

Izbor maritimnih uvjeta i uvjeta za privez plovila u obuhvatu Dobra Luka

Lucić, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:645695>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-09**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Antonio Lucić

Split, 2022.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Antonio Lucić

**Izbor maritimnih uvjeta i uvjeta za privez plovila u
obuhvatu Dobra Luka**

Diplomski rad

Split, 2022.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Antonio Lucić

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083222103

KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**

PREDMET: Obalno inženjerstvo

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Izbor maritimnih uvjeta i uvjeta za privez plovila u obuhvatu Dobra Luka

Opis zadatka: Za obuhvat Dobra Luka potrebno je:

- Izraditi vjetrovalnu klimu i definirati parametre dubokovodnog vala;
- Provesti dugoročnu valnu prognozu;
- Prepoznati dominantne mehanizme transformacije vala i procijeniti valne visine u luci;
- Definirati minimalne potrebne dubine za privez plovila u luci;
- Provesti proračun sila na privezu plovila;
- Definirati nosivosti i raspored postavljanja infrastrukture za privez plovila (bitve ili poleri).

U Splitu, 15.03.2022.

Voditelj Diplomskog rada:

Izv.prof. dr. sc. Veljko Srzić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:
doc. dr. sc. Ivo Andrić

Izbor maritimnih uvjeta i uvjeta za privez plovila u obuhvatu Dobra Luka

Sažetak:

Unutar obuhvata Dobra Luka predviđena je izgradnja manje luke za privez plovila do uključivo 65 metara duljine. Temeljem dostupnog tehničkog rješenja, ovim radom definiranju se maritimni uvjeti unutar štíćenog akvatorija luke, dubine za privez plovila te stanje valnog polja uslijed dominantnih mehanizama transformacije. Osim navedenog, rad obrađuje problematiku priveza plovila u četverovezu inkorporirajući mjerodavna djelovanja vjetra, a kroz procjenu parametara plovila i definiciju privezne infrastrukture.

Ključne riječi:

Dobra Luka, luka, plovila, maritimni uvjeti, dubine, valno polje, četverovez, privez plovila

Determination of maritime conditions for boat mooring in Dobra Luka marine

Abstract:

The aim of this research was to determine maritime conditions for boat mooring in Dobra Luka marine, where the construction of small port for yachts up to 65 m length is planned. According to existing technical solution, this study defines maritime conditions in protected port basin, mooring depth and wave field during the dominant mechanism of transformation. Furthermore, study deals with problems such as boat mooring by incorporating wind actions through the assessment of boat parameters and mooring infrastructure definition.

Keywords:

Dobra Luka, port, yachts, maritime conditions, depth, wave field, Mediterranean mooring, boat mooring

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Geografska lokacija	2
3. Vjetrovalna analiza	6
3.1. Definiranje privjetrišta.....	6
3.2. Uzorak parametara dubokovodnog vala	16
3.3. Dugoročne valne prognoze.....	21
3.3.1. Smjer jugozapad	22
3.3.2. Smjer jug	31
3.3.3. Smjer jugoistok.....	39
3.3.4. Smjer zapad	47
3.3.5. Zaključak dugoročnih valnih prognoza	54
3.4. Transformacija vala	55
3.4.1. Transformacija vala difrakcijom	57
4. Obilježja priveza.....	74
4.1. Karakteristike plovila za pristan u obuhvatu Dobra Luka.....	74
4.2. Definicija dubine za privez plovila.....	77
4.3. Definicija poteznih sila plovila na infrastrukturu za privez plovila po kategorijama	79
4.3.1. Utjecaj vjetra	79
4.3.2. Potezna sila i odabir polera za privez karakterističnog plovila duljine $L = 25$	79
4.3.3. Potezna sila i odabir polera za privez tipskog plovila duljine $L = 35$ m – privez okomito na obalu	86
4.3.4. Potezna sila i odabir polera za privez tipskog plovila duljine $L = 35$ m – privez paralelno s obalom.....	92
4.3.5. Potezna sila i odabir polera za privez tipskog plovila duljine $L = 65$ m – privez paralelno s obalom.....	98
4.4. Mjerodavni poleri za privez plovila na konstrukciji u obuhvatu Dobra Luka	104
5. Zaključak	106
6. Literatura	108
7. Popis slika.....	109

1. Uvod

Predmet ovog diplomskog rada odnosi se na ispitivanje maritimnih uvjeta obalnog pojasa za privez manjeg broja plovila. Lokacija obuhvata je uvala Dobra Luka na poluotoku Luštica, Herceg Novi koji je sastavni dio obalnog pojasa Crne Gore. U uvali Dobra Luka postoji izgrađeno pristanište koje je nekada služilo za vojne svrhe. Budući da je u skorije vrijeme u samoj uvali izgrađen hotel visoke kategorije postoji potreba za potpunom rekonstrukcijom odnosno formiranjem nove marine za privez plovila određenih karakteristika. Projektom je predviđena izgradnja lukobrana s operativnom obalom kapaciteta 9 plovila raspona duljine od 20 do 65 metara. Također, uzeta je u obzir mogućnost ostvarenja incidentnih situacija i privez plovila nešto drugačijih karakteristika. Zadatkom je predviđeno konceptualno rješenje za sjeveroistočni i djelom istočni dio uvale gdje je i locirana marina [1].

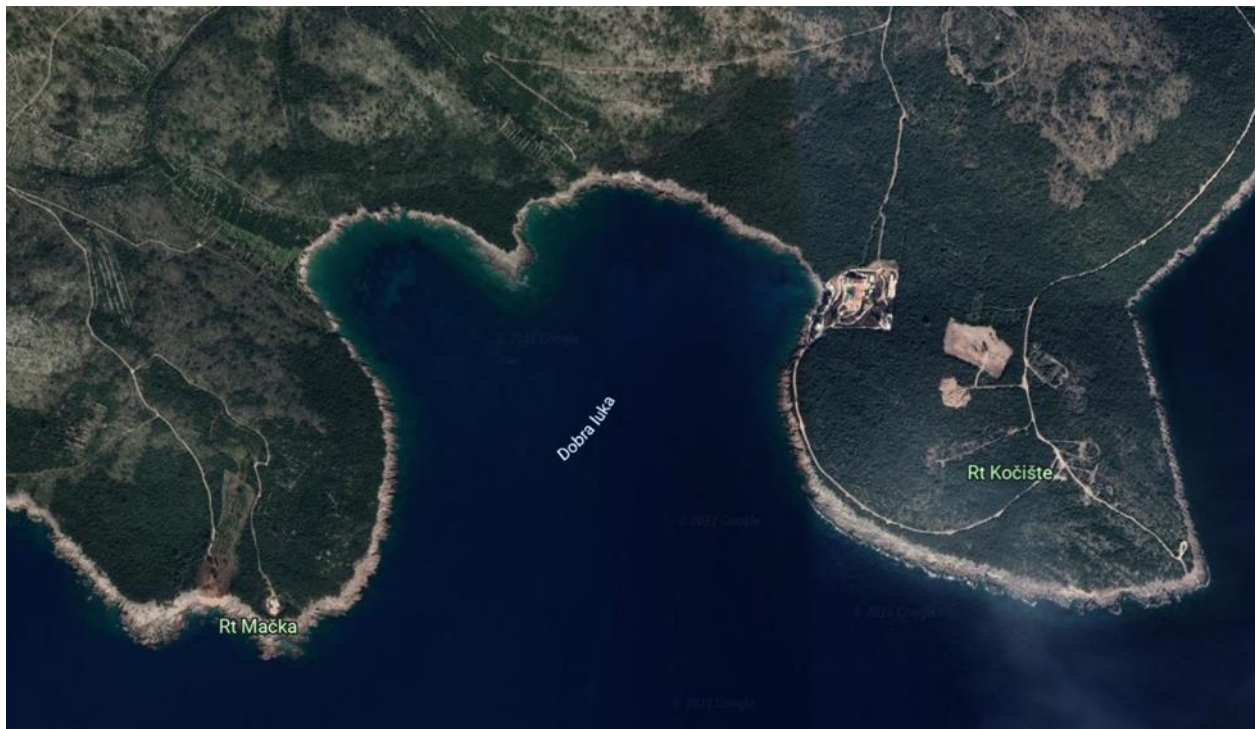
U sklopu ovog rada ispitani su vjetrovalni i maritimni uvjeti, a za metereološka obilježja dostupni su podatci Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore. Izrađena je vjetrovalna klima, dugoročne valne prognoze te procjena valnih parametara uslijed transformacija vala. Nakon toga prikazuju se obilježja priveza gdje su definirane dubine potrebne za privez plovila i izračun poteznih sila kako bi se odabrale prikladne bitve i/ili poleri. Pretpostavka je da se plovidba odvija po zakonima definiranim Pomorskim zakonikom (NN 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19) i Pravilnikom o brodicam, čamcima i jahtama (NN13/2020). Prilikom izrade rada svaki zaključak donosi se na osnovu stručnih i znanstvenih normi definiranih za izradu ovakvog tipa objekta.

2. Geografska lokacija

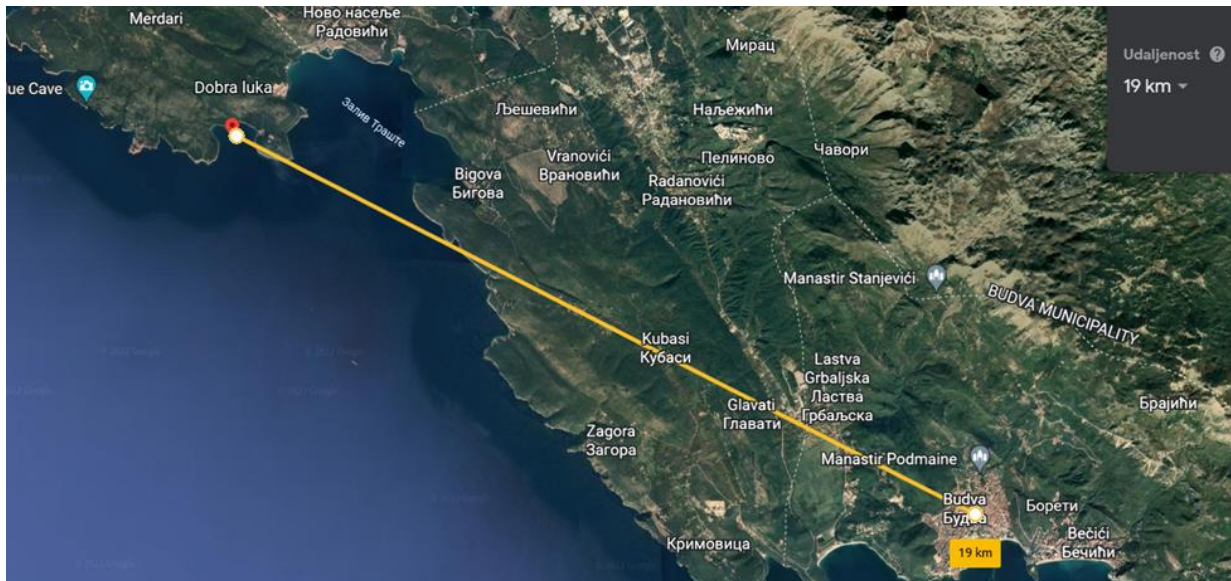
Područje ovog zahvata je uvala Dobra Luka na poluotoku Luštica, Herceg Novi koja je dio obalnog pojasa Crne Gore. Uvala se nalazi nekih 19 km zračne linije sjeverozapadno od Budve. Prvo naselje u blizini je Radovići udaljen 3 km [2]. Sama uvala nije naseljena te je često pusta uz poneki dolazak domaćeg stanovništva izvan sezone te turista preko ljeta. U skorije vrijeme u uvali je izgrađen hotel visoke kategorije te je shodno tome potrebna izgradnja novog pristaništa i cijele infrastrukture koja ide uz to. Uvala je smještena između rta Mačka na zapadu i rta Kočište na istoku.

Geografske koordinate luke su, [3]: Zemljopisna širina: 43° 23' N

Zemljopisna dužina: 18° 38' E



Slika 1. Satelitski prikaz uvale Dobra Luka (izvor: Google Earth)



Slika 2. Udaljenost od grada Budve (izvor: Google Earth)

Konkretna lokacija na kojoj je predviđena izgradnja se sastoji od dijelova katastarskih parcela 1536/1 i 1533, KO Brguli.

U uvali Dobra Luka postoji izgrađeno pristanište koje je u prošlosti služilo za vojne svrhe. Na ovom dijelu obale u samom kutu uvale postoji mala prirodna šljunkovita plaža. Dobra Luka je primarno orijentirana na pristup s mora. Uvala je kopnom dostupna makadamskim putem iz pravca Radovići preko kamenoloma Oblatno. Put je neasfaltiran, slabo prohodan i iziskuje rekonstrukciju svih tehničkih elemenata. Na ovoj lokaciji nema izgrađene ostale infrastrukture. Trasa lokalnog puta se pruža od predmetne lokacije, prati liniju obale, prolazi kroz lokalni kamenolom i ima priključak na asfaltirani put kod Radovića.

Na lokaciji nema hidrotehničke infrastrukture, ne postoje fekalna ni oborinska kanalizacija. Na predmetnoj lokaciji nema površinskih tokova i izvora podzemnih voda, kao ni zaštićenih područja [4]. Uvala je direktno izložena djelovanju vjetrova i valova sa južne, jugoistočne i jugozapadne strane dok je sa sjeverne zaštićena od takvih utjecaja.

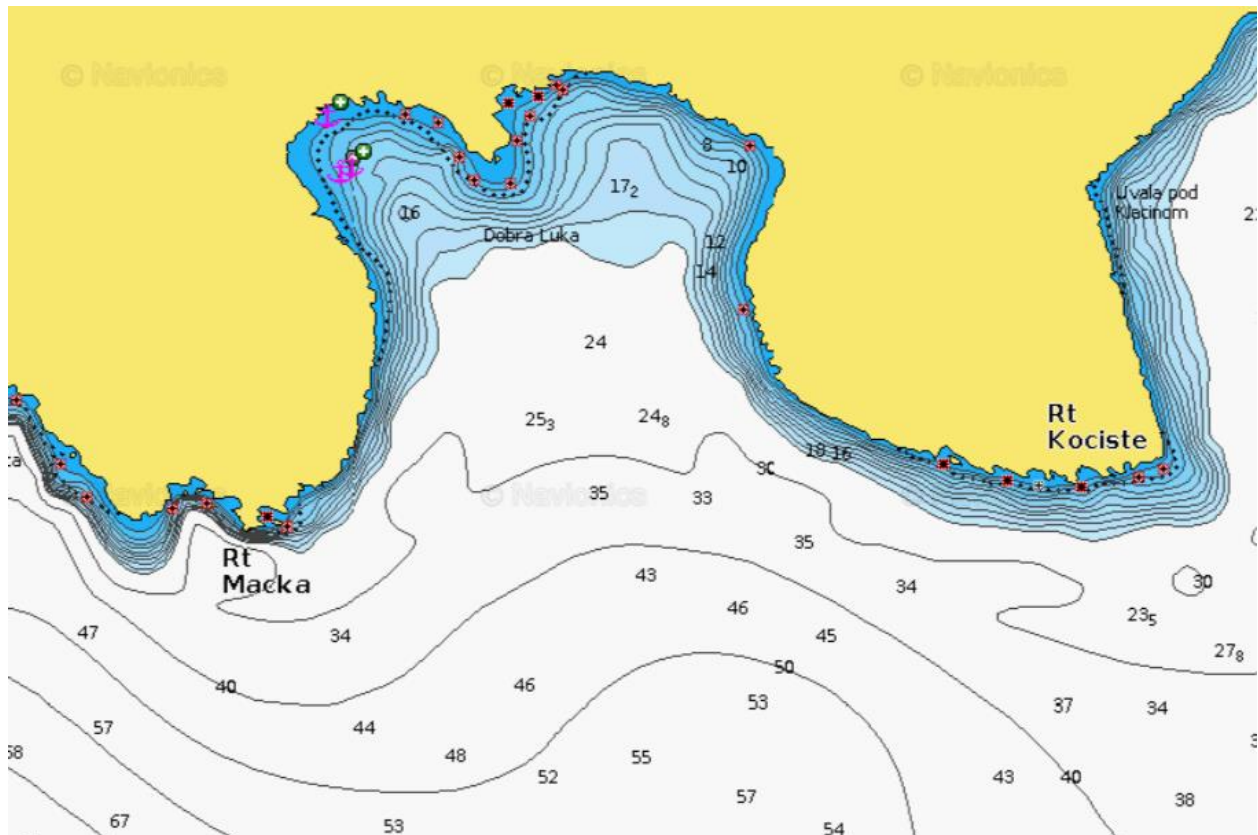


Slika 3. Uvala Dobra Luka (izvor: Glamping Montenegro)



Slika 4. Uvala Dobra Luka (izvor: Glamping Montenegro)

Raspon dubina u uvali se kreće do 30 metara [5]. Na sjevernoj strani uvale prisutne su manje dubine u odnosu na istočnu i zapadnu te je dubina od 17 metara dosegnuta na 200 metara od obale. Planirani zahvat biti će izveden na istočnoj obali gdje dubine već na 100 metara od obale iznose 17 metara i više. Pomicanjem više prema središtu uvale dubine se povećavaju na preko 25 metara te na rubu prema otvorenom moru dosežu vrijednost od 30 metara i dalje se prema jugu konstantno povećavaju.



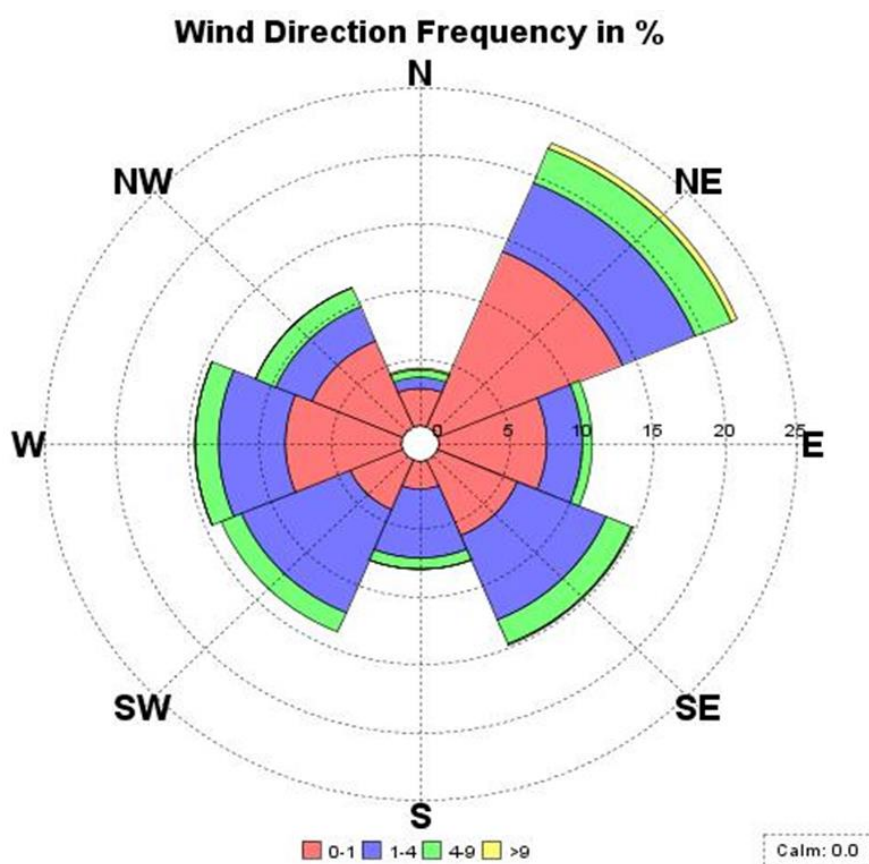
Slika 5. Dubine mora u akvatoriju (izvor: Navionics)

3. Vjetrovalna analiza

3.1. Definiranje privjetrišta

Privjetrište je definirano duljinom otvorene morske površine na kojoj vjetar vrši prijenos energije odnosno svoj utjecaj. Određen je područjem za koje vršimo proračun kao i duljinom obalne linije [6].

Potrebni podaci za proračun duljine privjetrišta dobivaju se iz prethodno izrađene tablice kontigencije i ruže vjetrova iz koje iščitavamo učestalost i brzinu vjetra za pojedini smjer.



Slika 6. Ruža vjetrova – Budva (izvor: Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore)

Prema zadanoj lokaciji odabire se najbliža mjerna postaja. U slučaju Dobre Luke to je meteorološka postaja Budva. Uvidom u ružu vjetrova koju je izradio Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore izrađena je ruža vjetrova (Slika 6) [7]. Mjerodavni vjetrovi dolaze iz 3. i 4. kvadranta, odnosno iz smjera zapad, jugozapad, jug i dijelom jugoistok. Najučestaliji vjetar dolazi iz trećeg kvadranta sa zapada odnosno pulenat. Jačina tog vjetra također seže do 9 m/s dok mu je učestalost oko 20%. U trećem kvadrantu mjerodavan je još

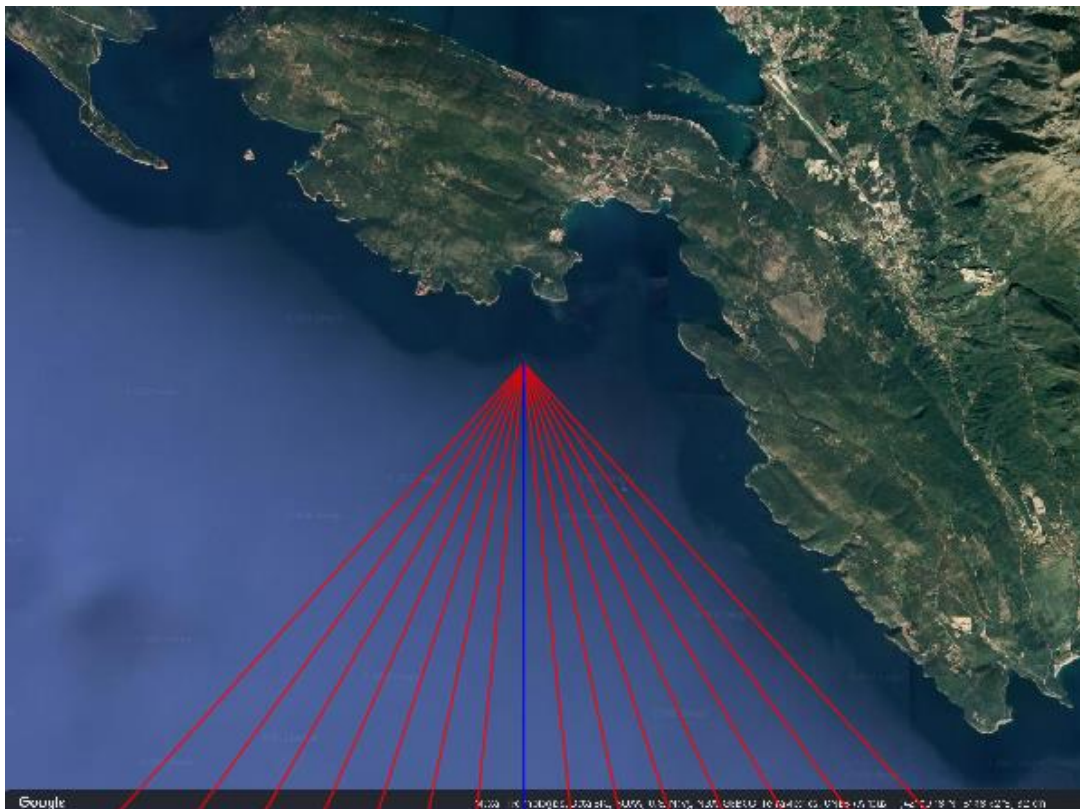
vjetar sa jugozapada (lebić). U četvrtom kvadrantu dominantan je vjetar sa jugoistoka odnosno jugo, dok je vjetar sa juga (oštro) manje učestao. Vjetrovi iz 1. i 2. kvadranta ne usvajaju se kao mjerodavni. Duljina privjetrišta može biti definirana na mnogo načina u raznim proračunskim modelima. Metoda koja se koristi u ovom radu je definirana po Saville-u. Ovom metodom energija vjetra se uz definiranu os smjera puhanja vjetra prenosi i u okolnim smjerovima, +/- 42°. Prvi korak je postavljanje glavne zrake u primarnom smjeru puhanja vjetra. Slijedeći korak je postavljanje sporednih zraka rotacijom u + i – smjeru za 6°, time se u smjeru kazaljke na satu dolazi do -42° (sedam zraka) te u smjeru suprotno od kazaljke na satu +42° (također sedam). Postavljene zrake moraju prolaziti kroz istu ishodišnu točku koja je u ovom radu odmaknuta oko 500 m od najisturenije toče u Dobroj Luci. Mjerenjem se dobiva duljina svake zrake od postavljenog ishodišta pa do prve prepreke.

$$F_{EFF} = \frac{\sum_{i=1}^{15} f_i \cdot \cos^2 \theta_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \theta_i}$$

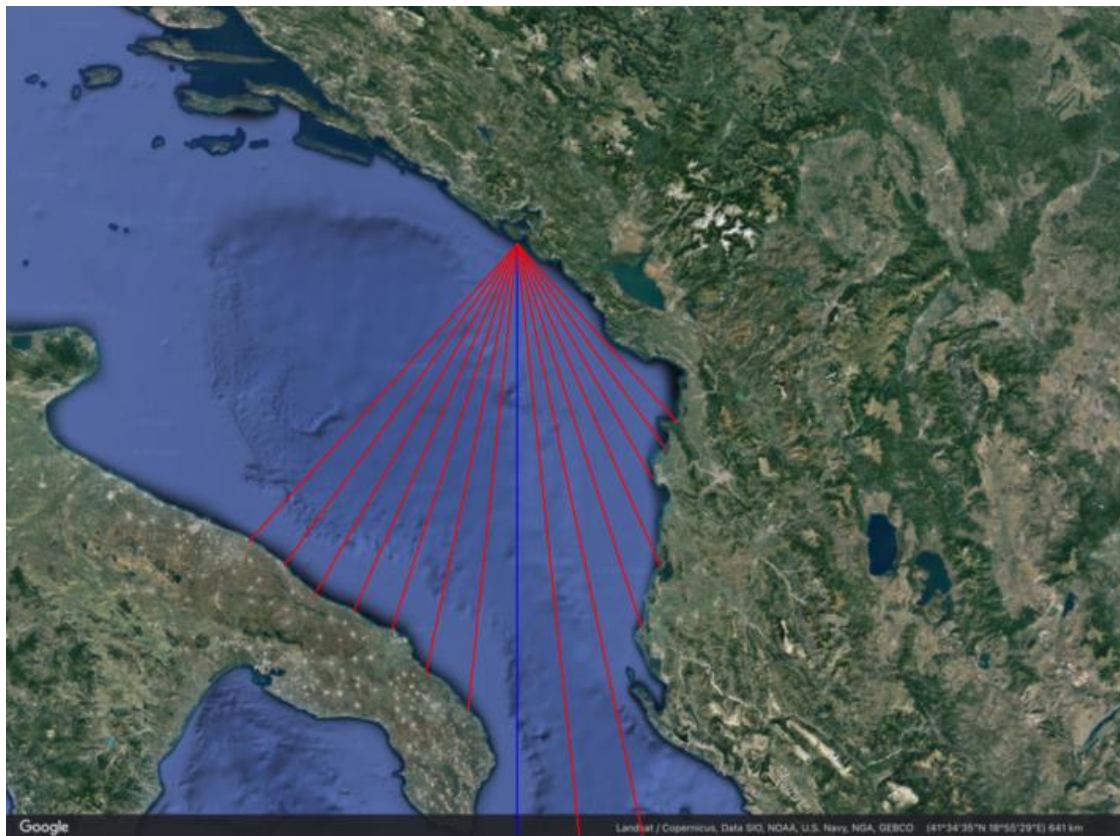
F_{EFF} = efektivno privjetrište [km]

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

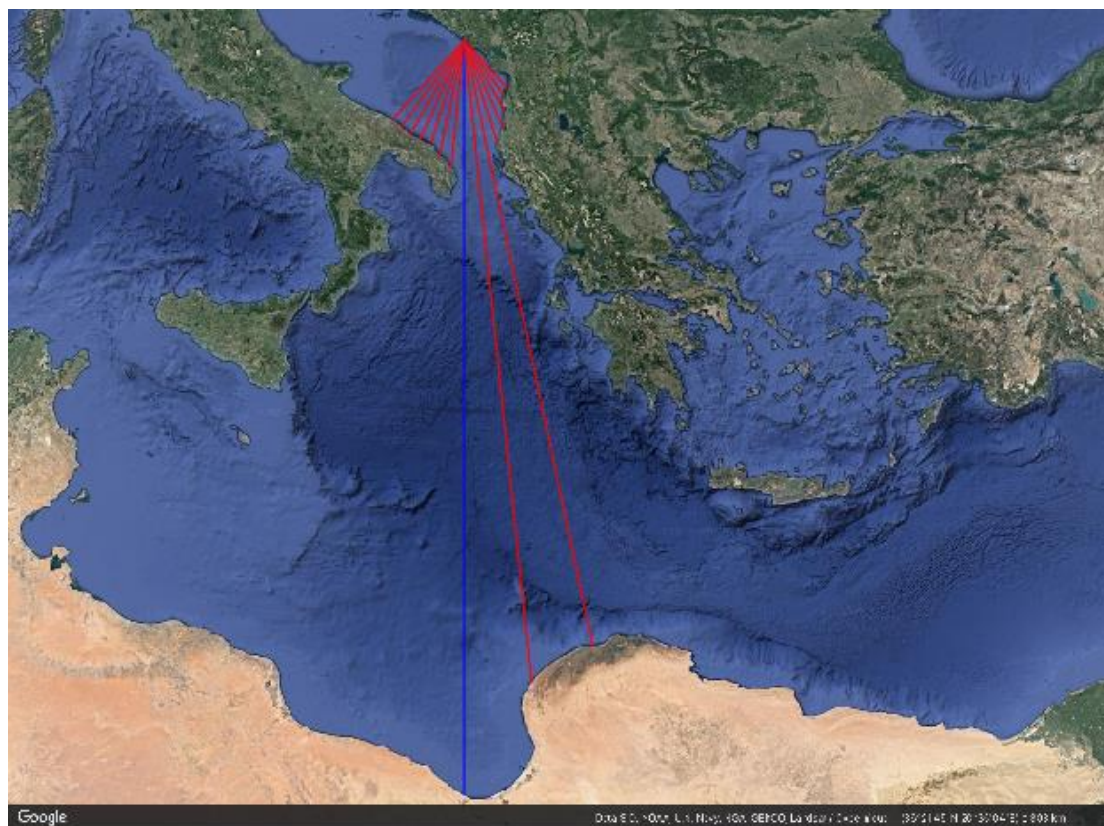
f_i = duljina privjetrišta zrake otklonjene za kut θ_i



Slika 7. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer J (izvor: Google karte).



Slika 8. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer J (izvor: Google karte).



Slika 9. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer J (izvor: Google karte).

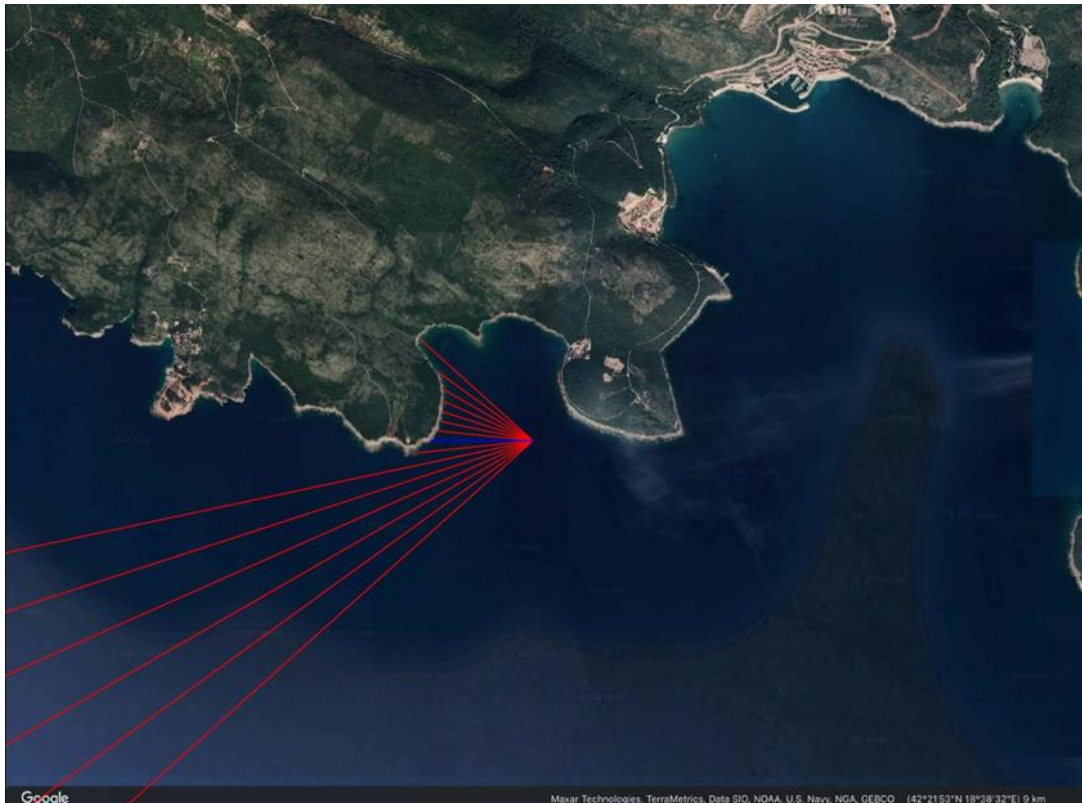
Kut (°)	f_i (km)	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
42	114,676	0,743	63,307
36	121,172	0,809	79,305
30	129,834	0,866	97,370
24	169,427	0,914	141,539
18	193,707	0,951	175,189
12	1096,434	0,978	1048,722
6	1143,74	0,995	1132,331
0	1337,413	1,000	1337,413
-6	225,321	0,995	223,073
-12	211,296	0,978	202,101
-18	194,43	0,951	175,843
-24	193,113	0,914	161,326
-30	194,344	0,966	181,353
-36	190,471	0,809	124,660
-42	191,937	0,743	105,959
F_{EFF}	385,652	13,612	5249,489

Tablica 1. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer J

Duljina efektivnog privjetrišta prema Saville-u za smjer glavne zrake jug iznosi 385,652 km. Glavna zraka je označena plavom bojom, a crvene zrake su postavljene na svakih 6° lijevo i desno od glavne [8].



Slika 10. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer Z (izvor: Google karte).

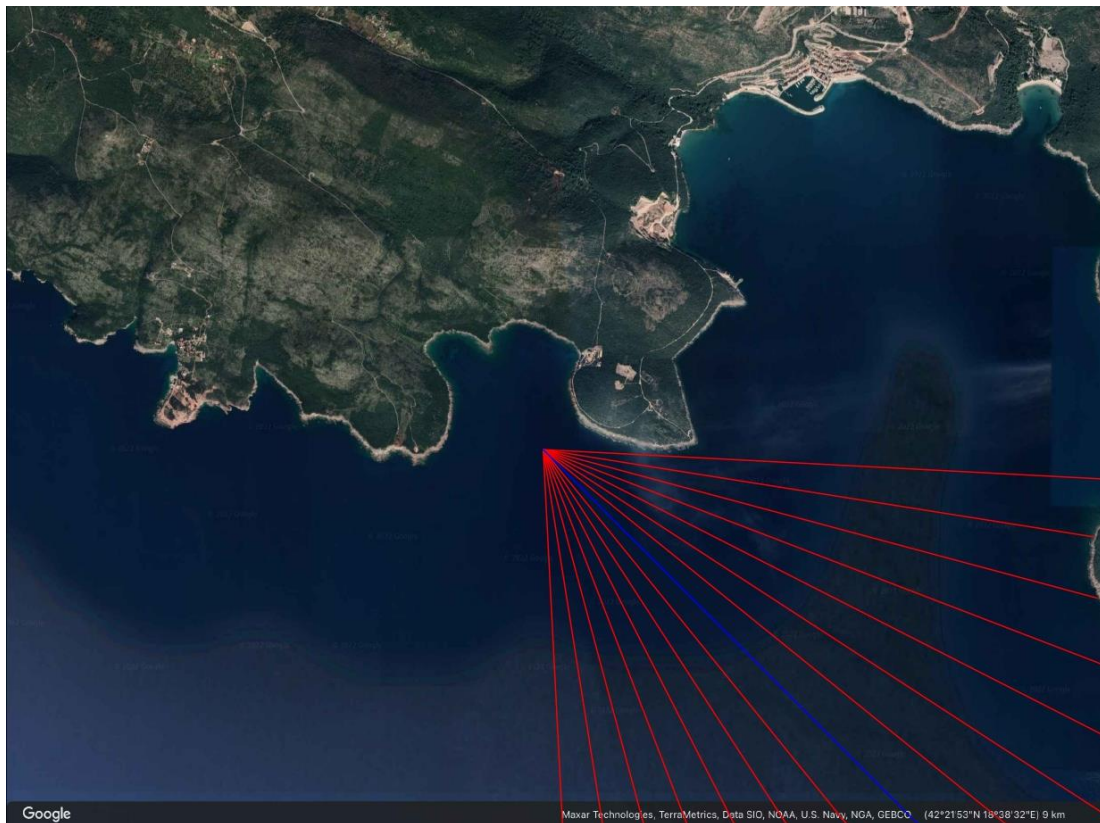


Slika 11. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer Z (povećani detalj uz obalu) (izvor: Google karte).

