

# Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa

---

**Paskaš, Dragana**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:083002>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-16**



Repository / Repozitorij:

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



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Dragana Paskaš**

**Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Specijalistički diplomski stručni studij  
Gradnja u priobalju i komunalna infrastruktura  
Obalne građevine**

**Dragana Paskaš  
JMBAG: 0114027227**

**Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2021.**

Naziv studija: **Specijalistički diplomski stručni studij**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Arhitektura i urbanizam

Znanstvena grana: Urbanizam i prostorno planiranje

Tema diplomskog rada

**IDEJNI PROJEKT LUKE ZA PREKRCAJ NAFTNOG KOKSA**  
**DESIGN OF THE PORT FOR PETROLEUM COKE TRANSSHIPMENT**

Kandidatkinja: **DRAGANA PASKAŠ**

Kolegij: **OBALNE GRAĐEVINE**

Diplomski rad broj: **SPEC-2021-06**

**Zadatak:**

U radu je potrebno obraditi teoretske osnove proračuna, dimenzioniranja i projektiranja luke za prekrcaj koksa. Kao praktičan primjer potrebno je napraviti idejni projekt na lokaciji rafinerije nafte Urinj.

Okvirni sadržaj rada:

1. Uvod
2. Povijesni pregled luka
3. Tehnologija prekrcaja koksa
4. Metodologija proračuna
5. Pomorsko hidraulički proračun
6. Zaključak
7. Literatura
8. Grafički prilozi

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentor

doc. dr. sc. Igor Ružić,  
dipl.ing.građ.

## **IZJAVA**

Diplomski rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



---

**Dragana Paskaš**

U Rijeci, 28. lipnja 2021.

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Igoru Ružiću dipl.ing.građ. na pruženoj pomoći pri izradi ovog diplomskog rada, pristupačnosti, trudu, savjetima te znanju stečenom tokom cjelokupnog studiranja.*

*Hvala mojoj sestri, dečku te prijateljima i kolegama koji su svojim prisustvom uljepšali moje studentske dane. A posebna zahvala ide mojim roditeljima koji su mi omogućili život i studiranje u drugom gradu i koji su mi pružali ljubav, bezuvjetnu podršku i neizmjernu vjeru u moj uspjeh.*

## Sažetak

Unutar ovog diplomskog rada opisan je ponajprije novi projekt modernizacije riječke rafinerije unutar kojeg se također nalazi nova luka za prekrcaj naftnog koksa. Obraden je ta povijesni pregled razvoja luka na teritoriju Urinja te Omišlja na otoku Krku.

Za predmetnu luku opisane su osnovne karakteristike, tehnologija te način dopreme i prekrcaja naftnog koksa od izlaza iz postrojenja za preradu pa sve do ukrcaja u brodove, za koje su također opisane osnovne karakteristike.

Obradena je mogućnost izvedbe vertikalnog lukobrana sa svim proračunima, provjerama te isplativost gradnje u usporedbi s planiranom raščlanjenom obalnom konstrukcijom. Iz provedene provjere zaključeno je da je planirano rješenje izvedbe raščlanjene obalne konstrukcije, obzirom na položaj i dubine mora, ekonomičnije te fleksibilnije u odnosu na vertikalni lukobran.

Na kraju su izrađeni karakteristični presjek, 3 poprečna presjeka na samom lukobranu, presjek kroz plato te situacijski položaj novog vertikalnog lukobrana.

**Ključne riječi:** Urinj, luka, naftni koks, raščlanjena obalna konstrukcija, vertikalni lukobran

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. POVIJESNI PREGLED LUKA NA PODRUČJU URINJA I OMIŠLJA .....	3
2.1 Povijest nafte.....	3
2.2. Povijesni razvoj luke od 1717. godine do danas .....	4
2.3. Janaf .....	8
2.4. Riječka Rafinerija .....	9
2.5. LNG terminal .....	13
2.6. Koksara Bakar .....	14
2.7. Termoelektrana Urinj.....	16
3. LUČKA TEHNOLOGIJA PREKRCAJA KOKSA.....	18
3.1. Tehničko-tehnološke značajke brodova koje se prihvaćaju u luci .....	18
3.1.1. Koeficijenti brodske forme .....	22
3.2. Prekrcajna tehnologija .....	27
4. OPIS LUKE ZA PREKRCAJ NAFTNOG KOKSA.....	39
4.1. Pristanišni gat i spojni most s kopnom .....	40
4.2. Lučki plato za smještaj pomoćnih zgrada .....	45
5. POMORSKO HIDRAULIČKE KARAKTERISTIKE.....	47
5.1. Prognoza valova.....	47
5.2. Karakteristike priveza.....	50
6. ALTERNATIVNO RJEŠENJE MASIVNE OBALNE KONSTRUKCIJE–VERTIKALNI LUKOBRAN..	52
6.1. Vrste vertikalnih lukobrana.....	52
6.1.1. Kriteriji odabira tipa lukobrana .....	58
6.2. Opis alternativnog rješenja .....	60
6.3. Dimenzioniranje masivnog vertikalnog lukobrana .....	61
6.3.1. Provjera na prevrtanje .....	66
6.3.2. Provjera na klizanje .....	67
6.4. Isplativost izvedbe masivnog vertikalnog lukobrana i raščlanjene obalne konstrukcije	68
7. ZAKLJUČAK .....	70
8. LITERATURA.....	71
9. GRAFIČKI PRILOZI.....	74



## **Popis tablica**

Tablica 1: Usporedba karakteristika dvaju cijevnih transportera

Tablica 2: Očekivani valovi u riječkom zaljevu

Tablica 3: Kriteriji za odabir tipa lukobrana

Tablica 4: Momenti stabilnosti

Tablica 5: Momenti prevrtanja

## Popis slika

Slika 1: Pogled na postojeće postrojenje Rafinerije Urinj

Slika 2: Prikaz podjele luke na riječki i sušački dio

Slika 3: Prikaz dionica Jadranskog naftovoda

Slika 4: Rafinerija početkom 1930. god.

Slika 5: Prikaz sadašnje situacije na mjestu nekadašnje Rafinerije na Mlaci

Slika 6: Lučko operativno područje – Njivice

Slika 7: Prikaz dimnjaka koksare nekada i danas

Slika 8: Prikaz termoelektrane Urinj iz zraka

Slika 9: Prikaz broda za prijevoz srednje velikih rasutih tereta

Slika 10: Prikaz broda za prijevoz velikih rasutih tereta

Slika 11: Brod za rasuti teret kategorije „vrlo veliki“

Slika 12: Presjek skladišta broda za prijevoz rasutih tereta

Slika 13: Koeficijent punoće vodne linije ( $\alpha$ )

Slika 14: Koeficijent istisnine ( $\delta$ )

Slika 15: Poprečni presjek karakterističnog broda

Slika 16: Prikaz broda 25000 dwt na molu s veznim linijama

Slika 17: Karakteristike brodova za prijevoz rasutih tereta

Slika 18: 3D prikaz luke Urinj s pogledom na zatvoreni sustav transporta koksa

Slika 19: Poprečni presjek cijevnog transportera s oblogama

Slika 20: Pokretni mosni brodoutovarivač

Slika 21: Presjek morske visoravni s tehnologijom za utovar naftnog koksa

Slika 22: Prikaz novog koncepta luke za ukrcaj koksa

Slika 23: Poprečni presjek konstrukcije pristupnog mosta

Slika 24: Prikaz mola sa svim pripadajućim elementima

Slika 25: Prikaz broda na molu, raspored veznih elemenata i bokobrana, raspored priveznih linija

Slika 26: Karakteristični presjek nasipa zaštitnog kamena

Slika 27: Srednja vrata, Sector I -Direction SE-SSE, Vela vrata, Sector II -Direction S

Slika 28: Mogući pristup plovnom putu do novoplaniranog mola za pretovar naftnog koksa

Slika 29: Položaj novoplaniranog mola vezanog uz bivši naftni terminal Urinj i rafineriju

Slika 30: Klasični tip vertikalnog lukobrana

Slika 31: Mješoviti tip lukobrana

Slika 32: Horizontalan kompozitni lukobran

Slika 33: Lukobrana od blokova

Slika 34: Lukobran s nagnutom krunom

Slika 35: Perforirani zid kesonskog lukobrana

Slika 36: Polukružni kesonski lukobran

Slika 37: Lukobran s cilindričnim komorama

Slika 38: Dijagram toka projektiranja vertikalnog lukobrana

Slika 39: Karakteristični presjek vertikalnog lukobrana

Slika 40: Prikaz djelovanja sila na vertikalni lukobran

## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu opisano je postojeće rješenje raščlanjene obalne konstrukcije koja se u praksi već pokazala isplativom i učinkovitom. Također je obrađeno jedno alternativno rješenje izgradnje vertikalnog lukobrana te napravljena usporedba efikasnost ovih dvaju rješenja.

INA - Rafinerija nafte Rijeka nalazi se u jugoistočnom dijelu Općine Kostrena i jednim manjim dijelom na prostoru Grada Bakra. Prostor Rafinerije prostire se duž južne obale kostrenskog poluotoka i obuhvaća površinu od 356 ha. Nešto manje od trećine površine čini izgrađeni prostor, dok preostalu površinu predstavlja prostor s pravom korištenja. Na Slici 1 prikazan je pogled na trenutno stanje postrojenja Rafinerije Urinj.

Od rubnog dijela grada Rijeke, Rafinerija je udaljena oko 4 km. Na zapadnom dijelu Rafinerija graniči s naseljima Paveki i Urinj te Termoelektranom Rijeka, a sjeverno od Rafinerije nalazi se Jadranska magistrala.

Na sadašnjoj lokaciji, Rafinerija je započela s radom sredinom šezdesetih godina dvadesetog stoljeća i to premještanjem proizvodnje motornih goriva iz Rijeke, točnije s Mlake. Nakon premještanja, slijedio je čitav niz faza razvoja i dogradnje, a trenutno je u tijeku modernizacija tehnološkog procesa prerade nafte s ciljem reduciranja emisija onečišćujućih tvari u okoliš te poboljšanja kvalitete proizvoda povećanjem proizvodnje niskosumpornih benzina i dizelskih goriva te prestankom proizvodnje teških loživih ulja.

Obzirom na količinu i zahtjevnost, radovi modernizacije planirani su u dvije faze. Projekt nazvan „Izgradnja postrojenja za proizvodnju i preradu nafte - koking kompleks u Rafineriji nafte Rijeka“, pripada Programu obrade teških ostataka i predstavlja izgradnju luke, silosa i transportnog sustava za koks. Predviđena lokacija je na jugozapadu poluotoka, odnosno između rta Škrkovac i uvale Dražica.

Spomenuta postrojenja spadaju u drugu fazu koja je trenutno aktualna. Odabrana tehnologija za obradu teških ostataka zasniva se na procesu komornog, odnosno odgođenog koksiranja. Izgradnja koksnog postrojenja omogućit će proizvodnju motornih benzina i dizelskih goriva u skladu s europskim standardima.

Koking kompleks, uključujući sve svoje sastavne dijelove i prateće procesne jedinice, omogućit će smanjenje štetnih utjecaja na okoliš novih procesnih postrojenja i Rafinerije u cijelosti. Izgradnja postrojenja omogućit će svakako i smanjenja emisije u okoliš spojeva koji su karakteristični u rafinerijskom okruženju kao što su  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  itd.

Smanjenje emisija spomenutih spojeva nastat će kao posljedica prestanka proizvodnje loživih ulja uz korištenje prirodnog plina za rafinerijska ložišta. [1]

Za pristajanje i privez teretnih brodova u svrhu utovara proizvedenoga naftnoga koksa te njegove otpreme planirana je izgradnja nove luke. Pretovar is silosa za koks na brodove će se vršiti transporterima i brodoutovarivačima. Nova luka projektirana je kao raščlanjena obalna konstrukcija koja će se sastojati od pristanišnog gata na izbušenim pilotima, mosta koji povezuje pristanišni gat s kopnom te nasipanog platoa za smještaj potrebnih objekata.



Slika 1: Pogled na postojeće postrojenje Rafinerije Urinj [2]

## 2. POVIJESNI PREGLED LUKA NA PODRUČJU URINJA I OMIŠLJA

### 2.1 Povijest nafte

Naziv nafta potječe iz korijena riječi „*nafata*“ što u prijevodu s perzijskog jezika znači „znojiti se“.

Za ljudski rod nafta je od davnina poznata i kao fosilno gorivo te se koristila u različite svrhe, bilo da se rabi u medicini, za rasvjetu, impregnaciju zidova, balzamiranje ili kao sredstvo za brtvljenje brodova.

Nafta kao derivat dobiva svoje pravo značenje tek u 19. st. kada je američki znanstvenik E. L. Drake u Pennsylvaniji izbušio prvu bušotinu pa se 1859. godina uzima kao početak industrijske proizvodnje.

Nafta nastaje od ostataka životinja i biljaka koje su postojale prije nekoliko stotina milijuna godina u vodi. Sam proces nastanka obuhvaća nekoliko faza, a najvažnije su: taloženje biljnih odnosno životinjskih ostataka na dnu oceana koje vremenom prekriva pijesak i mulj iz čega nastaju plin i sirova nafta zbog djelovanja visokih temperatura, ali i velikih pritisaka vode. [3]

Kao i svaki projekt odnosno proces i prerada nafte započinje istraživanjem. Navedena mogu biti geološka i geofizička. Istraživanja se provode na područjima koja su inženjeri i znanstvenici obilježili kao potencijalno bogata naftom. Ukoliko se njihova predviđanja pokažu istinitim i pronađe se nafta zbijena u sitnim porama između stijena pod vrlo velikim pritiskom, buše se eksploatacijske bušotine koje prolaze kroz debele slojeve pijeska, mulja i stijena. Iz bušotina se crpi nafta te vrši transport do rafinerije gdje se ista prerađuje. Svakako je poboljšanje tehnologije i u ovoj grani industrije doprinijelo poboljšanje kod preciznosti pronalaska nafte pa je potrebno vršiti manji broj eksploatacijskih bušenja.

Veliku opasnost za okoliš predstavlja kako bušenje tako i transport nafte zbog mogućnosti istjecanja i stvaranja velikih zagađenja.

Transport nafte vrši se na razne načine, bilo morskim ili cestovnim tj željezničkim putem. Najjeftiniji način transporta je svakako naftovod, a još se koriste i tankeri, cisterne na željeznicama i cestama.

Sirova nafta koja se preveze u rafineriju sadrži razne kiseline i soli, vodu, sumporne spojeve i mnoge druge nečistoće koje se uklanjaju zbog nastanka korozije i drugih negativnih efekata na postrojenja. Jedan od lakših načina izdvajanja sastojaka je uklanjanje vode. S dna spremnika nafte ispušta se voda obzirom da se nafta nataloži na površini zbog svoje težine.

U mjestu Ploiesti u Rumunjskoj, 1856. godine otvorena je prva velika rafinerija. U to se vrijeme rafinerija se koristila isključivo za dobivanje petroleja i kolomasti. [4]

## **2.2. Povijesni razvoj luke od 1717. godine do danas**

Godina 1717. bila je vrlo važna za razvoj luka u Trstu i Rijeci jer tada započinje njihov razvoj u suvremene luke. Te je godine Karlo VI., austrijski monarh, proglasio slobodnu plovidbu Jadranskim morem, a dvije godine kasnije ovim je lukama dodijeljena Povelja o slobodnim lukama. [5]

Prvi radovi na izgradnji luke koji su obuhvaćali premještanje ušća Rječine u novo korito započeli su nakon 1850. godine. Deset godine kasnije započela je izgradnja velikog lučkog bazena kao posljedica stvaranja takozvane dvojne monarhije. Rijeka je tako postala glavna točka izlaza mađarskog gospodarstva kako na more, tako i u svijet. Nakon što je Rijeka dospjela pod mađarsku upravu započelo je zlatno doba za riječku luku i njezin ubrzani razvoj koji je trajao sve do početka Prvog svjetskog rata. Tada je riječka luka, s preko 2 milijuna tona prevezenog prometa, svrstavana među prvih deset najvećih luka u Europi.

Izbijanje rata ostavilo je velike posljedice na promet u luci Rijeka. Zatvaranjem Otrantskog prolaza, prekidom trgovine i pomorskog prometa s prekomorskim zemljama, 1918. godine preko luke je prekrvano tek 500 000 tona robe.

1924. godine sklopljen je Rapalski ugovor između Kraljevine Italije i Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca u čijem sastavu se tada nalazila i riječka luka. Ugovorom je Italiji odobreno pripojenje Rijeke. Kraljevini SHS ostao je dio Sušaka, što znači da je riječka luka podijeljena na dva dijela i dvije Kraljevine čime je onemogućena u pokušaju da povrati izgubljena tržišta i terete. Slika 2 prikazuje podjelu luke na riječki i sušački dio.

Dio luke koji je pripao Kraljevini SHS postao je, očekivano, jedan od najperspektivnijih dijelova primorja. Promet i količina prevezenog tereta koji je ostvarivala ova luka bio je gotovo jednak onom koji je ostvarivala luka pod talijanskom upravom iako je imala znatno manji kapacitet od riječkog lučkog bazena.

Riječka je luka administrativno ujedinjena s onom na Sušaku 1. ožujka 1947. godine kada je za cjelokupni riječki lučki sistem formirana Lučka kapetanija Rijeka pod rukovodstvom Uprave pomorstva u Splitu. [6]



Slika 2: Prikaz podjele luke na riječki i sušački dio [4]



Tijekom Drugog svjetskog rata luka Rijeka pretrpjela je brojna ratna razaranja, a ogroman dio lučkih kapaciteta je posve uništen.

Ipak, par godina kasnije luka doživljava ponovni procvat i promet u riječkoj luci iznosio je gotovo 2,5 milijuna tona.

1978. i 1979. godina bile su značajne za brojne grane industrije na riječkom području. Koksara u Bakru puštena je u pogon, kontejnerskog terminala na Brajdici kao i naftni terminal u Omišlju, a godinu dana kasnije počinje s radom i jadranski naftovod.

Od 1960. i narednih 20 godine riječka luka razvijala se po konceptu „specijaliziranih terminala“ u Kvarnerskom zaljevu.

1965. izgrađena je rafinerije nafte u Urinju koja je i danas u funkciji.

Nakon Domovinskog rata i očekivano velikih stagnacija uzrokovanih razaranjima, 1996. godine odlukom Vlade Republike Hrvatske osnovana je Lučka uprava Rijeka. Ista je osnovana s ciljem upravljanja, izgradnje i korištenja luke Rijeka, otvorene za međunarodni javni promet. Prema značaju i veličini luka je proglašena od osobitog međunarodnog gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku. [7]

Razdoblje nakon 2010. godina donijelo je brojne promjene u riječku luku. 2012. započinje njezin razvoj kao cruising destinacije što je obuhvaćalo brojne aktivnosti privlačenja i organizacije prihvatnih pristaništa za brodove kružnih putovanja svih veličina.

Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku zajednicu riječka je luka uključena u dio osnovne prometne TEN-T mreže. Na Mediteranskom koridoru preuzima status temeljne luke, a planira se i povezivanje na Baltičko-jadranski koridor.

Pred sam kraj 2014. godine započeli su građevinski radovi na izgradnji novog Kontejnerskog terminala - Zagrebačko pristanište.

U ožujku 2016. godine Rijeka je proglašena Europskom prijestolnicom kulture za 2020. godinu, a sam naziv “Luka raznolikosti” govori o važnosti razvoja luke i suživota iste sa zajednicu.

Godinu dana kasnije započela je provedba ukupno šest razvojnih projekata Lučke uprave Rijeka. Vrijednost projekata iznosila je ukupno gotovo 116 milijuna eura. Projekti su bili usmjereni na izgradnju novih intermodalnih kapaciteta u riječkoj luci, modernizaciju željezničke infrastrukture, rekonstrukciju pristaništa za generalne terete i implementaciju informatičkog sustava lučke zajednice Port Community system. Planirani završetak svih projekata bio je početak 2021. godine.

10.04.2019. godine potpisan je Ugovor za izradu i isporuku PCS sustava u okviru projekta "Unaprijeđenje infrastrukture luke Rijeka - informatički sustav lučke zajednice". Iste godine potpisan je i Ugovor o izvođenju radova u okviru projekta "Unaprijeđenje infrastrukture luke Rijeka – Zagreb Deep Sea kontejnerski terminal" kojemu je osnovni cilj prilagoditi željezničku infrastrukturu glavnog kolodvora kako bi se osigurali potrebni kapaciteti za povećanu potražnju luke Rijeka i novog Zagreb Deep Sea kontejnerskog terminala. [8]

Izgradnjom kontejnerskog terminala u luci Rijeka završen je sveobuhvatni projekt obnove Riječkog prometnog pravca, pod nazivom Rijeka Gateway projekt. Izgradnja spomenutog terminala predstavlja najveći kapitalni projekt koji je realiziran u okviru Rijeka Gateway projekta.

Prošle godine potpisan je također jedan važan ugovor o unaprijeđenju infrastrukture luke Rijeka i odnosi se na terminal za rasute terete u Bakru. Projekt se odnosi na uklanjanje uskog grla na terminalu za rasute terete, nadogradnju terminala i rekonstrukciju željezničkih kolosijeka za poboljšanje povezanosti terminala sa osnovnom željezničkom mrežom. [8]

### 2.3. Janaf

Jadranski naftovod (JANAF), kao dioničko društvo u mješovitom vlasništvu s pretežito državnim kapitalom, hrvatska je tvrtka čije se središte nalazi u gradu Zagrebu. JANAF je tvrtka čija je osnovna djelatnost upravljanje sustavom za prijevoz sirove nafte.

1979. godine sustav je pušten u pogon te Jadranski naftovod postaje strateški značajan čimbenik sigurnosti opskrbe rafinerija u šest država jugoistočne i srednje Europe.

