

EKSPERTNO MIŠLJENJE U SKLOPU NATJEČAJNIH PODLOGA

UTJECAJ MORA I VJETRA NA OBALNI POJAS PODRUČJA DELTE I LUKE BAROŠ

1. OPIS POSTOJEĆEG STANJA OBALNOG POJASA

Predmet ove analize predstavlja *obalni pojas područja Delte* u dodiru s lukom Baroš, koji se proteže od obalne konstrukcije kod željezničkog mosta na ušću Rječine, kao krajnje istočne točke, do korijena Sušačkog lukobrana (tj. lukobrana koji zatvara luku Baroš), kao krajnje zapadne točke promatrane površine. Ukupna dužina obalne linije područja Delte iznosi približno 650,00 metara (slika 1).



Slika 1. Postojeći obalni rub područja Delte

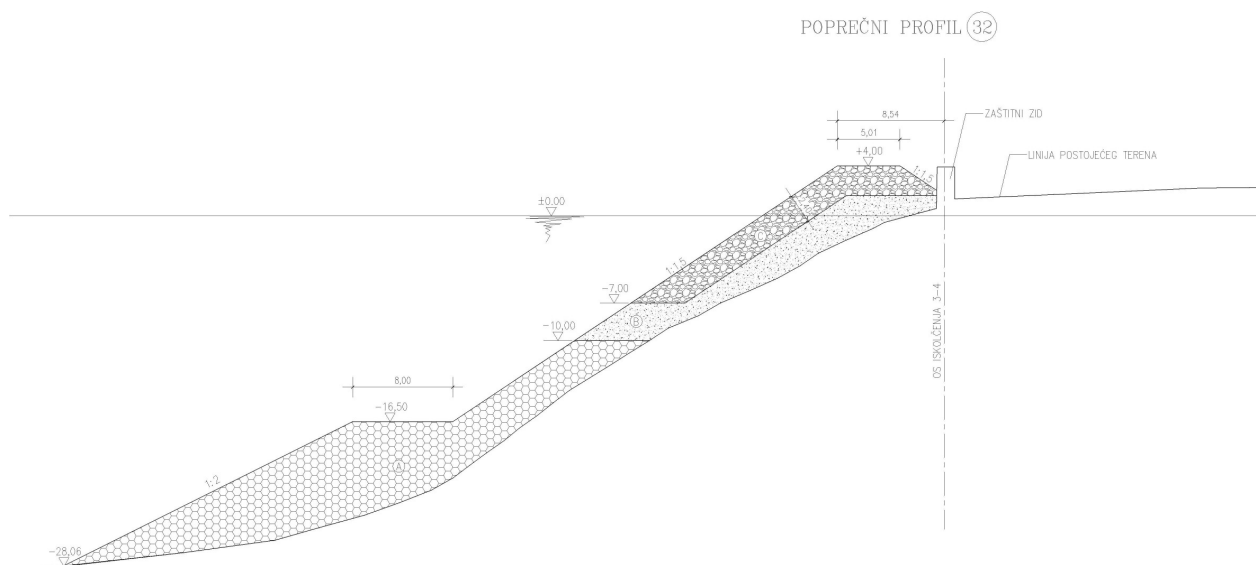
Kada bi se navedene krajnje točke obalnog pojasa naznačenog na sl. 2 povezale, tada bi tako dobiveni pravac ujedno predstavljao razgraničenje između dviju površina Delte bitno različitog vremena nastanka i namjene:

- sjeverno od opisane linije nalazi se područje koje je nastajalo postupno, ali je tijekom prvog desetljeća 20. stoljeća definitivno oblikovano i korišteno kao lučki manipulativni prostor koji je prema moru bio dodatno utvrđen tzv. Školjerm, tj. nabačajem krupnoformatnog kamnea;
- južno od opisane linije nalazi se dio područja koje je također nastalo nasipavanjem, ali tek od

početka osamdesetih godina, a u cilju gradnje Centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. (popularno CUPOV). Riječ je, dakle ne samo o recentnom nasipavanju, već i o značajnoj površini od oko 48.000 m² na kojoj je 1994. godine izgrađen navedeni uređaj. Stoga su iskustva u izgradnji i korištenju ove površine izuzetno korisna i za buduću urbanizaciju područja Delte.

U kontekstu navedenog, pod pojmom obalnog pojasa Delte podrazumijeva se i u nastavku opisuje upravo područje nasipavanja u cilju izgradnje CUPOV-a.

Površina platoa Delta iza zone obalnog pojasa, izvedena je na prosječnoj visinskoj koti od cca +2,70 m.n.m. Većim dijelom je rub platoa prema moru omeđen zaštitnim betonskim zidom širine 150 cm i ukupne visine 450 cm (cca 200 cm iznad površine uređenog platoa). Iza zida prema moru nasipani plato zaštićen je od utjecaja mora školjerom, čija je kruna na razini cca +4,00 m.n.m., i koja se u nagibu 1:1,5 spušta prema moru. Školjera završava na dubini od cca -7,00 m. Temeljni kameni nasip platoa u istom se nagibu nastavlja do dubine -10,00 m, a nakon toga u nagibu 1:2 doseže na pojedinim profilima i dubinu od -30,00 m (slika 2).



Slika 2. Presjek zaštitne obalne konstrukcije uz CUPOV

Kompletan plato s obalozaštitom izgrađen je pred više od trideset godina, u svrhu smještaja uređaja za prečišćavanje. Olujno jugo koje je u Kvarnerskom zaljevu zabilježeno početkom mjeseca studenog 2000. godine, prouzročilo je znatne štete na obalama i obalozaštita luka, lučica i marina u obalnom pojasu. Tako je značajno oštećen i sustav obalozaštite platoa uređaja "Delta", koji je u narednim godinama (2001. i 2002.) saniran (temeljni nasipi, školjera i zaštitni zid).

Izvedeni sustav obalozaštite predstavlja sigurnu i trajnu zaštitu obalnog pojasa i građevina na platou od djelovanja mora (valova).