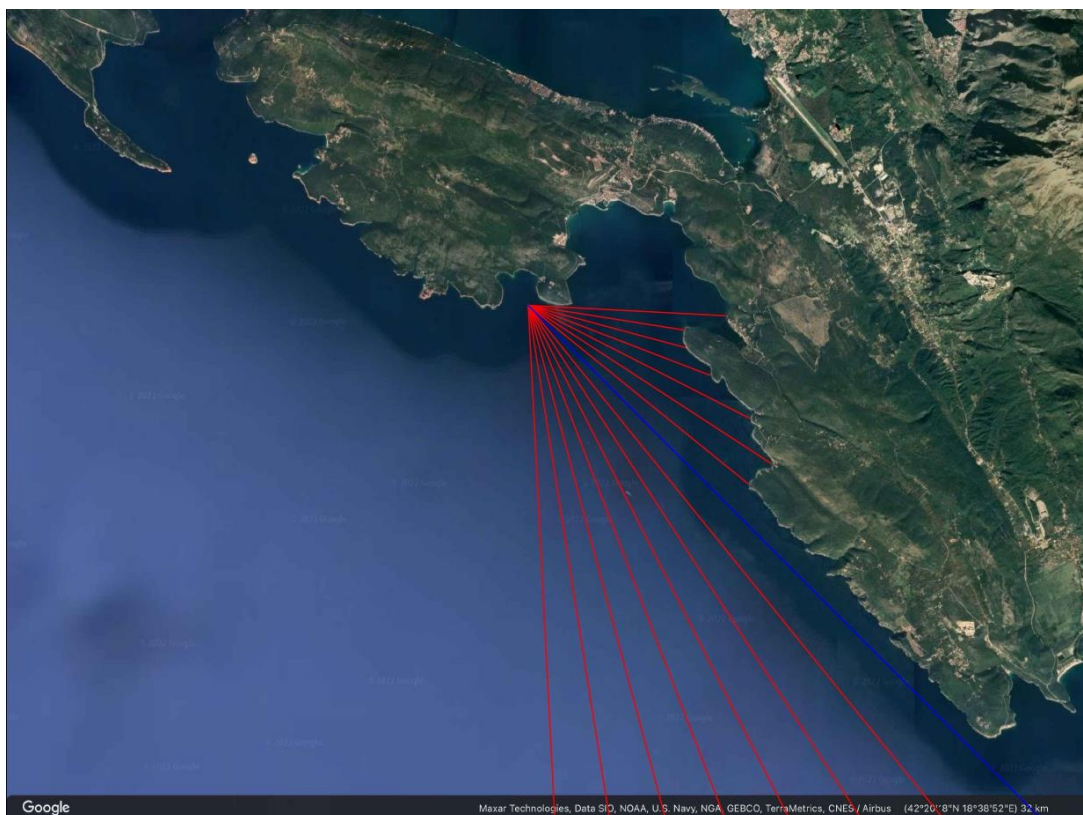
Kut (°)	f_i (km)	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
42	204,729	0,743	113,020
36	215,6	0,809	141,106
30	229,706	0,866	172,269
24	245,007	0,914	204,678
18	213,191	0,951	192,810
12	221,958	0,978	212,299
6	0,834	0,995	0,826
0	0,726	1,000	0,726
-6	0,677	0,995	0,670
-12	0,666	0,978	0,637
-18	0,675	0,951	0,610
-24	0,692	0,914	0,578
-30	0,731	0,966	0,682
-36	0,833	0,809	0,545
-42	1,087	0,743	0,600
$F_{EFF} =$	76,554	13,612	1042,058

Tablica 2. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer Z

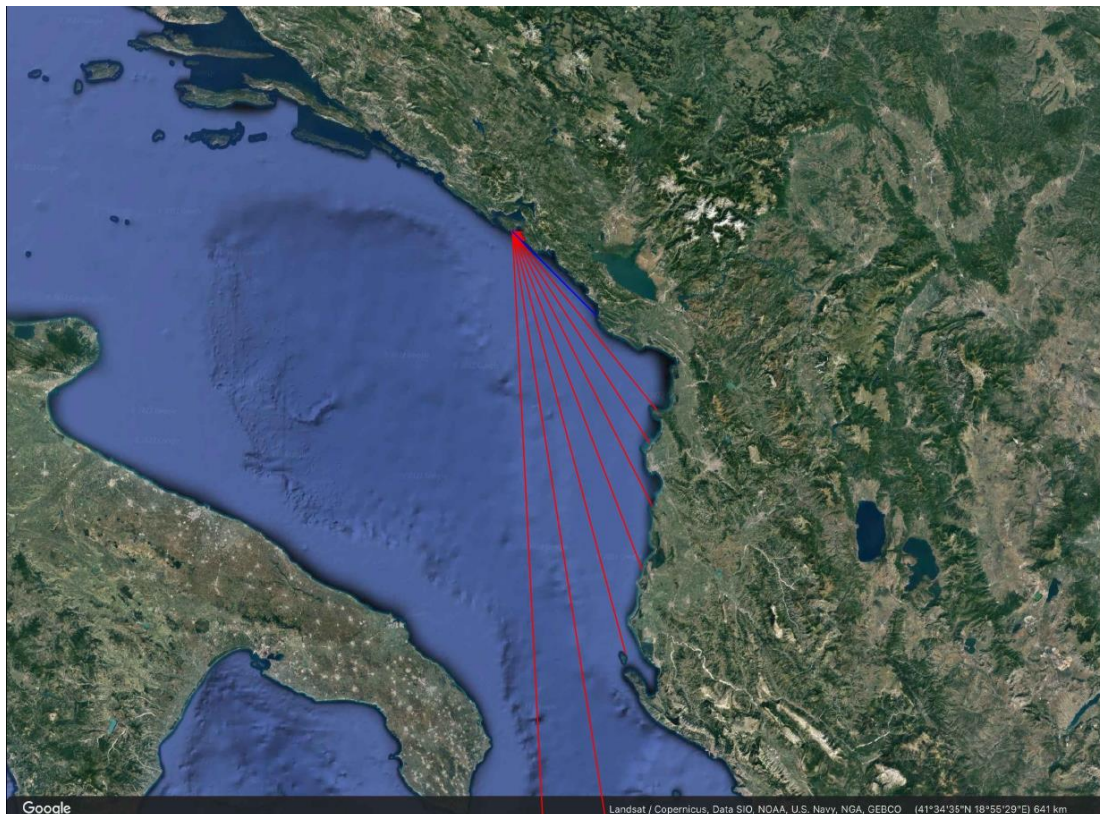
Duljina efektivnog privjetrišta prema Saville-u za smjer glavne zrake zapad iznosi 76,554 km.



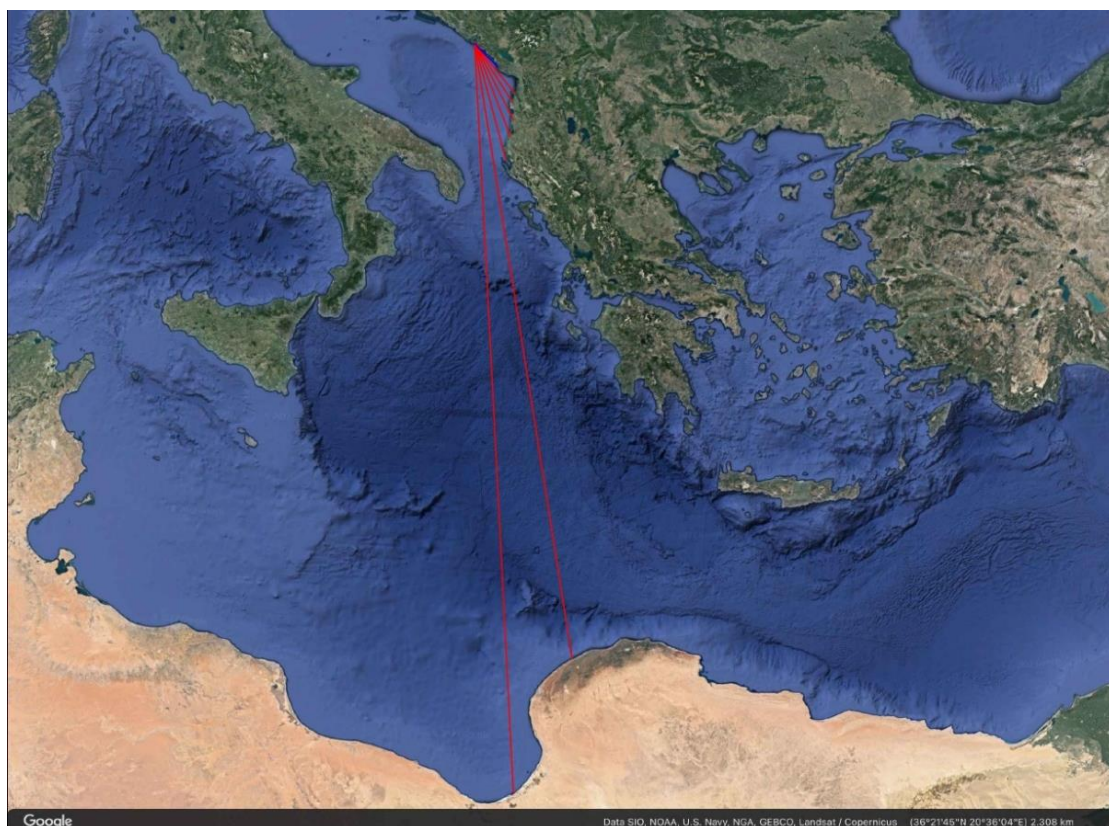
Slika 12. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor: Google karte).



Slika 13. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor: Google karte).



Slika 14. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor: Google karte).

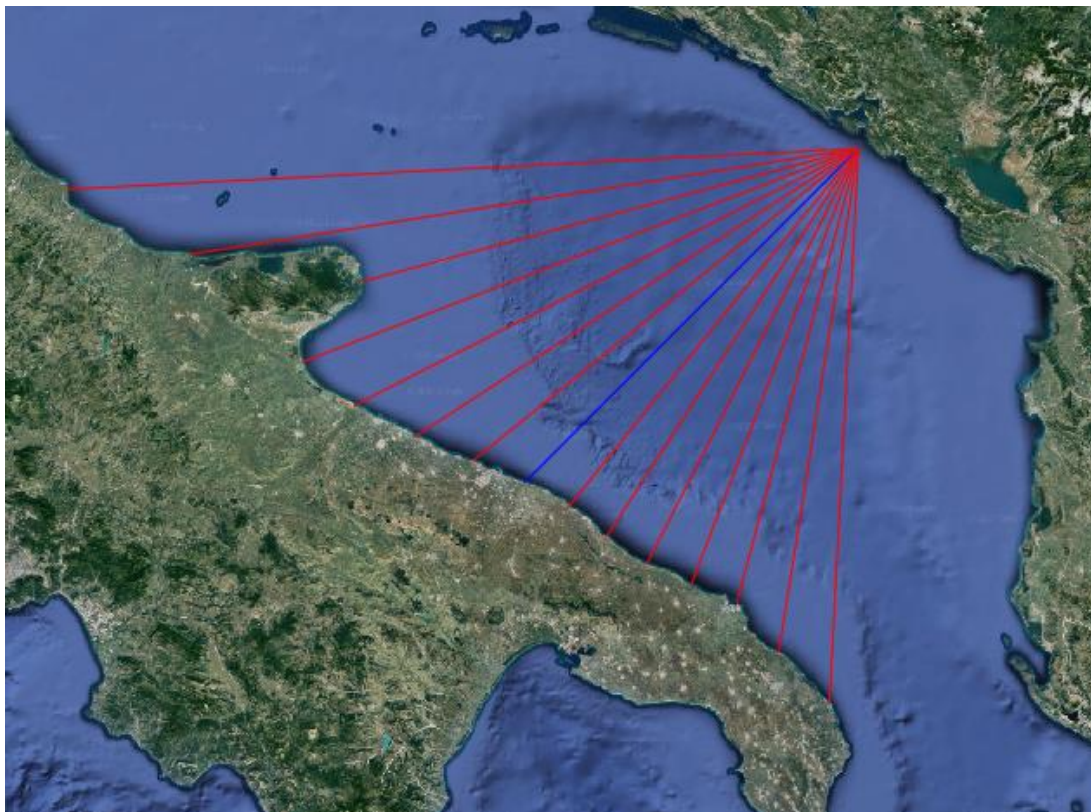


Slika 15. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor: Google karte).

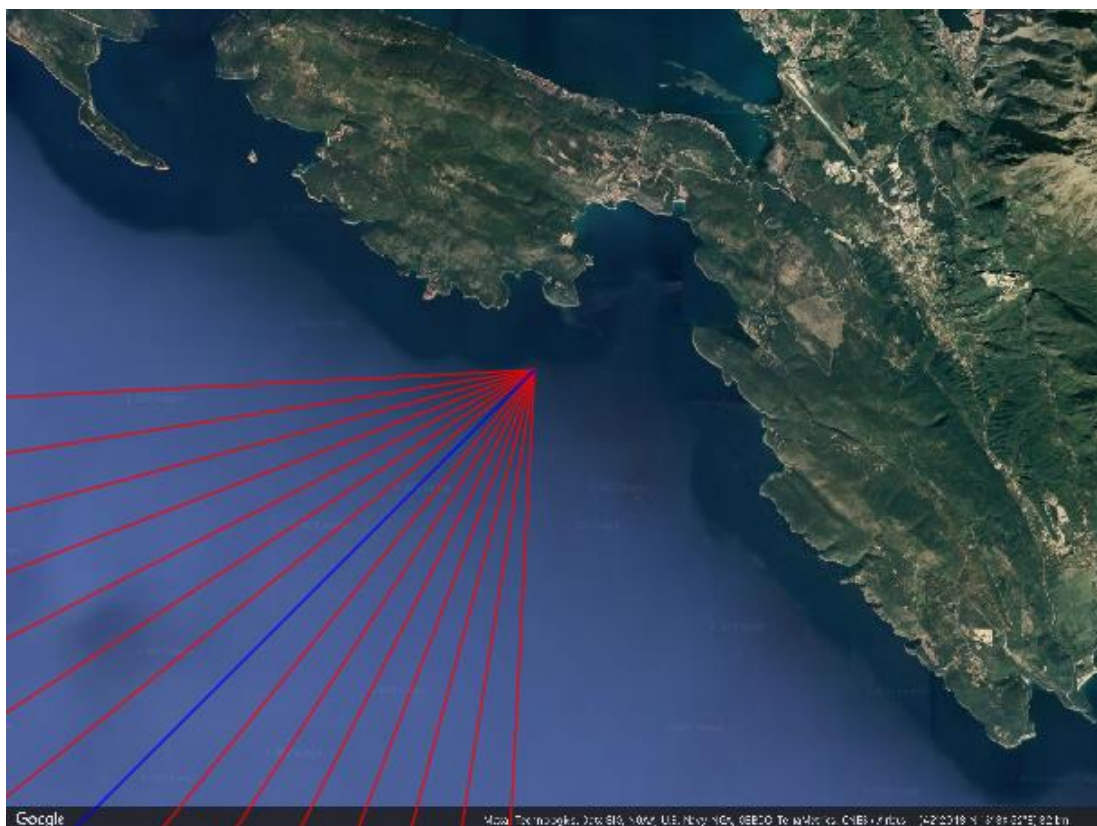
Kut (°)	f_i (km)	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
42	4,862	0,743	2,684
36	3,891	0,809	2,547
30	4,003	0,866	3,002
24	4,795	0,914	4,006
18	6,125	0,951	5,539
12	7,152	0,978	6,841
6	6,978	0,995	6,908
0	58,113	1,000	58,113
-6	112,262	0,995	111,142
-12	123,497	0,978	144,167
-18	150,726	0,951	160,160
-24	177,09	0,914	178,522
-30	213,697	0,966	199,413
-36	1099,85	0,809	719,831
-42	1326,018	0,743	732,027
$F_{EFF} =$	171,533	13,612	2334,902

Tablica 2. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer JI

Duljina efektivnog privjetrišta prema Saville-u za smjer glavne zrake jugoistok (jugo) iznosi 171,533 km.



Slika 16. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JZ (izvor: Google karte).



Slika 17. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JZ (povećani detalj uz obalu) (izvor: Google karte).

Kut (°)	f_i (km)	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
42	224,979	0,743	124,199
36	206,984	0,809	135,467
30	190,736	0,866	143,044
24	189,344	0,914	158,177
18	188,725	0,951	170,683
12	187,297	0,978	179,147
6	186,284	0,995	184,426
0	191,268	1,000	191,268
-6	201,159	0,995	199,152
-12	214,394	0,978	219,289
-18	229,266	0,951	218,599
-24	241,706	0,914	173,989
-30	208,271	0,966	194,349
-36	274,483	0,809	179,644
-42	321,84	0,743	177,671
$F_{EFF} =$	194,615	13,612	2649,105

Tablica 3. Proračun efektivnog privjetrišta za smjer JZ

Duljina efektivnog privjetrišta prema Saville-u za smjer glavne zrake jugoistok (jugo) iznosi 194,615 km.

3.2. Uzorak parametara dubokovodnog vala

Za prethodno odabrani mjerodavni smjer potrebno je prikazati sve vrijednosti valnih parametara. Paramteri se prikazuju u tablicama koje u ovisnosti o gornjim vrijednostima brzine vjetra daju podatke za brzinu, valnu duljinu, značajnu visinu vala i period. Na kraju se još prikazuje i broj pojavljivanja mjerodavnog smjera vjetra u svakom razredu brzine. Za uvalu Dobra Luka odabrana su četiri mjerodavna smjera. Na osnovu podataka Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore određene su srednje brzine i smjerovi vjetra za svaki pojedini sat u vremenskom rasponu od jedne godine.

Prevladavajući smjerovi vjetra označavaju se u šiframa raspona od 0 do 32, svaki parni broj ima neku oznaku smjera što znači da imamo 16 smjerova, 4 glavna i 12 sporednih. Dakle razmak između svakog smjera je 22,5 stupnja. Šifra 0 označava tišinu i najčešće je ona određena za brzinu vjetra manju od 0,3 m/s, a šifra 999 označava nedostajanje podataka za taj sat. Uz šifru dane su i izmjerene brzine vjetra u m/s, također za svaki pojedini sat.

Prvi korak je izrada tablice kontigencije koja prikazuje sve raspoložive podatke smještene u razrede brzine za pojedine smjerove vjetra. Razlikuju se apsolutna i relativna tablicu kontigencije.

Apsolutna tablica kontigencije – izbrojane sve vrijednosti pojavljivanja vjetra određene brzine.

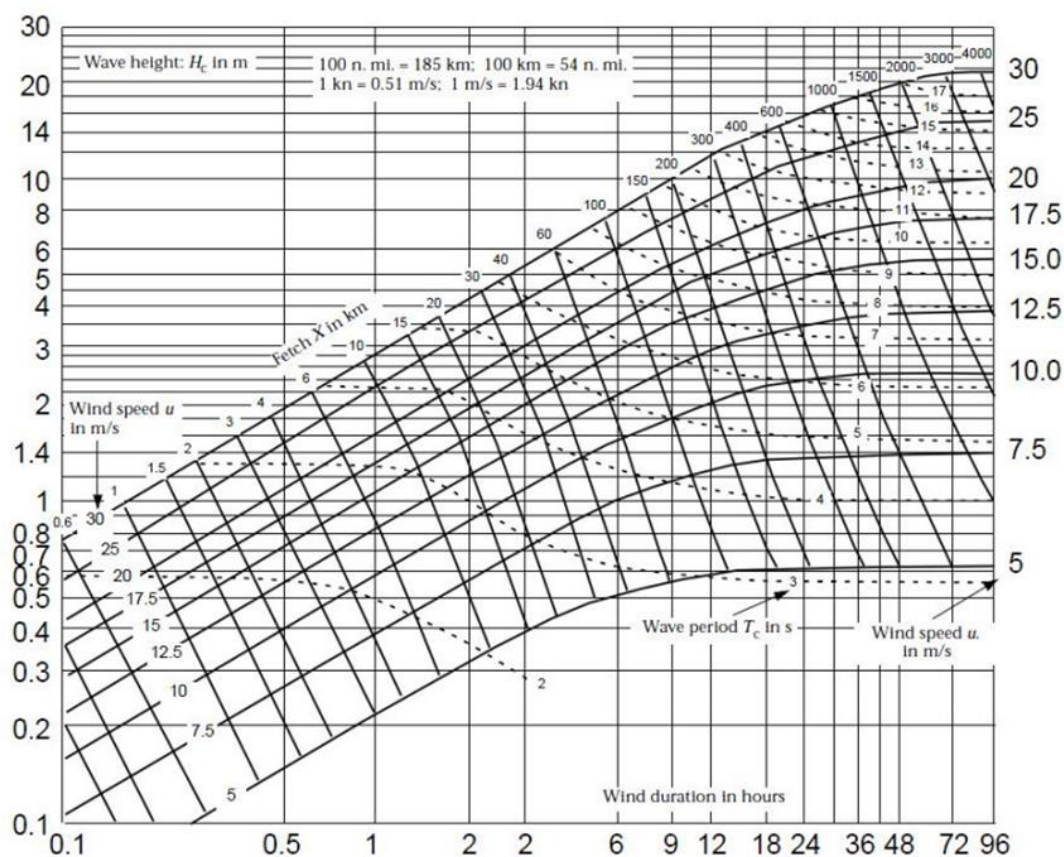
Smjer / brzina (m/s)	0,0-0,3	0,3-1,5	1,5-3,3	3,3-5,5	5,5-8,0	8,0-10,8	10,8-13,9	13,9-17,2	17,2-20,7	20,7-24,5	24,5-28,4	28,4-32,6	>32,6	Suma
C	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0	1476	587	206	82	27	12	4	0	0	0	0	0	2394
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	796	267	65	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1141
ESE	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SE	0	641	713	184	18	1	1	0	0	0	0	0	0	1558
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	217	543	75	10	4	0	0	0	0	0	0	0	849
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	423	869	150	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1456
WSW	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
W	0	862	494	169	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1527
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0	721	286	140	19	6	0	0	0	0	0	0	0	1172
NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	296	78	47	18	0	3	0	1	0	0	0	0	443
Suma	24	5433	3838	1037	176	39	16	4	1	0	0	0	0	10568

Tablica 4. Apsolutna tablica kontigencije

Smjer / brzina (m/s)	0,0-0,3	0,3-1,5	1,5-3,3	3,3-5,5	5,5-8,0	8,0-10,8	10,8-13,9	13,9-17,2	17,2-20,7	20,7-24,5	24,5-28,4	28,4-32,6	>32,6	Suma
C	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27
NNE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NE	0,00	139,67	55,55	19,49	7,76	2,55	1,14	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	226,53
ENE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,00	75,32	25,26	6,15	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	107,97
ESE	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
SE	0,00	60,65	67,47	17,41	1,70	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	147,43
SSE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,00	20,53	51,38	7,10	0,95	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,34
SSW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SW	0,00	40,03	82,23	14,19	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,77
WSW	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
W	0,00	81,57	46,74	15,99	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144,49
WNW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NW	0,00	68,22	27,06	13,25	1,80	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	110,90
NNW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N	0,00	28,01	7,38	4,45	1,70	0,00	0,28	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	41,92
Suma	2,27	514,10	363,17	98,13	16,65	3,69	1,51	0,38	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00

Tablica 5. Relativna tablica kontigencije

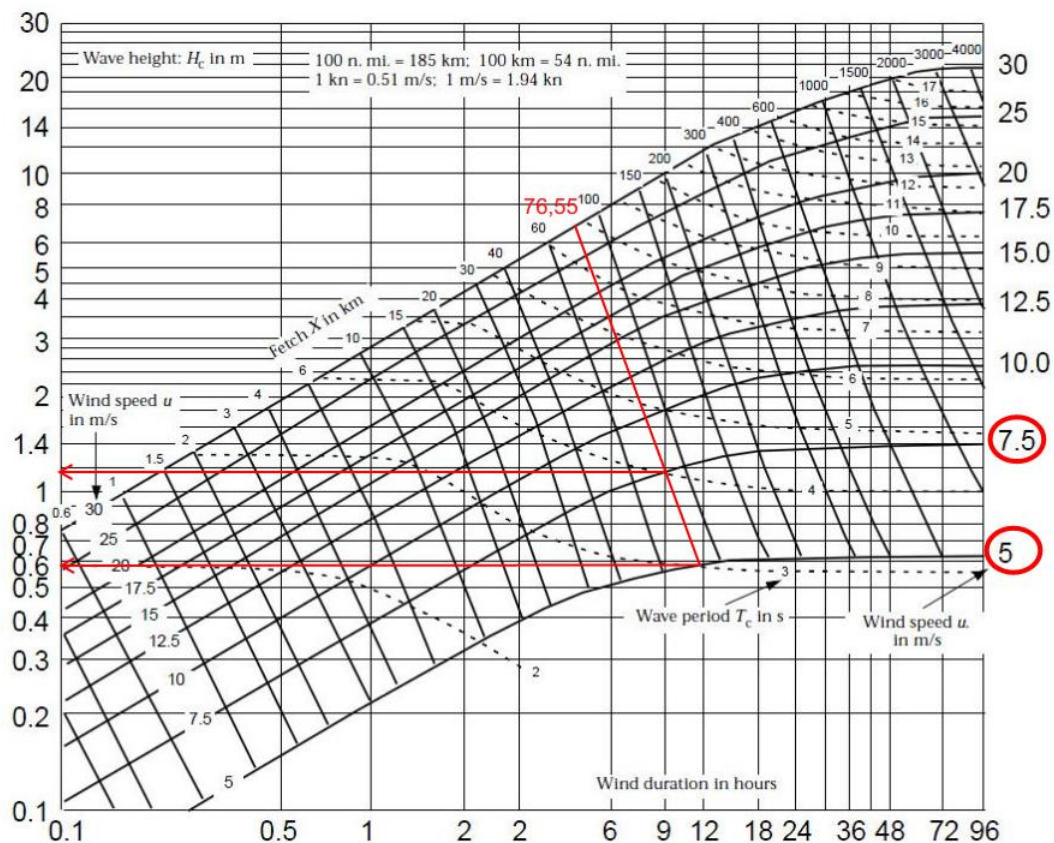
Potrebno je odrediti značajnu valnu visinu te ćemo za to koristiti Groen - Dorrenstein nomogram koji je nastao na temelju mjerenja na području Mediterana. Nomogramom su povezani duljina privjetrišta, brzina vjetra i trajanje vjetra.



Slika 18. Groen - Dorrenstein nomogram (izvor: Luke i pomorske građevine – radni materijali)

Brzina vjetra označena je na desnoj strani y osi, duljina privjetrišta nalazi se na dijelu označenom sa „fetch X in km”. Za ova dva uređena para slijedi očitavanje vrijednosti H_s i T . Vrijednost H_s se nalazi na lijevoj strani y osi, a T se očitava sa isprekidanih linija po sredini nomograma.

Uzet ćemo za primjer brzinu vjetra od 5,5 m/s i duljinu privjetrišta 76,55 km. Budući da nemamo zadanu krivulju za brzinu vjetra 5,5 m/s potrebno je napraviti iteraciju. Iteracija se vrši između brzina 5 i 7 m/s za pripadajuće rezultate značajnih valnih visina.



Slika 19. Groen - Dorrenstein nomogram – primjer (izvor: Luke i pomorske građevine – radni materijali)

Kada su očitane značajne valne visine za brzine od 7,5 i 5 m/s te duljinu privjetrišta 76,55 km, postupkom iteracije može se odrediti značajnu valnu visinu za brzinu vjetra 5,5 m/s i zadanu duljinu privjetrišta.

Za očitane podatke definiraju se brzina i duljina vala u dubokom moru.

Valna duljina:

$$L_0 = \frac{gT_0^2}{2\pi}$$

Valna brzina:

$$C_0 = \frac{gT_0}{2\pi}$$

Provjera stanja postignuća potpuno razvijenog mora – postoji više metoda koje se koriste vezano za autore, podneblja itd. Najčešće upotrebljavane su Wilson-ova i Goda-ina metoda. [9]

Wilson-ova metoda – za zadanu duljinu privjetrišta definira se minimalno potrebno trajanje puhanja vjetra birane brzine s namjerom ostvarenja prijenosa energije vjetra na more do postizanja stanja potpuno razvijenog mora.

$$t_{\min} = 43 \cdot \frac{X^{0,73}}{U^{0,46} \cdot g^{0,27}}$$

t_{\min} = minimalno vrijeme puhanja vjetra (s)

X = duljina privjetrišta (m)

U = brzina vjetra (m/s)

Wilson-ova metoda – za zadanu vrijeme puhanja vjetra definira se minimalna potrebno duljina privjetrišta s namjerom ostvarenja prijenosa energije vjetra na more do postizanja stanja potpuno razvijenog mora.

$$X_{\min} = 0,73 \sqrt{\frac{t \cdot U^{0,46} \cdot g^{0,27}}{43}}$$

t_{\min} = minimalno vrijeme puhanja vjetra (s)

X = duljina privjetrišta (m)

U = brzina vjetra (m/s)

Goda-ina metoda – stanje postizanja stanja potpuno razvijenog mora moguće je provjeriti prema:

$$t_{\min} = X^{0,73} \cdot U^{-0,46}$$

$$X_{\min} = t^{1,37} \cdot U^{0,63}$$

t_{\min} = minimalno vrijeme puhanja vjetra (s)

X = duljina privjetrišta (m)

U = brzina vjetra (m/s)

Tablični prikaz parametara dubokog vala za mjerodavni smjer vjetra zapad.

V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80
F_{EFF} [km]	76,554	76,554	76,554	76,554	76,554
t [h]	10	10	10	10	10
t_{min} [h]	19,67	13,68	10,82	9,11	7,93
F_{mj} [km]	30,313	49,8194	68,738	87,043	105,16
H_S [m]			0,76	1,41	1,9
T_S [s]			3,3	4,5	5
L₀ [m]			17,00	31,62	39,03
C₀ [m]			5,15	7,03	7,81
n	862	494	169	1	1

Tablica 6. Parametri dubokovodnog vala za zapad

Tablični prikaz parametara dubokog vala za mjerodavni smjer vjetra jugoistok.

V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	13,90
F_{EFF} [km]	171,53	171,533	171,53	171,53	171,53	171,53
t [h]	30	30	30	30	30	30
t_{min} [h]	35,44	24,66	19,49	16,41	14,29	12,73
F_{mj} [km]	136,53	224,383	309,59	392,04	473,65	555,28
H_S [m]			0,81	1,59	2,4	3,6
T_S [s]			3,55	4,9	5,8	6,95
L₀ [m]			19,68	37,49	52,52	75,42
C₀ [m]			5,54	7,65	9,06	10,85
n	641	713	184	18	1	1

Tablica 7. Parametri dubokovodnog vala za jugoistok

Tablični prikaz parametara dubokog vala za mjerodavni smjer vjetra jug.

V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	13,90	17,20
F_{EFF} [km]	385,65	385,652	385,65	385,65	385,65	385,65	385,65
t [h]	30	30	30	30	30	30	30
t_{min} [h]	64,02	44,55	35,22	29,64	25,82	22,99	20,84
F_{mj} [km]	136,53	224,383	309,59	392,04	473,65	555,28	635,05
H_s [m]			0,73	1,65	2,78	4,1	5,5
T_s [s]			3,4	6,1	6,5	7,8	8,9
L₀ [m]			18,05	58,10	65,97	94,99	123,67
C₀ [m]			5,31	9,52	10,15	12,18	13,90
n	1476	587	206	82	27	12	4

Tablica 8. Parametri dubokovodnog vala za jug

Tablični prikaz parametara dubokog vala za mjerodavni smjer vjetra jugozapad.

V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	13,90
F_{EFF} [km]	194,62	194,615	194,62	194,62	194,62	194,62
t [h]	15	15	15	15	15	15
t_{min} [h]	38,86	27,04	21,38	17,99	15,67	13,95
F_{mj} [km]	52,826	86,82	119,79	151,69	183,27	214,85
H_s [m]			0,75	1,55	2,4	3,65
T_s [s]			3,35	4,9	5,85	7
L₀ [m]			17,52	37,49	53,43	76,50
C₀ [m]			5,23	7,65	9,13	10,93
n	641	713	184	18	1	1

Tablica 9. Parametri dubokovodnog vala za jugozapad

3.3. Dugoročne valne prognoze

Dugoročna valna prognoza je postupak utvrđivanja karakterističnih vrijednosti valnih parametara za određeni smjer rasprostiranja. [9]

Određuje se na temelju većeg broja kratkoročnih prognoza te se provodi za razdoblja od 5, 20, 50 i 100 godina. Postupak utvrđivanja dugoročne valne prognoze odnosi se na obradu karakterističnih valnih parametara u povratno razdoblje koje je zadano u godinama.

$$Q(H_K^T) = p(H_K > H_K^T) = \int_{H_K^T}^{+\infty} f(H_K) dH_K = \frac{1}{T} \cdot \frac{T_m}{n}$$

Rješavanjem navedenog izraza provodi se dugoročna valna prognoza. Izraz predstavlja funkciju prekoračenja gdje je T povratni period za koji se traži valnu visinu, T_m vremenski period

mjerenja a n ukupan broj mjerenja za pojedini raspon. U cijelom izrazu nepoznanica je donja granica integrala H_k^T .

Uzorak značajne valne visine te uzorak perioda vala mijenja se od smjera do smjera jer ovise o dužini privjetrišta i o broju ponavljanja valnog događaja. Za provedbu opisa uzoraka valnih visina koriste se teorijske distribucije Gumbela i Pareta.

Gumbelova distribucija temelji se na primjeni teorije ekstremnih vrijednosti također je prepoznatljiva kao i log-Weibullova odnosno dvostruka eksponencijalna distribucija.

$$F(H_s) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)}}$$

Pareto distribucija upotrebljava se najčešće za predviđanje ekstremnih događaja. Sasatoji se od jednog parametra α te vrijednosti H_m odnosno najmanje vrijednosti značajne valne visine.

$$F(H) = 1 - \left(\frac{H_m}{H}\right)^\alpha$$

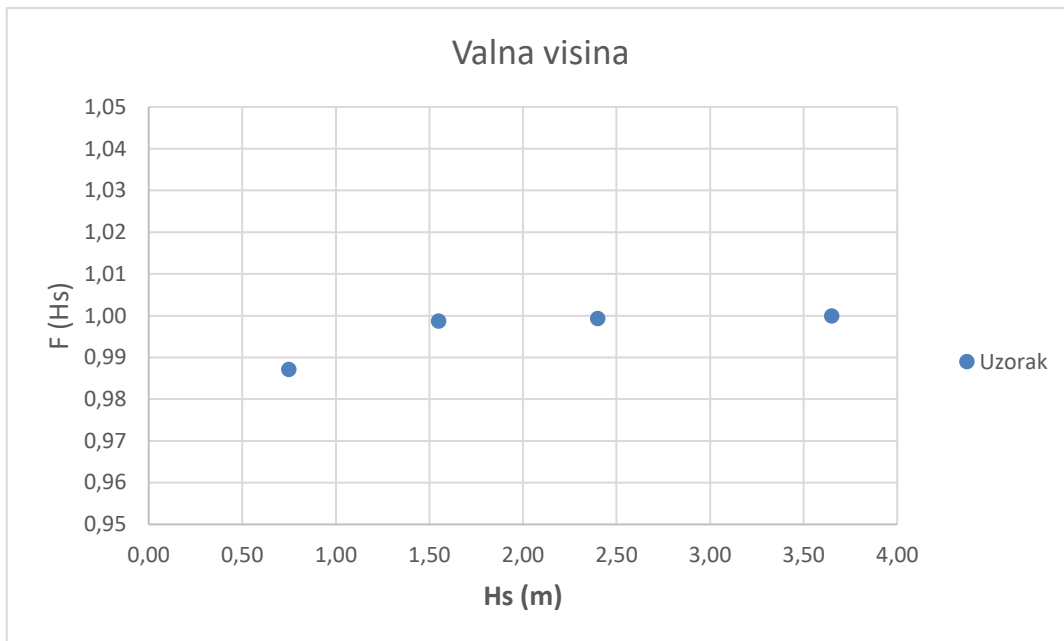
Postupak rješavanja kreće od prethodno definiranih tablica sa značajnim valnim visinama i periodima.

