

Idejno rješenje luke Tarska vala u Istri

Greblo, Monika

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:157:391338>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



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**

Monika Greblo

**Idejno rješenje luke Tarska vala u Istri
Conceptual design of port Tarska vala in Istria**

Završni rad

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Osnove obalnog inženjerstva**

**Monika Greblo
JMBAG: 0114030063**

**Idejno rješenje luke Tarska vala u Istri
Conceptual design of port Tarska vala in Istria**

Završni rad

Rijeka, 2022.

IZJAVA

Završni rad izradila sam 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.

Monika Greblo

U Rijeci, 19. rujna 2022.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Ninu Krvavici na pomoći, podršci i savjetima pri pisanju ovog završnog rada.

Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljima uz koje je studiranje bilo lakše, a moji fakultetskih dani zabavniji i veseliji.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i sestri koji su me sve ove godine podržavali, hrabрили i ono najvažnije, vjerovali u mene i onda kada ja to sama nisam. Bez vas sve ovo ne bi bilo moguće i na tome Vam neizmjerно hvala.

SAŽETAK

U ovom završnom radu prezentirano je idejno rješenje luke u Tarskoj vali nedaleko od grada Novigrada. Na samome početku rada opisana su obilježja predmetnog područja te povijesne i geografske značajke koje pružaju uvid u postojeće stanje na predmetnoj lokaciji. Provedeno je dimenzioniranje vertikalnog lukobrana prema metodi Goda za provjeru stabilnosti na prevrtanje i klizanje lukobrana te dimenzioniranje obalnog zida i plutajućih gatova. Na kraju rada izrađeni su nacrti obalnih građevina i dan je prijedlog rasporeda vezova i plovila u luci.

Ključne riječi:

Tarska vala, lukobran, obalni zid, stabilnost, plutajući gat

ABSTRACT

In this thesis, the conceptual design of the port in Tarska Vala, not far from the city of Novigrad is presented. First, the features of the subject area are described, as well as historical and geographical features that provide an insight into its current situation. Vertical breakwater was designed according to the Goda method followed by stability check against overturning and sliding. Coastal wall and floating berths were also designed. Finally, technical drawings were made for all coastal structures, as well as the berthing plan.

Key words:

Tarska vala, breakwater, coastal wall, stability, floating berths

SADRŽAJ

1. OBILJEŽJA PREDMETNOG PODRUČJA	13
1.1. Povijesni pregled	13
1.2. Geografski pregled	14
1.3. Geološke značajke	16
2. PREGLED PROSTORNO PLANSKE DOKUMENTACIJE	18
3. VJETROVALNA KLIMA	20
3.1. Vjetar	20
3.2. Prognoza dubokovodnih valova	24
4. RAZINE MORA	35
5. SITUACIJA I SMJEŠTAJ PLOVILA UNUTAR LUKE	37
6. METODOLOGIJA PRORAČUNA OBALNIH GRAĐEVINA	44
7. DIMENZIONIRANJE OBALNIH GRAĐEVINA	62
7.1. Primarni lukobran	62
7.2. Obalni zid	69
7.3. Gatovi	77
8. ZAKLJUČAK	79
9. LITERATURA	80

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz ribarskih predmeta u Zavičajnom muzeju grada Poreča [14].....	13
Slika 2. Ulov cipli u Tarskoj vali [14]	14
Slika 3. Geografski položaj općine Tar - Vabriga [5]	15
Slika 4. Postojeće stanje Tarska vala; autor: Monika Greblo, 2022	16
Slika 5. Geološka karta Istarske županije [22]	17
Slika 6. Kartografski prikaz Tar - Vabriga [15]	18
Slika 7. Građevinska područja za luku Tarska vala.....	19
Slika 8. Beaufortova ljestvica [12]	21
Slika 9. Ruža vjetrova [12]	23
Slika 10. Godišnja ruža vjetrova za luku Karigador u razdoblju (1951. - 2000.) [3]	23
Slika 11. Groen - Dorrenstein dijagram [12]	25
Slika 12. Smjerovi vjetra odabrani za analizu ispred luke Tarska vala	26
Slika 13. Prikaz pomoćnih linija za smjer SW	27
Slika 14. Očitavanje parametara iz Groen - Dorrenstein dijagrama	28
Slika 15. Prikaz pomoćnih linija za smjer WSW	29
Slika 16. Očitavanje parametra iz Groen - Dorrenstein dijagrama.....	30
Slika 17. Prikaz pomoćnih linija za smjer W	31
Slika 18. Očitavanje parametara iz Groen - Dorrenstein dijagrama.....	32
Slika 19. Prikaz pomoćnih linija za smjer NW	33
Slika 20. Očitavanje parametara iz Groen - Dorrenstein dijagrama.....	34
Slika 21. Prikaz mareografa na obali Jadranskog mora [21]	35
Slika 22. Prikaz razina mora [3]	36
Slika 23. Slika dimenzija plovila [8]	37
Slika 24. Opterećenja na privezno mjesto [8].....	40
Slika 25. Dimenzioniranje sidrenog sustava plutajućih gatova [8]	42
Slika 26. Tipovi lukobrana [20].....	44
Slika 27. Nasuti lukobran [9].....	45
Slika 28. Betonski zaštitni elementi [9].....	46
Slika 29. Primarna obloga nasutog lukobrana [9]	47
Slika 30. Prvi međusloj sekundarne obloge [9]	49
Slika 31. Drugi međusloj sekundarne obloge [9]	50
Slika 32. Jezgra nasutog lukobrana [9].....	51

Slika 33. Utjecaj valova na vertikalni lukobran [10].....	53
Slika 34. Metoda Sainflou [9]	54
Slika 35. Shematski prikaz opterećenja [10]	55
Slika 36. Metoda Goda [9]	56
Slika 37. Kut između smjera propagacije valova i normale lukobrana [9].....	57
Slika 38. Prikaz dijagrama opterećenja [10].....	59
Slika 39. Tipovi obalnih zidova [11].....	59
Slika 40. Shematski prikaz obalnog zida.....	60
Slika 41. Shematski prikaz opterećenja koja djeluju na obalni zid	61
Slika 42. Razmak i raspored bazena i plutajućih gatova	77

POPIS TABLICA

Tablica 1. Učestalost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra po klasama jačine vjetra za Rovinj (1951 - 2000) Pula [3].....	22
Tablica 2. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer SW	27
Tablica 3. Prognoza dubokovodnih parametra za smjer vjetra SW.....	28
Tablica 4. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer WSW	29
Tablica 5. Prognoza dubokovodnih valova za smjer vjetra WSW	30
Tablica 6. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer W	31
Tablica 7. Prognoza dubokovodnih parametra za smjer vjetra W.....	32
Tablica 8. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer NW	33
Tablica 9. Prognoza dubokovodnih parametara za smjer vjetra NW	34
Tablica 10. Tablica minimalne dubine prema ACY - u [8].....	38
Tablica 11. Tablica dimenzija priveznih mjesta za manja plovila prema "Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama" [8].....	39
Tablica 12. Okvirne vrijednosti priveznih sila po metru dužnom [8].....	42
Tablica 13. Preporučeni koeficijent stabilnosti K_D [9].....	47
Tablica 14. Koeficijent sloja K_Δ [9]	48
Tablica 15. Parcijalni koeficijenti po EN 1997 - 1 [9]	58
Tablica 16. Minimalne dubine na priveznim mjestima	78
Tablica 17. Broj priveznih mjesta.....	78

UVOD

Na zapadnoj obali Istarske županije nalazi se najsjevernija luka pod nazivom Tarska vala koja je poznata po uzgoju riba. Potaknuta idejom jednog Tarskog ribara i njegovom potrebom da se omogući veći broj vezova za njegove i brodice drugih ribara, proizašla je ideja za pisanje ovog rada. Luka je zadovoljavajuće zaštićena od nevrijemena te brojni ribari rado se služe ovom lučicom.

Rad je usmjeren na analizu proračuna lukobrana, obalnog zida i plutajućih gatova. Projektiranje obalnih građevina sastoji se od niza postupka kojima je cilj definiranje optimalne veličine presjeka konstrukcije. Idejnim projektom pokušat će se urediti obalno područje u Tarskoj vali. Prije početka rada, prikupljeni su podaci iz prijašnjih studija o vjetrovalnoj klimi te je opisana metodologija dimenzioniranja i proračuna lukobrana, obalnog zida te plutajućih gatova. Dimenzioniranje lukobrana provodi se prema metodi Goda za provjeru stabilnosti na prevrtanje i klizanje. Obalni zid izvest će se metodom za složeni obalni zid dok će se plutajući gatovi provoditi prema „*Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama*“ [18]. Uređenje uvale Tarska vala moći će poboljšanju ugostiteljsko – turističke ponude.

1. OBILJEŽJA PREDMETNOG PODRUČJA

Tarska vala je mala luka dobro zaklonjena od nevrijemena s dugom tradicijom lučkih aktivnosti. Duboko uronjena u ušću rijeke Mirne i uz prometnicu državnog značaja, ima neizmjeran značaj za ulov ribe.

Luka se nalazi otprilike na 2 kilometara zračne udaljenosti od centra Tara i 3 kilometara od grada Novigrada.

1.1. Povijesni pregled

Unutar obuhvata Tarske vale kao ni u njezinoj široj okolici nema evidentiranih ni zaštićenih elemenata kulturno - povijesne baštine. Evidentirani su samo podvodni molovi koji dokazuju da se luka od davnina koristila za privez brodica. Tijekom povijesti uvala je bila i još uvijek je poznata po tradicionalnom ulovu cipli. Ribolovstvo na području Tara poznato je još iz 10. stoljeća koje se može potvrditi predmetima i raznim alatima izloženim u Zavičajnom muzeju grada Poreča (Slika 1.).



Slika 1. Prikaz ribarskih predmeta u Zavičajnom muzeju grada Poreča [14]

Na fotografiji (Slika 2.) prikazan je ulov cipli te spuštanje mreža u luci. Mještani grada Tara pripovijedaju da nakon šta bi završio ulov ribe održala bi se tradicionalna lokalna ribarska fešta, popraćena gurmanskim i etnografskim sadržajem. [14]

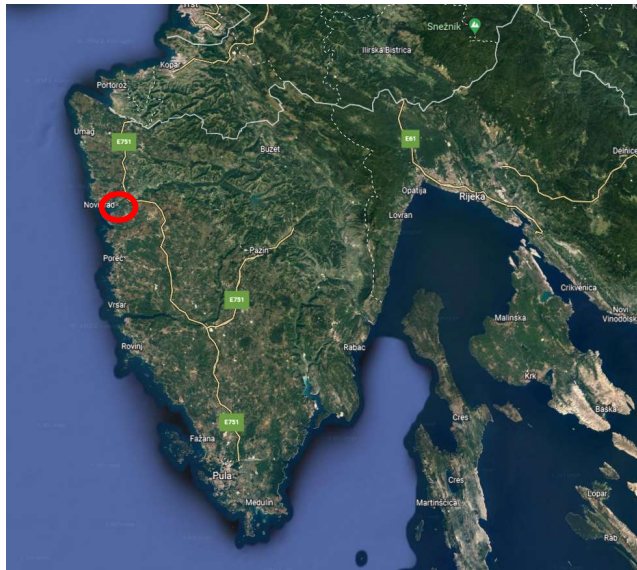


Slika 2. Ulov cipli u Tarskoj vali [14]

1.2. Geografski pregled

Najveća zelena oaza sjevernog Jadrana, Istra, prostire se na površini od 2 820 km². Dužina obale najzapadnije županije Republike Hrvatske, a ujedno i najvećeg jadranskog poluotoka iznosi 445 km. U istarskoj županiji stanuje 195 794 stanovnika. Istarska županija obuhvaća 31 općinu i 10 gradova. Kao neke od najvažnijih i najistaknutijih gradova Istre valja izdvojiti grad sporta Buzet, rudarski grad Labin, ekonomski centar poluotoka Pulu, administrativni centar Pazin te prvi izgrađeni rimski grad Poreč.

Smještena na zapadnoj obali Istre, tek 8 kilometara sjeveroistočno od Poreča, jedinog istarskog grada pod zaštitom UNESCO-a nalazi se naselje Tar. Naselje Tar pripada općini Tar – Vabriga koja se sastoji od dva naselja spomenutog Tara i naselja Vabriga. Tarska vala prikazana na (Slika 4.) nalazi se na području djelovanja općine Tar – Vabriga u podnožju napuštenog kamenoloma.



Slika 3. Geografski položaj općine Tar - Vabriga [5]

Prostor općine Tar – Vabriga graniči s gradom Novigradom na sjeveru, sjeveroistočno s gradom Porečom te istočno s Općinom Kaštelir – Labinci. Prostor Tarske općine obuhvaća površinu od 2800 km² te ima svega 886 stanovnika te posjeduje vrlo razvijeno gospodarstvo. [26]

Stanovnici Tara i okolice najčešće se bave poljodjelstvom, ribarstvom, ali i turizmom. Geografski položaj uvale prikazan je na Slika 3.

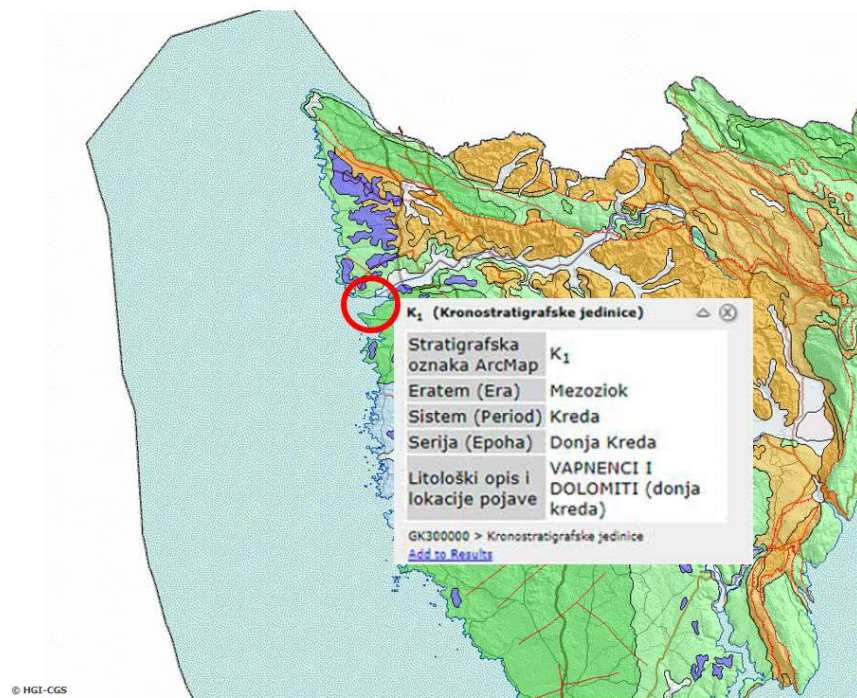


Slika 4. Postojeće stanje Tarska vala; autor: Monika Greblo, 2022

1.3. Geološke značajke

Istarsku županiju možemo podijeliti po boji tla na 3 dijela: Crvena Istra, Siva Istra i Bijela Istra; a podjela se vodi po boji tla. Bijela Istra obuhvaća područje gorskog „hrbata“ Učke i vapnenačkog vijenca Ćićarije. Poznata je kao visoka zona Istre zbog golog krša i vapnenačkih stijena nastalih krčenjem šuma. [3] Središnja Istra s prevladavajućim sivim bojama naziva se Sivom Istrom i obuhvaća područje središnjeg dijela poluotoka. Jedan od važnijih elementa Sive Istre je velika vodonepropusnost flišnih naslaga zbog čega je ovo područje bogato razgranatom mrežom tekućica i smanjenom erozijom. Crvena Istra obuhvaća područje zapadne i jugozapadne obale poluotoka. [4] Zbog velike podložnosti kemijskom trošenju vapnenačke podloge na području Crvene Istre nastaju brojne škarpe, uvale, spilje, ponori i jame.

Prema Geološkoj karti Hrvatske (Slika 5.) [22] Tarska vala je izrađena od karbonatnih stijena dobre propusnosti koje onemogućuju ispiranje tla zbog čega dolazi do nakupljanja zemlje crvenice. Prirodni oblik obale uvale Tara nasipan je rastresitim materijalom iz susjednog kamenoloma dok je u sjeveroistočnom dijelu uvale dno prekriveno muljem dubine do 3 metra zbog donosa sitnozrnastih čestica rijeke Mirne koja se ulijeva u more u neposrednoj blizini. Na središnjem dijelu uvale nalazi se pjeskovito dno koje se sastoji od sitnozrnstih mineralnih čestica i pijeska nastaloga s djelovanjem mulja i organskog sastava tvari. [22]



Slika 5. Geološka karta Istarske županije [22]

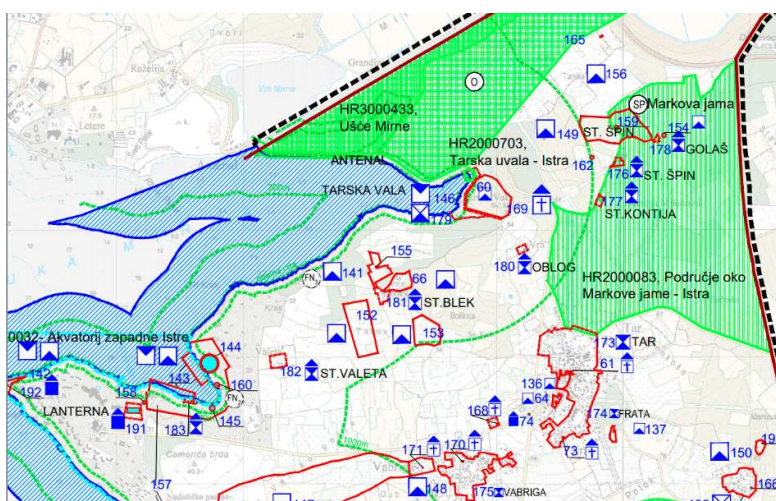
2. PREGLED PROSTORNO PLANSKE DOKUMENTACIJE

Pregledom prostornog plana uređenja općine Tar – Vabriga (Službeni glasnik Općine Tar – Vabriga; broj 13/13, 12/14) [15] određeno je područje lučke djelatnosti koje će se prenamijeniti za sportske i ribarske aktivnosti. Luka će upotrebljavati plutajuće vezove kako bi očuvala morsko podmorje zbog četiri jedine preostale zaštićene plemenite periske. U sjevernom dijelu ribarske luke očekuje se razvoj marikulture, a planom je određeno i područje za uzgoj školjaka.

