđena je ugradnja fotonaponskih modula. Njima bi se generirala električna energija potrebna za napajanje garaže. Međutim, ako bi se ukazala potreba za izgradnjom heliodroma, dio površine na kojoj su smješteni fotonaponski moduli bi se smanjio.

U srednjem pontonu po potrebi može biti smješten diesel-električni agregat koji će biti određen na osnovu potrošača.

## 2.2. Glavne značajke

Odabrana je konfiguracija s tri pontona na kojima je smještena garaža. Središnji najveći ponton s bokovima koji se podudaraju a uzdužnim jakim nosačima garaže i dva bočna pontona, čije su dimenzije odabrane prema zahtijevanoj istisnini. Glavne dimenzije plutajuće garaže su:

– Duljina preko svega	70.50 m
– Širina	50.50 m
– Duljina srednjeg pontona	70.50 m
– Širina srednjeg pontona	16.00 m
– Duljina bočnih pontona	70.50 m
– Širina bočnih pontona	7.50 m
– Visina između etaža	3.00 m
– Visina pontona	2.50 m
– Gaz pri punom opterećenju	1.054 m
– Gaz prazne garaže	0.699 m

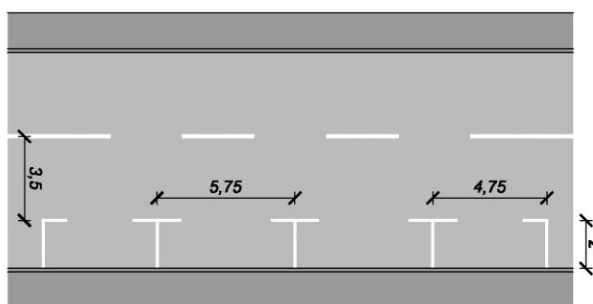
## 2.3. Parkirna mjesta

Ovisno o kutu parkiranja parkirna mjesta u garaži moguće je projektirati i izvesti na sljedeće načine [6]:

- a) uzdužno parkiranje
- b) koso parkiranje
- c) okomito parkiranje

**Uzdužno parkiranje** podrazumijeva parkiranje vozila paralelno sa smjerom kretanja vozila. Takvo parkiranje zahtjeva najmanju širinu prostora za parkiranje i najmanju širinu za manevriranje vozila prilikom parkiranja, ali zauzima najviše prostora po dužini.

Osnovna dimenzija uzdužnog parkirališnog mjesta prema europskim normativima iznosi 5.75 x 2 m, a nužna širina manevarskog prostora uz parkirališno mjesto je 3.5 m. Iznimno se može primijeniti dimenzija parkirališnog mjesta 5.5 x 2 m što se ne preporučuje zbog sve većih dimenzija novoprodučenih vozila. Krajnja parkirališna mjesta na površinama za uzdužno parkiranje mogu se, ako nikakva prepreka ne ometa parkiranje, skratiti za 1.0 m, odnosno na duljinu 4.75 m. Primjer uzdužnih mjesta za parkiranje s naznačenim dimenzijama nalazi se na slici 7.

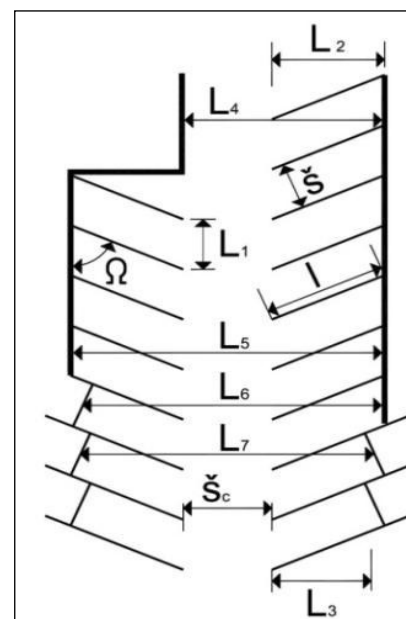


Slika 7. Uzdužna parkirna mjesta [6]

**Koso parkiranje** podrazumijeva parkiranje vozila pod određenim kutom u odnosu na smjer kretanja vozila. Kut pod kojim je najbolje postaviti kosa parkirališna mjesta prema njemačkim smjernicama za projektiranje parkirališta može biti 45°, 54°, 63°, 72° i 81°. U slučaju specifičnih potreba određene lokacije na kojoj se planiraju kosa parkirališna mjesta moguće je postaviti parkirališno mjesto pod bilo kojim kutom između 30° i 90° uz prethodni proračun duljine i dubine parkirališnog mjesta. Koso parkiranje zahtijeva veću širinu prostora u odnosu na uzdužno parkiranje, ali omogućuje bolju iskoristivost duljine prostora za parkiranje. Prednost kosog parkiranja je u tome što omogućuje jednostavno parkiranje vožnjom unaprijed što čini parkiranje u manjim prostorima brže i ugodnije. Osnovna širina kosoga parkirališnog mjesta iznosi 2.50 m, duljina je ovisna o kutu postavljanja i iznosi od 5.00 m do 6.86 m, a dubina od 4.85 m do 5.35 m. Dimenzije okomitih i kosih parkirališnih mjesta prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Dimenzija okomitih i kosih mjesta za parkiranje [6]

$\Omega$ - kut parkiranja( $^{\circ}$ )	45	54	63	72	81	90
š - osnovna širina p.m. - m	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
l - osnovna duljina p.m. - m	6.86	6.37	5.95	5.63	5.32	5
šc - širina ceste (jednosmjerna)	3	3.5	4	4.5	5.25	6
šc - širina ceste (dvosmjerna)	3	3.5	4	4.5	5.25	6
L1 - m	3.54	3.09	2.81	2.63	2.53	2.5
L2 - m	4.85	5.15	5.3	5.35	5.25	5
L3- m	3.97	4.42	4.73	4.97	5.06	5
L4- m (jednosmjerno)	7.85	8.65	9.3	9.85	10.5	11
L5- m (jednosmjerno)	12.7	13.81	14.6	15.21	15.76	16
L6- m (jednosmjerno)	11.82	13.07	14.04	14.82	15.56	16
L7- m (jednosmjerno)	10.93	12.34	13.47	14.44	15.37	16
L4- m (dvosmjerno)	7.85	8.65	9.3	9.85	10.5	11
L5- m (dvosmjerno)	12.7	13.81	14.6	15.21	15.76	16
L6- m (dvosmjerno)	11.82	13.07	14.04	14.82	15.56	16
L7- m (dvosmjerno)	10.93	12.34	13.47	14.44	15.37	16



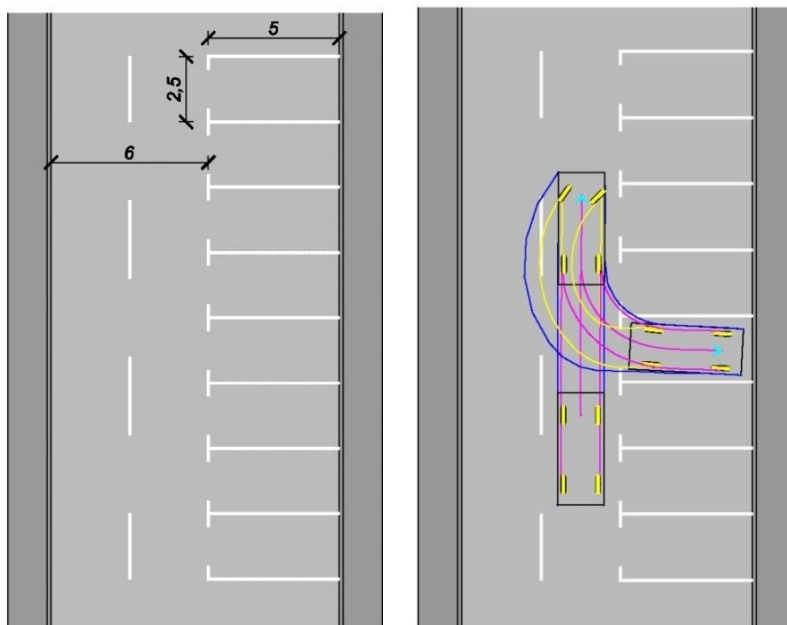
**Okomito parkiranje** podrazumijeva parkiranje vozila pod kutom od  $90^{\circ}$  u odnosu na smjer kretanja vozila. Okomito parkiranje omogućuje smještaj najvećeg broja parkiranih vozila po kvadratnom metru površine za parkiranje, ali zahtijeva najveću širinu parkirališne površine i prostora za ulazak na parkirališno mjesto.

Prednost okomitog načina postavljanja mjesta za parkiranje odnosi se na omogućavanje ulaska na parkirno mjesto iz oba smjera te, u odnosu na koso postavljena mjesta, bolje iskorištavanje parkirne površine.

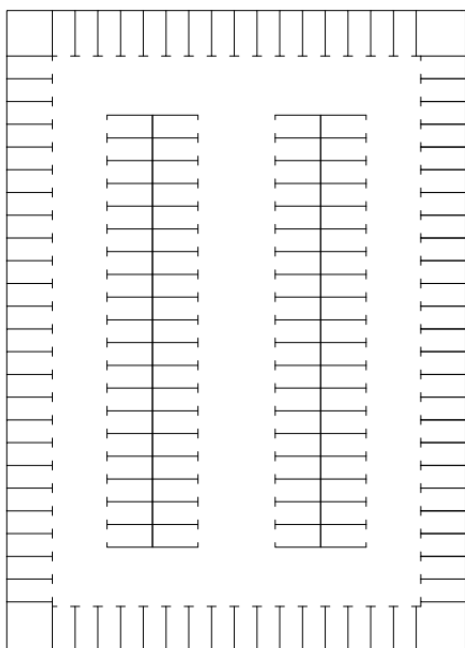
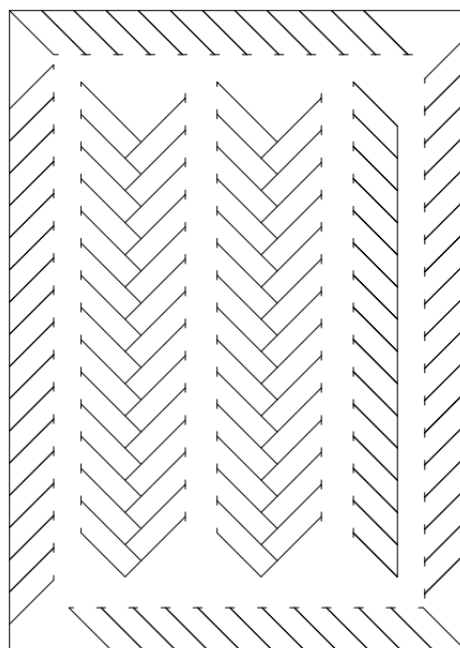
Nedostatak okomitog parkiranja je u velikoj širini prostora za ulazak na parkirališno mjesto i izlazak s parkirališnog mjesta (min.  $\approx 6.00$  m) koja može premašiti čak i širinu nekih dvosmjernih cesti.

Preporučena širina okomitoga parkirališnog mjesta iznosi 2.50 m (min. 2.30 m), a dubina 5.00 m.

Primjer projektiranja okomitih mjesta za parkiranje sa označenom putanjom automobila prilikom parkiranja se vidi na slici 8.



**Slika 8. Prikaz okomito projektiranog parkinga [6]**

okomita izvedba parkiranja  
156 AUTOMOBILAparkiranje izvedeno pod  
kutem od 45 stupnjeva  
122 AUTOMOBILA**Slika 9. Usporedba okomitog i pod kutem izvedenim parkirnim mjestima**

Za dobivene dimenzije plutajuće garaže napravljena je kosa i okomita izvedba parkirnih mjesta. Zbog pogodnije cirkulacije prometa i veće brojnosti parkirnih mjesta s okomito projektiranim parkirnim mjestima (slika 9.), odabrana je upravo ta izvedba.

### 3. PRELIMINARNI PRORAČUN MASE I CENTRACIJA

Preliminarna masa i težište po visini dobiveni su iz modela plutajuće garaže te iznose 1566000 kg i 5.6 m [7]. Model je napravljen u programu Maestro, a radi se o računalnom programu namijenjenom za analize velikih, složenih tankostjenih konstrukcija. Osim klasičnih strukturnih analiza, uključuje analize granične čvrstoće te optimizaciju konstrukcije. Program je dostupan u Windows okruženju te ima vrlo pristupačno grafičko sučelje. Najviše se koristi u brodograđevnoj industriji te je iz tog razloga olakšana izrada modela složenih brodskih konstrukcija uporabom podstruktura i modula. U sljedećoj tablici se vide svi elementi koji su uključeni u preliminarnu masu.

Tablica 2. Preliminarne mase

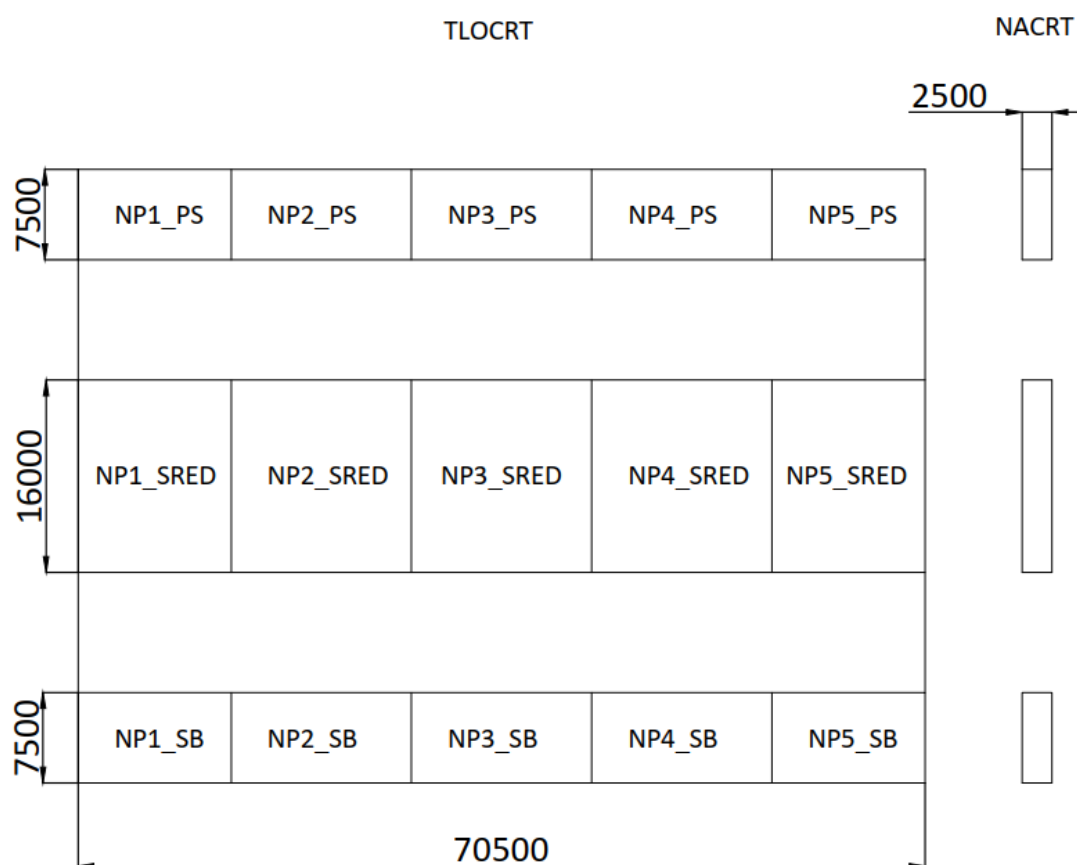
NAZIV	MASA [kg]	BR. KOMADA	UKUPNA MASA [kg]	Težište po z [m]
<b>Lightship</b>	1566000	1	<b>1566000</b>	<b>5.6</b>
<b>Tank sive i crne vode</b>	3724	1	3724	1.25
<b>Automobili</b>	1800	361	649800	7.5
<b>Solarne ćelije</b>	22.5	1452	32670	11
<b>Baterije</b>	90	30	2700	1
<b>Rampe</b>	15000	2	30000	7
<b>Rezerva</b>	75000	1	75000	7
		<b>Σ =</b>	<b>2359894</b>	<b>6.255</b>

Prosječna masa automobila iznosi 1500 kg ali je dodano 300 kg po automobilu kao faktor sigurnosti i uz pretpostavku da se parkiraju kombiji i veći automobili. Njihova centracija je pretpostavljena na sredini plutajuće garaže iako parkirna mjesta nisu savršeno simetrična jer masa unutarnjih rampi ima približnu masu kao red parkirnih mjesta na suprotnom kraju garaže. Baterije se pozicioniraju u središtu srednjeg pontona. Težišta po x i y osi se pretpostavljaju u sredini plutajuće garaže, što iznosi za  $x = 35.250$  m, a za  $y = 0$ . Na nacrtu se vidi raspored preostalih prostora i opreme čije su mase uvrštene u tablici pod nazivom „Rezerva“, a njihov iznos je pretpostavljen kao 5% mase prazne opremljene plutajuće garaže što iznosi 75 tona.