3.3.1. Smjer jugozapad

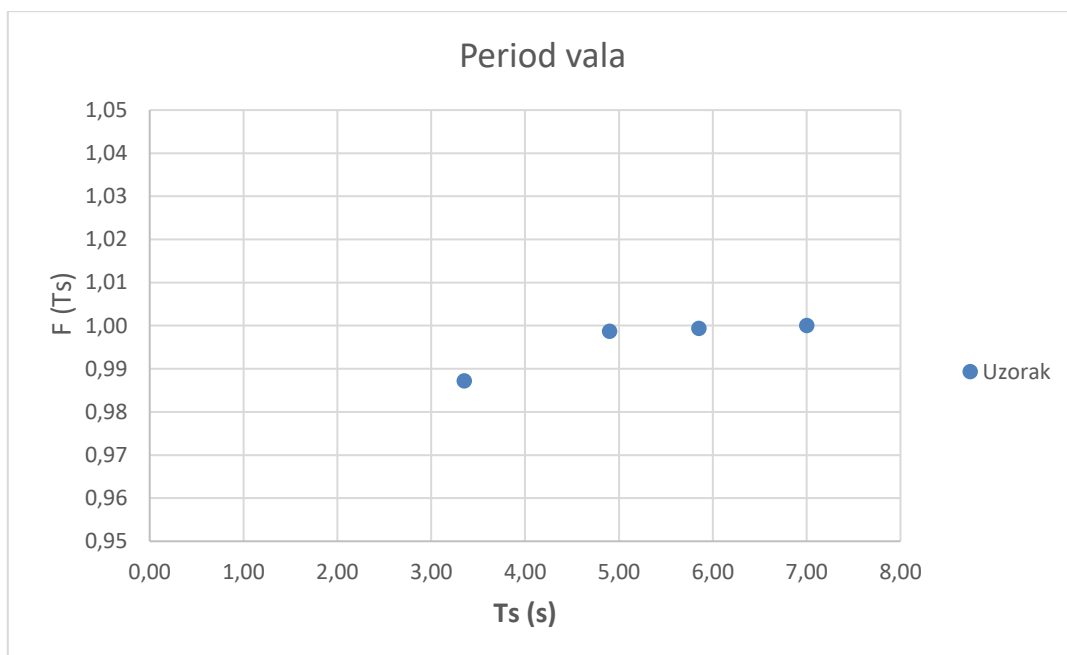
V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	13,90	
F_{EFF} [km]	194,62	194,62	194,62	194,62	194,62	194,62	
t [h]	15	15	15	15	15	15	
t_{min} [h]	38,86	27,04	21,38	17,99	15,67	13,95	
F_{mj} [km]	52,826	86,82	119,79	151,69	183,27	214,85	
H_s [m]			0,75	1,55	2,4	3,65	
T_s [s]			3,35	4,9	5,85	7	
L₀ [m]			17,52	37,49	53,43	76,50	
C₀ [m]			5,23	7,65	9,13	10,93	N
n	641	713	184	18	1	1	1558
ni/N	0,4114	0,4576	0,1181	0,0116	0,0006	0,0006	1
F(H_s)	0,4114	0,8691	0,9872	0,9987	0,9994	1	

Tablica 10. Parametri dubokovodnog vala za jugozapad

Dalje se određuju funkcije distribucije značajne valne visine (Dijagram 1.) i perioda vala (Dijagram 2.).

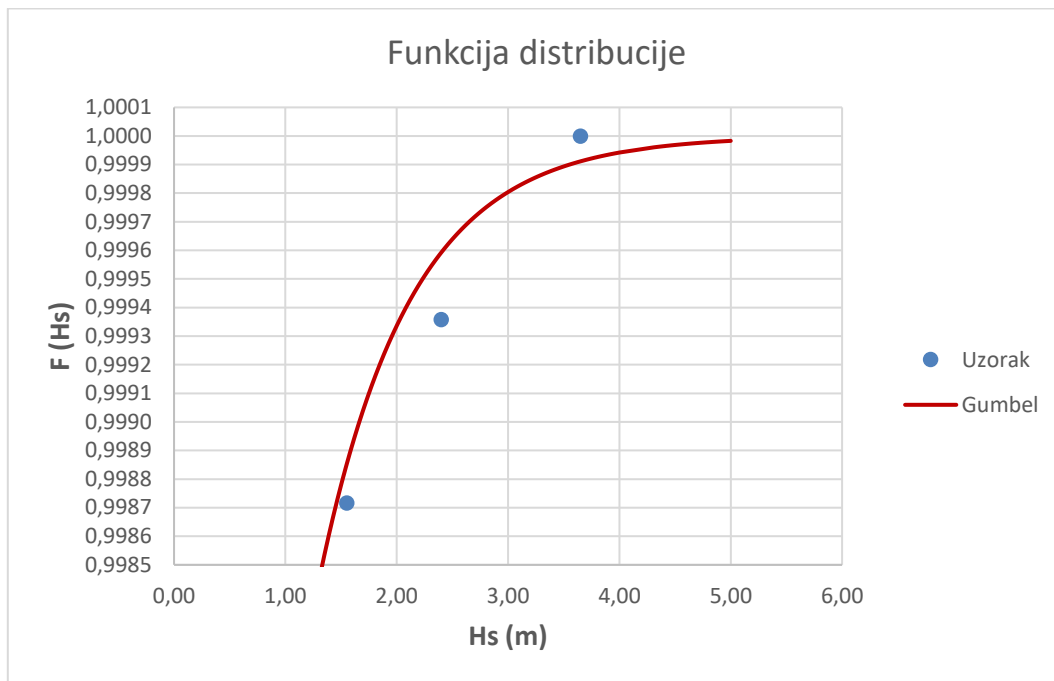


Dijagram 1. Funkcija distribucije značajne valne visine



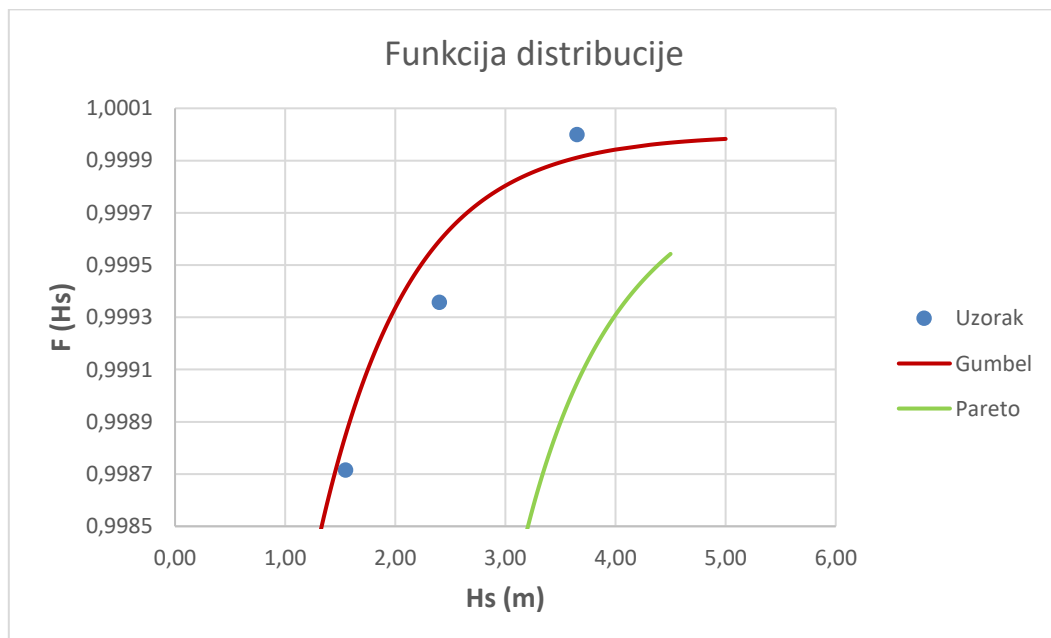
Dijagram 2. Funkcija distribucije perioda vala

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 3):



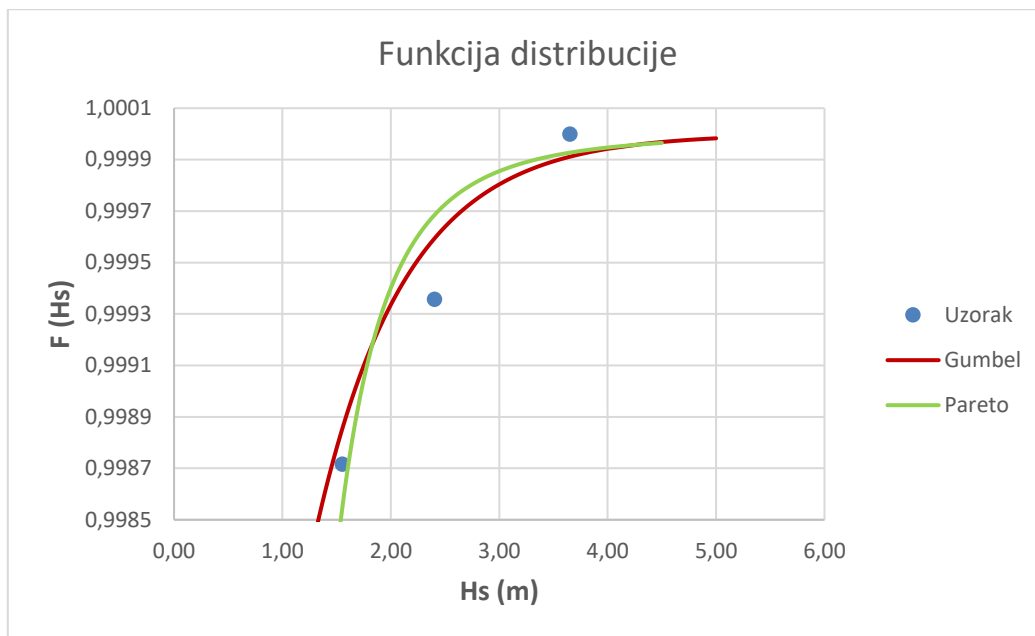
Dijagram 3. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za valnu visinu

Definicija funkcije distribucije po Paretu (Dijagram 4):



Dijagram 4. Definicija funkcije distribucije po Paretu za valnu visinu

Parametri distribucije Gambela i Pareta mijenjaju se dok se ne zadovolje vrijednosti u gornjem dijelu uzorka (Dijagram 5).



Dijagram 5. Definicija funkcije distribucije po Paretu za valnu visinu

Dobiveni podatci služe za određivanje valnog parametra pomoću izraza:

$$Q(H_K^T) = p(H_K > H_K^T) = \int_{H_K^T}^{+\infty} f(H_K) dH_K = \frac{1}{T} \cdot \frac{T_m}{n}$$

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazani valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 13).

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
-4	0,82	1,45	0,998702
-4	0,82	1,46	0,998718
-4	0,82	1,47	0,998733
-4	0,82	1,48	0,998749
-4	0,82	1,49	0,998764
-4	0,82	1,50	0,998779
-4	0,82	1,51	0,998794

-4	0,82	2,58	0,999673
-4	0,82	2,59	0,999677
-4	0,82	2,60	0,999681
-4	0,82	2,61	0,999684
-4	0,82	2,62	0,999688
-4	0,82	2,63	0,999692
-4	0,82	2,64	0,999696
-4	0,82	3,33	0,999869
-4	0,82	3,34	0,999870
-4	0,82	3,35	0,999872
-4	0,82	3,36	0,999874
-4	0,82	3,37	0,999875
-4	0,82	3,38	0,999877
-4	0,82	3,39	0,999878
-4	0,82	3,90	0,999935
-4	0,82	3,91	0,999935
-4	0,82	3,92	0,999936
-4	0,82	3,93	0,999937
-4	0,82	3,94	0,999938
-4	0,82	3,95	0,999938
-4	0,82	3,96	0,999939

Tablica 11. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 11. očitavaju se vrijednosti $H_s^{Tgumbel}$.

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
3,5	0,24	1,59	0,998664
3,5	0,24	1,60	0,998693
3,5	0,24	1,61	0,998721
3,5	0,24	1,62	0,998748
3,5	0,24	1,63	0,998775
3,5	0,24	1,64	0,998801
3,5	0,24	1,65	0,998826
3,5	0,24	2,37	0,999670
3,5	0,24	2,38	0,999674
3,5	0,24	2,39	0,999679
3,5	0,24	2,40	0,999684
3,5	0,24	2,41	0,999688
3,5	0,24	2,42	0,999693
3,5	0,24	2,43	0,999697

3,5	0,24	3,09	0,999869
3,5	0,24	3,10	0,999871
3,5	0,24	3,11	0,999872
3,5	0,24	3,12	0,999874
3,5	0,24	3,13	0,999875
3,5	0,24	3,14	0,999877
3,5	0,24	3,15	0,999878
3,5	0,24	3,77	0,999935
3,5	0,24	3,78	0,999936
3,5	0,24	3,79	0,999936
3,5	0,24	3,80	0,999937
3,5	0,24	3,81	0,999937
3,5	0,24	3,82	0,999938
3,5	0,24	3,83	0,999938

Tablica 12. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

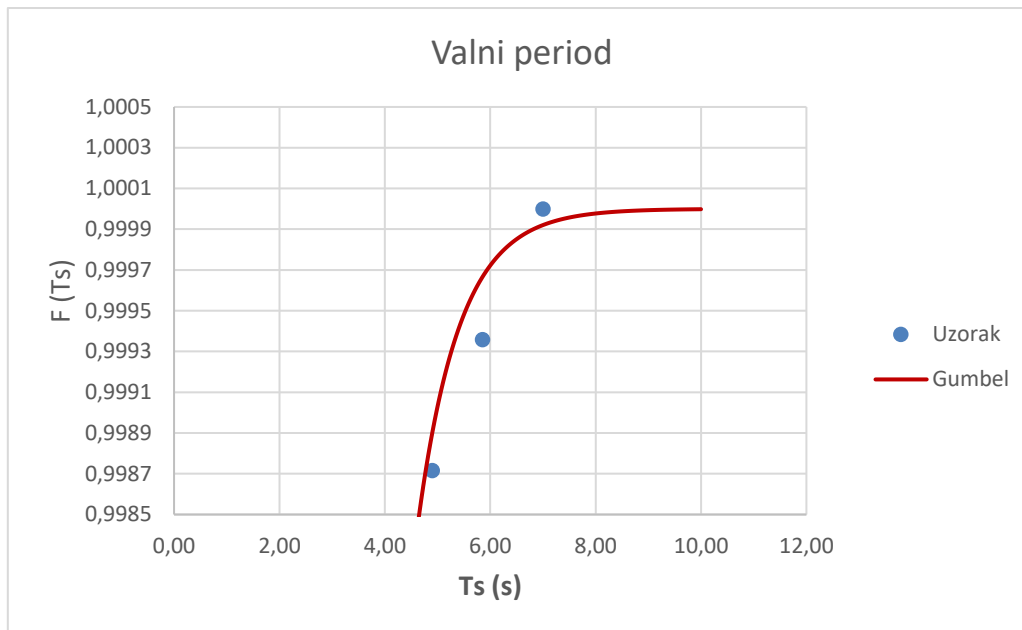
Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 12. očitavaju se vrijednosti $H_S^{Tpareto}$.

T	Q	1-Q	$H_S^{Tpareto}$	$H_S^{Tgumbel}$
5	0,00125626	0,9987437	1,62	1,48
20	0,00031407	0,9996859	2,4	2,61
50	0,00012563	0,9998744	3,12	3,36
100	6,2813E-05	0,9999372	3,8	3,93

Tablica 13. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

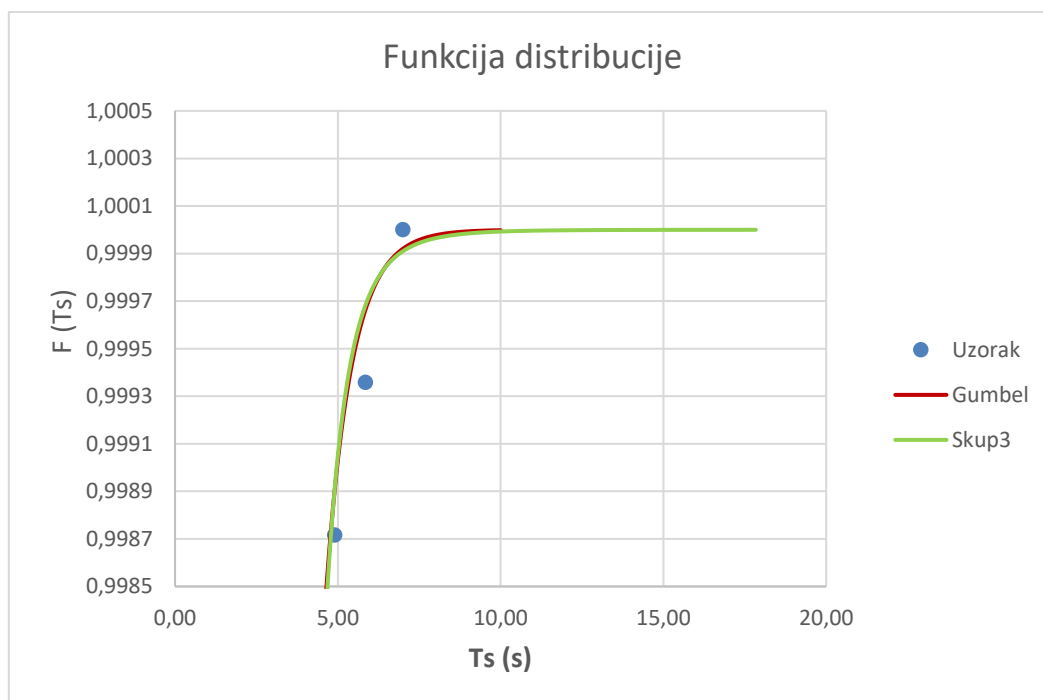
Jednakim postupkom određuje se uzorak valnog perioda.

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 6).



Dijagram 6. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za period vala

Parametri distribucije za Gambela i Pareta mijenjaju se dok se ne zadovolje vrijednosti u gornjem dijelu uzorka (Dijagram 7).



Dijagram 7. Definicija funkcije distribucije po Paretu za period vala

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazan valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 16).

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
-0,55	0,8	4,76	0,998691
-0,55	0,8	4,77	0,998707
-0,55	0,8	4,78	0,998723
-0,55	0,8	4,79	0,998739
-0,55	0,8	4,80	0,998754
-0,55	0,8	4,81	0,998770
-0,55	0,8	4,82	0,998785
-0,55	0,8	5,87	0,999673
-0,55	0,8	5,88	0,999677
-0,55	0,8	5,89	0,999681
-0,55	0,8	5,90	0,999685
-0,55	0,8	5,91	0,999689
-0,55	0,8	5,92	0,999693
-0,55	0,8	5,93	0,999697
-0,55	0,8	6,60	0,999869
-0,55	0,8	6,61	0,999870
-0,55	0,8	6,62	0,999872
-0,55	0,8	6,63	0,999873
-0,55	0,8	6,64	0,999875
-0,55	0,8	6,65	0,999877
-0,55	0,8	6,66	0,999878
-0,55	0,8	7,16	0,999935
-0,55	0,8	7,17	0,999936
-0,55	0,8	7,18	0,999936
-0,55	0,8	7,19	0,999937
-0,55	0,8	7,20	0,999938
-0,55	0,8	7,21	0,999939
-0,55	0,8	7,22	0,999939

Tablica 14. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 14. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tgumbel}$.

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
7	1,85	4,77	0,998680
7	1,85	4,78	0,998699
7	1,85	4,79	0,998718
7	1,85	4,80	0,998737
7	1,85	4,81	0,998755
7	1,85	4,82	0,998773
7	1,85	4,83	0,998791
7	1,85	5,83	0,999676
7	1,85	5,84	0,999680
7	1,85	5,85	0,999684
7	1,85	5,86	0,999687
7	1,85	5,87	0,999691
7	1,85	5,88	0,999695
7	1,85	5,89	0,999698
7	1,85	6,64	0,999870
7	1,85	6,65	0,999871
7	1,85	6,66	0,999872
7	1,85	6,67	0,999874
7	1,85	6,68	0,999875
7	1,85	6,69	0,999876
7	1,85	6,70	0,999878
7	1,85	7,33	0,999935
7	1,85	7,34	0,999935
7	1,85	7,35	0,999936
7	1,85	7,36	0,999937
7	1,85	7,37	0,999937
7	1,85	7,38	0,999938
7	1,85	7,39	0,999938

Tablica 15. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 15. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tpareto}$.

T	Q	1-Q	$T_S^{Tpareto}$	$T_S^{Tgumbel}$
5	0,001256	0,99874374	4,8	4,79
20	0,000314	0,99968593	5,86	5,9
50	0,000126	0,99987437	6,67	6,63
100	6,28E-05	0,99993719	7,36	7,19

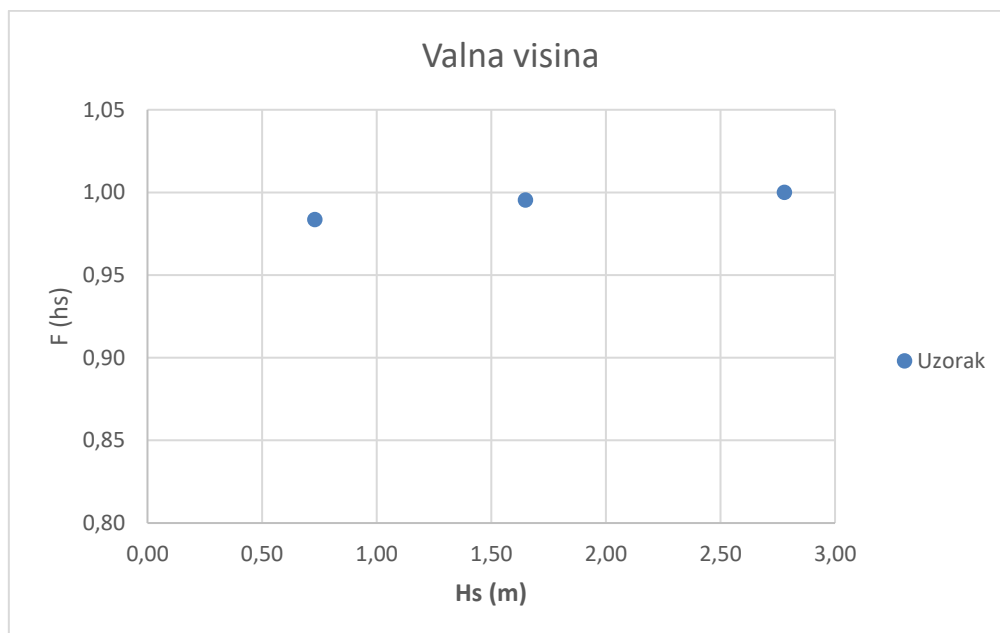
Tablica 16. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

3.3.2. Smjer jug

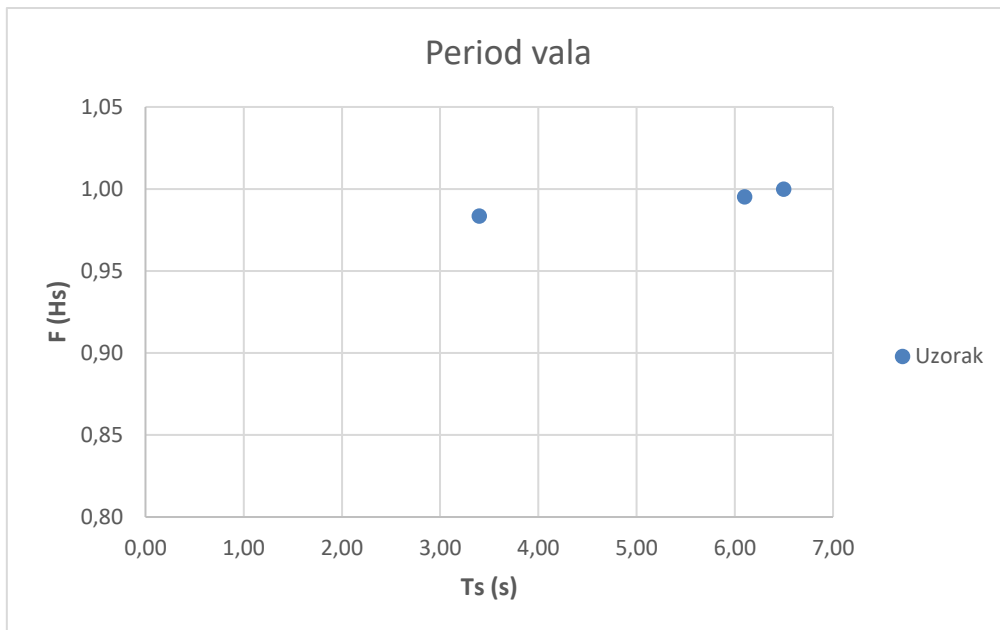
V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	
F_{EFF} [km]	385,65	385,652	385,65	385,65	385,65	
t [h]	30	30	30	30	30	
t_{min} [h]	64,02	44,55	35,22	29,64	25,82	
F_{mj} [km]	136,53	224,383	309,59	392,04	473,65	
H_s [m]			0,73	1,65	2,78	
T_s [s]			3,4	6,1	6,5	
L₀ [m]			18,05	58,10	65,97	
C₀ [m]			5,31	9,52	10,15	N
n	217	543	75	10	4	849
ni/N	0,2556	0,6396	0,0883	0,0118	0,0047	
F(H_s)	0,2556	0,8952	0,9835	0,9953	1,0000	

Tablica 17. Parametri dubokovodnog vala za jug

Dalje se definira funkcija distribucije značajne valne visine (Dijagram 8) i perioda vala (Dijagram 9).

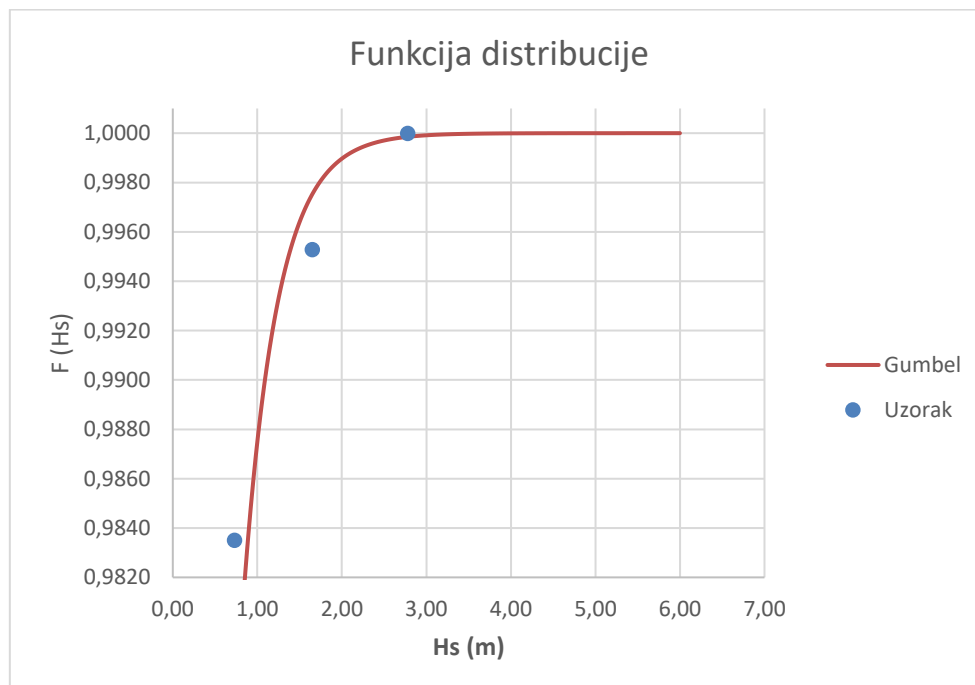


Dijagram 8. Funkcija distribucije značajne valne visine



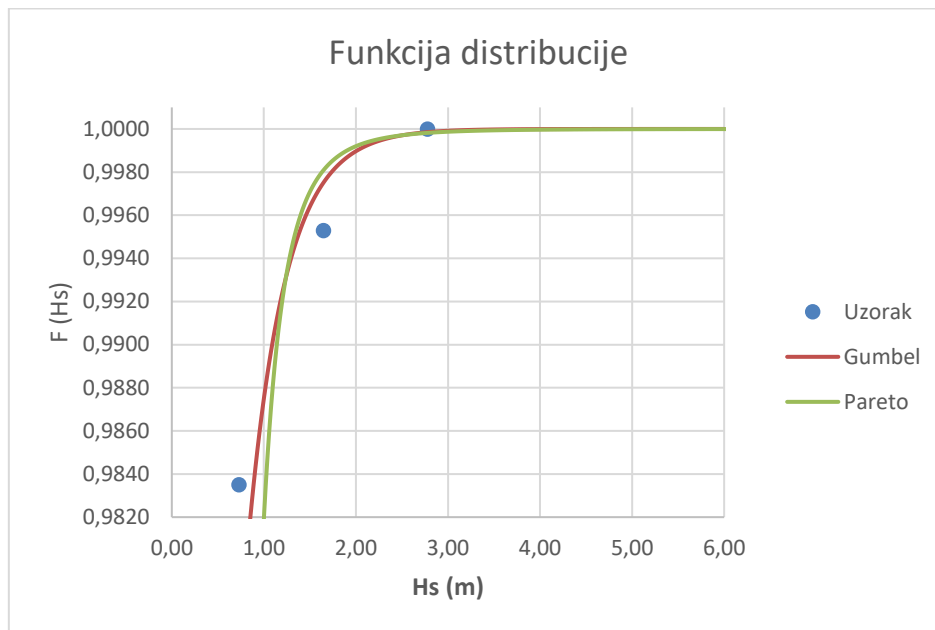
Dijagram 9. Funkcija distribucije perioda vala

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 10):



Dijagram 10. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za valnu visinu

Definicija funkcije distribucije po Paretu (Dijagram 11):



Dijagram 11. Definicija funkcije distribucije po Paretu za valnu visinu

Dobiveni podatci služe za određivanje valnog parametra pomoću izraza:

$$Q(H_K^T) = p(H_K > H_K^T) = \int_{H_K^T}^{+\infty} f(H_K) dH_K = \frac{1}{T} \cdot \frac{T_m}{n}$$

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazan valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 20).

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
-0,75	0,4	1,65	0,997524
-0,75	0,4	1,66	0,997585
-0,75	0,4	1,67	0,997645
-0,75	0,4	1,68	0,997703
-0,75	0,4	1,69	0,997760
-0,75	0,4	1,70	0,997815
-0,75	0,4	1,71	0,997869

-0,75	0,4	2,20	0,999373
-0,75	0,4	2,21	0,999389
-0,75	0,4	2,22	0,999404
-0,75	0,4	2,23	0,999419
-0,75	0,4	2,24	0,999433
-0,75	0,4	2,25	0,999447
-0,75	0,4	2,26	0,999461
-0,75	0,4	2,57	0,999752
-0,75	0,4	2,58	0,999758
-0,75	0,4	2,59	0,999764
-0,75	0,4	2,60	0,999769
-0,75	0,4	2,61	0,999775
-0,75	0,4	2,62	0,999781
-0,75	0,4	2,63	0,999786
-0,75	0,4	2,85	0,999877
-0,75	0,4	2,86	0,999880
-0,75	0,4	2,87	0,999883
-0,75	0,4	2,88	0,999886
-0,75	0,4	2,89	0,999888
-0,75	0,4	2,90	0,999891
-0,75	0,4	2,91	0,999894

Tablica 18. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 18. očitavaju se vrijednosti $H_s^{Tgumbel}$.

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
4,5	0,41	1,55	0,997482
4,5	0,41	1,56	0,997554
4,5	0,41	1,57	0,997623
4,5	0,41	1,58	0,997690
4,5	0,41	1,59	0,997755
4,5	0,41	1,60	0,997817
4,5	0,41	1,61	0,997878
4,5	0,41	2,12	0,999385
4,5	0,41	2,13	0,999398
4,5	0,41	2,14	0,999410
4,5	0,41	2,15	0,999422
4,5	0,41	2,16	0,999434
4,5	0,41	2,17	0,999446
4,5	0,41	2,18	0,999457

4,5	0,41	2,60	0,999754
4,5	0,41	2,61	0,999759
4,5	0,41	2,62	0,999763
4,5	0,41	2,63	0,999767
4,5	0,41	2,64	0,999771
4,5	0,41	2,65	0,999775
4,5	0,41	2,66	0,999778

4,5	0,41	3,05	0,999880
4,5	0,41	3,06	0,999882
4,5	0,41	3,07	0,999884
4,5	0,41	3,08	0,999885
4,5	0,41	3,09	0,999887
4,5	0,41	3,10	0,999889
4,5	0,41	3,11	0,999890

Tablica 19. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

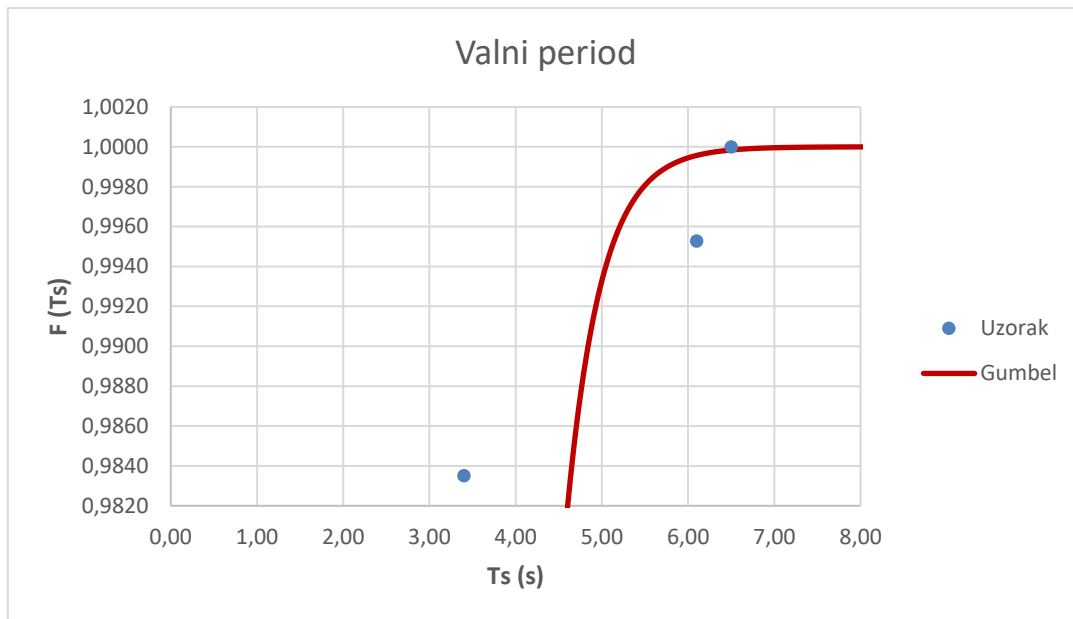
Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 19. očitavaju se vrijednosti $H_S^{Tpareto}$.

T	Q	1-Q	$H_S^{Tpareto}$	$H_S^{Tgumbel}$
5	0,0023054	0,997695	1,58	1,68
20	0,0005763	0,999424	2,15	2,23
50	0,0002305	0,999769	2,63	2,6
100	0,0001153	0,999885	3,08	2,88

Tablica 20. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

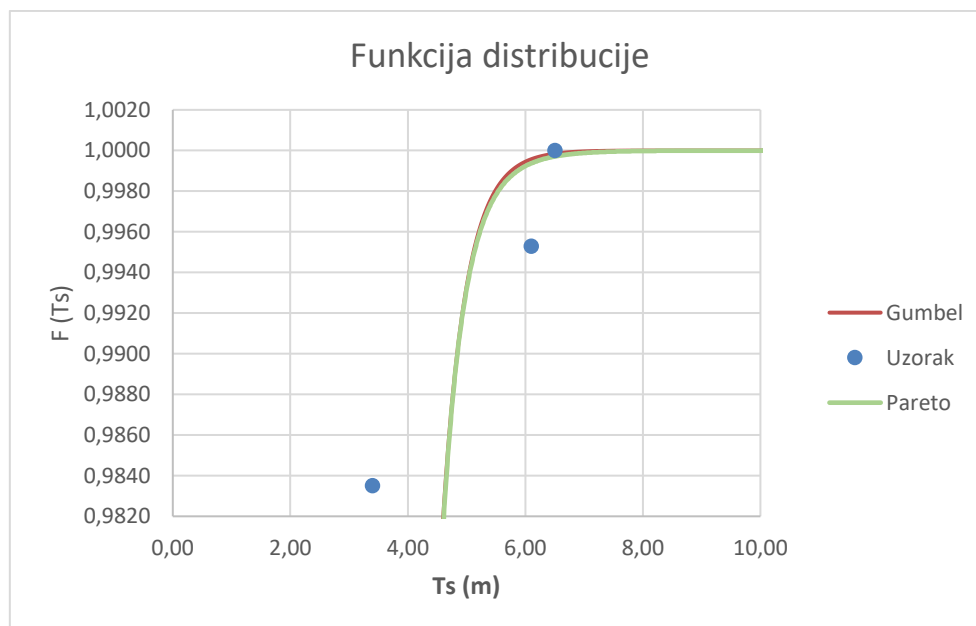
Jednakim postupkom određuje se uzorak valnog perioda.