Važno je napomenuti da se u neposrednoj blizini (istočna strana ušća Rječine) nalazi kontejnerski terminal Brajdica, koji je u funkciji preko 30 godina. Obalni zid i plato terminala su na razini + 3,00 m.n.m. a dubina mora ispred obale je cca -12,00 metara. Prema podacima o radu terminala, prosječno 6 dana u godini brodovi nemogu pristati zbog nevremena (olujno jugo). Zabilježena su prelijevanja mora (vrhovi valova) i do 1,00 metar iznad vrha zida.

2. METEOROLOŠKA I OCEANOLOŠKA OBILJEŽJA AKVATORIJA ISPRED OBALNOG POJASA

Meteorološki čimbenici uglavnom su globalnog karaktera, a u našim područjima su vrlo često pod utjecajem ciklonalnih strujanja koja dolaze s Atlanskog oceana (Azorske ciklone) preko Mediterana (bilo srednjeg dijela - Tirensko more ili južno), bilo sjevernije (preko Alpa ili Padske nizine) ili anticiklonalnih koji dolaze iz Sibira i Ruske ravnice. Također, i manji barički poremećaji zahvaćaju vrlo prostrane plohe: od Jonskog mora prema sjeveru ili perturbacije koje dolaze iz unutrašnjosti Austrije, Slovenije i Hrvatske na Jadransko more.

Svi ovi čimbenici uvjetuju vremenske prilike u Riječkom zaljevu odnosno u obalnom pojasu Delte. Osim ovih prostranih baričkih sustava, moguće su, osobito ljeti, lokalne perturbacije - nevere, uglavnom danju i burin koji zna puhati noću.

Oceanološki uvjeti pred područjem Delte posljedica su uglavnom kolebanja mora unutar Jadranskog bazena: bilo valova, morskih struja ili mijena do izrazito lokalnih činioca kao što su to valovi i strujanja vode u akvatoriju neposredno pred Deltom te seša unutar bazena Riječkog zaljeva.

Podaci koji su prikazani obuhvaćaju brojne izvore pri čemu je kod izbora i njihovog prikaza naglasak stavljen na uočavanje onih obilježja koji mogu utjecati na prostorno oblikovanje obalnog pojasa i primjenu adekvatnih zaštita građevina od djelovanja mora.

2.1. VJETAR

Osnovna obilježja vjetra su: *brzina, smjer, trajnost i učestalost*. Smjerom vjetra se označava smjer odakle vjetar puše. Ako se vjetar opaža po učincima na okoliš, njegova jačina se izražava u stupnjevima Beaufortove ljestvice, a smjer procjenjuje. Ukoliko se mjeri, brzina se izražava u m/s, a smjer se očitava.

Bura je prevladavajući vjetar na Kvarneru. Puše iz šireg raspona smjerova: pod otokom Cres iz smjera bližeg sjeveru, a uz istočnu istarsku obalu iz smjera bližeg istoku. Najčešće puše u jesenjem i zimskom razdoblju od mjeseca studenog do ožujka. Predznaci bure su poput krune bjeličasti oblaci nad Velebitom. Bura obično traje 3 - 4 dana, ponekad i više od tjedan dana. Značajan je podatak sa susjedne meteorološke postaje u Omišlju na otoku Krku gdje je jaka bura najdulje puhala 59 sati (29.11.- 01.12.1980.). Bura je u ovom području i najjači vjetar. Najjača je zimi odnosno u rano proljeće, nešto općenitije rečeno, u hladnom dijelu godine. Maksimalnih udari vjetra također se javljaju pri puhanju bure. Puše na mahove, može dostići srednju satnu vrijednost do 30 m/s. Udari vjetra najveće brzine mogu znatno premašiti srednje satne vrijednosti, i do 45 m/s. Slabljenje i prestanak bure javlja se nakon što se rasplinu oblaci s vrha Velebita. Vjerojatnost pojave bure u zimskom periodu godine je oko 40% dok je u ljetnom periodu oko 20%.

Jugo je na promatranom području iza bure najznačajniji vjetar (s obzirom na najveće brzine i učestalost), a uglavnom puše iz smjerova ESE do S i to u najvećem dijelu u zimskim mjesecima od listopada do ožujka. Tijekom juga na promatranom području nastaju najveći valovi stoga što je Kvarner otvoren prema vjetrovima iz jugoistočnog smjera. Jugo kada poprimi velike brzine stvara i vrlo uzburkano more. Obično puše 2 - 3 dana no može potrajati i cijeli tjedan. Predznak juga je kapa tamnih oblaka nad Učkom te magla na Osoršćici i Velebitu.

Lebić je također značajan vjetar na ovom geografskom području, a koji općenito puše iz smjera SW; također može biti olujne jačine. Ljeti prevladavaju vjetrovi iz sjeverozapadnih smjerova.

Maestral je čest vjetar iz NW smjera u ljetnom periodu godine pri stabilnim vremenskim prilikama, od podneva do navečer, male jačine i uglavnom neće smetati plovilima. Isto tako,

tijekom ljetnih večeri i noću neposredno uz obalu može puhati **burin**, vrlo slab vjetar s kopna koji nastaje uslijed temperaturnih razlika između kopna i mora.

Tijekom ljetnih mjeseci moguće su pojave naglih lokalnih oluja (nevera). Nastaju kao posljedica lokalnih atmosferskih poremećaja pa se teže prognoziraju. Većinom su to nagli kratkotrajni naleti jugozapadnih vjetrova ponekad olujne jačine, brzine i preko 40 čvorova, praćeni jakom kišom.

Točniji podaci o olujnim i jakim vjetrovima u Kvarnerskom zaljevu mogu se dobiti temeljem 28 godišnjih mjerenja na okolnim meteorološkim stanicama. Ove vrijednosti prikazane su u priloženim tablicama.

Za razmatranje meteoroloških prilika na području Delte i luke Baroš značajno je uzeti u obzir podatke za Riječki zaljev. U Rijeci se dugo godina meteorološki podaci opažaju u Lučkoj kapetaniji ali i mjere na meteorološkim postajama Kozala i Grčevo. Rezultati mjerenja na meteorološkoj postaji Rijeka su navedeni u slijedećim tablicama.