Urbanističkim planom uređenja (Službeni glasnik Općine Tar – Vabriga; broj 4/14, 12/14) [16] predviđena je gradnja ugostiteljsko – turističkih objekata na dijelu Tarske vale zbog sve većeg broja kupaca na obližnjoj plaži. Zabranjena je novogradnja zbog mogućnosti zagađenja ušća rijeke Mirne. Povijesne građevine će se sanirati i održavati uz upotrebu prirodnih i tradicionalnih materijala.

U planu je izgradnja jedne od većih investicija - benzinske postaje za nautičke potrebe. Zbog velikog broja obitavanja nesvakidašnjih ptica na području Tarske vale, prostor je zaštićen.

Na kartografskom prikazu iz PPUO – a Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, prikazani su nekadašnji podvodni arheološki lokaliteti – molovi (oznaka na Slika 6., broj 146) te naseljena povijesna cjelina broj 179, (Slika 6.)). [15]



Slika 6. Kartografski prikaz Tar - Vabriga [15]

Iz izvotka PPUO [15] Tar-Vabriga određeno je područje razvoja ribarske i sportske lučice koja će jednim dijelom biti na kopnu, a drugim dijelom na moru. Na karti mjerila 1.5000 vidimo odabrano područje razvitka lučice.
















Slika 7. Građevinska područja za luku Tarska vala

3. VJETROVALNA KLIMA

Uvala ima umjerenu mediteransku klimu s toplim ljetima i ponešto kraćim sušnim razdobljima.

3.1. Vjetar

Vjetar možemo opisati kao pretežito vodoravno strujanje zraka prema zemljinoj površini određeno jačinom, smjerom i učestalošću puhanja. Mjeri se u mph (mile per hour), čvor, km/h, m/s ili prema Beaufortovoj ljestvici. Smjer vjetra je utvrđen engleskim kraticama za strane svijeta (N, E, S, W i tako dalje.) Brzinu vjetra možemo mjeriti anemometrom ili pomoću Beaufortove ljestvice (Slika 8.). Beaufortova ljestvica ili Beaufortova skala sile vjetrova je empirijska ljestvica za određivanje vjetra bez korištenja instrumenta. Ona sadrži 0 – 12 stupnjeva određenih po učincima koje vjetar ima na dim, valove, drveće i tako dalje. Ovoj skali su pridružene su pripadajuće godišnje ruže vjetrova s odgovarajućim srednjim brzinama vjetra, a prikazane su u razredima koje odgovaraju stupnjevima (bofor) za godinu. [1]

bofora	naziv vjetra	učinak vjetra na kopnu	učinak vjetra na moru	slika	brzina vjetra
0	tišina	Dim se diže vertikalno u vis, zastave i lišće su nepomični	površina vode kao ogledalo		do 0.3 m/s do 1 km/h
1	lahor	vjetrulja se ne pokreće, može mu se razaznati smjer prema dimu koji se podiže	mreškanje vode		0.4 - 1.5 m/s 1 - 5 km/h
2	povjetarac	vjetrulja se pokreće, lišće treperi, svileni zastava leprša	mali valići, kreste valića su još prozirne i ne lome se		1.6 - 3.3 m/s 6 - 11 km/h
3	slab vjetar	lišće zajedno s grančicama se neprekidno njiše i šušti, zastava leprša	veći valići, kreste valića se počinju lomiti		3.4 - 5.4 m/s 12 - 19 km/h
4	umjeren vjetar	diže prašinu, suho lišće i papir s tla; zastavu drži ispruženu, njiše manje grane	mali valovi, bijele krijeste na vrhovima valova		5.5 - 7.9 m/s 20 - 28 km/h
5	umjereni jak vjetar	njiše veće lisnate grane i čitava mala stabla	umjereni valovi, puno bijelih krijesti na vrhovima valova		8.0-10.7 m/s 29 - 38 km/h
6	jak vjetar	svijaju se velike grane, teško je nositi otvoren kišobran, telefonske žice zvižde	veliki valovi se formiraju, brijele krijeste su posvuda		10.8-13.8m/s 39 - 49 km/h
7	vrlo jak vjetar	njiše se neprekidno veće lisnato drveće, hodanje protiv vjetra je otežano	vjetar počinja otpuhivati pjenu sa valova niz vjetar		13.9-17.1m/s 50 - 61 km/h
8	olujni vjetar	njiše čitava stabla i lomi velike grane; sprečava svako hodanje protiv vjetra.	umjereni visoki valovi velike dužine, krijeste valova se lome kružno, vjetar nosi pjenu		17.2-20.7m/s 62 - 74 km/h
9	oluja	pomiče manje predmete i baca crjep, čini manje štete na kućama i drugim objektima	visoki valovi, guste pruge pjene niz vjetar, smanjena vidljivost		20.8-24.4m/s 75 - 88 km/h
10	jaka oluja	obara drveće i čupa ga s korjenjem; čini znatne štete na zgradama	vrlo visoki valovi sa velikim visećim krijestama, skoro cijela površina je bijela		24.5-28.4m/s 88-102 km/h
11	teška oluja	čini teške štete, na većem području djeluje razorno	extremno visoki valovi, sva površina bijela od pjene, vidljivost jako smanjena		28.5-32.6m/s 103-117km/h
12	orkan	opustoši čitav jedan kraj	zrak je ispunjen sa kapljicama vode i pjenom, cijela površina bijena, jako mala vidljivost		32.7-36.9m/s 118-133km/h

Slika 8. Beaufortova ljestvica [12]

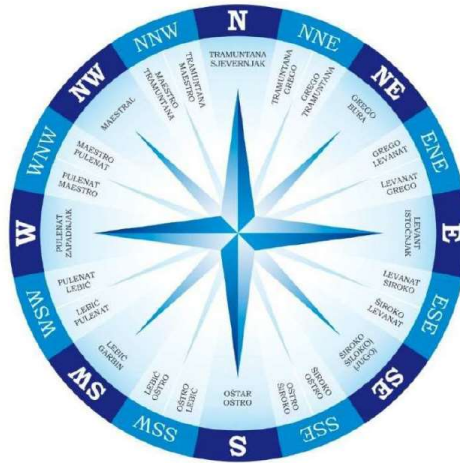
Za potrebu analize Tarske vale na raspolaganju su službeni podaci Hrvatskog hidrografskog instituta u Splitu za područje luke Karigador. [3] Srednji satni podaci o brzini i smjeru vjetra prikazani su u (Tablica 1.) za razdoblje (1951 – 2000.).

Tablica 1. Učestalost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra po klasama jačine vjetra za Rovinj (1951 - 2000) Pula [3]

Jačina (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ZBROJ
N		25.5	13.4	4.1	1.1	0.2	0.1	0.0						44.3
NNE		15.3	14.9	4.9	2.0	0.8	0.2	0.0						38.1
NE		72.2	48.9	12.9	5.9	1.9	0.5	0.0	0.0					142.2
ENE		26.2	39.7	11.4	4.3	1.8	0.6	0.1						84.0
E		19.6	17.5	4.8	1.6	0.8	0.1	0.1						44.4
ESE		10.0	20.4	5.6	2.0	0.4	0.1	0.0	0.0					38.5
SE		51.7	39.3	25.9	8.4	2.2	0.5	0.2	0.1		0.0			128.2
SSE		12.1	13.2	10.7	4.3	1.0	0.2	0.0						41.4
S		5.2	5.0	4.9	1.9	0.8	0.3	0.0						18.1
SSW		3.8	8.3	9.1	3.7	0.6	0.1	0.0						25.5
SW		9.3	16.7	13.2	4.0	1.2	0.2	0.1	0.0					44.6
WSW		2.3	10.4	13.7	5.2	0.9	0.2	0.0	0.0					32.8
W		3.6	7.0	6.6	1.7	0.3		0.0						19.1
WNW		6.2	8.9	9.1	3.2	0.3	0.0							27.8
NW		34.2	33.7	23.4	3.5	0.4	0.1		0.0					95.3
NNW		9.4	9.4	5.7	1.6	0.2	0.0	0.0						26.3
C	149.4													149.4
ZBROJ	149.4	306.5	306.7	165.9	54.3	13.4	3.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1000.0

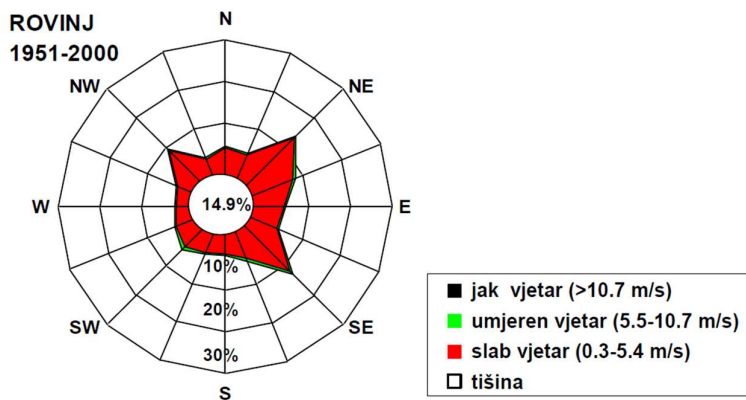
Vektorski dijagram koji prikazuje sva tri parametra vjetra naziva se ruža vjetrova (Slika 9.). Ruža vjetrova prikazuje nam grafičko stanje vjetra na određenom području.

Vjetrovi koji se pojavljuju na području Tarske uvale su lebić i maestral. Na slici 10. prikazana je ruža vjetrova za luku Karigador preuzeta iz klimatološke postaje Rovinj jer za luku Tarska vala ne postoji godišnja ruža vjetrova.



Slika 9. Ruža vjetrova [12]

Promatrana točka u Tarskoj vali izložena je djelovanju vjetrova iz III i IV kvadranta s različitim duljinama privjetišta. Na temelju ovih opažanja, izvest će se daljnji proračun te će se napraviti analiza efektivnih duljina privjetišta za smjerove vjetra iz SW, WSW, W i NW.



Slika 10. Godišnja ruža vjetrova za luku Karigador u razdoblju (1951. - 2000.) [3]

3.2. Prognoza dubokovodnih valova

Metodologija proračuna dubokovodnih valova

U ovom završnom radu prije početka proračuna dubokovodnih valova, potrebno je odrediti jednu karakterističnu točku u dubokovodnom području koja se nalazi prije ulaska u zonu projektirane uvale. Nakon određivanja karakteristične točke dobivaju se parametri koji obilježavaju dubokovodne valne parametre pomoću kojih će se napraviti detaljna analiza proračuna.

Odabrana dubokovodna lokacija koristi se kao središte u koje se smješta osam zraka tako zvanih pravaca koji prikazuju 8 smjerova vjetra: N, NE, E, SE, S, SW, W i NW. Zatim se uklone zrake koje se protežu u smjeru kopna te se dobivaju smjerovi za koje je potrebno izraditi detaljnu analizu. Nakon šta se uklone zrake koje se protežu u smjeru kopna te se dobivaju smjerovi za koje je potrebno napraviti detaljniju analizu.

Za detaljnu analizu proračuna odabrana je „Modificirana Saville-ova metoda koja se izvodi tako da se postavi u svakom od odabranih smjerova jedna centralna zraka koja ima ishodište u promatranoj točki. Zatim se u odnosu na nju sa svake strane reda postavlja po sedam zraka sa istim ishodištem. Svaka zraka je rotirana za 6° od prethodne zrake tako da sve zrake rotirane u smjeru kazaljke na sat imaju pozitivan smjer predznak, dok sve preostale zrake koje se kreću u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu imaju negativan predznak. Ovakva analiza ima ukupno 15 zraka u rasponu numeriranih od -42° do 42° stupnja. Pravac kojeg predstavlja svaka zraka proteže se od svog ishodišta skroz do obale te mu se određuje duljina. Određena duljina svog pravca proračunava se suma njihovih projekcija u centralnu zraku. [24] Dobivena suma dijeli se sa sumom kosinusa kutova centralne zrake i ostalih rotiranih zraka te se dobiva vrijednost duljine efektivnog privjetrišta, koja je prikazana u sljedećoj formuli:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos} \quad (1)$$

gdje je:

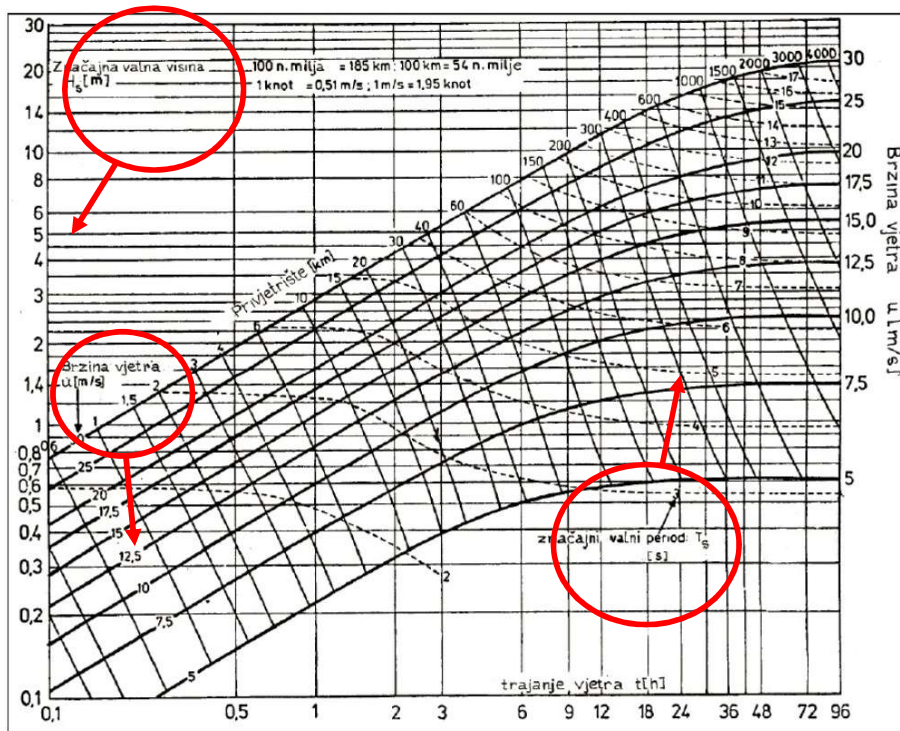
F_{eff} – efektivno privjerište [km]

A – kut otklona zrake vale u odnosu na zraku smjera za koji se izračunava efektivno privjetrište [°]

x_i – duljina privjetrišta zrake otklonjene za kut α

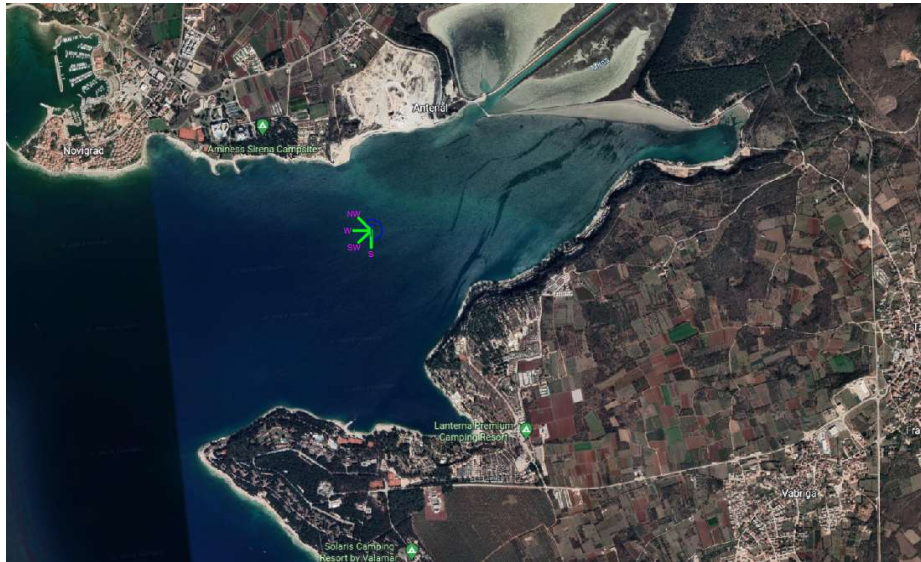
Prognoza dubokovodnih valova za predmetno područje

Na osnovi podataka o maksimalnim satnim brzinama vjetra i efektivnog privjetrišta pomoću Groen-Dorrenstein metode (Slika 11.) očitani su parametri te se dobivaju vrijednosti za značajni valni period T_s , značajnu visina vala H_s i trajanje vjetra t (Slika 10.).



Slika 11. Groen - Dorrenstein dijagram [12]

U nastavku su prikazane vrijednosti prognoziranih dubokovodnih valnih parametara za smjerove S, SW, W i NW (Slika 12.).



Slika 12. Smjerovi vjetra odabrani za analizu ispred luke Tarska vala

Proračun privjetrišta

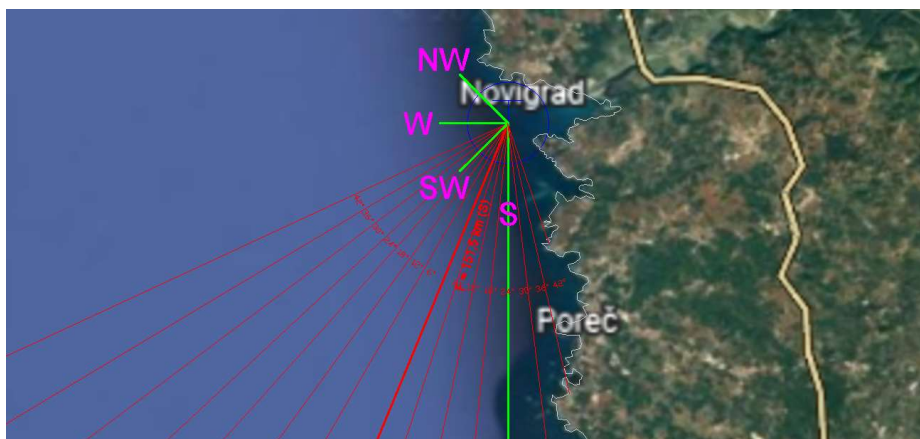
a) Proračun privjetrišta iz smjera SW

U tablici (Tablica 2.) dan je proračun efektivnog privjetrišta, a na slici 13. prikaz je svih pomoćnih linija za smjer SW.