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 12).



Dijagram 12. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za period vala

Parametri distribucije za Gambela i Pareta mijenjaju se dok se ne zadovolje vrijednosti u gornjem dijelu uzorka (Dijagram 13).



Dijagram 13. Definicija funkcije distribucije po Paretu za period vala

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazani valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 23).

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
3	0,4	5,40	0,997524
3	0,4	5,41	0,997585
3	0,4	5,42	0,997645
3	0,4	5,43	0,997703
3	0,4	5,44	0,997760
3	0,4	5,45	0,997815
3	0,4	5,46	0,997869
3	0,4	5,95	0,999373
3	0,4	5,96	0,999389
3	0,4	5,97	0,999404
3	0,4	5,98	0,999419
3	0,4	5,99	0,999433
3	0,4	6,00	0,999447
3	0,4	6,01	0,999461
3	0,4	6,32	0,999752
3	0,4	6,33	0,999758
3	0,4	6,34	0,999764
3	0,4	6,35	0,999769
3	0,4	6,36	0,999775
3	0,4	6,37	0,999781
3	0,4	6,38	0,999786
3	0,4	6,60	0,999877
3	0,4	6,61	0,999880
3	0,4	6,62	0,999883
3	0,4	6,63	0,999886
3	0,4	6,64	0,999888
3	0,4	6,65	0,999891
3	0,4	6,66	0,999894

Tablica 21. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 21. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tgumbel}$.

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
12	3,3	5,44	0,997517
12	3,3	5,45	0,997571
12	3,3	5,46	0,997624
12	3,3	5,47	0,997676
12	3,3	5,48	0,997726
12	3,3	5,49	0,997775
12	3,3	5,50	0,997823
12	3,3	6,11	0,999384
12	3,3	6,12	0,999396
12	3,3	6,13	0,999408
12	3,3	6,14	0,999419
12	3,3	6,15	0,999430
12	3,3	6,16	0,999441
12	3,3	6,17	0,999452
12	3,3	6,60	0,999756
12	3,3	6,61	0,999760
12	3,3	6,62	0,999765
12	3,3	6,63	0,999769
12	3,3	6,64	0,999773
12	3,3	6,65	0,999777
12	3,3	6,66	0,999781
12	3,3	6,99	0,999877
12	3,3	7,00	0,999879
12	3,3	7,01	0,999882
12	3,3	7,02	0,999884
12	3,3	7,03	0,999886
12	3,3	7,04	0,999887
12	3,3	7,05	0,999889

Tablica 22. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 22. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tpareto}$.

T	Q	1-Q	$T_S^{Tpareto}$	$T_S^{Tgumbel}$
5	0,002305371	0,997695	5,47	5,43
20	0,000576343	0,999424	6,14	5,98
50	0,000230537	0,999769	6,63	6,35
100	0,000115269	0,999885	7,02	6,63

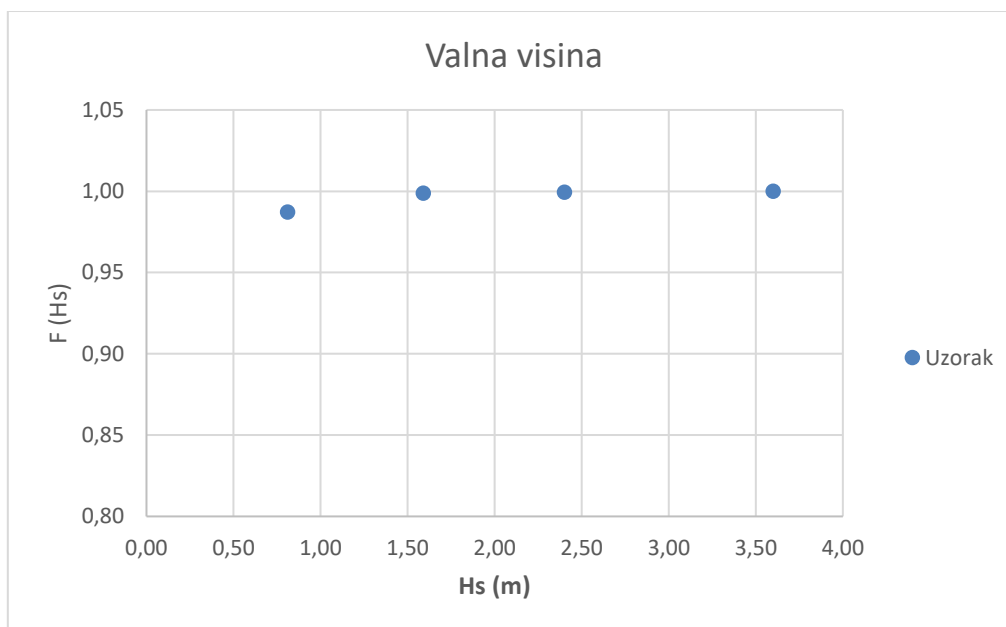
Tablica 23. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

3.3.3. Smjer jugoistok

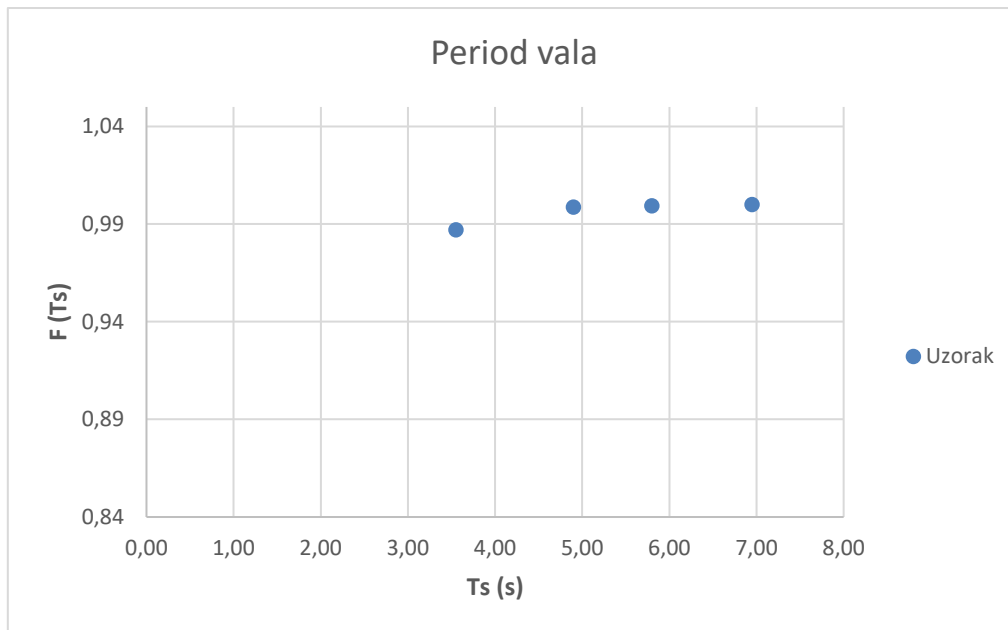
V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	13,90	
F_{EFF} [km]	171,53	171,533	171,53	171,53	171,53	171,53	
t [h]	30	30	30	30	30	30	
t_{min} [h]	35,44	24,66	19,49	16,41	14,29	12,73	
F_{mj} [km]	136,53	224,383	309,59	392,04	473,65	555,28	
H_s [m]			0,81	1,59	2,4	3,6	
T_s [s]			3,55	4,9	5,8	6,95	
L₀ [m]			19,68	37,49	52,52	75,42	
C₀ [m]			5,54	7,65	9,06	10,85	N
n	641	713	184	18	1	1	1558
ni/N	0,4114	0,45764	0,1181	0,0116	0,0006	0,0006	1
F(H_s)	0,4114	0,86906	0,9872	0,9987	0,9994	1	

Tablica 24. Parametri dubokovodnog vala za jugoistok

Dalje se određuje funkciju distribucije značajne valne visine (Dijagram 14) i perioda vala (Dijagram 15).

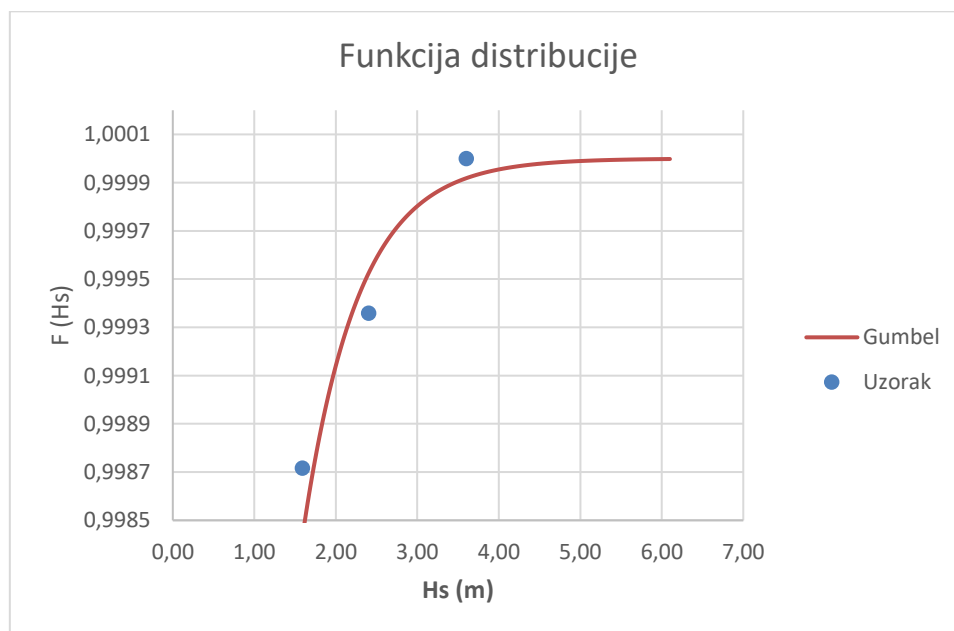


Dijagram 14. Funkcija distribucije značajne valne visine



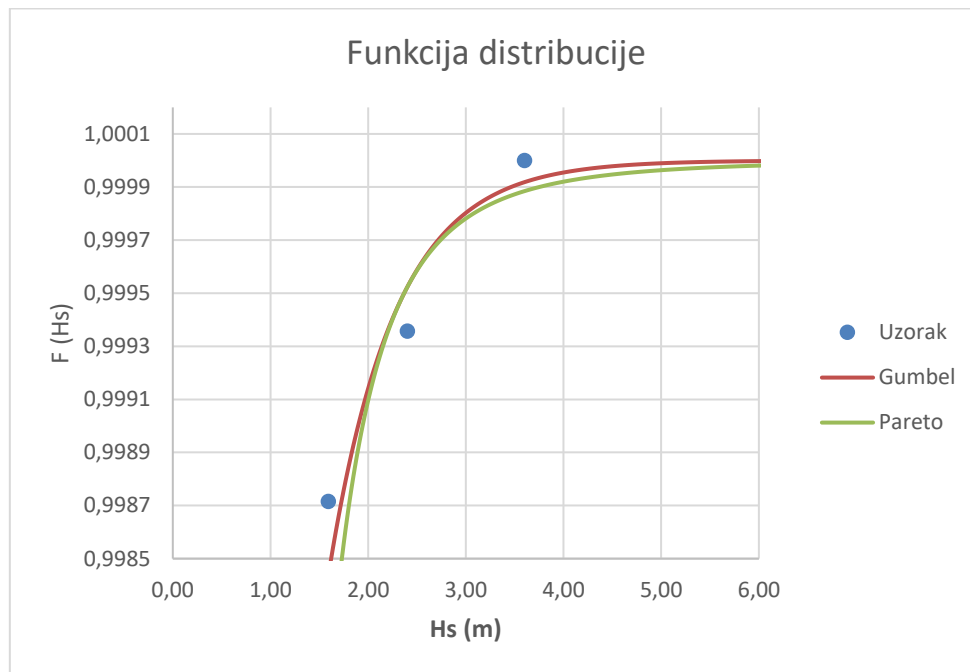
Dijagram 15. Funkcija distribucije perioda vala

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 16):



Dijagram 16. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za valnu visinu

Definicija funkcije distribucije po Paretu (Dijagram 17):



Dijagram 17. Definicija funkcije distribucije po Paretu za valnu visinu

Dobiveni podatci služe za određivanje valnog parametra pomoću izraza:

$$Q(H_K^T) = p(H_K > H_K^T) = \int_{H_K^T}^{+\infty} f(H_K) dH_K = \frac{1}{T} \cdot \frac{T_m}{n}$$

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazan valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 27).

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
-2,8	0,68	1,71	0,998684
-2,8	0,68	1,72	0,998703
-2,8	0,68	1,73	0,998722
-2,8	0,68	1,74	0,998741
-2,8	0,68	1,75	0,998759
-2,8	0,68	1,76	0,998777
-2,8	0,68	1,77	0,998795

-2,8	0,68	2,65	0,999669
-2,8	0,68	2,66	0,999674
-2,8	0,68	2,67	0,999679
-2,8	0,68	2,68	0,999684
-2,8	0,68	2,69	0,999688
-2,8	0,68	2,70	0,999693
-2,8	0,68	2,71	0,999697
-2,8	0,68	3,27	0,999867
-2,8	0,68	3,28	0,999869
-2,8	0,68	3,29	0,999871
-2,8	0,68	3,30	0,999873
-2,8	0,68	3,31	0,999875
-2,8	0,68	3,32	0,999877
-2,8	0,68	3,33	0,999878
-2,8	0,68	3,75	0,999934
-2,8	0,68	3,76	0,999935
-2,8	0,68	3,77	0,999936
-2,8	0,68	3,78	0,999937
-2,8	0,68	3,79	0,999938
-2,8	0,68	3,80	0,999939
-2,8	0,68	3,81	0,999940

Tablica 25. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 25. očitavaju se vrijednosti $H_s^{Tgumbel}$.

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
3,5	0,27	1,79	0,998667
3,5	0,27	1,80	0,998693
3,5	0,27	1,81	0,998718
3,5	0,27	1,82	0,998742
3,5	0,27	1,83	0,998766
3,5	0,27	1,84	0,998790
3,5	0,27	1,85	0,998812
3,5	0,27	2,67	0,999671
3,5	0,27	2,68	0,999675
3,5	0,27	2,69	0,999680
3,5	0,27	2,70	0,999684
3,5	0,27	2,71	0,999688
3,5	0,27	2,72	0,999692
3,5	0,27	2,73	0,999696

3,5	0,27	3,48	0,999870
3,5	0,27	3,49	0,999871
3,5	0,27	3,50	0,999872
3,5	0,27	3,51	0,999874
3,5	0,27	3,52	0,999875
3,5	0,27	3,53	0,999876
3,5	0,27	3,54	0,999877

3,5	0,27	4,25	0,999935
3,5	0,27	4,26	0,999936
3,5	0,27	4,27	0,999936
3,5	0,27	4,28	0,999937
3,5	0,27	4,29	0,999937
3,5	0,27	4,30	0,999938
3,5	0,27	4,31	0,999938

Tablica 26. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

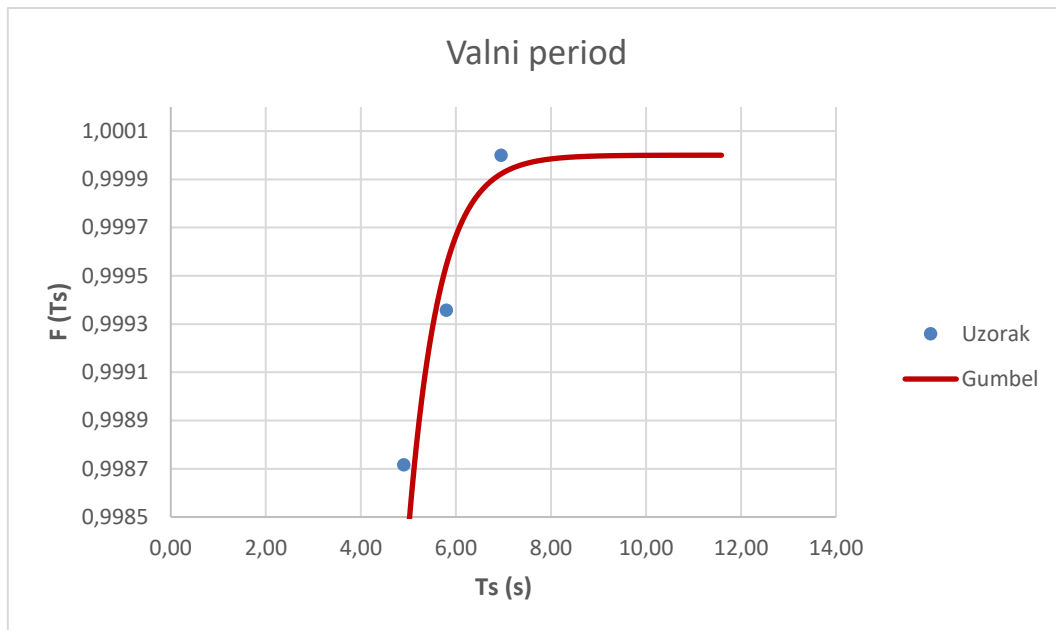
Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 26. očitavaju se vrijednosti $H_S^{Tpareto}$..

T	Q	1-Q	$H_S^{Tpareto}$	$H_S^{Tgumbel}$
5	0,0012563	0,998744	1,82	1,74
20	0,0003141	0,999686	2,7	2,68
50	0,0001256	0,999874	3,51	3,3
100	6,281E-05	0,999937	4,28	3,78

Tablica 27. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

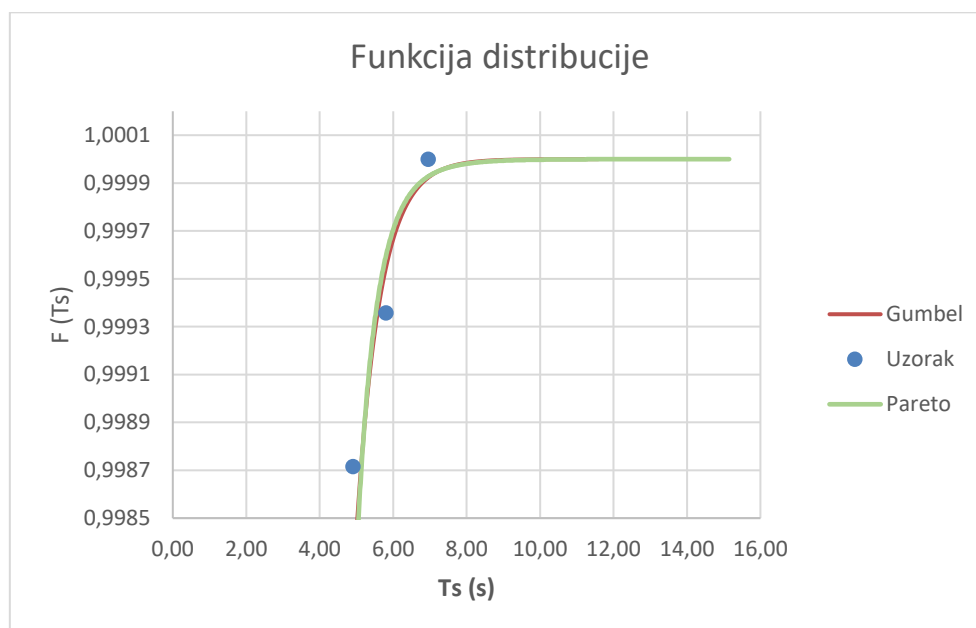
Jednakim postupkom određuje se uzorak valnog perioda.

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 18).



Dijagram 18. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za period vala

Parametre distribucije za Gambela i Pareta mijenjaju se dok se ne zadovolje vrijednosti u gornjem dijelu uzorka (Dijagram 13).



Dijagram 19. Definicija funkcije distribucije po Paretu za period vala

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazan valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 30).

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
0,8	0,65	5,11	0,998682
0,8	0,65	5,12	0,998702
0,8	0,65	5,13	0,998722
0,8	0,65	5,14	0,998741
0,8	0,65	5,15	0,998760
0,8	0,65	5,16	0,998779
0,8	0,65	5,17	0,998798
0,8	0,65	6,01	0,999670
0,8	0,65	6,02	0,999675
0,8	0,65	6,03	0,999680
0,8	0,65	6,04	0,999685
0,8	0,65	6,05	0,999689
0,8	0,65	6,06	0,999694
0,8	0,65	6,07	0,999699
0,8	0,65	6,61	0,999869
0,8	0,65	6,62	0,999871
0,8	0,65	6,63	0,999873
0,8	0,65	6,64	0,999875
0,8	0,65	6,65	0,999877
0,8	0,65	6,66	0,999878
0,8	0,65	6,67	0,999880
0,8	0,65	7,06	0,999934
0,8	0,65	7,07	0,999935
0,8	0,65	7,08	0,999936
0,8	0,65	7,09	0,999937
0,8	0,65	7,10	0,999938
0,8	0,65	7,11	0,999939
0,8	0,65	7,12	0,999940

Tablica 28. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 28. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tgumbel}$.

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
9,5	2,55	5,12	0,998669
9,5	2,55	5,13	0,998694
9,5	2,55	5,14	0,998718
9,5	2,55	5,15	0,998741
9,5	2,55	5,16	0,998764
9,5	2,55	5,17	0,998787
9,5	2,55	5,18	0,998809
9,5	2,55	5,93	0,999670
9,5	2,55	5,94	0,999676
9,5	2,55	5,95	0,999681
9,5	2,55	5,96	0,999686
9,5	2,55	5,97	0,999691
9,5	2,55	5,98	0,999696
9,5	2,55	5,99	0,999700
9,5	2,55	6,53	0,999868
9,5	2,55	6,54	0,999870
9,5	2,55	6,55	0,999872
9,5	2,55	6,56	0,999874
9,5	2,55	6,57	0,999875
9,5	2,55	6,58	0,999877
9,5	2,55	6,59	0,999879
9,5	2,55	7,03	0,999935
9,5	2,55	7,04	0,999935
9,5	2,55	7,05	0,999936
9,5	2,55	7,06	0,999937
9,5	2,55	7,07	0,999938
9,5	2,55	7,08	0,999939
9,5	2,55	7,09	0,999940

Tablica 29. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 29. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tpareto}$.

T	Q	1-Q	$T_S^{Tpareto}$	$T_S^{Tgumbel}$
5	0,001256264	0,998744	5,15	5,14
20	0,000314066	0,999686	5,96	6,04
50	0,000125626	0,999874	6,56	6,64
100	6,28132E-05	0,999937	7,06	7,09

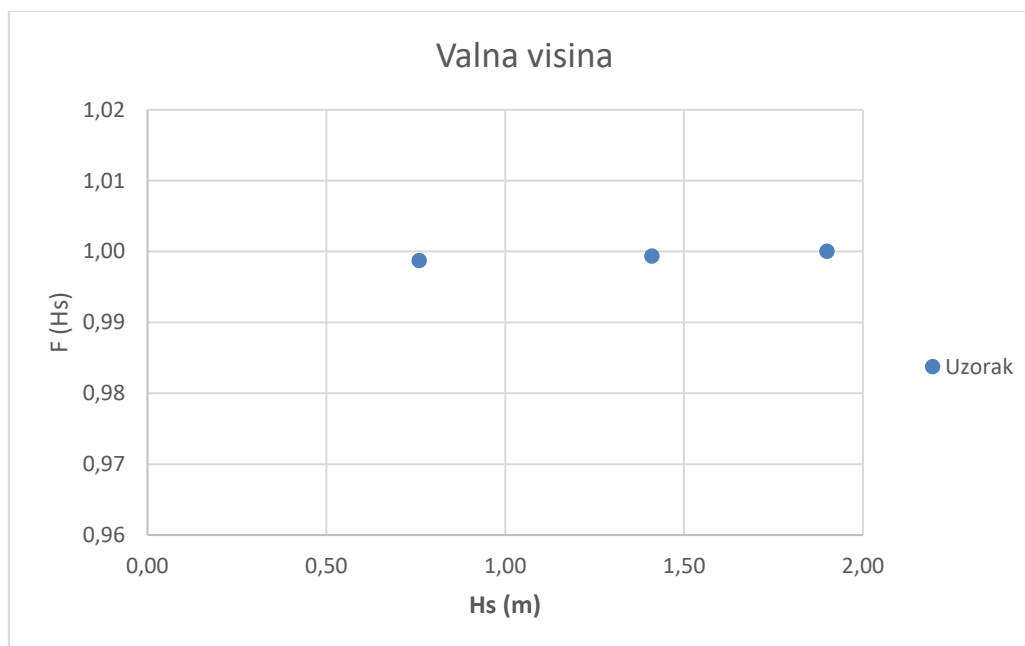
Tablica 30. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

3.3.4. Smjer zapad

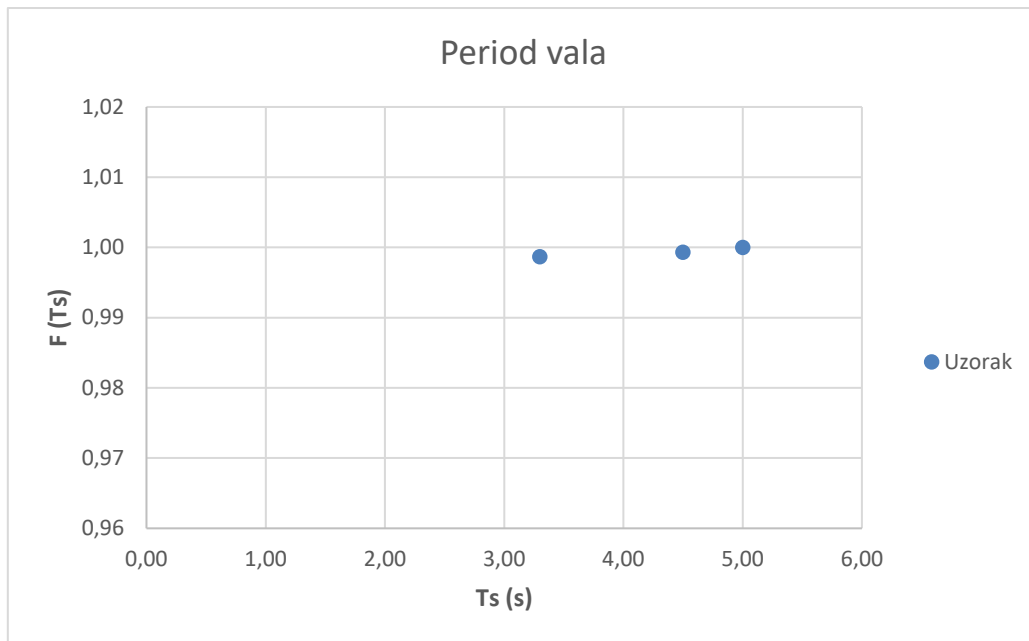
V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	
F_{EFF} [km]	76,554	76,554	76,554	76,554	76,554	
t [h]	10	10	10	10	10	
t_{min} [h]	19,67	13,68	10,82	9,11	7,93	
F_{mj} [km]	30,313	49,8194	68,738	87,043	105,16	
H_s [m]			0,76	1,41	1,9	
T_s [s]			3,3	4,5	5	
L₀ [m]			17,00	31,62	39,03	
C₀ [m]			5,15	7,03	7,81	N
n	862	494	169	1	1	1527
ni/N	0,5645	0,32351	0,1107	0,0007	0,0007	1
F(H_s)	0,5645	0,88802	0,9987	0,9993	1	

Tablica 31. Parametri dubokovodnog vala za zapad

Dalje se definira funkcija distribucije značajne valne visine (Dijagram 20) i perioda vala (Dijagram 21).

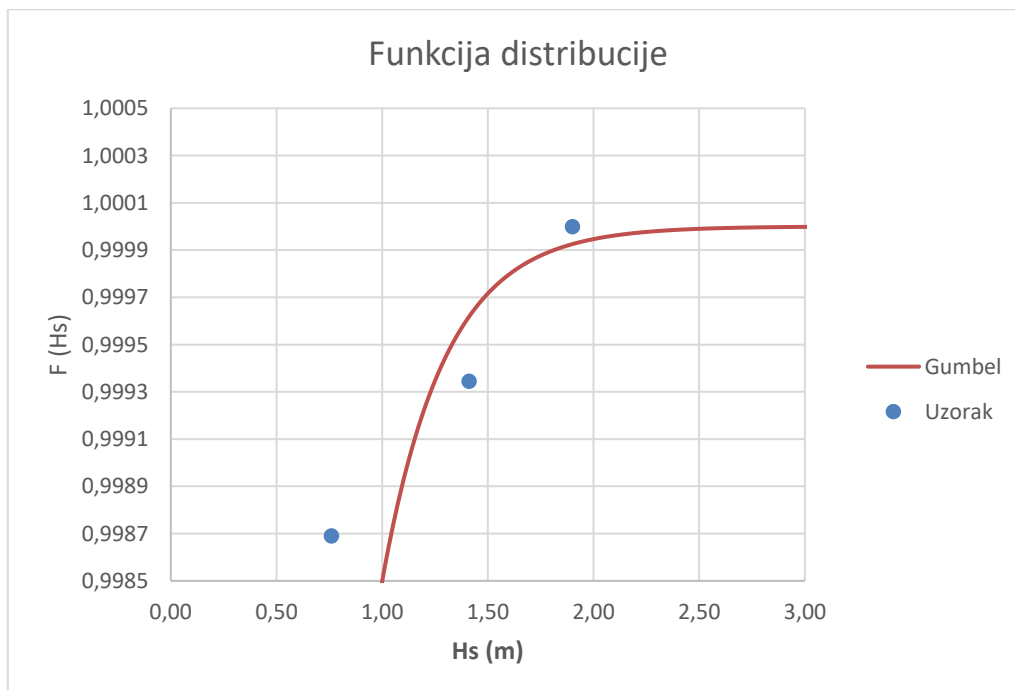


Dijagram 20. Funkcija distribucije značajne valne visine



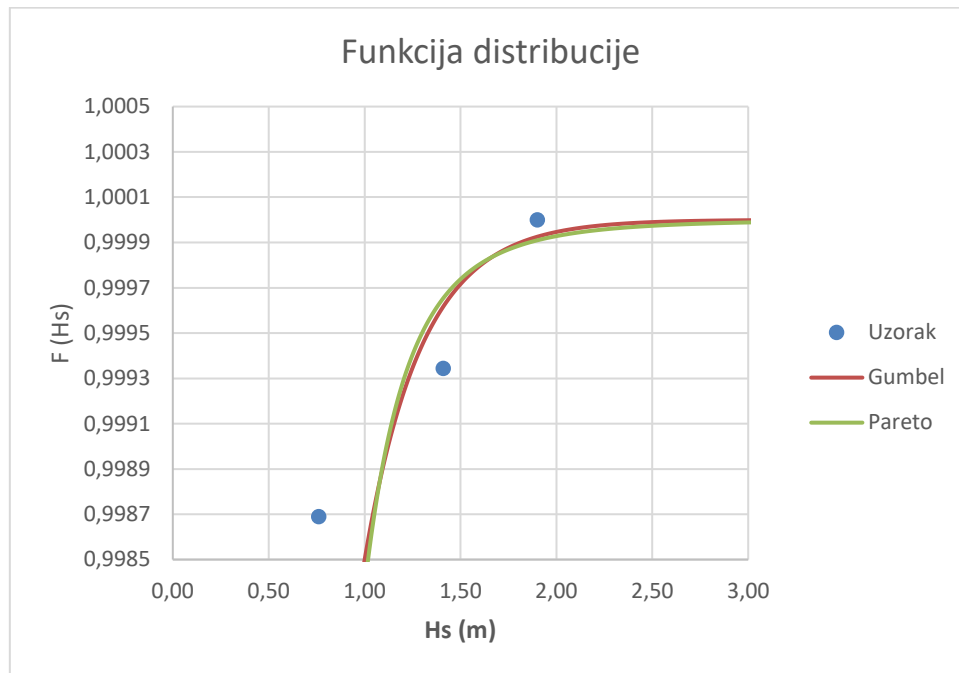
Dijagram 21. Funkcija distribucije perioda vala

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 22):



Dijagram 22. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za valnu visinu

Definicija funkcije distribucije po Paretu (Dijagram 23):



Dijagram 23. Definicija funkcije distribucije po Paretu za valnu visinu

Dobiveni podatci služe za određivanje valnog parametra pomoću izraza:

$$Q(H_K^T) = p(H_K > H_K^T) = \int_{H_K^T}^{+\infty} f(H_K) dH_K = \frac{1}{T} \cdot \frac{T_m}{n}$$

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazan valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 34).

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
-1,2	0,326	0,94	0,998591
-1,2	0,326	0,95	0,998634
-1,2	0,326	0,96	0,998675
-1,2	0,326	0,97	0,998715
-1,2	0,326	0,98	0,998754
-1,2	0,326	0,99	0,998792
-1,2	0,326	1,00	0,998828
-1,2	0,326	1,39	0,999646
-1,2	0,326	1,40	0,999656
-1,2	0,326	1,41	0,999667
-1,2	0,326	1,42	0,999677
-1,2	0,326	1,43	0,999686
-1,2	0,326	1,44	0,999696
-1,2	0,326	1,45	0,999705

-1,2	0,326	1,69	0,999859
-1,2	0,326	1,70	0,999863
-1,2	0,326	1,71	0,999867
-1,2	0,326	1,72	0,999871
-1,2	0,326	1,73	0,999875
-1,2	0,326	1,74	0,999879
-1,2	0,326	1,75	0,999883
-1,2	0,326	1,92	0,999930
-1,2	0,326	1,93	0,999932
-1,2	0,326	1,94	0,999934
-1,2	0,326	1,95	0,999936
-1,2	0,326	1,96	0,999938
-1,2	0,326	1,97	0,999940
-1,2	0,326	1,98	0,999942

Tablica 32. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 32. očitavaju se vrijednosti $H_s^{Tgumbel}$.

μ	β	Hs (m)	F(Hs)
4	0,19	0,97	0,998528
4	0,19	0,98	0,998587
4	0,19	0,99	0,998643
4	0,19	1,00	0,998697
4	0,19	1,01	0,998748
4	0,19	1,02	0,998796
4	0,19	1,03	0,998842
4	0,19	1,39	0,999651
4	0,19	1,40	0,999661
4	0,19	1,41	0,999670
4	0,19	1,42	0,999679
4	0,19	1,43	0,999688
4	0,19	1,44	0,999697
4	0,19	1,45	0,999705
4	0,19	1,76	0,999864
4	0,19	1,77	0,999867
4	0,19	1,78	0,999870
4	0,19	1,79	0,999873
4	0,19	1,80	0,999876
4	0,19	1,81	0,999879
4	0,19	1,82	0,999881

4	0,19	2,09	0,999932
4	0,19	2,10	0,999933
4	0,19	2,11	0,999934
4	0,19	2,12	0,999935
4	0,19	2,13	0,999937
4	0,19	2,14	0,999938
4	0,19	2,15	0,999939

Tablica 33. Predviđene vrijednosti valne visine i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

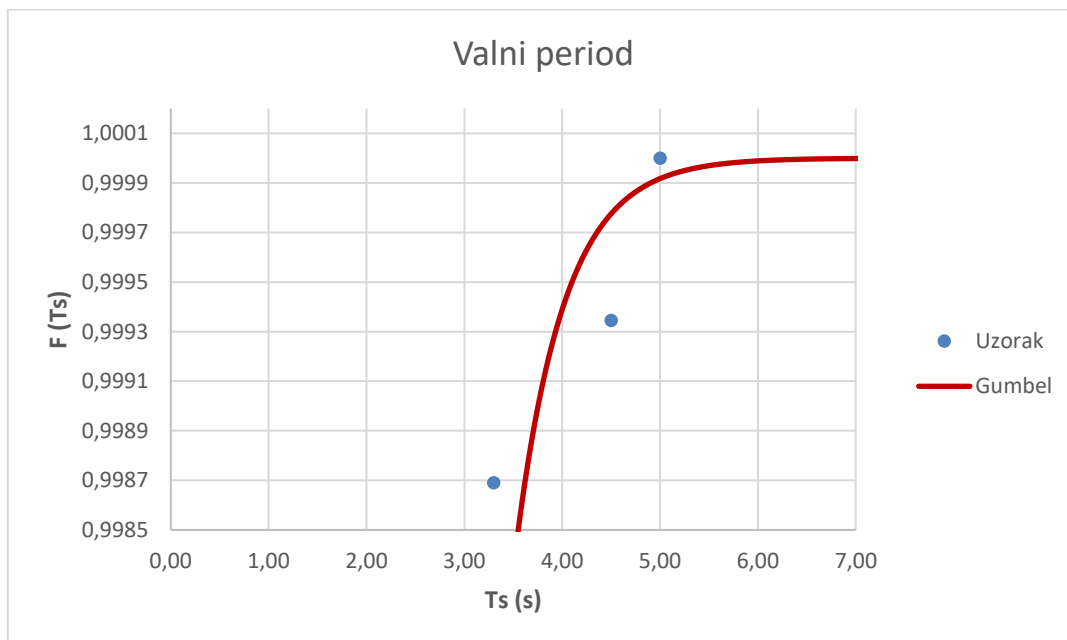
Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 33. očitavaju se vrijednosti $H_s^{Tpareto}$..