Danas JANAF ima položaj strateškog naftovoda u Europskoj uniji kroz projekt od zajedničkog interesa pod nazivom Naftovodi JANAF-Adria. [9]

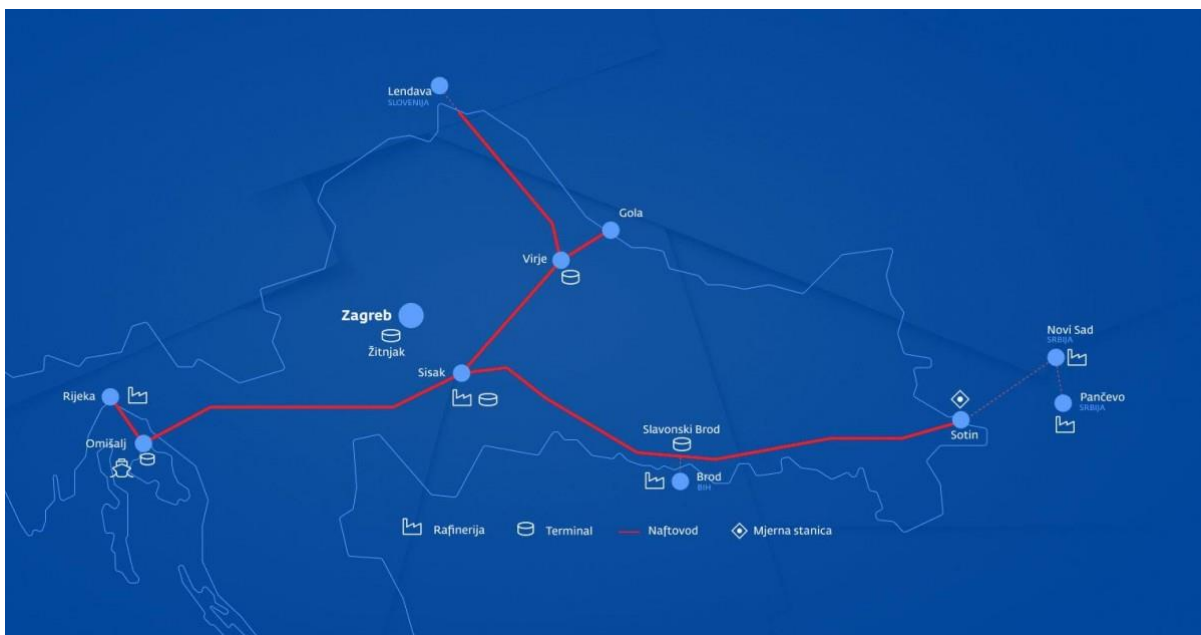
Sustav za prijevoz nafte u vlasništvu JANAF-a sastoji se od Terminala Omišalj u koji spada Luka Omišalj, skladišni prostor 760.000 m<sup>3</sup> te brojne crpne i mjerne stanice te 759 km kopnenog naftovoda.

Glavne dionice cjevovoda, prikazane na slici 3, dijele se na sljedeće rute:

- Sisak – Virje - Gola koja ide prema Mađarskoj i dužine je 109 km;
- Sisak - Slavonski Brod te dalje nastavlja na dionicu Slavonski Brod-Sotin dužine 240 km;
- Virje - Lendava koja ide prema Sloveniji;
- Omišalj - Sisak u dužini od 180 km;
- Omišalj - Urinj (podmorski naftovod) – ova dionica naftovoda spaja luku Omišalj s rafinerijom INA-e u Urinju, dužina joj je 7 km.

U Sisku, Slavonskom Brodu te Virju nalaze se također i prihvatno - otpremni terminali, spremnici nafte te prateće stanice za mjerenje i crpke.

Od ostalih djelatnosti tvrtke važno je spomenuti i skladištenje nafte i naftnih derivata te prekrcaj nafte. U Hrvatskoj se nalazi 610 km cijevi u sklopu sustava za prijevoz sirove nafte. [10]



Slika 3: Prikaz dionica Jadranskog naftovoda [11]

## 2.4. Riječka Rafinerija

Tijekom čitave svoje bogate povijesti Rijeka je bila dobro povezana kako s kontinentalnim tako i s preookeanskim zemljama, a sve to upravo zbog svog izuzetno povoljnog geografskog položaja. Izgradnju rafinerije u Rijeci potaknulo je 1882. Društvo rafinerije kamenih ulja iz Pešte što je bila izravna posljedica porasta potrebe mađarskog dijela Austro - Ugarske Monarhije za naftnim derivatima početkom 80-ih godina 19. stoljeća. Naputak o izgradnji sastavio je Riječki magistrat, a već početkom sljedeće godine izdana je dozvola za gradnju. Zbog svih štetnih aktivnosti rafinerije, ali i buke prilikom proizvodnje, bilo je osigurano određeno mjesto na odgovarajućoj udaljenosti od centra grada i većine stambenih objekata.

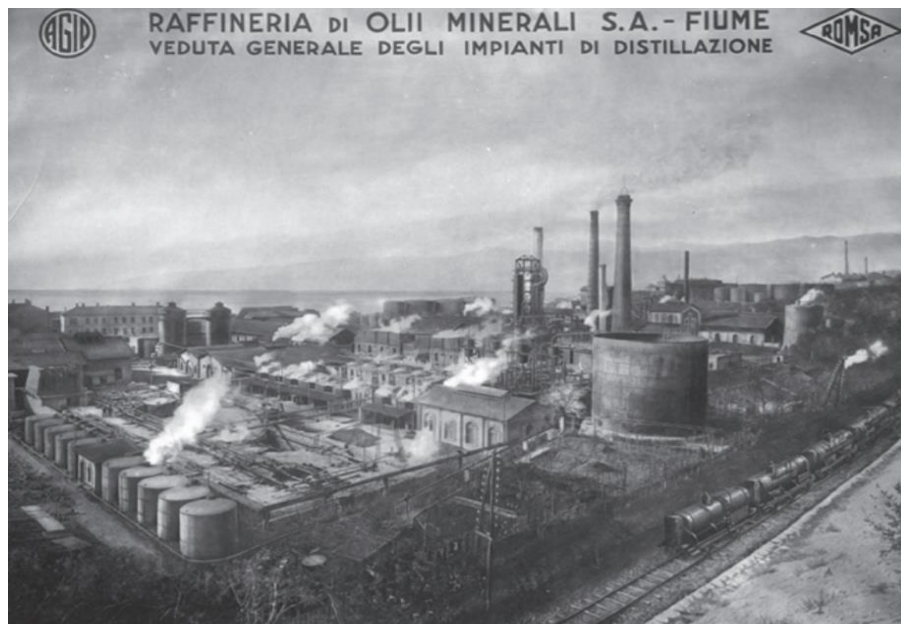
Rafinerija Rijeka treća je po starosti djelatna rafinerija na europskom kontinentu.

Riječka rafinerija izgrađena je prema projektu arhitekta Mate Glavana, a ista započinje s radom 1883. godine. Istovremeno su izrađeni planovi i započinje se s izgradnjom petrolejske luke, a dvije godine nakon početka rada rafinerije, započela je proizvodnja parafina.

Na samom kraju 19. stoljeća kapacitet postrojenja u rafineriji iznosio je 57 000 tona proizvoda godišnje što je zadovoljavalo 57% potrebnih derivata tadašnje Monarhije. Najvažniji proizvodi bili su petrolej, parafin, razna otapala, smola, koks i benzin. Nafta potrebna za obradu tada se uvozila u bačvama iz SAD-a, a nakon 1890. godine iz Rusije i Galicije.

Imajući na umu veliku potražnju i izvoznu ekspanziju, pred Prvi svjetski rat kapacitet prerade u rafineriji neposredno se počeo povećavati i došao čak na 80 tisuća tona. No, ratni događaji sljedećih par godina sve će poremetiti. Od 1916. do 1918. godine proizvodnja se smanjila za gotovo dvije trećine nekadašnje količine proizvoda, a broj zaposlenih radnika tada je iznosio svega 300. Odsječena od naftnih izvora i tržišta, Rafinerija u studenom 1918. godine prvi put zaustavlja svoj rad. [12]

Nakon petogodišnje stanke rada Rafinerije, u siječnju 1924. godine Rijeka postala dijelom Italije, a već sredinom godine iznova se pokreće proizvodnja riječke rafinerije. U sljedećih par godina Rafinerija Rijeka, prikazana na slici 4, postaje jedan od najsuvremenijih kompleksa za proizvodnju benzina i naftnih derivata, a naročito ulja.



Slika 4: Rafinerija početkom 1930. god. [13]

Kapitulacijom Italije 1943. godine Rafinerija dolazi pod vlast Trećeg Reicha, a pogon je po drugi put u svojoj povijesti primoran na zaustavljanje svog rada. Pred sami kraj Drugog svjetskog rata, nakon brojnih zračnih napada, Rafinerija je pretvorena u ruševine. 83% postrojenja bilo je potpuno uništeno i neuporabljivo.

Jugoslavija, u čijim se sastavu našla Rijeka nakon rata, odlučila je obnoviti Rafineriju te je proizvodnja pokrenuta već krajem 1945. simboličnom količinom od svega 1 807 tona prerađene nafte.

Zahvaljujući stalnim tehnološkim pomacima, iz godine u godinu povećavao se kapacitet i proširivao popis proizvoda koji se proizvode.

Proizvodna ekspanzija pogona već početkom 1950-ih godina potiče ideju o potrebi njegova teritorijalnog širenja. Na lokaciji tadašnje rafinerije, koja se nalazila u samom središtu grada Rijeke, to dakako nije bilo moguće pa je bilo potrebno pronaći mjesto izvan grada. [14]

Za novu lokaciju odabran je poluotok Urinj, udaljen od Rijeke svega 10 kilometara. Prvi radovi na izgradnji novog rafinerijskog pogona započeli su u ožujku 1963. godine, a pogon je započeo s radom krajem 1965. godine.

S kapacitetom od 1,5 milijuna tona u Urinjskom dijelu Rafinerije te uz 600 tisuća tona kapaciteta starog pogona na Mlaci, u Rijeci je bilo moguće preraditi 2,1 milijuna tona nafte godišnje. Nekoliko godina kasnije dolazi do preraspodjele poslova na ovim dvjema lokacije Rafinerije. Novi se pogon specijalizira za proizvodnju goriva, dok su se u starom dijelu proizvodila maziva. Izgled sadašnje situacije na mjestu nekadašnje Rafinerije na Mlaci vidljiv je na slici 5.

Urinjska rafinerija dobiva mogućnost prerade 4 milijuna tona nafte godišnje, čime postaje najveći jugoslavenski pogon te vrste, a riječki preradbeni kapacitet raste na čak osam milijuna tona godišnje.

Kompleks Rafinerije danas je u vlasništvu naftne kompanije Ina d.d., odnosno mađarske kompanije Mol. [12]



Slika 5: Prikaz sadašnje situacije na mjestu nekadašnje Rafinerije na Mlaci [15]

## 2.5. LNG terminal

Plutajući terminal za ukapljeni prirodni plin nalazi se u općini Omišalj na otoku Krku, u Republici Hrvatskoj. Lučko operativno područje u Njivicama prikazano je na slici broj 6.

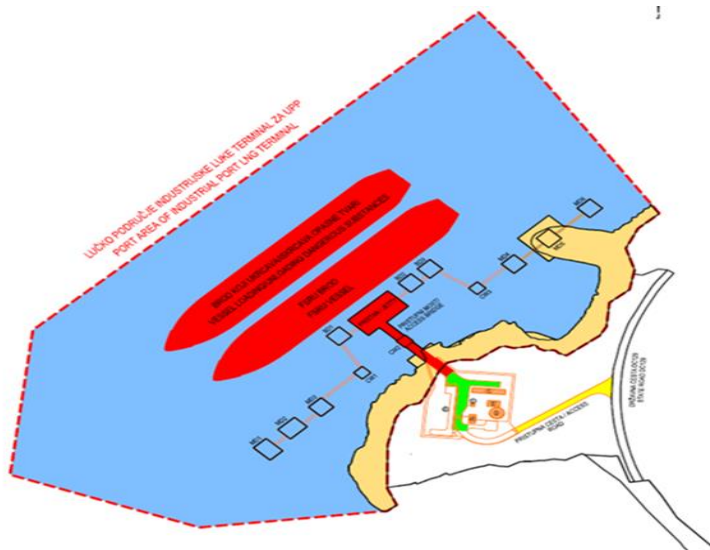
Smješten je u zoni bivše industrije plastike Dina, na lokaciji starog pomorskog pristana koji je, ne tako davno, korišten za dopremu etilena za proizvodnju polietilena. Tvornica plastike, nažalost je propala, a taj stari pristan uglavnom je razrušen.

Krk LNG terminal je plutajući terminal za ponovno uplinjavanje ukapljenog prirodnog plina (UPP). Započeo je s radom 1. siječnja 2021.godine, a tehnički kapacitet terminala je 2,6 milijarde metara kubnih godišnje. Dio projekta LNG terminala podrazumijeva i 16,7 km plinovoda i suradnju LNG Hrvatska s tvrtkom Plinacro. Projekt je od strateške važnosti ne samo za Hrvatsku već i za Europsku uniju. Razlog tome je taj što će terminal osigurati sigurnost opskrbe prirodnim plinom, smanjiti ovisnost o uobičajenim izvorima opskrbe uvoznim plinom i potaknuti konkurentnost na tržištu. [16]

Terminal ima geopolitičku i stratešku važnost za jačanja europskog energetskeg tržišta i povećanja sigurnosti opskrbe plinom zemalja Europske unije. To se osobito odnosi na zemlje srednje i jugoistočne Europe koje za sebe žele osigurati novi pouzdani dobavni pravac plina.

Projekt terminala za LNG na Krku uključuje plutajuću jedinicu za skladištenje i pretvaranje u zrak, mol, pomoćne objekte i zgrade na kopnu, stanicu za usisavanje i uređaje za dovod i odvodnju, zajedno s visokotlačnim plinovodom za povezivanje terminala s hrvatskom Nacionalnom plinovodnom mrežom. [17], [18]





Slika 6: Lučko operativno područje – Njivice [19]

## 2.6. Koksara Bakar

Koks je visokokalorično umjetno kruto gorivo koje se dobiva suhom destilacijom kamenog ugljena uz potpuni ili djelomični nedostatak zraka. Koks je tvrda i porozna tvar, proizvedena grijanjem ugljena do visoke temperature bez pristupa zraka, a koristi se u proizvodnji željeza i čelika u visokim pećima. Pri zagrijavanju usitnjenog kamenog ugljena na temperaturama višim od 200 °C dolazi do razgradnje ugljena, uz stvaranje raznih plinova.

Kod suhe destilacije, koja se odvija na puno višim temperaturama, čak do 1200 °C, ostaje metalurški koks, a kod suhe destilacije na nižim temperaturama, do 550 °C ostaje polukoks. [20]

Sirovi katran i ugljeni plin čine ostatke pri proizvodnji koksa.

Koksara u Bakru otvorena je davne 1976. godine i bila je u pogonu sve do 1995. godine. Postrojenje je služilo za proizvodnju koksa, a najprepoznatljiviji dio koksare bio je 250 metara visok dimnjak koji je služio za emisiju štetnih plinova. Usporedni prikaz dimnjaka koksare nekad i danas vidljiv je na slici 7. Isti je srušen u studenom 2005. godine.

Za vrijeme rada, koksara u Bakru bila je najveći onečišćivač zraka na području Bakarskog zaljeva, ali i zaleđa. Provedenim istražnim radovima utvrđeno je da je katran bio glavni uzročnik najvećeg onečišćenja okoliša na području kemijske sekcije bivše koksare u Bakru. Teški uvjeti rada, problemi oko nabave rezervnih dijelova, nedostatna tehnološka disciplina i poremećaji oko otpreme katrana, rezultirali su čestim nekontroliranim curenjima procesnih medija, koje je izazvalo znatno onečišćenje zemljišta oko procesne opreme. Mjesta na kojima je došlo do većeg onečišćenja zemljišta katranom, a to su uglavnom mjesta oko spremnika katrana, samo su prekrivana novim materijalom i nikada nisu bila sanirana. Rezultat tomu bilo je akumuliranje onečišćenja i cijedenje u dublje slojeve, obzirom da je katran puno teži od vode. [21]

Svjesni negativnih utjecaja na okoliš i opasnosti koje predstavlja daljnje odgađanje sanacije, donošena je odluka o hitnom zatvaranju koksare 1994. godine.

U rujnu 1994. godine prestaje proizvodnja koksa u Bakru, a tek 2007. godine raspisan je natječaj za sanaciju zemljišta onečišćenog koksnim katranom.

Do 2000. godine srušena je većina objekata. U 2010. godini završen je projekt ekološke sanacije tla te je preostala razgradnja podmorskog tunela i sanacija podmorja. [22]

Osim dimnjaka, u sklopu koksare Bakar važan je bio i 400 metara dug podmorski tunel, izgrađen sredinom 70-ih godina prošlog stoljeća. Građen je od ogromnih betonskih cijevi i spajao je lijevu stranu obale s desnom. Glavna namjena, sve do polovice 90-ih godina, bila mu je prebacivanje ugljena i spajanje luke s platoom koksare.



Slika 7: Prikaz dimnjaka koksare nekada i danas [23]

## 2.7. Termoelektrana Urinj

Termoelektrana Rijeka, prikazana na slici 8, smještena je na poluotoku Urinju, jugoistočno od grada Rijeke na morskoj obali. Odabirom ovog položaja omogućeno je korištenje morske vode za rashladu, a zbog blizine rafinerije znatno je olakšana opskrba energentima. Elektrana je u vlasništvu i njome upravlja Hrvatska elektroprivreda.

Visina kotlovnice, uključujući krovni dimnjak, iznosi 250 metara.

Gradnja termoelektrane započela je 1974. godine, a vrijeme probnog rada započelo je 1978. godine i trajalo godinu dana. Od 1979. godine TE u redovnoj i neprekidnoj proizvodnji bila sve do 2015. godine. Kada je zbog velikog zagađenja i cijene mazuta prestala s radom. [24]

Od 2015. godine termoelektrana se održava u 'hladnom' stanju s mogućnošću uključivanja u slučaju ekstremnih uvjeta, suše ili smanjenja snage nuklearne elektrane.

U Termoelektrani Rijeka, prikazanoj na slici 8, instaliran je kondenzacijski blok snage 320 MW, u vrijeme puštanja u pogon bila je među najvećim proizvodnim objektima HEP-a. Njezina je prednost, gledajući ostale standardne blokove termoelektrana, mogućnost brze regulacije opterećenja u rasponu od 25 do čak 100%. Sve navedeno čini ovu termoelektranu osobito prilagodljivom promjenama u elektroenergetskom sustavu. [25]

TE Rijeka povezana je s dva dalekovoda napona 220 kV prijenosne snage 612 MW po dalekovodu, spojenih na transformatorsku stanicu Melina 380/220/110 kV. [26]



Slika 8: Prikaz termoelektrane Urinj iz zraka [27]

### 3. LUČKA TEHNOLOGIJA PREKRCAJA KOKSA

#### 3.1. Tehničko-tehnološke značajke brodova koje se prihvaćaju u luci

Privezište za otpremu naftnog koksa prihvaćat će brodove za prijevoz rasutih tereta nosivosti do 40.000 t ("Handysize" brodovi) dužine do 195 m i gaza do 11,5 m.

Brod za rasuti teret je brod s jednim ili dvostrukim trupom namijenjen prvenstveno za prijevoz rasutih tereta. Obično se grade s jednim palubom, dvostrukim dnom i zavojnim bočnim spremnicima ispod palube i to u slučaju brodova s dvostrukim trupom. Teret koji se prevozi tim brodovima je u većini slučajeva rasuti teret koji se prevozi nepakiran, odnosno u rinfuzi.

Takav teret može biti više ili manje drobljen, u gromadama koje spadaju pod veći rasuti teret ili u gromadama pomiješanim sa zgnječeni dijelovi tereta. Poznati rasuti teret su ugljen, ugljena prašina, koks, ruda, žitarice, sol, šećer, pijesak, kamenčić, kamen u gromadama i slično. Rasuti tereti prevoze se u velikim količinama, a zbog isplativosti brodovi se i grade specijalizirani za određene vrste rasutih tereta (poput onih za prijevoz ruda, žitarica, šećera, ugljena i sl.). [28]

Utovar i istovar tereta koji zajedničkom riječju nazivamo pretovar, danas je u potpunosti mehaniziran što će biti slučaj i u novoj planiranoj luci. Proizvodnjom rasutih tereta i uporabom posebne prekrcajne mehanizacije vrijeme boravka broda u luci znatno je smanjeno. Brodovi za rasuti teret, prikazani su na slikama 9, 10 i 11, obično se dijele u sljedećih šest skupina:

1. Mali rasuti nosači - ispod 10000 DWT
2. Handizizacija - od 10000 - 35000 DWT
3. Handymax - od 35000 - 59000 DWT
4. Panamax - od 60000 - 80000 DWT
5. Kapiziz - od 80000 - 150000 DT
6. Vrlo veliki - iznad - 200000 DWT



Slika 9: Prikaz broda za prijevoz srednje velikih rasutih tereta [28]

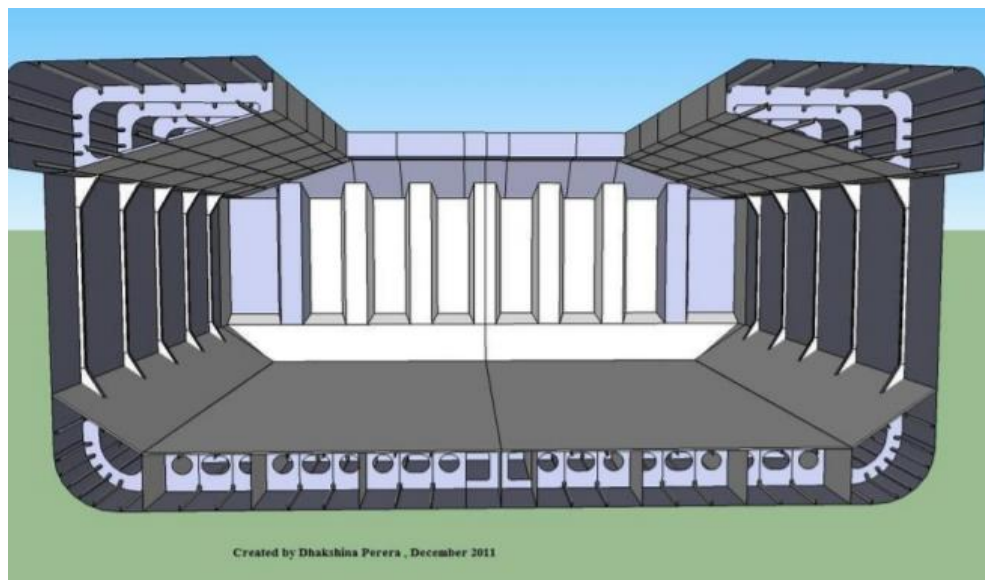


Slika 10: Prikaz broda za prijevoz velikih rasutih tereta [28]



Slika 11: Brod za rasuti teret kategorije „vrlo veliki“ [33]

Na slici 12. vidljiv je tipičan primjer presjeka skladišta broda za rasuti teret. Potpalubni tankove, koji su projektirani na način da smanje slobodnu površinu rasutih tereta koja ugrožava stabilnost broda kod nemirne plovidbe, uglavnom se pune morskog vodom kad brod treba biti u balastu. Razmak poprečnih elemenata bočnih tankovima odgovara razmaku poprečnih elemenata u skladištima. [34]



Slika 12: Presjek skladišta broda za prijevoz rasutih tereta [33]

Na novoplaniranom molu za rasuti teret u Urinju predviđen je prihvat brodovi nosivosti do 25.000 DWT (Death Weight Tons) iako je vrlo vjerojatno da će se prihvaćati i puno manji brodovi. Poprečni presjek karakterističnog broda vidljiv je na slici 15. Najmanji brod koji je predviđen za prihvat u luku je onaj nosivosti do 5.000 DWT. Omjer ukupne nosivosti i pomaka za skupine rasutih nosača uočen u većini slučajeva iznosi između 0,60 i 0,70. Suvremeni rasuti brodovi imaju niži omjer duljine i širine, dok oni starijih konstrukcija imaju nešto veći. Duljina promatrane skupine brodova ide između 9 i 10 metara, dok širina varira oko 25 metara. Ovaj omjer za promatranu skupinu je u prosjeku između 6 i 8.