Tablica 1. Čestina (Č u 1/1000) i srednja jačina vjetra (J - Bf) po mjesecima i za godinu za meteorološku postaju Rijeka (28 godišnje razdoblje) po kvadrantima

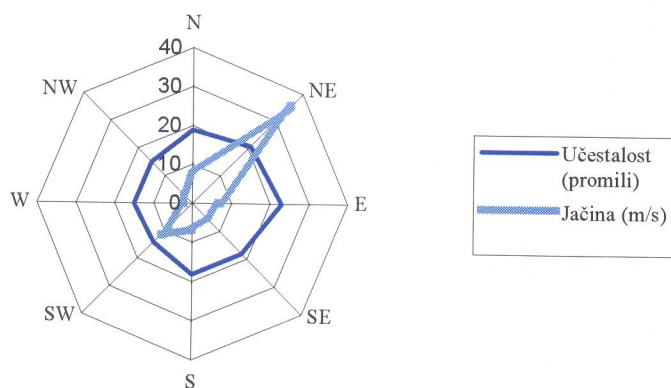
Mjesec	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW	
	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J
1	56	1,1	446	1,6	77	2,7	39	1,5	62	1,1	58	1,1	4	1,0	43	1,2
2	87	1,8	400	2,5	85	2,6	21	1,8	94	2,1	73	1,2	16	1,2	71	1,4
3	97	2,3	401	2,7	86	2,9	60	1,8	62	1,8	109	1,3	28	1,6	17	1,4
4	62	2,2	374	2,3	57	2,2	64	1,6	74	1,8	138	1,6	24	1,2	31	1,6
5	62	1,8	242	1,7	54	1,9	68	1,7	70	1,8	160	1,4	37	1,7	37	1,6
6	71	1,8	239	1,8	51	1,8	66	1,7	70	1,7	150	1,4	22	1,5	24	1,3
7	81	1,6	321	1,3	45	1,5	41	2,1	52	1,6	165	1,5	22	1,5	47	1,6
8	66	2,2	298	2,0	64	2,2	47	1,9	34	1,6	156	1,5	43	1,8	32	1,9
9	78	2,1	417	2,3	77	2,5	13	2,0	48	1,5	120	1,4	24	2,3	13	1,2
10	90	2,1	443	2,3	77	2,7	43	2,3	45	1,9	105	1,5	13	1,3	13	1,0
11	63	1,8	344	1,9	73	2,2	82	2,0	111	2,6	82	1,9	13	1,5	24	1,9
12	118	2,0	380	1,8	60	2,3	39	1,7	73	2,0	52	1,3	23	1,2	27	1,4
God.	78	1,9	358	2,1	67	2,3	49	1,8	66	1,8	113	1,4	22	1,5	32	1,5

Za meteorološku postaju Rijeka u priloženoj su tablici prikazane učestalosti za 8 smjerova (u %) i srednje jačine vjetra u Beaufortima, po mjesecima i za godinu. Navedena tablica je dobivena iz svakodnevnih klimatoloških meteoroloških opažanja na meteorološkoj postaji Rijeka u 07, 14 i 21^h po SEV-u, u 28 godišnjem razdoblju. (Izvor: Meteorološka stanica Rijeka na Kozali).

Tablica 2. Učestalosti smjera (%) i jačina vjetra (Bf)

Tišina	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW	
	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J	Č	J
21,4	7,8	1,9	35,8	2,1	6,7	2,3	4,9	1,8	6,6	1,8	11,3	1,4	2,2	1,5	3,2	1,5

Na osnovi podataka iz prethodne tablice, iscrtana je i godišnja ruža vjetrova za Rijeku.



Slika 3. Godišnja ruža vjetrova za Rijeku

Tablica 3. Srednje satne brzine (u m/s) u ovisnosti o srednjim satnim vrijednostima smjera vjetra na meteorološkoj stanici Rijeka (12 godišnje razdoblje)

Brzina Smjer	0,3-1,5	1,6-3,3	3,4-5,4	5,5-7,9	8,0-10,7	10,8-13,8	13,9-17,1	Zbroj	Učestalost
C								79,2	7.634
N	81,5	51,6	10,9	1,2	0,1	0,0		145,4	14.011
NNE	63,2	88,6	25,4	7,0	1,8	0,0		186,0	17.922
NE	45,7	46,3	32,2	13,4	2,3	0,3	0,0	140,2	13.505
ENE	22,0	19,1	14,3	5,4	0,4	0,0		61,2	5.899
E	14,0	12,7	7,3	0,3				34,3	3.302
ESE	10,2	6,9	1,6	0,0				18,8	1.808
SE	11,8	7,3	1,4	0,4	0,0			21,0	2.019
SSE	15,8	13,7	5,4	1,3	0,2			36,4	3.510
S	31,9	20,6	7,6	1,4	0,0			61,4	5.915
SSW	17,8	11,8	1,9	0,2	0,0			31,6	3.048
SW	32,3	21,4	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	54,8	5.275
WSW	28,1	20,1	0,4	0,0	0,0			48,6	4.687
W	11,1	4,5	0,2	0,0				15,8	1.526
WNW	4,5	1,3	0,2	0,0				6,0	574
NW	9,3	2,7	0,7	0,0				12,8	1.238
NNW	31,4	12,4	2,4	0,2		0,0		46,4	4.472
Ukupno	430,6	341,0	112,8	31,0	5,0	0,4	0,0	1.000,0	96.345