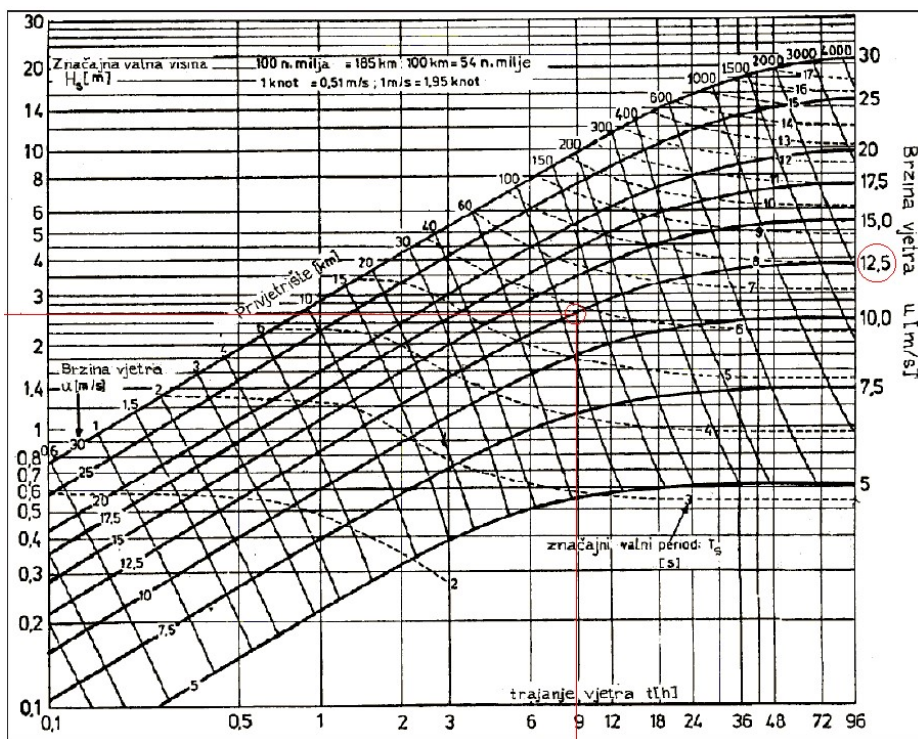
Tablica 2. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer SW

W-SW-S			
α	X_i	$X_i \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha$
°	km	deg	
42	118,98	88,42	0,74
36	113,53	91,85	0,81
30	113,58	98,36	0,87
24	111,63	101,98	0,91
18	106,91	101,68	0,95
12	113,17	110,69	0,98
6	143,80	143,01	0,99
0	155,27	155,27	1,00
6	167,36	166,44	0,99
12	174,97	171,14	0,98
18	181,32	172,45	0,95
24	184,95	168,96	0,91
30	188,95	163,63	0,87
36	199,49	161,39	0,81
42	203,69	151,37	0,74
SUM	2277,59	2046,65	13,51

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{2046,6}{13,5} = 151,5 \text{ km}$$



Slika 13. Prikaz pomoćnih linija za smjer SW



Slika 14. Očitavanje parametara iz Groen - Dorrenstein dijagrama

Legenda tablice:

H_s – značajna visina vala

T – period vala

T_r – trajanje vjetra

Tablica 3. Prognoza dubokovodnih parametara za smjer vjetra SW

smjer vj.	privjet	$u = 12,5 \text{ m/s}$		
°	Feff [km]	H_s [m]	T [s]	t_r [h]
0 N	/	/	/	/
45 NE	/	/	/	/
90 E	/	/	/	/
135 SE	/	/	/	/
225 SW	151,5	2,6	5,8	7,8
247,5 WSW	/	/	/	/
270 W	/	/	/	/
315 NW	/	/	/	/

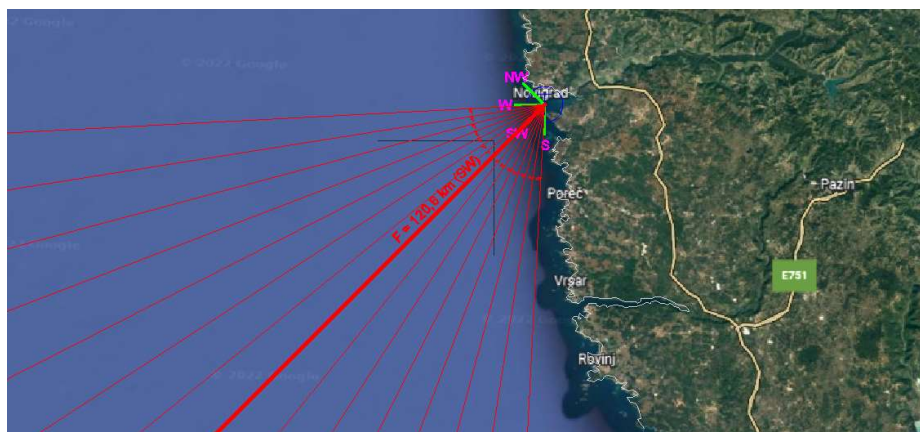
b) Proračun privjetrišta iz smjera WSW

U tablici (Tablica 4.) dan je proračun efektivnog privjetrišta, a na slici 15. prikaz je svih pomoćnih linija za smjer WSW.

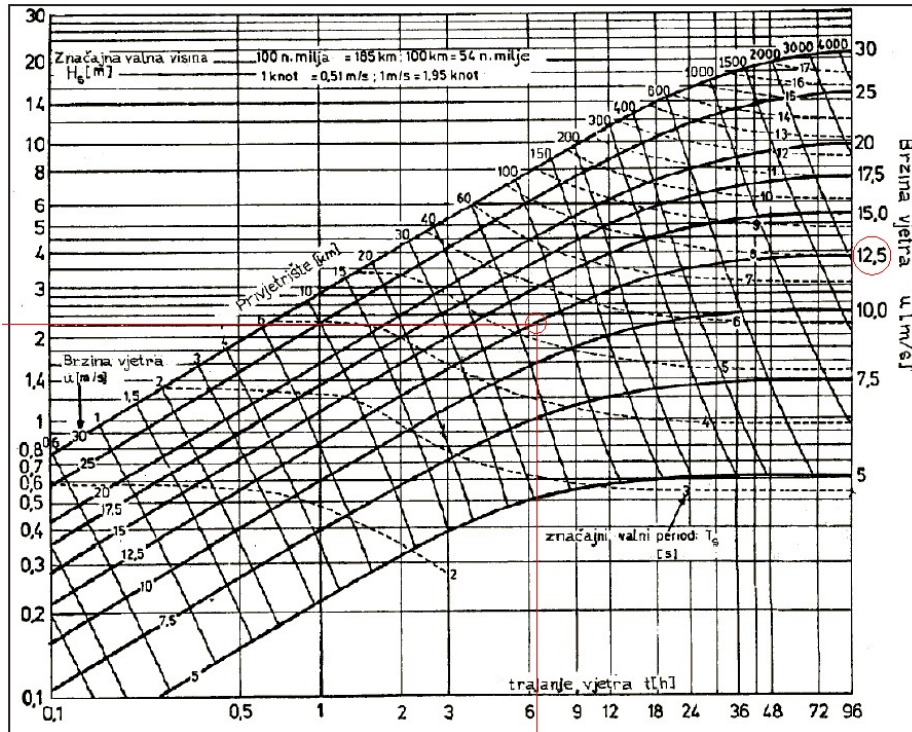
Tablica 4. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer WSW

W-WSW-SW			
α	X_i	$X_i \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha$
°	km	deg	
42	182,14	135,35	0,74
36	176,24	142,58	0,81
30	169,15	146,49	0,87
24	158,64	144,92	0,91
18	144,50	137,43	0,95
12	116,39	113,85	0,98
6	103,97	103,40	0,99
0	109,52	109,52	1,00
6	113,21	112,59	0,99
12	113,02	110,55	0,98
18	111,44	105,98	0,95
24	108,04	98,70	0,91
30	97,60	84,53	0,87
36	24,98	20,21	0,81
42	85,36	63,44	0,74
SUM	1814,18	1629,52	13,51

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1629,52}{13,5} = 120,6 \text{ km}$$



Slika 15. Prikaz pomoćnih linija za smjer WSW



Slika 16. Očitavanje parametra iz Groen - Dorrenstein dijagrama

Tablica 5. Prognoza dubokovodnih valova za smjer vjetra WSW

smjer vj.	privjet	u = 12,5 m/s		
°	Feff [km]	H_s [m]	T [s]	t_r [h]
0 N	/	/	/	/
45 NE	/	/	/	/
90 E	/	/	/	/
135 SE	/	/	/	/
225 SW	/	/	/	/
247,5 WSW	120,6	2,22	5,2	6,5
270 W	/	/	/	/
315 NW	/	/	/	/

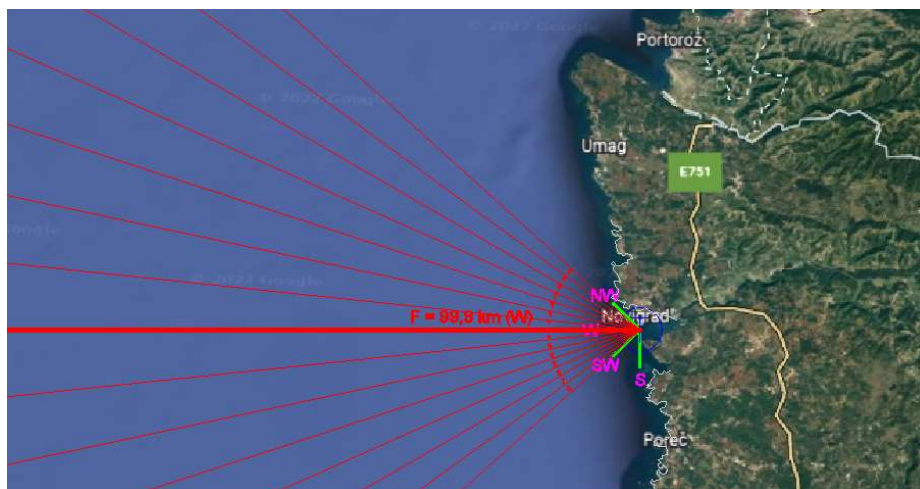
c) Proračun privjetrišta iz smjera W

U tablici (Tablica 6.) dan je proračun efektivnog privjetrišta, a na slici 17. prikaz je svih pomoćnih linija za smjer WSW.

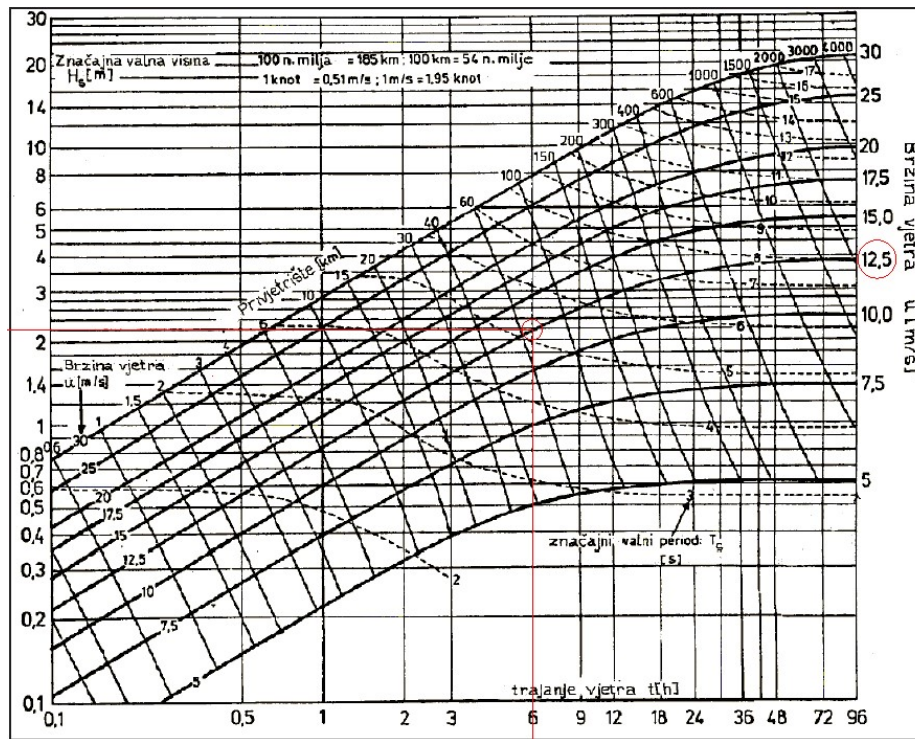
Tablica 6. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer W

NW-W-SW			
α	X_i	$X_i \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha$
°	km	deg	
42	59,36	44,12	0,74
36	65,24	52,78	0,81
30	70,75	61,27	0,87
24	73,86	67,47	0,91
18	78,89	75,03	0,95
12	87,63	85,72	0,98
6	100,86	100,31	0,99
0	109,36	109,36	1,00
6	119,61	118,96	0,99
12	112,90	110,43	0,98
18	113,69	108,12	0,95
24	108,69	99,30	0,91
30	105,30	91,19	0,87
36	141,36	114,36	0,81
42	148,37	110,26	0,74
SUM	1495,87	1348,68	13,51

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1348,7}{13,5} = 99,8 \text{ km}$$



Slika 17. Prikaz pomoćnih linija za smjer W



Slika 18. Očitavanje parametara iz Groen - Dorrenstern dijagrama

Tablica 7. Prognoza dubokovodnih parametara za smjer vjetra W

smjer vj.	privjet	u = 12,5 m/s			
°	Feff [km]	H_s [m]	T [s]	t_r [h]	
0 N	/	/	/	/	
45 NE	/	/	/	/	
90 E	/	/	/	/	
135 SE	/	/	/	/	
225 SW	/	/	/	/	
247,5 WSW	/	/	/	/	
270 W	99,8	2,2	5,2	6	
315 NW	/	/	/	/	

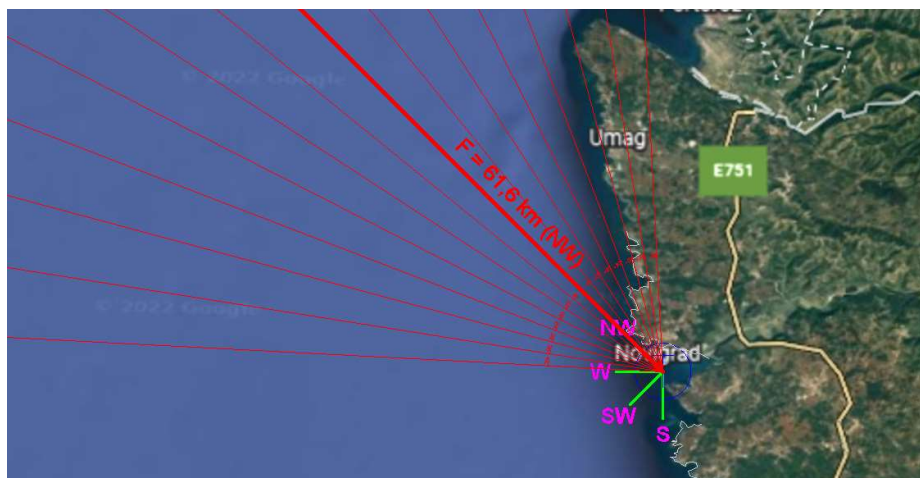
d) Proračun privjetrišta iz smjera NW

U tablici (Tablica 8.) dan je proračun efektivnog privjetrišta, a na slici 19. prikaz je svih pomoćnih linija za smjer NW.