### 3.1.1. Koeficijenti brodske forme

Koeficijente brodske forme možemo podijeliti u 5 skupina od kojih ćemo detaljno obraditi koeficijent vodne linije te istisnine:

1. Koeficijent vodne linije ( $\alpha$ )
2. Koeficijent punoće glavnog rebra ( $\delta$ )
3. Koeficijent istisnine ( $\delta$ )
4. Koeficijent uzdužne finoće broda ( $\varphi$ )
5. Koeficijent vertikalne finoće broda ( $\psi$ ).

- **Koeficijent vodne linije ( $\alpha$ )**

Koeficijent vodne linije  $\alpha$  je omjer površine vodnog lica ( $F_{VL}$ ) i površine oko nje opisanog pravokutnika čija je stranica duljina vodne linije i širina glavnog rebra kao što je i vidljivo na slici 13. Što je koeficijent  $\alpha$  manji oblik vodne linije je finiji i obratno što je veći, oblik linije je puniji. Kod teretnih brodova radi većeg skladišnog prostora, iznos koeficijenta  $\alpha$  je veći i njegova vrijednost varira od 0,82 - 0,88.

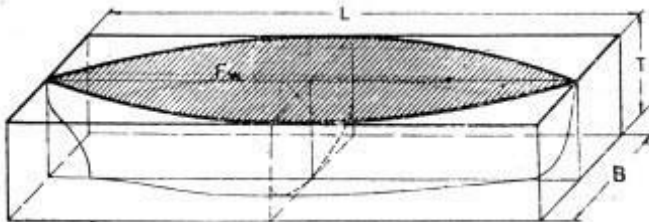
$$\alpha = \frac{F_{VL}}{L_{VL} * B_{VL}}$$

gdje je:

$F_{VL}$  – površina vodne linije ( $m^2$ ),

$L_{VL}$  – duljina vodne linije (m),

$B_{VL}$  – širina glavnog rebra (m).



Slika 13: Koeficijent punoće vodne linije ( $\alpha$ ) [28]

- **Koeficijent istisnine ( $\delta$ )**

Kako bi se usporedili brodovi različitih dimenzija računa se koeficijent punoće broda ( $\delta$ ), prikazan na slici 14, koji predstavlja omjer volumena istisnine broda ( $V$ ) s volumenom paralelopipeda s glavnim dimenzijama ( $L$ ,  $B$ ,  $T$ ). Što je vrijednost koeficijenta  $\delta$  veća, forma trupa je punija, a što je manji to je trup vitkiji. Prema dobivenim vrijednostima ovoga koeficijenta određuje se i brzina brodova te njihova nosivost. Za teretne brodove  $\delta$  iznosi između 0,8 i 0,84.

$$\delta = \frac{V}{L * B * T}$$

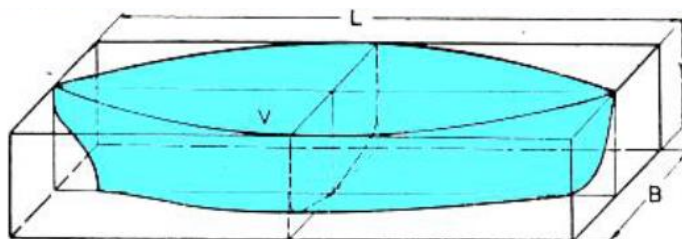
gdje je:

$V$  – volumen istisnine broda ( $m^3$ ),

$L$  – duljina vodne linije (m),

$B$  – širina glavnog rebra (m),

$T$  – gaz na glavnom rebru (m).



Slika 14: Koeficijent istisnine ( $\delta$ ) [28]

Najveći brodovi koji se mogu prihvatiti na planiranom molu imaju uglavnom četiri skladišna prostora s četiri grotla. Na brodovima s vlastitim uređajem za utovar su dizalice nosivosti od 25 do 35t ili prevladavaju transporteri. Strojarnica, nadogradnja sa smještajem posade i zapovjedništvom nalaze se na krmi broda.

Brodovi za rasuti teret plove brzinom od 12-16 čvorova i opremljeni su motorima snage 2000 – 6000 kW. Brodovi su uglavnom opremljen jednim četverotaktnim dizelskim motorom snage između 4500 i 6000 kW. Noviji brodovi opremljeni su rotirajućim propelerima. Ostale karakteristike brodova za prijevoz rasutih tereta vidljive su na slici 17.

Uz specifičan položaj propelera i određene sile, postiže se smjer pogona stalnom brzinom. Mali problem brodova opremljenih rotirajućim propelerima je taj da u neutralnom položaju ima poteškoće u održavanju postavljenog kursa. Stoga je povremeno potrebno postaviti vijak u režimu vožnje prema naprijed kako bi se ispravilo odstupanje od zadanog smjera.

Tijekom manevara približavanja, posebnu pozornost treba obratiti na situaciju u vožnji krmom, jer se tada može dogoditi značajan ispad tereta. Stariji brodovi uglavnom su opremljeni brodskim vijcima s fiksiranim krilima. Smjer pogona kod takvih vijaka postiže se okretanjem vijaka prema željenoj pogonskoj sili.

Prijelaz iz načina rada prema naprijed u način krme ovisi o rješenju osovinske crte i sustavu okretanja. Kormilo je postavljeno iza propelera, a kod ove vrste brodova – polu bilansa ugrađena su kormila za uravnoteženje. Da bi se postigao bolji okretni moment,

lopaticice kormila na nekim brodovima su dodatno opremljeni poklopcima, što značajno smanjuje krug okretanja broda.

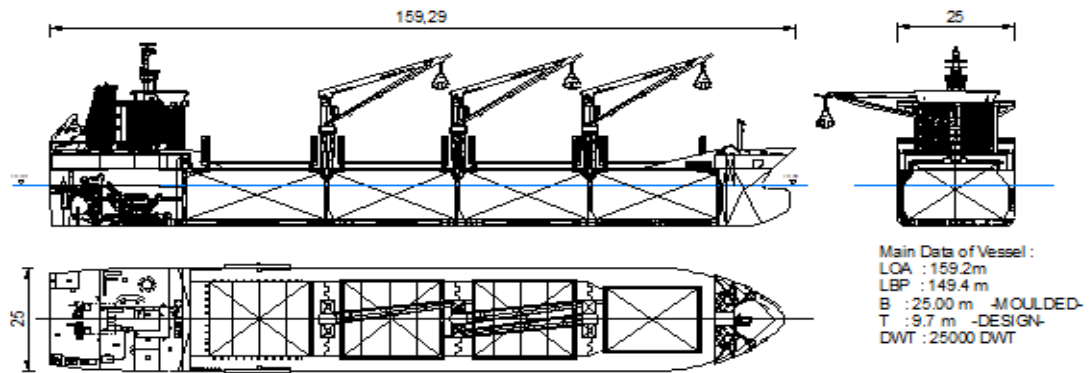
Veći brodovi uglavnom nisu opremljeni pramčanim potisnikom postavljenim okomito na uzdužnu os broda pa se tegljači koriste za manevriranje. U određenim slučajevima, u ovoj skupini brodova, manevar okretanja, skretanja i odlaska može se olakšati upotrebom sidra. Brodovi su opremljeni sidrenim vitlima koja se mogu koristiti prilikom manevriranja kada je manevar izveden uz pomoć sidra.

Brodovi spomenutih veličine opremljeni su s dva sidra. Duljina sidrenog lanca obično je deset do dvanaest sidrenih žica. Brodovi ovih skupina su gotovo bez iznimke opremljeni vlastitim teretnim uređajima (dizalicama) za generalni teret prekrcaja, a oni koji su opremljeni grabežima rasutih tereta mogu obavljati operacije pretovara tereta u luke bez obalnih teretnih uređaja. [28]

U svrhu dimenzioniranja mola u luci za pretovar koksa uzet je najveći teretni brod nosivosti "25000 dwt". Njegove karakteristične dimenzije su: duljina 159,2 m te širina 25,0 m. Prikaz broda nosivosti 25000 na molu s veznim linijama prikazan je na slici 16.

#### **Osnovne karakteristike:**

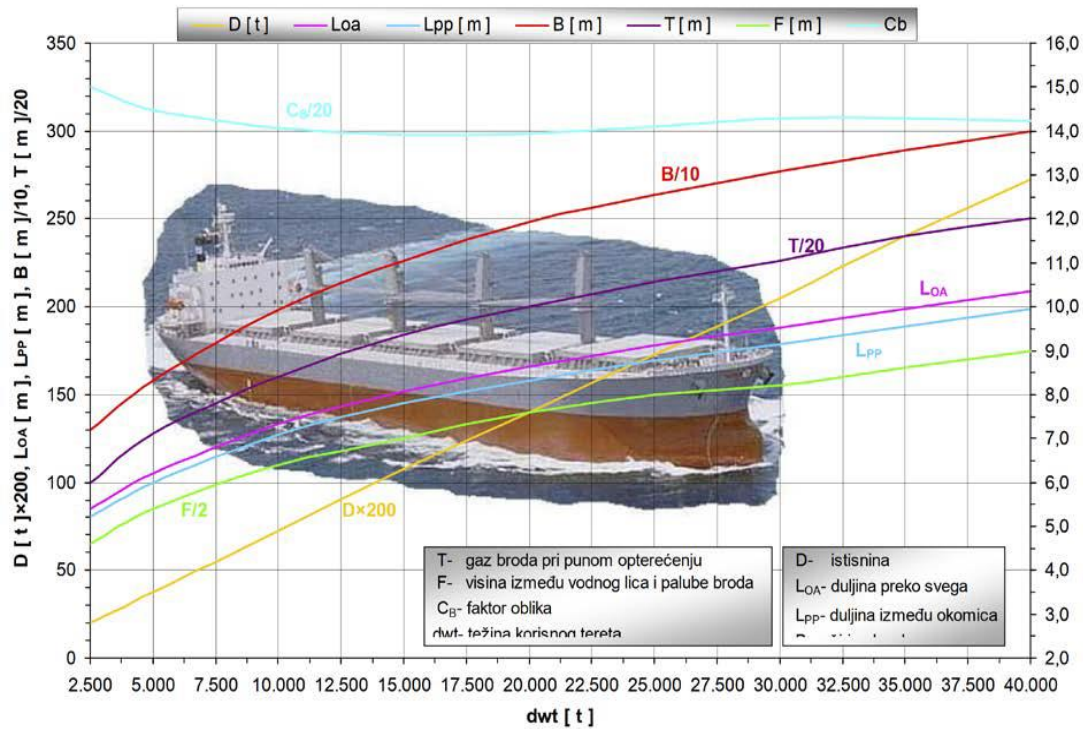
Maksimalna dužina preko svega:	160,0m
Duljina vodnog lica:	159,2m
Duljina između propelera - okomica:	149,4m
Širina broda:	25,0m
Dubina do gornje palube:	13,25m
Nosivost broda:	25 000t



Slika 15: Poprečni presjek karakterističnog broda [28]



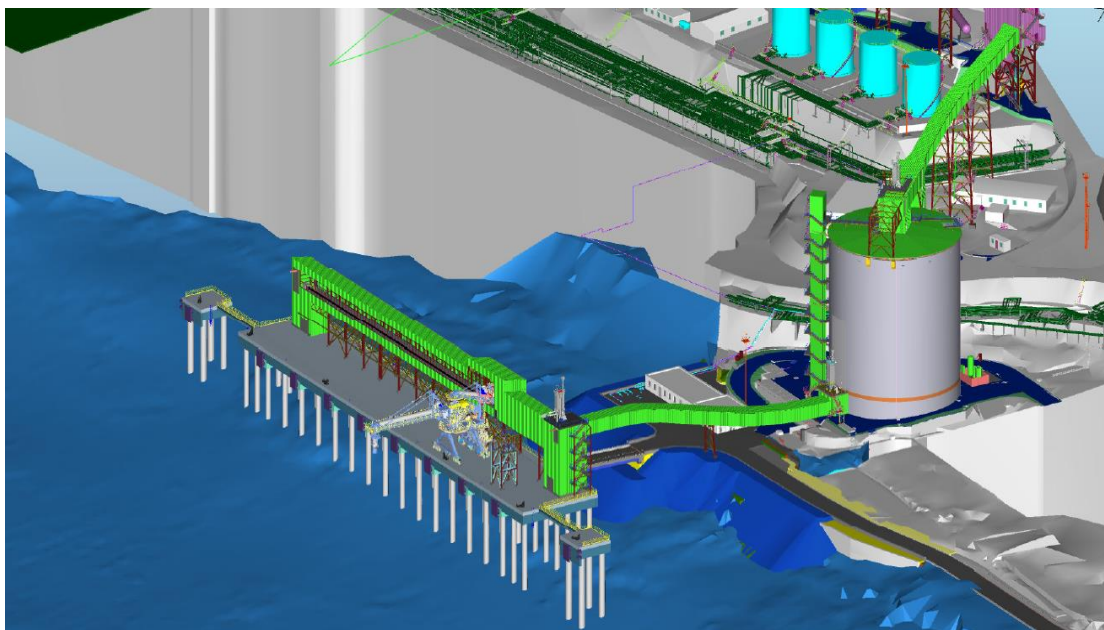
Slika 16: Prikaz broda 25000 dwt na molu s veznim linijama [28]



Slika 17: Karakteristike brodova za prijevoz rasutih tereta [28]

### 3.2. Prekrcajna tehnologija

U novoj luci planiran je pretovar naftnog koksa proizvedenog u novom koksnom postrojenju. Pretovar će se vršiti iz silosa smještenih na morskom obalnom području u brodove koji će širokim bočnim vezom biti povezani s morskom obalnom linijom. Pretovar će se vršiti pomoću pomoćnog transportera i brodskog utovarivača. Ovakav sustav pretovara, prikazan na slici 18, predviđen je kao zatvoreni sustav svojih štetnih sastojaka i mogućnosti zagađenja okoliša.



Slika 18: 3D prikaz luke Urinj s pogledom na zatvoreni sustav transporta koksa [28]

Transport koksa od silosa do luke odvijat će se transportnim trakama koje će biti pokrivene. Na morskome platu, paralelno s obalnom linijom, transportira se koks koji brodski graničari zatim ukrcavaju u brod. Brodski utovarivači se kreću duž obale tračnicama koje su pričvršćene za morski plato. Brodovi koji će se prihvatiti imaju 4 kontejnera, a brodski utovarivači imaju mogućnost dohvaćanja svih kontejnera.

Duljina obale morskog platoa je 146 m zbog sigurnosti opreme za prekrcaj i položaja transportnih traka kroz koje se iz silosa doprema koks.

Kao elementi za privez koristit će se kuke za brzo otpuštanje - 4 dvostruke kuke, a za prihvat brodova predviđena su 2 privezna mjesta. U svrhu pomicanja brodskog utovarivača duž obalne crte, brodske tračnice postavile bi se na obalu morskog platoa.

Dubina mora duž obale mola iznosi između 15,0 m i 16,0 m, mjereno od geodetske nule. Konstrukcija mola bila bi opremljena bokobranima, stupovima, kukama za brzo otpuštanje i morskim ljestvama. [28]

Sustav transporta predviđen je sa svrhom transporta naftnog koksa proizvedenog u novom koksnom postrojenju (Delayed Coker Unit) prema silosu te od silosa prema stroju za ukrcaj na brod. Ovaj sustav je predviđen kao zatvoreni sustav, pri čemu je duž trase većinom predviđen i duplo zatvoren sustav. [28]

### **Prijemni bunker**

Proizvedeni naftni koks u koksnim postrojenjima iz silosa će se mostnom dizalicom preko prijemnog bunkera dopremiti u drobilicu koksa. Prijemni bunker bit će otvorenog tipa sa zaštitnom rešetkom na vrhu koja mora biti dovoljno otporna kako bi izdržala padanje i razbijanje velikih komada koksa. Predviđeni otvor rešetke je 300x300 mm.

Bunker će biti izveden od čeličnih limova sa zavarenim ili vijčano spojenim ojačanjima i ukrutama, a materijal čeličnih limova će biti ugljični čelik.

Za sprječavanje rasipanja koksa izvan bunkera prilikom istovara, bunker će na vrhu imati pomični zid. Unutrašnja dimenzija prijemnog bunkera bit će otprilike 6.000 x 6.000 mm. Stranice bunkera bit će izvedene pod nagibom od 60° zbog klizanja koksa prilikom pražnjenja bunkera i izbjegavanja nastanka naljepaka na zidovima bunkera. Visina bunkera predviđena je nešto više od 3,5 m, a obujam približno 30 m<sup>3</sup>.

Radi smanjenja emisije štetne prašine, na ulaznom dijelu bunkera bit će postavljen sustav za prskanje. [28]

### **Drobilica koksa i izlazni bunker**

Izlazni bunker, čije će stranice biti izvedene s nagibom od 60° iz istog razloga kao i prijemni bunker, će biti dimenzioniran na način da omogući prihvataj koksa iz drobilice smještene iznad njega i dopremi koks do trakastog dozatora koji će biti smještenog ispod samog bunkera. Iako će se oslanjati na konstrukciju trakastog dozatora, izlazni bunker neće biti spojen direktno na drobilicu.



Drobilica će imati kapacitet nominalno 100 t/h, iznimno do 450 tona/h. Veličina zrna koksa nakon drobljenja iznosit će manje od 100 mm.

Drobilica će imati mogućnost podešavanja na nižu vrijednost veličine zrna do 50 mm. Tip drobilice je predviđen kao „single-roll“ s jednim stupnjem. [28]

### **Trakasti dozator**

Trakasti dozator, postavljen neposredno ispod izlaznog bunkera, prihvaćat će drobljeni koks iz drobilice, odnosno izlaznog bunkera. Predviđeno je da bude opremljen pogonskim elektromotorom, prednjim i zadnjim bubnjem, nosivom konstrukcijom izvedenom od čeličnih profila spojenih vijcima, slogovima valjaka, gumenom trakom i ostalim dijelovima potrebnim za pravilan i siguran rad. Trakasti dozator će, isto kao i prijemni bunker, na mjestu gdje se spaja s izlaznim bunkerom biti opremljen sustavom za prskanje koji omogućuje smanjenja emisija štetne prašine.

Iako se u normalnom radu se ne očekuje pojava metalnih dijelova u koksu, radi sigurnosti, zbog odvajanja potencijalno neželjenih metalnih dijelova u materijalu koji se transportira, trakasti dozator bit će opremljen s trakastim magnetnim odvajačem instaliranim poprijeko na trakasti dozator. Magnetni odvajač imat će mogućnost samočišćenja, na način da se metalni dio koji se odvoji iz koksa priljubi na traku u pokretu. Kad traka dođe u položaj gdje magnet ne djeluje metalni dio će se odspojiti i pasti u posudu koja će se po potrebi prazniti. Trakasti dozator će služiti za dobavu koksa do trakastog transportera. [30]

Glavne karakteristike predviđenog trakastog dozatora:

- Dužina 11 m i širina trake 1.800 mm,
- Nagib 0°,
- Brzina trake 0,6 m/s,
- Visina dizanja 0 m,
- Kapacitet nominalno 100 t/h, iznimno do 450 t/h. [28]

### **Zgrada drobilice**

Drobnica koksa, prijemni i izlazni bunkera te trakasti dozator predviđeni su unutar zgrade drobnice izvedene od armiranobetonske i čelične konstrukcije s krovom i zatvorenim fasadom od trapeznog lima zbog sprečavanja emisije prašine u okoliš. Unutar samo zgrade predviđene su dvije platforme za pristup i održavanje opreme. Jedna platforma nalazi se na razini drobnice i druga na razini trakastog dozatora, otprilike jedan metar više. Unutar same zgrade, točnije na izlazu iz drobnice koksa i mjestu presipanja koksa s trakastog dozatora na trakasti transporter bit će također postavljen sustavom za prskanje koji omogućuje smanjenje emisija štetne prašine. Osim ovog sustava, zbog velikih količina prašine koja će se pojavljivati, bit će potrebno instalirati i vakuumski sustav za odsisavanje nakupljene prašine iz čitave zgrade. [28]

### **Trakasti transporter**

Zadaća trakastog transportera bit će prihvat koksa s trakastog dozatora i transport do cijevnog transportera. Trakasti transporter pokretat će elektromotor, a bit će također opremljen nosivom konstrukcijom izvedenom od čeličnih profila spojenih vijcima, prednjim i zadnjim bubnjem, slogovima valjaka, gumenom trakom i ostalim dijelovima potrebnim za pravilan i siguran rad.

Radi bolje pristupačnosti, s obje strane trakastog transportera bit će postavljene platforme.