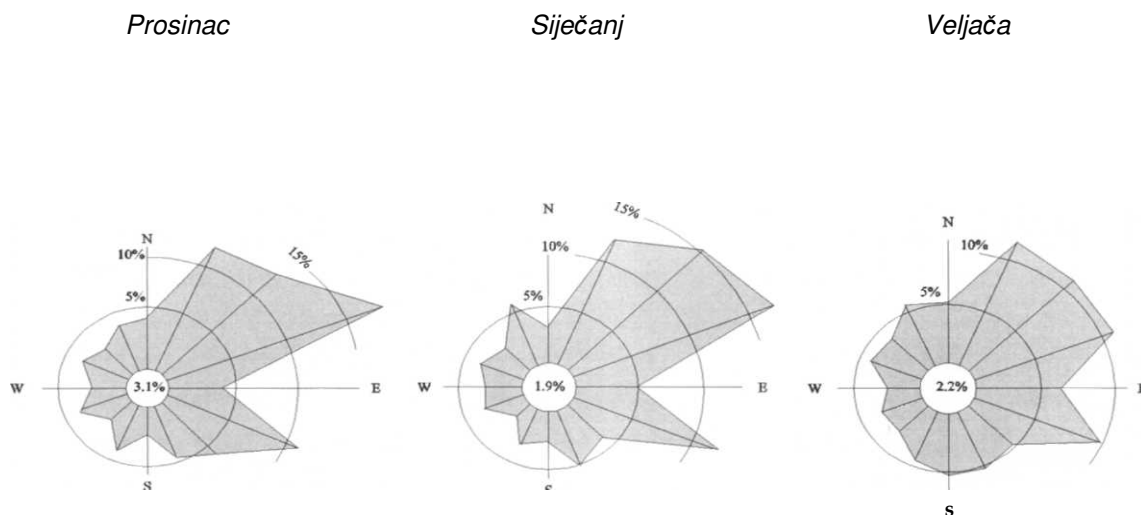
U priloženoj tablici su za meteorološku postaju Rijeka dane učestalosti srednjih satnih brzina vjetra (u m/s) po smjerovima (za 16 smjerova) u 12 godišnjem razdoblju. Za razliku od vrijednosti iskazanih u prethodnim tablicama a koje su dobivene opažanjima, vrijednosti u tablici 3. dobivene su mjerenjima.

Promatranjem rezultata u prethodnim tablicama vidi se da je na ovom području **dominantan vjetar bura** - obično hladan, vrlo mahovit vjetar koji na našoj obali najopćenitije gledano, puše s kopna na more, odnosno s obzirom na lokalitet (orografiju) iz smjerova N do E. Tako je na meteorološkoj postaji Rijeka, najveća učestalost puhanja vjetra iz smjera NE - 358 ‰ tj. 36 %, odnosno iz smjera NNE -19% (prema priloženoj tablici za 16 smjerova). Bura je također i najjači vjetar u ovom području. Valja istaći da bura puše u području Delte najčešće iz NE smjera. Međutim mogu se očekivati nagli, snažni, udari bure - refuli i iz E smjera, posebno tijekom puhanja ciklone mračne bure.

Jugo je nakon bure, u odnosu na najveće brzine i učestalost, drugi najvažniji vjetar na promatranom području pristana, a uglavnom puše iz smjerova ESE do S. Značajan vjetar je također lebić koji općenito puše iz smjera SW, a također može biti olujne jačine.

Ljeti u stabilnim vremenskim prilikama, od podneva pa do predvečer uz Deltu obično puše maestral - vjetar slabe do umjerene jakosti iz III i IV kvadranta.

Pregledom prikazanih rezultata vidi se da je u Rijeci u 8 % slučajeva (79.2 %) bilo **tiho** (tišinom se smatralo kad je srednja satna brzina vjetra bila manja od 0.3 m/s). U 43 % slučajeva srednja satna brzina je bila 0,3 - 1,5 m/s (1 Beaufort), u 34 % slučajeva 1,6 - 3,3 m/s (2 Beauforta), u 11 % slučajeva 3,4 - 5,4 m/s (3 Beauforta) itd. Zbroje li se prethodno navedene vrijednosti vidi se da je u 96% slučajeva puhao vjetar srednjih satnih brzina do 5,4 m/s.



Slika 4. Ruža vjetrova za mjerno mjesto Grčevo za zimske mjesece

Na promatranom području vjerojatnost pojave tišine (brzina vjetra manja od 0,3 m/ s) obilježavaju vrijednosti u rasponu od 1,6% do 3,1% uz godišnji prosjek od 2,2%. 0,3 i 3,3 m/ s. Za zimskih mjeseci vjetrovi ovog raspona brzina mogu se očekivati u 65% slučajeva. Bolja preglednost puhanja vjetra određenog smjera i jačine po danima puhanja prikazana je u priloženoj tablici 4.

Naziv i smjer vjetra	Brzina (m/s)	Učestalost (dani)
tramontana (N)	00,3 - 05,5	13,4
	08,0 - 10,8	1,0
	13,9 - 17,2	0,6
bura (NNE, NE, ENE)	00,3 - 05,5	167,7
	08,0 - 10,8	12,5
	13,9 - 17,2	7,3
	20,8 - 24,5	0,8
levant (E, ESE)	00,3 - 05,5	10,2
	08,0 - 10,8	0,8
jugo (SE, SSE, S, SSW, SW)	05,5 - 07,9	87
	08,0 - 10,8	4,7
	13,9 - 17,2	1,5
	20,8 - 24,5	0,5
ponent (W, NW)	00,3 - 13,9	17,7
	08,0 - 10,8	0,6
Tišina		39

Izvor: Meteorološka stanica Rijeka na Kozali

Prevladavajući vjetar u području je vjetar iz smjerova NNE, NE i ENE i to u 31,7% slučajeva. Tijekom zime vjetrovi iz I kvadranta (N do E) mogu se očekivati s vjerojatnošću od približno 40% dok je tijekom ljetnih mjeseci ova vjerojatnost znatno manja - oko 20% uz porast vjerojatnosti vjetrova iz NW i NNW smjera.

Najveće prosječne satne brzine vjetra pripadaju vjetrovima iz NE i NNE smjera. Vjetrovi olujne snage (brzina vjetra > 17,2 m/s) najčešće se javljaju u zimskim mjesecima. U siječnju ovi vjetrovi mogu doseći i srednju satnu vrijednost od 24,5 do 28,4 m/s uz vjerojatnost od 0,7%. Najveća vjerojatnost pojave olujnih vjetrova je tijekom mjeseca veljače pri čemu u 6,7% slučajeva olujni vjetrovi pušu iz NE smjera.

2.2. UČESTALOST JAKIH I OLUJNIH VJETROVA

U priloženim tablicama prikazan je broj dana s jakim (vjetar od 6 i više Beauforta) i olujnim vjetrom (vjetar od 8 i više Beauforta) po mjesecima i u godini za meteorološku postaju Rijeka. Navedene tablice dobivene su iz 28 godišnjih nizova. Vrijednost 0 koja se javlja kod olujnih vjetrova znači da je broj dana s olujnim vjetrom manji od 0,5 tj. da se u tom mjesecu vjetar jačine 8 ili više Beauforta pojavio jednom u više od 2 godine.