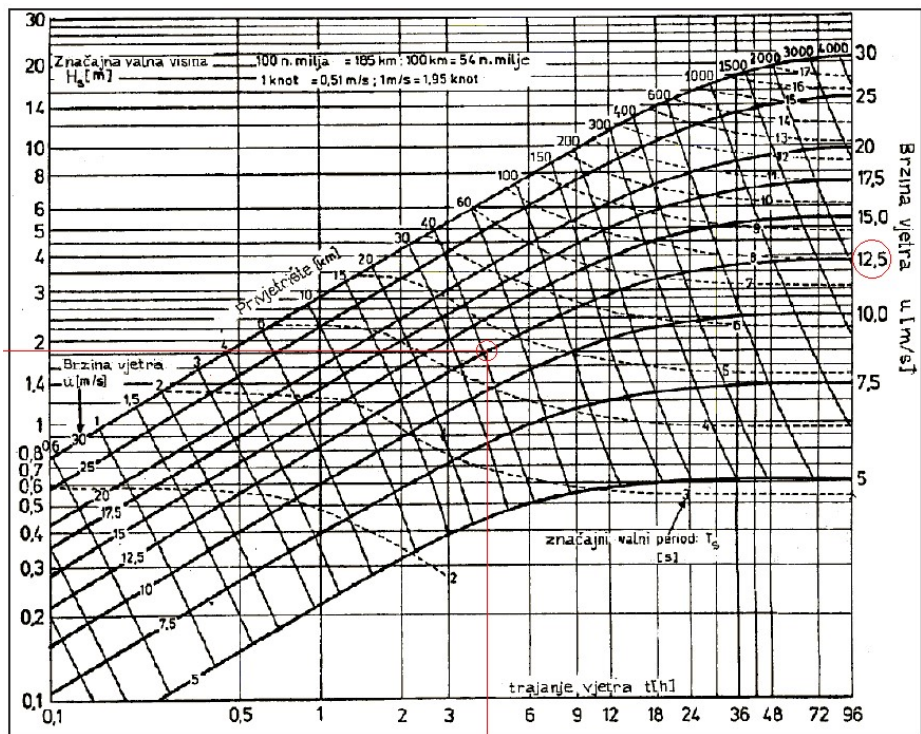
Tablica 8. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer NW

N-NW-W			
α	X_i	$X_i \cdot \cos \alpha$	$\cos \alpha$
°	km	deg	
42	107,61	79,97	0,74
36	93,61	75,73	0,81
30	83,15	72,01	0,87
24	71,84	65,63	0,91
18	67,81	64,49	0,95
12	62,01	60,66	0,98
6	60,71	60,38	0,99
0	61,12	61,12	1,00
6	60,55	60,22	0,99
12	60,55	59,23	0,98
18	57,32	54,51	0,95
24	57,01	52,08	0,91
30	49,66	43,01	0,87
36	16,63	13,46	0,81
42	13,30	9,89	0,74
SUM	922,90	832,39	13,51

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{832,4}{13,5} = 61,6 \text{ km}$$



Slika 19. Prikaz pomoćnih linija za smjer NW



Slika 20. Očitavanje parametara iz Groen - Dorrenstern dijagrama

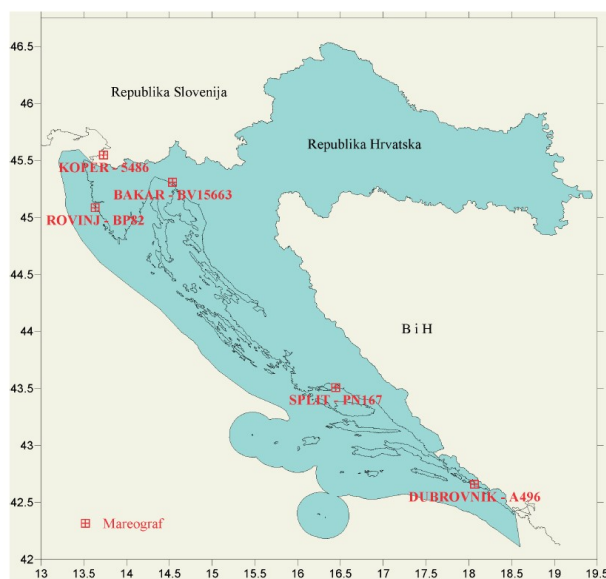
Tablica 9. Prognoza dubokovodnih parametara za smjer vjetra NW

smjer vj.	privjet	u = 15 m/s		
		Feff [km]	H _s [m]	T [s]
0 N	/	/	/	/
45 NE	/	/	/	/
90 E	/	/	/	/
135 SW	/	/	/	/
225 S	/	/	/	/
247,5 WSW	/	/	/	/
270 W	/	/	/	/
315 NW	61,6	1,83	4,5	4,6

4. RAZINE MORA

Morske mijene ili drugim nazivom plima i oseka, opisujemo kao periodična spuštanja i periodična podizanja razine mora pod utjecajem gravitacijskih sila između Sunca i Mjeseca. Iskazuje se grafički i/ili analitički u tako zvanom „pasošu obale“. U Jadranskom moru morske mijene su poprilično male te dostižu visinu do 60 cm i nemaju veliki utjecaj na hidrološke karakteristike mora. [24]

Uređaj pomoću kojeg mjerimo razinu mora naziva se mareograf. U Republici Hrvatskoj postoji 5 mareografa koji se nalaze u Dubrovniku, Splitu, Bakru, Rovinju i Kopru (Slika 21.). [21]



Slika 21. Prikaz mareografa na obali Jadranskog mora [21]

Upotrebljavanjem podataka između 2 susjedna mareografa dobijemo podatke potrebne za traženu lokaciju na obali Jadranskog mora.

Za izradu ovog završnog rada korist ćemo podatke razine mora nama najbližega mareografa, Rovinj za luku Lanterna jer na području Tarske vale ne postoji mareografska stanica. Podaci o razinama mora preuzeti su iz *Studija o utjecaju na okoliš za zahvat dogradnje luke otvorene za javni promet Karigador – Brtonigla* (Slika 22.).

[3]

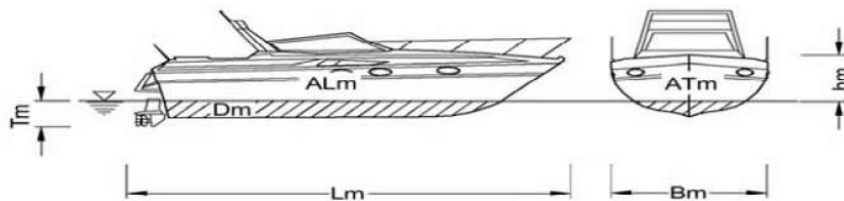
Morska razina	kota GN (m n.m.)
VR ^{100g}	+ 1,39
VR ^{10g}	+ 1,19
VR ^{1 god.}	+0,62
SVVŽR	+0,46
SR	+0,00
SNNŽR	-0,48
NR ^{1 god.}	-0,63
NR ^{10 god.}	-0,88
NR ^{100 god.}	-0,95

Slika 22. Prikaz razina mora [3]

Srednja razina mora za 50 –godišnji period iznosi $SR^{50\text{god}} = +1,28$ m n.m.

5. SITUACIJA I SMJEŠTAJ PLOVILA UNUTAR LUKE

Cilj rekonstrukcije i projektiranje novih luka je maksimalno iskoristiti prostor buduće luke kako bi se osigurao dovoljan prostor za manevar plovila i što veći broj priveznih mjesta unutar prostora luke. Funkcionalnost luke postiže se tako da se manja plovila smještaju bliže obali, gdje su dubine morskog dna manje dok se veća plovila zbog manjeg manevriranja smještaju bliže ulazu u luku. Veća plovila smještaju se paralelno s obalom dok manja plovila okomito na gatove ili obalu. Prije početka dimenzioniranja potrebno je uzeti u obzir veličine plovila koje će upotrebljavati prostor luke kako bi se ona mogla što funkcionalnije organizirati. Na (Slika 23.) prikazano je nekoliko dimenzija plovila koje će se opisati kroz nekoliko stavki kako je prikazano na slici. [26]



Slika 23. Slika dimenzija plovila [8]

Legenda dimenzija plovila:

F_m – nadvođe – vertikalna udaljenost od plovne vodne linije do gornjeg ruba opločenja palube [m]

B_m – širina mjerena na vanjskom ruku broda (glavnom rebru) [m]

L_{pp} – duljina između okomica – vodoravni razmak između krmenog i pramčanog perpendikulara [m]

T_m – gaz – vertikalna udaljenost od osnovice do plovne vodne linije [m]

L_m – duljina preko svega – vodoravni razmak između krajnjih točaka na pramcu i na krmi broda [m]

Minimalna dubina rasporeda privezništa ovisi o vrsti i veličini pogona te se računa na najniže, to jest do maksimalne oseke pomoću formule:

$$Gaz\ plovila + \frac{1}{2} \text{ mogućeg vala u marini} + 0,5 [m] \quad (2)$$

Prema normativu za marine [18], visina mogućeg vala za mirniji dio luke iznosi $H_{1/3}$.

„Minimalne dubine potrebne za svaku kategoriju plovila (ovisno o duljini plovila i pogonu) iščitavaju se iz tablice iz ACI priručnika ili iz priručnika za dimenzioniranje plovila u marinama, Monaco“ (Tablica 10.). [18]

Tablica 10. Tablica minimalne dubine prema ACY - u [8]

KATEGORIJA VEZA	DULJINA [m]	MAX. GAZ NA MOTOR [m]	MAX. GAZ NA JEDRA [m]	MIN. IZRAČUNATE DUBINE VEZA NA MOTOR [m]	MIN. IZRAČUNATE DUBINE VEZA NA JEDRA [m]
I	Do 5	0,40	0,40	1,05	-
II	5 - 6	0,50	1,40	1,15	2,05
III	6 - 8	0,60	1,60	1,25	2,25
IV	8 - 10	0,80	2,00	1,45	2,65
V	10 - 12	1,20	2,30	1,85	2,95
VI	12 - 15	1,40	2,50	2,05	3,15
VII	15 - 18	1,80	2,80	2,45	3,45

Tablica 11. Tablica dimenzija priveznih mjesta za manja plovila prema "Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama" [8]

Category	Slip length (m)	Slip width (m)	Slip area (m ²)
Small boats	5,00	2,30	15,00
	6,00	2,80	16,80
	8,00	3,30	26,40
Medium	10,00	4,00	40,00
	12,00	4,50	54,00
	15,00	5,00	75,00
Large	16,00	5,00	80,00
	18,00	6,00	108,00
	20,00	7,00	140,00
Super Yachts	25,00	7,50	187,50
	30,00	8,50	255,00
	35,00	9,00	315,00
	40,00	10,00	400,00
	45,00	11,00	495,00
	50,00	12,00	600,00
Méga Yachts	60,00	13,00	780,00
	70,00	15,00	1.050,00
	80,00	16,00	1.280,00
	90,00	18,00	1.620,00
	100,00	20,00	2.000,00

Razmak između gatova za tip veze krmom na gat i pramcem na lanac, računa se formulom:

$$Rm = \max l. v. + \max d. v. + 1,3 * \max v, \quad (3)$$

gdje su:

$\max d. v.$ – najveći vez sa lijeve strane

$\max l. v.$ – najveći vez sa desne strane

$\max v.$ – najveći vez u pojedinom bazenu.

Širina ulaza u marinu definira se tako da se u proračun uzima najveća vrijednost od tri zadana uvjeta [17]:

- 1) 20,0 m
- 2) $L_{\max} + 2,0$ m
- 3) $5 * B_{\max}$,

gdje su:

L_{max} – duljina najvećeg plovila u luci [m]

B_{max} – širina najvećeg plovila u luci [m].

Jedna od najbitnijih stavki pri dispoziciji vezova plovila je širina plovnog puta unutar luke koja treba biti $3 - 5 * B_{max}$ za jednosmjernan, odnosno dvosmjernan promet.

Na sve plutajuće i fiksne obalne građevine na kojima se nalazi privezno mjesto javljaju se opterećenja nastala djelovanjem valova, morskih valova i morskih struja (Slika 24.).



Slika 24. Opterećenja na privezno mjesto [8]

Sila koja je nastala djelovanjem vjetra na privezni sustav izvedena je sljedećom formulom: [18]

$$F_V = c_{v(a)} * \frac{1}{2} * \rho_V * v_{rv}^2 * A \quad , \quad (4)$$

gdje simboli označavaju:

F_V – sila vjetra [N]

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

ρ_V – gustoća zraka [kg/m^3]

v_{rv} – relativna brzina vjetra [m/s]

A – površina nadvodnog djela broda [m^2]

Djelovanje morskih struja na privezno mjesto prikazano je formulom: [18]

$$F_{ms} = c_{ms(a)} * \frac{1}{2} * \rho_v * v_{ms}^2 * A_{ms} \quad , \quad (5)$$

gdje simboli predstavljaju:

F_{ms} – silu morske struje koja djeluje na brod [N]

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

ρ_v – gustoću morske vode u kojoj se nalazi brod [kg/m³]

v_{ms} – brzinu morske struje [m/s]

A_{ms} – površinu podvodnog djela broda [m²].

Kao posljedica prometovanja lukom javlja se djelovanje morskih valova. Sile morskih valova iskazane su formulom [18]:

$$F_{val} = c_{val(a)} * \frac{1}{2} * \rho_v * g * L * \left(\frac{H_s}{2}\right)^2 \quad , \quad (6)$$

gdje simboli označavaju:

F_v – sila koja djeluje na val [N]

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

ρ_v – gustoća morske vode u kojoj se nalazi brod [kg/m³]

g – gravitacijska konstanta [m/s²]

L – duljina plovila na vodenoj liniji [m]

H_s – značajna visina vala [m].

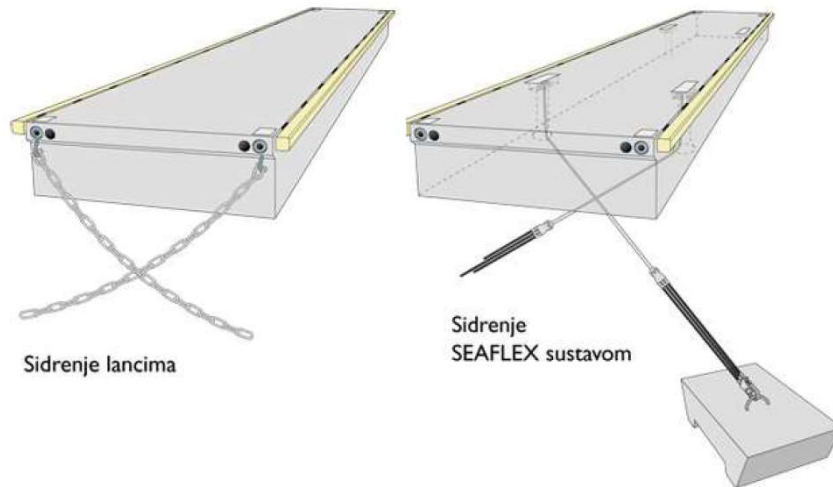
Prema *Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama* [18] proračun priveznih sila na obalu ili gat provodi se po sljedećim danim preporukama:

- 1) Preferira se plutajući gat do širine 5,0 m
- 2) Zanemaruje se utjecaj od udara plovila kod pristajanja na plutajuće gatove
- 3) Zanemaruje se djelovanje morskih struja pri brzinama manjim od 0,25 m/s
- 4) Usvaja se koeficijent otpora $CD = 1$ za djelovanje vjetra
- 5) Pri proračunu koristiti faktor sigurnosti 1,5 za jahte do 24,0 m i stanje mora do $H_s = 0,3$ m, a za megajahte (veće od 24,0 m) i stanje mora $H_s = 0,6$ m koristiti faktor sigurnosti 3,0. [18]

Tablica 12. Okvirne vrijednosti priveznih sila po metru dužnom [8]

Boat length	Mooring force in kN per linear metre (sc = 1.5)
8 m	1.8
12 m	2.7
20 m	4.0
25 m	4.5
30 m	5.0
35 m	5.2
40 m	5.4
45 m	6.1
50 m	6.8
60 m	8.1
70 m	9.4
90 m	12.1
100 m	13.5
120 m	16.2

Plutajući gatovi koriste se kao plovne građevine kod organizacije i rasporeda priveznih mjesta. Sidre se sidrenim blokovima, umanjuju djelovanje trenja te preuzimaju silu s plovila. Sidrenje plutajućih gatova može se izvesti SEAFLEX sustavom ili lancima i to na način kako je prikazano na (Slika 25.).



Slika 25. Dimenzioniranje sidrenog sustava plutajućih gatova [8]

Prilikom dimenzioniranja sidrenog bloka potrebno je odrediti masu sidra. Masa sidra prikazana sljedećom formulom, osigurava stabilnost pri djelovanju svih sila koje na nju djeluju te mora biti dovoljno velika kako bi preuzela opterećenje:

$$M_b = \frac{R_s}{g \cdot K_s}, \quad (7)$$

gdje simboli označavaju:

M_b – masa sidrenog bloka

R_s – horizontalna sila na blok

g – ubrzanje polja sile teže

K_s – faktor utjecaja tla.

Faktori utjecaja tla koji se koriste za betonsko sidro u obliku krnje piramide su:

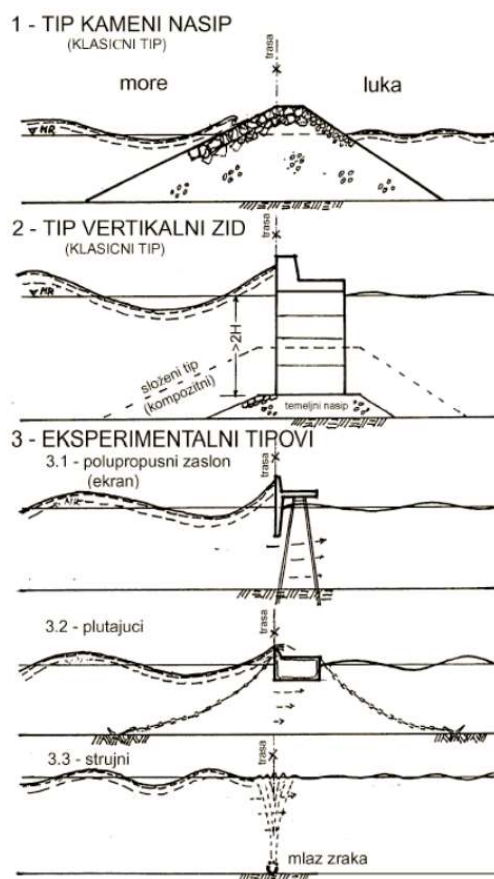
$K_r = 1,0 - 1,2$ za pijesak

$K_r = 1,2 - 1,4$ za glinu

$K_r = 1,2 - 1,3$ za mulj.

6. METODOLOGIJA PRORAČUNA OBALNIH GRAĐEVINA

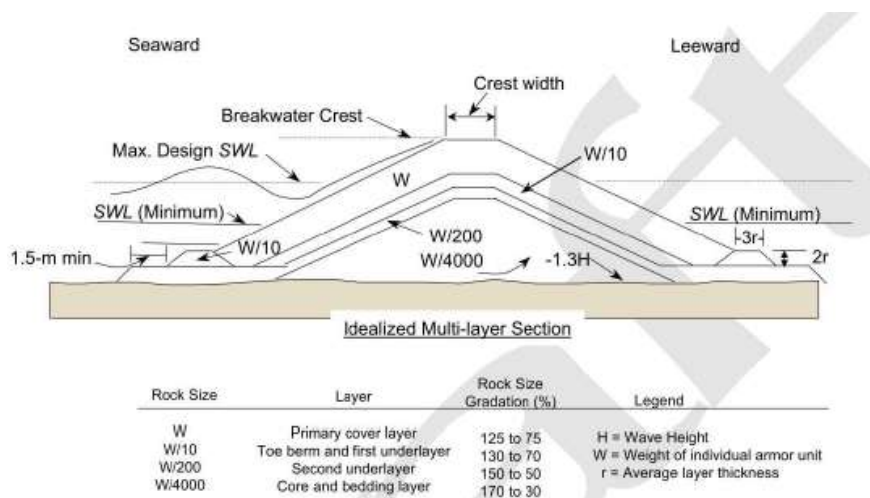
Pri projektiranju luka i marina potrebno je obratiti pozornost na nepovoljno djelovanje valova na ljuljanje brodova u luci. Jedan od glavnih ciljeva je pokušati svesti nepovoljno djelovanje mehaničke sile na sigurnost luke, marine i ljudi. Neke od funkcija lukobrana su zaštita lučkog akvatorija od morskih struja i nanosa te valova pod djelovanjem vjetra. Kako bi se zaštitila luka, marina ili sidrište od morskih valova, planira se izgradnja lukobrana. Lukobrani su hidrotehnički obalni objekti koji mogu biti spojeni s obalom ili odvojeni od obale. Također, postoje i operativni lukobrani koji se sastoje od obrambene krune na morskoj strani dok s druge strane imaju izgrađeni kej sa brodskim vezovima. Osnovna podjela lukobrana: vertikalni lukobran, nasuti lukobran i eksperimentalni lukobran koji su prikazani na (Slika 26.). [19]



Slika 26. Tipovi lukobrana [20]

Dimenzioniranje nasutog lukobrana

Nasuti lukobrani su najčešći primjeri lukobrana (Slika 27.). Primjenjuju se kod različitih vrsta morskog dna, a izvode se kao nasipi od prirodnih (kamenih) ili umjetnih (betonskih) blokova. Sastoje se od središnje jezgre koju sačinjava sitni kameni nasip i obloga koje čine kameni krupni blokovi.