## 4. STABILITET

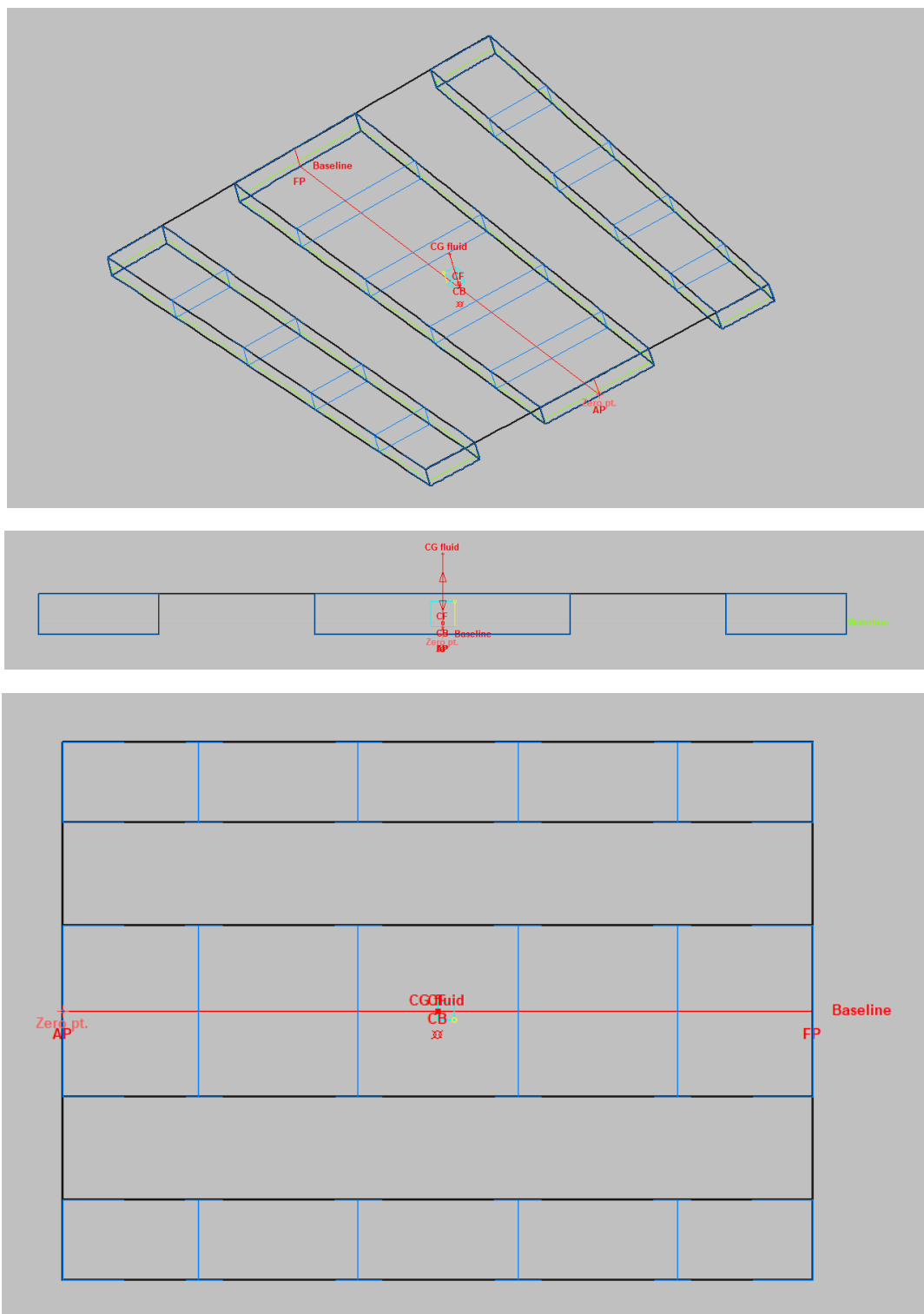
Za proračun stabiliteta, pokusa nagibanja i provjeru nepotonivosti plutajuće garaže koristit će se programski alat MAXSURF [8] s modulom za modeliranje i modulom za stabilitet. Na slici 10. se vidi tlocrt i nacrt pontona s označenim nepropusnim pregradama.



Slika 10. Tlocrt i nacrt pontona sa označenim nepropusnim pregradama

#### 4.1. Stabilitet

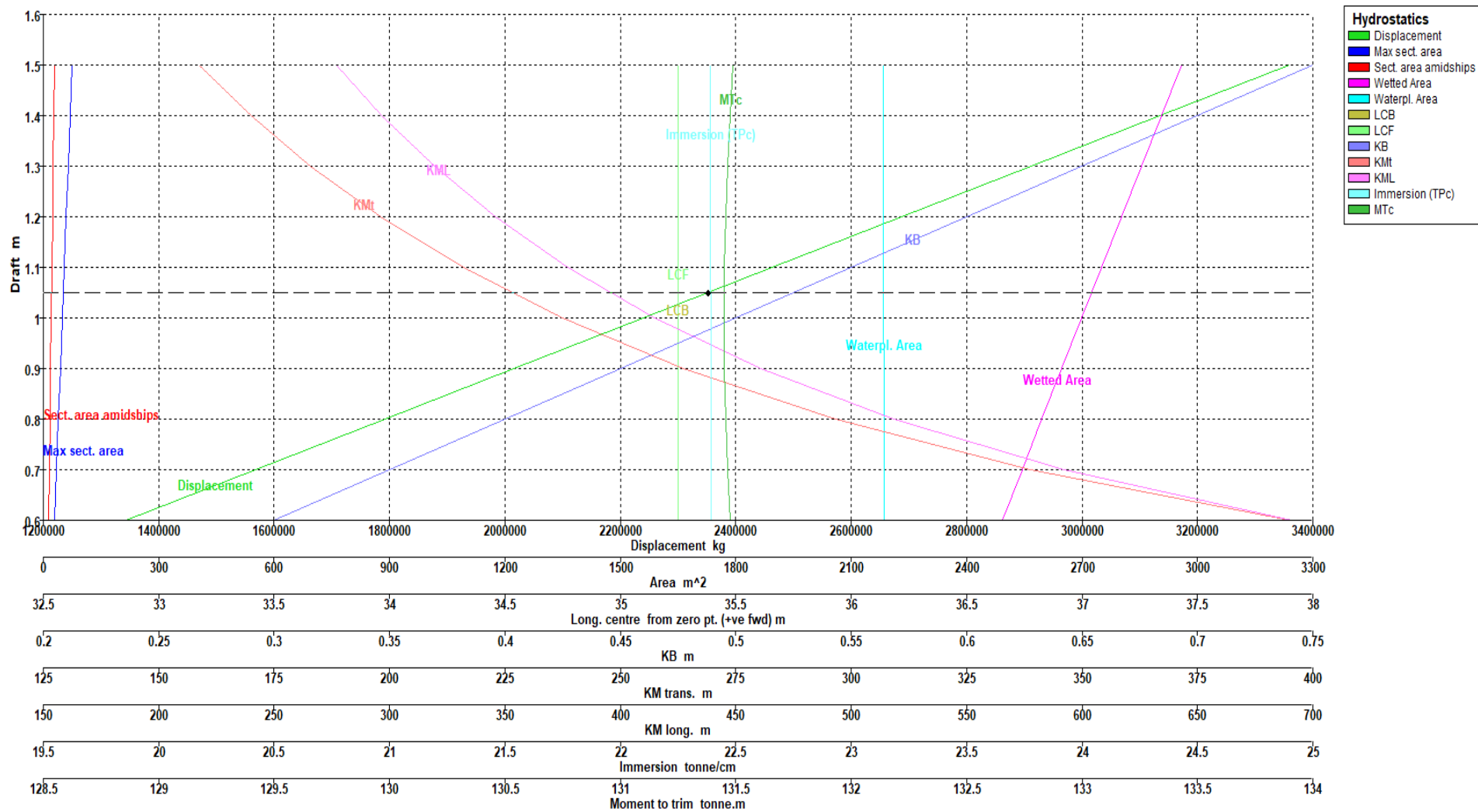
Računanje stabiliteta je napravljeno tako da je ponton modeliran u RHINO rogramskom alatu zajedno s MAXSURF modulom za modeliranje i zatim importiran u modul za stabilitet. Dobiven je dijagramni list (slika 12.) i poluge statičkog stabiliteta.



Slika 11. Izometrija, nacrt i tlocrt pontona iz programa MAXSURF

Tablica 3. Hidrostatički podaci

Istisnina [kg]	1343692	1567625	1791552	2015475	2239393	2463306	2687215	2911118	3135017	3358911
Nagib [°]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gaz na pramcu [m]	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Gaz na krmi [m]	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Gaz na sredini [m]	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Trim [m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Duljina VL [m]	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5
Maksimalna širina na VL [m]	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2492.5	2544.2	2595.9	2647.6	2699.4	2751.2	2803.1	2855.0	2907.0	2959.0
Površina VL [m <sup>2</sup> ]	2184	2184	2184	2184	2184	2184	2184	2184	2184	2184
Prizmatički koef. (Cp)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Koef. istisnine (Cb)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Koef. punoće rebra (Cm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Koef. punoće projektne VL (Cwp)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
KB [m]	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
KG [m]	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
BMt [m]	394.8	338.4	296.1	263.2	236.9	215.4	197.4	182.2	169.2	157.9
BML [m]	690.5	591.9	517.9	460.4	414.3	376.7	345.3	318.7	296.0	276.2
GMt [m]	389.5	333.2	290.9	258.1	231.8	210.3	192.4	177.3	164.3	153.1
GML [m]	685.2	586.6	512.7	455.2	409.2	371.6	340.3	313.8	291.1	271.4
KMt [m]	395.1	338.8	296.5	263.7	237.4	215.9	198.0	182.9	169.9	158.7
KML [m]	691	592	518	461	415	377	346	319	297	277
JZ [t/cm]	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
JMT [t*m]	130.6	130.4	130.3	130.1	130.0	129.8	129.7	129.6	129.4	129.3



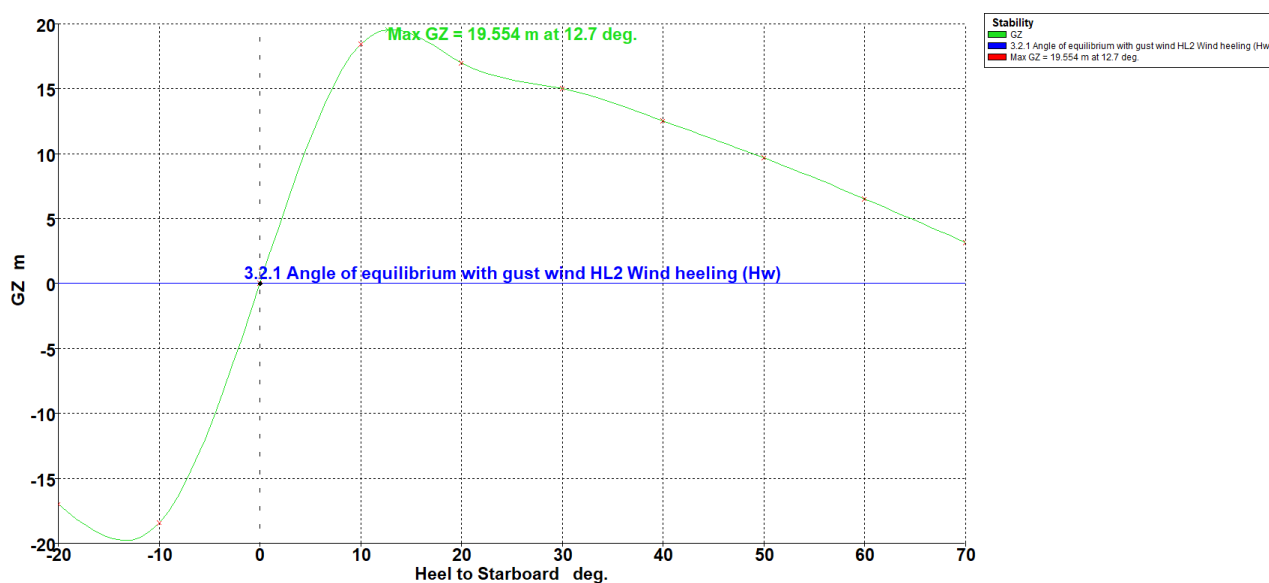
Slika 12. Dijagramni list

**Tablica 4. Hidrostatički podaci za gaz preliminarne mase konstrukcije i za maksimalni gaz opremljenog pontona s automobilima**

<b>Istisnina [kg]</b>	<b>1566000</b>	<b>2359894</b>
<b>Nagib [°]</b>	0.000	0.000
<b>Gaz na pramcu [m]</b>	0.699	1.054
<b>Gaz na krmu [m]</b>	0.699	1.054
<b>Gaz na sredini [m]</b>	0.699	1.054
<b>Trim [m]</b>	0.000	0.000
<b>Duljina VL [m]</b>	70.500	70.500
<b>Maksimalna širina na VL [m]</b>	50.500	50.500
<b>Oplakana površina [m<sup>2</sup>]</b>	2543.782	2727.283
<b>Površina VL [m<sup>2</sup>]</b>	2184	2184
<b>Prizmatički koef. (Cp)</b>	1.0	1.0
<b>Koef. istisnine (Cb)</b>	1.0	1.0
<b>Koef. punoće rebra (Cm)</b>	1.0	1.0
<b>Koef. punoće projektne VL (Cwp)</b>	1.0	1.0
<b>Udaljenost od težišta istisnine [m]</b>	35.250	35.250
<b>Udaljenost od težišta vodne linije [m]</b>	35.250	35.250
<b>KB [m]</b>	0.350	0.527
<b>KG [m]</b>	5.6	6.255
<b>BMt [m]</b>	338.783	224.812
<b>BML [m]</b>	592.490	393.169
<b>GMt [m]</b>	333.532	219.083
<b>GML [m]</b>	587.239	387.441
<b>KMt [m]</b>	339.132	225.338
<b>KML [m]</b>	592.839	393.696
<b>JZ [t/cm]</b>	22.393	22.391
<b>JMT [t*m]</b>	130.442	129.691

**Tablica 5. Podaci za polugu statičkog stabiliteta plutajuće garaže za gaz preliminarne mase konstrukcije**

Nagib na desno [°]	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
GZ [m]	-16.788	-18.336	0.005	18.350	16.800	14.701	12.144	9.215	5.999
Površina ispod GZ krivulje od nultog nagiba [m <sup>2</sup> °]	292.047	104.159	0.011	104.737	290.449	445.833	581.082	687.970	764.293
Istisnina [kg]	1566092	1566006	1565968	1566019	1566104	1566142	1566032	1566000	1566000
Gaz na pramcu [m]	-1.449	-0.392	0.699	-0.395	-1.453	-2.781	-4.498	-6.890	-10.581
Gaz na krmi [m]	-1.449	-0.392	0.699	-0.395	-1.453	-2.781	-4.498	-6.890	-10.581
Duljina VL [m]	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	10.707	16.415	50.500	16.432	10.718	8.671	7.353	6.214	5.075
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	1879.301	1962.160	2543.775	1963.437	1880.933	1851.642	1840.567	1839.486	1839.504
Udaljenost težišta istisnine od nule [m]	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250
Udaljenost težišta vodne linije od nule [m]	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250
Maksimalni nagib palube [°]	20.000	10.000	0.000	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000
Kut trima [°]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