Iz priložene tablice vidi se da na području Rijeke godišnje ima 38 dana s jakim i 6 dana s olujnim vjetrom. Učestalost i jakog i olujnog vjetra je na čitavom području, a to se vidi i iz podataka prethodnih tablica, veća u hladnom dijelu godine, a najveća je u zimi. Te vrijednosti su međutim različite iz godine u godinu, a mogu i znatno varirati. Tako je bilo godina kad su u Rijeci bila i 33 dana s olujnim vjetrom.

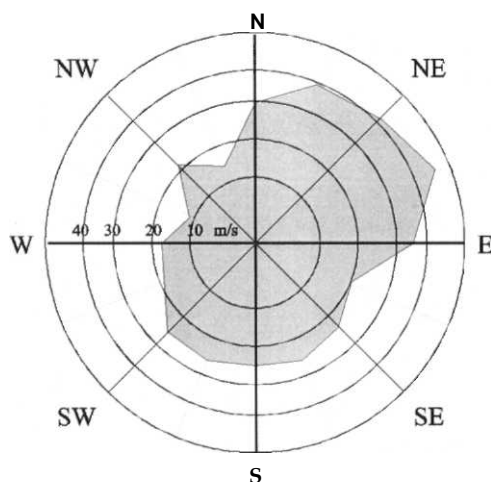
Tablica 5. Broj dana s jakim (vjetar od 6 ili više Beauforta) i olujnim vjetrom (vjetar od 8 ili više Beauforta), po mjesecima i za godinu, za meteorološku postaju Rijeka

Broj dana/mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
s jakim vjetrom	4	4	4	3	2	2	2	2	3	4	4	4	38
s olujnim vjetrom	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6

Maksimalni udari vjetra su od bure. Prema provedenim statističkim proračunima na ovom području se na različitim lokalitetima mogu u povratnom periodu od 20 godina pojaviti maksimalni udari bure do približno 55, a u 50 godina do približno 60 m/s. Jaka bura na ovom području može trajati i nekoliko dana.

Tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci nisu izmjerene brzine veće od 35 m/s odnosno 68 čvorova. U vezi s navedenim potrebno je istaknuti i ne tako čestu pojavu lokalnih oluja (nevera) koje se pretežno formiraju u ljetno doba kao posljedica lokalnih atmosferskih poremećaja pa se teško prognoziraju. Većinom su to nagli kratkotrajni naleti zapadnih vjetrova ponekad olujne snage, brzine preko 40 čvorova, praćeni jakom kišom. Vjetar formira kratke i vrlo oštre valove koji su u istočnome dijelu Riječkog zaljeva prilično visoki.

Na osnovu desetogodišnjeg registriranja vjetrova na postaji Grčevo učinjena je priložena ruža maksimalnog intenziteta vjetra.



Slika 5. Maksimalni intenzitet vjetra - mjesto Grčevo

Smještaj platoa Delte i luke Baroš na obali delte Rječine i orografija pozadinskog reljefa doprinose žestokim udarima bure - refulima, koji ponekad mijenjaju smjer. Najveći udar bure zabilježen na obližnjom postaji Grčevo je iznosio 168 km/h i osjetno je jači od maksimalnog udara bure na Kozali (128 km/h) upravo zbog orografskog obilježja pozadine.

Maksimalni intenzitet južnih vjetrova znatno je slabiji od sjevernih. Karakteristika juga Riječkog zaljeva, te i područje Delte su male razlike maksimalnih udara iz pojedinih smjerova. Vjetrovi iz SE i S smjerova kao i oni iz SSE i SSW smjerova postižu približno istu brzinu (93 - 94 km/h) dok nešto veći intenzitet ima SW vjetar (97 km/h).

Očekivane brzine vjetra u dugogodišnjim povratnim periodima iz smjerova od kuda se mogu očekivati najveće nepogode daju vrijednosti kao u tablici 6.

Tablica 6. Najveće satne brzine vjetra u m/s iz odabranih smjerova u dugogodišnjim povratnim periodima

Povratni period (godine)	Smjer vjetra	
	NE	S
1	28,4	24,5
2	30,1	25,9
5	32,5	28,1
10	38,2	32,9
20	40,2	34,7
50	43,1	37,1
100	46,5	40,2

2.3. VALOVI

Valovi su periodičko visinsko, translatorno i rotaciono pomicanje morske vode uz površinu. Obilježava ih smjer nailaska, visina, duljina, perioda i iz toga slijedi brzina. Ovisi o jačini vjetra i duljini privjetrišta. S obzirom da su vjetrovi prevladavajući uzročnik nastanka valova na moru, bilo živog ili mrtvog mora, uobičajena razdioba vjetrova stvara i uobičajenu razdiobu valovlja tijekom duljeg vremena puhanja.

Osnovne grupe valova na Jadranskom moru su:

- **vjetrovni valovi** (valovi živog mora, živo more) izazvani vjetrom koji neprekidno puše,

- **valovi mrtvog mora** (zibni valovi ili zibine) su valovi koji su uznapredovali izvan zone vjetra koji ih je stvorio, pojavljuju se pred vjetrom ili zaostaju nakon vjetra koji ih je stvorio,
- **križani valovi** - promjeni li se smjer puhanja vjetra za znatniji kut, stvara se ovaj sustav valova. Nastaju također pri križanju vjetrovnih i zibnih valova kao i pri refleksiji živog ili mrtvog mora na vertikalnim preprekama.

Na nekim mjestima susretat će se i visoki valovi uzrokovani nabiranjem morske površine uzrokovano nailaskom na morsku struju suprotnog smjera. Takve struje nastaju kada se sumiraju struje uslijed puhanja vjetra, morskih mijena, opće cirkulacije te atmosferskog pritiska. Visina i smjer uznapredovanja valova ovisi i o procesima koji utječu na valove na njihovom putu: refleksije, refrakcije, difrakcije.