Najvažnije značajke ovog trakastog transportera su:

- Kapacitet nominalno 100 t/h, iznimno do 450 t/h,
- Dužina 300 m,
- Širina trake 1.200 mm,
- Brzina trake 2,4 m/s,
- Visina dizanja 4 m te
- Nagib 6°.

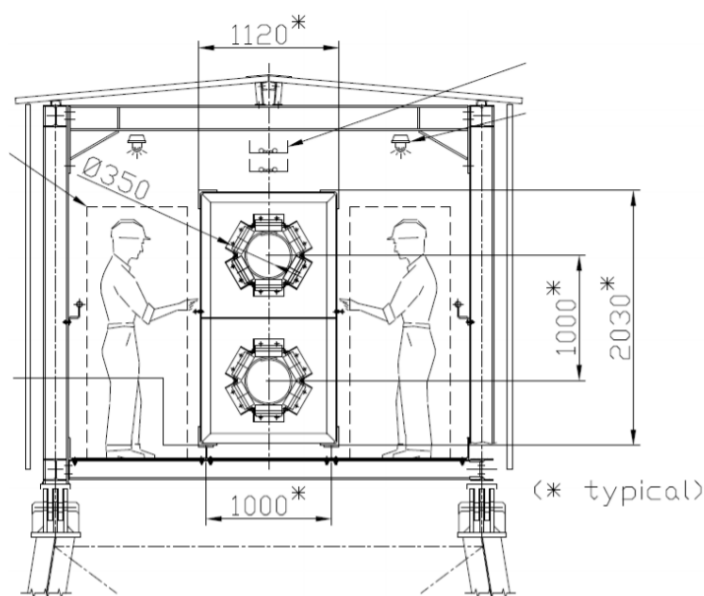
Kao i kod trakastog dozatora, radi sigurnosti, i trakasti transporter bit će opremljen detektorom metala koji će upozoravati na prisutnost neželjenih metala na transporter te će se isti pomoću magneta i uklanjati. Osim metala, odlazak štetne prašine u okoliš onemogućen je položajem transportera. Naime, transporter će biti smješten unutar zatvorene galerije od čeličnog lima. A na svim mjestima gdje postoji mogućnost pojave prašine, postavljat će se sustav za otprašivanje. Jedno od takvih mjesta je lokacija punjenja koksa u cijevni transporter. [28]

### **Cijevni transporter 1**

Cijevni transporter čini specijalnu vrstu trakastog transportera. Način rada je takav da se tijekom rada traka umotava u cijevni oblik s preklapa pomoću sloga od šest valjaka koji tvore šesterokut. Cijevni trakasti transporter se zatvara i na taj način se okoliš odvaja od materijala koji se transportira, a može biti štetan.

Cijevni transporter predstavlja dvostruko zatvoreni sustav transporta naftnog koksa od mjesta proizvodnje koksa pa sve do tornja gdje se presipa u cijevni trakasti transporter. Njegova dužina je nešto više od 400 metara i u potpunosti je onemogućena emisija prašine izvan sustava. [30]

Nosiva konstrukcija cijevnog trakastog transportera bit će sačinjena od pravokutnih panela spojenih ukriženim ukrutama i obručima tako da čine krutu strukturu. Nosiva konstrukcija prednjeg i zadnjeg dijela transportera te natezne stanice će se izvesti od čeličnih profila. Princip će biti takav da će se samonosivi okviri projektirati na način da se na njih mogu osloniti i smjestiti transporter i hodne staze za pristup operatera s obje strane transportera kako je i prikazano na slici 19. Cijeli sustav će biti potpuno zatvoren oblogama od čeličnog lima kako bi se osigurala maksimalna zaštita od emisija materijala i štetnih tvari u okoliš. [30]



Slika 19: Poprečni presjek cijevnog transportera s oblogama [35]

## Cijevni transporter 2

Zadaća ovaj cijevnog transportera bit će prihvaćanje koksa iz cijevnog trakastog transportera 1 i transport do silosa. Isto kao i prethodni cijevni transporter, podrazumijeva dvostruko zatvoreni sustav koji onemogućava emisiju prašine i štetnih tvari u okoliš. Usporedba karakteristika cijevnog transportera 1 i 2 prikazana je u tablici 1.

Tablica 1: Usporedba karakteristika dvaju cijevnih transportera

KARAKTERISTIKA	CIJEVNI TRANSPORTER	CIJEVNI TRANSPORTER
	1	2
<b>Dužina</b>	420 m	160 m
<b>Nagib</b>	14°	14°
<b>Kapacitet</b>	nominalno 100 t/h, iznimno do 450 t/h	nominalno 100 t/h, iznimno do 450 t/h
<b>Promjer savijene trake</b>	Ø350 mm	Ø350 mm
<b>Širina otvorene trake</b>	13m	13m
<b>Visina dizanja</b>	30 m	10 m
<b>Brzina trake</b>	3,0 m/s	3,0 m/s
<b>Faktor zapunjenosti poprečnog presjeka</b>	< 70%	< 70%

Nosiva konstrukcija cijevnog trakastog transportera 2 izvest će se na isti način kao i konstrukcija cijevnog transportera 1. Nosiva konstrukcija cijelom će se svojom dužinom oslanjati na stupove.

Isto tako, cijeli sustav bit će potpuno zatvoren oblogama od čeličnog lima kako bi se osigurala maksimalna zaštita od emisija materijala u okoliš. Kod silosa, na samom kraju cijevnog transportera, predviđen je električni pogon.

## **Trakasti transporter nakon silosa**

Ovaj prijelazni trakasti transporter imat će ulogu dopreme koksa od trakastog transportera do brodotovarivača. Zbog male dužine između silosa i brodotovarivača, izvedba transporta cijevnim transporterom nije moguća. Ovaj trakasti transporter bit će također opremljen elektromotorom, prednjim i zadnjim bubnjem, nosivom konstrukcijom izvedenom od čeličnih profila spojenih vijcima, slogovima valjaka, gumenom trakom i ostalim dijelovima potrebnim za pravilan i siguran rad.

Osnovne karakteristike ovog trakastog transportera:

- Kapacitet 550 t/h,
- Dužina 120 m,
- Širina trake 1m,
- Nagib 15°,
- Visina dizanja 60 m + 10 m,
- Brzina trake 3,0 m/s.

Prijelazni trakasti transporter će prihvaćati koks iz vibracijskih bunkera smještenih ispod silosa unutar armirano betonskog tunela. Nakon izlaza iz tog tunela transporter će se oslanjati na nosivu čeličnu konstrukciju koja prelazi iznad mora i završava na pristanišnom gatu kod presipnog mjesta iznad trakastog transportera na pristanišnom gatu. [30]

S obje strane transportera predviđene su prohodne staze za pristup operatera. Od tunela smještenog ispod silosa pa sve do presipnog mjesta na pristanišnom gatu, transporter će biti potpuno zatvoren oblogama, slično kao i cijevni trakasti transporter radi osiguranja maksimalne zaštite od emisija materijala koji se transportira u okoliš. [30]

## **Brodoutovarivač**

Jedan od načina utovara i iskrcaja rasutih tereta je pokretni mosni brodoutovarivač, a to je uređaj koji se nalazi na postolju koje je kreće po tračnicama. Teret s kopna prenosi se pomoću trakastih transporterera do brodoutovarivača, čiji je dio pomični dohvatnik s pokretnom trakom i usmjerivačem za pravilno raspoređivanje u grotlu.

Pneumatski i hidraulički transport primjenjuje se pri prekrcaju suhих rasutih tereta razmjerno niske granulacije i gustoće. Razlikujemo po načinu usisni i tlačni pneumatski transport, a u određenim uvjetima se i koriste i kombinirane metode. [36]

Glavni dijelovi brodoutovarivača su:

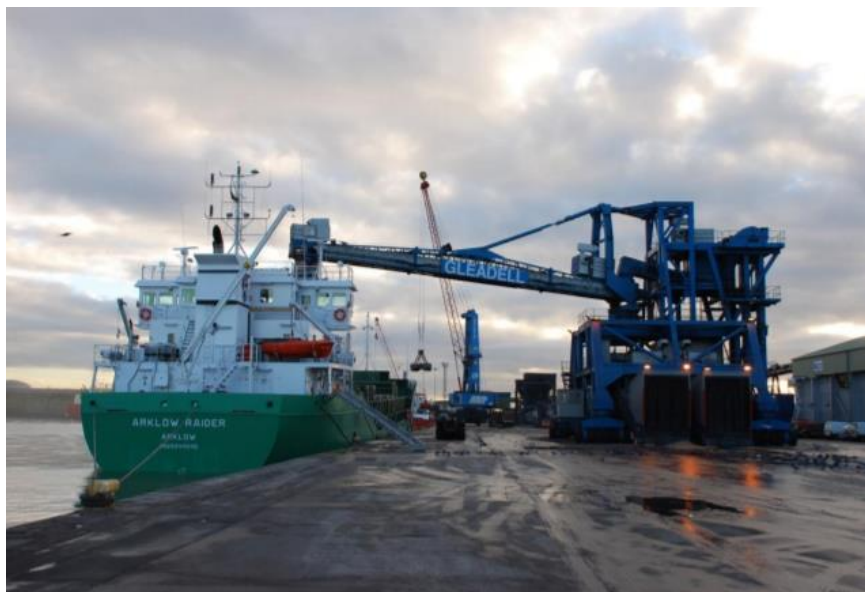
- brodoutovarivač,
- dobavna kolica,
- prijelazni trakasti transporter te
- tračnice.

Zadaća brodoutovarivača bit će prihvaćanje koksa koji će se dopremati trakastim transporterom na pristanišnom gatu i preko dobavnih kolica ukrcavanje istog tog koksa u brodove usidrene uz pristanišni gat. Tehnologija za utovar naftnog koksa prikazana je na slici 21.

Brodoutovarivač će se kretati po tračnicama smještenih duž pristanišnog gata kako je i prikazano na slici 20. Ukrcajna ruka brodoutovarivača imat će mogućnost zakretanja gore-dolje te rotiranja u horizontalnoj ravnini što će omogućiti ukrcaj brodova nosivosti od 5.000 - 25.000 DWT. Isto kao i većina transporterera, i brodoutovarivač će također biti opremljen sustavom za otprašivanje. [30]

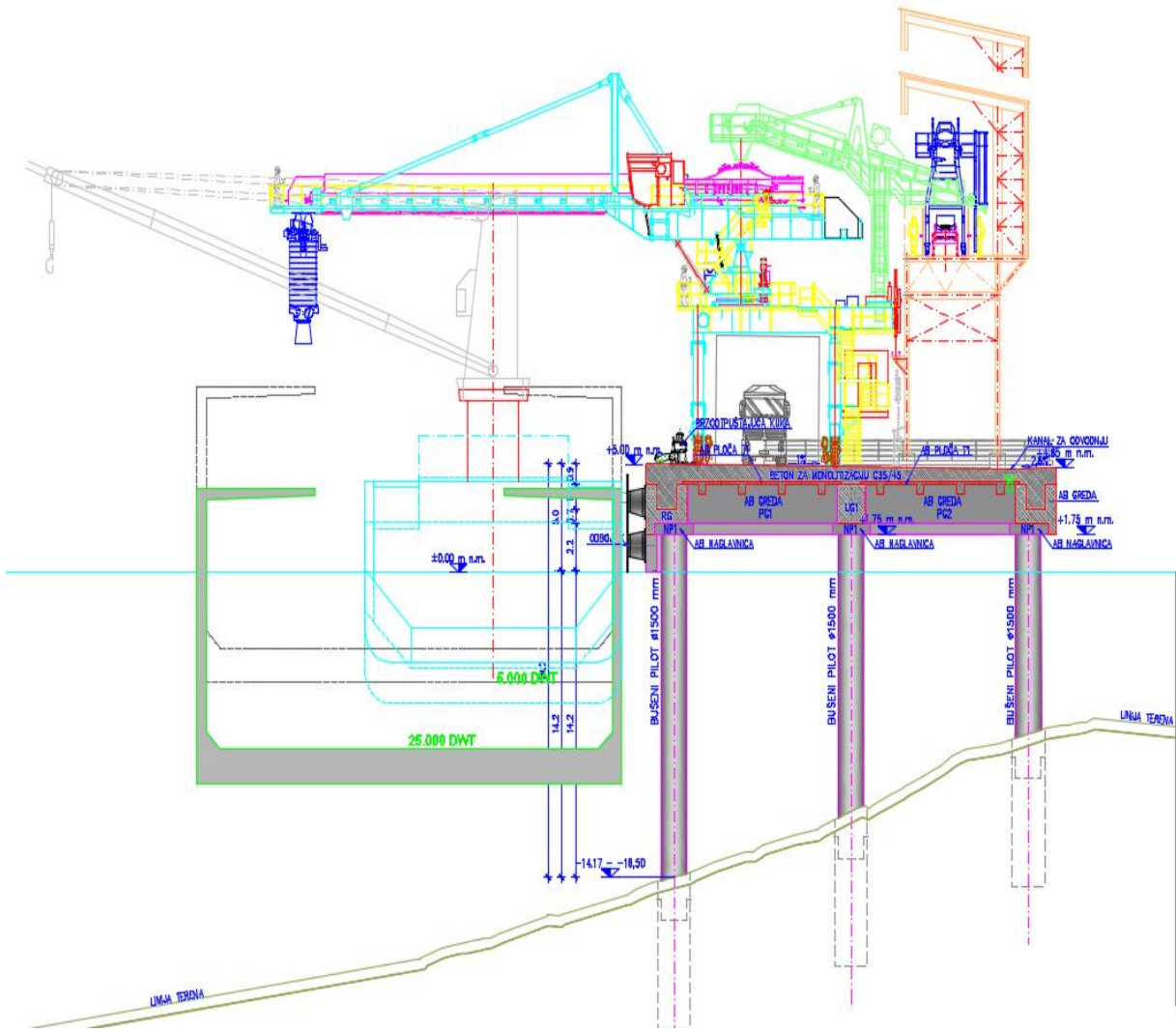
### Osnovne karakteristike brodoutovarivača:

- Nazivni kapacitet 550 t/h,
- Nosivost brodova do 25.000 DWT,
- Širina trake 1 m,
- Brzina trake 3,0 m/s,
- Hod po tračnicama cca 90 m,
- Razmak tračnica cca 8 m,
- Smjer kretanja po tračnicama: dvosmjerni,
- Brzina kretanja po tračnicama 5-20 m/min
- Kut nosećeg sloga valjaka 35°,
- Vrsta brodoutovarivača: rotiranje u horizontalnoj ravnini, zakretanje gore-dolje,
- Sustav zakretanja: hidraulički,
- Kut rotacije 150°,
- Ukupni kut rotacije 175°.



Slika 20: Pokretni mosni brodoutovarivač [36]





Slika 21: Presjek morske visoravni s tehnologijom za utovar naftnog koksa [28]

#### 4. OPIS LUKE ZA PREKRCAJ NAFTNOG KOKSA

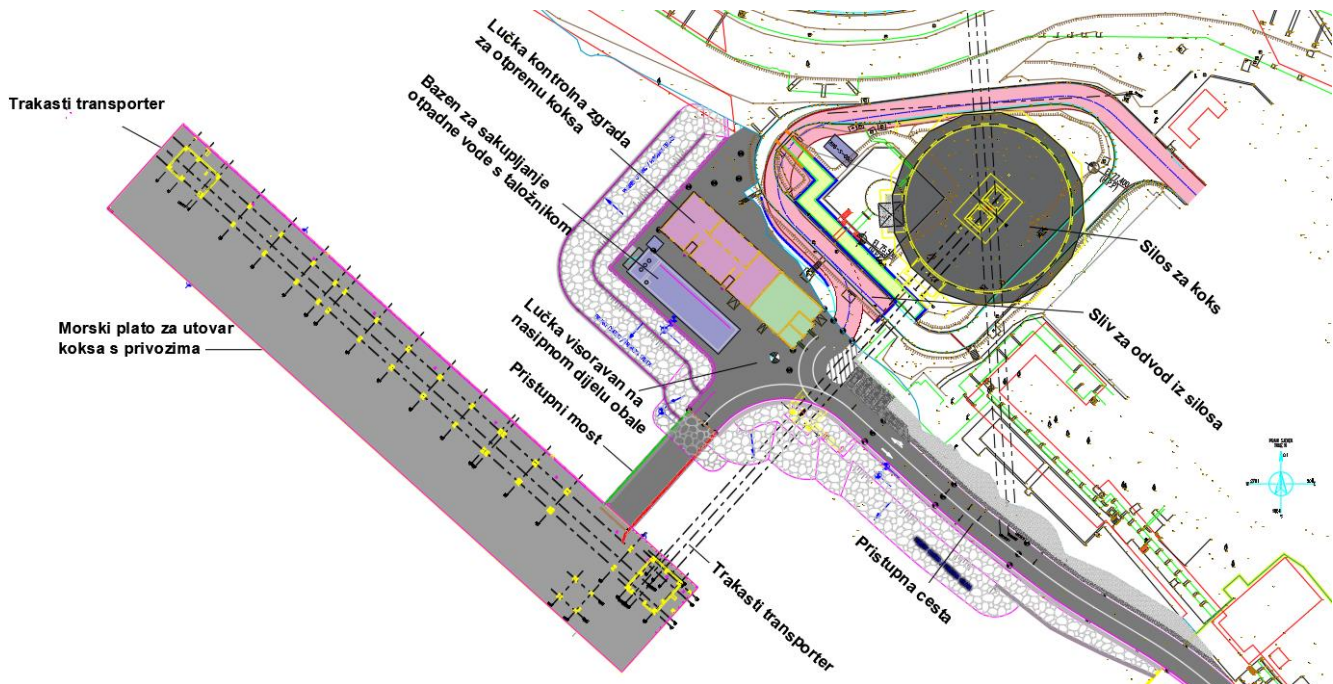
Luka kao tehničko - tehnološka cjelina namijenjena je za pristajanje i privez teretnih brodova u svrhu utovara proizvedenoga naftnog koksa i njegove otpreme. U luci mogu biti smješteni razni sadržaji, od onih za prihvat, skladištenje i utovar u brodove naftnog koksa proizvedenog u koking postrojenju pa sve do sigurnosnih, zaštitnih i pomoćnih podsustavi i instalacije nužni za obavljanje tehnološkog procesa.

Planirani kapaciteti osnovnih sadržaja unutar zahvata su:

- Kapacitet skladišta koksa do 40.000 t
- Kapacitet transportne linije koksa do skladišta do 100 t/h
- Kapacitet utovarivača i transportne linije do broda do 1.500 t/h
- Operativna obala, privez brodova do 40.000 t
- Maksimalna površina zahvata je 12 ha [30]

Za potrebe izgradnje buduće luke za prekrcaj koksa, a prema novom projektnom rješenju luke, predviđeni su sljedeći objekti koji su također označeni na slici 22.

- pristanišni gat,
- spojni most pristanišnog gata s kopnom,
- nasipani plato za smještaj sljedećih objekata:
  - zgrada za djelatnike luke i trafostanica,
  - sabirni bazen oborinskih otpadnih voda s taložnicom i sabirna jama sanitarnih otpadnih voda te
- pristupna cesta platou s istočne strane Rafinerije. [30]



Slika 22: Prikaz novog koncepta luke za ukrcaj koksa [28]

#### 4.1. Pristanišni gat i spojni most s kopnom

Lokacija budućeg pristanišnog gata za pretovar naftnog koksa u Urinju nalazi se u području Riječkog zaljeva, zapadno od rta Škrkovac, a sjeverozapadno od postojećeg naftnog veza Urinj.

Novi gat trebao bi se prvenstveno koristiti za utovar brodova kojima će se prevoziti naftni koksu iz posebnih pogona za proizvodnju naftnog koksa INA na Urinju.

Pristanišni gat je planiran od predgotovljenih armiranobetonskih elemenata, ploča i greda, koji će biti povezani betonom. Konstrukcija gata temelji se na izbušenim pilotima zabušanim u kameno morsko dno i dužine je cca 144 m i širine cca 24 m.

Predviđeno je 80-ak pilota promjer od 1,5 m, a njihova dubina u kameno morsko dno je minimalno 5 m. Platforma gata bit će izgrađena od horizontalnih greda u obliku okvira. Na mjestu priveza brodova, prednja strana pristanišnog gata projektirana je u pravcu koji je približno paralelan obali i njena udaljenost od obale bit će 80-ak metara.

Minimalna dubina kod pristanišnog gata je -12,5 metara nad morem.