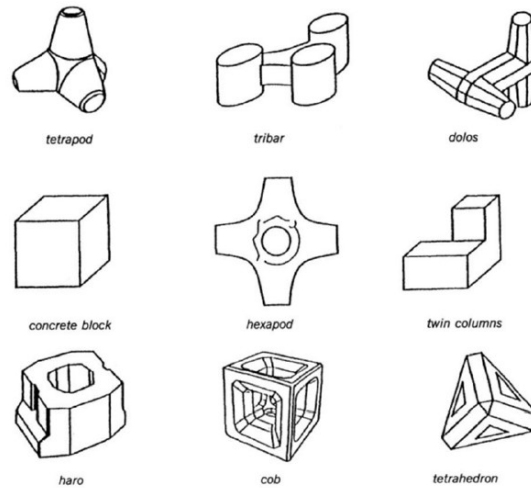


Slika 27. Nasuti lukobran [9]

Klasični nasuti lukobrani u poprečnom presjeku imaju oblik trapeza, a njihova konstrukcija sadržava četiri elementa: primarni sloj, sekundarni sloj, jezgru i nožicu. Svaki navedeni element potrebno je dimenzionirati i definirati nizom proračuna.

1) Primarna obloga

Uloga primarne obloge je sprječavanje djelovanja hidrodinamičkih sila valova na unutarnje slojeve lukobrana. Izgrađena je od prirodnih, umjetnih kamenih materijala ili od prefabriciranih raznovrsnih betonskih elemenata oblika (Slika 29.).



Slika 28. Betonski zaštitni elementi [9]

Određivanjem dimenzija primarne obloge započinje se ukupni proračun lukobrana (Slika 29.). Masa i težina primarne obloge izračunavaju se po formuli prema Hudsonu:

$$M_A = \frac{\rho_{obl} * H_{proj}^3}{K_D * \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1\right) * ctg\alpha} \quad (8)$$

$$G_A = M_A * g, \quad (9)$$

gdje su simboli za:

M_A – masa primarne obloge [kg]

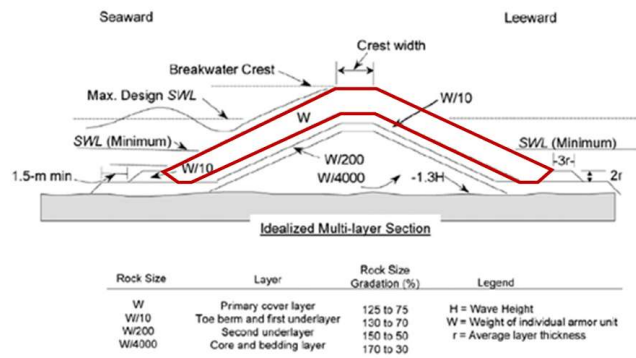
H_{proj} – projektna visina vala [m]

K_D – koeficijent stabilnosti

α – nagib obloge [°]

ρ_{obl} – gustoća obloge [kg/m³]

ρ_m – gustoća mora [kg/m³].



Slika 29. Primarna obloga nasutog lukobrana [9]

Iz tablice za preporučene koeficijente stabilnosti (Tablica 13.) [7], ovisno o odabranoj podlozi dobivaju se koeficijent stabilnosti K_D , nagib obloge α i broj slojeva n .

Tablica 13. Preporučeni koeficijent stabilnosti K_D [9]

Preporučeni koeficijent stabilnosti K_D								
Dimenzioniranje pokrovnog sloja nasutog lukobrana po HUDSON-u (no damage)								
r.br. Obloge	Vrsta elementa pokrovnog sloja	Broj slojeva	Način smještaja	Bok valobrana		Glava valobrana		nagib
				Lomljeni i valovi	Valovi koji se ne lome	Lomljeni valovi	Valovi koji se ne lome	
1	Glatki	2	slučajno	1.2	2.4	1.1	1.9	1:1,5 1:3
2	zabljani	>3	slučajno	1.6	3.2	1.4	2.3	1:1,5 1:3
3	Oštrobridi lomljeni kamen	2	slučajno	2.0	4.0	1.9	3.2	1:1,5
						1.6	2.8	1:2
							1.3	2.3
4		>3	slučajno	2.2	4.5	2.1	4.2	1:1,5 1:3
5		2	specijalno položeni	5.3	5.8	6.4	7.0	1:1,5 1:3
6	Tetrapodi	2	slučajno	7.0	8.0	5.0	6.0	1:1,5
	Quadripodi					4.0	5.5	1:2
						3.5	4.0	1:3
7	Tribari	2	slučajno	9.0	10.0	8.3	9.0	1:1,5
						7.8	8.5	1:2
						6.0	6.5	1:3
8	Dolosi	2	slučajno	15.8	31.8	8.0	16.0	1:2
						7.0	14.0	1:3

Debljina primarnog sloja dobiva se po sljedećoj formuli:

$$r_A = n * k_A * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} \quad (10)$$

gdje je simbolom označeno: n kao broj slojeva obloge,

k_{Δ} – koeficijent sloja,

G_A – težina obloge [N],

γ_{obl} – gustoća obloge [kg/m³].

Ovisno o odabranoj vrsti zaštitne obloge odabire se broj slojeva obloge n (Tablica 6).

Tablica 14. Koeficijent sloja K_{Δ} [9]

Zaštitna obloga	n	Polaganje	koeficijent sloja
Glatki zaobljeni kamen	2	Slučajno	1,02
Oštrobridni lomljeni kamen	2	Slučajno	1,00
Oštrobridni lomljeni kamen	≥ 3	Slučajno	1,00
Kamen paralelopiped	2	Specijalno	-
Obični kamen	Ocijeniti	Slučajno	-
Modificirane kocke	2	Slučajno	1,10
Tetrapod	2	Slučajno	1,04
Tribari	2	Slučajno	1,02
Tribari	1	Ravnomjerno	1,13
Dolosi	2	Slučajno	0,94
Jezgra	1	Slučajno	1,51
Akropod	1	Slučajno	1,51

Po završetku dimenzioniranja veličina primarne obloge, određuju se dimenzije krune. Prilikom dimenzioniranja krune, neophodno je znati hoće li biti minimalno prelijevanje preko lukobrana ili će lukobran imati samo funkciju zaštite pa je dopušteno veće prelijevanje dok će širina krune biti nešto manja. Visina krune određuje se prema formuli:

$$kota\ krune = v.v. + 1,25 * H_{proj} , \quad (11)$$

gdje je $v.v.$ – razina visoke vode za 5-godišnji povratni period [m.n.m.] i H_{proj} – projektna visina vala [m]. Širina krune izračunava se formulom:

$$B = n_{kruna} * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} , \quad (12)$$

gdje je simbolom označeno: B – širina krune [m],

n_{kruna} – broj kruna (najmanje 3),

k_A – koeficijent sloja,

G_A – težina primarne obloge [N],

γ_{obl} – Gustoća obloge [kg/m^3].

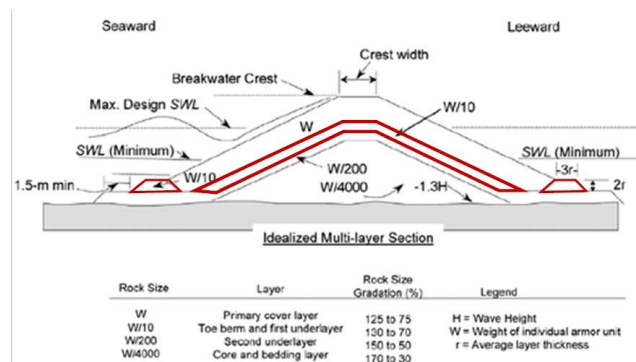
Potrebo je proračunati i raspon masa elemenata primarne obloge zbog toga što težina može varirati u rasponu od donje granice sa 75% težine do gornje granice sa 125% težine.

$$M_{max} = M_{125\%} = 1,25 * M_A \quad (13)$$

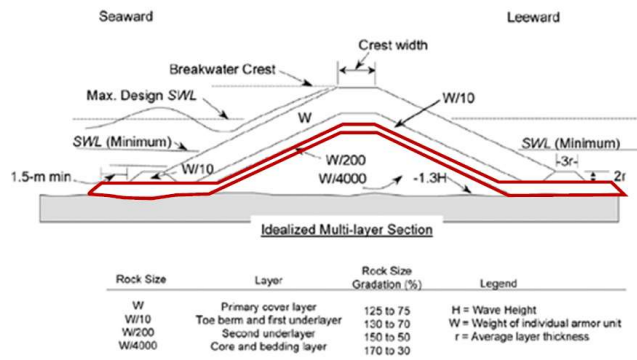
$$M_{min} = M_{75\%} = 0,75 * M_A \quad (14)$$

2) Sekundarna obloga

Cilj sekundarne obloge je zaštita jezgra od ispiranja. Sekundarna obloga postavlja se ispod primarne obloge, odnosno iznad jezgre. Kod dubokovodnih lukobrana sekundarna obloga postavlja se kao primarna obloga na unutrašnjoj strani (Slika 30). Izvodi se u 2 sloja tako da prvi sloj čini jednu desetinu mase primarnog sloja, a drugi jednu desetotinu mase primarnog sloja. Proračun prvog i drugog međusloja izvodi se po istim formulama samo što će biti razlika u veličini mase (Slika 31.).



Slika 30. Prvi međusloj sekundarne obloge [9]



Slika 31. Drugi međusloj sekundarne obloge [9]

$$M_{10} = \frac{M_A}{10}, \quad (15)$$

$$r_{10} = n_k * k_{\Delta k} * \sqrt[3]{\frac{G_{10}}{\gamma_k}}, \quad (16)$$

gdje je simbolom iskazano:

M_{10} – masa prvog međusloja [kg]

M_A – masa primarne obloge [kg]

r_{10} – debljina prvog međusloja [m]

n_k – broj slojeva

$k_{\Delta k}$ – koeficijent sloja

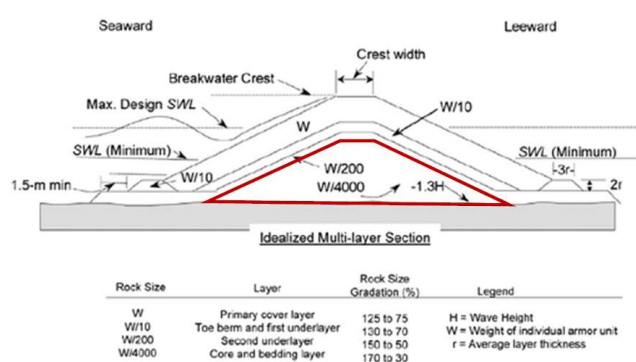
G_{10} – težina prvog međusloja [kN]

γ_k – specifična težina kamena [kg/m³].

Također, potrebno je proračunati raspon masa elemenata. Minimalna masa elementa je 50% ukupne kod prvog međusloja, a maksimalna masa je 150% od ukupne. U drugom međusloju minimalna masa je 70% od ukupne te ima malo manji raspon, dok maksimalna masa ima 130% od ukupne mase.

3) Jezgra

Jezgra lukobrana je najveći dio lukobrana i nalazi se u samom središtu lukobrana (slika 32). Izvodi se u težini od 1/4000 mase primarne obloge. Širina jezgre vrha mora biti minimalno 3 metra i mora biti uzdignuta najmanje 0,5 m iznad površine mora. Masa elemenata kreće se od 30% ukupne do maksimalne vrijednosti koja iznosi 170% vrijednosti ukupne. Prilikom izgradnje može se upotrijebiti neselektirani kameni materijal iz kamenoloma, ali taj materijal ne smije sadržavati zemlju.



Slika 32. Jezgra nasutog lukobrana [9]

4) Nožica

Uloga nožice je zaštita slojeva lukobrana od erozije. Izvodi se od istog materijala koji se koristi za izradu prvog međusloja sekundarne obloge, a nožica se dimenzionira po sljedećim formulama:

$$v_n = 2 * r_{10} \quad (17)$$

$$b_n = 3 * r_{10} \quad (18)$$

gdje je:

v_n – visina nožice [m]

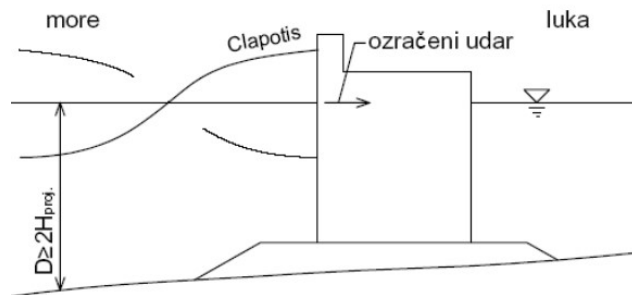
r_{10} – debljina prvog međusloja sekundarne obloge [m]

b_n – širina nožice [m].

Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana

Osnovna razlika između nasutog lukobrana na kojemu dolazi do loma vala i vertikalnog lukobrana je da vertikalni lukobran izložen djelovanju reflektiranih valova koji imaju manji hidrodinamički tlak od valova. Konstrukcija vertikalnog lukobrana je sandučastog tipa koji su zatvoreni na dnu. Izvode se na suhom određenom mjestu, upuštaju se u vodu te se potapaju na uređenu podlogu koja se zapunjuje pijeskom i materijalom u svrhu povećanja nosivosti (Slika 33).

Neke od prednosti vertikalnog lukobrana su ekonomičnost zbog svoje poprilično brze gradnje i izrazito male površine poprečnog presjeka, imaju jednostavnu konstrukciju za projektiranje i izvođenje. Neke od mana ovog lukobrana su refleksije valova, otežavaju ulazak plovila u luku i izazivaju eroziju te ukoliko se projektirani uvjeti lukobrana premaše, u praksi može doći do jako velikih oštećenja (Slika 33.).

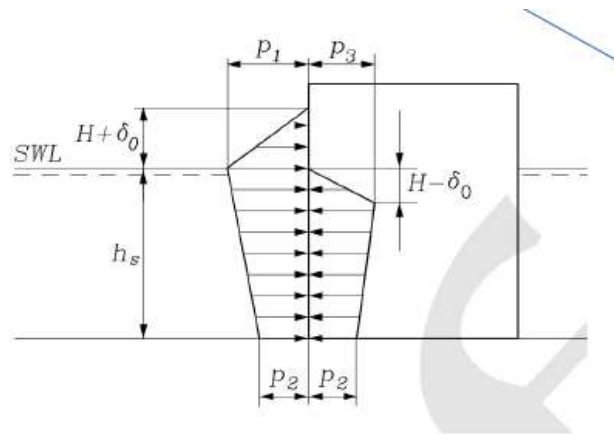


Slika 33. Utjecaj valova na vertikalni lukobran [10]

Osnovne metode proračuna opterećenja od valova za stabilnost vertikalnog lukobrana mogu se izvesti na tri različita načina: metodom proračuna Sainflou (Slika 34.), Goda (Slika 36.) i Minikin.

Metoda Sainflou (Slika 34.) [10] primjenjuje se kod lukobrana za valove kod kojih ne dolazi do loma vala preko lukobrana, dok se metoda Goda koristi za proračunavanje lukobran maksimalnog vala koji će svojom visinom premašiti visinu lukobrana.

Proračun metode Sainflou



Slika 34. Metoda Sainflou [9]

Metoda Sainflou primjenjuje se kod vertikalnog zida lukobrana za valove kod kojih ne dolazi do loma valova preko lukobrana. Lukobran se dimenzionira za maksimalni val za stogodišnji povratni period zbog mogućnosti nastajanja velikih oštećenja konstrukcije prilikom promašenja projektiranih uvjeta.

Metoda Sainflou [7] koristi se kada ne dolazi do loma valova, zid je vertikalni i može se

$$H_{proj} = H_{max} = 1,8 * H_s [m], \quad (19)$$

gdje je:

H_{proj} – projektna visina vala [m] ,

H_{max} – maksimalna visina vala za 100-godišnji povratni period [m] ,

H_s – značajna visina vala [m].

Proračunava se vertikalni pomak razine mora uslijed djelovanja valova, ukupna uzdignuća vala, kao i provjera prelijevanja, po formulama danim u nastavku:

$$\delta_0 = \pi * \frac{H_p^2}{L} * \coth\left(\frac{2*\pi}{L} * h_s\right) \quad (20)$$

$$Ukupno\ uzdignuće\ vala = H_p + \delta_0 \quad (21)$$

$$Provjera\ prevrtanja: H_p + \delta_0 + v. v. < k. z , \quad (22)$$

gdje je:

δ_0 – vertikalni pomak razine mora uslijed djelovanja valova [m]

H_p – projektna visina vala [m]

L – duljina vala [m]

h_s – dubina mora [m.n.m.]

$v. v.$ – razina visoke vode za 100-godišnji povratni period [m.n.m]

$k. z$ – kota zida [m.n.m.].