**Slika 13. Poluga statičkog stabiliteta za plutajuću garažu za gaz preliminarne mase konstrukcije**

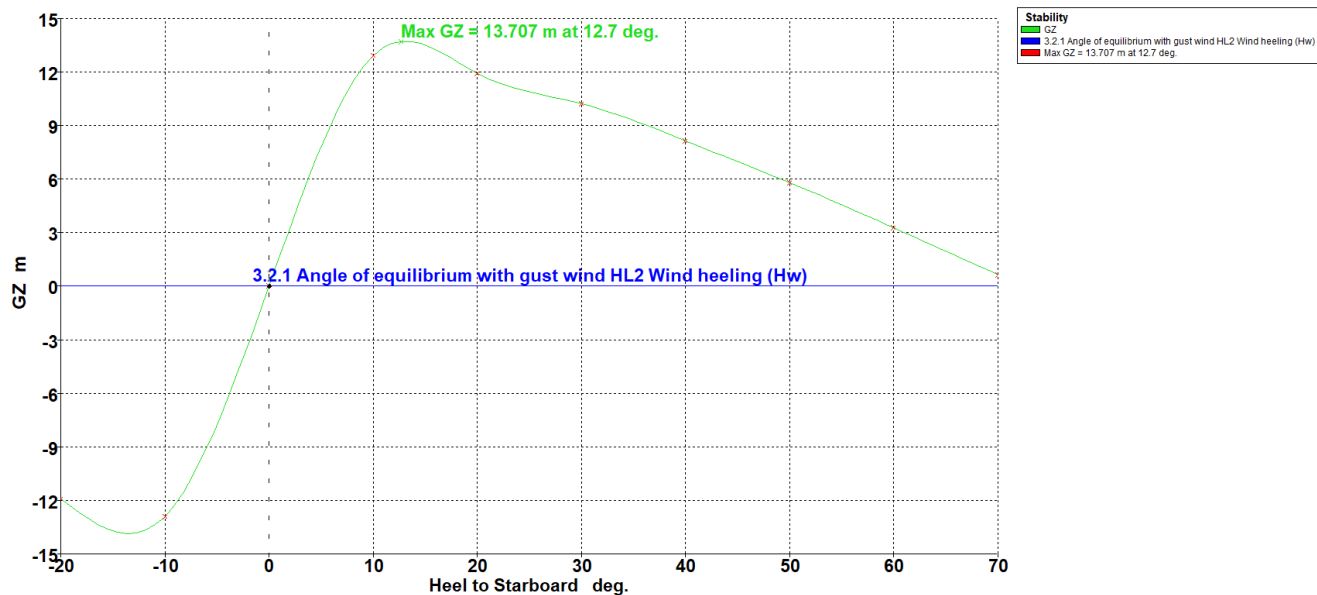
Tablica 6. Kriteriji za polugu statičkog stabiliteta za gaz preliminarne mase konstrukcije

Šifra	Kriterij	iznos	jedinica	stvarni iznos	status	marginna
Annex 7 Multihull craft	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	10	deg	12.7	Pass	+27.27
Annex 7 Multihull craft	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind				Pass	
	Wind arm: $a \cdot P \cdot A \cdot (h - H) / (g \cdot \text{disp.}) \cdot \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1.50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	540	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5	m			
	additional area: A =	50	m <sup>2</sup>			
	H = mean draft / 2	0.35	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than ( $\leq$ ) ...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10	deg	0	Pass	+99.93

Zbog toga što se stabilitet razrađuje za trimaran, posebna pažnja se morala obratiti pri odabiru kriterija za dobivanje poluge za statički stabilitet (slika 13. i 14.), te je zato korišten kriterij za višetrupne brodove iz HRB-a [9]. Za kriterij maksimalnog GZ kuta, nagib treba iznositi više od 10°, stvarni iznos je 12.7° što znači da je kriterij zadovoljen uz marginu od 27.27 %. Drugi kriterij koji je zadovoljen je da se plutajuća garaža uz nalete vjetra nesmiye nagnuti više od 10°, ovaj kriterij je zadovoljen uz marginu od 99.93 %, što znači da su utjecaji vjetra na stabilitet minimalni (Tablica 6).

Tablica 7. Podaci za polugu statičkog stabiliteta plutajuće garaže na maksimalnom gazu

Nagib na desno [°]	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
GZ [m]	-11.786	-12.838	0.005	12.847	11.796	10.025	7.888	5.494	2.925
Površina ispod GZ krivulje od nultog nagiba [m*°]	204.583	72.888	0.010	73.268	203.610	311.437	401.697	468.667	510.903
Istisnina [kg]	2360118	2359841	2359887	2360129	2359894	2359894	2359894	2359894	2359894
Gaz na pramcu [m]	0.366	0.805	1.054	0.805	0.364	-0.155	-0.792	-1.649	-2.964
Gaz na krmi [m]	0.366	0.805	1.054	0.805	0.364	-0.155	-0.792	-1.649	-2.964
Duljina VL [m]	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	7.310	14.397	50.500	14.397	7.310	5.000	3.969	3.387	2.887
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2479.307	2558.423	2727.282	2556.815	2476.181	2476.207	2476.195	2476.221	2476.225
Udaljenost težišta istisnine od nule [m]	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250
Udaljenost težišta vodne linije od nule [m]	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250	35.250
Maksimalni nagib palube [°]	20.000	10.000	0.000	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000
Kut trima [°]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Slika 14. Poluga statičkog stabiliteta za plutajuću garažu na maksimalnom gazu



Tablica 8. kriteriji za polugu statičkog stabiliteta na maksimalnom gazu

Šifra	Kriterij	iznos	jedinica	stvarni iznos	status	margin	
Annex 7 Multihull craft	1.2 Angle of max. GZ				Pass		
	shall not be less than ( $\geq$ )	10	deg	12.7	Pass	+27.27	
Annex 7 Multihull craft	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind				Pass		
	Wind arm: $a * P * A * (h - H) / (g * disp.) * \cos^n(\phi)$						
	constant: a =	1.50102					
	wind model	Pressure					
	wind pressure: P =	540	Pa				
	area centroid height (from zero point): h =	5	m				
	additional area: A =	50	m <sup>2</sup>				
	H = mean draft / 2	0.35	m				
	cosine power: n =	0					
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than ( $\leq$ ) ...					Pass	
	Wind heeling (Hw)	10	deg	0	Pass	+99.95	

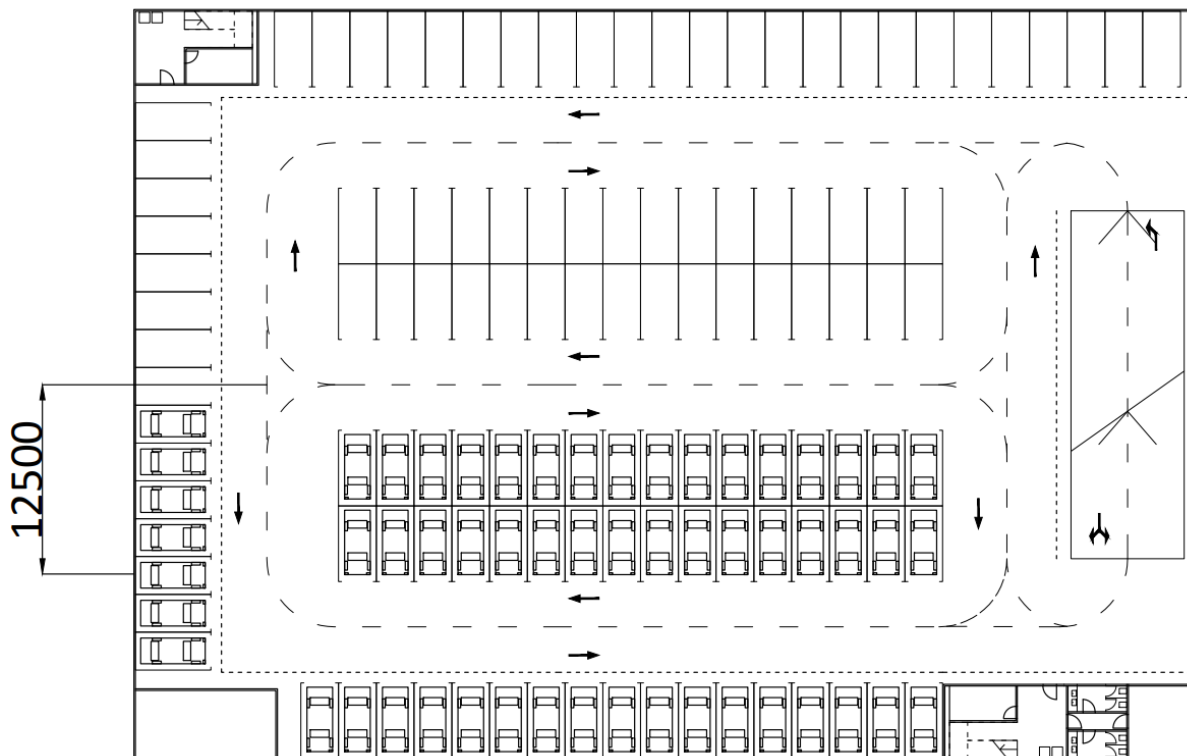
#### 4.2. Pokus nagibanja

Za pokus nagibanja (Tablica 9) na svakoj etaži se nalazi polovica kapaciteta broja automobila na istom boku plutajuće garaže kako bi vidjeli koliko će se nagnuti plutajuća garaža i da li je li to ispod dozvoljenog iznosa (slika 15.).

Položaj težišta automobila je dobiven korištenjem izraza [10]:

$$Y_{cm} = \frac{\sum_i m_i \cdot y_{i_{cm}}}{\sum_i m_i} \quad (1)$$

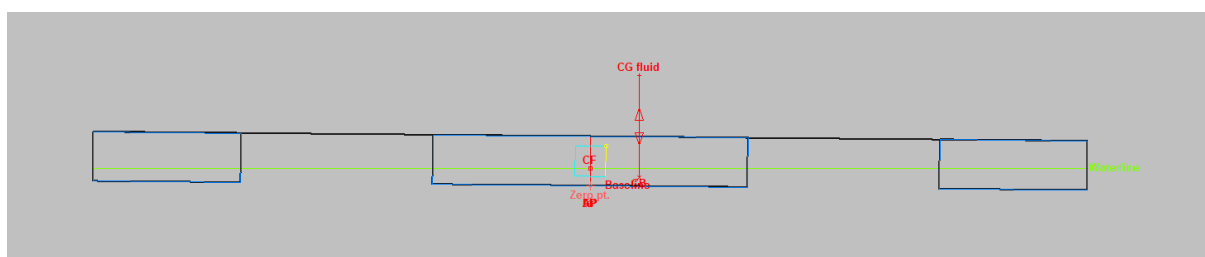
Gdje zbroj ide po svim automobilima mase  $m$ , sa  $y$  koordinatom svog centra mase  $y_{i_{cm}}$  koji se mjeri od simetrale etaže. Dobivena koordinata težišta  $Y_{cm}$  iznosi 12.5 m. Uzdužno težište po  $x$  osi u prvoj aproksimaciji se nalazi na pola duljine garaže i ne uzimamo u obzir njegovu promjenu.



Slika 15. Prikaz 2. etaže s automobilima za pokus nagibanja

Tablica 9. Podaci stabiliteta u pokusu nagibanja

Gaz na sredini [m]	0.905
Istisnina [kg]	2026962
Nagib [°]	<b>0.4</b>
Gaz na pramcu [m]	0.91
Gaz na krmi [m]	0.905
Gaz na sredini [m]	0.905
Trim [m]	0.00
Duljina VL [m]	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2650.43
Površina VL [m <sup>2</sup> ]	2184
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.25
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	35.250
KB [m]	0.461
KG [m]	6.06
BMt [m]	261.761
BML [m]	457.762
GMt [m]	256.16
GML [m]	452.164
KMt [m]	262.214
KML [m]	458.21
JZ [t/cm]	22.393
JMT [t*m]	130.003
Maksimalni nagib palube [°]	0.45
Kut trima [°]	<b>0</b>



Slika 16. Prikaz nagiba pontona tijekom pokusa nagibanja

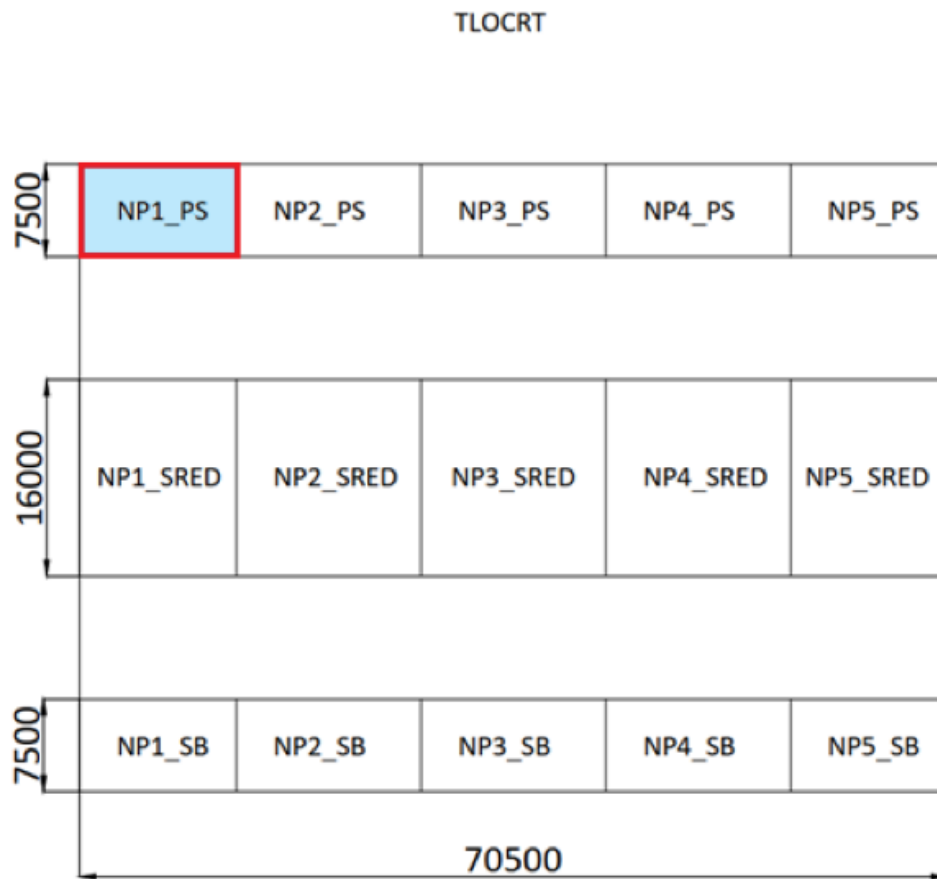
### 4.3. Provjera nepotonivosti

Za provjeru nepotonivosti naplavljuju se jedan po jedan prostor između pregrada, što simulira moguća oštećenja, uz uvjet da se ni u jednom slučaju ponton ne nagne preko kritične vrijednosti. Promatrani su slučajevi naplave prostora NP1\_PS, NP1\_SRED, NP2\_PS, NP2\_SRED, NP3\_PS, NP3\_SRED kao i kritični slučajevi kada bi se sa vanjske strane oštetila pregrada između NP1\_PS i NP2\_PS i između prostora NP2\_PS i NP3\_PS što bi dovelo do naplave dva susjedna prostora.