T	Q	1-Q	$H_s^{Tpareto}$	$H_s^{Tgumbel}$
5	0,0012818	0,9987182	1	0,97
20	0,0003204	0,9996796	1,42	1,42
50	0,0001282	0,9998718	1,79	1,72
100	6,409E-05	0,9999359	2,12	1,95

Tablica 34. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

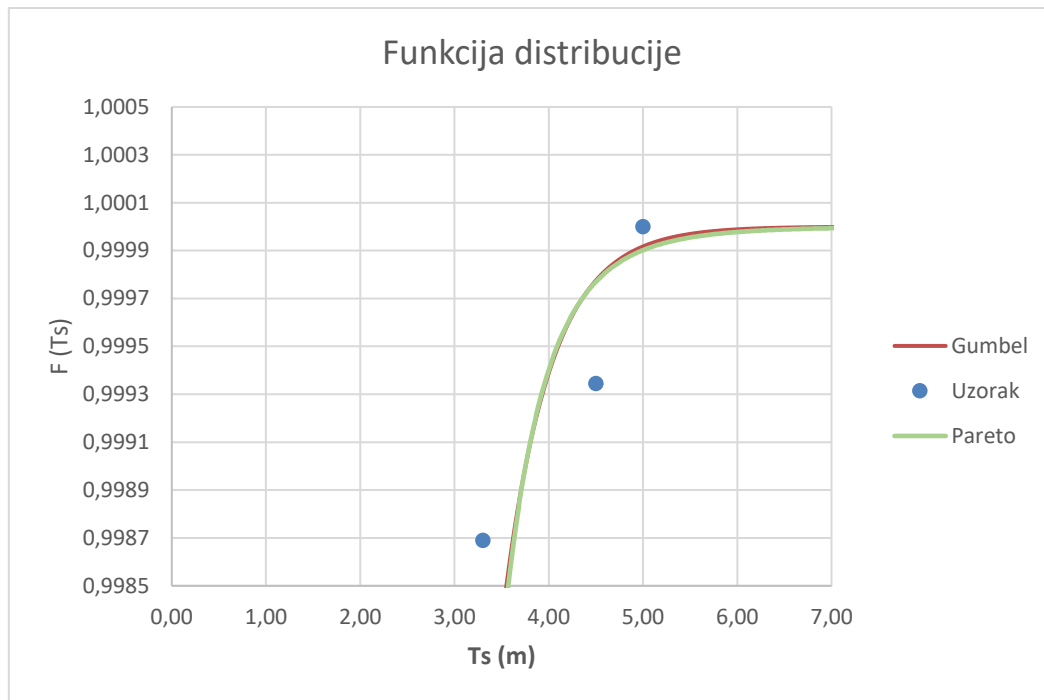
Jednakim postupkom određuje se uzorak valnog perioda.

Definicija funkcije distribucije po Gumbelu (Dijagram 24).



Dijagram 24. Definicija funkcije distribucije po Gumbelu za period vala

Parametri distribucije za Gambela i Pareta mijenjaju se dok se ne zadovolje vrijednosti u gornjem dijelu uzorka (Dijagram 25).



Dijagram 25. Definicija funkcije distribucije po Paretu za period vala

Cijeli postupak sveden je na tablicu u kojoj su prikazani valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu (Tablica 37).

μ	β	T_s (m)	$F(T_s)$
0,3	0,5	3,60	0,998641
0,3	0,5	3,61	0,998667
0,3	0,5	3,62	0,998694
0,3	0,5	3,63	0,998720
0,3	0,5	3,64	0,998745
0,3	0,5	3,65	0,998770
0,3	0,5	3,66	0,998794
0,3	0,5	4,29	0,999658
0,3	0,5	4,30	0,999665
0,3	0,5	4,31	0,999671
0,3	0,5	4,32	0,999678
0,3	0,5	4,33	0,999684
0,3	0,5	4,34	0,999690
0,3	0,5	4,35	0,999697

0,3	0,5	4,75	0,999864
0,3	0,5	4,76	0,999866
0,3	0,5	4,77	0,999869
0,3	0,5	4,78	0,999872
0,3	0,5	4,79	0,999874
0,3	0,5	4,80	0,999877
0,3	0,5	4,81	0,999879
0,3	0,5	5,10	0,999932
0,3	0,5	5,11	0,999934
0,3	0,5	5,12	0,999935
0,3	0,5	5,13	0,999936
0,3	0,5	5,14	0,999937
0,3	0,5	5,15	0,999939
0,3	0,5	5,16	0,999940

Tablica 35. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Gumbelu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 35. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tgumbel}$.

μ	β	Ts (m)	F(Ts)
8,1	1,6	3,61	0,998627
8,1	1,6	3,62	0,998658
8,1	1,6	3,63	0,998687
8,1	1,6	3,64	0,998716
8,1	1,6	3,65	0,998745
8,1	1,6	3,66	0,998772
8,1	1,6	3,67	0,998799
8,1	1,6	4,29	0,999661
8,1	1,6	4,30	0,999667
8,1	1,6	4,31	0,999673
8,1	1,6	4,32	0,999679
8,1	1,6	4,33	0,999685
8,1	1,6	4,34	0,999691
8,1	1,6	4,35	0,999697
8,1	1,6	4,81	0,999866
8,1	1,6	4,82	0,999868
8,1	1,6	4,83	0,999870
8,1	1,6	4,84	0,999872
8,1	1,6	4,85	0,999874
8,1	1,6	4,86	0,999877
8,1	1,6	4,87	0,999879

8,1	1,6	5,24	0,999933
8,1	1,6	5,25	0,999934
8,1	1,6	5,26	0,999935
8,1	1,6	5,27	0,999936
8,1	1,6	5,28	0,999937
8,1	1,6	5,29	0,999938
8,1	1,6	5,30	0,999939

Tablica 36. Predviđene vrijednosti perioda vala i vrijednosti funkcije distribucije po Paretu

Za dobivene vrijednosti 1- Q iz Tablice 36. očitavaju se vrijednosti $T_S^{Tpareto}$.

T	Q	1-Q	$T_S^{Tpareto}$	$T_S^{Tgumbel}$
5	0,001281768	0,9987182	3,64	3,63
20	0,000320442	0,9996796	4,32	4,32
50	0,000128177	0,9998718	4,84	4,78
100	6,40884E-05	0,9999359	5,27	5,13

Tablica 37. Valni parametri za distribucije po Gumbelu i Paretu

3.3.5. Zaključak dugoročnih valnih prognoza

Za incidentni smjer **jugozapad** utvrđuje se val stogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 3,93 \text{ m}$$

$$T_s^{Tpareto} = 7,19 \text{ s}$$

Za incidentni smjer **jugozapad** utvrđuje se val petogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 1,48 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 4,79 \text{ s}$$

Za incidentni smjer **jug** utvrđuje se val stogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 2,88 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 6,63 \text{ s}$$

Za incidentni smjer **jug** utvrđuje se val petogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 1,68 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 5,43 \text{ s}$$

Za incidentni smjer **zapad** utvrđuje se val stogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 1,95 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 5,13 \text{ s}$$

Za incidentni smjer **zapad** utvrđuje se val petogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 0,97 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 3,63 \text{ s}$$

Za proračun transformacije vala uzimamo parameter za petogodišnji povratni period.

Za incidentni smjer **jugoistok** utvrđuje se val stogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 3,78 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 7,09 \text{ s}$$

Za incidentni smjer **jugoistok** utvrđuje se val petogodišnjeg povratnog perioda sljedećih parametara:

$$H_s^{Tgumbel} = 1,74 \text{ m}$$

$$T_s^{Tgumbel} = 5,14 \text{ s}$$

3.4. Transformacija vala

Na osnovu utvrđenih parametara dubokovodnog vala H_0 i L_0 moramo definirati strmost vala u dubokom moru radi kontrole loma vala u toj zoni. Ukoliko uvjet zadovoljava odnosno ako se val nije slomio može se nastaviti sa daljnim koracima.

$$\left(\frac{H_0}{L_0}\right)_{max} = 0,143 \approx \frac{1}{7}$$

Za kriterij loma vala uzet ćemo onaj po Michell-u koji je ujedno i najzastupljeniji. Za to su nam potrebni već prije navedeni podatci H_0 i L_0 . H_0 uzima se 100-godišnjeg povratnog perioda, dok L_0 moramo izračunati prema formuli.

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$$

Proračunom je utvrđena računaska strmost vala manja od maksimalne dozvoljene te se val nije slomio i može se nastaviti sa daljnjim koracima.

U nastavku je potrebno na lokaciji sa proizvoljnom dubinom definirati nove valne parametre (valna duljina i visina) te potom definirati strmost na tom području.

Pri prijelazu iz dubokog mora u srednje duboko i plitko more na površini se „osjeća” morskog dna. Kako se morska voda kreće nekom brzinom prema obali uz istodobno smanjenje dubine, dolazi do transformacije vala. Lom vala jedan je od mehanizama transformacije vala u zoni utjecaja morskog dna. Visina vala se povećava u plićini. Kako donji dio vala osjetno gubi brzinu za razliku od gornjeg dijela, spomenuta razlika u brzini kretanja uzrokuje da se gornji dio vala “prebaci” preko donjeg, čime dolazi do loma vala.

Visina vala na nekoj dubini koja nije duboko more definirana je izrazom $H = H_0 \cdot K_s$, gdje je K_s koeficijent uplićavanja, a on se dobiva iz odnosa brzine vala i brzine grupe valova po izrazu:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 C_0}{n C}}$$

Na dubini na kojoj ne dolazi do fenomena uplićavanja, dubina je veća od polovice iznosa valne dužine koja se uzima za početak transformacije vala.

Za izračun je potrebna brzina vala u dubokom moru koja se odredi pomoću:

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi}$$

Prilikom promjene dubine dolazi do smanjenja brzine vala. Također potrebno je odrediti brzinu vala u zoni plićeg područja odnosno zoni utjecaja morskog dna a to se dobije iz izraza:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh(kd)$$

Kako bi se dobilo koeficijent uplićavanja nedostaju još n i n_0 , n se utvrđuje prema:

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right] = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

dok ovaj parametar za zonu dubokom mora (n_0) iznosi 0,5.

Za kraj još nisu izračunate valne duljine u zoni utjecaja dna, ti podatci su određeni dvijema formulama, prva u zoni dubokog mora i druga koja određuje bilo koju točku.

Za zonu dubokog mora:

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$$

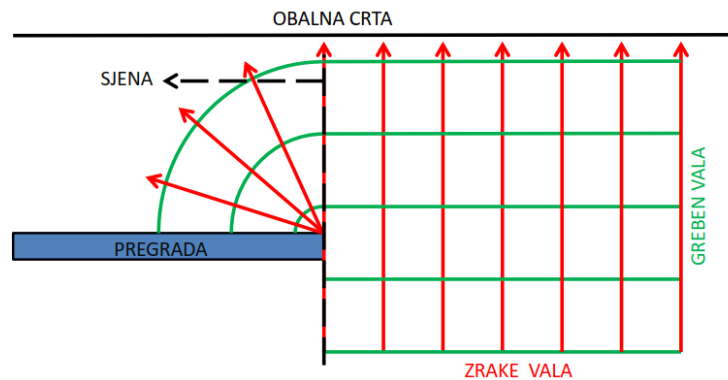
Za bilo koju točku:

$$L_d = \frac{gT^2}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$$

3.4.1. Transformacija vala difrakcijom

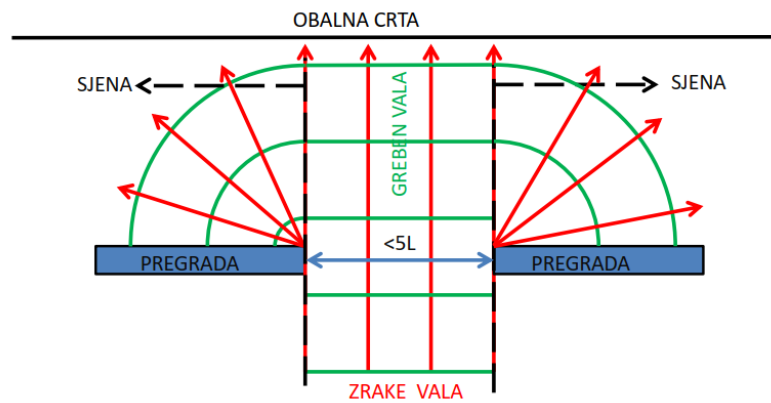
Transformacija vala difrakcijom dolazi najčešće u kombinaciji s refrakcijom. Iskazuje se širenjem i zakretanjem valova u području sjene iza prepreke i smanjenjem valne visine. Difrakcija nastaje uslijed nailaska vala na prepreku.

- Jednostrana difrakcija – odvija se oko jednog kraja prepreke, a drugi kraj prepreke je u beskonačnosti i nema utjecaja



Slika 20. Jednostrana difrakcija (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

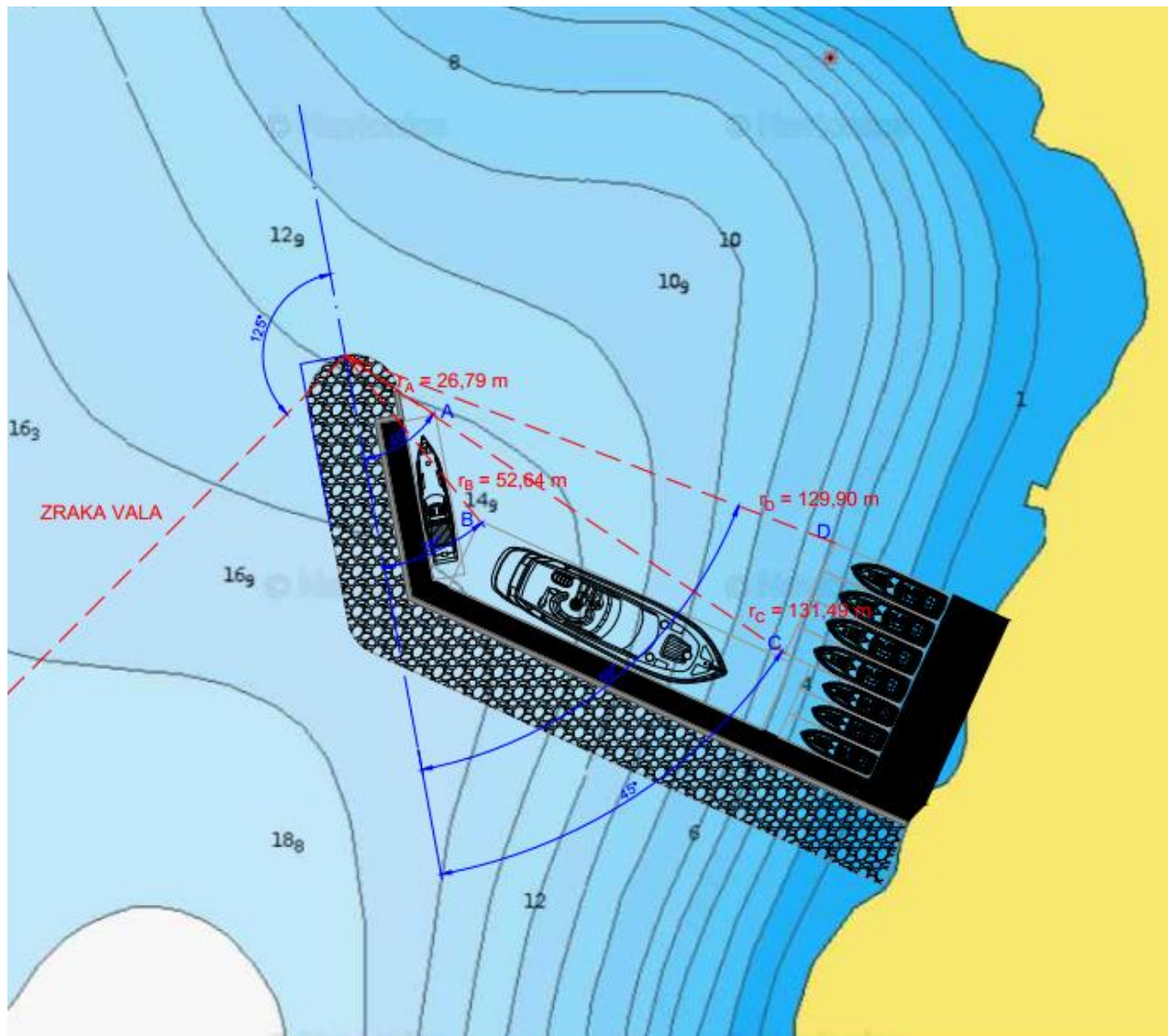
- Dvostrana difrakcija - odvija se između dviju razmaknutih prepreka
- Obostrana pregrada na udaljenosti većoj od pet valnih duljina ($5L$) - koristi se rješenje kao kod jednostrane
- Obostrana pregrada na udaljenosti manjoj od pet valnih duljina ($5L$) - nomogrami



Slika 21. Dvostrana difrakcija (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

- Difrakcija iza ograničene prepreke

A) Smjer jugozapad



Slika 22. Incidentni smjer vjetra jugozapad – prikaz zrake vala, kutova difrakcije i mjerodavnih točaka (izvor: Navionics).

Potrebni parametri:

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 35,822 \text{ m} \\
 D &= 13 \text{ m} \\
 D/L &= 0,36 - \text{srednje more} \\
 \mathbf{L_{IZR} = 35,143 \text{ m}} \\
 K_S &= 0,97 \\
 K_R &= 0,9817
 \end{aligned}$$

Za mjerodavnu točku A:

$$r/L = 26,79/35,143 = 0,76$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,405 \text{ m}$$

$$H_B = 1,405 \times 0,21 = 0,295 \text{ m}$$

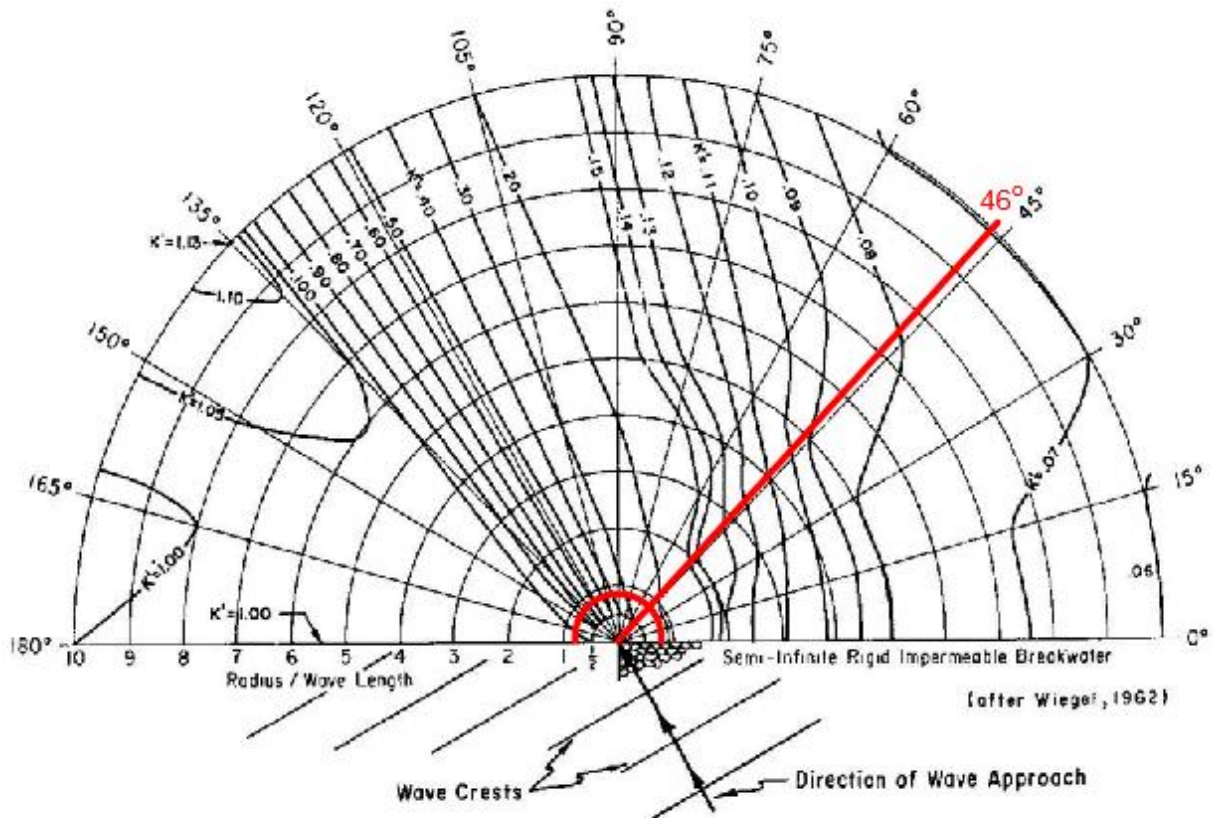


Figure 2-35. Wave Diffraction Diagram - 120° Wave Angle

Slika 23. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku B:

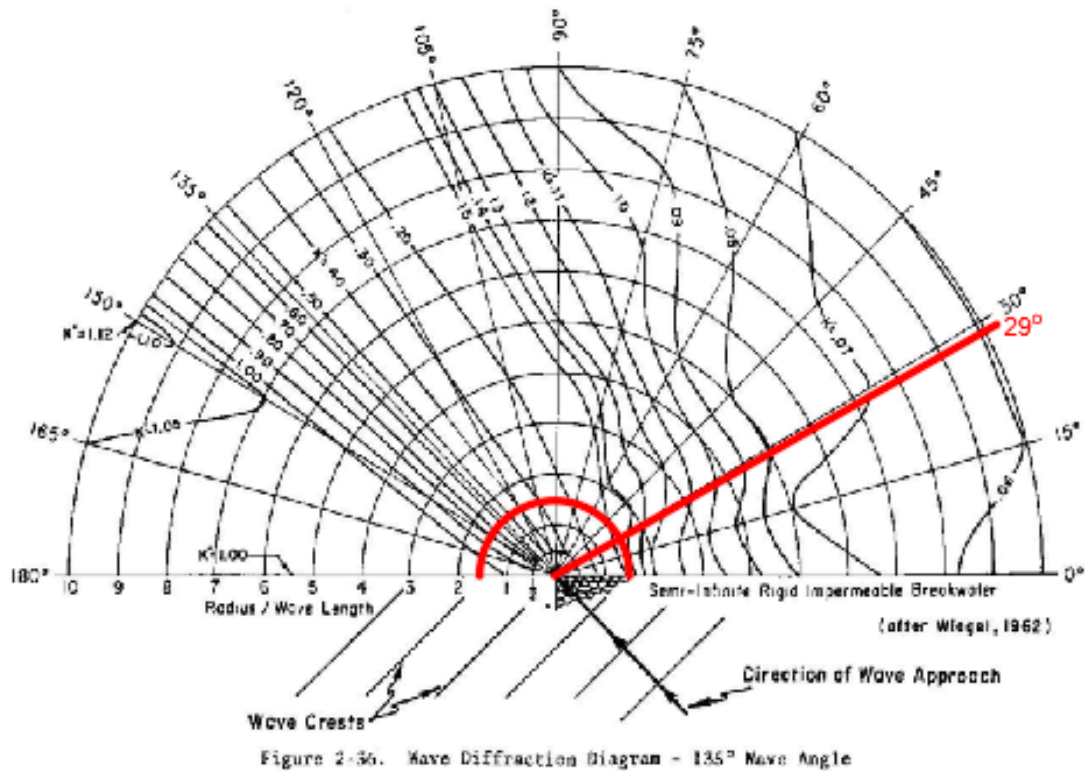
$$r/L = 52,64/35,143 = 1,5$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,405 \text{ m}$$

$$H_B = 1,405 \times 0,17 = 0,239 \text{ m}$$



Slika 24. Koeficijent difrakcije prema Wiegand-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku C:

$$r/L = 131,49/35,143 = 3,74$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,405 \text{ m}$$

$$H_B = 1,405 \times 0,113 = 0,159 \text{ m}$$

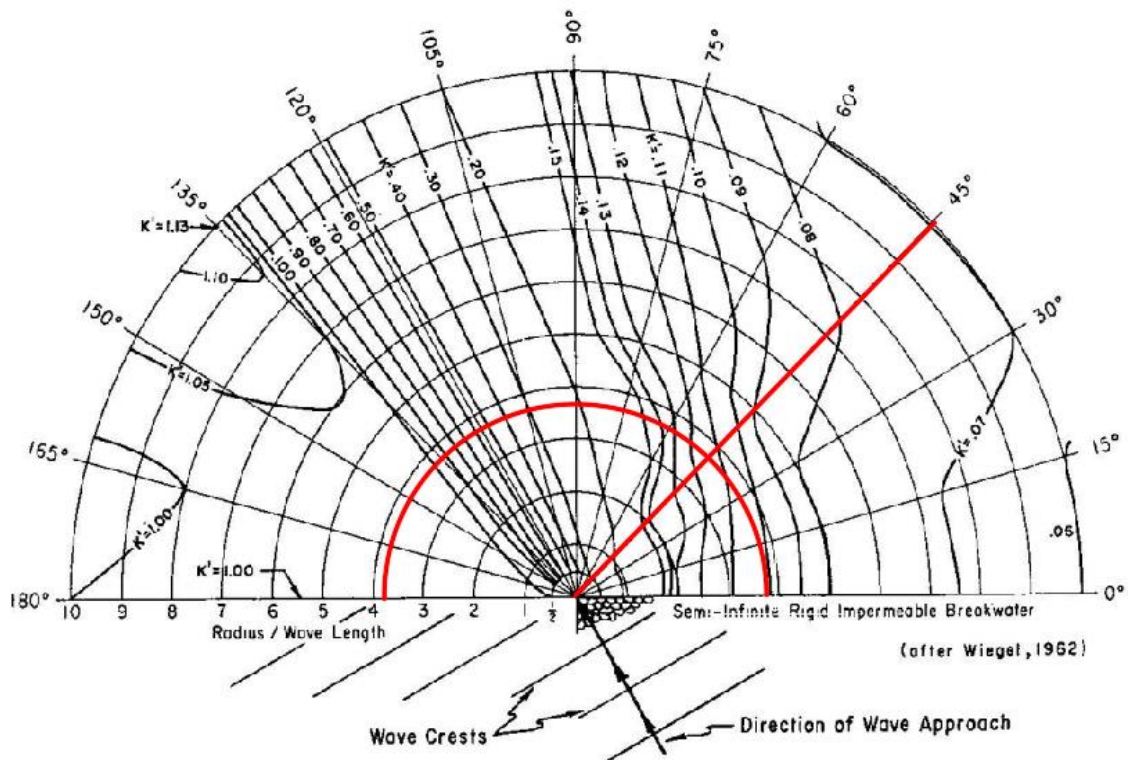


Figure 2-35. Wave Diffraction Diagram - 120° Wave Angle

Slika 25. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku D:

$$r/L = 129,90/35,143 = 3,70$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,405 \text{ m}$$

$$H_B = 1,405 \times 0,134 = 0,188 \text{ m}$$

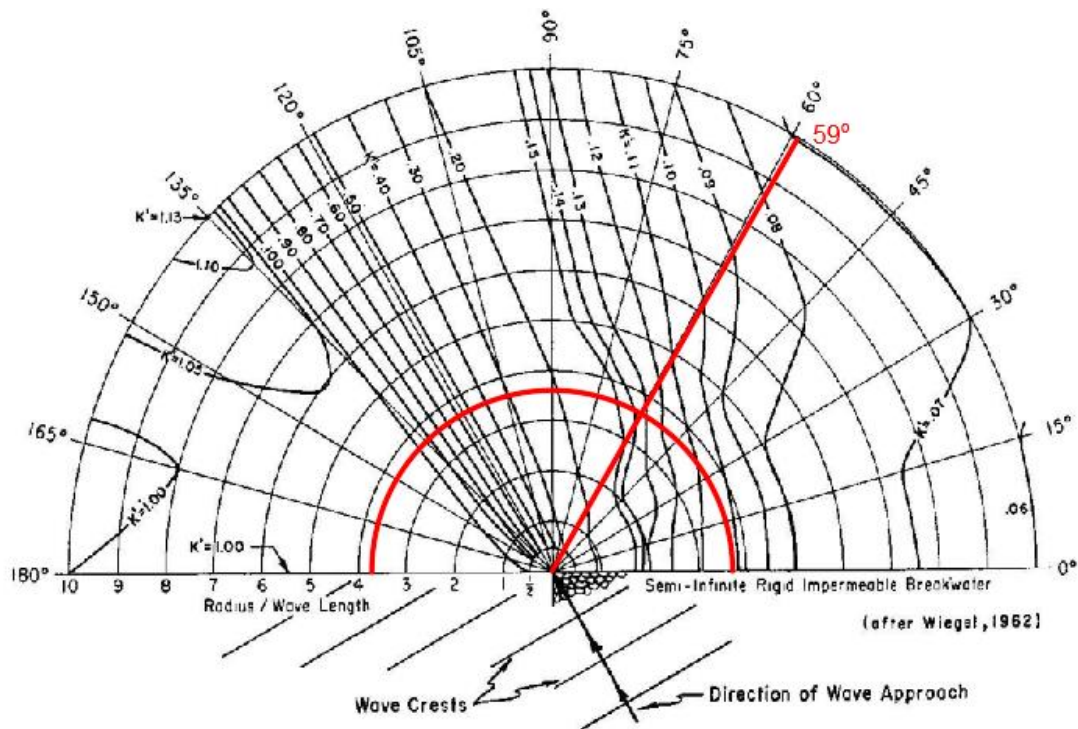
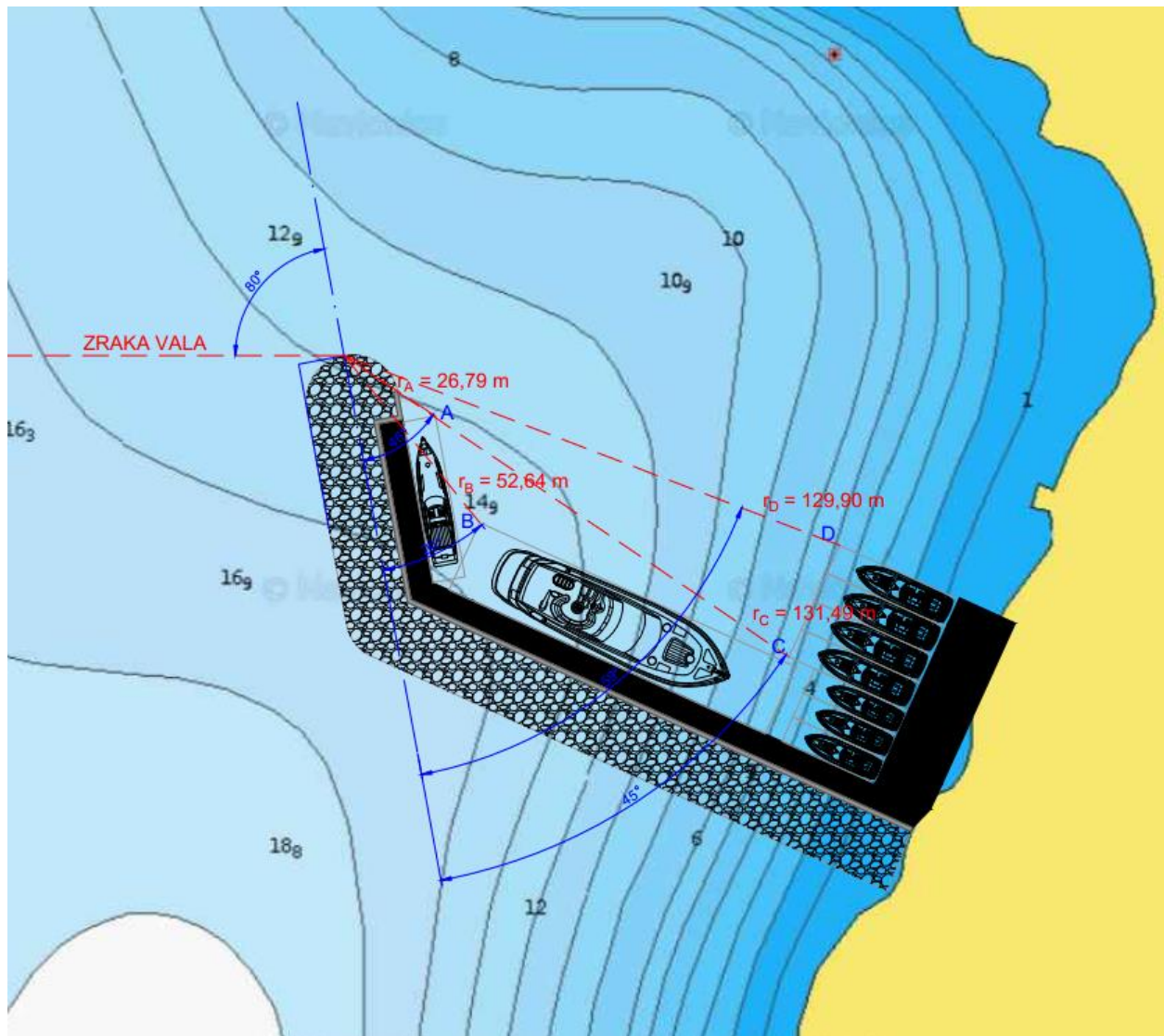


Figure 2-35. Wave Diffraction Diagram - 120° Wave Angle

Slika 26. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

B) Smjer zapad



Slika 27. Incidentni smjer vjetra zapad – prikaz zrake vala, kutova difrakcije i mjerodavnih točaka (izvor: Navionics).