Tablica 7. Obilježja valovlja Jadranskog mora

Jačina vjetra	WMO	H	T	X	%
0	0	-	-	-	10
1	1	0,05	1,6	1	24,6
2	2	0,20	2,7	3,8	
3	3	0,5	3,7	9	43,0
4		0,8	4,6	13,6	
5	4	1,3	5,4	21	17,2
6		1,9	6,2	28	
7	5	2,6	6,9	36,4	4,2
8		3,5	7,6	45,5	
9	6	4,66	8,3	55,9	1,0
10		5,9	9,0	64,9	
11	7	7,3	9,7	80	0,01
12		8,8	10,4	88	

WMO - oznaka za snagu mora prema *World Meteorological Organization*,
H - visina vala [m], T - perioda vala [s],
X - duljina vala [m], % - postotak od ukupnog broja valova

Opažanja su pokazala slijedeći odnos brzine vjetra, visine vala i privjetrišta: vjetar srednje brzine 7,5 m/s nakon 6 sati puhanja razvija valove značajne visine 1 m ako mu je privjetrište 27 M. Isti vjetar uz privjetrište od 2,7 M razvit će valove od 0,4 -0,5 m. Značajna valna visina ($H_{1/3}$) može se odrediti prema slijedećem izrazu:

$$H_{1/3} = 0,283 \cdot \frac{v^2}{g} \cdot \tanh \left(0,0125 \cdot \left(\frac{gF}{v^2} \right)^{0,42} \right)$$

gdje su:

$H_{1/3}$ - značajna valna visina [m]

v - brzina vjetra na visini 10 m iznad površine mora [m/ s]

F - duljina privjetrišta [m]

g - gravitacijska konstanta ($g = 9,80665 \text{ m/s}^2$)

Izraz vrijedi ukoliko vjetar puše dovoljno dugo kako bi se mogli stvoriti najveći mogući valovi. Također, uz pretpostavku dovoljno dugog puhanja vjetra, uz zadovoljavajuću točnost, moguće je odrediti značajni valni period ($T_{1/3}$) prema sljedećem izrazu:

$$T_{1/3} = 1,2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot v}{g} \cdot \tanh \left(0,077 \cdot \left(\frac{gF}{v^2} \right)^{0,25} \right)$$

gdje su:

- $T_{2/3}$ - značajna valna perioda [s]
 v - brzina vjetra na visini 10 m iznad površine mora [m/ s]
 F - duljina privjetrišta [m]
 g - gravitacijska konstanta ($g = 9,80665 \text{ m/s}^2$)

Odnos duljine vala X (m) i visine vala H (m) za Jadransko more može se odrediti empirijskim izrazom: $A = 16,78 - HW$

Olujni valovi visine 2,4 m do 3,6 m mogu se susresti na cijelom Jadranu s promjenljivom vjerojatnošću. Valovi visina 3,7 m do 6,9 m imaju istu prostornu rasprostranjenost uz približno upola manju učestalost.

Valovi u Kvarneru iz istočnih smjerova su manji zbog djelomično ograničenog privjetrišta. Bura i levant mogu razviti valove visine do 2,9 m. Valovi lebića ne očekuju se s visinama iznad 3,2 m.

Na širem području Kvarnera mogu se susresti valovi južnih smjerova najvećih visina od 7 - 9,1 m. Nedaleko južno od Kvarnera, valografska postaja *Panon* izmjerila je val visine 10,-8 m.

Duljina valova južnih vjetrova u Kvarneru kreće se od 20 do 30 m, ovisno o smjeru i jačini vjetra. Najveću duljinu postižu valovi iz SW smjera. Nakon prestanka vjetra valovi se u Kvarneru i Riječkom zaljevu sporo smiruju zbog prostranosti privjetrišta i strmih visokih obala, pa se za duže vrijeme osjećaju valovi mrtvog mora.

Zbog kratkog privjetrišta na Delti vjetrovni valovi bure relativno su manji od valova koji nastaju za puhanja juga i oštra. Valovi juga i oštra dosegnu do 2,1 m visine jer je područje Delte nezaštićeno od valova iz južnih smjerova.

Valovi ponenta i maestra se mogu očekivati visine do 0,5 m. Veći valovi se mogu u području ispred privezišta očekivati za puhanja lebića, bilo za stalnih vjetrova ili tijekom ljetnih neverina. Nije vjerojatno da će ovi valovi, obzirom na duljinu privjetrišta doseći visinu iznad 1,2 m. No, ovi valovi zajedno sa vjetrom tijekom ljetnih nevera mogu otežati ili čak i onemogućiti manevar isplavlivanja ili uplovljavanja plovila te boravak na privezištu u zoni.

U dugogodišnjim povratnim periodima iz smjerova iz kojih se mogu očekivati najveći valovi dobivaju se vrijednosti prikazane u tablici 8.

Tablica 8. Očekivane značajne visine valova (u m) u dugogodišnjim povratnim periodima iz odabranih smjerova

Povratni period (godine)	Smjer nailaska najviših valova	
	SE,S	SW
1	2,10	1,20
2	2,18	1,25
5	2,24	1,30
10	2,46	1,35
20	2,65	1,55
50	2,81	1,57
100	2,93	1,63

2.4. MORSKE STRUJE

Morske struje predstavljaju vodoravno translaticiranje vodenih masa, a s obzirom na sile uzročnice mogu biti: struje generirane vjetrom, geostrofičke struje, struje nagiba, struje morskih mijena i struje uzrokovane općim sustavom cirkulacije.

Struje generirane vjetrom ili struje potiska nastaju trenjem vjetra i morske površine. Brzine kod ovih struja su najveće na površini, a kako se ide u dubinu, one se smanjuju.

Geostrofičke struje (gradijentske struje, struje gustoće ili relativne struje) nastaju nejednakom raspodjelom gustoće koja uvjetuje pojavu horizontalne komponente gradijenta hidrostatskog tlaka pod čijim se utjecajem razvija horizontalno gibanje vodenih čestica.

Struje nagiba (denivelacije) mora su također posredno uvjetovane vjetrom. Naime, vjetar nagomilava vodu na obalu ili je potiskuje od obale, te tako nastaje nagib površine mora što uvjetuje pojavu horizontalne komponente gradijenta hidrostatskog tlaka koji generira horizontalno gibanje vodenih čestica.

