

ZMORAC I KOPNENJAK NA KORNATIMA

Sea/land breeze on the Kornati Islands

IVO LUKŠIĆ

Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Primljeno: 10. ožujka 1997, u konačnom obliku 25. travnja 1997.

Sažetak — Kornati i susjedni otoci slabe utjecaj aktivnog mora, a Vransko jezero utjecaj aktivnog kopna. Osim toga, Kornati su prilično udaljeni od kontinenta. Stoga uvjeti za obalnu cirkulaciju zraka između kontinenta i mora na području Kornata nisu najpovoljniji. Otoci Kornata relativno su mali te mogu pokrenuti vlastitu obalnu cirkulaciju zraka samo na mikroskali. Takva situacija povoljna je za eteziju.

Podaci za Velu Sestricu, Žirje, Biograd, Zadar i 11 drugih postaja ponovno potvrđuju da je za zmorac travanj povoljniji od listopada, a za kopnenjak da je listopad povoljniji od travnja. Uzrok tomu jest razlika između temperature kopna i mora.

Na spomenutim postajama kopnenjak zimi ima povećanje čestine jer je tada kopno općenito hladnije od mora, sunčevo je zračenje smanjeno, a noć je duža.

Gljučne riječi: zmorac, kopnenjak, Kornati.

Abstract — The Kornati archipelago and the neighbouring islands weaken the influence of the active sea while Vransko Jezero (the Vrana lake) weakens the influence of the active land. Moreover, the Kornati islands are rather far from the continent. Accordingly, the conditions for sea/land breeze between the continent and the sea in the Kornati area are not the most favourable. The Kornati islands are relatively small and, therefore, they can induce sea/land breeze only on a microscale. Such a situation is favourable for etesian wind.

The data from the meteorological stations at Vela Sestrica, Žirje, Biograd, Zadar and from 11 other stations reconfirm that April is more favourable than October for the sea breeze but October is more favourable than April for the land breeze. This is caused by the difference between land and sea temperature.

At the mentioned stations, the land breeze frequency increases during winter as the land is then generally cooler than the sea, solar radiation decreases and nights are longer.

Key words: sea breeze, land breeze, Kornati islands.

1. UVOD

U ovom radu opisuju se neke odlike zmorca i kopnenjaka na širem području Kornata. Tu se zbog udaljenih brda utjecaj planinske cirkulacije može zanemariti. Ovaj je rad rezultat dijela istraživanja kojim je cilj detaljnije poznavanje odlika obalne i planinske cirkulacije na različitim mjestima. Namjera je na osnovu tih odlika razraditi sigurniju metodu za razlikovanje obalne cirkulacije od planinske na istočnoj obali Jadrana.

Osnova te metode jesu razlike u godišnjem hodu čestine noćne i danje grane tih dviju cirkulacija (Lukšić, 1989). Metoda će se razraditi na podacima za 7, 14 i 21 h te više prilagoditi tim podacima, jer se za te podatke raspoložuje dužim nizovima i gušćom mrežom postaja. Ta bi metoda trebala omogućiti bolje razumijevanje fizičkih uzroka dnevnih periodičkih vjetrova na našoj obali.

Zmorac ima veću čestinu ljeti kada je više lijepa vremena. Ljeto je povoljno za zmorac također i

zbog jačeg i dužeg zračenja Sunca te zbog toga što je općenito kopno toplije od mora. O odnosu temperature kopna i mora, koji će se često spominjati u ovom radu, govori sličan odnos između temperature zraka i mora (Stipaničić, 1977, grafikoni 1—3; Zore-Armanda, 1978, sl. 8). Lijepa vremena ima najviše u srpnju i kolovozu. Stoga u tim mjesecima zmorca ima najviše — naravno, ako su prilike za zmorac na dotičnom mjestu povoljne te on tu prevladava pri lijepom vremenu. Maksimalna čestina zmorca koji ne pada u srpanj ili kolovoz može dakle biti znak da uvjeti za zmorac nisu najpovoljniji.