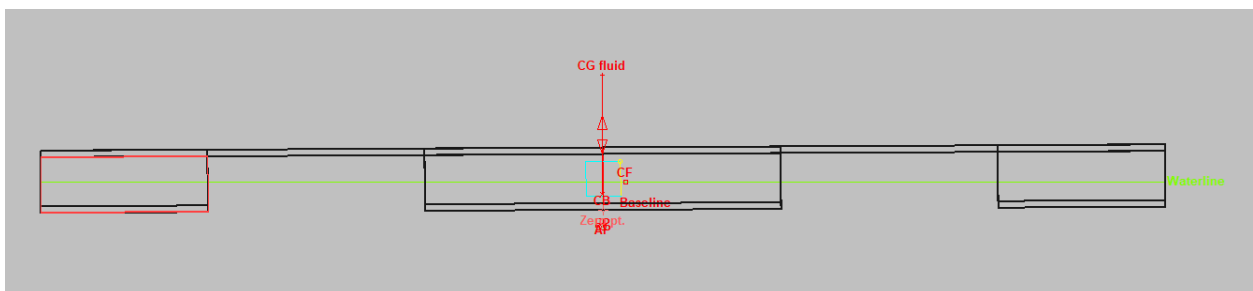
**Tablica 10. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP1\_PS**

<b>Gaz na sredini [m]</b>	1.113
<b>Istisnina [kg]</b>	2359894
<b>Nagib [°]</b>	<b>-0.3</b>
<b>Gaz na pramcu [m]</b>	0.966
<b>Gaz na krmi [m]</b>	1.261
<b>Gaz na sredini [m]</b>	1.108
<b>Trim [m]</b>	0.295
<b>Duljina VL [m]</b>	70.50
<b>Maksimalna širina na VL [m]</b>	50.50
<b>Oplakana površina [m<sup>2</sup>]</b>	2757.122
<b>Udaljenost od težišta istisnine [m]</b>	35.230
<b>Udaljenost od težišta vodne linije [m]</b>	36.572
<b>KB [m]</b>	0.557
<b>KG [m]</b>	6.255
<b>BMt [m]</b>	204.542
<b>BML [m]</b>	356.409
<b>GMt [m]</b>	198.843
<b>GML [m]</b>	350.710
<b>KMt [m]</b>	205.094
<b>KML [m]</b>	356.957
<b>JZ [t/cm]</b>	21.411
<b>JMT [t*m]</b>	117.396
<b>Maksimalni nagib palube [°]</b>	0.397
<b>Kut trima [°]</b>	<b>0.240</b>

Sa naplavljenim prostorom NP1\_PS nagib pontona iznosi **-0.3°**, a trim iznosi **0.24°** (Tablica 10).



Slika 17. Prikaz naplave prostora NP1\_PS

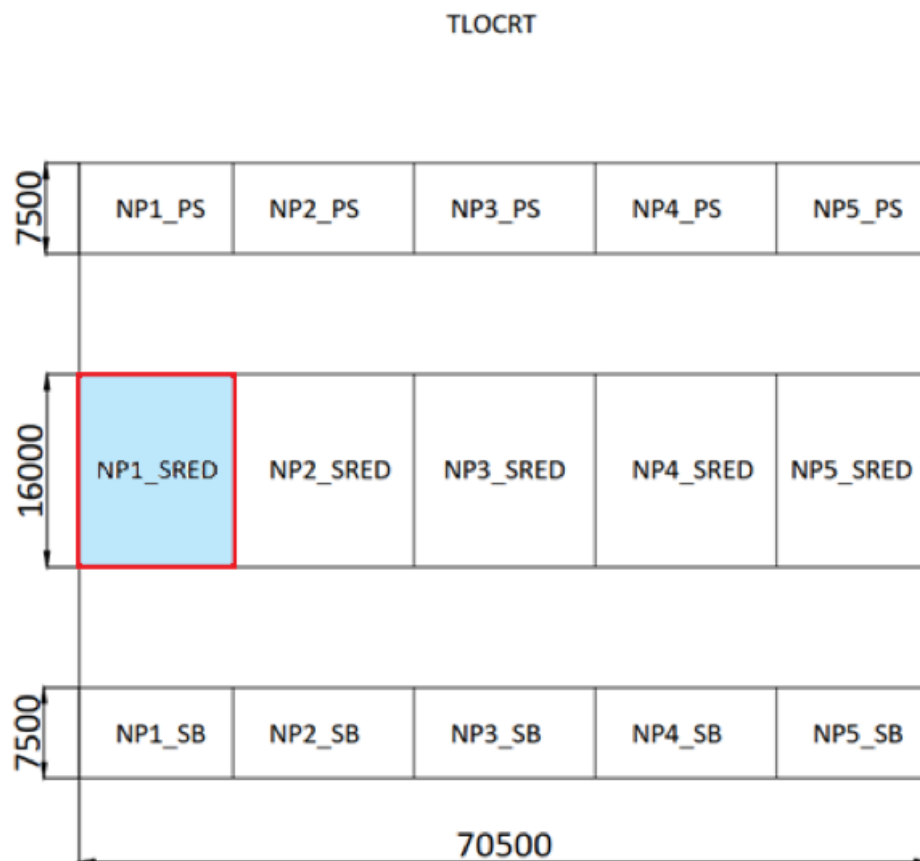


Slika 18. Prikaz naplave prostora NP1\_PS iz programa MAXSURF

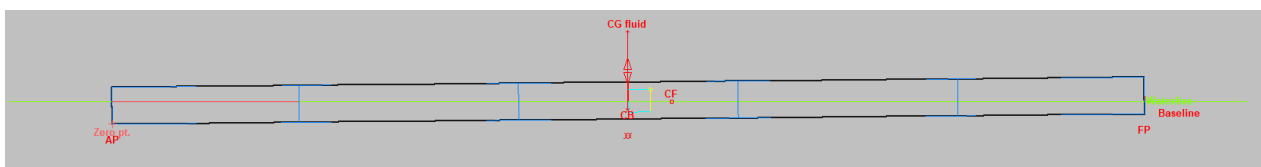
Tablica 11. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP1\_SRED

Gaz na sredini [m]	1.191
Istisnina [kg]	2359894
Nagib [°]	<b>0</b>
Gaz na pramcu [m]	0.848
Gaz na krmi [m]	1.535
Gaz na sredini [m]	1.162
Trim [m]	0.687
Duljina VL [m]	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2796.997
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.196
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	38.224
KB [m]	0.596
KG [m]	6.255
BMt [m]	222.932
BML [m]	310.537
GMt [m]	217.273
GML [m]	304.878
KMt [m]	223.517
KML [m]	311.118
JZ [t/cm]	20.301
JMT [t*m]	102.054
Maksimalni. nagib palube [°]	0.559
Kut trima [°]	<b>0.559</b>

Sa naplavljenim prostorom NP1\_SRED nagib pontona iznosi **0°**, a trim iznosi **0.559°** (Tablica 11).



Slika 19. Prikaz naplave prostora NP1\_SRED



Slika 20. Prikaz naplave prostora NP1\_SRED iz programa MAXSURF

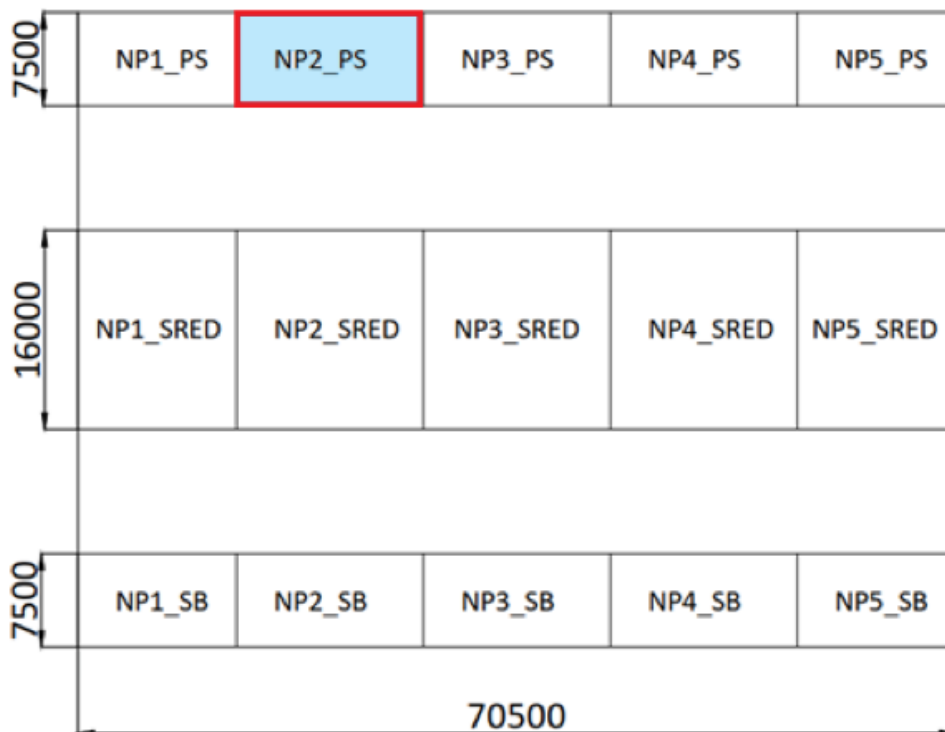
Tablica 12. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP2\_PS

Gaz na sredini [m]	1.120
Istisnina [kg]	2359687.000
Nagib [°]	<b>-0.400</b>
Gaz na pramcu [m]	1.034
Gaz na krmi [m]	1.206
Gaz na sredini [m]	1.118
Trim [m]	0.172
Duljina VL [m]	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2761.143
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.237
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	36.064
KB [m]	0.560
KG [m]	6.255
BMt [m]	200.789
BML [m]	380.706
GMT [m]	195.094
GML [m]	375.011
KMt [m]	201.345
KML [m]	381.258
JZ [t/cm]	21.238
JMT [t*m]	125.519
Maksimalni nagib palube [°]	0.383
Kut trima [°]	<b>0.140</b>

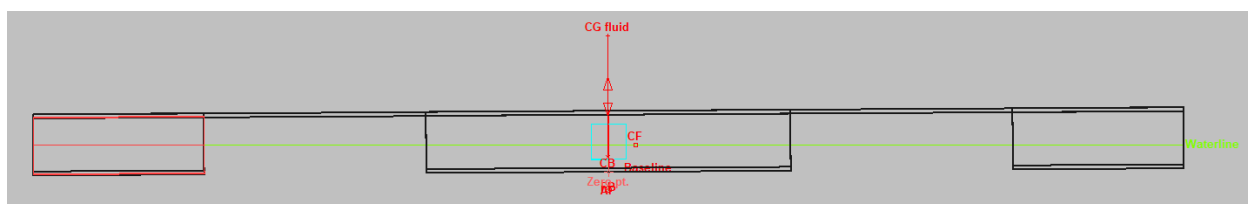
Sa naplavljenim prostorom NP2\_PS nagib pontona iznosi **-0.4°**, a trim iznosi **0.14°** (Tablica 12).



## TLOCRT



Slika 21. Prikaz naplave prostora NP2\_PS

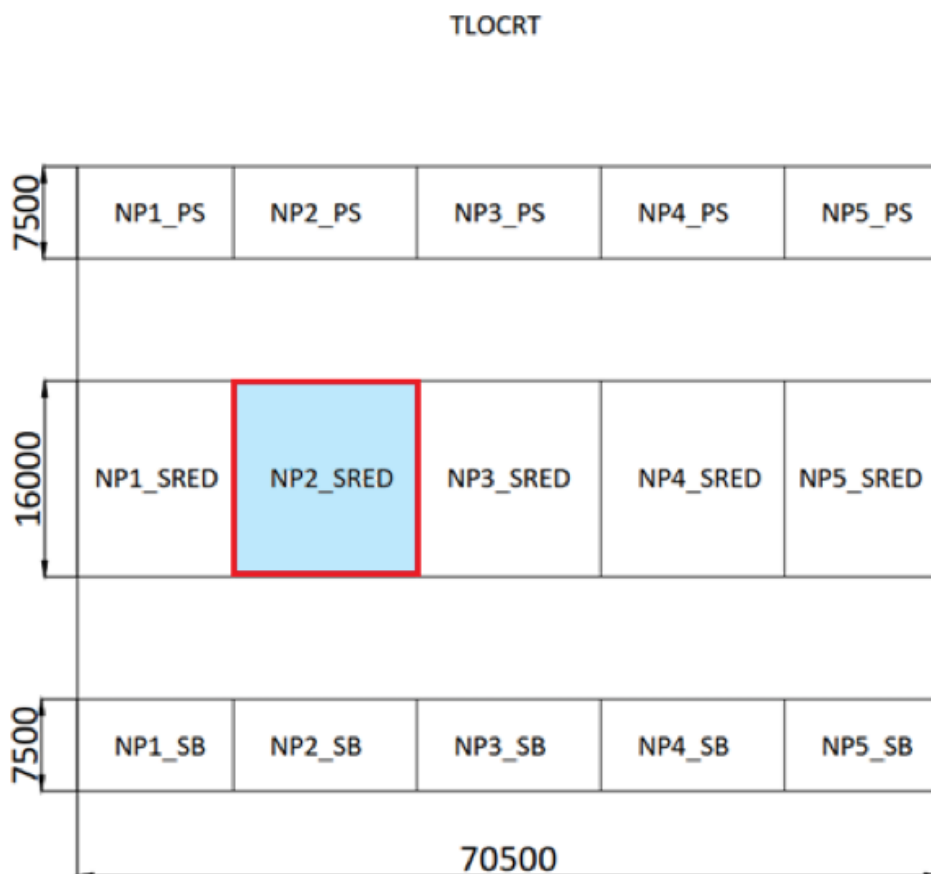


Slika 22. Prikaz naplave prostora NP2\_PS iz programa MAXSURF

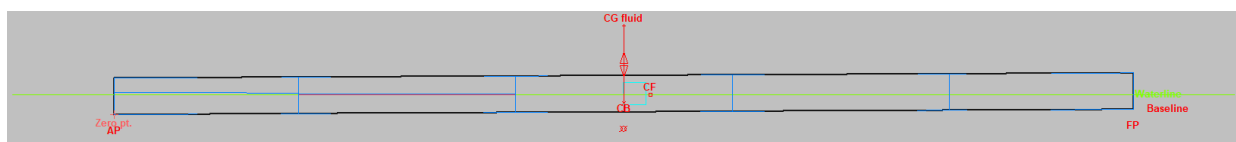
Tablica 13. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP2\_SRED

Gaz na sredini [m]	1.193
Istisnina [kg]	2359737
Nagib [°]	<b>0</b>
Gaz na pramcu [m]	1.012
Gaz na krmi [m]	1.375
Gaz na sredini [m]	1.184
Trim [m]	0.363
Duljina VL [m]	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2798.731
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.222
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	37.101
KB [m]	0.597
KG [m]	6.255
BMt [m]	222.605
BML [m]	364.904
GMt [m]	216.947
GML [m]	359.246
KMt [m]	223.199
KML [m]	365.496
JZ [t/cm]	19.931
JMT [t*m]	120.245
Maksimalni nagib palube [°]	0.295
Kut trima [°]	<b>0.295</b>

Sa naplavljenim prostorom NP2\_SRED nagib pontona iznosi **0°**, a trim iznosi **0.295°** (Tablica 13).



**Slika 23. Prikaz naplave prostora NP2\_SRED**

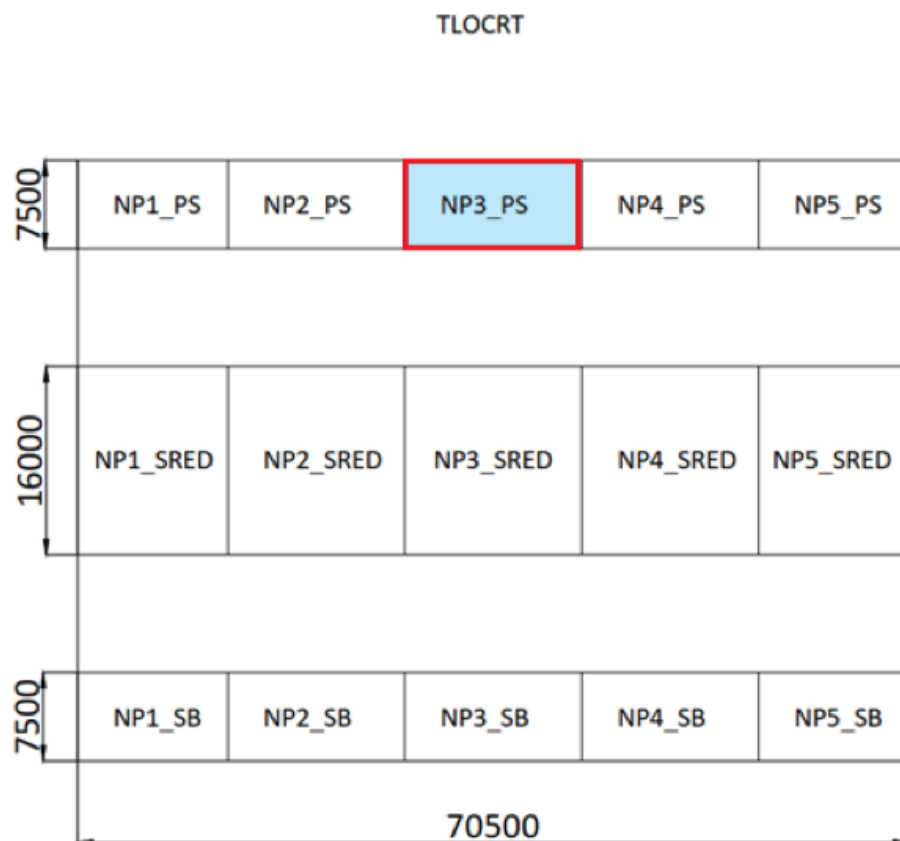


**Slika 24. Prikaz naplave prostora NP2\_SRED iz programa MAXSURF**

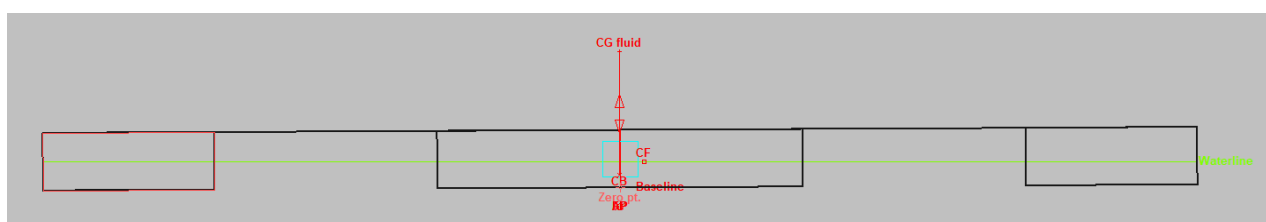
Tablica 14. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP3\_PS

Gaz na sredini [m]	1.118
Istisnina [kg]	2359798
Nagib [°]	<b>-0.3</b>
Gaz na pramcu [m]	1.118
Gaz na krmi [m]	1.118
Gaz na sredini [m]	1.118
Trim [m]	0
Duljina VL [m]	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2760.321
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.25
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	35.25
KB [m]	0.559
KG [m]	6.255
BMt [m]	200.883
BML [m]	392.276
GMt [m]	195.187
GML [m]	386.58
KMt [m]	201.439
KML [m]	392.828
JZ [t/cm]	21.243
JMT [t*m]	129.397
Maksimalni nagib palube [°]	0.343
Kut trima [°]	<b>0.000</b>

Sa naplavljenim prostorom NP3\_PS nagib pontona iznosi **-0.3°**, a trim iznosi **0°** (Tablica 14).