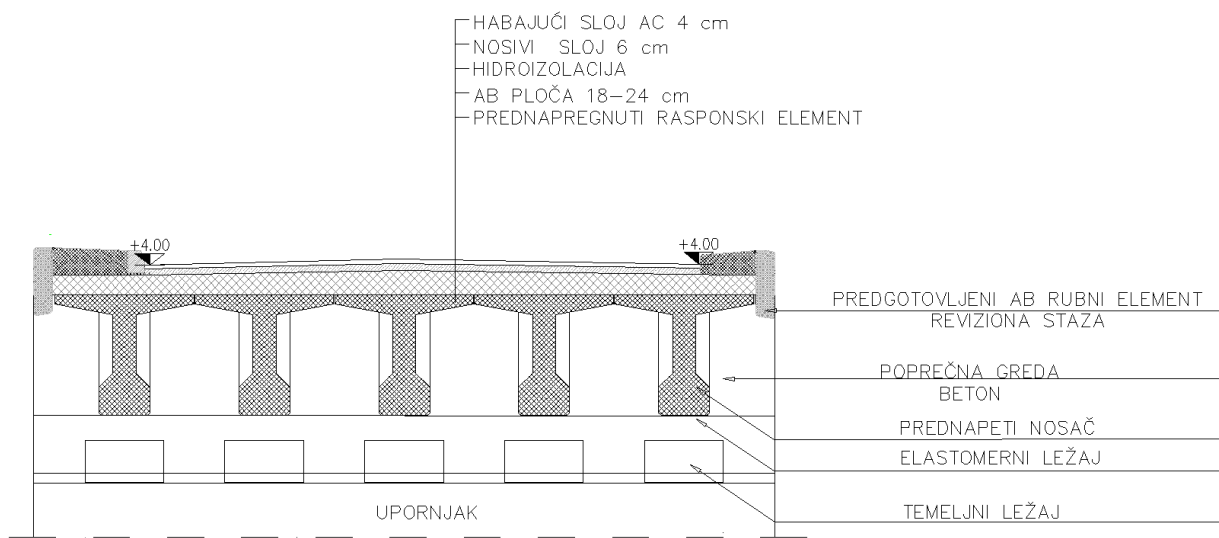
Na pristanišnom gatu predviđeni su sljedeći dijelovi postrojenja:

- trakasti transporter
- brodotovarovač i tračnice za isti
- privezne bitve i privezi za brzo otpuštanje
- gumeni bokobrani i čelične penjalice
- protupožarna oprema i rasvjetni stupovi,
- oprema za spašavanje u moru
- potrebna navigacijska oprema te
- mreža odvodnje otpadnih oborinskih voda. [30]

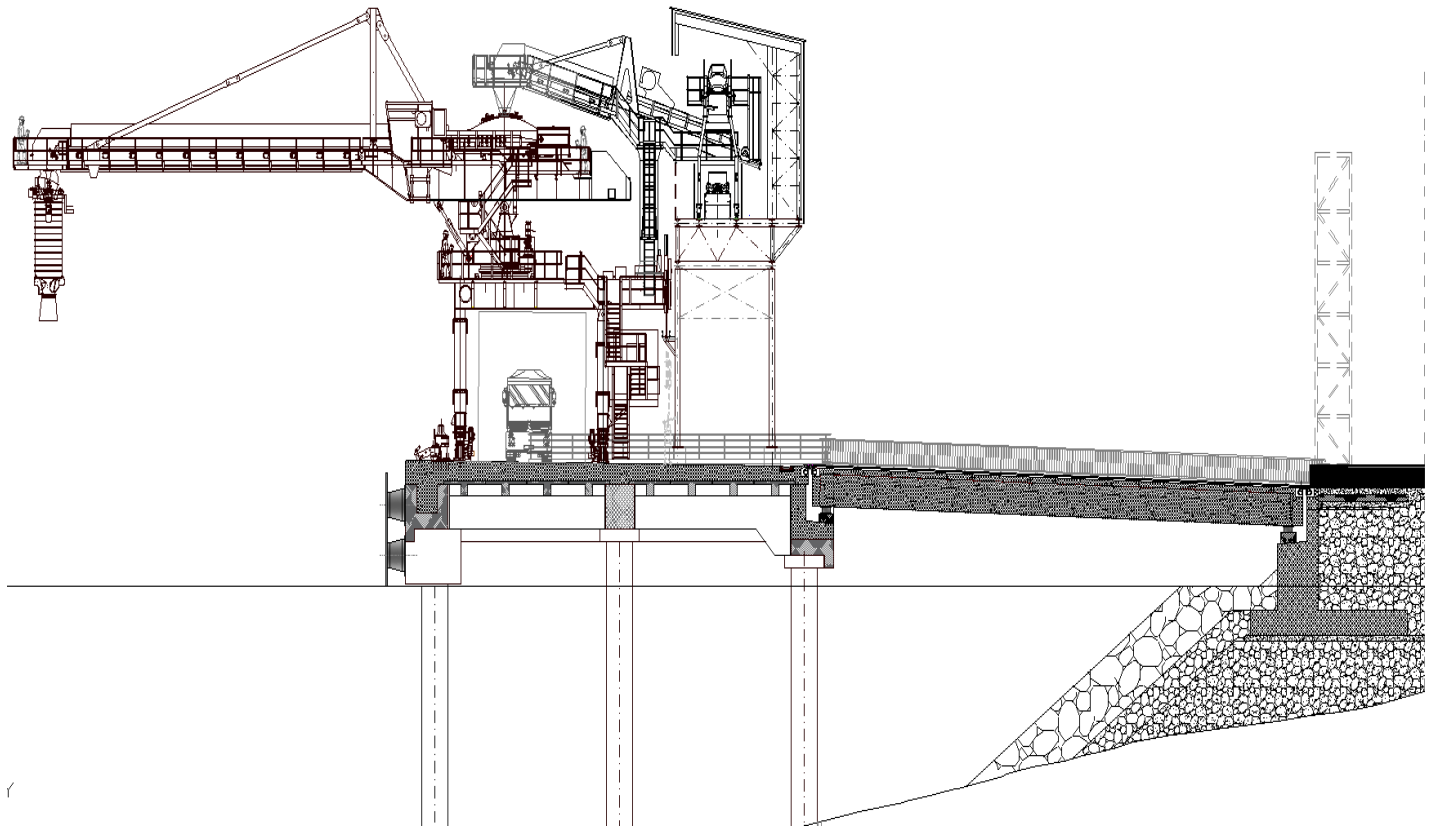
Pristanišni gat će biti povezan s kopnom preko platoa koji će biti nasipan uz obalu, do dubine od – 5 m, a zatim preko mosta koji će biti u vidu mola duljine 26 m. konstrukcija pristupnog mosta sastoji od prednapregnutih montažnih armiranobetonskih nosača povezanih monolitnom pločom koja će se izvoditi na licu mjesta. Raščlanjena konstrukcija naslanja se na nosač na kopnu i završava na montažnim armiranobetonskim gredama mola. Prikaz mola sa svim pripadajućim elementima vidljiv je na slici 24, dok je prikaz broda na molu sa rasporedom veznih elemenata i bokobrana prikazan na slici 25. Predviđena širina mosta je 8 m.

Razvodna konstrukcija mosta sastoji se od pet prednapetih montažnih armiranobetonskih nosača s planiranom visinom od cca. 130 cm i armiranobetonskom pločom debljine 22-25 cm kao što je i vidljivo na slici 23. Ukupna planirana duljina armiranobetonskih prednapregnutih nosača iznosi približno 26,50 m.

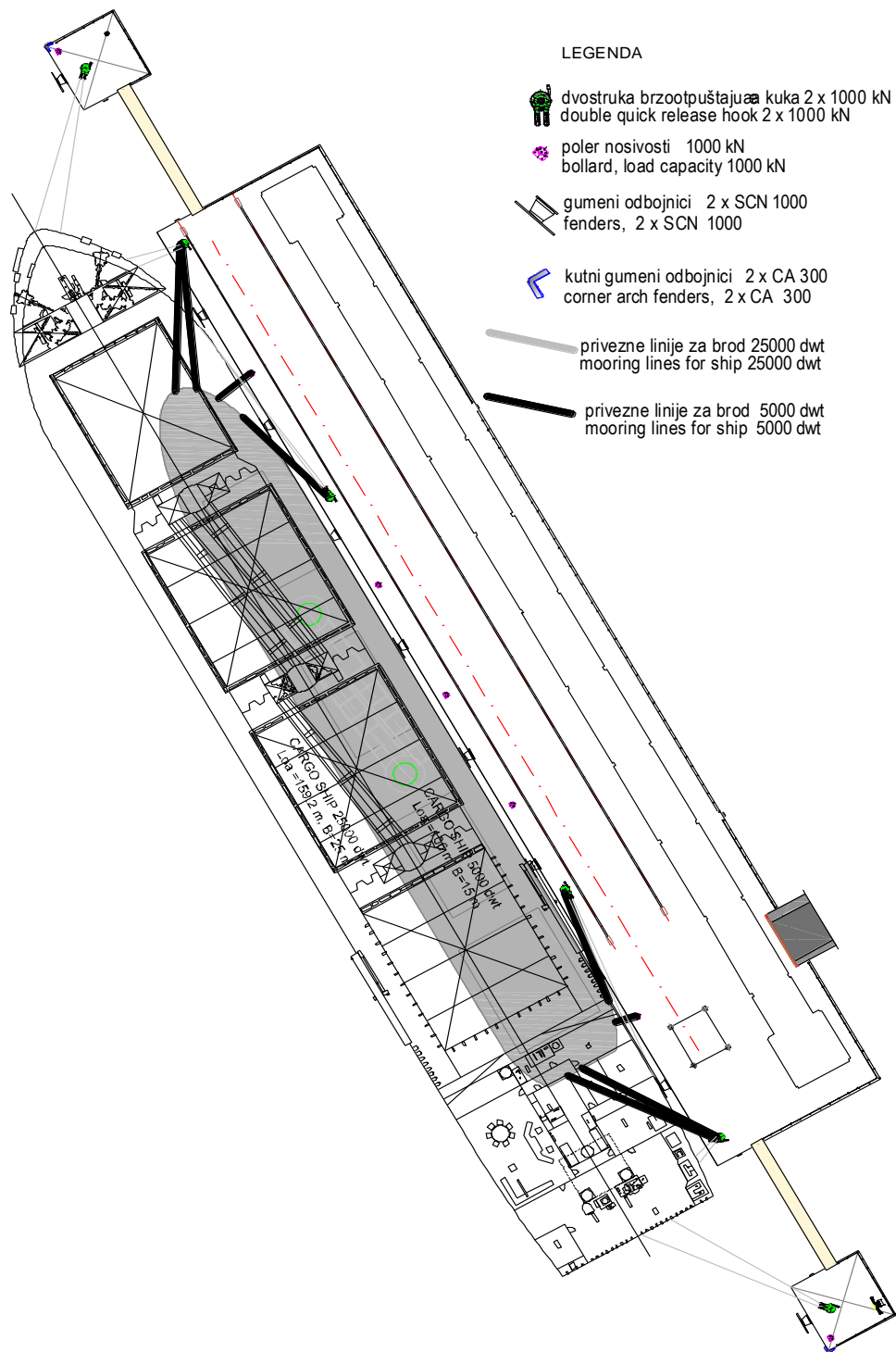
Na obalnoj strani, most će se temeljiti na tipskom upornjaku, dok će se na morskoj strani mosta oslanjati na konstrukciju pristanišnog gata. Svi obronci nasipa lučke visoravni bili bi zaštićeni primarnom zaštitom stijena u padini. [28], [30]



Slika 23: Poprečni presjek konstrukcije pristupnog mosta [AutoCAD]



Slika 24: Prikaz mola sa svim pripadajućim elementima [28]

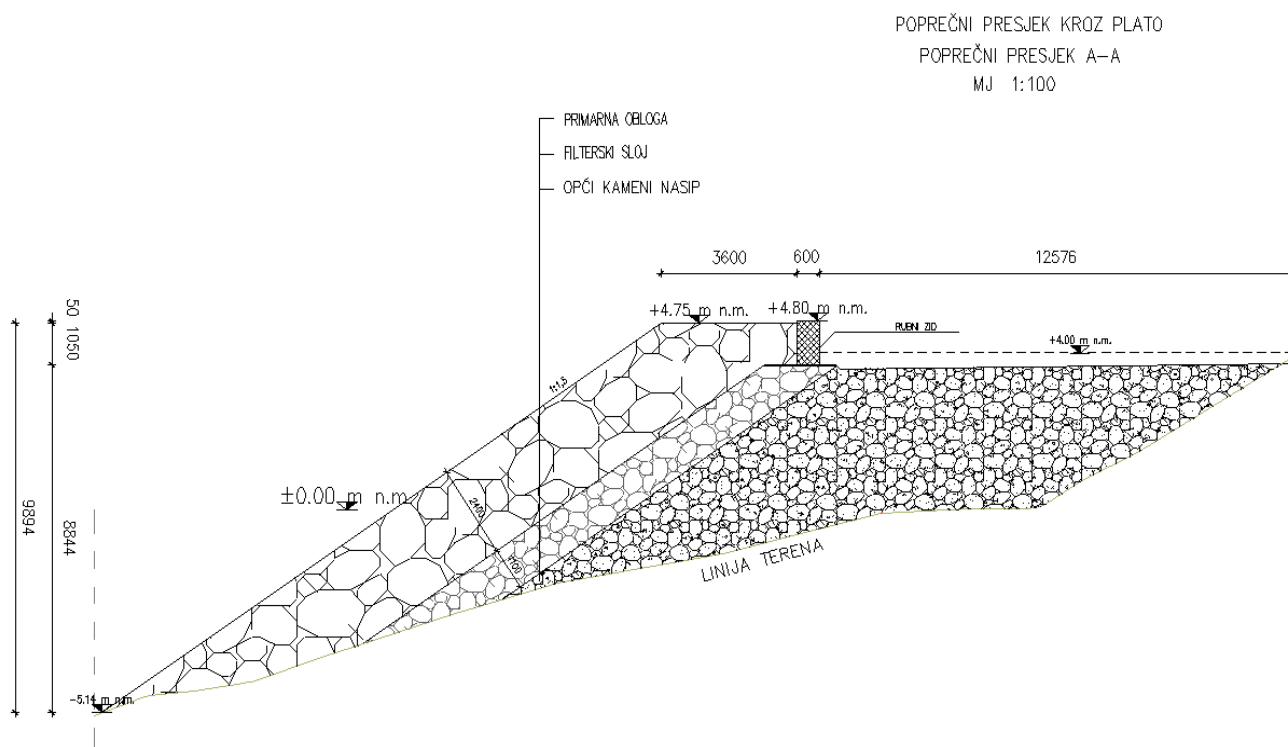


Slika 25: Prikaz broda na molu, raspored veznih elemenata i bokobrana, raspored priveznih linija [28]

## 4.2. Lučki plato za smještaj pomoćnih zgrada

Obala platoa za smještaj pomoćnih zgrada planirana je kao zaštitna stijena u padini, a lučki plato predstavljat će novu površinu koja će nastati nasipavanjem mora uz dio obale. Plato će obuhvaćati površinu od oko 2.000 m<sup>2</sup> koja će biti asfaltirana. Temelj platoa je opći nasip od kamenog materijala kao što je vidljivo na slici 26, koji će se dobiti iz iskopa provedenih unutar Rafinerije, čiji će volumen biti 16 000m<sup>3</sup>. Kako bi se ovaj nasip zaštitio od ispiranja i drugih utjecaja mora, planira se izgradnja sekundarne i primarne zaštitne prevlake. Sekundarni zaštitni premaz, filterski sloj, bit će izveden od odabranih vapnenačkih kamenih materijala, dok će primarni zaštitni sloj sačinjavati kameni blokovi također vapnenačkog podrijetla u odgovarajućoj debljini sloja.

Završni sloj visoravni planiran je kao asfaltna površina kojoj se pristupa novoprojektiranim cestama. [28], [30]



Slika 26: Karakteristični presjek nasipa zaštitnog kamena [AutoCAD]



Na središnjem dijelu platoa predviđena je izgradnja sljedećih sadržaja:

- zgrada za djelatnike luke i trafostanica,
- sustav odvodnje koji uključuje:
  - sabirni bazen oborinske otpadne vode s taložnicom
  - sabirnu jamu sanitarne otpadne vode
  - mrežu odvodnih kanala i podzemnih cjevovoda
- vatrogasna oprema te
- rasvjetni stupovi.

## 5. POMORSKO HIDRAULIČKE KARAKTERISTIKE

### 5.1. Prognoza valova

Valovi predstavljaju poremećaje koji svojim širenjem prenose energija kroz neko sredstvo odnosno medij. Pri djelovanju valova sredstvo ostaje nepomično, kao cjelina. Kada se val nađe na granici između dva različita sredstva, dolazi do njihova loma ili refleksije odbijanja i u posebnim uvjetima do stojnih valova. Razlikujemo mehaničke i elektromagnetske valove. Mehanički valovi se mogu širiti samo kroz neki medij, dok se elektromagnetski, osim medija, mogu širiti i vakuumom.

Osim navedenih, postoje i razne druge vrste valova kao što su:

- transverzalni - čestice titraju poprečno na smjer širenja,
- longitudinalni - čestice titraju u smjeru širenja vala. Primjer ovih valova su valovi zvuka u zraku,
- progresivni - val se širi u određenom smjeru i pritom kretanju energija se prenosi s čestice na česticu,
- stojni – neke čestice titraju, dok neke od njih miruju konstantno; energija se ne prenosi prostorom.

U čvrstim tijelima mogu se rasprostirati i transverzalni i longitudinalni valovi, dok se u tekućinama i plinovima rasprostiru samo longitudinalni valovi. [31], [32]

Valove karakterizira smjer dolaska, visina, duljina, period i brzina. Ovisi o jačini vjetrova i dužini dohvata. Budući da su vjetrovi prevladavajući uzročnici valova na moru, uobičajena raspodjela vjetrova stvara i uobičajenu rasprostranjenost valova na Jadranu. Osnovne skupine valova na Jadranu su vjetrovni valovi (valovi takozvanog živog mora) uzrokovani vjetrom koji neprekidno puše dok su valovi mrtvog mora (mješoviti valovi) valovi koji su napredovali izvan zone vjetrova i uzrokovani poprečnim valovima. Općenito se vjetrovni valovi generiraju kroz tri faze.

U trenutku kada vjetar počne puhati iznad mora kontaktna površina je ravna i mirna. U prvoj fazi dolazi do pokretanja početnog rezonantnog mehanizma kada turbulentni protok zraka inducira pulsirajući pritisak na površinu mora, što rezultira površinskim valovima iste frekvencije kao i pulsiranje tlaka tako da zbog rezonancije nastavljaju rasti.

Slijedi druga faza - valoviti protok zraka iznad profila vala bez razdvajanja linije. Energija vjetra prenosi se na valove kroz zračni vrtlog u valu i preko rezultirajućeg polja tlaka koje uzrokuje povećanje visine valova stvarajući takozvano slabo more.

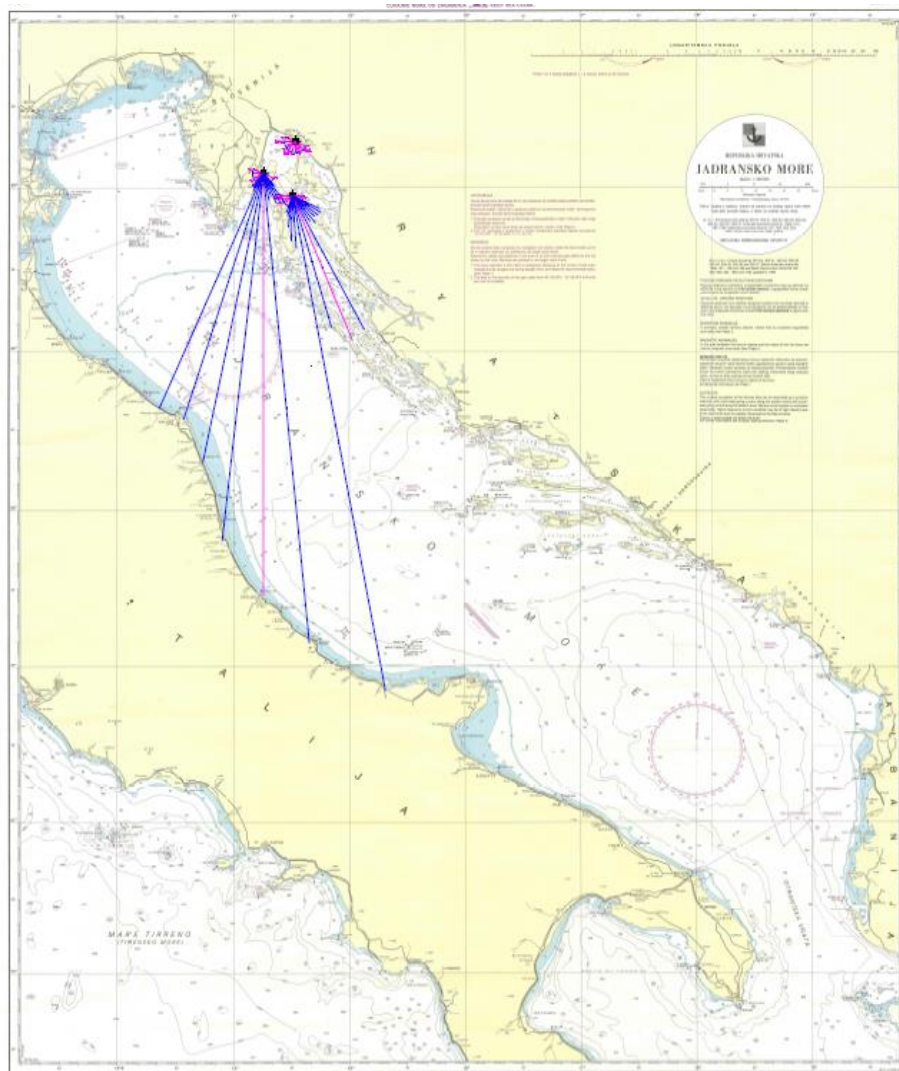
U posljednjoj fazi dolazi do valne refrakcije odnosno loma, kada se valovi malih valnih duljina lome na vrhovima dugih valova. U ovoj fazi stvaraju se najveći valovi. Kratki val koji pukne na dugom valu dodaje impuls od svoje prenesene mase kinetičkoj energiji orbitalnog gibanja vode čestice dugog vala. Kako se energija dugog vala povećava, povećava se i visina vala pa se energija valova prenosi s kratkih na duge valove.

U Riječkom zaljevu najviše valove predstavljaju valovi juga, do visine od 3,5 metra i u posmatranom području oni mijenjaju smjer iz jugoistočnog u jugozapadni. Otvoreno privjetrište je u smjeru juga i jugozapada. Tablica 2 prikazuje očekivane valove u promatranom zaljevu. [28]

Tablica 2: Očekivani valovi u riječkom zaljevu[30]

Značajna visina vala $H_s$ (m)	Učestalost (%)	Maksimalna visina vala $H_{max}$ (m)	Učestalost (%)
0	37,8	0	37,8
0-0,5	50,8	0-0,5	44,1
0,5-1	10,5	0,5-1	7,1
1-1,5	0,8	1-1,5	10,1
2-2,2	0,1	1,5-2	0,1
		2-2,5	0,7
		2,5-3,7	0,1
<b>Ukupno</b>	<b>100</b>	<b>Ukupno</b>	<b>100</b>

Na sljedećoj slici prikazan je sektor utjecaja vjetra ispred uvale Rijeka koji uzrokuje valove koji ulaze u područje zaljeva kroz Velu i Srednja vrata. [28]



Slika 27: Srednja vrata, Sector I -Direction SE-SSE, Vela vrata, Sector II -Direction S [28]

Valovi prikazani u tablici 2 očekuju se također i na području Urinja. Duljina valova koji uzrokuju južni vjetrovi je od 20 do 30 m, ovisno o jačini i smjeru vjetra, a najveću duljinu postižu valovi koji dolaze iz smjera jugozapada. Nakon prestanka djelovanja juga, valovi se u predmetnom zaljevu smiruju zbog prostranog privjetrišta i visokih obala. [28]

## 5.2. Karakteristike priveza

Ulaz brodova za rasuti teret u riječku uvalu izvodit će se preko Velikih vrata. Daljnja plovidba vršit će se u riječkom zaljevu do mjesta privezišta. Tijekom plovidbe riječkim zaljevom brodovi koji prevoze opasne terete (tankere) mogu predstavljati opasnost na plovnom putu u slučaju da su usidreni na vezu.