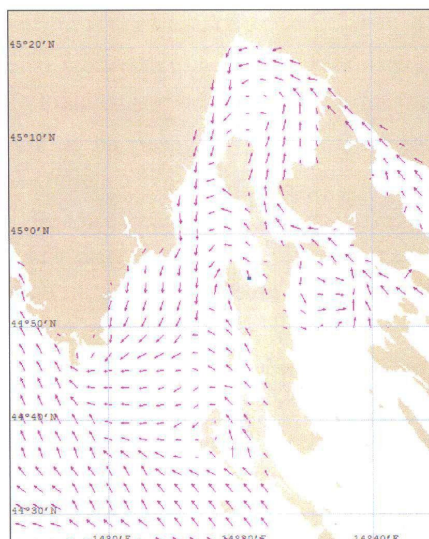
Struje morskih mijena (plime i oseke) nastaju zbog plimnog vala morskih mijena uvjetovanog gravitacionim silama Mjeseca i Sunca.

Struje općeg sustava cirkulacije uvjetovane su djelovanjem Coriolisove sile na riječnu (najviše rijeke Po) vodenu masu koja izlazi iz Jadrana uvjetujući ulaz morske vode kroz Otrantski prolaz u Jadransko more.

Morske struje, zajedno s vjetrom i valovima presudno utječu na kretanje broda bez poriva kao i na kretanje onečišćenja nakon izljeva ulja u more. Morske struje u Kvarneru i Riječkom zaljevu slijede tokove opće cirkulacije i ne prelaze vrijednost od 0,5 čv. Teku u najvećem dijelu vremena u smjeru obrnuto od kazaljka na satu. Glavna Jadranska struja u područje Riječkog zaljeva ulazi najvećim dijelom između otoka Sv. Marka i kopna, malo manji dio između otoka Krk i Sv. Marka te između otoka Cres i Krk. Struja izlazi kroz Vela vrata, brže sa strane Istarskog poluotoka. Rječina utječe na obilježja morske struje uz obalu u neposrednoj blizini terminala. Također, za dužih oborinskih razdoblja može se očekivati pojačana struja, osobito uz Kostrensko pristanište zapad, zbog većeg dotoka Rječine.

Uz obalni pojas Delte morska struja će biti uglavnom WNW smjera brzine do 0,5 čvora. Samo za jakih bura površinski sloj vode može poprimiti brzinu do 1,5 čv.

Prevladavajući smjer morskih struja u području Riječkog zaljeva prikazan je na idućoj slici.



Slika 6. Prevladavajući smjer morskih struja u Kvarneru i Riječkom zaljevu

2.5. MORSKE MIJENE

Morske mijene uvjetovane su gravitacijskim silama Mjeseca i Sunca. Najveće su za sizigija, a najmanje za kvadratura. Za sizigija obično su poludnevnog tipa, a za kvadratura cjelodnevnog. Između sizigija i kvadratura mješovitog su tipa s izrazitom nejednakošću u visini. Općenito, amplitude morskih mijena se povećavaju od juga prema sjeveru. Srednje amplitude kreću se od 0,22 m (Bar) do 0,68 m (Trst). Povećanje tlaka zraka i jaki, dugotrajni sjeverni vjetrovi (bura i tramontana) mogu uzrokovati sniženje razine mora do 0,50 m u južnom i srednjem Jadranu, a u sjevernom Jadranu i do 0,60 m. Također uvjetuju i kašnjenje nastupa voda. Smanjenje tlaka zraka i jaki, dugotrajni južni vjetrovi (jugo, lebić) mogu uzrokovati porast razine mora do 0,80 m u srednjem i južnom Jadranu, a u krajnjem sjevernom Jadranu do 1,50 m, što uzrokuje poplave u nekim lukama.

Za vrijeme kvadratura morske mijene nastupaju duž čitavog jadranskog bazena istovremeno, a za sizigija dolazi do kašnjenja, koja duž jadranske obale, rastu u smjeru obrnutom od smjera vrtnje kazaljka na satu.

Morske mijene u Kvarneru vrlo su slične onima na otvorenom Jadranu. Jedino se za vrijeme jakih i dugotrajnih juga razina vode povisi za nešto više nego na otvorenom moru. Također za puhanja dugotrajnih i jakih bura nivo vode se spusti za nešto više nego na otvorenom dijelu Jadranskog mora. Morske mijene ni u kojem slučaju neće utjecati na pomorski promet u Kvarneru niti u Riječkom zaljevu. U Riječkom zaljevu ti uvjeti mogu izazvati prosječan porast do 1,4 m, a sniženje do 0,3 m u odnosu na hidrografsku nulu.

Hidrografska nula i geodetska nula se međusobno razlikuju za razna mjesta na istočnoj obali Jadrana. Za područje Delte i luke Baroš je geodetska nula 23 cm iznad hidrografske. Isto tako razlikuju se na pojedinim mjestima odnos srednje razine mora i geodetske ili hidrografske nule.

Visina voda na Delti poznata je vrlo točno zahvaljujući mareografskoj stanici u Bakru koja djeluje dugi niz godina. Zahvaljujući toj činjenici može se i sa zadovoljavajućom točnošću prognozirati visinu voda u dugogodišnjim povratnim periodima.

Tablica 9. Vrijednosti visine morske razine (u metrima) u dugogodišnjem povratnom periodu za luku Rijeka

<i>U odnosu na generalni nivelman (m)</i>	<i>Visina voda</i>	<i>U odnosu na hidrografsku nulu (m)</i>
1,35	Visina najviše vode u 100 godišnjem povratnom periodu	1,58
1,31	Visina najviše vode u 50 godišnjem povratnom periodu	1,54
1,25	Visina najviše vode u 20 godišnjem povratnom periodu	1,48
1,20	Visina najviše vode u 10 godišnjem povratnom periodu	1,43
1,14	Visina najviše vode u 5 godišnjem povratnom periodu	1,37
1,09	Visina najviše vode u 2 godišnjem povratnom periodu	1,32
1,05	Visina najviše vode u 1 godišnjem povratnom periodu	1,28
0,50	Srednja razina visokih voda živih morskih mijena	0,73
0,15	Srednja razina mora	0,38
0	Generalni nivelman	0,23
-0,23	Hidrografska nula	0
-0,45	Najniža niska voda u 1 godišnjem povratnom periodu	-0,22
-0,51	Najniža niska voda u 2 godišnjem povratnom periodu	-0,28
-0,56	Najniža niska voda u 5 godišnjem povratnom periodu	-0,33
-0,60	Najniža niska voda u 10 godišnjem povratnom periodu	-0,37
-0,63	Najniža niska voda u 20 godišnjem povratnom periodu	-0,40
-0,67	Najniža niska voda u 50 godišnjem povratnom periodu	-0,44
-0,70	Najniža niska voda u 100 godišnjem povratnom periodu	-0,47