Kopno hladnije od mora, slabije i kraće sunčevo zračenje te dulje noći povoljni su zimi za kopnenjak (Lukšić, 1995). Stoga kopnenjak zimi ima povećanje čestine. Ljeto, posebno srpanj i kolovoz, povoljni su za kopnenjak samo zbog češćeg lijepa vremena, dok je ljeto za zmorac višestruko povoljno. To je svakako jedan od razloga da ljeti zmorac ima veće brzine i dimenzije nego kopnenjak (Lukšić, 1968, tab. 1 i 3; Lukšić, 1979, sl. 4; Lukšić, 1995, tab. 3 i 5). Zbog ljetnih i zimskih povoljnosti za kopnenjak godišnji hod čestine kopnenjaka složeniji je od godišnjeg hoda čestine zmorca. To osobito vrijedi ako se čestina kopnenjaka odnosi na termine 7 i 21 h. Naime, u jednom dijelu godine termin 7 h pada prije izlaska Sunca a u drugom poslije izlaska Sunca, dok se u terminu 21 h ljeti tek uspostavlja noćna situacija. Zbog složenijeg godišnjeg hoda kopnenjaka teže je na temelju tog hoda zaključivati o prilikama povoljnim ili nepovoljnim za kopnenjak na nekom mjestu.

Izraženost obalne cirkulacije na nekoj postaji može se također procijeniti i na temelju odlike obalne cirkulacije utvrđene u Govedarima na Mljetu (Lukšić, 1995). U Govedarima naime ima više sustava obalne cirkulacije. Prevladavajući sustav ima često u jednom danu i noćnu i danju granu, tj. smjenu kopnenjak—zmorac—kopnenjak. Slabije izraženi sustavi obalne cirkulacije rijetko imaju u jednom danu i noćnu i danju granu. Razlog je tomu taj što na slabije izražene sustave obalne cirkulacije više utječu druga strujanja, a ona mogu različito utjecati na noćnu i danju granu.

Mjesečni srednjak razlike između temperature kopna i mora veći je u travnju nego u listopadu. Travanj je dakle sličniji danjoj a listopad noćnoj situaciji. Stoga je zmorac u travnju češći nego u listopadu, a kopnenjak je u listopadu češći nego u travnju (Lukšić, 1989, 1995).

Odnos čestina u travnju i listopadu poslužiti će za

identifikaciju zmorca i kopnenjaka na kornatskom području. Stoga će se u narednim retcima pokazati da su to općenita i karakteristična svojstva. Na to upućuju i podaci brojnih postaja u radu Atkinsona (1981) iako sam autor to nije komentirao. Pokazat će se isto i na postajama šireg kornatskog područja. Općenitost tih svojstava potvrđuju također i podaci svih postaja na obali od Makarske do Šibenika i uz tu obalu, a koje imaju barem 20-godišnji niz motrenja, te podaci jedne postaje na južnom Jadranu (Dubrovnik) i dviju na sjevernom (Rijeka i Rovinj).

U tablici 1 za svaku od tih postaja prikazane su relativne čestine glavnog smjera kopnenjaka u 7 i 21 h, te glavnog smjera zmorca u 14 h. Za kopnenjak to su relativne čestine pri naoblaci 0—2 desetine neba i jačini vjetra 1—2 bofora, a za zmorac to su relativne čestine pri naoblaci 0—3 desetine neba i jačini vjetra 3—4 bofora. Očekuje se da je u tim razredima naoblake i jačine vjetra kopnenjak ili zmorac na dotičnim postajama čest. Za kopnenjak su uzete manje jačine da se što više isključi bura, a za zmorac veće da se dobiju slučajevi dobro razvijenog zmorca. Takvu zmorcu odgovara i jači danji razvoj naoblake pa je za zmorac uključena i naoblaka 3 desetine neba. Relativne čestine su u promilima svih slučajeva (naoblaka 0—10 desetina neba, jačina 0—12 bofora) u dotičnom terminu i u dotičnom mjesecu.

Na svih 11 postaja smjer kopnenjaka u listopadu je češći nego u travnju, a smjer zmorca, uz izuzetak Jelse, u travnju je češći nego u listopadu. U Jelsi zmorac i bura imaju isti smjer pa je u tablici 1 u slučaju Jelse u 14 h prisutan i utjecaj slabe bure, koja je kao i kopnenjak češća u listopadu nego u travnju. Ako se bura isključi, ostaje zmorac, koji je i u Jelsi u travnju češći nego u listopadu.