Također se na vertikalni lukobran računaju i valna opterećenja po sljedećim formulama

[9]:

$$p_1 = (p_2 * \gamma_w * h_s) * \frac{H_p + \delta_0}{h_s + H_p + \delta_0} \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (23)$$

$$p_2 = \frac{\gamma_w * H_p}{\cosh\left(\frac{2 * \pi}{L} * h_s\right)} \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (24)$$

$$p_3 = \gamma_w * (H_p - \delta_0) \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (25)$$

$$u = p_2 \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (26)$$

$$p_u = p_2 \left[\frac{kN}{m^2} \right], \quad (27)$$

gdje je simbolom označeno:

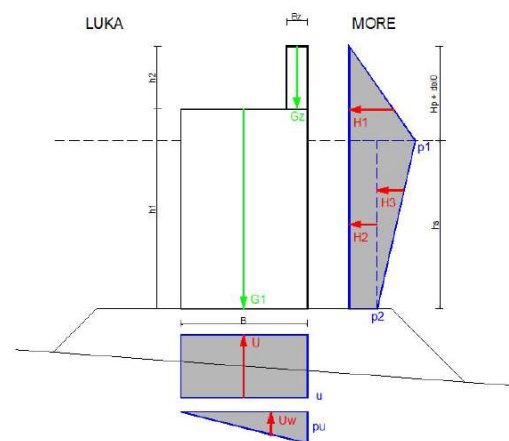
γ_w – specifična težina vode [kN/m³]

h_s – dubina mora [m.n.m]

H_p - projektna visina vala [m]

δ_0 – vertikalni pomak razine mora uslijed djelovanja valova [m]

L – duljina vala [m].



Slika 35. Shematski prikaz opterećenja [10]

Proračun metode Goda



Slika 36. Metoda Goda [9]

Metoda Goda upotrebljava se za određivanje stabilnosti vertikalnih lukobrana koji su izloženi valovima kod kojih dolazi do prelijevanja preko lukobrana. Kod metode Goda moguće je projektirati lukobran sa ili bez vertikalnog zida.

U sljedećem izrazu za metodu Goda definirana je visina projektnog vala za maksimalni val [7]:

$$H_{proj} = H_{max} = 1,8 * H_s [m], \quad (28)$$

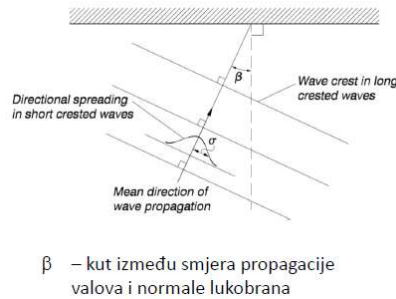
gdje je:

H_{proj} – projektna visina vala [m]

H_{max} – maksimalna visina vala za 100-godišnji povratni period [m]

H_s – značajna visina vala [m].

Za metodu Goda mora se uzeti u obzir i kut nailaska fronte vala u odnosu na normalu lukobrana β .



Slika 37. Kut između smjera propagacije valova i normale lukobrana [9]

U proračun se mora uzeti u obzir i elevacija morske razine koja predstavlja parametar doseg vala na konstrukciju lukobrana iznad mirne razine mora. Elevacija morske razine prikazana je sljedećim izrazom [7]:

$$\eta = 0,75 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 * H_p \quad (29)$$

gdje su:

η – maksimalna elevacija morske razine,

β – kut između smjera širenja valova i normale lukobrana [$^\circ$],

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – faktori modifikacije.

Intenzitet valnih opterećenja na lukobran određuju se prema sljedećim izrazima:

$$p_1 = 0,5 * (1 + \cos(\beta)) * (\lambda_1 * \alpha_2 + \lambda_2 * \alpha_2 * \cos(\beta)^2) * \gamma_w * H_p \quad (30)$$

$$p_2 = \left(1 - \frac{h_c}{\eta}\right) * p_1 \quad (31)$$

$$p_3 = a_3 * p_1 \quad (32)$$

$$u = \gamma_w * h \quad (33)$$

$$p_u = 0,5 * ((1 + \cos(\beta)) * \lambda_3 * \alpha_1 * \alpha_3 * \gamma_w * H_p), \quad (34)$$

gdje simboli označavaju:

p_1, p_2, p_3 – valni pritiske

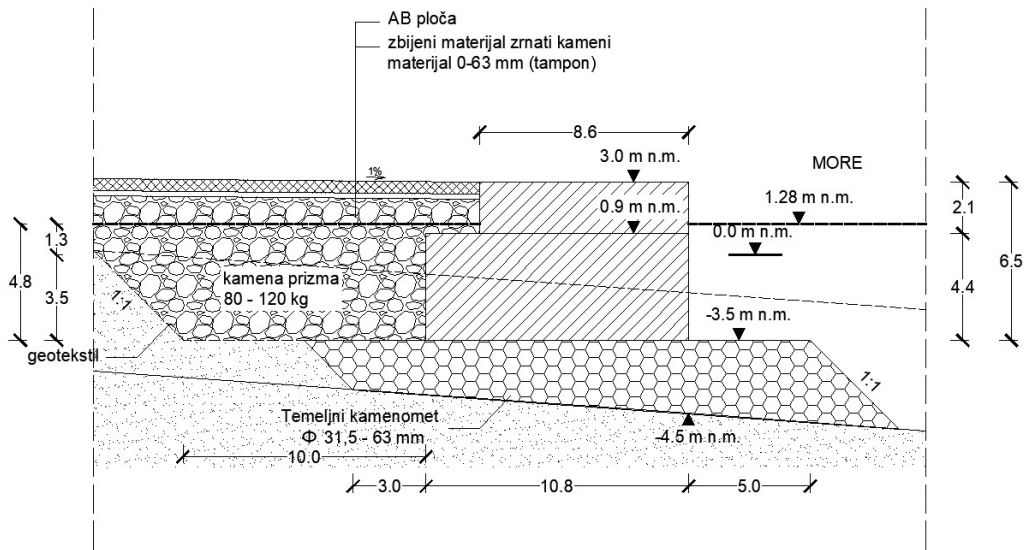
u, p_u – sile uzgona ispod konstrukcije lukobrana (Slika 38.).

Na kraju proračuna dimenzioniranja potrebno je napraviti provjeru na prevrtanje i provjeru na klizanje oko najniže točke lukobrana s unutarnje strane. Pri provjeri stabilnosti prema normi Eurocoda EN 1997 – 1 uzimaju se parcijalni koeficijenti γ za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1) i gubitak statičke ravnoteže (EQU) koji su prikazani u (Tablica 15.).

Tablica 15. Parcijalni koeficijenti po EN 1997 - 1 [9]

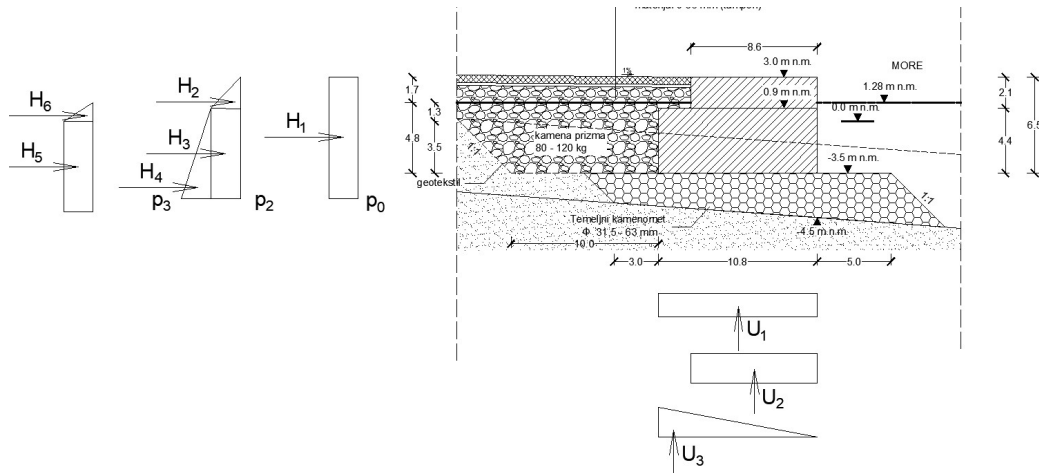
Parameter	Ultimate limit state				
			EQU	UPL	HYD
Permanent actions (G)	Destabilizing	$\gamma_{G,dst}$	1,1	1,0	1,35
	Stabilizing	$\gamma_{G,stab}$	0,9	0,9	0,9
Variable actions (Q)	Destabilizing	$\gamma_{Q,dst}$	1,5	1,5	1,5
	Stabilizing	$\gamma_{Q,stab}$	0	0	0
Coefficient of shearing resistance ($\tan \varphi$)		γ_φ	1,25	1,25	
Effective cohesion (c')		$\gamma_{c'}$	1,25	1,25	
Undrained strength (c_u)		γ_{c_u}	1,4	1,4	
Unconfined compressive strength (q_u)		γ_{q_u}	1,4	1,4	
Weight density (γ)		γ_γ	1,0	1,0	
Tensile pile resistance (R_{st})		γ_{st}		1,4	
Anchorage resistance (R_a)		γ_a		1,4	

U ovom završnom radu, proračun obalnog zida (Slika 40.) provest će se po metodi za složeni obalni zid to jest za zid sastavljen od dva ili više blokova. Proračun dimenzioniranja obalnog zida započinje se postavljanjem sheme svakog pojedinog bloka. Svaki blok ima određenu visinu, širinu i dubinu zida te razinu visoke vode iza i ispred zida.



Slika 40. Shematski prikaz obalnog zida

Na obalni zid utječu aktivni potisak i sila priveza plovila koja nastaje pri djelovanju vjetra na plovilo i veže se za zid (Slika 41.).



Slika 41. Shematski prikaz opterećenja koja djeluju na obalni zid

Formula koja se koristi za definiranje veličine sile kojom plovilo nepovoljno utječe na zid pod utjecajem vjetra je:

$$F_v = c_v * 0,5 * \rho_z * v_z * A_L , \quad (35)$$

gdje simboli označavaju:

F_v – sila od vjetra [N]

ρ_z – gustoća zraka [kg/m^3]

v_z – relativna brzina vjetra [m/s]

A_L – bočna površina nadvodnog dijela plovila [m^2].

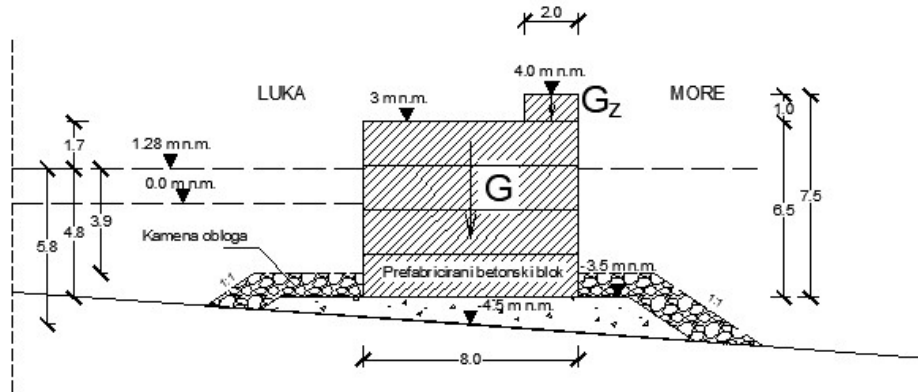
U završnom koraku potrebno je napraviti provjeru na prevrtanje i provjeru na klizanje kako bi se utvrdila stabilnost dimenzioniranja obalnog zida. Ukoliko nisu ispunjena oba uvjeta, potrebno je promijeniti dimenzije i ponovno dimenzionirati obalni zid dok se ne ispune uvjeti na provjeru prevrtanja i klizanja. Prilikom izvođenja provjera potrebno je pomoću parcijalnih koeficijenata za proračun graničnog stanja nosivosti (Tablica 15.) pretvoriti karakteristične parametre u računske parametre.

7. DIMENZIONIRANJE OBALNIH GRAĐEVINA

Za ribarsku lučicu predviđena je izgradnja vertikalnog lukobrana. Lučka strana je izgrađena tako da se mogu formirati brodski vezovi. Proračun će se provesti po metodi Goda koji je prethodno objašnjena.

7.1. Primarni lukobran

Značajna visina vala	$H_s = 2,6 \text{ m}$
Duljina vala	$L = 23,26 \text{ m}$
Razina visoke vode	$RM = 1,28 \text{ m.n.m.}$
Kota obale lukobrana	$k.o.l. = 3 \text{ m.n.m.}$
Kota dna lukobrana	$k.d.l. = -3,5 \text{ m.n.m}$
Kota zida	$k_z = 4 \text{ m.n.m}$
Specifična težina mora	$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina betona	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
Širina lukobrana	$B = 8 \text{ m}$
Širina zida	$B_z = 2 \text{ m}$
Dubina dna	$k.d.t = \text{dno} = -4,5 \text{ m.n.m}$
Kut nailaska vala	$\beta = 10^\circ$
Debljina zaštitnog sloja	$D = 0,9 \text{ m}$



Visina lukobrana

$$h_1 = \text{k.o.l.} - \text{k.d.l.} = 3 - (-3,5) = 6,5 \text{ m}$$

Visina zida

$$h_2 = k_z - \text{k.o.l.} = 4 - 3 = 1 \text{ m}$$

Projektna visina vala

$$H_p = H_{max} = 1,8 * H_s = 1,8 * 2,6 = 4,68 \text{ m}$$

Dubina na udaljenosti $5 H_s$

$$h_b = 4,5 \text{ m}$$

Pomoćne dimenzije

$$d = \text{RM} - \text{k.d.l.} - D = 1,28 - (-3,5) - 0,9 = 3,88 \text{ m}$$

$$h = \text{RM} - \text{k.d.l.} = 1,28 - (-3,5) = 4,78 \text{ m}$$

$$h_c = k_z - \text{RM} = 4 - 1,28 = 2,72 \text{ m}$$

$$h_s = \text{RM} - \text{dno} = 1,28 - (-4,5) = 3,48 \text{ m}$$

$$h_w = k_z - \text{k.d.l.} = 4 - (-3,5) = 7,5 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 1; \lambda_2 = 1; \lambda_3 = 1$$

PRORAČUN OPTEREĆANJA

$$\eta = 0,75 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 * H_p = 0,75 * (1 + \cos(10^\circ)) * 1 * 4,68 = 6,967 \text{ m}$$

VALNA OPTEREĆENJA

$$\alpha_1 = 0,6 + 0,5 * \left(\frac{\frac{4*\pi}{L}*h_s}{\sinh\left(\frac{4*\pi}{L}*h_s\right)} \right)^2 = 0,6 + 0,5 * \left(\frac{\frac{4*\pi}{23,26}*3,48}{\sinh\left(\frac{4*\pi}{51,15}*3,48\right)} \right)^2 = 0,9941$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{h_b-d}{3*h_b} * \left(\frac{H_p}{d} \right)^2 \\ 2 * \frac{d}{H_p} \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{4,5-3,88}{3*4,5} * \left(\frac{4,68}{3,88} \right)^2 \\ 2 * \frac{3,88}{4,68} \end{array} \right. = 0,06682$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h_w-h_c}{h_s} * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2*\pi}{L}*h_s\right)} \right) = 1 - \frac{7,5-2,72}{3,48} * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2*\pi}{51,15}*3,48\right)} \right) = 0,8834$$

$$\begin{aligned} p_1 &= 0,5 * (1 + \cos(\beta)) * (\lambda_1 * \alpha_1 + \lambda_2 * \alpha_2 * \cos(\beta)^2) * \gamma_w * H_p \\ &= 0,5 * (1 + \cos(10)) * (1 * 0,9941 + 1 * 0,06682 * \cos(10)^2) * 10 * 4,68 \\ &= 47,79 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$p_2 = \left(1 - \frac{h_c}{\eta} \right) * p_1 = \left(1 - \frac{2,72}{69,67} \right) * 47,79 = 29,14 \text{ kN/m}^2$$

$$p_3 = \alpha_3 * p_1 = 0,8834 * 47,79 = 42,22 \text{ kN/m}^2$$

$$u = \gamma_w * h = 10 * 4,78 = 47,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 p_u &= 0,5 * \left((1 + \cos(\beta)) * \lambda_3 * \alpha_1 * \alpha_3 * \gamma_w * H_p \right) \\
 &= 0,5 * \left((1 + \cos(10)) * 1 * 0,99 * 0,8834 * 10 * 4,68 \right) \\
 &= 39,86 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

SILE

Težina konstrukcije lukobrana

$$G_1 = \gamma_c * h_1 * B * 1\text{m} = 24 * 6,5 * 8 * 1 = 1\,248 \text{ kN}$$

$$G_2 = \gamma_c * h_2 * B_z * 1\text{m} = 24 * 1 * 2 * 1 = 48 \text{ kN}$$

Uzgon

$$U = u * B * 1\text{m} = 47,8 * 8 * 1 = 382,4 \text{ kN}$$

$$U_w = p_u * \frac{B}{2} * 1\text{m} = 39,86 * \frac{8}{2} = 159,442 \text{ kN}$$

Horizontalne sile od vala

$$H_1 = p_2 * h_c * 1\text{m} = 29,14 * 2,72 * 1 = 79,25 \text{ kN}$$

$$H_2 = (p_1 - p_2) * \frac{h_c}{2} * 1\text{m} = (47,79 - 29,14) * \frac{2,72}{2} = 25,38 \text{ kN}$$

$$H_3 = p_3 * h * 1\text{m} = 42,22 * 4,78 * 1 = 201,84 \text{ kN}$$

$$H_4 = (p_1 - p_3) * \frac{h}{2} * 1\text{m} = (47,79 - 42,22) * \frac{4,78}{2} = 13,32 \text{ kN}$$

KRAKOVI

$$v_1 = \frac{B}{2} = \frac{18}{2} = 4 \text{ m}$$

$$v_z = B - \frac{Bz}{2} = 8 - \frac{2}{2} = 7 \text{ m}$$

$$u_1 = \frac{B}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ m}$$

$$u_2 = \frac{2}{3} * B = \frac{2}{3} * 8 = 5,67 \text{ m}$$

$$h_1 = h + \frac{h_c}{2} = 4,78 + \frac{2,72}{2} = 6,14 \text{ m}$$

$$h_2 = h + \frac{h_c}{3} = 4,78 + \frac{2,72}{3} = 5,69 \text{ m}$$

$$h_3 = \frac{h}{2} = \frac{4,78}{2} = 2,39 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{2}{3} * h = \frac{2}{3} * 4,78 = 3,19 \text{ m}$$