Periodično dizanje i spuštanje razine mora neovisno o plimi i oseci posljedica je djelovanja stojnog vala - seša. Ta je pojava uvjetovana atmosferskim pritiskom i valovima otvorenog mora. Jače je izražen u zatvorenim morima. Za područje Riječkog zaljeva je male amplitude a velikih valnih duljina.

Morske mijene u Riječkom zaljevu vrlo su slične onima na otvorenom Jadranu. Jedino za vrijeme jakih i dugotrajnih juga razina vode se povisi nešto više u odnosu na povećanje na otvorenom moru. Također za puhanja dugotrajnih i jakih bura nivo vode se spusti za nešto više nego na otvorenom dijelu Jadranskog mora.

Za luku Rijeka približno podizanje visine vode uslijed puhanja juga u granicama od 10 do 40 čv može se izračunati po izrazu:

$$AH = 2(t + v)$$

gdje su:

AH - podizanje razine vode u cm

t - vrijeme puhanja vjetra u danima

v - brzina juga u čvorovima

Tablica 10. Podizanje razine vode (u cm) u ovisnosti o jačini juga i vremenu u kojem puše

Vrijeme puhanja juga (u danima)	Brzina juga (u čvorovima)						
	10	15	20	25	30	35	40
1	22	32	42	52	62	72	82
2	24	34	44	54	64	74	84
3	26	36	46	56	66	76	86
4	28	38	48	58	68	78	88
5	30	40	50	50	70	80	90

Pri puhanju dugotrajne bure visina vode se smanjuje. Za jačinu bure od 10 do 40 čv smanjenje razine mora može se približno izraziti izrazom:

$$AH = t + v$$

gdje su:

AH - sniženje vode u cm t - vrijeme puhanja bure u danima v - brzina bure u čvorovima ili prikazati tabelarno kao u sljedećoj tablici.

Tablica 11 Smanjenje razine vode (u cm) u ovisnosti o brzini i vremenu puhanja bure

Vrijeme puhanja bure (dani)	Brzina puhanja bure [čv]						
	10	15	20	25	30	35	40
1	11	16	21	26	31	36	41
2	12	17	22	27	32	37	42
3	13	18	23	28	33	38	43
4	14	19	24	29	34	39	44
5	15	20	25	30	35	40	45

U Tablicama morskih mijena visina plimnog vala dana je za tlak od 1013 hPa. Nivo vode zbog promjene tlaka može se ispraviti približno tako da se za svaki hPa iznad srednjeg tlaka razina vode spusti za 1 crn, a za svaki hPa ispod srednjeg tlaka razina vode povisi za 1 cm. Ovaj ispravak vrijedi tek kad takav promijenjeni tlak traje više dana.

Morske mijene na lokaciji mogu kasniti u odnosu na vrijeme predviđeno u Tablicama morskih mijena uslijed puhanja bure.

Približno kašnjenje morskih mijena u odnosu na brzinu puhanja bure od 20 do 70 čvorova može se dobiti iz izraza:

$$AT = v/2 - 5$$

gdje je:

AT - vrijeme kašnjenja morskih mijena u minutama v - brzina bure u čvorovima

ili prikazati tabelarno kao u sljedećoj tablici.

Tablica 12. Kašnjenje vremena voda (u min) u ovisnosti o brzini bure

Kašnjenje morskih mijena [min]	Brzina puhanja bure [čv]						
	10	15	20	25	30	35	40
	1	3	5	7,5	10	12,5	15

2.6. VIDLJIVOST

Magle u predjelu Kvarnera mogu smanjiti vidljivost do prosječno 8 dana godišnje. Mogu biti lokalnog karaktera, kao na primjer pred lukom Plomin.

U Riječkom zaljevu kao i na području Delte mogu se očekivati u prosjeku do 6 dana godišnje. Na vodoravnu vidljivost osim magle utječu doba dana i padaline. Dobru vidljivost mogu tako znatno umanjiti jaka kiša, tuča ili snijeg. Smanjena vidljivost će biti najčešće za vrijeme strujanja zraka iz SE smjerova. Vidljivost na Delti bit će slična onoj na meteorološkoj postaji Rijeka.

Tablica 13. Broj dana s meteorološkim pojavama koje smanjuju vidljivost za meteorološku postaju Rijeka

Mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	E
Sa snijegom	1,0	1,0	0,0	0,0							0,0	0,3	2,3
Sa maglom	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0	1,0	4,0

Iz priloženih podataka valja zaključiti da su padaline u obliku snijega i tuče u promatranom području slabog intenziteta.

Izradio:

Rene Lustig
dipl. ing. građ.
Ovlašteni inženjer građevinarstva
RIJEKAPROJEKT d.o.o.
Rijeka



Rene Lustig, dipl.ing.građ.

Korišteni projekti i elaborati:

- 1) Sanacija sustava obalozaštite na plato uređaja "Delta"; projekt br. 02-077;
izradio: Rijekaprojekt d.o.o. Rijeka; kolovoz 2002. godine
- 2) Kontejnerski terminal Brajdica, Produženje obale; projekt br. 10427-G32;
izradio: Rijekaprojekt Niskogradnja d.o.o. Rijeka; siječanj 1984. godine
- 3) Mjere maritimne sigurnosti na kontejnerskom terminalu Brajdica;
izradio: Pomorski fakultet u Rijeci; 2008. godine
- 4) Kontejnerski terminal Brajdica; Maritimni elaborat;
izradio: Fakultet za pomorstvo i saobraćaj - Rijeka; 1983. godine