Maksimumi čestine kopnenjaka padaju u mjesec od srpnja do veljače. To je posljedica lijepa vremena (osobito u srpnju i kolovozu), zimskih povoljnosti za kopnenjak i kombinacije tih utjecaja. Srednja čestina kopnenjaka za sve postaje povećana je na početku godine i u drugoj polovici godine.

Maksimumi čestine zmorca padaju u srpanj ili kolovoz. Izuzetak je Jelsa. Srednja čestina zmorca za sve postaje povećana je od travnja do rujna.

Kornati su otočna skupina između Dugog otoka i Žirja (sl. 1). Na tom području danju je povećana čestina vjetra prema kontinentu a noću čestina suprotnog vjetra. To pokazuje da je aktivno more

Tablica 1. Relativne čestine (promili) smjera kopnenjaka (naoblaka 0—2 desetine neba, jačina 1—2 bofora) i smjera zmorca (naoblaka 0—3 desetine neba, jačina 3—4 bofora).

Table 1. The per mille frequencies of land breeze wind direction (cloudiness 0—2 tenths, wind force 1—2 Beauforts) and sea breeze wind direction (cloudiness 0—3 tenths, wind force 3—4 Beauforts).

postaja, razdoblje	termin	smjer	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
DUBROVNIK (1946-1994)	7 h	N	41	33	26	23	10	7	22	37	54	38	35	46
	14 h	WSW	1	4	11	10	8	12	18	15	8	7	3	2
	21 h	N	46	46	36	27	20	37	49	49	44	57	50	52
MAKARSKA (1941-1994)	7 h	NE	33	30	25	28	31	32	57	81	58	49	42	33
	14 h	SW	2	4	8	17	15	14	20	30	16	9	4	2
	21 h	NE	29	37	32	35	15	35	29	48	40	50	41	39
SPLIT MARJAN (1946-1994)	7 h	NE	55	57	74	58	49	72	111	151	146	95	50	49
	14 h	SW	1	8	32	49	74	114	175	173	63	14	1	1
	21 h	NE	53	37	26	25	26	20	36	31	32	58	51	54
KAŠTEL STARI (1941-1971)	7 h	NE	77	51	39	32	27	29	57	46	36	55	64	71
	14 h	SW	0	1	10	35	44	88	145	110	32	3	0	0
	21 h	NE	119	98	101	72	66	68	126	130	100	97	85	90
SPLIT AERODROM (1966-1994)	7 h	N	51	41	36	27	14	28	41	41	56	39	55	60
	14 h	SW	5	17	36	56	77	96	167	162	111	21	4	0
	21 h	N	61	49	66	45	50	44	65	71	78	74	42	59
ŠIBENIK (1946-1994)	7 h	NE	14	18	19	23	13	27	35	36	33	28	18	16
	14 h	SW	0	1	9	16	22	30	43	38	20	5	0	1
	21 h	NE	25	33	28	25	19	15	22	28	32	40	29	31
JELSA (1963-1994)	7 h	SW	81	58	52	47	39	20	55	84	105	86	74	66
	14 h	NE	61	68	71	61	52	63	92	79	107	66	51	41
	21 h	SW	104	87	89	105	139	145	164	170	159	147	109	98
BOL (1963-1994)	7 h	NE	115	125	88	70	77	107	168	129	135	118	82	134
	14 h	WSW	4	7	11	26	29	32	34	39	17	6	5	1
	21 h	NE	134	121	112	87	78	74	82	73	98	116	129	148
SUTIVAN (1957-1994)	7 h	SW	48	51	57	37	27	22	28	46	46	53	61	52
	14 h	NW	8	19	25	26	37	46	60	65	31	11	4	10
	21 h	SW	158	151	172	179	223	246	320	322	282	244	195	153
RIJEKA (1946-1994)	7 h	NE	79	74	57	63	49	62	97	105	103	103	64	84
	14 h	SW	0	3	2	4	4	7	8	7	4	1	1	0
	21 h	NE	118	117	89	89	95	93	111	122	133	121	90	104
ROVINJ (1949-1994)	7 h	NE	119	129	102	52	54	53	80	97	107	103	104	87
	14 h	SW	3	7	9	20	23	38	52	25	20	15	2	2
	21 h	NE	112	114	97	88	101	101	109	122	119	106	88	101
srednjak za 7 h			65	61	52	42	35	42	68	78	80	70	59	63
srednjak za 14 h			8	13	20	29	35	49	74	68	39	14	7	5
srednjak za 21 h			87	81	77	71	76	80	101	106	102	101	83	84