Potrebni parametri:

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 20,573 \text{ m} \\
 D &= 13 \text{ m} \\
 D/L &= 0,632 \text{ – duboko more} \\
 \mathbf{L_{IZR} = 20,573 \text{ m}} \\
 K_S &= 1,00 \\
 K_R &= 1,00
 \end{aligned}$$

Za mjerodavnu točku A:

$$r/L = 26,79/20,573 = 1,302$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 0,967 \text{ m}$$

$$H_B = 0,967 \times 0,29 = 0,28 \text{ m}$$

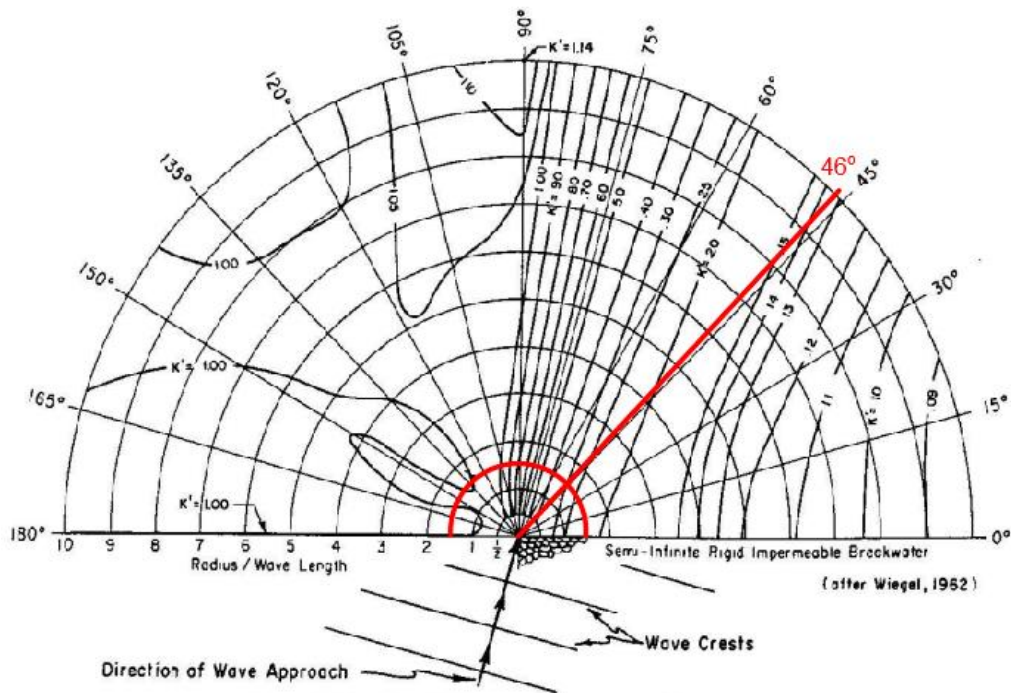


Figure 2-32. Wave Diffraction Diagram - 75° Wave Angle

Slika 28. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku B:

$$r/L = 52,64/20,573 = 2,56$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 0,967 \text{ m}$$

$$H_B = 0,967 \times 0,2 = 0,193 \text{ m}$$

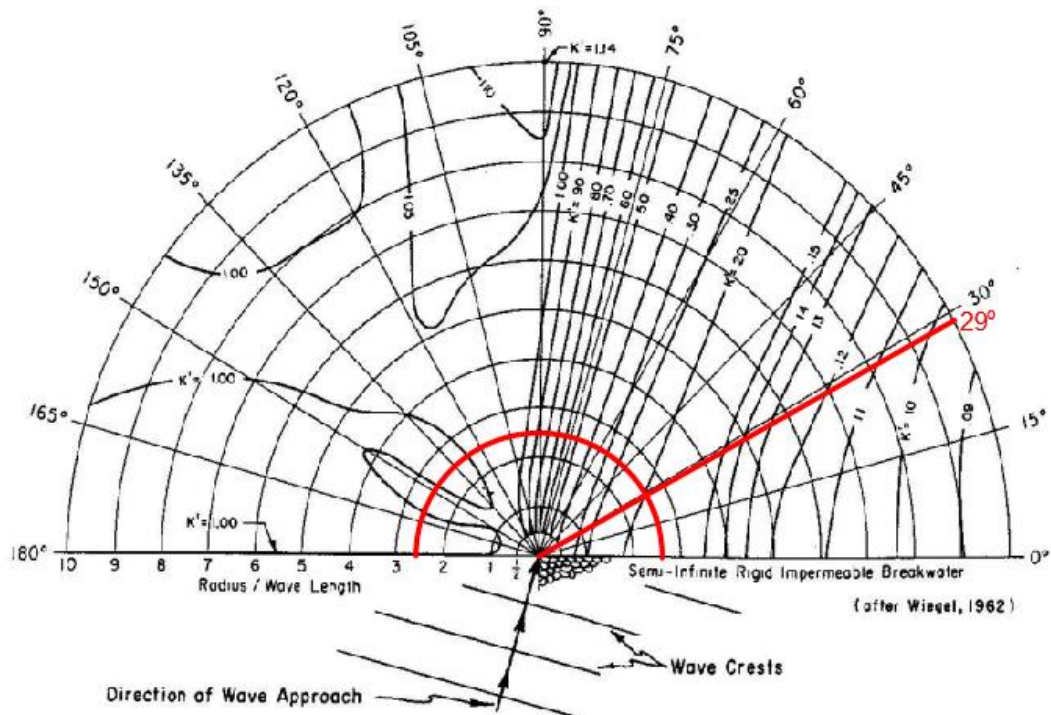


Figure 2-32. Wave Diffraction Diagram - 75° Wave Angle

Slika 29. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku C:

$$r/L = 131,49/20,573 = 6,4$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 0,964 \text{ m}$$

$$H_B = 0,964 \times 0,165 = 0,159 \text{ m}$$

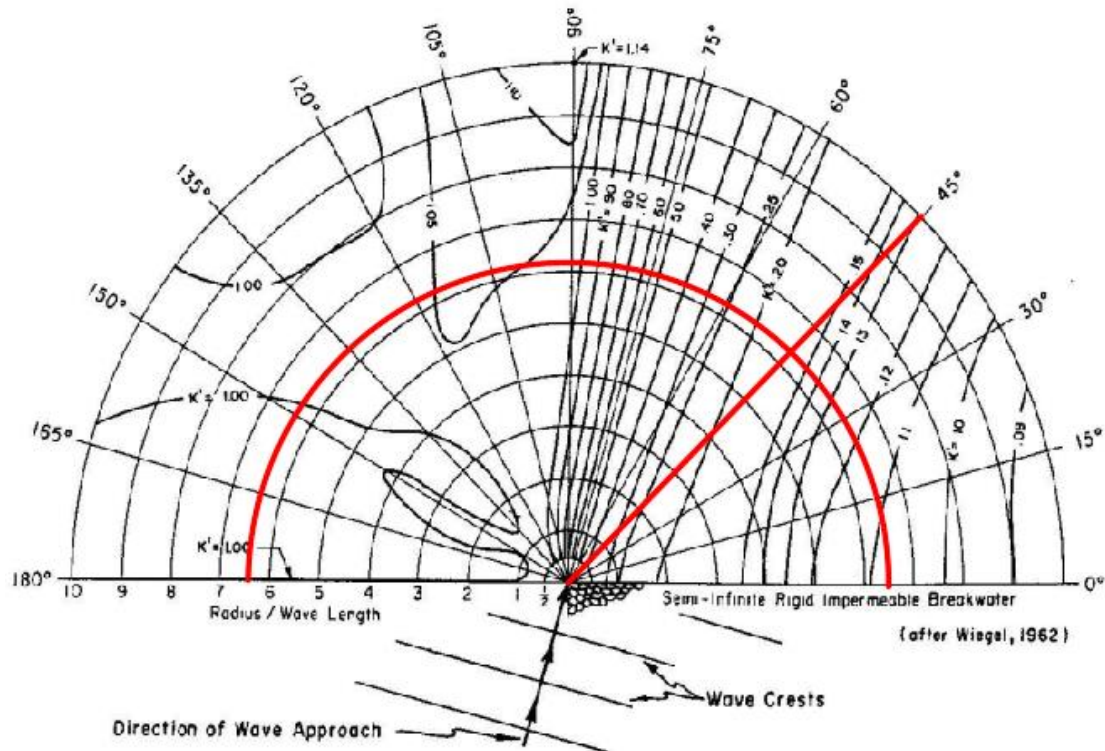


Figure 2-32. Wave Diffraction Diagram - 75° Wave Angle

Slika 30. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku D:

$$r/L = 129,90/20,573 = 6,3$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 0,964 \text{ m}$$

$$H_B = 0,964 \times 0,245 = 0,236 \text{ m}$$

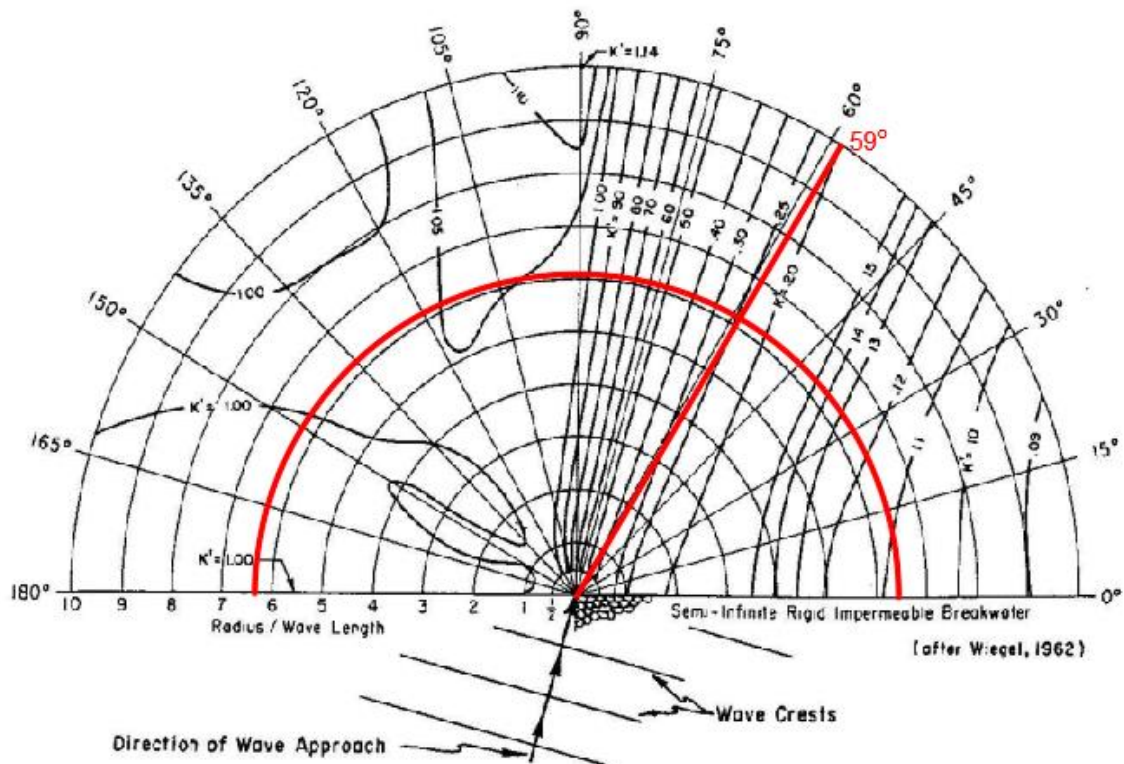
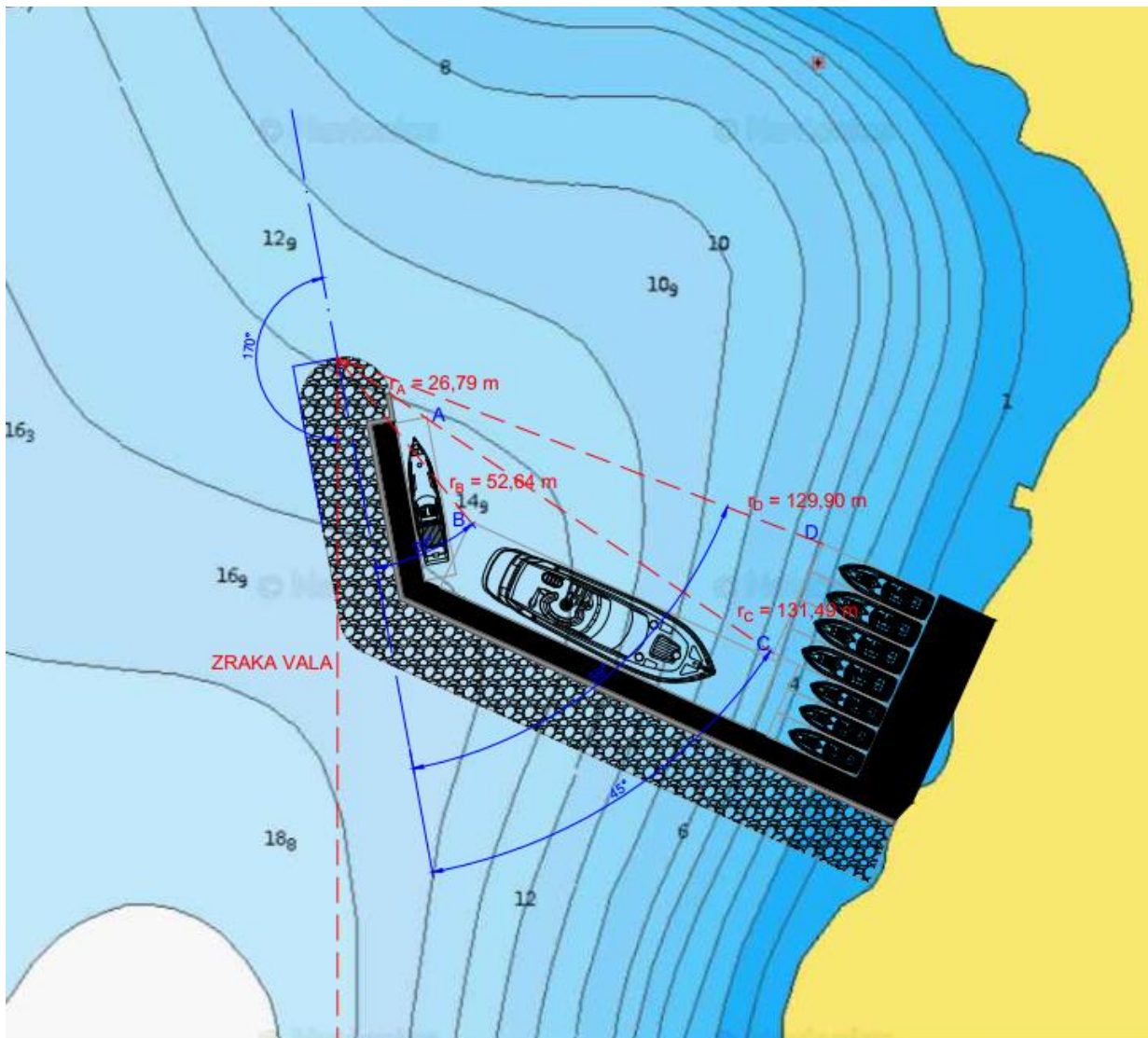


Figure 2-32. Wave Diffraction Diagram - 75° Wave Angle

Slika 31. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

C) Smjer jug



Slika 32. Incidentni smjer vjetra jug – prikaz zrake vala, kutova difrakcije i mjerodavnih točaka (izvor: Navionics).

Potrebni parametri:

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 46,35 \text{ m} \\
 D &= 13 \text{ m} \\
 D/L &= 0,285 \text{ – srednje more} \\
 \mathbf{L_{IZR} = 43,865 \text{ m}} \\
 K_S &= 0,94 \\
 K_R &= 0,9994
 \end{aligned}$$

Za mjerodavnu točku A:

$$r/L = 26,79/43,865 = 0,61$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,584 \text{ m}$$

$$H_B = 1,584 \times 0,158 = 0,25 \text{ m}$$

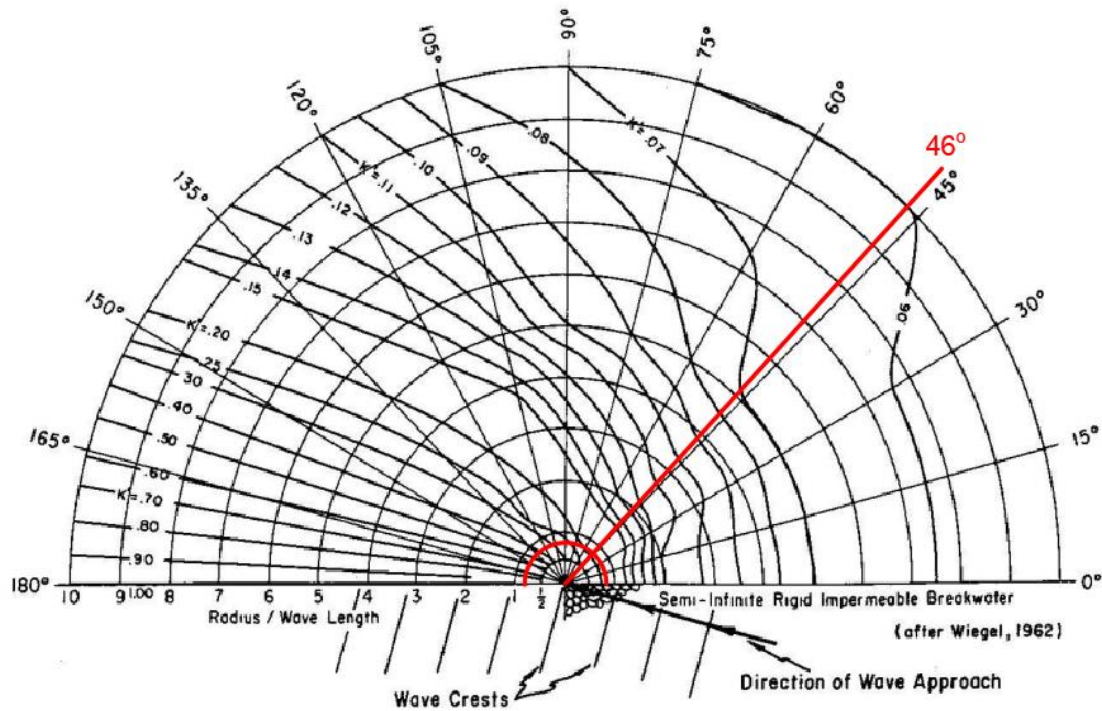


Figure 2-38. Wave Diffraction Diagram - 165° Wave Angle

Slika 33. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku B:

$$r/L = 52,64/43,865 = 1,2$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,584 \text{ m}$$

$$H_B = 1,584 \times 0,155 = 0,246 \text{ m}$$

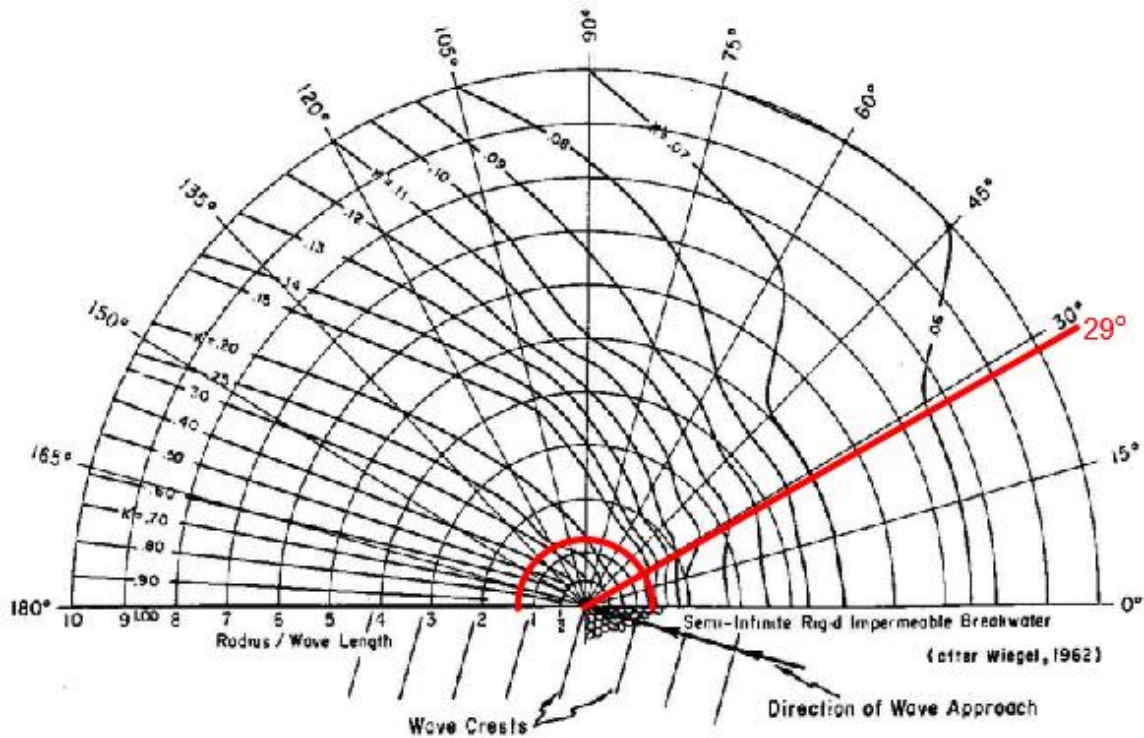


Figure 2-58. Wave Diffraction Diagram - 165° Wave Angle

Slika 34. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku C:

$$r/L = 131,49/43,865 = 3,00$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,584 \text{ m}$$

$$H_B = 1,584 \times 0,105 = 0,166 \text{ m}$$

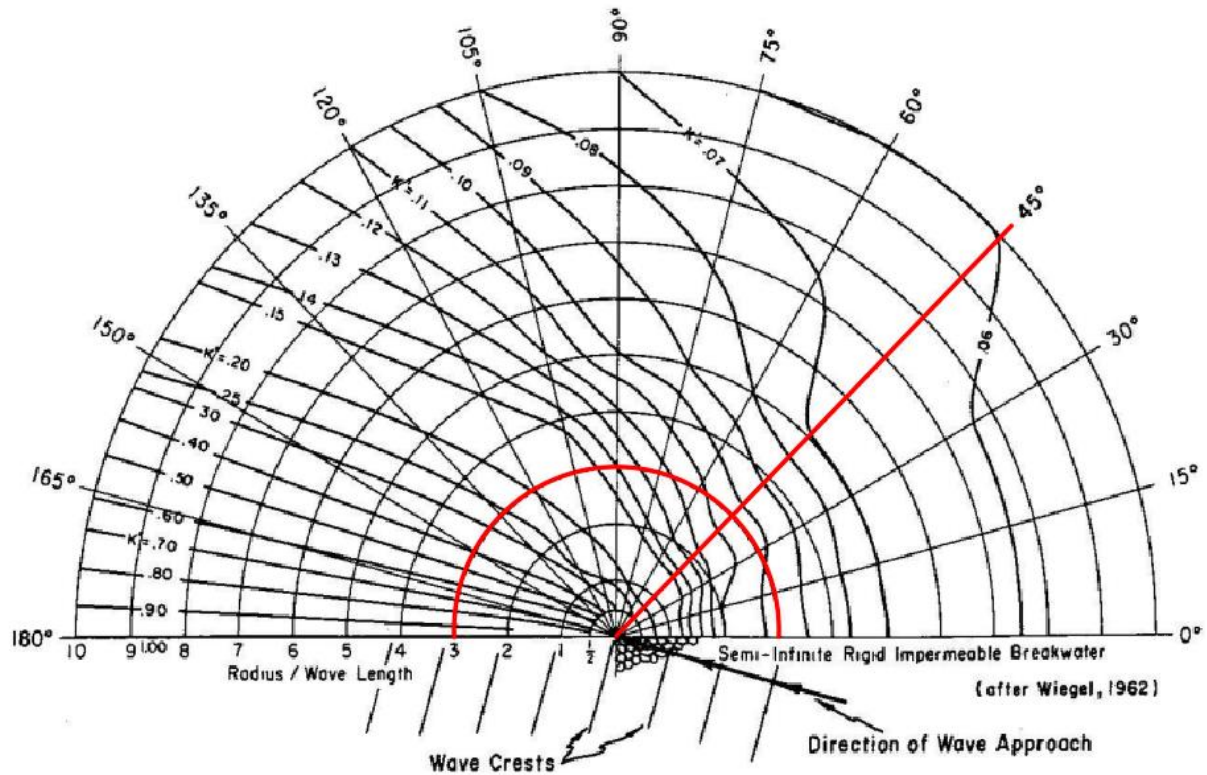


Figure 2-38. Wave Diffraction Diagram - 165° Wave Angle

Slika 35. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Za mjerodavnu točku D:

$$r/L = 129,90/43,865 = 2,96$$

$$H_B = H_A \times K_d$$

$$H_A = H_0 \times K_S \times K_R$$

$$H_A = 1,584 \text{ m}$$

$$H_B = 1,584 \times 0,112 = 0,177 \text{ m}$$

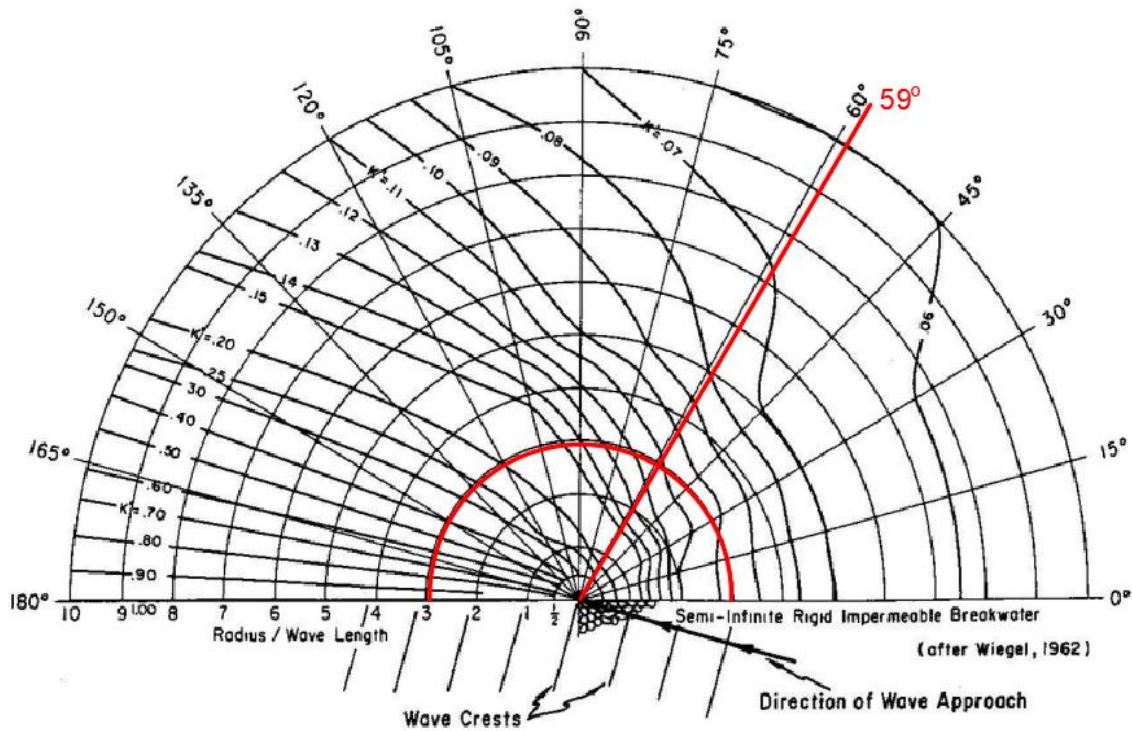


Figure 2-38. Wave Diffraction Diagram - 165° Wave Angle

Slika 36. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Analizom difrakcijske transformacije valnog polja u luci sukladno pravilniku “Tehnička pravila Hrvatskog registra brodova – okružnici QC-T-191“ (Zakon o plovidbi i lukama unutarnjih voda NN 109/07, NN 132/07, NN 51/13, NN 152/14) za petogodišnji povratni period, za sve incidentne smjerove vala dokazana je valna visina manja od 0,3 m. [10]

4. Obilježja priveza

4.1. Karakteristike plovila za pristan u obuhvatu Dobra Luka

Potrebni kapacitet privezišta za plovila u obuhvatu lokacije Dobra Luka na zahtjev investitora iskazan je kao:

- 7-8 plovila duljine 20 – 25 m;
- 1 plovilo duljine 30 – 35 m;
- 1 plovilo duljine do 65 m.

U nastavku su prikazana tipska plovila navedenih razreda dužina sa svojim tehničkim specifikacijama (duljina, širina, gaz) kako bi mogli definirati uvjete za privez plovila.

Za plovila kategorije do 25 m duljine predviđa se privez jednotrupaca na motorni pogon. Za ovaj razred plovila potrebno je osigurati minimalnu dubinu mora od 3,00 m za nesmetan i siguran privez.



Slika 37. Tipsko plovilo duljine 25 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>).

Main Technical data		Accommodation	
Dužina preko svega (uključujući prednju ogradu)	25,2 m (82' 8")	Kabine	4 + 2 crew
Dužina trupa (uključujući platformu)	23,71 m (77' 9")	Ležajevi	8 + 2 crew
Širina na glavnom presjeku	6,18 m (20' 3")	Toaletni prostori	5 + 1 crew
Gaz (uključujući vijke pri punom opterećenju)	1,72 m (5' 8")		
Istisnina (pri punom opterećenju)	64 t (141.096 lb)		
Project		Performance	
Građevni materijal	GRP	Pogonski strojevi	2 x 1550 mHP (1140 kW) MAN CR V12 (opt 2 x 1800 mHP (1324 kW) MAN CR V12)
Vanjsko oblikovanje i koncept	Stefano Righini	Maksimalna brzina (masa pri ispitivanju karakteristika)	up to 28/31 kn
Unutarnji dizajner	Achille Salvagni Architeti	Brzina u normalnoj plovidbi (masa pri ispitivanju karakteristika)	up to 24/26 kn
Hull designer	Pierluigi Ausonio Naval Architecture & Azimut Yachts		
Kobilica	0	Tank capacity	
Graditelj	Azimut Yachts	Pogonski strojevi	2 x 1550 mHP (1140 kW) MAN CR V12 (opt 2 x 1800 mHP (1324 kW) MAN CR V12)
		Kapacitet goriva	6000 l (1585 US gls)
		Kapacitet vode	1100 l (290 US gls)

Slika 38. Tehničke karakteristike tipskog plovila duljine 25 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>).

Za plovila kategorije do 35 m duljine predviđa se privez jednotrupaca na motorni pogon. Za ovaj razred plovila potrebno je osigurati minimalnu dubinu mora od 3,00 m za nesmetan i siguran privez.



Slika 39. Tipsko plovilo duljine 35 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>).

MAIN TECHNICAL DATA		ACCOMMODATION	
Dužina preko svega (uključujući prednju ogradu)	35 m (114' 10")	Kabine	5 + 4 crew
Širina na glavnom presjeku	7,50 m (24' 7")	Ležajevi	10 + 6 crew
Gaz (uključujući vijke pri punom opterećenju)	1,91 m (6' 3")	Toaletni prostori	6 + 4 crew
Istisnina (pri punom opterećenju)	154 t (339.512 lb)		
PROJECT		PERFORMANCE	
Građevni materijal	Carbon Fiber + GRP	Pogonski strojevi	2 x MTU 16V 2000 M93 2400 mHP
Vanjsko oblikovanje i koncept	Stefano Righini	Maksimalna brzina (masa pri ispitivanju karakteristika)	up to 26 kn
Unutarnji dizajner	Achille Salvagni Architetti	Brzina u normalnoj plovidbi (masa pri ispitivanju karakteristika)	up to 21 kn
Hull designer	PL. AUSONIO Naval Architecture & Azimut R&D Dept.		
Kobilica	Planning with wave piercer	TANK CAPACITY	
Graditelj	Azimut Yachts	Pogonski strojevi	2 x MTU 16V 2000 M93 2400 mHP
		Kapacitet goriva	18000 l (4755 US Gal)
		Kapacitet vode	3000 l (792 US Gal)

Slika 40. Tehničke karakteristike tipskog plovila duljine 35 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>).

Za plovila kategorije do 65 m duljine predviđa se privez jednotrupaca na motorni pogon. Za ovaj razred plovila potrebno je osigurati minimalnu dubinu mora od 4,80 m za nesmetan i siguran privez.



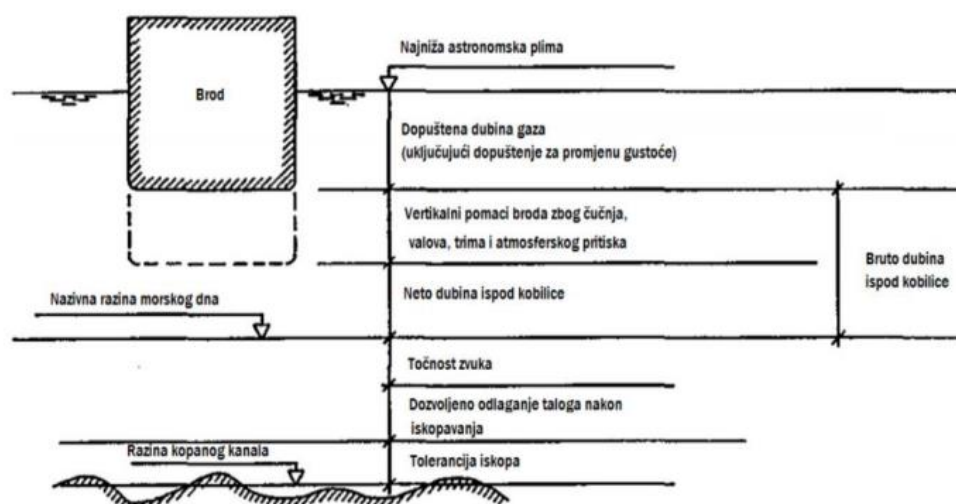
Slika 41. Tipsko plovilo duljine 65 metara. (izvor: <https://www.benettiyachts.it/>)

Overall length	65.4m (214'7")
Length at waterline	64.0m (209'12")
Beam	11.2m (36'9")
Draught max.	3.5m (11'6")
Gross tonnage	1244
Full load displacement	1050

Slika 42. Tehničke karakteristike tipskog plovila duljine 65 metara

4.2. Definicija dubine za privez plovila

Dubina mora važan je uvjet za izgradnju luke nautičkog turizma. U prilaznom kanalu i u luci, ispred i uz sidrište, dubina bi trebala biti dovoljna za sigurno manevriranje. Smatra se da je za izgradnju luke na nekom području idealna dubina mora između 2 i 6 metara. Budući da će na obuhvatu Dobre Luke uplovljavati plovila i do 65 metara dubine mora će morati iznositi nešto više. Dubine mora na obuhvatu kreću se između 2 i 13 metara. O njoj zapravo ovisi mogućnost uplovljavanja i isplovljavanja plovila u luku. Ukoliko je dubina mala, potrebni su skupi građevinski radovi. Taj zahvat povećava cijenu gradnje i u konačnici smanjuje profitabilnost. Uobičajeno se u najpliće dijelove smještaju plovila najmanjeg gaza dok se u dubljim dijelovima predviđaju veća plovila većeg gaza (prema raspoloživim dubinama).



Slika 43. Dubine za manevar plovila (izvor: Port Designer's Handbook.)

Pri odabiru dubine za privez plovila u obzir su uzete: gaz, amplituda vala u dolu, oseka, adhezijsko sidro te rezerva.

Prva vrijednost je gaz broda koja je definirana u prethodno priloženim karakteristikama plovila [11], [12].

Najniža astronomska plima je najveća oseka karakteristična za to područje. Zbog nedostatka informacija o najvećoj oseci za Crnogorsko primorje, uzete su poznate informacije mjerene na mareografu u Splitu. Ista iznosi 0,2 m od HVRS71 zato što se oscilacije događaju oko srednje razine mora. Za val se usvaja najveća valna visina petogodišnjeg povratnog perioda uslijed difrakcije a to je 29,5 cm, ali oduzima se samo amplituda tj, pola valne visine, znači 14,75 cm. Adhezijsko sidro iznosi 0,2 m. Na kraju se uzima još i rezerva (točnost mjerenja i vrsta dna od 0,3 do 0,5 m).

$$D_{\text{POTREBNO}} = T + R1 + R2 + R3 + R4$$

T – gaz plovila

R1 – oseka

R2 – amplituda vala

R3 – adhezijsko sidro

R4 - rezervu utjecaja dna

Za plovila do 25 m:

$$D_{\text{POTREBNO}} = 1,72\text{m} + 0,2\text{ m} + 0,1475\text{ m} + 0,2\text{ m} + 0,5\text{m} = 2,768\text{ m} \approx 3\text{ m}$$

Za plovila do 35 m:

$$D_{\text{POTREBNO}} = 1,91\text{m} + 0,2\text{ m} + 0,1475\text{ m} + 0,2\text{ m} + 0,5\text{ m} = 2,96\text{ m} \approx 3\text{ m}$$

Za plovila do 65 m:

$$D_{\text{POTREBNO}} = 3,5\text{m} + 0,2\text{ m} + 0,1475\text{ m} + 0,2\text{ m} + 0,5\text{ m} = 4,55\text{ m} \approx 4,8\text{ m}$$

4.3. Definicija poteznih sila plovila na infrastrukturu za privez plovila po kategorijama

4.3.1. Utjecaj vjetra

Najveća opterećenja na konstrukciju operativne obale te na sidreni sustav izazivaju sile izazvane vjetrom i valovima na plovila. Normalno je da su valne visine u lukama ograničene pa su i njihove sile zanemarive. Time se opterećenje od plovila svodi na proračun sila uzrokovanih vjetrom. Vjetar može dolaziti iz različitih smjerova i izazivati različite veličine sila na konstrukciju i na sidreni sustav (lanac, konop) [13]. Iskustveno, najveće sile i najveći utjecaj na sigurnost broda tijekom manevriranja u luci i na privezu ima sila vjetra. Veličina sile vjetra koja djeluje na brod procjenjuje se korištenjem uobičajenog izraza. Za proračun je potrebno poznavati u prvom redu brzinu vjetra te stvarne nadvodne površine brodova. Nadvodne površine plovila na koje djeluje vjetar procijenjene su temeljem prognoziranih vrijednosti za brodove sličnih karakteristika koja se planiraju i mogu prihvaćati na mjestima pristajanja u marini [14]. Ove površine su aproksimativne jer nisu točno poznate nadvodne površine brodova koji će se privezivati. Za točan proračun sile vjetra uzeta je u obzir i promjena brzine vjetra s visinom.

4.3.2. Potezna sila i odabir polera za privez karakterističnog plovila duljine $L = 25$

a) Karakteristike plovila i računaska brzina vjetra

Projektnim zadatkom zadana su plovila određenih karakteristika koja se namjeravaju privezati u obuhvatu marine, stoga za definiciju konstrukcije i određivanje priveznih elemenata imamo potrebne podatke.