Slika 25. Prikaz naplave prostora NP3\_PS

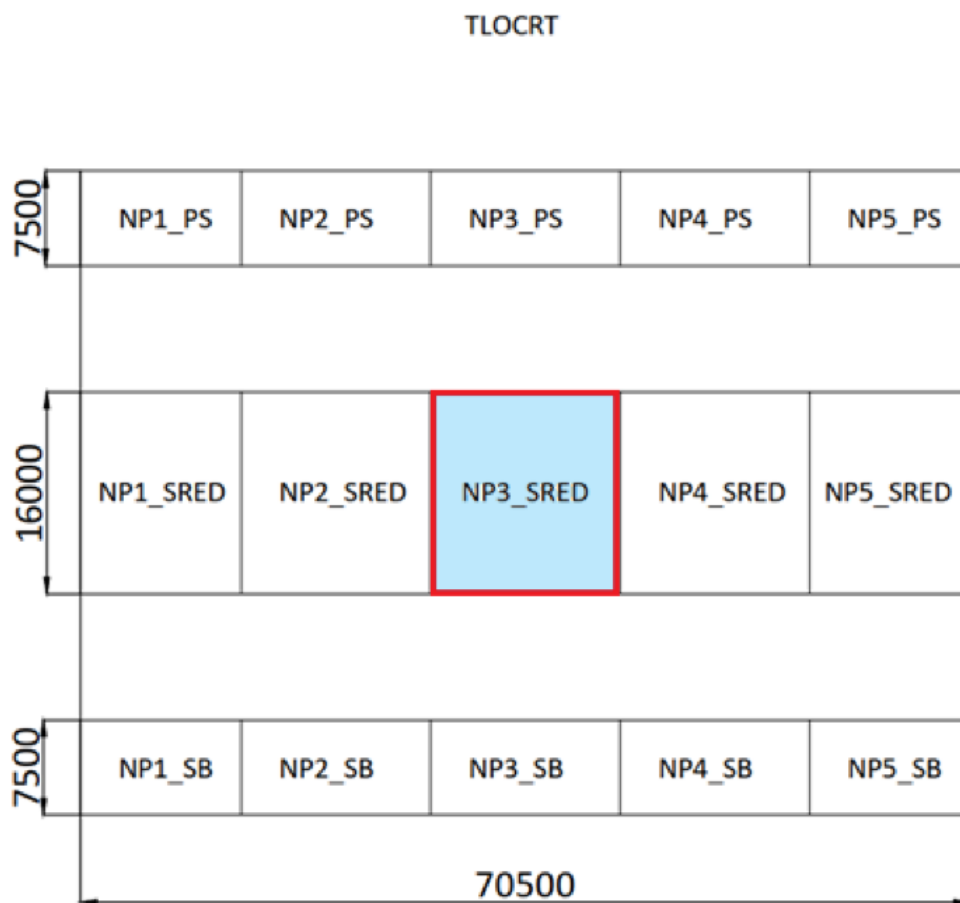


Slika 26. Prikaz naplave prostora NP3\_PS iz programa MAXSURF

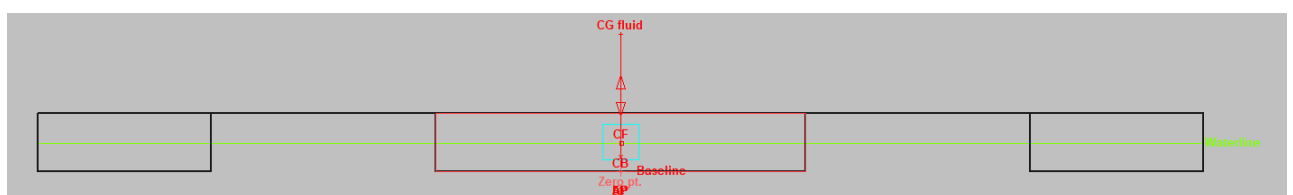
Tablica 15. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorom NP3\_SRED

Gaz na sredini [m]	1.184
Istisnina [kg]	2359894
Nagib [°]	<b>0</b>
Gaz na pramcu [m]	1.184
Gaz na krmi [m]	1.184
Gaz na sredini [m]	1.184
Trim [m]	0
Duljina VL [m]	70.5
Maksimalna širina na VL [m]	50.5
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2794.657
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.25
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	35.25
KB [m]	0.592
KG [m]	6.255
BMt [m]	222.593
BML [m]	391.215
GMt [m]	216.93
GML [m]	385.551
KMt [m]	223.185
KML [m]	391.806
JZ [t/cm]	19.936
JMT [t*m]	129.058
Maksimalni nagib palube [°]	0.000
Kut trima [°]	<b>0.000</b>

Sa naplavljenim prostorom NP3\_SRED nagib pontona iznosi **0°**, a trim iznosi **0°** (Tablica 15).



Slika 27. Prikaz naplave prostora NP3\_SRED



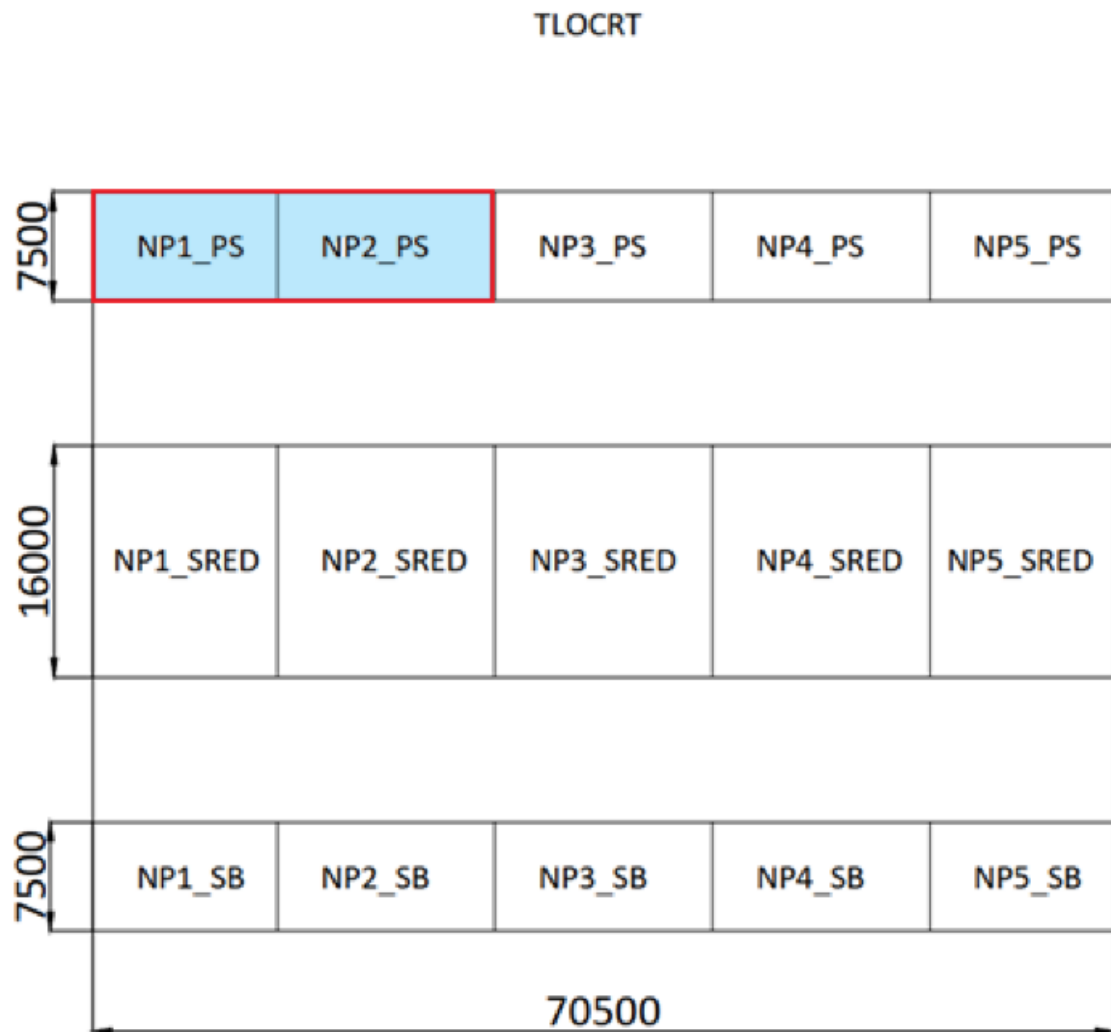
Slika 28. Prikaz naplave prostora NP3\_SRED iz programa MAXSURF

Tablica 16. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorima NP1\_PS i NP2\_PS

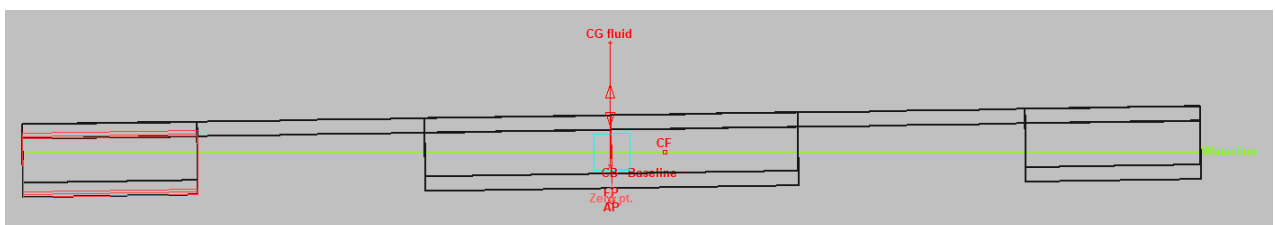
Gaz na sredini [m]	1.22
Istisnina [kg]	2359894
<b>Nagib [°]</b>	<b>-0.9</b>
Gaz na pramcu [m]	0.91
Gaz na krmi [m]	1.53
Gaz na sredini [m]	1.2
Trim [m]	0.62
Duljina VL [m]	70.50
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2811.779
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.205
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	37.501
KB [m]	0.611
KG [m]	6.255
BMt [m]	178.242
BML [m]	341.8
GMt [m]	172.597
GML [m]	336.155
KMt [m]	178.825
KML [m]	342.356
JZ [t/cm]	20.261
JMT [t*m]	112.523
Maksimalni nagib palube [°]	1.020
<b>Kut trima [°]</b>	<b>0.504</b>

Sa naplavljenim prostorom NP1\_PS i NP2\_PS nagib pontona iznosi **-0.9°**, a trim iznosi **0.504°** (Tablica 16).





**Slika 29. Prikaz naplave prostora NP1\_PS i NP2\_PS**

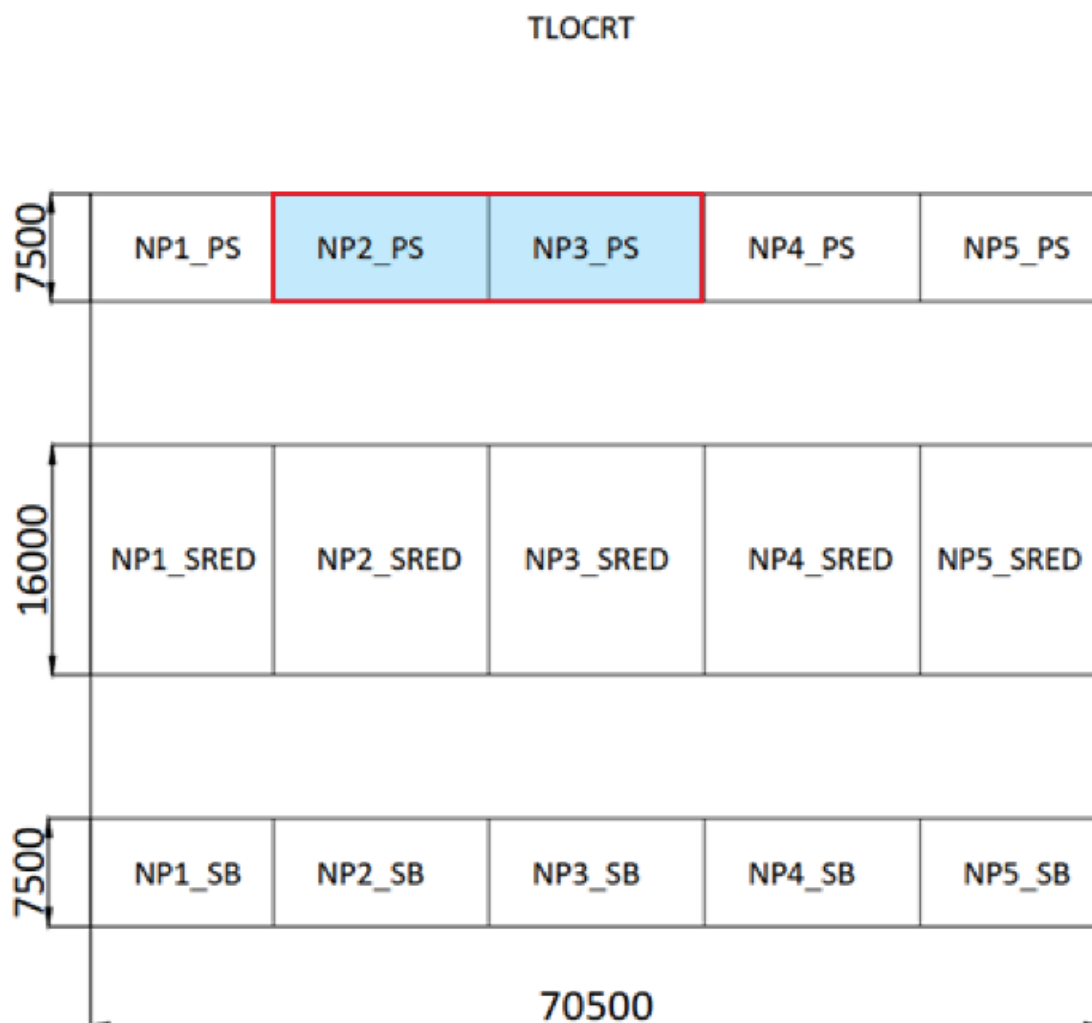


**Slika 30. Prikaz naplavljenim prostorima NP1\_PS i NP2\_PS**

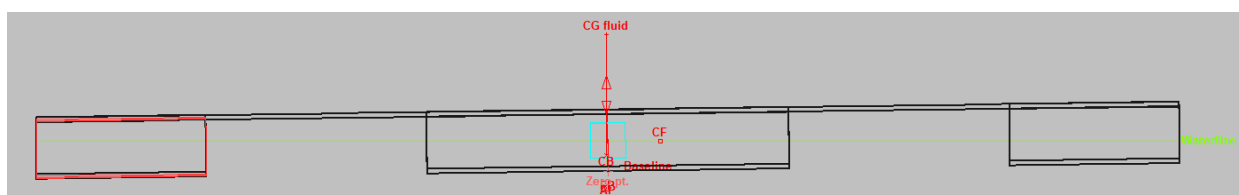
Tablica 17. Podaci stabiliteta s naplavljenim prostorima NP2\_PS i NP3\_PS

Gaz na sredini [m]	1.214
Istisnina [kg]	2359849
Nagib [°]	<b>-0.9</b>
Gaz na pramcu [m]	1.108
Gaz na krmi [m]	1.32
Gaz na sredini [m]	1.211
Trim [m]	0.211
Duljina VL [m]	70.5
Maksimalna širina na VL [m]	50.50
Oplakana površina [m <sup>2</sup> ]	2809.628
Udaljenost od težišta istisnine [m]	35.234
Udaljenost od težišta vodne linije [m]	36.111
KB [m]	0.608
KG [m]	6.255
BMt [m]	174.165
BML [m]	379.766
GMt [m]	168.517
GML [m]	374.118
KMt [m]	174.752
KML [m]	380.329
JZ [t/cm]	20.092
JMT [t*m]	125.229
Maksimalni nagib palube [°]	0.872
Kut trima [°]	<b>0.172</b>

Sa naplavljenim prostorom NP2\_PS i NP3\_PS nagib pontona iznosi **-0.9°**, a trim iznosi **0.172°** (Tablica 17).