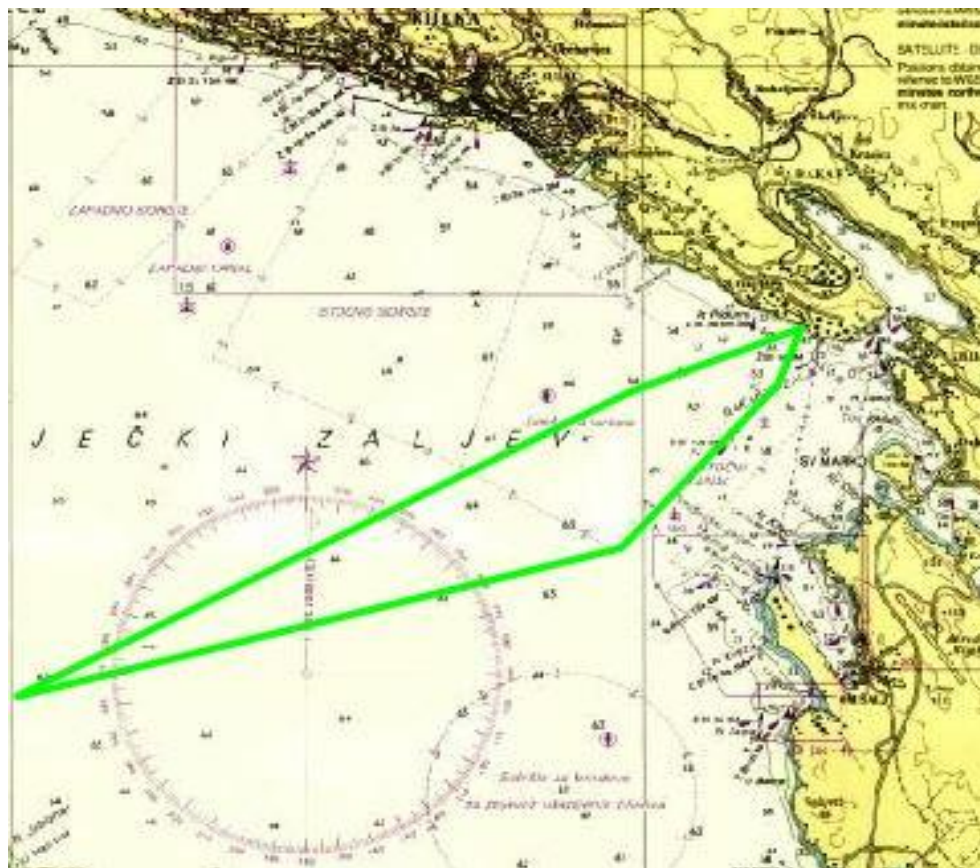
Ako su brodovi usidreni tako da se ne miješaju u plovidbu do mola, onda se može pristupiti kroz sidrište. Rubovi sidrišta udaljeni su oko 1700 m od mola.

Na prilazu se ističe nekadašnji vez za tanker Urinj, lučko svjetlo u luci Podurinj i silosi na obali koji služe kao orijentir.

Budući da se lučica nalazi i na području riječke uvale preko koje se odvija plovidba, nema ograničenja u pristupu broda lučici.

Pristup broda lučici može biti ograničen usidrenim brodovima na području sidrišta tankera i navigacijske plutače smještene na području istočnog kanala. Neovisno o tim ograničenjima, pristupni plovni put ima dovoljnu razinu sigurnosti što je vidljivo i na slici 28.

S obzirom na odabrano mjesto i način vezivanja broda, privezani brod neće imati utjecaj na plovni put brodova koji plove riječkim zaljevom kako je i prikazano na slici 29. [28]



Slika 28: Mogući pristup plovnom putu do novoplaniranog mola za pretovar naftnog koksa [28]



Slika 29: Položaj novoplaniranog mola vezanog uz bivši naftni terminal Urinj i rafineriju [28]

## **6. ALTERNATIVNO RJEŠENJE MASIVNE OBALNE KONSTRUKCIJE- VERTIKALNI LUKOBRAN**

Gradnja lukobrana datira još od najranijeg razvoja obalnog pojasa u svrhu zaštite i stvaranja umjetnih luka. Osnovna funkcija takvih konstrukcija je umirenje djelovanja valova u lučkim akvatorijima. Osim toga sprečavaju stvaranje erozije, ali i poplave mjesta u blizini. Razlikujemo velik broj lukobrana čija izvedba ovisi ponajprije o položaju te uvjetima gradnje.

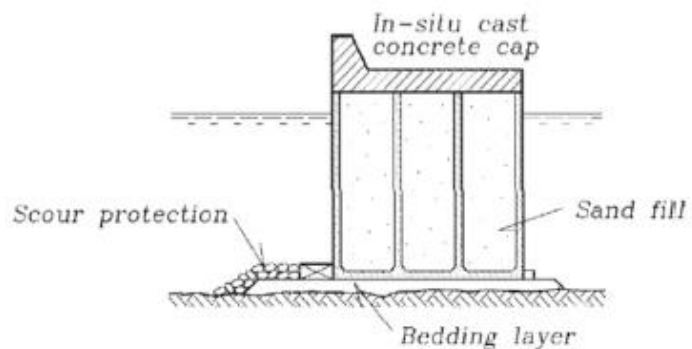
Same konstrukcije lukobrana možemo podijeliti u tri osnovne skupine:

- Nasuti lukobran, odnosno lukobran tipa nasip koji se sastoji od jezgre izrađene od miješanog kamenog materijala i zaštitne obloge koja se uglavnom izvodi od blokova prirodnog kamena ili pak betona.
- Nepropusna konstrukcija s vertikalnom ili strmom hrapavom površinom
- Kompozitna konstrukcija s kesonom ili zidom na ili iza nasipa – kesoni kao vertikalni zid predstavljaju izuzetno stabilnu strukturu čak i u dubokim vodama. Primjer lukobrana s kesonima obrađen je u ovom radu kao alternativno rješenje. [38]

### **6.1. Vrste vertikalnih lukobrana**

#### **Klasični tip**

Ova vrsta lukobrana koristi se na mjestima relativno plitkih voda, a kesoni se smještaju na relativno tankom temeljnom nasipu što je i vidljivo na slici 30. Parapetni zid u najvećem broju slučajeva pruža se do kopna, čime se umanjuje prelijevanje konstrukcije. Velika je isplativost ove vrste lukobrana obzirom da su potrebne male količine nasipa.

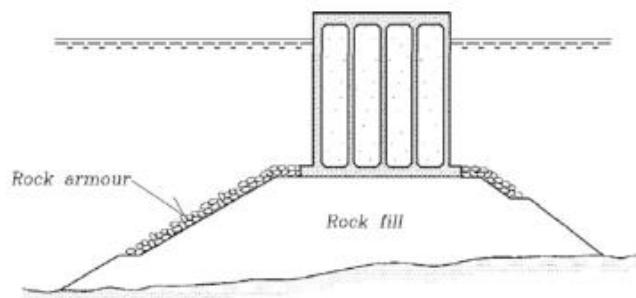


Slika 30: Klasični tip vertikalnog lukobrana [42]

Pojašnjenje engleskih naziva: *in-situ casting concrete cap* (hrv. izvedba betonske kape na licu mjesta), eng. *scour protection* (hrv. zaštitni sloj), eng. *sand fill* (hrv. ispuna pijeskom), eng. *bedding layer* (hrv. sloj posteljice).

### Mješoviti tip

Kod mješovitog tipa lukobrana konstrukcija kesona položena je na visokom temeljnom nasipu kako je i prikazano na slici 31. Vrlo je isplativ za duboke vode u ekonomskom smislu, ali je isto tako potrebna velika količina materijala za nasip.



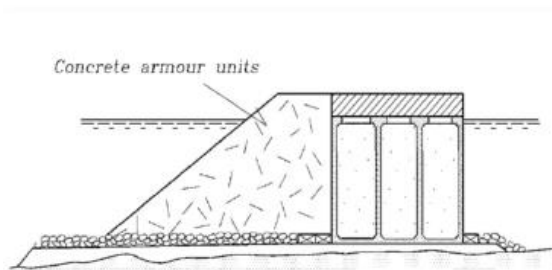
Slika 31: Mješoviti tip lukobrana [42]

Pojašnjenje engleskih naziva: eng. *rock armour* (hrv. kameni nasip), eng. *rock fill* (hrv. stijenska ispuna)



## Horizontalan kompozitni tip

Kompozitni lukobran koristi se kada je potreban veliki gaz na lučkoj strani. Koristi se uglavnom u plitkim vodama, a na prednjoj strani lukobrana nalaze se blokovi primarnog sloja. Taj nasuti dio pomaže u smanjenju opterećenja valovima, sprečava refleksiju te prelijevanje valova preko lukobrana. Ova vrsta lukobrana prikazana je na slici 32

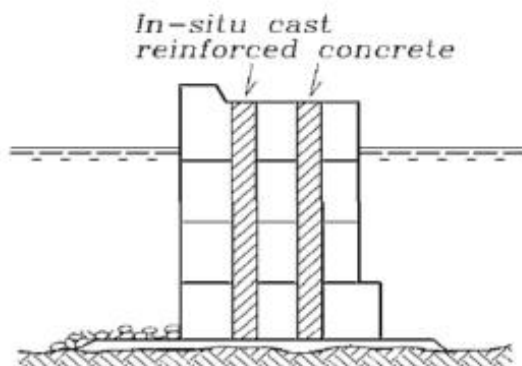


Slika 32: Horizontalan kompozitni lukobran [42]

Pojašnjenje engleskih naziva: eng. *concrete armour units* (hrv. betonske nasipne jedinice)

## Lukobran od blokova

Zbog svoje težine uzrokuje velika opterećenja temeljnog tla koja mogu dovesti čak i do diferencijalnih slijeganja stoga je njegovu gradnju potrebno planirati na tlu izrazito velike nosivosti. Lukobran izgrađen od blokova prikazan je na slici 33.

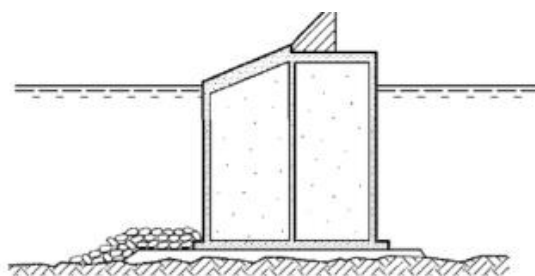


Slika 33: Lukobrana od blokova [42]

Pojašnjenje engleskih naziva: eng. *in-situ casting* (hrv. betoniranje na licu mjesta), eng. *reinforced* (hrv. armirano), eng. *concrete* (hrv. beton)

### **Nagnuta kruna lukobrana**

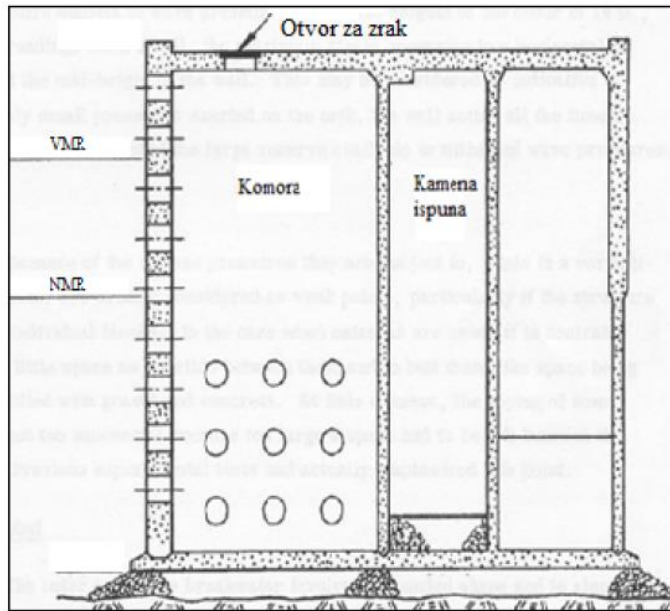
Kao što je vidljivo na slici 34, gornji dio lukobrana konstruiran je u koso. Razlog tomu je smanjenje pritiska od djelovanja valova. Za razliku od horizontalnog kompozitnog tipa, prisutna su značajna prelijevanja, ali dolazi do znatno manjeg opterećenja tla u odnosu na lukobran izrađen od blokova. [40]



Slika 34: Lukobran s nagnutom krunom [42]

### **Perforirano prednje lice lukobrana**

Perforirano lice lukobrana, napravljeno kao prorezi ili rupe zajedno sa komorom koja se nalazi u samoj unutrašnjosti lukobrana, smanjuju pritisak od djelovanja valova te smiruju njihove oscilacije. Upravo zbog takve vrste konstrukcije smanjeno je opterećenje na kesone, temeljno tlo, ali i refleksija. Kao u kod lukobrana s nagnutom krunom prisutno je značajno prelijevanje valova. Lukobran s perforiranim prednjim licem prikazan je na slici 35.



Slika 35: Perforirani zid kesonskog lukobrana [42]

### Polukružni keson

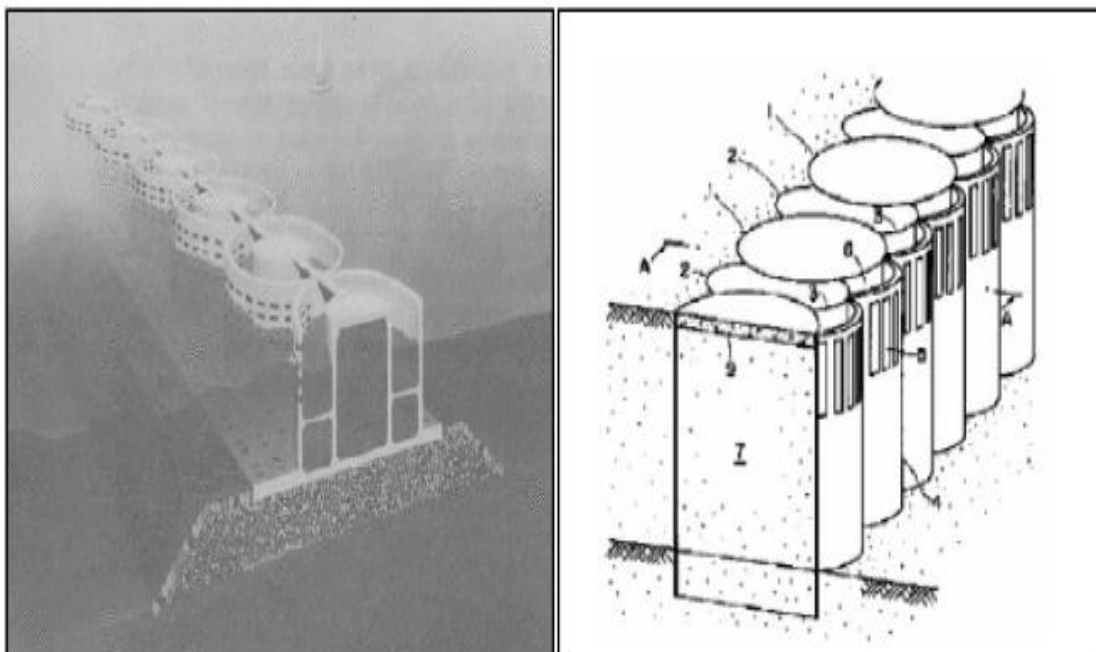
Gradnja ove vrste lukobrana pogodna je na mjestima manje dubine mora kada dolazi do značajnog loma vala. Zbog rasipanja energije valove po površini, smanjeno je opterećenje na kesone. Polukružni keson prikazan je na slici 36.



Slika 36: Polukružni kesonski lukobran [42]

### Dvostrani cilindrični keson

Vanjska strana ove vrste lukobrana je propusna, dok je unutarnja nepropusna kako je i vidljivo na slici 37. Donji dio kesona i središnja komora ispunjeni su pijeskom. Ovakav oblik same konstrukcije pridonosi maloj refleksiji te prijenosu valova kroz samu konstrukciju.



Slika 37: Lukobran s cilindričnim komorama [42]

### Kombinirani keson

Više vrsta vertikalnih lukobrana ukombiniranih u jedan. Na primjer spoj lukobrana nagnute krune, polukružnog, lukobrana s perforiranim prednjim i stražnjim licem. [40]

Svi od nabrojanih tipova vertikalnog lukobrana moraju biti vrlo pažljivo dimenzionirani jer propusti dovode do teških oštećenja i gubitka funkcije. Dijagram toga projektiranja prikazan je na slici broj 38. U cilju dimenzioniranja najvažnije je ispitati stabilnost i čvrstoću. U pogledu stabilnosti potrebno je ispitati slijedeće:

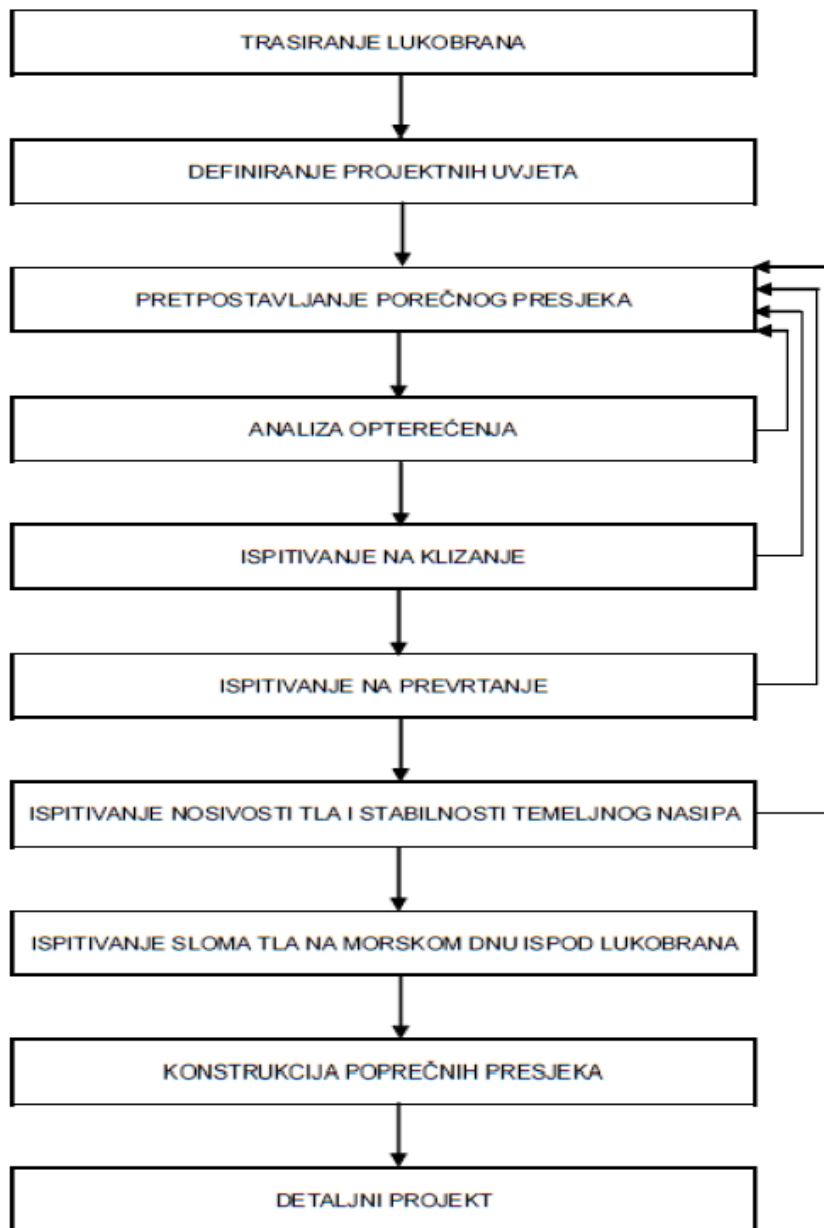
- klizanje na temeljnoj fugi i među blokovima,
- prevrtanje oko rubne točke na temeljnoj fugi,
- proračun čvrstoće betona
- nosivost temeljnog nasipa ispod temeljne fuge
- stabilnost pokosa temeljnog nasipa
- nosivost tla na morskom dnu ispod temeljnog nasipa
- slijeganje temeljnog tla i temeljnog nasipa [39]

### **6.1.1. Kriteriji odabira tipa lukobrana**

Odabir tipa lukobrana zasniva se na kriterijima prikazanim u tablici 3. Utjecaj samog lukobrana na topografiju okoline, vodu i refleksije valova ponajviše utječu na tip odabira istoga.

*Tablica 3: Kriteriji za odabir tipa lukobrana [41]*

Uvjeti gradnje	Cijena konstrukcije
Uvjeti okoline	Izgled lukobrana
Način održavanja	Važnost lukobrana
Dostupni materijali	Isplativnost lukobrana



Slika 38: Dijagram toka projektiranja vertikalnog lukobrana [40]

## 6.2. Opis alternativnog rješenja

U ovom radu analizirano je alternativno rješenje luke za prekrcaj naftnog koksa koje predviđa izvedbu masivnog vertikalnog lukobrana čija se osnovna konstrukcija sastoji od kesona na relativno tankom temeljnom nasipu. Kesoni bi se, radi veće isplativosti i iskorištenosti, ispunili viškovima materijala iz nasipa kod uređenja platoa.

Lukobrani s kesonima imaju prednost gradnje u dubokim vodama jer se u takvim slučajevima kod izvedbe nasutog lukobrana povećava količina materijala s dubinom vode, što nije financijski isplativo. Dubina vode pri kojoj keson postaje ekonomičnije rješenje će svakako ovisiti o uvjetima same lokacije, ali ukoliko je dubina vode 15 ili više metara preporuča se gradnja lukobrana s kesonima.