Kao prvo mjerodavno plovilo usvaja se motorna jahta karakterističnih dimenzija:

$L = 25,0$	m	➤	dužina broda
$B = 6,2$	m	➤	širina broda
$T = 1,72$	m	➤	gaz broda
$H = 7,2$	m	➤	pretpostavljena visina broda
$B' = 7,00$	m	➤	širina veza broda

Brzina vjetra koja stvara opterećenja na nadvođe broda uzima se na težišnoj visini nadvođa karakterističnog plovila. Koristi se Schneichow numerički vertikalni profil brzine vjetra, koji u logaritamskoj ili eksponencijalnoj formi glasi:

$$v_z = v_{z=10m} \cdot \frac{\ln\left[\frac{z}{z_0}\right]}{\ln\left[\frac{10}{z}\right]} = v_{z=10m} \cdot \left[\frac{z}{10}\right]^{0.1}$$

$z_T =$	3,6	m	➤ težišna visina nadvođa
$z_m =$	10,0	m	➤ visina mjerenja brzine
$z_0 =$	0,03	m	➤ duljina hrapavosti
$v_{(1-3s)}^{(50\text{god})} =$	45,0	m/s	➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na visini 10 m iznad tla
$v_{(1-3s)}(z_t) =$	37,08	m/s	➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na težišnoj visini nadvođa broda z_T

b) Sila udara vjetra na plovilo

Ukupna sila udara vjetra računa se prema izrazima:

$$W_{T(\text{bočno})} = \frac{1}{2} \times C_{DT}(\Psi) \times \rho_{zraka} \times A_b \times v_{1-3s}^2(z_t) \quad (N)$$

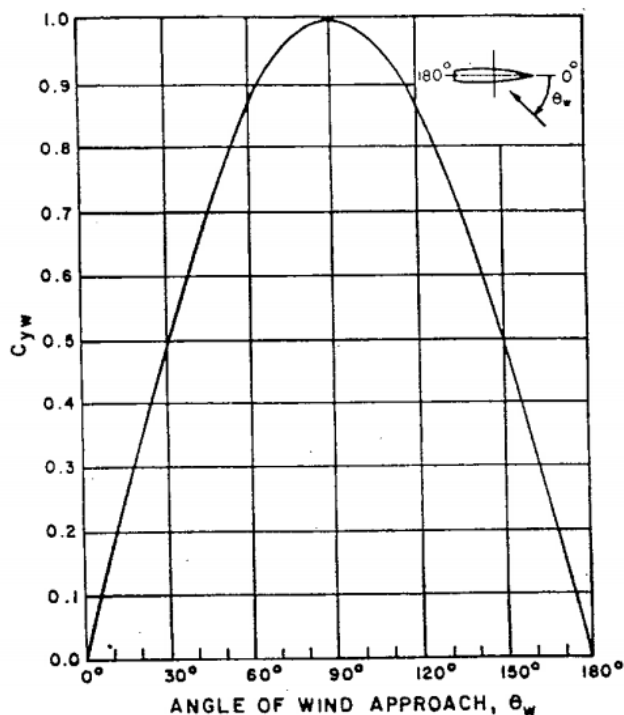
$$W_{L(\text{krmeno})} = \frac{1}{2} \times C_{DL}(\Psi) \times \rho_{zraka} \times A_k \times v_{1-3s}^2(z_t) \quad (N)$$

gdje su:

$A_b =$	180	m^2	➤ bočna površina broda izložena vjetru
$A_k =$	43,4	m^2	➤ krmena površina broda izložena vjetru
$\Psi =$	90(180)	$^\circ$	➤ kut između smjera vjetra i osi broda
$C_{dt} =$	1		➤ poprečni (bočni) koeficijent otpora broda u struji zraka (Slika 44.) [15].
$C_{dl} =$	0,95		➤ uzdužni (krmeni) koeficijent otpora broda u struji zraka (Slika 44.)
$\rho_{zraka} =$	1,225	kg/m^3	➤ gustoća zraka
$v_{(1-3s)}(z_t) =$	37,08	m/s	➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3 s na težišnoj visini nadvođa broda z_T (m) (EC)
$W_{T(\text{bočno})} =$	151585,64	N	➤ sila udara vjetra (bočno)

$$W_{L(\text{krmeno})} = 34721,53 \text{ N} \quad \text{➤ sila udara vjetra (krmeno)}$$

Uglavnom se promatraju dvije komponente utjecaja vjetra: uzdužno i poprečno na obalnu crtu na mjestu priveza. Najveća sila se javlja kada vjetar puše okomito na uzdužnu os broda.



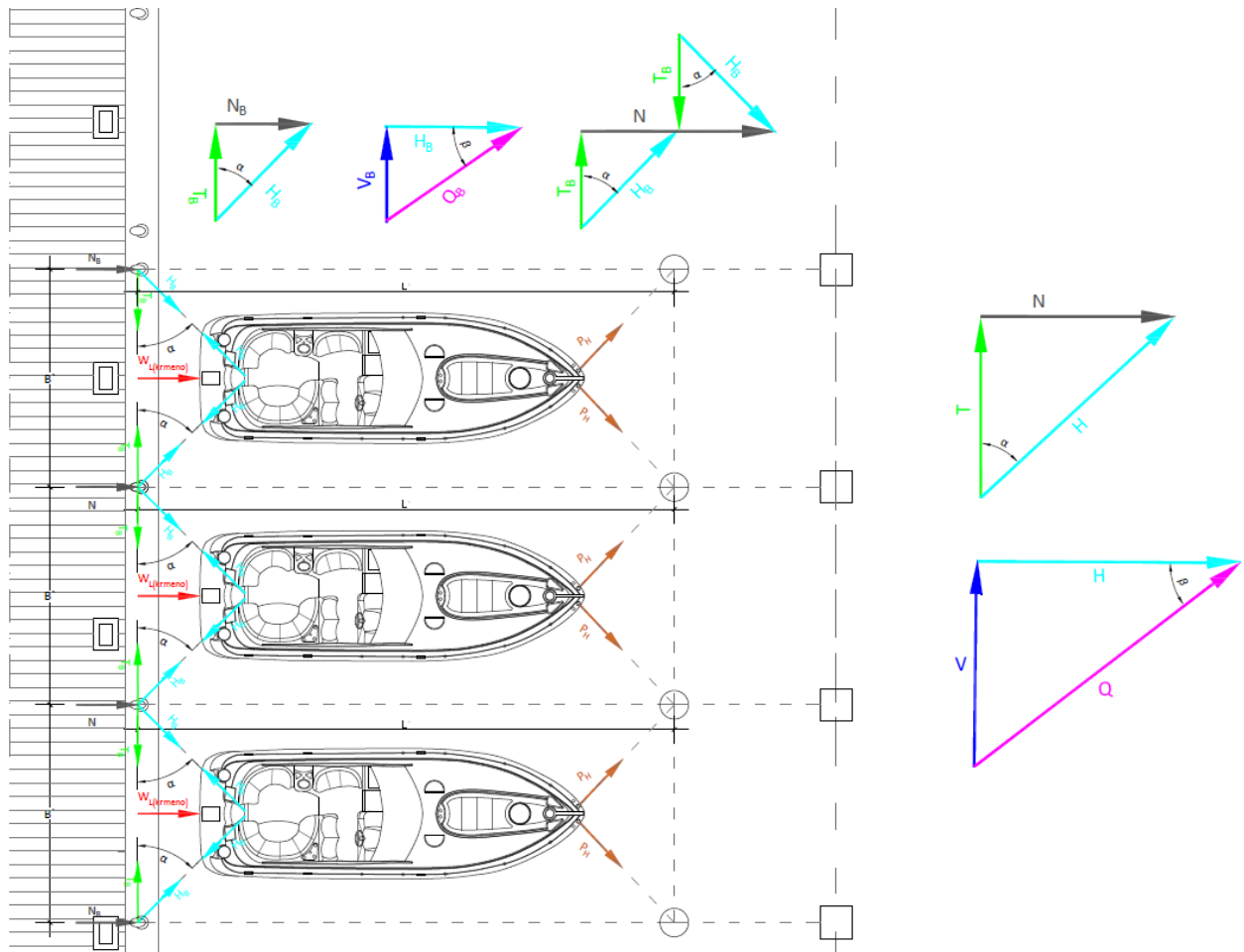
Slika 44. Koeficijent otpora zraka plovila izloženog vjetru (izvor: Calculations for mooring systems, Department of the navy naval sea systems command Washington, DC)

c) Mjerodavni podaci o položaju i parametrima priveznih elemenata

Mjerodavni parametri za izračun sila veza broda:

$W_{T(\text{bočno})} =$	151,59 kN	➤ sila udara vjetra (bočno)
$W_{L(\text{krmeno})} =$	34,72 kN	➤ sila udara vjetra (krmeno)
$\alpha =$	25 °	➤ položaj priveznog elementa
$\beta =$	0 °	➤ položaj priveznog elementa
$\varphi =$	25 °	➤ položaj priveznog elementa

c.1) Sila W_L izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na krmu plovila i za ovaj tip plovila iznosi 34,72 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_L prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 45.)



Slika 45. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$$N_B = 17,36 \text{ kN}$$

$$Q_B = 41,08 \text{ kN}$$

$$H_B = Q_B = 41,08 \text{ kN}$$

$$T_B = 37,23 \text{ kN}$$

$$V_B = 0,00 \text{ kN}$$

$$N = 34,72 \text{ kN}$$

$$Q = 82,16 \text{ kN}$$

$$H = Q = 82,16 \text{ kN}$$

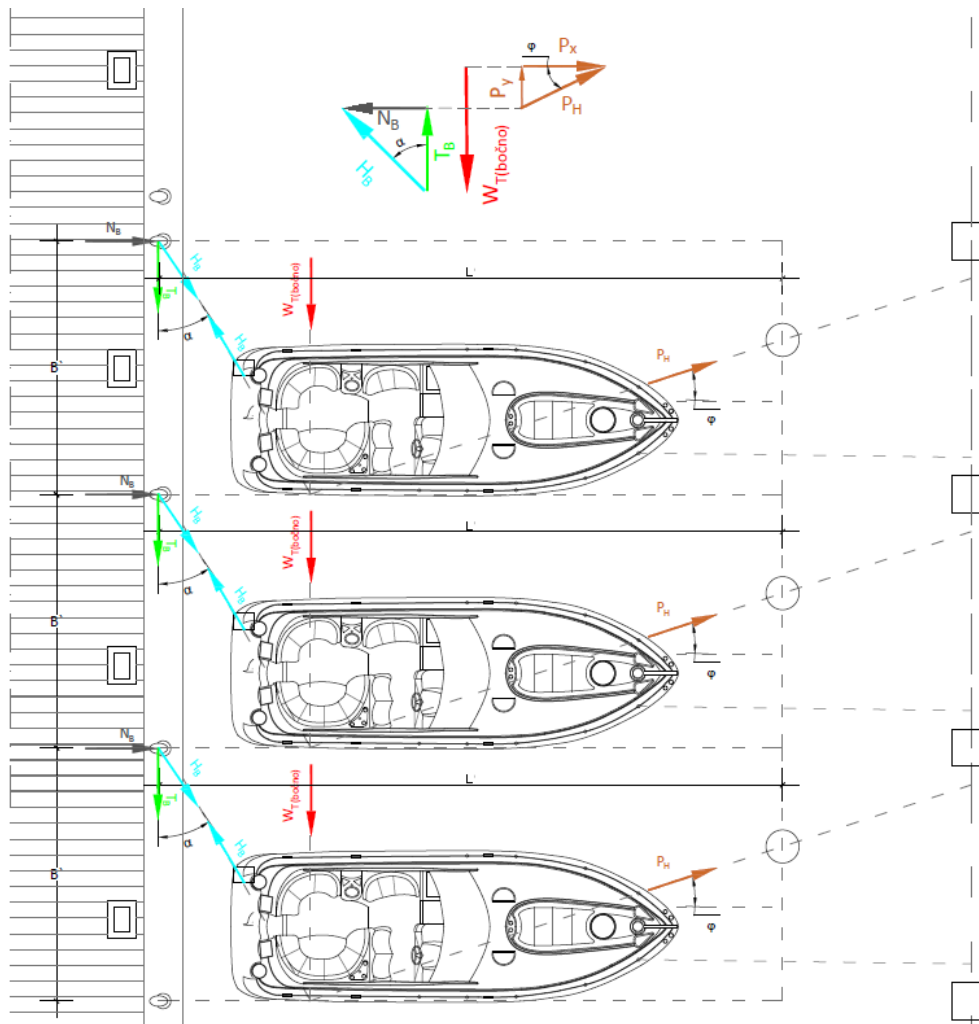
$$T = 74,46 \text{ kN}$$

$$V = 0,00 \text{ kN}$$

$$n_B = 7,44 \text{ kN/m} \quad \text{➤ poprečna sila po m` za prvi i zadnji brod}$$

$t_B =$	0,00	kN/m`	➤ uzdužna sila po m` za prvi i zadnji brod
$v_B =$	0,00	kN/m`	➤ vertikalna sila po m` za prvi i zadnji brod
$n =$	9,92	kN/m`	➤ poprečna sila po m` za ostale brodove
$t =$	0,00	kN/m`	➤ uzdužna sila po m` za ostale brodove
$v =$	0,00	kN/m`	➤ vertikalna sila po m` za ostale brodove

c.2) Sila W_T izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na bok plovila i za ovaj tip plovila iznosi 151,59 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_T prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 46.)



Slika 46. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u bok (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$H_B=$	137,39	kN	
$N_B=$	58,06	kN	
$Q_B=$	137,39	kN	
$T_B=$	124,52	kN	
$V_B=$	0,00	kN	
$P_{HY}=$	27,07	kN	
$n_B=$	8,29	kN/m`	➤ poprečna sila po m`
$t_B=$	17,79	kN/m`	➤ uzdužna sila po m`
$v_B=$	0,00	kN/m`	➤ vertikalna sila po m`

Najveća sila od veza broda= 137,39 (kN)

Pri obabiru polera za kategoriju plovila $L = 25,0$ m u korijenu lukobrana usvaja se koeficijent sigurnosti ne manji od 2,0 zbog mogućeg intervala veličine plovila, visine palube i kuteva postavljanja užadi te incidentnih situacija i vezivanja većih plovila pretpostavljenih za privez s unutrašnje strane lukobrana.

Potrebno je rasporediti polere minimalne nosivosti 300 kN na razmaku ne većem od 7 m.

Ovi poleri postavljaju se na operativnoj obali u korijenu lukobrana.

Raspored opterećenja od plovila po promatranom segmentu obale							
Poprečna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "n"	Postotak učešća	Reducirano opterećenje n` (kN/m`)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pn
od plovila br 1.	8,29	100%	8,29	1	7,00	7,00	58,03
od plovila br 2.	9,92	50%	4,96	1	7,00	7,00	34,72
ostala plovila	9,92	30%	2,976	5	7,00	35,00	104,13
UKUPNO:						49 m	196,91 kN
Uzdužna sila u odnosu na obalu:							

	Puno opterećenje "t"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje t^{\wedge} (kN/m ²)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pt (kN)
od plovila br 1.	17,79	100%	17,79	1	7,00	7,00	124,53
od plovila br 2.	17,79	50%	8,895	1	7,00	7,00	62,265
ostala plovila	17,79	30%	5,337	5	7,00	35,00	186,795
UKUPNO:						49 m	373,59 kN
Vertikalna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "v"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje v^{\wedge} (kN/m ²)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pv
od plovila br 1.	0,00	100%	0,00	1	7,00	7,00	0,00
od plovila br 2.	0,00	50%	0,00	1	7,00	7,00	0,00
ostala plovila	0,00	30%	0,00	5	7,00	35,00	0,00
UKUPNO:						49 m	0.00

Zaključuje se da se mjerodavno kontinuirano opterećenje od plovila na promatranom segmentu obale "n", "t", "v" definira kao:

$$n^{\wedge} = 4,02 \text{ kN/m}^2$$

$$t^{\wedge} = 7,62 \text{ kN/m}^2$$

$$v^{\wedge} = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

d) Odabrano kontinuirano opterećenje obale od veza broda

Budući da je kontinuirano opterećenje poteznom silom od krmenog udara vjetra manje nego kontinuirano opterećenje od bočnog udara vjetra, Odabrani podatci usvajaju se kao mjerodavni za proačun mehaničke otpornosti i stabilnosti obale.

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda poprečno na obalu

$$n'' = 4,02 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_n: \quad 5,0 \text{ kN/m}$$

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda uzduž obale

$$t'' = 7,62 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_t: \quad 8,0 \text{ kN/m}$$

Vertikalno kontinuirano opterećenje od veza broda

$$v'' = 0,00 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_v: \quad 0,0 \text{ kN/m}$$

4.3.3. Potezna sila i odabir polera za privez tipskog plovila duljine $L = 35$ m – privez okomito na obalu

a) Karakteristike plovila i projektna brzina vjetra

Projektom zadatkom zadana su plovila određenih karakteristika koja se namjeravaju privezati u obuhvatu marine, stoga za definiciju konstrukcije i određivanje priveznih elemenata imamo potrebne podatke.

Kao prvo mjerodavno plovilo usvaja se motorna jahta karakterističnih dimenzija:

$$L = 35,0 \text{ m} \quad \triangleright \text{ dužina broda}$$

$$B = 7,5 \text{ m} \quad \triangleright \text{ širina broda}$$

$$T = 1,91 \text{ m} \quad \triangleright \text{ gaz broda}$$

$$H = 9,5 \text{ m} \quad \triangleright \text{ pretpostavljena visina broda}$$

$$B' = 8,50 \text{ m} \quad \triangleright \text{ širina veza broda}$$

$$z_T = 4,75 \text{ m} \quad \triangleright \text{ težišna visina nadvođa}$$

$$z_m = 10,0 \text{ m} \quad \triangleright \text{ visina mjerenja brzine}$$

$$z_0 = 0,03 \text{ m} \quad \triangleright \text{ duljina hrapavosti}$$

$$v_{(1-3s)}^{(50\text{god})} = 45,0 \text{ m/s} \quad \triangleright \text{ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na visini 10 m iznad tla}$$

$$v_{(1-3s)}(z_t) = 39,23 \text{ m/s} \quad \triangleright \text{ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na težišnoj visini nadvođa broda } z_T$$

b) Sila udara vjetra na plovilo

Ukupnu silu udara vjetra računa se prema izrazima:

$$W_{T(\text{bočno})} = \frac{1}{2} \times C_{DT}(\Psi) \times \rho_{\text{zraka}} \times A_b \times v_{1-3s}^2(z_t) \text{ (N)}$$

$$W_{L(\text{krmeno})} = \frac{1}{2} \times C_{DL}(\Psi) \times \rho_{\text{zraka}} \times A_k \times v_{1-3s}^2(z_t) \text{ (N)}$$

Gdje su:

$A_b =$	332,5	m^2	➤ bočna površina broda izložena vjetru
$A_k =$	71,25	m^2	➤ krmena površina broda izložena vjetru
$\Psi =$	90(180)	$^\circ$	➤ kut između smjera vjetra i osi broda
$C_{dt} =$	1		➤ poprečni (bočni) koeficijent otpora broda u struji zraka
$C_{dl} =$	0,95		➤ uzdužni (krmeni) koeficijent otpora broda u struji zraka
$\rho_{\text{zraka}} =$	1,225	kg/m^3	➤ gustoća zraka
$v_{(1-3s)}(z_t) =$	39,23	m/s	➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3 s na težišnoj visini nadvođa broda z_T (m) (EC)
$W_{T(\text{bočno})} =$	313425,52	N	➤ sila udara vjetra (bočno)
$W_{L(\text{krmeno})} =$	63804,48	N	➤ sila udara vjetra (krmeno)

Uglavnom se promatraju dvije komponente utjecaja vjetra: uzdužno i poprečno na obalnu crtu na mjestu priveza. Najveća sila se javlja kada vjetar puše okomito na uzdužnu os broda.

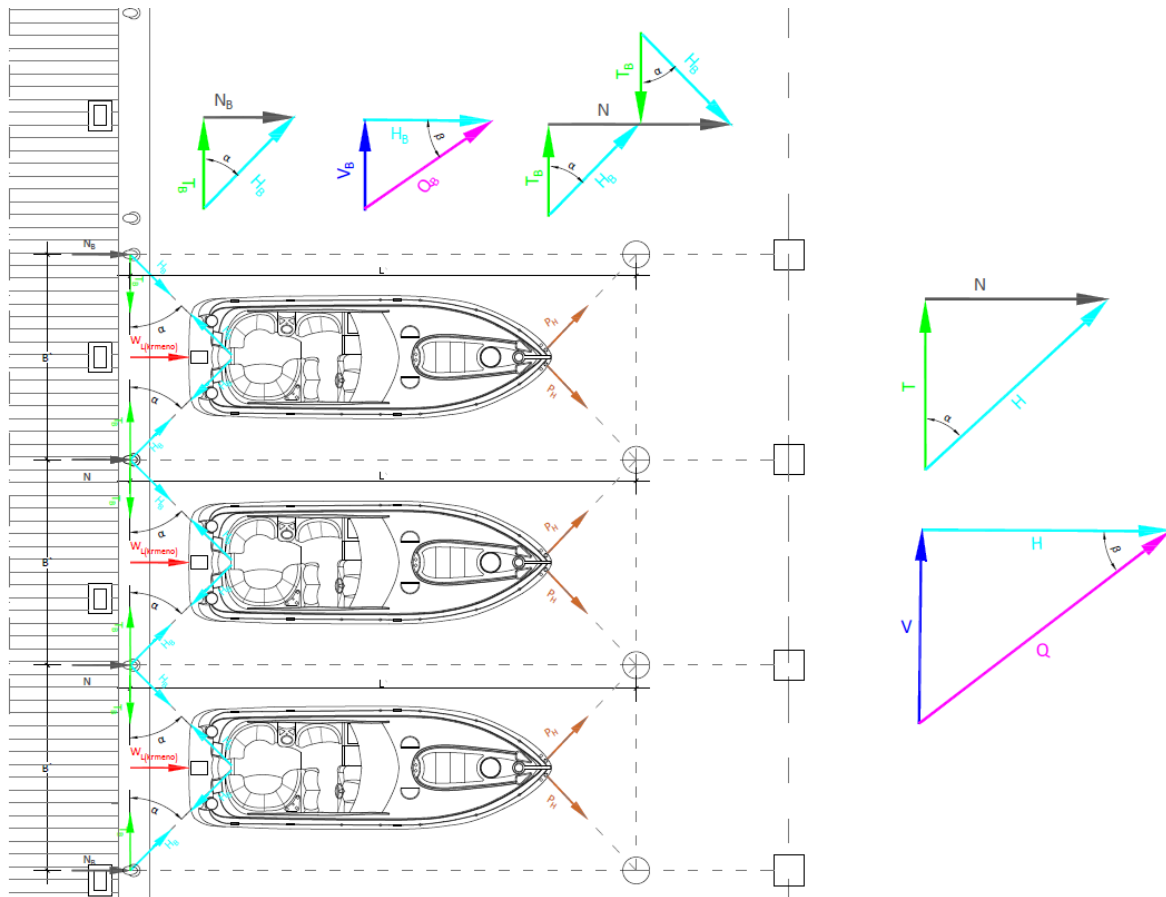
c) Mjerodavni podaci o položaju i parametrima priveznih elemenata

Mjerodavni parametri za izračun sila veza broda:

$W_{T(\text{bočno})} =$	313,43	kN	➤ sila udara vjetra (bočno)
$W_{L(\text{krmeno})} =$	63,80	kN	➤ sila udara vjetra (krmeno)
$\alpha =$	25	$^\circ$	➤ položaj priveznog elementa
$\beta =$	15	$^\circ$	➤ položaj priveznog elementa
$\varphi =$	25	$^\circ$	➤ položaj priveznog elementa

c.1) Sila W_L izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na krmu plovila i za ovaj tip plovila iznosi 63,80 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali)

i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_L prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 47.)



Slika 47. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – krmeni udar (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$$N_B = 31,90 \text{ kN}$$

$$Q_B = 78,14 \text{ kN}$$

$$H_B = 75,48 \text{ kN}$$

$$T_B = 68,41 \text{ kN}$$

$$V_B = 20,22 \text{ kN}$$

$$N = 63,80 \text{ kN}$$

$$Q = 156,29 \text{ kN}$$

$$H = 150,96 \text{ kN}$$

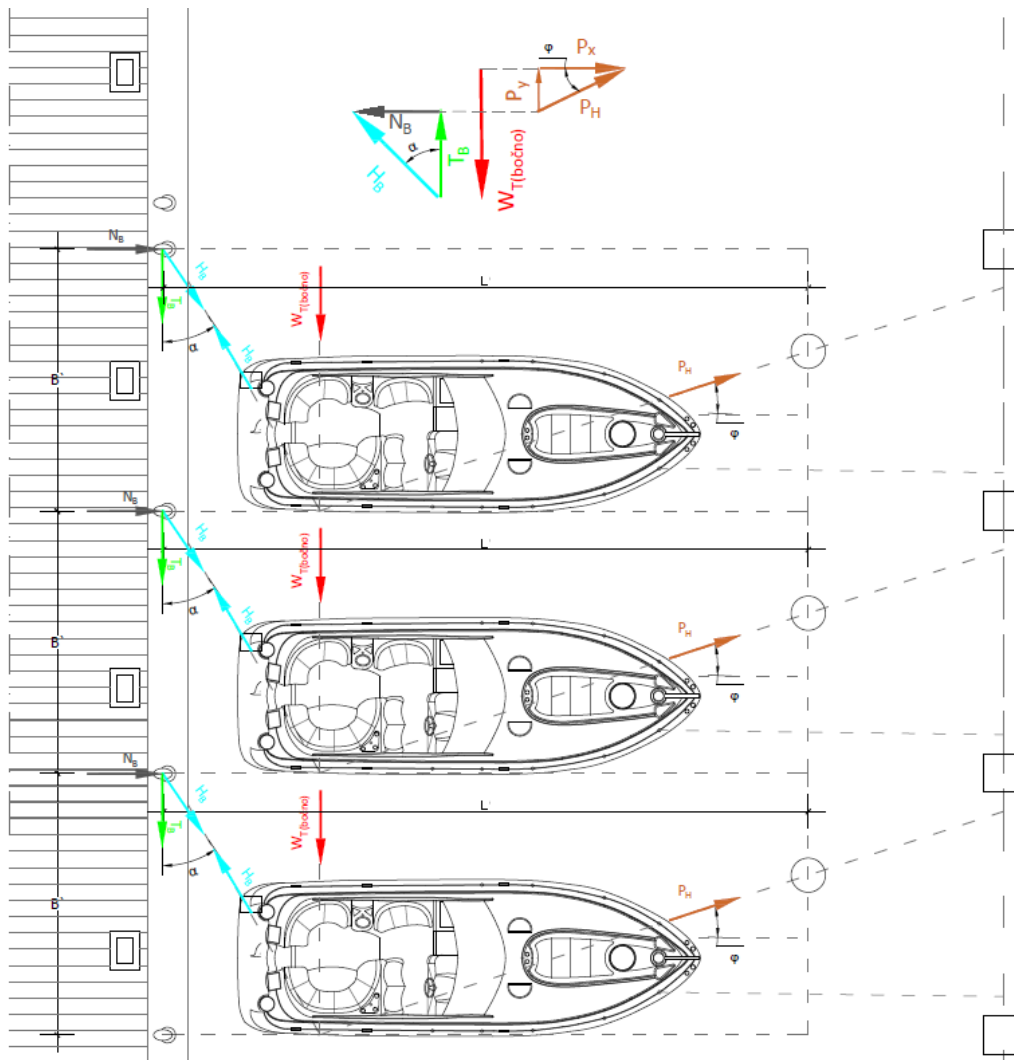
$$T = 136,82 \text{ kN}$$

$$V = 40,45 \text{ kN}$$

$$n_B = 13,67 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ poprečna sila po m' za prvi i zadnji brod}$$

$t_B =$	0,00	kN/m`	➤ uzdužna sila po m` za prvi i zadnji brod
$v_B =$	8,67	kN/m`	➤ vertikalna sila po m` za prvi i zadnji brod
$n =$	18,232	kN/m`	➤ poprečna sila po m` za ostale brodove
$t =$	0,00	kN/m`	➤ uzdužna sila po m` za ostale brodove
$v =$	11,55	kN/m`	➤ vertikalna sila po m` za ostale brodove

c.2) Sila W_T izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na bok plovila i za ovaj tip plovila iznosi 313,43 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_T prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 48.)



Slika 48. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – bočni udar (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$H_B=$	284,06	kN	
$N_B=$	120,05	kN	
$Q_B=$	294,08	kN	
$T_B=$	257,45	kN	
$V_B=$	76,11	kN	
$P_{HY}=$	55,98	kN	
$n_B=$	14,12	kN/m`	➤ poprečna sila po m`
$t_B=$	30,29	kN/m`	➤ uzdužna sila po m`
$v_B=$	8,95	kN/m`	➤ vertikalna sila po m`

Najveća sila od veza broda= 294,08 (kN) →

Pri obabiru polera za kategoriju plovila $L = 35,0$ m duž lukobrana usvaja se koeficijent sigurnosti ne manji od 2,0 zbog mogućeg intervala veličine plovila, visine palube i kuteva postavljanja užadi te incidentnih situacija i vezivanja većih plovila pretpostavljenih za privez s unutrašnje strane lukobrana.

Potrebno je postaviti polere minimalne nosivosti 600 kN na razmaku ne većem od 8 m.

Raspored opterećenja od plovila po promatranom segmentu obale							
Poprečna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "n"	Postotak učešća	Reducirano opterećenje n` (kN/m`)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pn
od plovila br 1.	14,12	100%	13,92	1	8,50	8,50	120,02
od plovila br 2.	14,12	50%	7,06	1	8,50	8,50	60,01
ostala plovila	14,12	30%	4,24	5	8,50	42,50	180,03
UKUPNO:						59,50 m	360,06 kN
Uzdužna sila u odnosu na obalu:							

	Puno opterećenje "t"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje t' (kN/m')	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pt (kN)
od plovila br 1.	30,29	100%	30,29	1	8,50	8,50	257,47
od plovila br 2.	30,29	50%	15,15	1	8,50	8,50	128,73
ostala plovila	30,29	30%	9,09	5	8,50	42,50	386,33
UKUPNO:						59,50 m	772,53 kN
Vertikalna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "v"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje v' (kN/m')	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pv
od plovila br 1.	8,95	100%	8,95	1	8,50	8,50	76,075
od plovila br 2.	8,95	50%	4,475	1	8,50	8,50	38,04
ostala plovila	8,95	30%	2,685	5	8,50	42,50	114,11
UKUPNO:						59,50 m	228,23 kN

Zaključuje se da se mjerodavno kontinuirano opterećenje od plovila na promatranom segmentu obale "n", "t", "v" definira kao:

$$n'' = 6,05 \text{ kN/m'}$$

$$t'' = 12,98 \text{ kN/m'}$$

$$v'' = 3,84 \text{ kN/m'}$$

d) Odabrano kontinuirano opterećenje obale od veza broda

Budući da je kontinuirano opterećenje poteznom silom od krmenog udara vjetra manje nego kontinuirano opterećenje od bočnog udara vjetra, Odabrani podatci usvajaju se kao mjerodavni za proačun mehaničke otpornosti i stabilnosti obale.

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda poprečno na obalu

$$n'' = 6,05 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_n: \quad 6,1 \text{ kN/m}$$

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda uzduž obale

$$t'' = 12,98 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_t: \quad 13,0 \text{ kN/m}$$

Vertikalno kontinuirano opterećenje od veza broda

$$v'' = 3,84 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_v: \quad 4,0 \text{ kN/m}$$

4.3.4. Potezna sila i odabir polera za privez tipskog plovila duljine $L = 35$ m – privez paralelno s obalom

a) Karakteristike plovila i projektna brzina vjetra

Projektним zadatkom zadana su plovila određenih karakteristika koja se namjeravaju privezati u obuhvatu marine, stoga za definiciju konstrukcije i određivanje priveznih elemenata imamo potrebne podatke.

Kao prvo mjerodavno plovilo usvaja se motorna jahta karakterističnih dimenzija:

$$L = 35,0 \text{ m} \quad \text{➤ dužina broda}$$

$$B = 7,5 \text{ m} \quad \text{➤ širina broda}$$

$$T = 1,91 \text{ m} \quad \text{➤ gaz broda}$$

$$H = 9,5 \text{ m} \quad \text{➤ pretpostavljena visina broda}$$

$$L' = 40,0 \text{ m} \quad \text{➤ širina veza broda}$$

$$z_T = 4,75 \text{ m} \quad \text{➤ težišna visina nadvođa}$$

$$z_m = 10,0 \text{ m} \quad \text{➤ visina mjerenja brzine}$$

$$z_0 = 0,03 \text{ m} \quad \text{➤ duljina hrapavosti}$$

$$v_{(1-3s)}^{(50\text{god})} = 45,0 \text{ m/s} \quad \text{➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na visini 10 m iznad tla}$$

$$v_{(1-3s)}(z_t) = 39,23 \text{ m/s} \quad \text{➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na težišnoj visini nadvođa broda}$$

b) Sila udara vjetra na plovilo

Ukupnu silu udara vjetra računa se prema izrazima:

$$W_{T(\text{bočno})} = \frac{1}{2} \times C_{DT}(\Psi) \times \rho_{\text{zraka}} \times A_b \times v_{1-3s}^2(z_t) \text{ (N)}$$

$$W_{L(\text{krmeno})} = \frac{1}{2} \times C_{DL}(\Psi) \times \rho_{\text{zraka}} \times A_k \times v_{1-3s}^2(z_t) \text{ (N)}$$

Gdje su:

$A_b =$	332,5	m^2	➤ bočna površina broda izložena vjetru
$A_k =$	71,25	m^2	➤ krmena površina broda izložena vjetru
$\Psi =$	90(180)	$^\circ$	➤ kut između smjera vjetra i osi broda
$C_{dt} =$	1		➤ poprečni (bočni) koeficijent otpora broda u struji zraka
$C_{dl} =$	0,95		➤ uzdužni (krmeni) koeficijent otpora broda u struji zraka
$\rho_{\text{zraka}} =$	1,225	kg/m^3	➤ gustoća zraka
$v_{(1-3s)}(z_t) =$	39,23	m/s	➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3 s na težišnoj visini nadvođa broda z_T (m) (EC)
$W_{T(\text{bočno})} =$	313425,52	N	➤ sila udara vjetra (bočno)
$W_{L(\text{krmeno})} =$	63804,48	N	➤ sila udara vjetra (krmeno)

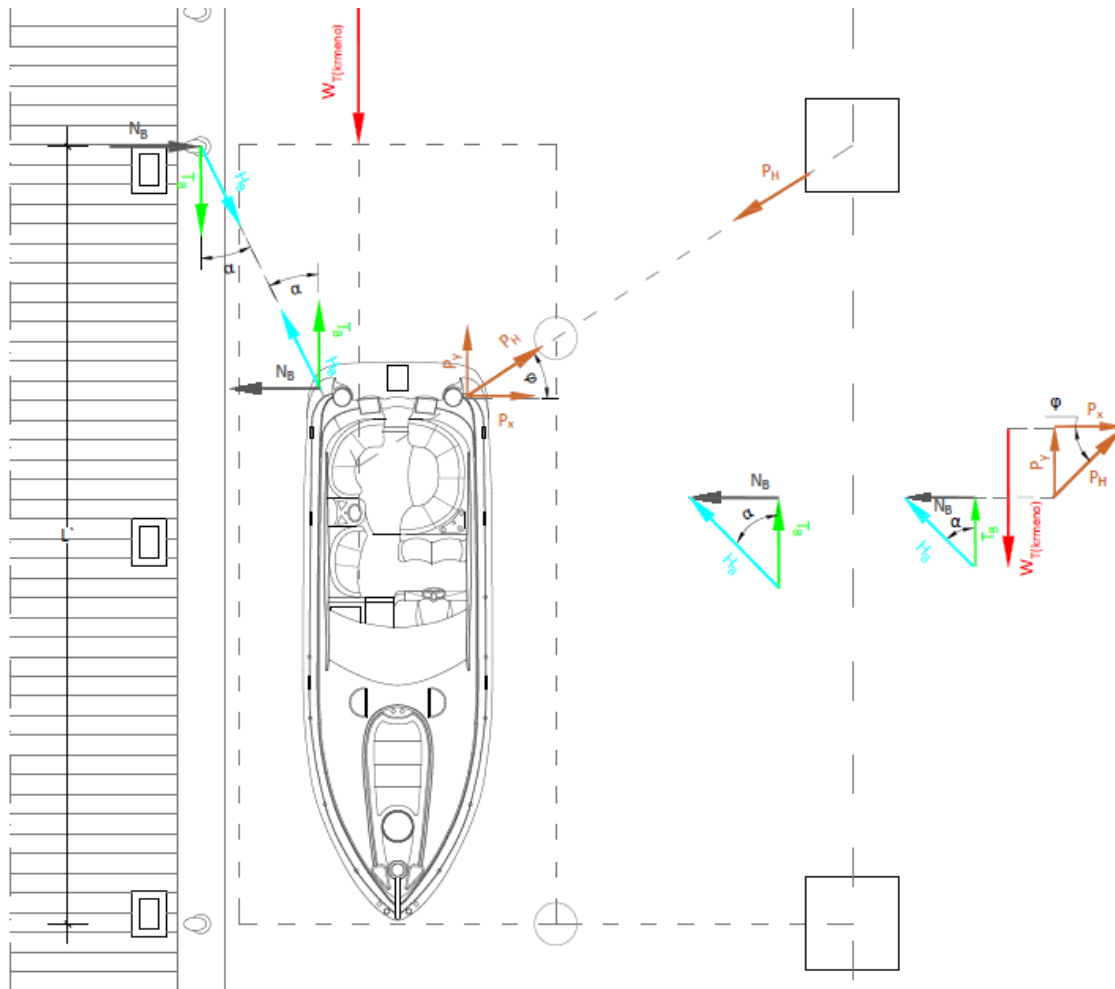
Uglavnom se promatraju dvije komponente utjecaja vjetra: uzdužno i poprečno na obalnu crtu na mjestu priveza. Najveća sila se javlja kada vjetar puše okomito na uzdužnu os broda.

c) Mjerodavni podaci o položaju i parametrima priveznih elemenata

Mjerodavni parametri za izračun sila veza broda:

$W_{T(\text{bočno})} =$	313,43	kN	➤ sila udara vjetra (bočno)
$W_{L(\text{krmeno})} =$	63,80	kN	➤ sila udara vjetra (krmeno)
$\alpha =$	20	$^\circ$	➤ položaj priveznog elementa
$\beta =$	15	$^\circ$	➤ položaj priveznog elementa
$\varphi =$	20-70	$^\circ$	➤ položaj priveznog elementa

c.1) Sila W_L izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na krmu plovila i za ovaj tip plovila iznosi 63,80 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_L prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 49.)