Slika 31. Prikaz naplave prostora NP2\_PS i NP3\_PS



Slika 32. Prikaz naplave prostora NP2\_PS i NP3\_PS iz programa MAXSURF

### Zaključak provjere nepotonivosti

U provjeri nepotonivosti je dobivena maksimalna vrijednost nagiba i trima za slučaj naplave prostora NP1\_PS i NP2\_PS, a ona iznosi za nagib  $-0.9^\circ$  i za trim  $0.504^\circ$  (slika 29. i 30.).

## 5. TEHNIČKI OPIS

Plutajuća garaža je definirana ovim s tehničkim opisom i pripadajućim grafičkim priložima.

Predviđena je za osobna i njima slična vozila, osovinskog opterećenja od jedne i pol tone za tri nivoa.

### 5.1. Značajke

#### 5.1.1. Opis

Plutajuća garaža izgradit će se kao trimaran, s dva bočna uža i srednjim širim pontonom, koji na pramcu ima ulaznu rampu, s tri etaže.

Na prvoj etaži predviđena je kontrolna kabina sa spremom, sanitarni čvor odvojen na muški i ženski WC, automat za plaćanje parkinga, te prostorija za upravljanje tehnikom, elektrikom i sustavom za sprinklere. Na ostalim etažama predviđen je sanitarni čvor kao i na prvoj etaži. Sve etaže povezane su rampama za protok automobila, s dva stubišta i jednim liftom.

Bočne stranice etaža su većim dijelom otvorene tako da se prostori etaža prirodno ventiliraju. Krov je ravna ploha poduprta laganom čeličnom konstrukcijom.

Najveći kapacitet krcanja je 361 automobil.

#### 5.1.2. Opskrba električnom energijom i vodom

Na krovu plutajuće garaže predviđena je solarna elektrana s fotonaponskim modulima koja je sinkronizirana s distribucijskom mrežom. Proizvedena električna energija koristi se za potrebe plutajuće garaže. Višak električne energije isporučuje se u distribucijsku mrežu te sva dodatna električna energija koja se troši tijekom noći ili oblačnih dana, preuzima se iz distribucijske mreže.

Opskrba slatkom vodom je iz gradskog vodovoda.

#### 5.1.3. Pozicija i radni uvjeti

Na pramcu je predviđen elastični mostić kao ulazno/izlazna rampa.

Radno vrijeme je 24 sata dnevno kroz cijelu godinu. Ekstremni okolišni uvjeti su:

- dnevna količina kiše 189 l/m<sup>2</sup>,
- najveća brzina vjetra (bure) na mah 50 - 60 m/s;
- prosječna valna visina 0.8 m,

## 5.2. Prostori i parkiranje

### 5.2.1. Parkiralište

Predviđen je sustav okomitog parkiranja s osnovnim dimenzijama parkirnog mjesta 5000 mm x 2500 mm. Parkirna mjesta su predviđena za prosječnu duljinu automobila duljine 4600 mm, a stao bi i automobil duljine 4800 mm.

Za kombi tlocrtnih dimenzija 4790 mm x 1840 mm, visine 2030 mm, i njemu sličnih vozila, predviđena je zadovoljavajuća svjetla visina.

### 5.2.2. Opis etaže

Prikaz etaža dan je u Prilogu:

Na svim etažama, u pramčanom dijelu poprečno na pontone, predviđena je jedna dvosmjerna rampa širine 7500 mm.

Raspored prostora i važnije opreme na etažama je sljedeći:

Prva etaža:

- ulazna i izlazna rampa za vozila s izdavanjem parkirne kartice, kontrolna kabina sa spremom,

sanitarni čvor, pramac desno

- stubište sa spremištem jedno krma lijevo, drugo pramac desno, ulaz u lift, pramac desno
- spremište/tehnika, krma desno
- spremište/tehnika/elektrika/sprinkler sustav, pramac lijevo.

Druga i treća etaža:

- sanitarni čvor, pramac desno
- stubište sa spremištem jedno krma lijevo, drugo pramac desno
- ulaz u lift, pramac desno

Broj parkirnih mjesta po etažama je sljedeći:

Prva etaža: 121 parkirnih mjesta 5000x2500 mm

Druga etaža: 120 parkirnih mjesta 5000x2500 mm

Treća etaža: 120 parkirnih mjesta 5000x2500 mm

Ukupni broj parkirnih mjesta je:

361

### **5.2.3. Ulazno/izlazna rampa**

Ulazno/izlazna rampa predviđena je kao elastično temeljen i izveden mostić s tri trake, širine 7500 mm, za ulaz vozila širine 3700 mm, za izlaz vozila 3000 mm i jednom trakom, širine 800 mm, za pješake. Pješačka traka odvojena je lakom ogradom od traka za vozila. Prema okolini predviđene su ograde.

### **5.2.4. Protok i parkiranje vozila**

Protok vozila regulira se horizontalnom signalizacijom, obavijestima na ekranima ovješanim na stropnu strukturu i po potrebi ogradama.

Broj slobodnih parkirnih mjesta je označeno na za to predviđenim ekranima na potrebnim mjestima.

Vozne trake za penjanje i spuštanje posebno su označene.

### **5.2.5. Komunikacije za ljude**

Horizontalno kretanje ljudi je uz parkirna mjesta po označenoj traci i po zebrama preko voznih traka.

Vertikalne komunikacije su stepenice u stubištima i lift u pramčanom desnom dijelu. Dimenzije lifta dostatne su za invalide u kolicima i smještaj nosila kojima se evakuiraju ozlijeđene osobe.

### **5.2.6. Opća sigurnost**

Opća sigurnost se ostvaruje:

- ulaznom kontrolom; održavanje reda u parkiranju
- izlaznom kontrolom; video nadzorom parkirališta, stubišta i sanitarnih prostora.

### **5.3. Oprema i sustavi**

#### **5.3.1. Komunikacija**

Sustav komunikacija sadrži:

- dva otvorena stubišta, po jedan u krmenom lijevom i pramčanom desnom dijelu, ograđena s ogradom od cijevi, sa čeličnim stepenicama i rukohvatima
- lift u pramčanom desnom dijelu, standardne brodske izvedbe, s dimenzijama dostatnim za invalide u kolicima i smještaj nosila kojima se evakuiraju ozlijeđene osobe
- vanjske požarne ljestve, američkog tipa, na dva dijagonalna kuta plutajuće garaže, s mogućnošću pristupa ljestvama sa svake etaže; pristupi su osigurani s odgovarajućim vratima
- vidno obilježen put evakuacije, potrebne putokaze za vozila i ljude, signalizaciju horizontalnu i vertikalnu, razdvajajuće ograde između vozila
- ograde za osiguranje predviđenog toka vozila.

Oprema u sustavu komunikacija po mogućnosti je standardna.

#### **5.3.2. Prostori za potrebe korisnika**

Sanitarni prostori opremljeni su standardnom opremom brodske izvedbe.

Automati za plaćanje parkinga su standardni.

#### **5.3.3. Oprema za čišćenje i odvodnjavanje**

Za čišćenje podova predviđeno je vozilo za čišćenje.

Odvodnjavanje podova se vrši sušenjem manjih količina vode i skupljanjem vode u rubnim kanalima te odvodom u tank otpadne vode.

Voda od kiše ili snijega skuplja se sustavom kanala u rubne kanale i pomoću vertikalnih cijevi, po dvije na bočnim stranama i po jedna na krmenoj odnosno pramčanoj strani, vodi se u more.

#### **5.3.4. Kontrola i naplata parkiranja**

U sustavu kontrole i naplate parkiranja predviđa se:

- ulazna vrata s izdavačem parkirnih kartica
- video nadzor parkirnih mjesta i voznih traka, razglas za upozorenja i informiranje vozača
- senzori zaposjednutosti svakog parkirnog mjesta, kompjutorska kasa za naplatu i izdavanje izlazne kartice, izlazna vrata s čitačem izlazne kartice.

Sustav kontrole i naplate parkiranja oslanja se na odgovarajući informatički sustav koji vodi računa o zaposjednutosti parkirnih mjesta, određuje parkirno mjesto na koje će se parkirati novopridošlo vozilo i daje podatke automatu za naplatu.

#### **5.3.5. Protupožarstvo**

Protupožarni sustav sastoji se od podsustava:

- dojave dima i požara,
- sprinkler sustava, hidrantske mreže,
- ručnih vatrogasnih aparata.

Sprinkler sustav i hidrantsku mrežu poslužuje jedna vatrogasna pumpa.

#### **5.3.6. Grijanje, ventilacija i klimatizacija**

Etaže su prirodno ventilirani. Prostori sanitarnih čvorova predviđaju se s prinudnom ventilacijom. Kontrolna kabina će se grijati i klimatizirati standardnim klima uređajem.

#### **5.3.7. Elektroenergetika i elektronika**

Sustavi elektroenergetike i elektronike sadrže:  
izvore električne energije:

- priključak na kopnenu mrežu,
- akumulatorske baterije,
- fotonaponske module,



Razvod:

- razvodna ploča,
- trase i kabeli,

rasvjetu:

- LED osvjetljenje svih prostora,
- rasvjetu u nuždi,

vanjska svjetla:

- pozicija i reklame,
- gromobranska zaštita i uzemljenje,

sustav video nadzora:

- kamere, cca 48 kom., kabele,
- monitore u kontrolnoj kabini,

oprema sustava komunikacija:

- svjetlosna signalizacija,
- satovi i displeji,
- razglas

informatička oprema:

- PC,
- printer,
- kasa,
- senzori dima,
- telefonija i radio veze
- upravljački pult u kontrolnoj kabini.

## 6. PRELIMINARNI PRIVEZ

Postupak priveza te boravak pontona na mjestu priveza mora osigurati dovoljan stupanj sigurnosti pontona, drugih plovnih jedinica i lučkih građevina. Stoga valja analizirati osnovne čimbenike koji određuju razinu maritimne sigurnosti plovila na vezu. Nužno je procijeniti i utjecaj vanjskih sila koje djeluju na plovne objekte tijekom izvođenja manevra pristajanja i priveza te tijekom boravka na mjestu priveza. Osim zadovoljavanja načela maritimne sigurnosti broda tijekom boravka na mjestu priveza treba zadovoljiti i zahtjeve sa stanovišta učinkovitosti prekrcajnih operacija tj. ukrcaja automobila na ponton. Stoga je nužno odrediti utjecaj vanjskih sila koje djeluju na gibanje pontona primjerice vjetar i valovi [11].

### 6.1. Dubina na mjestu priveza

Osim širine i okoline mjesta priveza plovnog objekta od izuzetne je važnosti dubina mora. Sigurnost pritom ovisi o odnosu trenutne dubine i gaza broda. Na potrebnu dubinu vode utječu mnogi čimbenici od kojih su najznačajniji gaz pontona (uzimajući u obzir i gustoću vode), plime i oseke, gibanje na valovima, trim, atmosferski tlak, vrsta dna, pogreške u jaružanju i mjerenju dubine te zamuljivanje između dva jaružanja. Dubine na mjestu priveza se analiziraju na sljedeći način. Dubina mora potrebna za privez pontona određenog gaza može se odrediti koristeći sljedeći izraz:

$$D = T + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \quad (2)$$

gdje su:

D – dubina na mjestu priveza,

T – gaz pontona (najveći gaz) uzimajući u obzir i gustoću vode,

$Z_1$  – promjena gaza pontona zbog utjecaja valova, promjena trima i bocni nagib,

$Z_2$  – neto dubina ispod pontona koja ovisi o vrsti dna,

$Z_3$  – promjena razine mora uslijed promjene atmosferskog pritiska i drugih meteoroloških i oceanoloških uvjeta,

$Z_4$  – promjene u razini dna (zamuljivanje između dva jaružanja, pogreška u jaružanju, pogreška u mjerenju dubine).

Zbog karakteristike pontona maksimalni gaz plutajuće garaže u ovom radu iznosi do 1.5 m, što znači da dubina mora neće predstavljati problem u privezu pontona u Riječkoj luci.

## 6.2. Utjecaj vjetra, morskih struja i valova

### 6.2.1. Utjecaj vjetra

Veličina sile vjetra koja djeluje na plutajuću garažu procjenjuje se korištenjem uobičajenog izraza iz područja dinamike fluida, a za proračun je u prvom redu potrebno poznavati stvarne nadvodne površine garaže kao i značajnu brzinu vjetra. Nadvodne površine na koje djeluje vjetar u slučaju ove garaže je teško izračunati jer su sve etaže prirodno ventilirane sa idejom da garaža bude što otvorenije je moguće. Za točan proračun sile vjetra bilo bi potrebno uzeti u obzir i promjenu brzine vjetra s visinom za horizontalne trake visine 1 m. No, kako u ovom slučaju nisu točno poznate nadvodne površine, nije potrebno računati na taj način jer je pogreška zbog nepoznavanja nadvodne površine veća nego točnost proračuna koja se dobije uzimajući u obzir promjene brzine vjetra s visinom. Promjena sile vjetra zbog kuta pod kojim vjetar puše u odnosu na uzdužnu simetralu plutajuće garaže također se ne uzima u obzir zato što je sa stajališta maritimne sigurnosti nužno pretpostaviti najnepovoljniji slučaj.

Sila vjetra  $F_v$  kojom vjetar djeluje na plutajuću garažu procijenjena je na temelju izraza:

$$F_v = C_{v(a)} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_z \cdot v_{r_v}^2 \cdot A \quad (3)$$

Gdje je:

$F_v$  – sila vjetra (N)

$C_{v(a)}$  – koeficijent otpora zraka tijela izloženog djelovanju vjetra

$\rho_z$  – gustoća zraka ( $\text{kg/m}^3$ )

$v_{r_v}$  – relativna brzina vjetra (m/s)

$A$  – površina nadvodnog djela plutajuće garaže ( $\text{m}^2$ )

Vjetar najveće brzine, s kojom se obično računa kod proračuna sile vjetra, je hladan vjetar, pa se može računati s gustoćom zraka  $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$

Bezdimenzionalni koeficijent  $C_{v(a)}$  ovisi o obliku tijela izloženog vjetru kao i o kutu djelovanja vjetra.

### 6.2.2. Utjecaj morske struje

Veličina sile morske struje koja djeluje na plutajuću garažu procjenjuje se korištenjem uobičajenog izraza iz područja dinamike fluida, a za proračun je potrebno poznavati u prvom redu stvarne podvodne površine pontona te brzinu morske struje u akvatoriju.