MOMENTI

$$M_{G1} = G_1 * v_1 = 1\,248 * 4 = 4\,992 \text{ kNm}$$

$$M_{Gz} = G_z * v_z = 48 * 7 = 336 \text{ kNm}$$

$$M_U = U * u_1 = 382,4 * 4 = 1\,529,6 \text{ kNm}$$

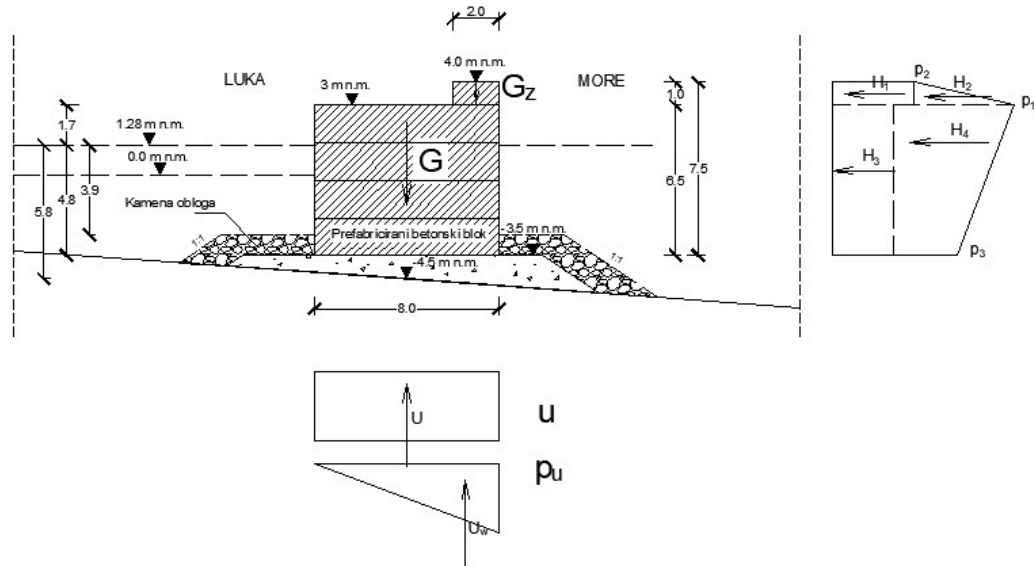
$$M_{Uw} = U_w * u_z = 159,44 * 5,33 = 850,36 \text{ kNm}$$

$$M_{H1} = H_1 * h_1 = 79,25 * 6,14 = 486,62 \text{ kNm}$$

$$M_{H2} = H_2 * h_2 = 25,38 * 5,69 = 144,33 \text{ kNm}$$

$$M_{H3} = H_3 * h_3 = 201,84 * 2,39 = 482,40 \text{ kNm}$$

$$M_{H4} = H_4 * h_4 = 13,32 * 3,19 = 42,45 \text{ kNm}$$



PROVJERA STABILNOSTI

Parcijalni koeficijenti za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1), gubitak statičke ravnoteže (EQU) prema EN 1997 – 1

$$\gamma_{G, \text{dst}} = 1,1$$

$$\gamma_{G, \text{stb}} = 0,9$$

$$\gamma_{Q, \text{dst}} = 1,5$$

Provjera na prevrtanje

Stabilizacijski moment

$$M_{st} = \gamma_{G.stb} * (M_{G1} + M_{Gz}) = 0,9 * (4\ 992 + 336) = 4\ 795,2 \text{ kNm}$$

Destabilizacijski moment

$$\begin{aligned} M_{dst} &= \gamma_{G.dst} * M_U + \gamma_{Q.dst} * (M_{H1} + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4} + M_{Uw}) = \\ &= 1,1 * 1\ 529,6 + 1,5 * (486,62 + 144,33 + 482,40 + 42,45) \\ &= 4\ 691,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{st} \geq M_{dst}$$

$$4\ 795,2 \geq 4\ 691,79 \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

Provjera na klizanje

$$f = 0,95$$

$$\begin{aligned} \Sigma H = H &= \gamma_{Q.dst} * (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) \\ &= 1,5 * (79,25 + 25,39 + 201,84 + 13,32) \end{aligned}$$

$$\Sigma H = H = 479,69 \text{ kN}$$

$$\Sigma V = V = \gamma_{G.stb} * (G_1 + G_z) - \gamma_{G.dst} * U - \gamma_{Q.dst} * U_w$$

$$\Sigma V = V = 0,9 * (4\ 992 + 336) - 1,1 * 382,4 - 1,5 * 159,44 = 506,59 \text{ kN}$$

$$\Sigma V * f \geq \Sigma H$$

$$506,59 * 0,95 \geq 479,69$$

$$481,26 \geq 479,69 \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

7.2. Obalni zid

Razina mora	$RM = 1,28 \text{ m.n.m.}$
Kota obale	$k.o. = 3 \text{ m.n.m.}$
Kota dna zida	$k.d. = - 3,5 \text{ m.n.m.}$
Širine blokova	$B_1 = 10,8 \text{ m}$ $B_2 = 8,6 \text{ m}$
Visine blokova	$h_1 = 4,4 \text{ m}$ $h_2 = 2,1 \text{ m}$
Specifična težina mora	$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^2$
Specifična težina betona	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^2$
Specifična težina nasipa	$\gamma_z = 17 \text{ kN/m}^2$
Specifična težina uronjenog nasipanog materijala	$\gamma_{z'} = 20 \text{ kN/m}^2$
Kut unutarnjeg trenja	$[\Phi] \quad k = 36^\circ$
Koeficijent trenja beton - kamen	$f = 0,6$
Vertikalno kontinuirano opterećenje	$q = 5 \text{ kN/m}^2$
Visoka voda iza zida (+0,5 m)	$RM \text{ iza} = RM + 0,5 = 1,78 \text{ m}$

PRITISCI TLA

$$p_0 = k_a * q = 0,331 * 5 = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

$$p_1 = k_a * \gamma_z * h_6 = 0,331 * 17 * 1,22 = 6,87 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = p_1 + k_a * \gamma_z' * h_5 = 6,87 + 0,331 * 20 * 5,28 = 24,35 \text{ kN/m}^2$$

Razlika hidrostatskog pritiska

$$p_3 = (h_5 - h_4) * \gamma_w = (5,28 - 4,78) * 10 = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_u = (h_5 - h_4) * \gamma_w = (5,28 - 4,78) * 10 = 5 \text{ kN/m}^2$$

SILE

Vertikalne sile

$$G_1 = B_1 * \gamma_c * h_1 * 1m = 10,8 * 24 * 4,4 = 1\,140,48 \text{ kN}$$

$$G_2 = B_2 * \gamma_c * h_2 * 1m = 8,6 * 24 * 2,1 = 433,44 \text{ kN}$$

$$G_3 = (B_1 - B_2) * h_3 * \gamma_z * 1m = (10,8 - 8,6) * 0,88 * 17 = 32,91 \text{ kN}$$

$$G_4 = (B_1 - B_2) * h_6 * \gamma_z * 1m = (10,8 - 8,6) * 1,22 * 17 = 45,63 \text{ kN}$$

$$U_1 = B_1 * h_1 * \gamma_w * 1m = 10,8 * 4,4 * 10 = 475,2 \text{ kN}$$

$$U_2 = B_2 * (h_4 - h_1) * \gamma_w * 1m = 8,6 * (4,78 - 4,4) * 10 = 32,68 \text{ kN}$$

$$U_3 = h_7 * \frac{B_2}{2} * \gamma_w * 1m = 0,5 * \frac{8,6}{2} * 10 = 21,5 \text{ kN}$$

Krakovi vertikalnih sila

$$k_{G1} = \frac{B_1}{2} = \frac{10,8}{2} = 5,4 \text{ m}$$

$$k_{G2} = \frac{B_2}{2} = \frac{8,6}{2} = 4,3 \text{ m}$$

$$k_{G3} = B_2 + \frac{(B_1 - B_2)}{2} = 8,6 + \frac{(10,8 - 8,6)}{2} = 9,7 \text{ m}$$

$$k_{G4} = B_2 + \frac{(B_1 - B_2)}{2} = 8,6 + \frac{(10,8 - 8,6)}{2} = 9,7 \text{ m}$$

$$k_{U1} = k_{G1} = 5,4 \text{ m}$$

$$k_{U2} = \frac{B_2}{2} = \frac{8,6}{2} = 4,3 \text{ m}$$

$$k_{U3} = \frac{2 * B_2}{2} = \frac{2 * 8,6}{3} = 5,73 \text{ m}$$

Momenti vertikalnih sila

$$M_{G1} = G_1 * k_{G1} = 1\,140,48 * 5,4 = 6\,158,592 \text{ kNm}$$

$$M_{G2} = G_2 * k_{G2} = 433,44 * 4,3 = 1\,863,79 \text{ kNm}$$

$$M_{G3} = G_3 * k_{G3} = 32,91 * 9,7 = 319,24 \text{ kNm}$$

$$M_{G4} = G_4 * k_{G4} = 45,63 * 9,7 = 442,59 \text{ kNm}$$

$$M_{U1} = U_1 * k_{U1} = 475,2 * 5,4 = 2\,566,08 \text{ kNm}$$

$$M_{U2} = U_2 * k_{U2} = 32,68 * 4,3 = 140,52 \text{ kNm}$$

$$M_{U3} = U_3 * k_{U3} = 21,5 * 5,733 = 123,267 \text{ kNm}$$

Horizontalne sila

$$H_1 = p_0 * H * 1m = 1,65 * 6,5 = 10,76 \text{ kN}$$

$$H_2 = p_1 * \frac{h_6}{2} * 1m = 6,87 * \frac{1,22}{2} = 4,189 \text{ kN}$$

$$H_3 = p_1 * h_5 * 1m = 6,87 * 5,28 = 36,26 \text{ kN}$$

$$H_4 = (p_2 - p_1) * \frac{h_5}{2} * 1m = (24,35 - 6,87) * \frac{5,28}{2} = 46,15 \text{ kN}$$

$$H_5 = p_3 * h_4 * 1m = 5 * 4,78 = 23,9 \text{ kN}$$

$$H_6 = p_3 * \frac{h_7}{2} * 1m = 5 * \frac{0,5}{2} = 1,25 \text{ kN}$$

Krakovi horizontalnih sila

$$k_{H1} = \frac{H}{2} = \frac{6,5}{2} = 3,25 \text{ m}$$

$$k_{H2} = h_5 + \frac{h_6}{3} = 5,28 + \frac{1,22}{3} = 5,69 \text{ m}$$

$$k_{H3} = \frac{h_5}{2} = \frac{5,28}{2} = 2,64 \text{ m}$$

$$k_{H4} = \frac{h_5}{3} = \frac{5,28}{3} = 1,76 \text{ m}$$

$$k_{H5} = \frac{h_4}{2} = \frac{4,78}{2} = 2,39 \text{ m}$$

$$k_{H6} = h_4 + \frac{h_7}{2} = 4,78 + \frac{0,5}{2} = 4,95 \text{ m}$$

Momenti horizontalnih sila

$$M_{H1} = H_1 * k_{H1} = 10,76 * 3,25 = 34,97 \text{ kNm}$$

$$M_{H2} = H_2 * k_{H2} = 4,19 * 5,69 = 23,82 \text{ kNm}$$

$$M_{H3} = H_3 * k_{H3} = 36,26 * 2,64 = 95,72 \text{ kNm}$$

$$M_{H4} = H_4 * k_{H4} = 46,15 * 1,76 = 81,23 \text{ kNm}$$

$$M_{H5} = H_5 * k_{H5} = 23,9 * 2,39 = 57,12 \text{ kNm}$$

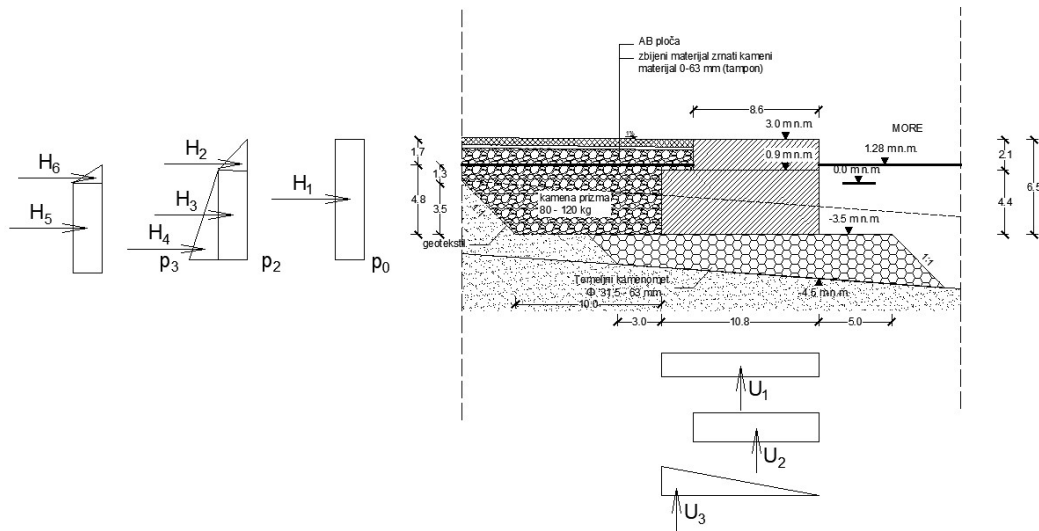
$$M_{H6} = H_6 * k_{H6} = 1,26 * 4,95 = 6,18 \text{ kNm}$$

Parcijalni koeficijenti za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1), gubitak statičke ravnoteže (EQU) prema EN 1997 – 1

$$\gamma_{G.dst} = 1,1$$

$$\gamma_{G.stb} = 0,9$$

$$\gamma_{Q.dst} = 1,5$$



Provjera na prevrtanje

Stabilizacijski moment

$$\begin{aligned}M_{st} &= \gamma_{G.stb} * (M_{G1} + M_{G2} + M_{G3} + M_{G4}) \\ &= 0,9 * (6\ 158,59 + 1\ 863,79 + 319,25 + 442,59) \\ &= 7\ 905,79\ kNm\end{aligned}$$

Destabilizacijski moment

$$\begin{aligned}M_{dst} &= \gamma_{G.dst} * (M_{U1} + M_{U2} + M_{H1} + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4}) + \gamma_{Q.dst} * (H_5 + H_6) \\ &= 1,1 * (2\ 566,08 + 140,52 + 34,97 + 23,82 + 95,72 + 81,23) + \\ &1,5 * (23,9 + 1,25) \\ &= 3\ 516,44\ kNm\end{aligned}$$

$$M_{st} \geq M_{dst}$$

ZADOVOLJAVA

Provjera na klizanje

$$\begin{aligned}\Sigma H &= \gamma_{G.dst} * (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) + \gamma_{Q.dst} * (H_5 + H_6) \\ &= 1,1 * (10,76 + 4,19 + 36,26 + 46,15) + 1,5 * (23,9 + 1,25) \\ &= 144,82\ kN\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma V &= \gamma_{G.stb} * (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) + \gamma_{G.dst} * (U_1 + U_2) - \gamma_{Q.dst} * U_3 \\ &= 0,9 * (1\ 140,48 + 433,44 + 32,91 + 45,63) + 1,1 * (475,2 + 32,68) - 1,5 * \\ &21,5 \\ &= 896,29\ kN\end{aligned}$$

$$f = 0,6$$

$$\sum V * f \geq \sum H$$

$$896,29 * 0,6 \geq 144,82$$

$$1\ 019,53 \geq 678,43$$

ZADOVOLJAVA

7.3. Gatovi

Na (Slika 42.) prikazan je raspored i razmak bazena i plutajućih gatova za koje se privezuju plovila.



Slika 42. Razmak i raspored bazena i plutajućih gatova

KARAKTERISTIKE NAJVEĆEG PRIVEZIŠTA U LUCI

Privezište dimenzija:	20,0 * 7,5 m
Duljina plovila	L = 18 m
Širina plovila	B = 5,2 m
Najveći gaz plovila	T = 1,85 m

DIMENZIJE PRIVEZNIH MJESTA ZA PLOVILA DULJINE 18,0 m

Duljina plovila	L = 18,0 m
Širina plovila	B = 5,2 m
Najveći gaz plovila	T = 1,85 m
Dužina priveznog mjesta	L = 20 m
Širina priveznog mjesta	Š = 7,0 m

Tablica 16. Minimalne dubine na priveznim mjestima

POZICIJA PLOVILA	PRIVEZNO MJESTO [m]	DULJINA PLOVILA [m]	GAZ PLOVILA [m]	POSTOJEĆE DUBINE [m]	POTREBNE DUBINE [m] D= GAZ + 1/2*Hs + 0,5	ZADOVOLJAVA / NEZADOVOLJAVA
Lukobran	20,0 * 7,0	18	1,85	1,5 - 3,5	2,6	ZADOVOLJAVA
Gat A	18,0 * 5,0	14	1,55	2,3 - 3,9	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat A	18,0 * 5,0	14	1,55	2,3 - 3,9	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat B	12,0 * 4,5	10	1,25	2,3 - 3,6	2	ZADOVOLJAVA
Gat B	12,0 * 4,5	10	1,25	2,3 - 3,6	2	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,0	5	0,8	1,5 - 3,3	1,6	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,1	5	0,8	1,5 - 3,4	1,6	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,2	5	0,8	1,5 - 3,5	1,6	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,3	5	0,8	1,5 - 3,6	1,6	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,4	5	0,8	1,5 - 3,7	1,6	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,5	5	0,8	1,5 - 3,8	1,6	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	7,0 * 3,6	5	0,8	1,5 - 3,9	1,6	ZADOVOLJAVA

Plovilo:

L = 18,0 m

T = 1,85 m

H1/3 = 0,50 m (mogući val u marini)

$$d = \text{Gaz plovila} + \frac{1}{2} \text{mogućeg vala u marini} + 0,50$$

Tablica 17. Broj priveznih mjesta

Dimenzija priveznog	Broj mjesta
20,0 * 7,0	3
18,0 * 5,0	16
12,0 * 4,5	23
8,0 * 3,5	27
7,0 * 3,0	35
UKUPNO:	104

8. ZAKLJUČAK

Luka kao gospodarski objekt i nautička luka ima ključnu ulogu za razvoj područja u kojemu se nalazi. Upravljanje i ulaganje u luke predstavlja zahtjevan i težak posao na svim razinama menadžmenta.