Ostale prednosti izvedbe vertikalnog lukobrana s kesonima na ovoj poziciji:

- Temeljno tlo povoljne je čvrstoće za masivni vertikalni lukobran
- Jednostavna i trajna konstrukcija
- Brza gradnja te ekonomičnost s materijalom
- Zauzima malo prostora
- Održavanje je svedeno na minimum, za razliku od predviđene raščlanjene obalne konstrukcije
- U fazi građenja moguće kretanje građevinske mehanizacije, u fazi eksploatacije i uporabe i prekrcajne

Osim brojnih prednosti gradnja vertikalnog lukobrana ima i brojne mane kao što su:

- reflektiranje valove koje brodovima otežava plovidbu uz sam lukobran te ulazak u luku
- velike udarne sile od valova
- erozija
- jako oštećenje u slučaju premašenja projektnih uvjeta
- nije fleksibilan za slučaj slijeganja
- uz dno je moguća erozija temeljnog nasipa, a na finom pijesku javljaju se problemi u vezi temeljenja
- gradnja zahtjeva tešku i skupu građevinsku mehanizaciju [38]

### **6.3. Dimenzioniranje masivnog vertikalnog lukobrana**

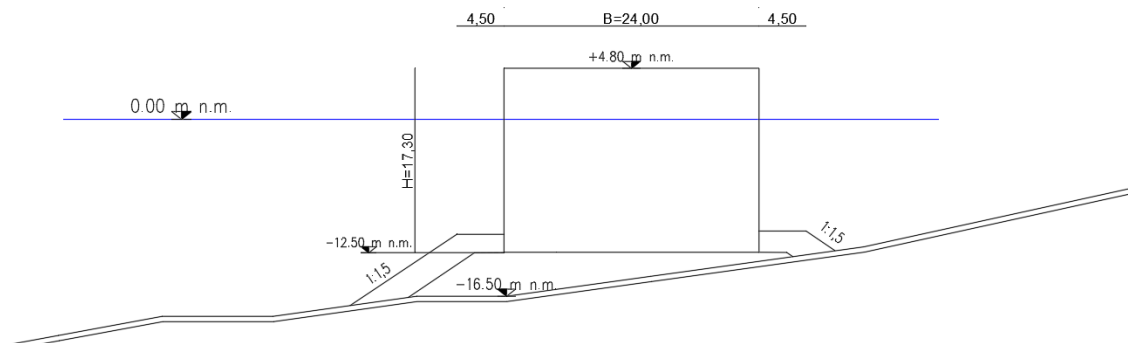
U nastavku je prikazan proračun stabilnosti alternativnog rješenja dimenzioniranja vertikalnog lukobrana. Proračun je proveden prema metodi Goda za jedan karakterističan profil prikazan na slici 39. Dimenzioniranje je provedeno za obalni zid na dubini 16,50 m.

Djelovanje valova u navedenom proračunu nije analizirano.



### Projektni parametri za postojeće stanje:

Značajna visina vala	$H_s = 2,80 \text{ m}$
Period vala	$T_s = 5,20 \text{ s}$
Razina visoke vode	$v.v. = +1,00 \text{ m}$
Kota obale lukobrana	$k.o.l. = +4,80 \text{ m.n.m.}$
Kota dna lukobrana	$k.d.l. = -12,50 \text{ m.n.m.}$
Kota dna terena	$k.d.t. = -16,5 \text{ m.n.m.}$
Kota zida	$k.z. = +4,80 \text{ m.n.m.}$
Debljina zaštitnog sloja školjere	$D = 1,00 \text{ m}$
Specifična težina vode	$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina betona	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina nasipa:	$\gamma_z = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina uronjenog kamenog materijala:	$\gamma_z' = 10,00 \text{ kN/m}^3$
Širina lukobrana	$B = 24,0 \text{ m}$
Visina lukobrana	$H = 17,30 \text{ m}$
Širina berme	$b = 2,8 \text{ m}$
Kut nailaska fronte vala	$\beta = 0^\circ$
Unutarnji kut trenja	$\varphi_k = 38^\circ; \varphi_d = 32^\circ; k_a = 0,307;$
Koeficijent trenja beton – kamen:	$f = 0,60$
Sile u užadi od priveza:	$H_u = 5,00 \text{ kN}$



Slika 39: Karakteristični presjek vertikalnog lukobrana (Autocad)

Visina projektnog vala	$H_{proj} = 1,8 \times H_s = 1,8 \times 2,80 = 5,04 \text{ m}$
Duljina projektnog vala	$L_{proj} = 1,56 \times T_{proj}^2 = 1,56 \times 5,20 \times 5,20 = 42,18 \text{ m}$
Dubina na udaljenosti	$5H_s = 14,00 \text{ m}$
Dubina mora na udaljenosti $5H_s$ ispred lica zida	$h_b = 7,01 \text{ m}$

Pomoćne dimenzije:

$$h_c = \text{k.z.} - \text{v.v.} = 4,80 - 1,00 = 3,80 \text{ m}$$

$$h' = \text{v.v.} - \text{k.d.l.} = 1,00 - (-12,50) = 13,50 \text{ m}$$

$$d = \text{v.v.} - \text{k.d.l.} - D = 1,00 - (-12,50) - 1,00 = 12,50 \text{ m}$$

$$h_s = \text{v.v.} - \text{k.d.t.} = 1,00 - (-16,50) = 17,50 \text{ m}$$

$$h_w = \text{k.z.} - \text{k.d.l.} = 4,80 - (-12,50) = 17,30 \text{ m}$$

Modifikacijski faktori ovisni o tipu konstrukcije → za vertikalni lukobran vrijedi sljedeće

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1,0$$

Visina do koje djeluje pritisak vala:

$$\eta = 0,75 \times (1 + \cos\beta) \times \lambda_1 \times H_{proj} = 0,75 \times (1 + \cos 0) \times 1 \times 5,04 = 7,56$$

Utjecaj perioda vala na raspodjelu pritiska:

$$\alpha_1 = 0,60 + 0,50 \times \left[ \frac{\frac{4\pi}{L} \times h_s}{\sin h \times \left( \frac{4\pi}{L} \times h_s \right)} \right]^2 = 0,60 + 0,50 \times \left[ \frac{\frac{4\pi}{42,18} \times 2,80}{\sin h \times \left( \frac{4\pi}{42,18} \times 2,80 \right)} \right]^2 = 0,6018$$

Porast valnog pritiska zbog plitkog nasipa:

$$\alpha_2 = \min \left[ \left\{ \frac{h_b - d}{3 \times h_b} \times \left( \frac{H_p}{d} \right)^2 ; \left( \frac{2 \times d}{h_{proj}} \right) \right\} ; \left[ \left\{ \frac{7,01 - 13,00}{3 \times 7,01} \times \left( \frac{5,04}{13,00} \right)^2 ; \left( \frac{2 \times 13,00}{5,04} \right) \right\} \right] = [-0,043; 5,158] = -0,043$$

$$\alpha_2 = \alpha^* = -0,043$$

Linearna raspodjela pritiska:

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h_w - h_c}{h_s} \times 1 - \left[ \frac{1}{\cosh \left( \frac{2\pi}{L} h_s \right)} \right] = 1 - \frac{17,30 - 3,80}{17,50} \times 1 - \left[ \frac{1}{\cosh \left( \frac{2\pi}{42,18} \times 2,80 \right)} \right] = 0,3415$$

Pritisak na prednjoj strani vertikalnog zida:

$$\beta = 0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1$$

$$p_1 = 0,5 \times (1 + \cos \beta) \times (\lambda_1 \times \alpha_1 + \lambda_2 \times \alpha^* \times \cos \beta) \times \gamma_w \times H_{proj} = 0,5 \times 2 \times (1 \times 0,6018 + 1 \times (-0,043) \times 1) \times 10 \times 5,04$$

$$p_1 = 28,20 \text{ kN/m}^2$$

za  $\eta > h_c$

$$7,56 > 3,80$$

$$p_2 = \left( 1 - \frac{h_c}{\eta} \right) \times p_1 = \left( 1 - \frac{3,80}{7,56} \right) \times 28,20 = 14,03 \text{ kN/m}^2$$

$$p_3 = \alpha_3 \times p_1 = 0,3415 \times 28,20 = 9,63 \text{ kN/m}^2$$

Uzgon i uzdižući pritisak:

$$p_u = 0,5 \times (1 + \cos \beta) \times \lambda_3 \times \alpha_1 \times \alpha_3 \times \rho_w \times g \times H_d = 0,5 \times 2 \times 1 \times 0,6018 \times 0,3415 \times 10 \times 5,04 = 10,38 \text{ kN/m}^2$$

**SILE:**

Vlastita težina konstrukcije i uzgon:

$$G_1 = B \times (k. o. l. - k. d. l.) \times \gamma_c = 24,00 \times (4,80 - (-12,50)) \times 24 = 9964,80 \text{ kN}$$

$$U_1 = (\gamma_w \times h') \times B = (10 \times 13,50) \times 24,00 = 3240,00 \text{ kN}$$

*Tablica 4: Momenti stabilnosti*

<b>SILA</b>	<b>KRAK</b>	<b>MOMENT</b>
$G_1 = 9964,80 \text{ kN}$	$k_{G1} = 12,00 \text{ m}$	$M_{G1} = 119577,60 \text{ kNm}$
$U_1 = 3240,00 \text{ kN}$	$k_{U1} = 12,00 \text{ m}$	$M_{U1} = 38880,00 \text{ kNm}$

Opterećenje djelovanja valova na konstrukciju:

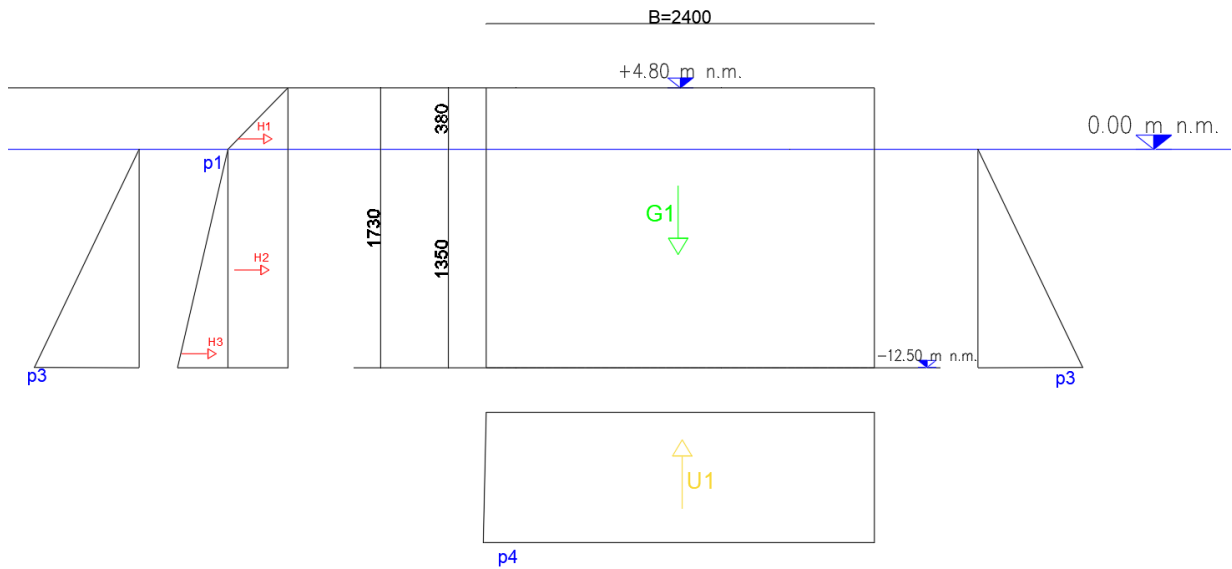
$$H_1 = p_1 \times (3,8/2) = 28,20 \times 1,90 = 53,58 \text{ kN}$$

$$H_2 = p_1 \times 13,50 = 28,20 \times 13,50 = 380,70 \text{ kN}$$

$$H_3 = (p_2 - p_1) \times (13,50/2) = 95,65 \text{ kN}$$

*Tablica 5: Momenti prevrtanja*

<b>SILA</b>	<b>KRAK</b>	<b>MOMENT</b>
$H_1 = 53,58 \text{ kN}$	$k_{H1} = 14,77 \text{ m}$	$M_{H1} = 791,38 \text{ kNm}$
$H_2 = 380,70 \text{ kN}$	$k_{H2} = 6,75 \text{ m}$	$M_{H2} = 2569,73 \text{ kNm}$
$H_3 = 95,65 \text{ kN}$	$k_{H3} = 4,50 \text{ m}$	$M_{H3} = 430,43 \text{ kNm}$



Slika 40: Prikaz djelovanja sila na vertikalni lukobran (Autocad)

### 6.3.1. Provjera na prevrtanje

$$\gamma_{G,STB} = 1,0$$

$$\gamma_{G,DST} = 1,0$$

$$\gamma_{Q,DST} = 1,3$$

$$M_{ST} = \gamma_{G,STB} * M_{uk} = 1,0 * 119577,60 = 119577,60 \text{ kNm}$$

$$M_{DST} = \gamma_{G,DST} * (M_{H1} + M_{H2} + M_{H3} + M_{U1}) =$$

$$= 1,0 * (791,38 + 2569,73 + 430,43 + 38880,00) = 42671,54 \text{ kNm}$$

$$M_{ST} > M_{DST} \rightarrow 119577,60 \text{ kNm} > 42671,54 \text{ kNm}$$

Dobiveni faktor sigurnosti na prevrtanje zadovoljava traženi uvjet, moment destabilnosti od momenta je stabilnosti manji za gotovo 3 puta.

### 6.3.2. Provjera na klizanje

Parcijalni koeficijenti za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1) te pretjerane deformacije (GEO) prema EN 1997-1

$$\gamma_{G,STB} = 1,0$$

$$\gamma_{G,DST} = 1,0$$

$$\gamma_{Q,DST} = 1,3$$

Horizontalno

$$\begin{aligned} H &= \gamma_{G,DST} * (H_1 + H_2 + H_3) \\ &= 1,0 * (53,58 + 380,70 + 95,65) = 529,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

Vertikalno

$$\begin{aligned} V &= \gamma_{G,STB} * (G_1) - \gamma_{G,DST} * (U_1) = \\ &= 1,0 * (9964,80) - 1,0 * (3240,00) = 6724,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V * f = 6724,80 * 0,6$$

$$V * f = 4034,88 \text{ kN}$$

$$V * f > H \rightarrow 4034,88 \text{ kN} > 529,93 \text{ kN}$$

Faktor sigurnosti na klizanje zadovoljava traženi uvjet.

Prikazanim proračunom prema metodi Goda dokazano je da će za pretpostavljene dimenzije vertikalnog lukobrana biti zadovoljeni faktori sigurnosti na prevrtanje i klizanje. Obzirom da je faktor na prevrtanje višestruko zadovoljen, možemo reći da bi ovakav lukobran bio predimenzioniran što dovodi u pitanje ekonomičnost i sama gradnja bila bi jako skupa. Ukoliko bismo željeli smanjiti faktore, morali bismo smanjiti dimenzije lukobrana što bi u konačnici dovelo u pitanje funkcionalnost istoga.

#### **6.4. Isplativost izvedbe vertikalnog lukobrana i raščlanjene obalne konstrukcije**

Kod izbora tipa obale, najvažnije je odrediti uporabne i geološke uvjete te ekonomičnost. Naime, o pravilnom izboru i obliku ovisi stabilnost kako objekta tako i čitave obale. Prije samog odabira potrebno je ispitati osnovna četiri uvjeta za svaku masivnu obalu, a to su:

1. pravilan prijenos svih sila preko temelja na teren te ustanoviti da naprezanja tla nisu u tolikoj mjeri velika da mogu izazvati slijeganje ispod temelja te ugrozu građevine,
2. da ni u kojem slučaju ne može doći do prevrtanja objekta,
3. da ne može doći do klizanja obale uslijed djelovanja vertikalnih i horizontalnih sila te
4. da ne dođe do loma tla. [39]

Upravo zbog brojnih nedostataka vertikalnog lukobrana, visoke cijene izgradnje i održavanja te dubine na koju je potrebno postaviti lukobran, na lokaciji nove luke gradit će se raščlanjena obalna konstrukcija.

Nakon provedene provjere na stabilnost i prevrtanje, uočeno je da bi gradnja vertikalnog lukobrana zadovoljila i provjeru na prevrtanje i provjeru na klizanje kako je i bilo pretpostavljeno, ali isto tako ova varijanta gradnje bila bi predimenzionirana te preskupa.

Uzimajući u obzir duljinu lukobrana od 146,00 metara i položaj kesona kao što je prikazano na karakterističnom poprečnom presjeku, za njegovu izgradnju bilo bi potrebno utrošiti otprilike 20 620 m<sup>3</sup> betona. Ako bi se koristio beton klase C30/37 čija cijena po m<sup>3</sup> za gradnju u moru iznosi 5000 kuna, za dobavu i ugradnju armiranog betona bilo bi potrebno izdvojiti više od 50 500 000 kuna.

U navedenu cijenu nije uključen materijal za ispunu prostora među kesonima jer bi se koristio materijala iz iskopa kod uređenja platoa.

Za izradu kesona koristila bi se složena tehnologija izrade u suhom doku brodogradilišta te doprema na mjesto ugradnje. U ovom radu tehnologija izrade kesona nije obrađena, već je prikazana samo okvirna cijena ugradnje samog betona pod pretpostavkom da se betoniranje kesona vrši na mjesto ugradnje.



## 7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu prikazan je jedan dio novog projekta modernizacije riječke Rafinerije s naglaskom na izgradnju luke za prekrcaj naftnog koksa. Kroz povijesni pregled razvoja luka prikazan je napredak industrije nafte na području riječkog zaljeva.

Osim pregleda sadržaja nove luke i detaljnog opisa transporta koksa od uređaja za preradu do utovara na brodove, opisane su također osnovne karakteristike brodova specijaliziranih za rasute terete koji se očekuju u novoplaniranoj luci. Maksimalna nosivost takvih brodova je 25.000 tona i na molu su predviđena dva privezna mjesta.

Na području Mediterana se zbog strmih obala i velikih dubina vode uglavnom izvode raščlanjene obalne konstrukcije što je primjer i u luci Urinj. Obala će biti pristupnim mostom povezana na plato s privezištima koji se temelji na duboko bušenim pilotima.

Umjesto raščlanjene konstrukcije, u radu je obrađen primjer projektiranja masivnog vertikalnog lukobrana s kesonske konstrukcije. Obzirom na opterećenja tla i visinu vode, proveden je proračun stabilnosti i napravljen poprečni presjek vertikalnog lukobrana. Iako je ova varijanta puno jednostavnija za izvedbu što se tiče složenosti radova, u konačnici je zaključeno da izvedba vertikalnog lukobrana s kesonima ne bi bila odgovarajuće rješenje. Osnovni razlog je svakako ekonomičnost i nefleksibilnost spomenute konstrukcije. Osim toga, kod vertikalnog lukobrana refleksija valova je velika što dovodi do toga da će luka biti manje dana uporabljiva u odnosu na projektiranu konstrukciju koja zbog svoje transparentnosti praktično i nema refleksije.

## 8. LITERATURA

- [1] [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE/OTPADOM/Opuo//29\\_7\\_2020\\_Elaborat\\_INA\\_rafinerija\\_Rijeka.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE/OTPADOM/Opuo//29_7_2020_Elaborat_INA_rafinerija_Rijeka.pdf) – pristup 20.05.2021.
- [2] Idejni projekt 1510-BD-15090, IVICOM Consulting d.o.o., studeni 2015.
- [3] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Rafinerija\\_nafte](https://hr.wikipedia.org/wiki/Rafinerija_nafte) - pristup 07.04.2021.
- [4] <http://www.lokalpatrioti-rijeka.com/forum/viewtopic.php?t=1573&f=86> - pristup 07.04.2021.
- [5] <https://www.portauthority.hr/kronologija/> - pristup 07.04.2021.
- [6] <http://darhiv.ffzg.unizg.hr/id/eprint/10425/1/Grbe%C5%A1%20diplomski-%20Industrija%20grada%20Rijeke%20od%201945.-1955%20-3.pdf> - pristup 07.04.2021.
- [7] <https://lukarijeka.hr/povijest/> - pristup 20.04.2021.
- [8] Izvješće o obavljenoj financijskoj reviziji lučke uprave Rijeka za 2017., Republika Hrvatska, Državni ured za reviziju, Područni ured Rijeka; Rijeka, 12. lipnja 2019.
- [9] <https://janaf.hr/o-nama/tko-smo> - pristup 20.04.2021.
- [10] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadranski\\_naftovod](https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadranski_naftovod) - pristup 22.04.2021.
- [11] <https://janaf.hr/sustav-janafa> - pristup 25.04.2021.
- [12] [file:///C:/Users/Dragana%20Milan/Downloads/VDekic\\_PUN\\_15%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dragana%20Milan/Downloads/VDekic_PUN_15%20(1).pdf)  
Velid Đekić: Rafinerija nafte Rijeka – europski pionir u preradi crnog zlata
- [13] [https://www.reddit.com/r/croatia/comments/l6e9mo/rafinerija\\_nafte\\_rijeka\\_1930/](https://www.reddit.com/r/croatia/comments/l6e9mo/rafinerija_nafte_rijeka_1930/) - pristup 03.05.2021.
- [14] <https://rijekaheritage.org/hr/kj/ina> - pristup 03.05.2021.
- [15] <https://ekonzultacije.rijeka.hr/zona-bivse-rafinerije-mlaka/> - pristup 03.05.2021.
- [16] <https://lng.hr/o-terminalu> - pristup 25.04.2021.
- [17] Krk LNG Terminal, Floating import facility, Krk Island, Croatia (nsenergybusiness.com) - pristup 25.04.2021.
- [18] <http://www.energetika-net.com/specijali/izdvajamo/napreduje-gradnja-lng-terminala-na-krku-29125> - pristup 25.04.2021.