Sukladno navedenom, sila koju uzrokuje morska struja određena je prema izrazu:

$$F_{ms} = C_{ms(a)} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_{ms}^2 \cdot A_{ms} \quad (4)$$

Gdje je:

$F_{ms}$  – sila morske struje koja djeluje na ponton (N)

$C_{ms(a)}$  – koeficijent otpora tijela izloženog djelovanju morske struje

$\rho_v$  – gustoća morske vode u kojoj se nalazi plutajuća garaža ( $\text{kg/m}^3$ )

$v_{ms}$  - brzina morske struje (m/s)

$A_{ms}$  – površina podvodnog dijela broda ( $\text{m}^2$ )

Bezdimenzionalni koeficijent  $C_{ms(a)}$  uvjetovan je oblikom podvodnog djela pontona, duljinom te odnosom gaza i dubine vode.

### 6.2.3. Utjecaj valova

Utjecaj sile valova koji djeluju na brod potrebno je u prvom redu promatrati u pogledu odziva plutajuće garaže na valove. S tim u vezi javljaju se karakteristična gibanja plutajuće garaže pri čemu vrijednosti pojedinih pomaka plutajuće garaže ne smiju prijeći određene granične vrijednosti. Osnovni generator gibanja plutajuće garaže je djelovanje valova. Veličina ovih graničnih vrijednosti ovisi o vrsti i veličini plutajuće garaže, a razlikuju se ograničenja glede opće sigurnosti plutajuće garaže i ograničenja vezana za djelotvoran prekrcaj korisnika garaže i/ili vozila. S tim u vezi, može se istaknuti posebna osjetljivost ro-ro putničkih brodova za koje su pri prekrcaju vozila dozvoljene razmjerno male amplitude kretanja.

Prema kriterijima PIANC (1995)<sup>4</sup> [12] vrijednosti graničnih gibanja za ro – ro putničke brodova kada su privezani uz pristan iznose  $\pm 0,6$  m za zastajanje,  $\pm 0,6$  m za zanošenje,  $\pm 0,6$  m za poniranje te  $1^\circ$  za zaošijavanje,  $1^\circ$  za posrtanje i  $2^\circ$  za valjanje. Ovi kriteriji mogu se primijeniti i za plutajuću garažu.

Sila valova koji djeluju okomito na brod mogu se približno prikazati izrazom:

$$F_{val} = C_{val(\varphi)} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot g \cdot L \cdot \left(\frac{Hs}{2}\right)^2 \quad (5)$$

Gdje su:

$F_{val}$  - sila kojom djeluje val (N)

$C_{val(\varphi)}$  – empirijski koeficijent

$\rho_v$  – gustoća vode ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  – gravitacijska konstanta ( $\text{m/s}^2$ )

$L$  – duljina pontona na vodnoj liniji (m)

$Hs$  – značajna valna visina (m)

### 6.3. Zajedničko međudjelovanje i granični uvjeti

Nakon što su sagledani zasebni utjecaji vjetra, valova i morskih struja potrebno je razmotriti i zajedničko međudjelovanje svih ovih utjecaja. Pojedinačna procjena utjecaja temeljnih čimbenika (vjetar, valovi i morske struje) u pravilu ne daje stvarnu sliku stanja na mjestu priveza i to ponajprije zato što su u stvarnosti izuzetno rijetke prigode kada na plutajuću garažu uz obalu djeluje samo jedan od tih čimbenika. Stoga je u cilju ocjene stvarnog stanja i posebice procjene graničnih uvjeta nužno promotriti djelovanje svih ovih utjecaja zajedno. Pri analizi graničnih uvjeta tijekom boravka plutajuće garaže na mjestu priveza najznačajnije će biti djelovanje vjetra, valova samo pri izrazito lošem vremenu, dok će djelovanja morske struje biti od manjeg utjecaja. Pri razmatranju utjecaja vjetra na plutajuću garažu privezanu na pojedinim mjestima priveza najznačajniji su vjetrovi koji pušu približno okomito na privezanu plutajuću garažu.

Razmatranjem vjetrovne klime u području luke Rijeka zaključuje se da je najznačajniji vjetar u ovom primjeru bura. Stoga se izabire kao karakteristični za razmatranje maritimne sigurnosti plutajuće garaže tijekom boravka na mjestu priveza. Pritom se tijekom boravka na

mjestu priveza pri puhanju bure razmatra utjecaj na privezne konope pri čemu se lateralna nadvodna površina plutajuće garaže umanjuje za površinu koju zaklanja obala. Za dimenzioniranje priveznih bitvi kao i provjeru da li bokobrani zadovoljavaju u pogledu sila koje na njih djeluju tijekom boravka plutajuće garaže na mjestu priveza potrebno je uzeti u obzir sile na pojedinom mjestu priveza uz odgovarajući faktor sigurnosti.

#### 6.4. Obilježja bokobrana i privezne opreme obale

Privezna oprema mora omogućiti siguran boravak plutajuće garaže na mjestu priveza te omogućiti siguran prekrcaj putnika i automobila. To se ponajprije odnosi na preuzimanje svih sila koje su posljedica boravka garaže na mjestu priveza. Sa stajališta maritimne sigurnosti to se ponajprije odnosi na broj i svojstva bokobrana i priveznih bitvi.

##### 6.4.1. Obilježja bokobrana

Plutajuća garaža će se gibati na privezu ovisno o utjecaju vjetra, morskih struja i valova će uzrokovati određenu kinetičku energiju koja se pri naslanjanju plutajuće garaže na obalu pretvara u udarnu energiju plutajuće garaže. Pritom pri naslanjanju plutajuće garaže na bokobrane ne sudjeluje cjelokupna kinetička energija, već se dio te energije troši na usputne pojave. Sukladno navedenom, na sustav bokobrana djeluje samo dio kinetičke energije, tzv. udarna energija plutajuće garaže, koja se može odrediti izrazom:

$$E_{ub} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot v_0^2 \cdot C_B \quad (6)$$

Gdje su:

$E_{ub}$  – udarna energija plutajuće garaže (kJ),

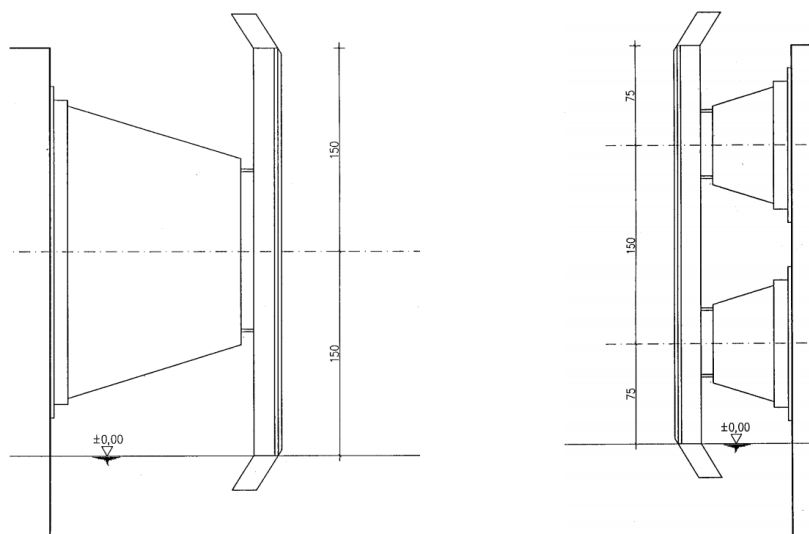
$D$  – deplasman plutajuće garaže (t),

$v_0$  – komponenta brzine plutajuće garaže okomita na pristan (m/s),

$C_B$  – koeficijent naslanjanja plutajuće garaže.

Pravilnim izborom vrste i obilježja bokobrana te njihovim pravilnim postavljanjem uvelike se povećava sigurnost boravka plutajuće garaže uz obalu (slika 33.).

Pri određivanju obilježja i razmještaju bokobrana na obali valja uzeti u obzir vertikalno pomicanje pontona zbog vanjskih utjecaja i redovitom ukrcaju/iskrcaju automobila.



**Slika 33. Primjer bokobrana s jednostrukim i dvostrukim elastičnim elementima [11]**

#### **6.4.2. Obilježja priveznih bitvi**

Privezne bitve trebaju plutajuće garaže zadovoljiti zahtjeve maritimne sigurnosti u pogledu sigurnog boravka na mjestu priveza i pri graničnim uvjetima. Projektom treba predvidjeti privezne bitve zadovoljavajuće prekidne čvrstoće.

Privezne bitve trebaju zadovoljavati i zahtjev koji se odnosi na onemogućavanje iskakanje priveznih konopa kada oni djeluju pri većim vertikalnim kutovima odnosno u slučaju promjene opterećenja.

#### **6.5. Maritimna sigurnost tijekom boravka na mjestu priveza**

Privezna oprema plutajuće garaže mora u svim uvjetima zadovoljavati uvjete sigurnog boravka na mjestu priveza. S obzirom na meteorološke i oceanološke prilike pritisak vjetra na nadvodnu površinu i utjecaj valova osnovno je opterećenje kojem je izložena privezna oprema.

Ukupnu silu kojom djeluje vjetar potrebno je podjednako rasporediti na privezne bitve po cijeloj duljini privezne strane plutajuće garaže postavljanjem odgovarajućeg broja priveznih konopa. Prilikom razrade sustava priveza i postavljanja priveznih konopa treba voditi računa o tome da se na određeno mjesto priveza postave privezni konopi jednakih obilježja kako bi

njihovo djelovanje bilo ujednačeno. Također, treba voditi računa o broju potrebnih priveznih konopa, imajući u vidu stvarne horizontalne i vertikalne kutove djelovanja tih konopa te uobičajeno ograničenje da pretpostavljene sile koje djeluju na garažu ne smiju prijeći 55 % prekidnog opterećenja priveznih konopa.



## 7. SPRINKLER SUSTAVI

Radi prisustva velikog broja automobila u plutajućoj garaži koji koriste zapaljivo gorivo, a koji istovremeno predstavljaju izvor topline, u garažama je vrlo bitno instalirati dobru protupožarnu zaštitu. Sprinkler sustav je automatska instalacija za gašenje požara, koja je osmišljena 1874. godine [13].



**Slika 34. Primjer sprinkler mlaznice [13]**

Skup propisa koji objedinjuje smjernice za projektiranje i instalaciju sprinkler sustava su smjernice VdS (institut za korporativnu sigurnost) koje u Europi vrijede od 2003. godine. U tim propisima, definiran je raspored sprinkler mlaznica (slika 34.), njihove međusobne udaljenosti te udaljenosti od stropova, zidova, greda i sličnih prepreka. Prema VdS smjericama koje su trenutno na snazi, garaže su klasificirane kao srednja požarna opasnost OH 2, sa zadanim polijevanjem od  $q=5$  lit/min/m<sup>2</sup>, a vrijeme gašenja iznosi 60 minuta.

Točna potrošnja vode, bez obzira na primijenjeni propis, ovisi o rasporedu sprinkler mlaznica, pa je to potrebno proračunati pomoću računalnog programa. Bitno je da postavljene mlaznice pokrivaju cijeli prostor garaže, od požarnog zida do požarnog zida. Kao izvor vode za sprinklere standardno se koriste priključak na gradsku mrežu ili požarni bazeni, a s obzirom da bi se plutajuća garaža nalazila na moru, eventualno se može koristiti i morska voda. Međutim, za takav sustav potrebne su i pumpe da bi voda izlazila pod pritiskom i imala potrebni doseg pa treba uzeti u obzir i izgradnju pumpnog sustava koji bi imao potrebnu snagu tako da je u ovom radu radi jednostavnosti i cijene korištena gradska mreža. Sva upravljanja sprinkler pumpnim postrojenjima moraju biti automatska, s mogućnošću ručnog pokretanja. To znači da sprinkler pumpa starta automatski preko signala dobivenog s tlačne sklopke, u slučaju pada tlaka u cjevovodu pred sprinkler ventilom. Isključenje sprinkler pumpe moguće je samo ručno, bez automatike. Kod sprinkler pumpi s diesel motorom treba osigurati ventilaciju koja dobavlja

dovoljnu količinu zraka za rad diesel motora. Sprinkler ventilska stanica mora biti opremljena vlastitim alarmnim hidrauličkim zvonom.

Alarm iz sprinkler stanice mora se zatim proslijediti mjestu s cjelodnevnom dežurstvom. Sprinkler sustav potrebno je svakodnevno kontrolirati, kako bi se osigurao ispravan rad svih elemenata. Svakodnevno je važno provjeriti tlak ispred sprinkler ventila, tlak zraka u suhom cjevovodu i kontrolirati otvorenost ventila bitnih za funkciju sprinkler instalacije, a zimi treba paziti na sigurnost od zamrzavanja sprinkler postrojenja. Moguće je sustave provjeravati na tjednoj bazi ako je izveden sustav sa sprinkler nadzornom centralom, koja kontrolira otvorenost svih bitnih ventila, tlakove u sustavu, temperaturu u sprinkler stanici, kontrolu eventualno izliveno vode na podu u sprinkler stanici i nivo vode u svim rezervoarima s požarnom vodom. Troškovi ugradnje sprinkler instalacije ovise o namjeni i načinu izgradnje zgrade, izvoru vode te stupnju ugroženosti za osoblje. Kod ove garaže, uštedjeti će se na pumpama pa će okvirna cijena biti manja od 70 kn/m<sup>2</sup>.

Sprinkler sustav jako je popularan upravo radi svoje efikasnosti i radi činjenice da se manja šteta dogodi radi polijevanja vodom tijekom njihovog rada u usporedbi sa štetom koja nastaje od vatre. Cijeli sustav, naravno, mora biti predviđen uz veliki faktor sigurnosti.



**Slika 35. Predodžba rada sprinkler mlaznice, aktivacija (lijevo) i kontinuirani rad (desno) [14]**

## 8. FOTONAPONSKI MODULI

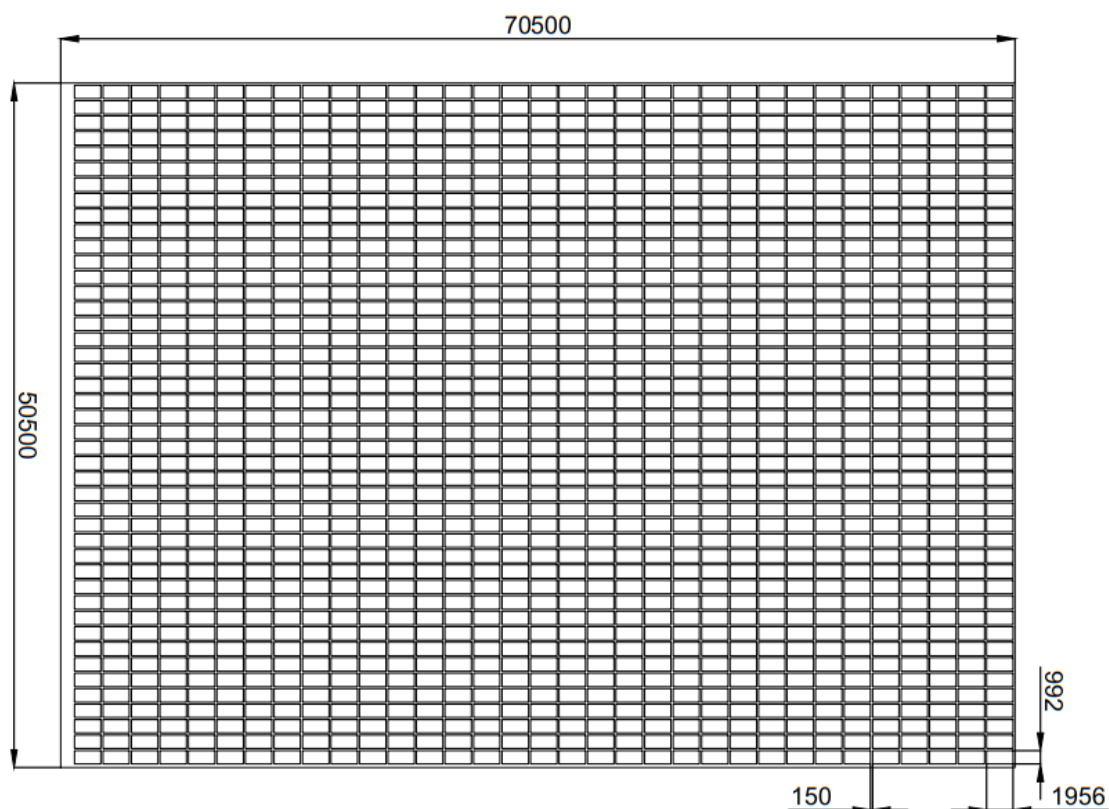
### 8.1. Općenito o fotonaponskim modulima

Fotonaponski moduli su solarne ćelije koje pretvaraju energiju sunčeve svjetlosti u istosmjernu struju na principu fotoelektričnog efekta. Tako dobivena struja može se normalno koristiti za pokretanje opreme ili punjenje baterija i ne zagađuje okoliš. Fotonaponski moduli se koriste na manjim brodovima za pogon ili pokretanje opreme već neko vrijeme. Na slici 36. se vidi primjer prvog potpuno pogonjenog broda za prijevoz putnika u Indiji. Brod Aditya izgrađen 2017. godine ima kapacitet od 73 putnika i 3 člana posade, maksimalna brzina je 7.5 čvora. U 3 godine službe prešao je više od 150 000 km isključivo na pogon struje generirane fotonaponskim modulima. Površina krova prekrivenim fotonaponskim modulima iznosi 143 m<sup>2</sup> što pogoni dva motora od 20 kW [15].