Slika 49. Prikaz plovila u dvovezu s poligonom priveznih sila – krmeni udar (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$$N_B = 23,22 \text{ kN}$$

$$Q_B = 70,28 \text{ kN}$$

$$H_B = 67,89 \text{ kN}$$

$$T_B = 63,80 \text{ kN}$$

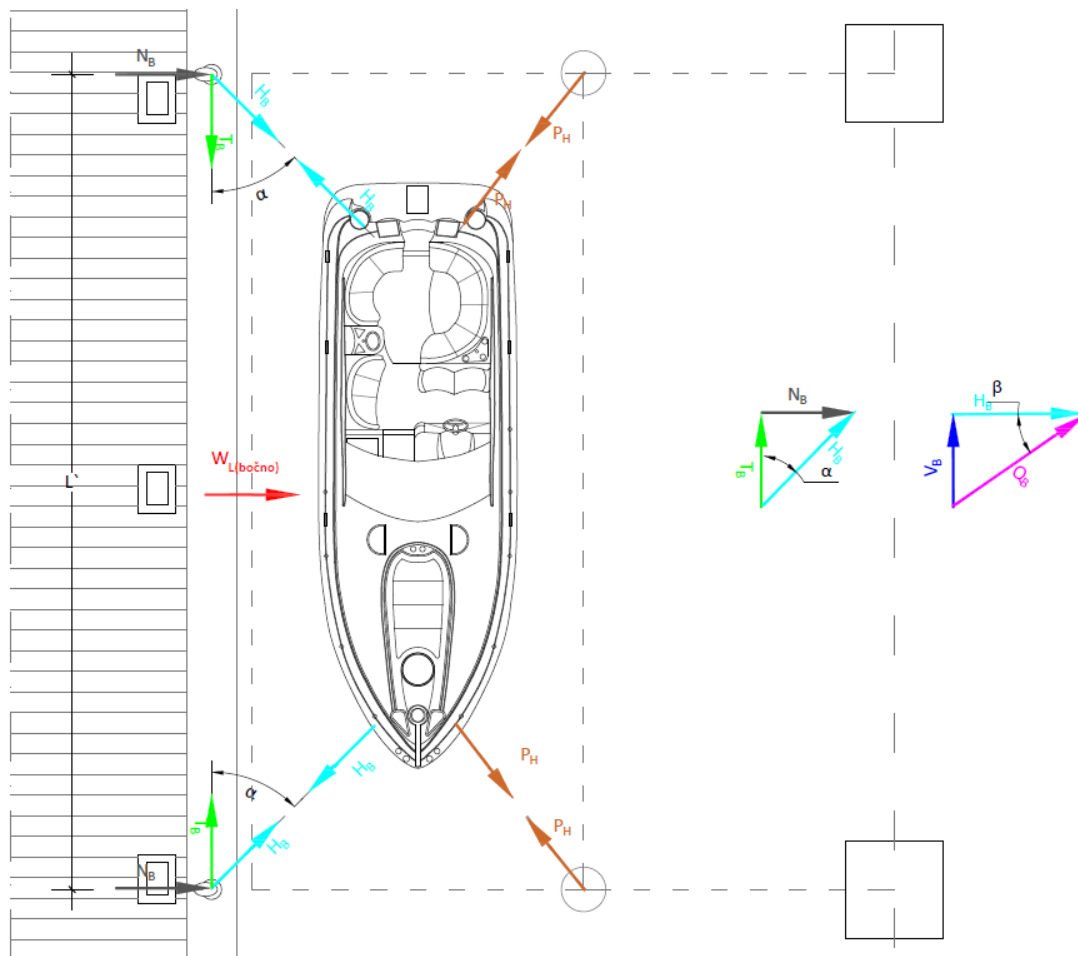
$$V_B = 18,19 \text{ kN}$$

$$n_B = 0,581 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ poprečna sila po m}$$

$$t_B = 1,595 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ uzdužna sila po m}$$

$v_B = 0,455 \text{ kN/m}$ ➤ vertikalna sila po m`

c.2) Sila W_T izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na bok plovila i za ovaj tip plovila iznosi 313,43 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_T prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 50.)



Slika 50. Prikaz plovila u dvovezu s poligonom priveznih sila – bočni udar(izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$$H_B = 458,20 \text{ kN}$$

$$N_B = 156,72 \text{ kN}$$

$$Q_B = 474,36 \text{ kN}$$

$$T_B = 430,57 \text{ kN}$$

$$V_B = 122,77 \text{ kN}$$

$$n_B = 7,84 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ poprečna sila po m}$$

$$t_B = 0,00 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ uzdužna sila po m}$$

$$v_B = 6,14 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ vertikalna sila po m}$$

$$\text{Najveća sila od veza broda} = 458,20 \text{ (kN)} \rightarrow$$

Pri obabiru polera za kategoriju plovila $L = 35,0$ m duž lukobrana usvaja se koeficijent sigurnosti ne manji od 2,0 zbog mogućeg intervala veličine plovila, visine palube i kuteva postavljanja užadi te incidentnih situacija i vezivanja većih plovila pretpostavljenih za privez s unutrašnje strane lukobrana.

Potrebno je postaviti polere minimalne nosivosti 1000 kN na razmaku ne većem od 40 m.

Raspored opterećenja od plovila po promatranom segmentu obale							
Poprečna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "n"	Postotak učešća	Reducirano opterećenje n' (kN/m)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pn
od plovila br 1.	7,84	100%	7,84	1	40,00	40,00	313,6
od plovila br 2.	7,84	50%	3,92	0	0,00	0,00	0,00
ostala plovila	7,84	30%	2,35	0	0,00	0,00	0,00
UKUPNO:						40 m	313,60 kN
Uzdužna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "t"	Postotak učešća	Reducirano opterećenje t' (kN/m)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pt (kN)
od plovila br 1.	1,595	100%	1,595	1	40,00	40,00	63,80

od plovila br 2.	1,595	50%	0,798	0	0,00	0,00	0,00
ostala plovila	1,595	30%	0,479	0	0,00	0,00	0,00
UKUPNO:						40 m	63,80 kN
Vertikalna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "v"	Postotak učestća	Reducirano opterećenje v̂ (kN/m̂)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pv
od plovila br 1.	6,14	100%	6,14	1	40,00	40,00	245,60
od plovila br 2.	6,14	50%	3,07	0	0,00	0,00	0,00
ostala plovila	6,14	30%	1,84	0	0,00	0,00	0,00
UKUPNO:						40 m	245,60 kN

Zaključuje se da se mjerodavno kontinuirano opterećenje od plovila na promatranom segmentu obale "n", "t", "v" definira kao:

$$n^{\wedge} = 7,84 \text{ kN/m}^{\wedge}$$

$$t^{\wedge} = 1,595 \text{ kN/m}^{\wedge}$$

$$v^{\wedge} = 6,14 \text{ kN/m}^{\wedge}$$

d) Odabrano kontinuirano opterećenje obale od veza broda

Budući da je kontinuirano opterećenje poteznom silom od krmenog udara vjetro manje nego kontinuirano opterećenje od bočnog udara vjetro, Odabrani podatci usvajaju se kao mjerodavni za proačun mehaničke otpornosti i stabilnosti obale.

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda poprečno na obalu

$$n^{\wedge} = 7,84 \text{ kN/m}^{\wedge} \quad \text{ODABRANO Pn:} \quad 8,0 \text{ kN/m}^{\wedge}$$

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda uzduž obale

$$t^{\wedge} = 1,595 \text{ kN/m}^{\wedge} \quad \text{ODABRANO Pt:} \quad 2,0 \text{ kN/m}^{\wedge}$$

Vertikalno kontinuirano opterećenje od veza broda

$$\hat{v} = 6,14 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_v: \quad 6,2 \text{ kN/m}$$

4.3.5. Potezna sila i odabir polera za privez tipskog plovila duljine $L = 65$ m – privez paralelno s obalom

a) Karakteristike plovila i projektna brzina vjetra

Projektom zadatkom zadana su plovila određenih karakteristika koja se namjeravaju privezati u obuhvatu marine, stoga za definiciju konstrukcije i određivanje priveznih elemenata imamo potrebne podatke.

Kao treće mjerodavno plovilo usvaja se motorna jahta karakterističnih dimenzija:

$$L = 65,0 \text{ m} \quad \triangleright \text{ dužina broda}$$

$$B = 11,2 \text{ m} \quad \triangleright \text{ širina broda}$$

$$T = 3,5 \text{ m} \quad \triangleright \text{ gaz broda}$$

$$H = 21,0 \text{ m} \quad \triangleright \text{ pretpostavljena visina broda}$$

$$B' = 15,00 \text{ m} \quad \triangleright \text{ širina veza broda}$$

$$z_T = 10,5 \text{ m} \quad \triangleright \text{ težišna visina nadvođa}$$

$$z_m = 10,0 \text{ m} \quad \triangleright \text{ visina mjerenja brzine}$$

$$z_0 = 0,03 \text{ m} \quad \triangleright \text{ duljina hrapavosti}$$

$$v_{(1-3s)}^{(50\text{god})} = 45,0 \text{ m/s} \quad \triangleright \text{ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na visini 10 m iznad tla}$$

$$v_{(1-3s)}(z_t) = 45,38 \text{ m/s} \quad \triangleright \text{ brzina udara vjetra trajanja 1-3s na težišnoj visini nadvođa broda } z_T$$

b) Sila udara vjetra na plovilo

Ukupnu silu udara vjetra računa se prema izrazima:

$$W_{L(\text{bočno})} = \frac{1}{2} \times C_{DT}(\Psi) \times \rho_{zraka} \times A_b \times v_{1-3s}^2(z_t) \text{ (N)}$$

$$W_{T(\text{krmeno})} = \frac{1}{2} \times C_{DL}(\Psi) \times \rho_{zraka} \times A_k \times v_{1-3s}^2(z_t) \text{ (N)}$$

Gdje su:

$$A_b = 1365 \text{ m}^2 \quad \triangleright \text{ bočna površina broda izložena vjetru}$$

$$A_k = 235,2 \text{ m}^2 \quad \triangleright \text{ krmena površina broda izložena vjetru}$$

$$\Psi = 90(180) \text{ }^\circ \quad \triangleright \text{ kut između smjera vjetra i osi broda}$$

$C_{dt} =$	1		➤ poprečni (bočni) koeficijent otpora broda u struji zraka
$C_{dl} =$	0,95		➤ uzdužni (krmeni) koeficijent otpora broda u struji zraka
$\rho_{zraka} =$	1,225	kg/m ³	➤ gustoća zraka
$v_{(1-3s)}(z_T) =$	45,38	m/s	➤ brzina udara vjetra trajanja 1-3 s na težišnoj visini nadvođa broda z_T (m) (EC)
$W_{L(\text{bočno})} =$	1721740,63	N	➤ sila udara vjetra (bočno)
$W_{T(\text{krmeno})} =$	281835,70	N	➤ sila udara vjetra (krmeno)

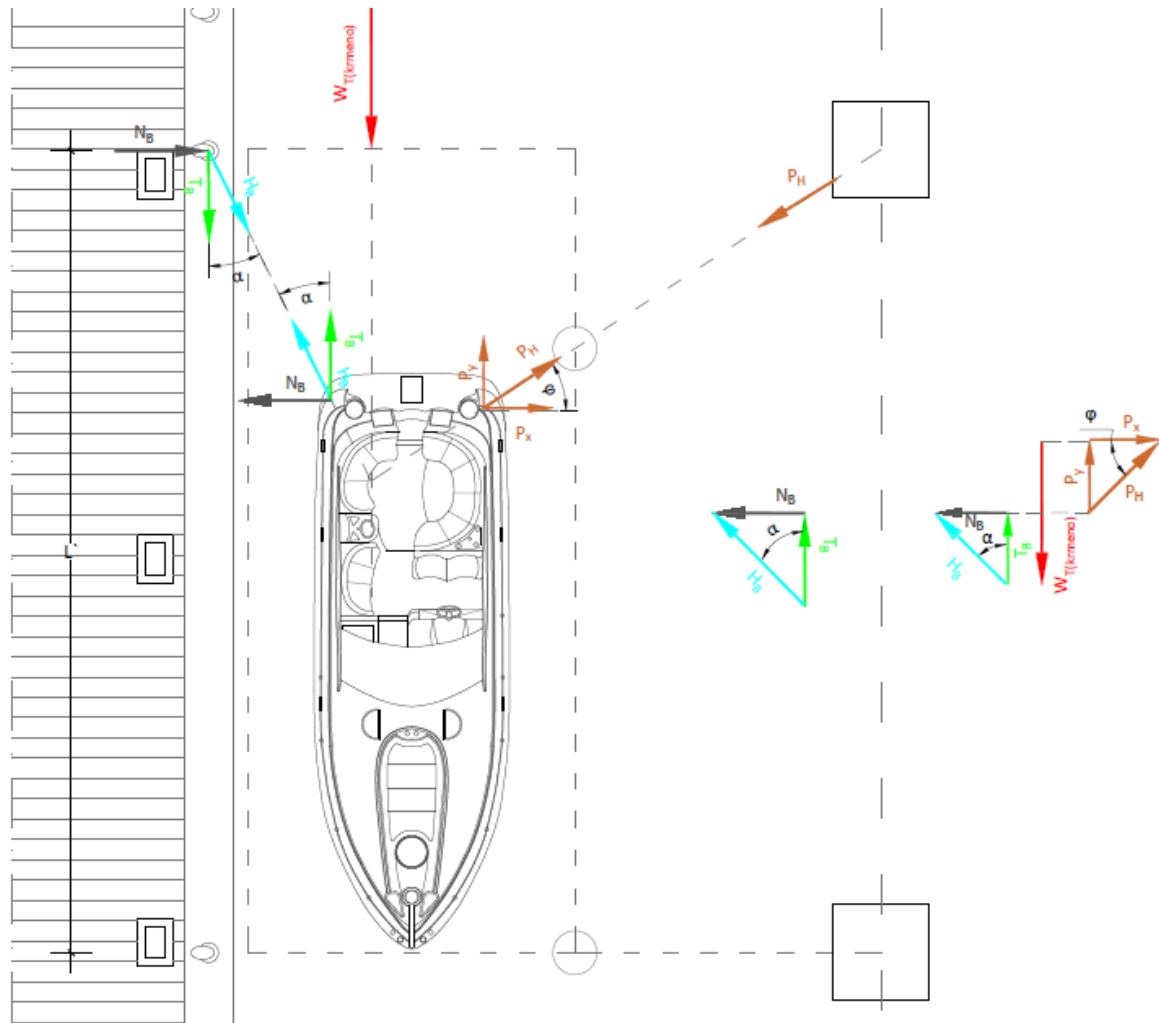
Uglavnom se promatraju dvije komponente utjecaja vjetra: uzdužno i poprečno na obalnu crtu na mjestu priveza. Najveća sila se javlja kada vjetar puše okomito na uzdužnu os broda.

c) Mjerodavni podaci o položaju i parametrima priveznih elemenata

Mjerodavni parametri za izračun sila veza broda:

$W_{L(\text{bočno})} =$	1721,74	kN	sila udara vjetra (bočno)
$W_{T(\text{krmeno})} =$	281,84	kN	sila udara vjetra (krmeno)
$\alpha =$	20	°	položaj priveznog elementa
$\beta =$	15	°	položaj priveznog elementa
$\varphi =$	20-70	°	položaj priveznog elementa

c.1) Sila W_L izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na krmu plovila i za ovaj tip plovila iznosi 281,84 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_L prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 51.).



Slika 51. Prikaz plovila u dvovezu s poligonom priveznih sila – krmeni udar (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$$N_B = 102,58 \text{ kN}$$

$$Q_B = 311,56 \text{ kN}$$

$$H_B = 299,93 \text{ kN}$$

$$T_B = 281,84 \text{ kN}$$

$$V_B = 80,64 \text{ kN}$$

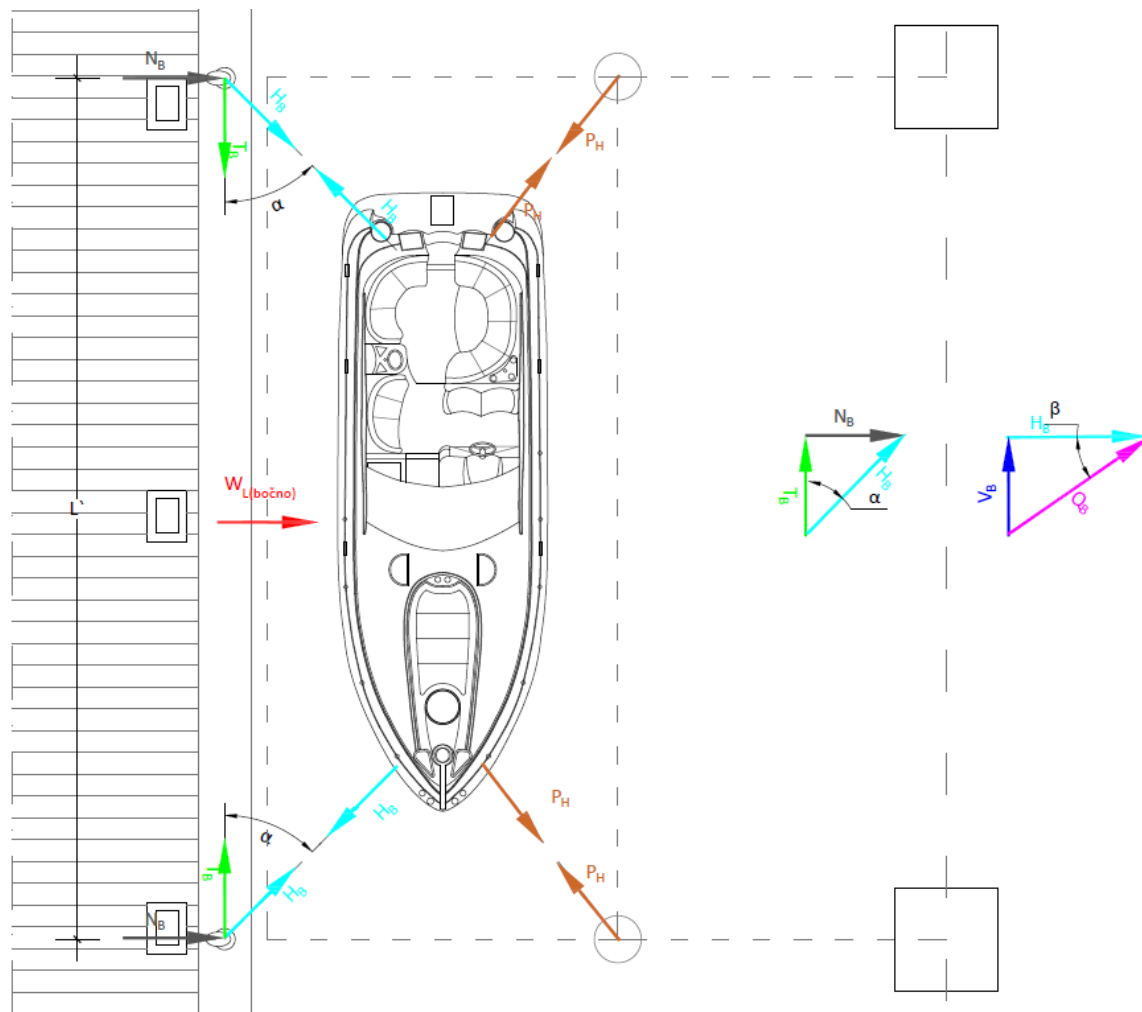
$$P_{HY} = 0,00 \text{ kN}$$

$$n_B = 1,21 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ poprečna sila po m}$$

$$t_B = 3,32 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ uzdužna sila po m}$$

$$v_B = 0,95 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ vertikalna sila po m}$$

c.2) Sila W_T izračunata je i definirana kao mjerodavna ukupna sila uzrokovana udarom vjetra na bok plovila i za ovaj tip plovila iznosi 1721,74 kN. Proračun za provjeru priveznih mjesta napravljen je pod pretpostavkom da je brod u četverovezu odnosno vezan na poleru (na obali) i u moru (adhezijska sidra) tako da će se prethodno definirana sila W_T prenositi na dva mjesta na konstrukciji obale. (Slika 52.)



Slika 52. Prikaz plovila u dvovezu s poligonom priveznih sila – bočni udar (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Iz toga slijedi da je sila u prostoru koja djeluje na jedno privezno mjesto – poler:

$$H_B = 2517,02 \text{ kN}$$

$$N_B = 860,87 \text{ kN}$$

$$Q_B = 2605,81 \text{ kN}$$

$$T_B = 2365,23 \text{ kN}$$

$$V_B = 674,43 \text{ kN}$$

$$n_B = 20,26 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ poprečna sila po m}$$

$$t_B = 0,00 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ uzdužna sila po m}$$

$$v_B = 15,87 \text{ kN/m} \quad \triangleright \text{ vertikalna sila po m}$$

$$\text{Najveća sila od veza broda} = 2605,81 \text{ (kN)} \rightarrow$$

Pri obabiru polera za kategoriju plovila $L = 65,0$ m duž lukobrana usvaja se koeficijent sigurnosti ne manji od 1,50 zbog mogućeg intervala veličine plovila, visine palube i kuteva postavljanja užadi te incidentnih situacija.

Potrebno je postaviti polere minimalne nosivosti 4500 kN na razmaku ne većem od 85m.

Raspored opterećenja od plovila po promatranom segmentu obale							
Poprečna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "n"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje n' (kN/m)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pn
od plovila br 1.	20,26	100%	20,26	1	85,00	85,00	1722,10
od plovila br 2.	20,26	50%	10,13	0	0,00	0,00	0,00
ostala plovila	20,26	30%	6,08	0	0,00	0,00	0,00
UKUPNO:						85 m	1722,1 kN
Uzdužna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "t"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje t' (kN/m)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pt (kN)
od plovila br 1.	3,32	100%	3,32	1	85,00	85,00	282,20
od plovila br 2.	3,32	50%	1,66	0	85,00	0,00	0,00

ostala plovila	3,32	30%	1,00	0	0,00	0,00	0,00
UKUPNO:						85 m	289,20 kN
Vertikalna sila u odnosu na obalu:							
	Puno opterećenje "v"	Postotak učesća	Reducirano opterećenje v̂ (kN/m)	Broj plovila (kom)	Širina veza (m)	Dužina segmenta obale L (m)	Ukupno opterećenje obale Pv
od plovila br 1.	15,87	100%	15,87	1	85,00	85,00	1348,95
od plovila br 2.	15,87	50%	7,94	0	0,00	0,00	0,00
ostala plovila	15,87	30%	4,76	0	0,00	0,00	0,00
UKUPNO:						85	1348,95 kN

Zaključuje se da se mjerodavno kontinuirano opterećenje od plovila na promatranom segmentu obale "n", "t", "v" definira kao:

$$n^{\wedge} = 20,26 \text{ kN/m}$$

$$t^{\wedge} = 3,32 \text{ kN/m}$$

$$v^{\wedge} = 15,87 \text{ kN/m}$$

d) Odabrano kontinuirano opterećenje obale od veza broda

Budući da je kontinuirano opterećenje poteznom silom od krmenog udara vjetra manje nego kontinuirano opterećenje od bočnog udara vjetra, Odabrani podatci usvajaju se kao mjerodavni za proačun mehaničke otpornosti i stabilnosti obale.

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda poprečno na obalu

$$n^{\wedge} = 20,26 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_n: \quad 21,0 \text{ kN/m}$$

Horizontalno kontinuirano opterećenje od veza broda uzduž obale

$$t^{\wedge} = 3,32 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_t: \quad 3,5 \text{ kN/m}$$

Vertikalno kontinuirano opterećenje od veza broda

$$v^{\wedge} = 15,87 \text{ kN/m} \quad \text{ODABRANO } P_v: \quad 17,0 \text{ kN/m}$$

4.4. Mjerodavni poleri za privez plovila na konstrukciji u obuhvatu Dobra Luka

U korjenu lukobrana planiran je privez plovila duljine do 25,0 metara, 7 komada te se proračunom dokazano usvaja sljedeće:

- ugraditi polere nosivosti 300 kN na razmaku od po 7 m
- kod spoja polera na AB konstrukciju lukobrana, rezne sile za potrebe odabira sidrenih vijaka usvojiti:
 - sila okomito na obalnu crtu u horizontalnoj ravnini 58,06 kN,
 - sila uzduž obalne crte 124,52 kN,
 - vertikalna komponenta sile na poler izostaje zbog visine priveznog mjesta;
- za potrebe kontrole mehaničke otpornosti i stabilnosti obalne konstrukcije u ovom dijelu zahvata usvojiti opterećenja:
 - kontinuirano opterećenje okomito na obalnu crtu 5,0 kN/m²,
 - uzdužno opterećenje u smjeru obalne crte 8,00 kN/m²,
 - vertikalno opterećenja uslijed potezne sile plovila na ovom dijelu iznosi 0,00 kN/m².

Duž operativne obale lukobrana gdje je planiran privez plovila duljine do 35,00 m proračunom dokazano se usvaja sljedeće:

- ugraditi polere nosivosti 1000 kN na razmaku od po 8,5 m
- kod spoja polera na AB konstrukciju lukobrana, rezne sile za potrebe odabira sidrenih vijaka usvojiti:
 - sila okomito na obalnu crtu u horizontalnoj ravnini 156,72 kN,
 - sila uzduž obalne crte 430,57 kN,
 - vertikalna komponenta sile na poler 122,77 kN;
- za potrebe kontrole mehaničke otpornosti i stabilnosti obalne konstrukcije u ovom dijelu zahvata usvojiti opterećenja:
 - kontinuirano opterećenje okomito na obalnu crtu 8,0 kN/m²,
 - uzdužno opterećenje u smjeru obalne crte 13,00 kN/m²,
 - vertikalno opterećenja uslijed potezne sile plovila na ovom dijelu iznosi 6,20 kN/m².

Duž operativne obale lukobrana gdje je planiran privez plovila duljine do 65,00 m proračunom dokazano se usvaja sljedeće:

- ugraditi polere nosivosti 4500 kN na razmaku od po 40 m
- kod spoja polera na AB konstrukciju lukobrana, rezne sile za potrebe odabira sidrenih vijaka usvojiti:
 - sila okomito na obalnu crtu u horizontalnoj ravnini 860,87 kN,
 - sila uzduž obalne crte 2365,23 kN,
 - vertikalna komponenta sile na poler 674,43 kN;
- za potrebe kontrole mehaničke otpornosti i stabilnosti obalne konstrukcije u ovom dijelu zahvata usvojiti opterećenja:
 - kontinuirano opterećenje okomito na obalnu crtu 21,0 kN/m²,
 - uzdužno opterećenje u smjeru obalne crte 3,50 kN/m²,
 - vertikalno opterećenja uslijed potezne sile plovila na ovom dijelu iznosi 17,0 kN/m².

U slučaju mogućeg preklapanja položaja polera na konstrukciji lukobrana, kao što je u slučaju priveza plovila duljine $L = 35,00$ m i $L = 65,00$ m odabire se veća kategorija nosivosti polera.

5. Zaključak

Nakon provedene vjetrovalne analize utvrđuje se povoljno stanje valnog polja. Planirana marina u uvali Dobra Luka zadovoljava sve aspekte sigurnog manevriranja plovila. Za svaki incidentni smjer vala, zapad, jugozapas, jug i jugoistok utvrđene su značajne valne visine, H_s za odgovarajuće povratne periode, T_s , koji su određeni na temelju velikog broja kratkoročnih prognoza za razdoblje od 5, 20, 50 i 100 godina. Kao mjerodavne valne visine H_s i periode T_s uzete su one petogodišnjeg povratnog perioda. Za potrebe definicije stanja valnog polja unutar akvatorija luke dominantno je korišten mehanizam difrakcije kao najprisutniji i najizraženiji. Maksimalna valna visina za petogodišnji povratni period neposredno ispred privezišta iznosi 29,5 cm što je u skladu s pravilnikom "Tehnička pravila Hrvatskog registra brodova – okružnici QC-T-191" (Zakon o plovidbi i lukama unutarnjih voda NN 109/07, NN 132/07, NN 51/13, NN 152/14) gdje je maksimalna dozvoljena valna visina 30 cm.

Kako bi osigurali siguran manevar plovila u obuhvatu važan čimbenik je dubina. U ovom slučaju dubine se kreću do 13 metara što je dokazano kao dovoljno za projektom predviđen tip plovila.

Opterećenje od plovila na konstrukciju operativne obale te na sidrene sustave se sastoji od sila uzrokovanih vjetrom i valovima pri čemu valove zanemarujemo jer su valne visine u lukama ograničene, dakle potrebno je bilo ispitati samo sile uzrokovane vjetrom. Promatraju se dvije komponente utjecaja vjetra: uzdužno i poprečno na obalnu crtu na mjestu priveza. Najveća sila se javlja kada vjetar puše okomito na uzdužnu os broda. Kao referentna vjetra trajanja 1-3 s na visini 10 m iznad tla uzeta je $v_{(1-3s)}^{(50god)} = 45,0$ m/s, a u proračunu je bilo potrebno za svaki karakteristični brod odrediti i brzinu udara vjetra na težišnoj visini nadvođa.

Karakteristična plovila su duljine 25, 35, 65 metara. Projektom je predviđen privez 7 plovila duljine do 25 m okomito na obalu i to u korijenu lukobrana, 1 plovilo do 35 m duž operativne obale – privez paralelno s oba lom, te 1 plovilo do 65 m također duž operativne obale – privez paralelno s obalom. Postoji opcija priveza 7 plovila duljine do 35 m okomito na obalu na mjesto predviđeno za privez plovila do 65 m u situaciji kada istog nema u marini.

Raspored polera je predviđen na sljedeći način:

- u korijenu lukobrana gdje je planiran privez plovila do 25 m ugraditi polere nosivosti 300 kN na razmaku od 7 m
- duž operativne obale gdje je planiran privez plovila duljine do 35,00 m ugraditi polere nosivosti 1000 kN na razmaku od po 8,5 m

- duž operativne obale lukobrana gdje je planiran privez plovila duljine do 65,00 m ugraditi polere nosivosti 4500 kN na razmaku od po 40 m.

Na kraju se zaključuje kako je marina u uvali Dobra Luka u potpunosti sigurna za manevriranje plovila projektom predviđenih kategorija.

6. Literatura

- [1] Vaimont d.o.o. - „Glavni projekt plaže i pristaništa u Dobroj Luci, Luštica“, 2021.
- [2] Google karte
<https://www.google.com/maps>
- [3] MarineTraffic
<https://www.marinetraffic.com/hr/ais/home/centerx:18.640/centery:42.364/zoom:14>
- [3] Google karte
<https://www.google.com/maps>
- [4] Dokumentacija za odlučivanje o potrebi procjene uticaja
<https://www.hercegnovi.me/downloads/sskpzss/obavjestenja/Dokum01082018.pdf>
- [5] Navionics
<https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@12&key=gsqaGkawpB>
- [6] Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020.
- [7] Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore
- [8] Google Earth
<https://earth.google.com/web/search/Dobra+luka,+Crna+Gora/@42.36696807,18.63648718,-0.75656795a,4306.16878094d,35y,-1.63813907h,17.93572598t,0r/data=CigiJgokCVwWZ8apMkVAEWPp06BtK0VAGWDLhlgusDJAIYJbqJOHkzJA>
- [9] Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Obalno inženjerstvo“ – radni materijali, 2021.
- [10] “Tehnička pravila Hrvatskog registra brodova – okružnici QC-T-191“
- [11] Azimut yachts
<https://www.azimutyachts.hr/>
- [12] Benetti yachts
<https://www.benettiyachts.it/>
- [13] Jelena Tukić, „Idejno rješenje lučice Zavala na otoku Hvaru“, 2015.
- [14] Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.
- [15] DDS 582-1 Calculations for mooring systems, Department of the navy naval sea systems command Washington, DC 20362-5101

7. Popis slika

Slika 1. Satelitski prikaz uvale Dobra Luka (izvor:

<https://earth.google.com/web/@42.36734819,18.64059229,-0.75667088a,3195.32800333d,35y,-1.61817235h,14.70946844t,0r>)

Slika 2. Udaljenost od grada Budve (izvor:

<https://earth.google.com/web/@42.32627229,18.74039475,234.71597643a,34428.20337673d,35y,358.37999629h,0t,0r>)

Slika 3. Uvala Dobra Luka (izvor: <http://www.glampingmontenegro.com/pages/single-camping-spot.php?id=4>)

Slika 4. Uvala Dobra Luka (izvor: <http://www.glampingmontenegro.com/pages/single-camping-spot.php?id=7>)

Slika 5. Dubine mora u akvatoriju (izvor:

<https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@12&key=gsqaGkawpB>)

Slika 6. Ruža vjetrova – Budva (izvor: Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore)

Slika 7. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer J (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 8. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer J (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 9. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer J (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 10. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer Z (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 11. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer Z (povećani detalj uz obalu) (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 12. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 13. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 14. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 15. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JI (izvor:

<https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 16. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JZ (izvor: <https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 17. Zrake efektivnog privjetrišta za smjer JZ (izvor: <https://www.google.hr/maps/@42.3663012,18.6395219,2187m/data=!3m1!1e3>)

Slika 18. Groen - Dorrenstein nomogram (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 19. Groen - Dorrenstein nomogram – primjer (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 20. Jednostrana difrakcija (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 21. Dvostrana difrakcija (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 22. Incidentni smjer vjetra jugozapad – prikaz zrake vala, kutova difrakcije i mjerodavnih točaka (izvor:

<https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@12&key=gsqaGkawpB> i Vaimont d.o.o. - „Glavni projekt plaže i pristaništa u Dobroj Luci, Luštica“, 2021.)

Slika 23. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 24. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 25. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 26. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 27. Incidentni smjer vjetra zapad – prikaz zrake vala, kutova difrakcije i mjerodavnih točaka (izvor: <https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@12&key=gsqaGkawpB> i Vaimont d.o.o. - „Glavni projekt plaže i pristaništa u Dobroj Luci, Luštica“, 2021.)

Slika 28. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 29. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

Slika 30. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)

- Slika 31. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)
- Slika 32. Incidentni smjer vjetra jug – prikaz zrake vala, kutova difrakcije i mjerodavnih točaka (izvor: <https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@12&key=gsqaGkawpB> i Vaimont d.o.o. - „Glavni projekt plaže i pristaništa u Dobroj Luci, Luštica“ , 2021.)
- Slika 33. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)
- Slika 34. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)
- Slika 35. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)
- Slika 36. Koeficijent difrakcije prema Wiegel-u, 1962.g. (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, „Luke i pomorske građevine“ – radni materijali, 2020)
- Slika 37. Tipsko plovilo duljine 25 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>)
- Slika 38. Tehničke karakteristike tipskog plovila duljine 25 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>).
- Slika 39. Tipsko plovilo duljine 35 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>)
- Slika 40. Tehničke karakteristike tipskog plovila duljine 35 metara (izvor: <https://www.azimutyachts.hr/>).
- Slika 41. Tipsko plovilo duljine 65 metara (izvor: <https://www.benettiyachts.it/>)
- Slika 42. Tehničke karakteristike tipskog plovila duljine 65 metara (izvor: <https://www.benettiyachts.it/>)ž
- Slika 43. Dubine za manevar plovila (izvor: file:///C:/Users/user/Downloads/port-designers-handbook-3rd-edition-3rd-ed-2014-0727760041-9780727760043.pdf)
- Slika 44. Koeficijent otpora zraka plovila izloženog vjetru (izvor: DDS 582-1 Calculations for mooring systems, Department of the navy naval sea systems command Washington, DC 20362-5101)
- Slika 45. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)
- Slika 46. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)
- Slika 47. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Slika 48. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Slika 49. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Slika 50. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Slika 51. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)

Slika 52. Prikaz plovila u četverovezu s poligonom priveznih sila – udar vjetra u krmu (izvor: Doc. dr. sc. Veljko Srzić, Parametri polera za privez, 2021.)