U ovom radu analizirani su mogući utjecaji vanjskih sila. Na temelju rezultata analiza i podatka koji iz njih proizlaze, donijeli su se ispravni zaključci o radovima koje treba izvesti u Tarskoj vali. Kako bi proračun dimenzioniranja zaštite pomorskih građevina bio što točniji i sigurniji, analizirala se učestalost vanjskih sila u određenom povratnom periodu, najčešće u razdoblju od 10, 50 ili 100 godina.

Cilj ovog rada bio je osiguravanje dovoljnog broja vezova u Tarskoj vali u općini Tar – Vabriga. Tarska vala smještena je nedaleko od grada Novigrada, u općini Tar – Vabriga te se predstavlja kao jedna od najsigurnijih uvala za sklonište od vjetra. Područje Tarske vale ima povoljne geološke značajke za izgradnju i zaštitu uvale lukobranom. U ovom radu analizirane su geološke, geografske i klimatološke značajke ovog područja. A obzirom na smjer puhanja vjetra, dobili smo izračun da je luka dobro zaštićena od vjetra i da duljina privjetrišta varira od 61,6 pa sve do 151,5 kilometra. U radu je proveden proračun i opisana je metodologija izgradnje vertikalnog lukobrana. Lukobran se nalazi na zapadnom dijelu uvale i omogućava sigurnost brodica od naleta velikih valova i vjetra.

Zbog relativno male dubine koja je ispred luke, parametara vala i položaja valne visine ulaza u luku, luka je povoljna za prihvat i manevriranje različitih kapaciteta brodica. Novoplanirana luka trebala bi imati prihvat za 118 brodova i brodica. Ulaz u luku širine je 50 metara što je dovoljno za manevriranje i nesmetani promet brodica.

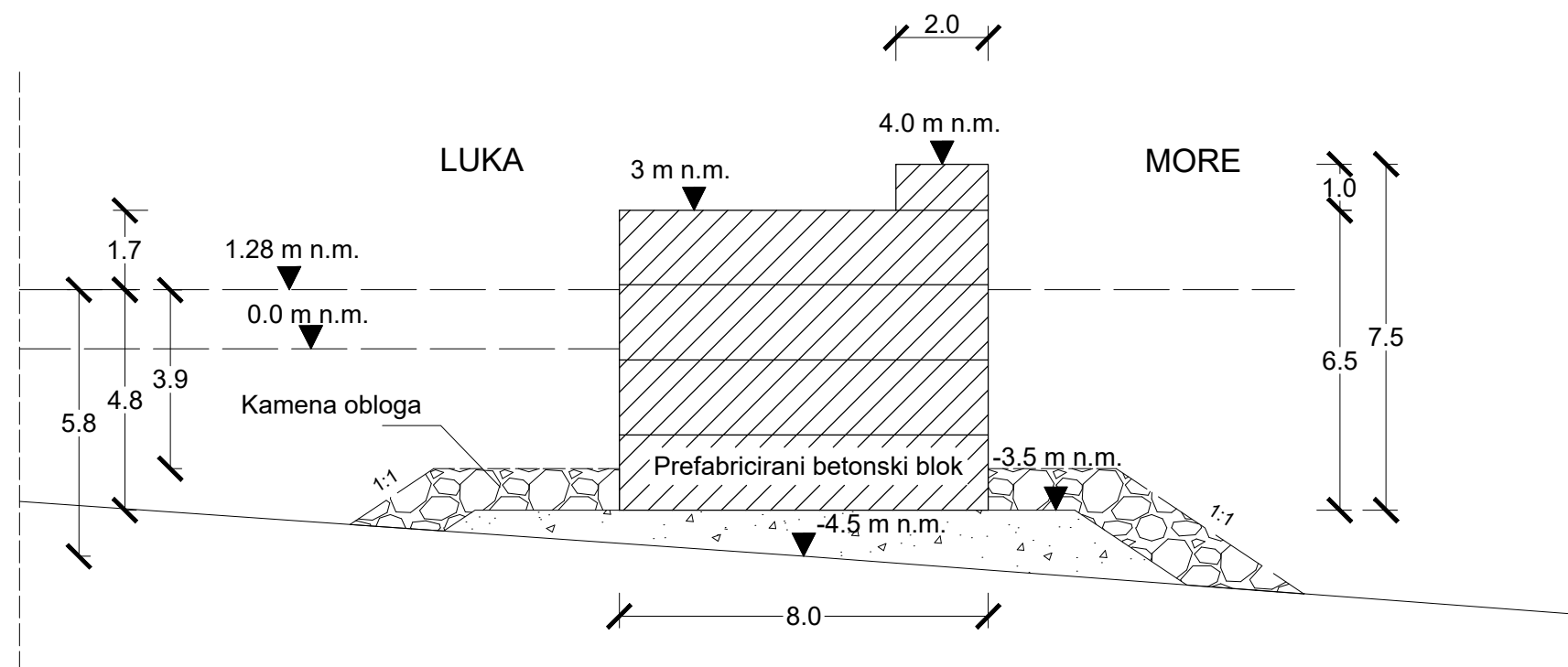
9. LITERATURA

1. [1] Barnjak Monika, *Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu*, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva arhitekture i geodezije, Split, 2018.
2. [2] DLS d.o.o., *Elaborat zaštite okoliša uz zahtjev za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat izgradnje luke Karigador – Brtonigla*, Rijeka, 2017.
3. [3] DLS d.o.o., *Studija o utjecaju na okoliš za zahvat dogradnje luke otvorene za javni promet Karigador – Brtonigla*, Rijeka, 2020.
4. [4] Geotech, *Geološka građa Istre*, <https://www.geotech.hr/geoloska-grada-istre/> pristupila 22.7.2022.
5. [5] Google Earth, pristupila 29.7.2022.
<https://earth.google.com/web/@45.16504161,13.7708221,229.55760286a,177.902.99923517d,35y,0.09790158h,0.06560547t,360r>
6. [6] Istrapedia, <https://www.istrapedia.hr/en/natuknice/1154/tar> , pristupila 29.4.2022.
7. [7] Krvavica Nino, *Predavanje – Dimenzioniranje nasutog lukobrana*, Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2020/2021.
8. [8] Krvavica, Nino, *Predavanje – Gradnja marina i obala*, Gradnja marina i obala, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, 2018/2019.
9. [9] Krvavica Nino, *Predavanje – Lukobrani*, Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2020/2021.
10. [10] Krvavica Nino, *Predavanje – Vertikalni lukobrani*, Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2020/2021.
11. [11] Krvavica Nino, *Predavanje – Obalni zidovi*, Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2020/2021.
12. [12] Krvavica, Nino, *Predavanje – Prognoza vjetrovalnih valova*, Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2020/2021.
13. [13] Općina Tar – Vabriga, <https://tar-vabriga.hr/opcina> , pristupila 29.4.2022.
14. [14] Općina Tar – Vabriga, *Ekomuzej maslinovog ulja Tar – Vabriga*, br. 213 / br. 224, Tar – Vabriga, 2018.
15. [15] Općina Tar – Vabriga, *Prostorni plan uređenja luke Tarska vala*, pristupila 29.4.2022.

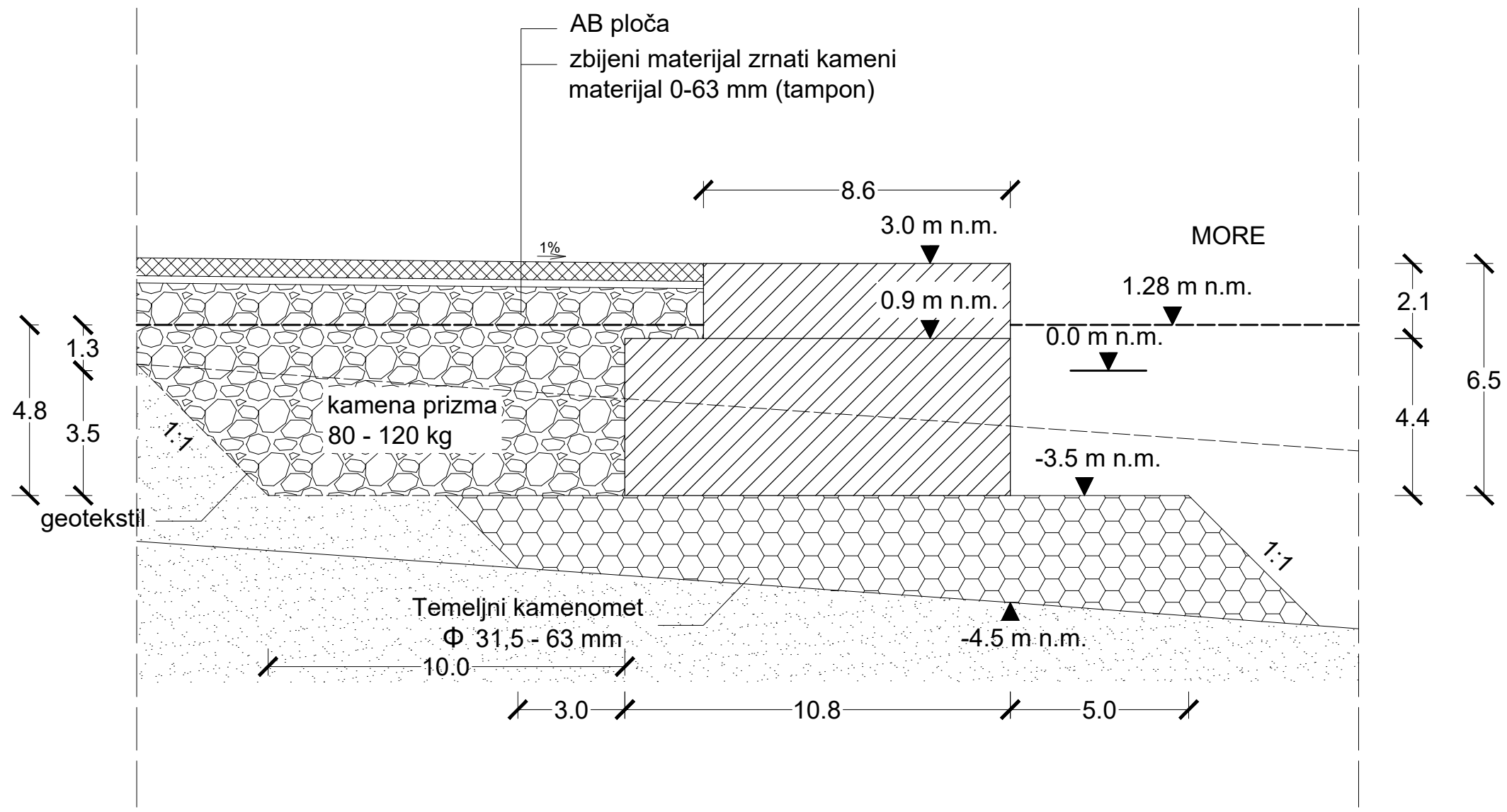
16. [16] Općina Tar – Vabriga, *Urbanistički plan uređenja luke Tarska vala*, pristupila 29.4.2022.
17. [17] Orešić Danijel, *Razine mora*, Geografski odsjek PMF – a, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
18. [18] „*Priručnik za dimenzioniranje plovila u marinama*“, Monaco, 2011.
19. [19] Pršić Marko, *Hidrotehničke građevine*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2010.
20. [20] Pršić Marko, *Pomorske građevine*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2013.
21. [21] Rezo M., Špoljarić D., Šljivarić M., *Promjene razine mora i varijacije Mjesečevih deklinacija u nutacijskom razdoblju na četiri mareografa u Hrvatskoj*, Geodetski list, 263-278, Zagreb, 2010.
22. [22] Studio za krajobraznu arhitekturu, prostorno planiranje, okoliš, d.o.o., *Elaborat zaštite okoliša: dio plaže “AC Lanterna” u općini Tar-Vabriga*, Rovinj, 2017.
23. [23] US Army Corps of Engineers, „Coastal engineering manual“ Engineer manual 1110 – 2 – 1100 Part VI, 2002.
24. [24] Vareško Matea, *Idejno rješenje komunalne luke Runke u Premanturi*, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, 2020.
25. [25] Wikipedia, *Morske mijene*, https://hr.wikipedia.org/wiki/Morske_mijene , pristupila 29.4.2022.
26. [26] Wikipedia, *Tar*, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tar> , pristupila 29.4.2022.



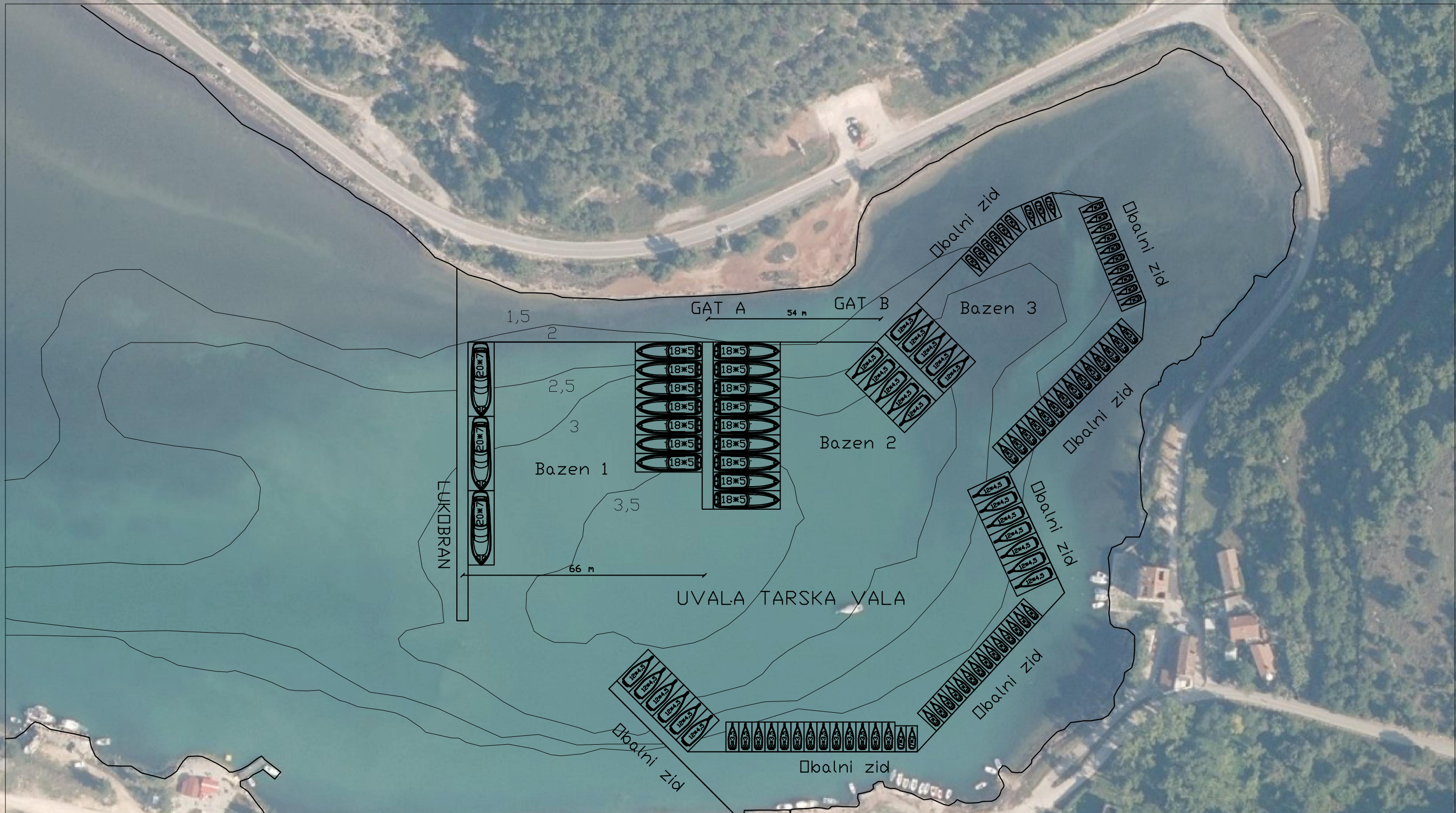
G F	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Završni rad	IDEJNO RJEŠENJE LUKE TARSKA VALA U ISTRI		Sadržaj nacрта: SITUACIJA POSTOJEĆEG STANJA S BATIMETRIJOM
Ime i prezime: Monika Greblo	Kolegij: OSNOVE OBALNOG INŽENJERSTVA		
Mentor: doc.dr.sc. Nino Krvavica	Datum: 09.2022.	Mjerilo: 1:1000	List: 1



<table border="1"> <tr> <td>G</td> <td rowspan="2"> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI </td> </tr> <tr> <td>F</td> </tr> </table>		G	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI	F		
G	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI					
F						
Završni rad IDEJNO RJEŠENJE LUKE TARSKA VALA U ISTRI		Sadržaj nacrta: Nacrt vertikalnog zida				
Ime i prezime: Monika Greblo		Kolegij: OSNOVE OBALNOG INŽENJERSTVA				
Mentor: doc.dr.sc. Nino Krvavica		Datum: 09.2022.	Mjerilo: 1:150			
		List: 2				



<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">G</td> <td colspan="3">GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>				G	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			F			
G	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI										
F											
Završni rad		Sadržaj nacrt:									
IDEJNO RJEŠENJE LUKE TARSKA VALA U ISTRI		Nacrt obalnog zida									
Ime i prezime: Monika Greblo		Kolegij: OSNOVE OBALNOG INŽENJERSTVA									
Mentor: doc.dr.sc. Nino Krvavica	Datum: 09.2022.	Mjerilo: 1:150	List: 3								



G F			GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Završni rad			Sadržaj nacрта:		
IDEJNO RJEŠENJE LUKE TARSKA VALA U ISTRI			SITUACIJA PLANIRANOG STANJA		
Ime i prezime: Monika Greblo			Kolegij: OSNOVE OBALNOG INŽENJERSTVA		
Mentor: doc.dr.sc. Nino Krvavica		Datum: 09.2022.	Mjerilo: 1:1000	List: 4	