Slika 36. Prvi putnički brod pogonjen isključivo solarnom energijom u Indiji [16]

U slučaju plutajuće garaže, krov će kompletno biti pokriven fotonaponskim modulima. Površina fotonaponskih modula iznosi 2817.4 m<sup>2</sup>, dok je dimenzija pojedinog fotonaponskog modula 1956x992x40 mm tako da broj ugrađenih fotonaponskih modula iznosi 1452 čiji je raspored na krovu plutajuće garaže prikazan na slici 37.



Slika 37. Raspored fotonaponskih modula na krovu plutajuće garaže

## 8.2. Izračun električne energije: na godišnjoj razini

Za proračun potencijala sunčeve energije na horizontalnu plohu korišten je alat „PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM“ [17]. Izračunati su mjesečni i godišnji potencijali sunčeve energije u kWh/kW za instaliranu snagu fotonaponskih modula za područje Rijeka-terminal (Tablica 18, stupci 1 i 2). Za proračun električne energije koju daju fotonaponski moduli po kW ugrađenog modula korištena je mjesečna vrijednost u kWh (Tablica 18, stupac 5). Na krovu plutajuće garaže ugrađeni su polikristalini fotonaponski moduli izlazne snage 350 W, mase 22.5 kg te površine oko 1,94 m<sup>2</sup>, dimenzija 1956x992x40 mm. Iz Tablica 18 vidljivo je da je godišnje potrošnja plutajuće garaže 27482 kWh, da

električna energija koju na godišnjoj razini daje solarna elektrana iznosi 627677.8 kWh te da isporuka viška električne energije u distribucijsku mrežu iznosi 600195.8 kWh. U slučaju projekta solarne elektrane s akumulatorskim baterijama predviđeno je korištenje LiFePo baterije (Lithium Iron Phosphate) kapaciteta 500 Ah koje se smiju prazniti do dubine pražnjenja od 80% (DOD – Depth of Discharge) pri nominalnom naponu od 12.8 V te mase 90 kg [18]. Ugrađeni fotonaponski moduli i u mjesecu prosincu mogu proizvesti količinu električne energije koja premašuje dnevne potrebe plutajuće garaže više od 7 puta odnosno  $(1,07 \text{ kWh/kW} * 508,2 \text{ kW}) / 75,5 \text{ kWh} = 7,2$  (Tablica 18). Kapacitet akumulatora može se uskladiti na način da kapacitet akumulatora u kWh bude dovoljan da plutajuća garaža može biti autonomna određen broj dana. Dolje navedeni proračun je dan za autonomiju od 2 dana. U slučaju nepovoljnih vremenskih prilika, predviđeno je korištenje električne energije iz distribucijske mreže.

### 8.3. Proračun potrošača:

U sljedećem proračunu potrošača biti će navedene karakteristike baterija uz pretpostavku zahtjeva za 2 dana autonomije plutajuće garaže korištenjem fotonaponskih modula kao kritičan slučaj.

#### Rasvjeta:

Zahtjev rasvijetljenosti (lux) za zatvorenu garažu iznosi otprilike 200 luxa, pošto je garaža većinom otvorena u garažu ulazi puno dnevnog svjetla. Odabrano je LED svjetlo [19] 600x600x85 od 25 W sa zaštitom IP65 (potpuna zaštita od prašine i zaštita od mlaza), kojemu lumen iznosi 1500 lm, kroz alat za pretvorbu lumena u lux [20] dobivamo da je po etaži plutajuće garaže potrebno 70 komada odabranog rasvjetnog tijela.

$$210 \cdot 25 \text{ W} = 5.250 \text{ W},$$

Za 24 sati rada dobivamo iznos od 63 kWh,

Za 24 sati rada uz danonoćnu regulaciju dobivamo iznos od 31.5 kWh.

**Rampe:**

Motor 100 W – 4 rampe,

10 sekundi radi 20 sekundi ne radi,

20 sekundi po min – 1200 sekundi po satu,

$100 \text{ W} \cdot 4 = 400 \text{ W} \cdot 0.33 = 132 \text{ Wh}$ ,

Na 24 sata = 3.168 kWh.

**Elektronika:**

Senzori, elektronika, kamere,

U grubo – 1000 W,

Za 24 sata = 24 kWh.

**Kontrolna soba:**

Računala, monitori, elektronika,

Procijenjen iznos – 750 W,

Za 24 sata = 18 kWh.

**Ukupna potrošnja u 24 sata – 75.5 kWh**

**Baterije:** Preporučeni kapacitet – 2 dana \* 75.5 kWh = 151 kWh

Odabrana baterija[18]:

12.8 V, 500 Ah; 80 % (DOD); 5.12 kWh,

$75.5 \text{ kWh} / 5.12 \text{ kWh} = 29.49$  komada akumulatorskih baterija,

Odabrano 30 akumulatorskih baterija

**Ukupna masa = 90 kg x 30 = 2.70 t**

Tablica 18. Proračun mjesečne i godišnje potrošnje i potrebna nadopuna električnom energijom

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
	Ed - prosječna dnevna proizvodnja el. energ. za 1 kW ugrađenih fotonaponskih modula	Em - prosječna mjesečna proizvodnja el. energ. za 1 kW ugrađenih fotonaponskih modula	Dnevna potrošnja	Mjesečna potrošnja	Mjesečno el. energije od fotonaponskih modula za 508.2 kW ugrađene snage	Višak el. Energije Kojom se može puniti gradska mreža
	kWh/kW	kWh/kW	kWh	kWh	kWh	kWh
siječanj	1.29	42.3	75.50	2340.5	21481.6	19141.1
veljača	2.00	43.8	75.50	2114.0	22269.3	20155.3
ožujak	3.19	89.4	75.50	2340.5	45417.8	43077.3
travanj	4.15	117.6	75.50	2265.0	59769.4	57504.4
svibanj	5.01	132.7	75.50	2265.0	67458.5	65193.5
lipanj	5.53	148.0	75.50	2265.0	75188.2	72923.2
srpanj	5.60	186.0	75.50	2340.5	94535.4	92194.9
kolovoz	4.88	177.1	75.50	2340.5	90002.2	87661.7
rujan	3.62	128.4	75.50	2265.0	65232.6	62967.6
listopad	2.48	74.5	75.50	2340.5	37881.2	35540.7
studenj	1.39	40.1	75.50	2265.0	20389.0	18124.0
prosinac	1.07	55.2	75.50	2340.5	28052.6	25712.1
God. prosjek	3.36	102.9	/	/	/	/
<b>Ukupno godišnje</b>		<b>1235.1</b>	<b>906</b>	<b>27482</b>	<b>627677.8</b>	<b>600195.8</b>

## **9. ZAKLJUČAK**

Ovaj rad predstavlja idejni projekt plutajuće garaže. Proveden je postupak osnivanja plutajuće garaže koji je obuhvatio razradu idejnog rješenja te proračune mase, centracije i stabiliteta. Definiran je tehnički opis iz kojeg je detaljnije obrađen sprinkler sustav, preliminarni privez i energetski proračun fotonaponskih modula. Plutajuća garaža zamišljena je da ima 3 etaže uz mogućnost modularnog dodavanja etaža za rasonodu. U garaži je predviđeno 361 parkirno mjesto u okomitom rasporedu radi optimalne iskorištenosti prostora. Konstrukcija prazne plutajuće garaže ima masu od 1566 tona, vertikalno težište na 5.6 m, a radi svoje simetrije se težišta po osi x i y pretpostavljaju u sredini. Za potrebe proračuna stabiliteta ponton je modeliran u obliku trimarana. Napravljen je pokus nagibanja i pokus nepotonivosti kako bi se provjerilo ponašanje pontona u graničnim uvjetima. S obzirom da se plutajuća garaža nalazi na moru postoji mogućnost korištenja i morske vode za potrebe sprinkler sustava iako se radi jednostavnosti i dostupnosti pretpostavlja spajanje sprinkler sustava na vodovodnu mrežu grada Rijeke. Na krovu garaže predviđena je solarna elektrana s fotonaponski modulima koja ima dvojaku funkciju, potpunu energetska autonomiju plutajuće garaže kao i isporuku viška električne energije u distribucijsku mrežu. Plutajuća garaža je prikladno rješenje za parkiranje automobila u priobalnim gradovima, osobito unutar turističke sezone, a njezine značajke se mogu prilagoditi gradu u kojemu postoji potreba za dodatnim prostorom za parking. Plutajuće garaže bi trebale biti korištene u većoj mjeri nego je to bilo do sada, i to ne samo radi velikog broja parkirnih mjesta koja pružaju, nego i radi prikladnog položaja na vodenoj površini, koji ne narušava već izgrađenu infrastrukturu nekog grada.

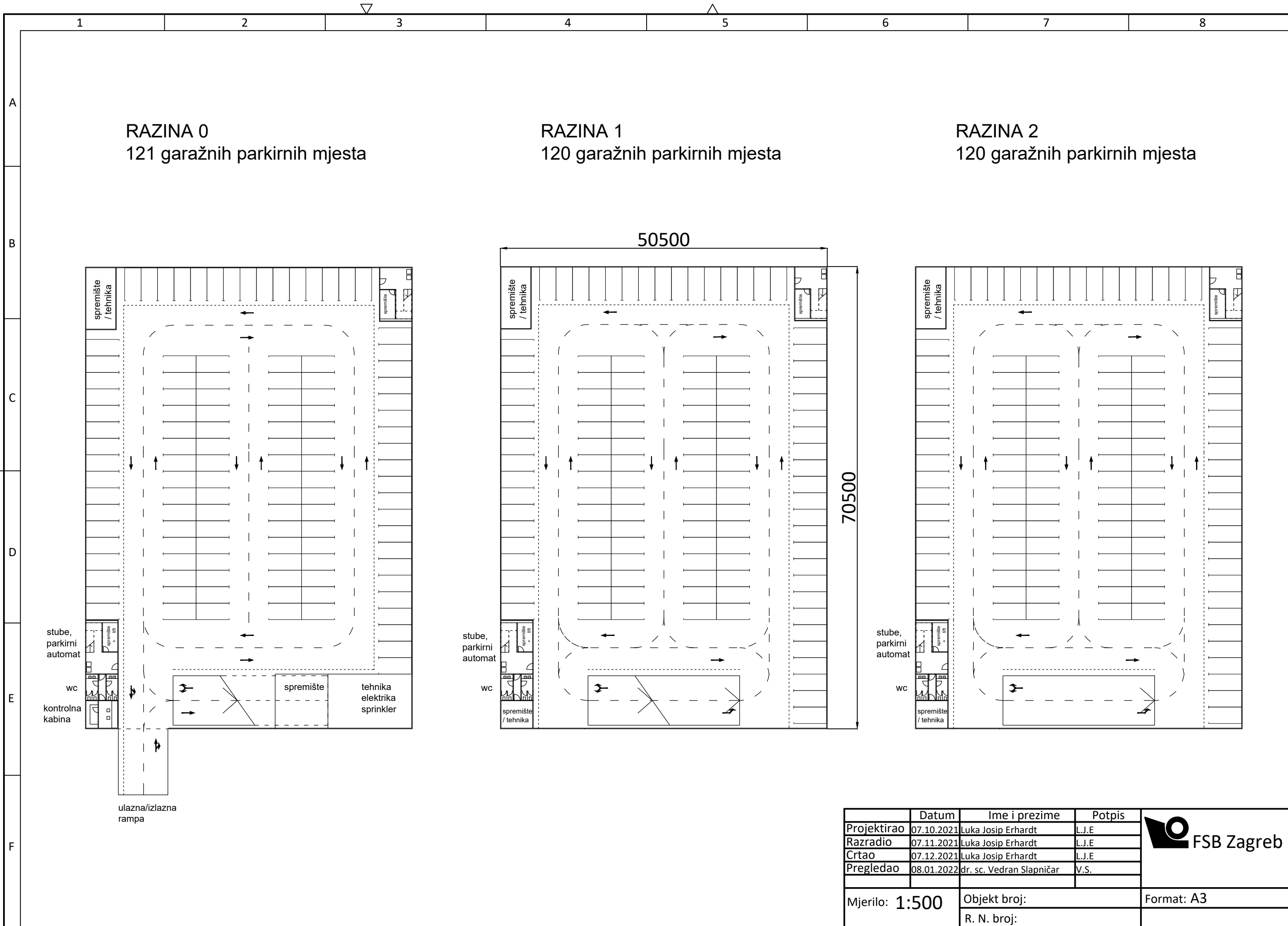


## LITERATURA

- [1] <https://www.balticshipping.com/vessel/imo/7508635>
- [2] <http://www.shipspotting.com/ships/ship.php?imo=7508635>
- [3] <https://www.umihotaru.com/en/>
- [4] <https://www.odt.co.nz/regions/queenstown-lakes/resort-floats-car-parking-idea>
- [5] <http://www.seatech.ru/eng/service/service.htm>
- [6] Davor Brčić, Marko Šoštarčić - Parkiranje i garaže – priručnik
- [7] Iva Klara Lajtner: Diplomski rad, Projektiranje konstrukcije plutajuće garaže, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2022.
- [8] <https://maxsurf.net/>
- [9] [http://www.crs.hr/Portals/0/HRB%20CRS%20pravila/2020%20pravila/Rules%20for%20the%20classification%20of%20ships,%20Pt.%2028,%20High-speed%20craft,%2001\\_2020.pdf?ver=2020-03-05-234422-293](http://www.crs.hr/Portals/0/HRB%20CRS%20pravila/2020%20pravila/Rules%20for%20the%20classification%20of%20ships,%20Pt.%2028,%20High-speed%20craft,%2001_2020.pdf?ver=2020-03-05-234422-293)
- [10] Bureau Veritas – Floating dock- Rule note, NR 475 DTM R00 E, October 2001
- [11] Komadina P., Mohović R., Mohović Đ., Ivče R., Rudan I. - izgradnja vanjskih vezova na lukobranu gradske luke split - maritimna studija – pomorski fakultet u Rijeci
- [12] Criteria for Movements of Moored Ships in Harbour, PIANC Report of Working Group no. 24. Brussels: Supplement to Bulletin no. 88., 1995
- [13] ALING – Sprinkler instalacija u garažama <http://www.aling.hr/>
- [14] Živčić Juraj - Specijalistički diplomski stručni - Stabilni sustav tipa sprinkler u višetažnom objektu
- [15] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponske\\_%C4%87elije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponske_%C4%87elije)
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Aditya\\_\(boat\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Aditya_(boat))
- [17] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)
- [18] <https://www.lithium-battery-factory.com/product/12v-500ah-lithium-ion-battery/>
- [19] <https://www.inea-lighting.hr/hr/products/technical/89/>
- [20] <https://www.bannerengineering.com/za/en/company/expert-insights/lux-lumens-calculator.html>

## **PRILOZI**

### I. Nacrt općeg plana



RAZINA 0  
121 garažnih parkirnih mjesta

RAZINA 1  
120 garažnih parkirnih mjesta

RAZINA 2  
120 garažnih parkirnih mjesta

50500

70500

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	07.10.2021	Luka Josip Erhardt	L.J.E
Razradio	07.11.2021	Luka Josip Erhardt	L.J.E
Crtao	07.12.2021	Luka Josip Erhardt	L.J.E
Pregledao	08.01.2022	dr. sc. Vedran Slapničar	V.S.



Mjerilo: 1:500	Objekt broj:	Format: A3
	R. N. broj:	