- [19] <https://lng.hr/o-luci> - pristup 28.04.2021.
- [20] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Koks> - pristup 28.04.2021.
- [21] <http://fluminensia.org/tag/bakarska-koksara> - pristup 28.04.2021.
- [22] <https://www.novolist.hr/rijeka-regija/rijeka/bakru-otvorena-vrata-jaceg-razvoja-završen-likvidacijski-postupak-tvrtke-koksar-d-o-o/> - pristup 28.04.2021.
- [23] <http://fluminensia.org/tag/bakarska-koksara> - pristup 28.04.2021.
- [24] <https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane/te-rijeka/1562> - pristup 06.05.2021.
- [25] [https://www.hep.hr/proizvodnja/UserDocsImages/dokumenti/Sustav\\_upravljanja\\_sigurnosc/informacije\\_za\\_javnost/Informacije\\_za\\_javnost\\_SUS\\_TE\\_Rijeka.pdf](https://www.hep.hr/proizvodnja/UserDocsImages/dokumenti/Sustav_upravljanja_sigurnosc/informacije_za_javnost/Informacije_za_javnost_SUS_TE_Rijeka.pdf) - pristup 06.05.2021.
- [26] Rijeka Thermal Power Station - Wikipedia - pristup 06.05.2021.
- [27] <https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane/te-rijeka/1562> - pristup 07.05.2021.
- [28] J. Prcela, S.Mordanini, CIVIL - MARITIME STUDY, Roma, Italy, 15.02.2021
- [29] <http://hb.hr/wp-content/uploads/2014/12/HBJ-Rjecnik-brodogradjevnog-nazivlja.pdf> - pristup 15.06.2021.
- [30] ELABORAT ZAŠTITE OKOLIŠA; Rekonstrukcija INA - Rafinerije nafte Rijeka - izgradnja koking kompleksa: segment luke, skladišta i transportnog sustava za koks, Primorsko-goranska županija; Srpanj 2020.
- [31] Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2016
- [32] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Val> - pristup 07.06.2021.
- [33] Komadina, P.: Brodovi multimodalnog transportnog sustava, Sveučilište u Rijeci, Rijeka,1998.
- [34] <https://www.fsb.unizg.hr/index.php?fsbonline> – pristup 15.06.2021.
- [35] Rijeka Refinery upgrade project - coke port, storage and handling conceptual design, KT - Kinetics Technology S.p.A., srpanj 2020.
- [36] Dvornik, J., Dvornik S.: Konstrukcija broda, Sveučilište u Splitu, Split, 2013.
- [37] Pršić, 2011.; Takahashi, 2002.
- [38] Marko, P., 2008, Vodnogospodarskegrađevine; Pomorske gradnje, Tehničko Veleučilište Zagreb

[39]

[http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni\\_putevi\\_i\\_luke/predavanja/SCR\\_PPL\\_Pogl%206\\_8%20Lukobr\\_200510.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni_putevi_i_luke/predavanja/SCR_PPL_Pogl%206_8%20Lukobr_200510.pdf)

[40] Pršić: VODNOGOSPODARSKE GRAĐEVINE, POMORSKE GRADNJE, 2008

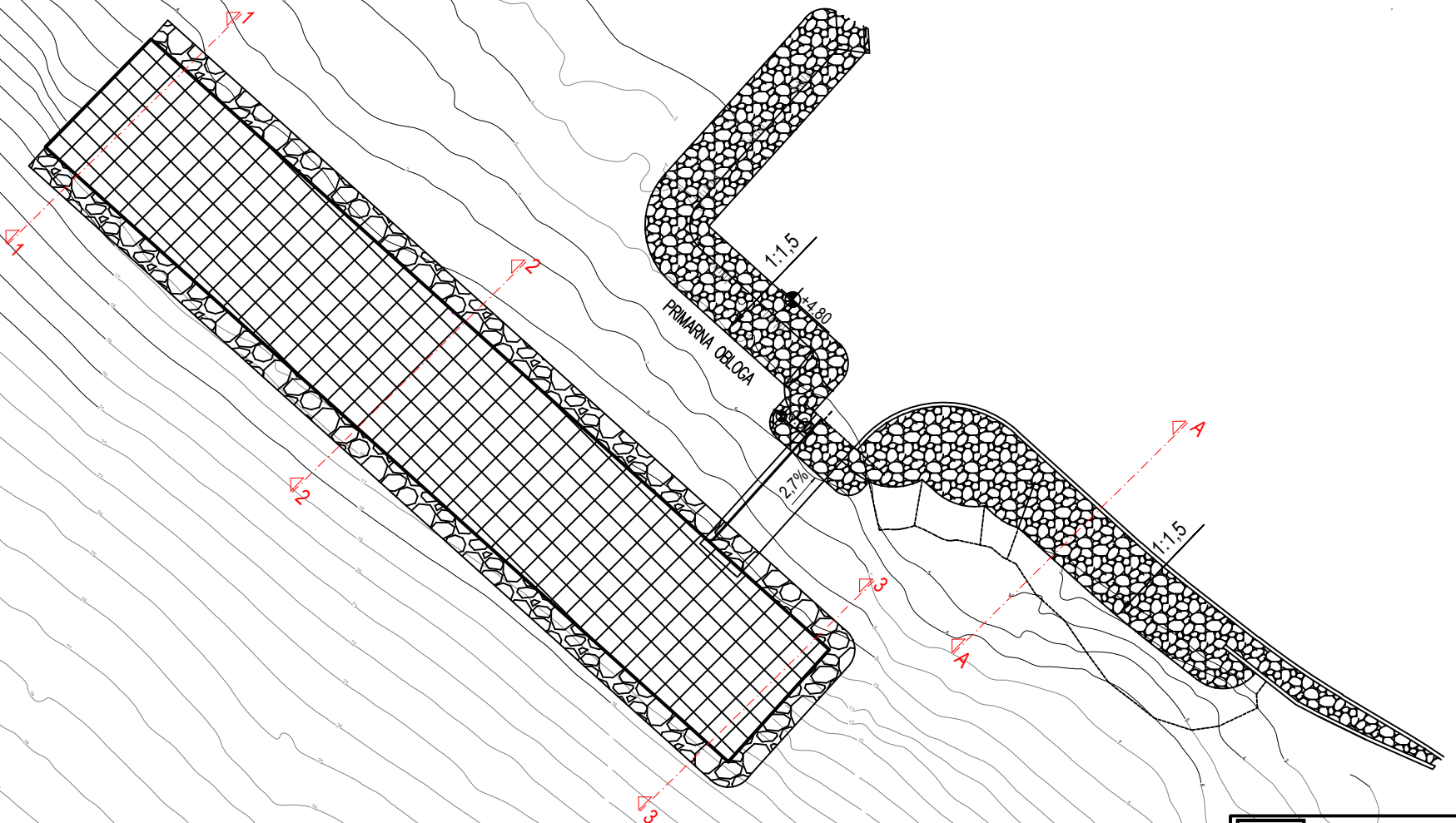
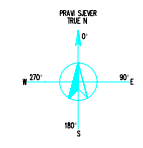
[41] Takahashi, S., 1996., Design of vertical Breakwaters

[42] Feys, S, 2008., Design of a new anti – reflective caisson

## 9. GRAFIČKI PRILOZI

- |    |   |          |
|----|---|----------|
| 1. | Situacija varijante vertikalnog lukobrana | M 1:1000 |
| 2. | Karakteristični poprečni presjek          | M 1:100  |
| 3. | Poprečni presjek - profil 1               | M 1:100  |
| 4. | Poprečni presjek - profil 2               | M 1:100  |
| 5. | Poprečni presjek - profil 3               | M 1:100  |
| 6. | Poprečni presjek kroz plato A-A           | M 1:200  |

SITUACIJA M 1:1000

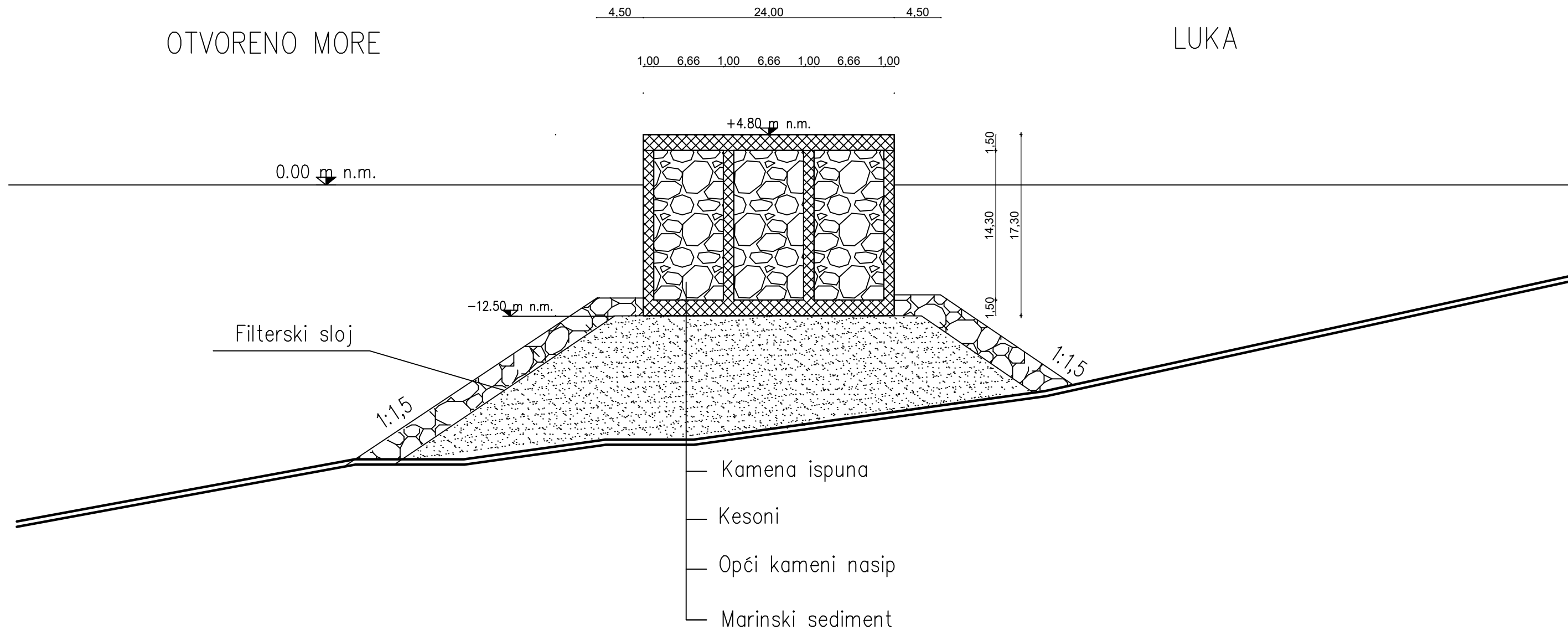


<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa		Sadržaj nacrt: Situacija	
Student: Dragana Paskaš		Kolegij: Obalne građevine	
Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ.	Datum: rujan, 2021.	Mjerilo: 1:1000	List: 1

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

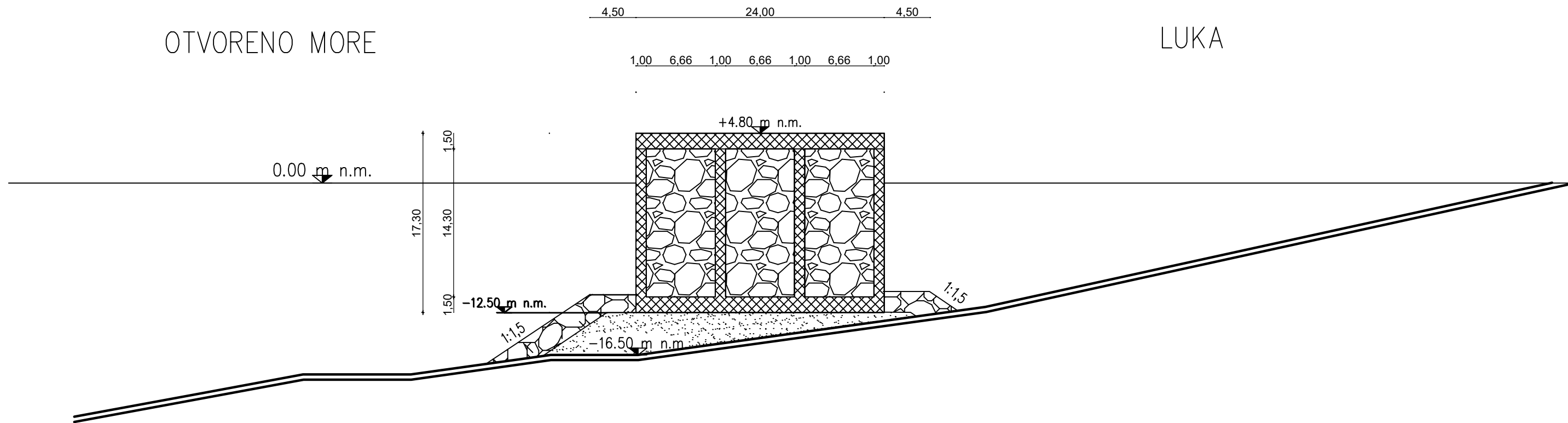
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

KARAKTERISTIČNI PRESJEK VERTIKALNOG LUKOBRANA  
M 1:100



<p><b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</p>			
<p>Diplomski rad: Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa</p>		<p>Sadržaj nacrt: Karakteristični presjek vertikalnog lukobrana</p>	
<p>Student: Dragana Paskaš</p>		<p>Kolegij: Obalne građevine</p>	
<p>Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ.</p>	<p>Datum: rujan, 2021.</p>	<p>Mjerilo: 1:100</p>	<p>List: 2</p>

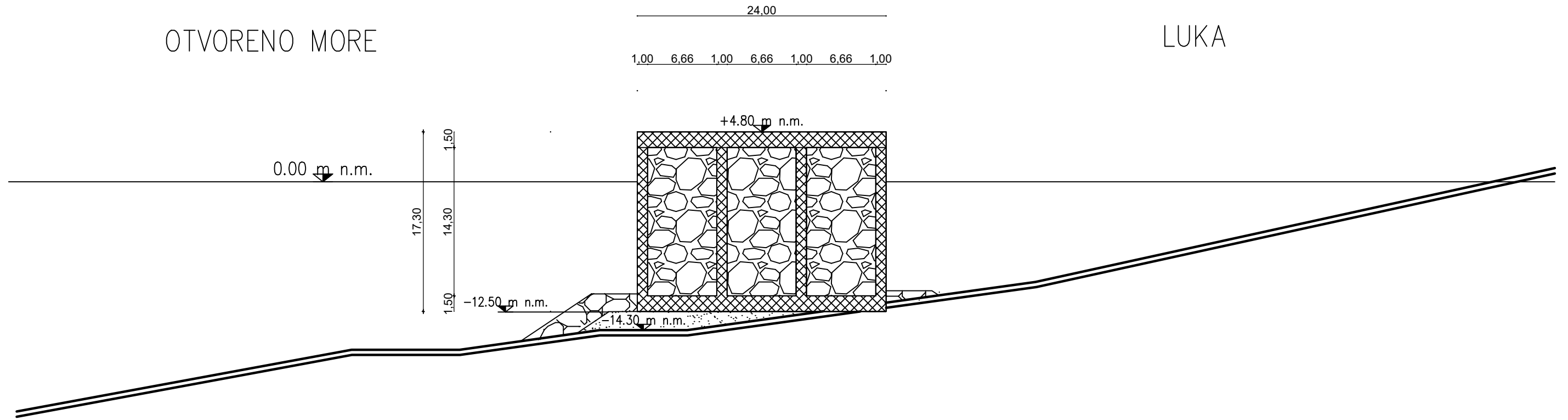
POPREČNI PRESJEK - PROFIL 1  
M 1:100



<p><b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</p>			
<p>Diplomski rad: Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa</p>		<p>Sadržaj nacrt: Poprečni presjek - profil 1</p>	
<p>Student: Dragana Paskaš</p>		<p>Kolegij: Obalne građevine</p>	
<p>Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ.</p>	<p>Datum: rujan, 2021.</p>	<p>Mjerilo: 1:100</p>	<p>List: 3</p>



POPREČNI PRESJEK - PROFIL 2  
M 1:100

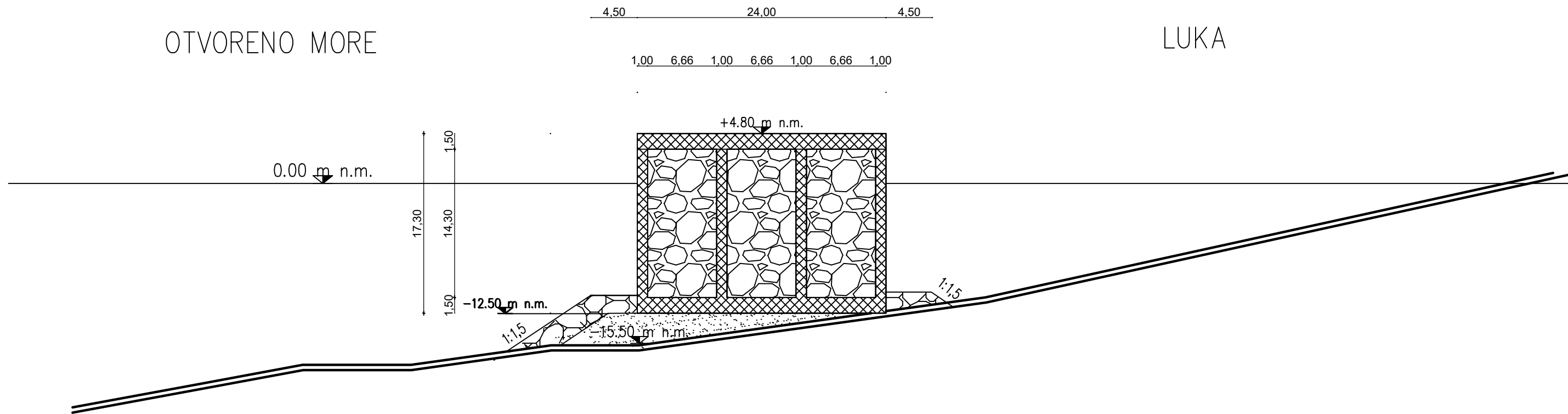


<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa		Sadržaj nacrt: Poprečni presjek - profil 2	
Student: Dragana Paskaš		Kolegij: Obalne građevine	
Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ.	Datum: rujan, 2021.	Mjerilo: 1:100	List: 4

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

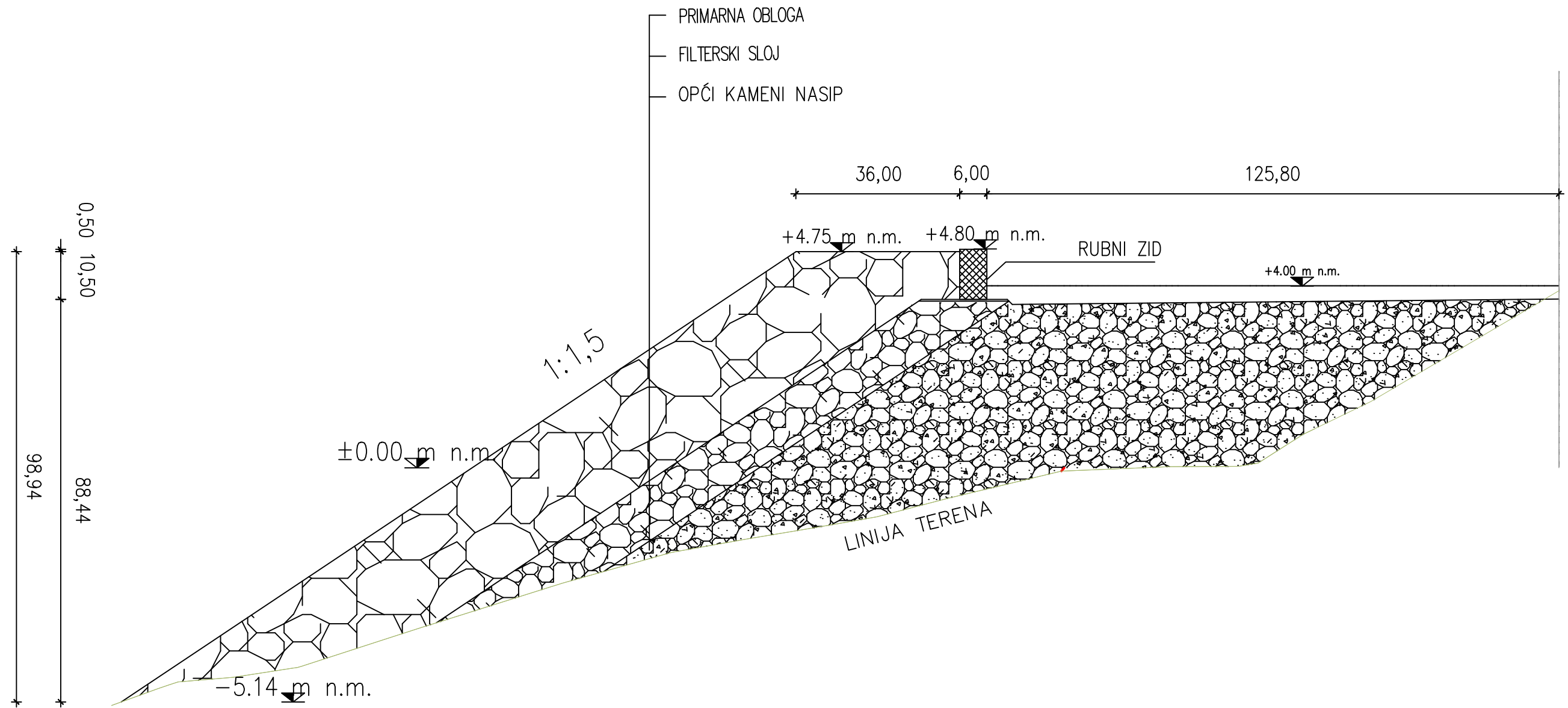
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

POPREČNI PRESJEK - PROFIL 3  
M 1:100



<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa		Sadržaj nacrt: Poprečni presjek - profil 3	
Student: Dragana Paskaš		Kolegij: Obalne građevine	
Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ.		Datum: rujan, 2021.	Mjerilo: 1:100
		List: 5	

POPREČNI PRESJEK KROZ PLATO A-A  
M 1:200



<b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: Idejni projekt luke za prekrcaj naftnog koksa		Sadržaj nacrt: Poprečni presjek kroz plato A-A	
Student: Dragana Paskaš		Kolegij: Obalne građevine	
Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić dipl.ing.građ.	Datum: rujan, 2021.	Mjerilo: 1:200	List: 6