obližnji dio Jadranskog mora, a aktivno kopno obližnji dio kontinenta. Aktivno more i aktivno kopno jesu područja mora i kopna koja imaju različite temperature te na taj način pokreću obalnu cirkulaciju zraka (Lukšić, 1995).

Kornatski i susjedni otoci slabe utjecaj aktivnog mora u obalnoj cirkulaciji između kontinenta i Jadranskog mora na više načina:

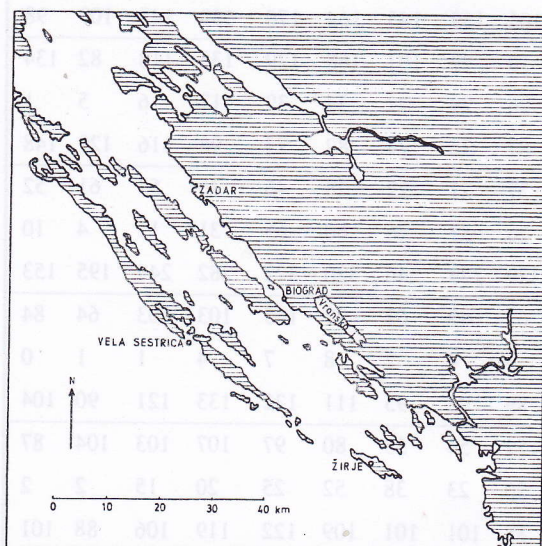
- otoci imaju različita fizička svojstva od okolnog aktivnog mora,
- otoke obično prati manja dubina mora,
- otoci su prepreka jačem utjecaju otvorenog i dubokog mora na priobalno i plitko more, te na zrak iznad tog mora.

Na kopnenom području Vransko jezero slabi utjecaj aktivnog kopna.

Osim toga, uvjeti za obalnu cirkulaciju bili bi povoljniji da su Kornati bliže obali, odnosno da se nalaze južnije, jer obalna cirkulacija slabi prema otvorenom moru i sjeveru (Penzar i dr., 1988).

Zbog svega toga slabiji su uvjeti za obalnu cirkulaciju zraka između kontinenta i Jadranskog mora na području Kornata.

Za ovaj rad korišteni su podaci ovih postaja i razdoblja: Vela Sestrica (1971—1994), Žirje (1963—1967), Biograd (1953—1994), Zadar (1946—1994), Govedari (1960—1994), Palagruža (1949—1992), te podaci postaja koje su navedene



Slika 1. Kornati i okolno područje.

Figure 1. The Kornati islands and their surroundings.

u tablici 1. Položaj postaja na širem području Kornata označen je na slici 1.

Prvi korak u ovom proučavanju odlika zmorca i kopnenjaka bit će odabir slučajeva koji su za njih povoljni pa su tada i česti. To su slučajevi relativno manje naoblake i slabije jačine vjetra, te u vezi s tim i slučajevi sa slabijim gradijentom tlaka zraka. Zbog uvjeta izbora, pored zmorca i kopnenjaka, u tim slučajevima bit će etezije, slabe anticiklonalne bure i slabog anticiklonalnog juga. Budući da bura i kopnenjak često imaju isti smjer, posebna pažnja obratit će se utjecaju slabe bure.

Ocijenilo se da su za zmorac i kopnenjak na širem području Kornata povoljni slučajevi naoblake 0—1 desetina neba i jačine vjetra 1—3 bofora. Stoga će se u ovom radu ispitati svojstva zmorca i kopnenjaka na širem području Kornata u takvim slučajevima. U skladu s time, u tablicama 2, 5, 7 i 9 prikazane su relativne čestine smjerova vjetra za slučajeve (u daljnjem tekstu: izabrani slučajevi) s naoblakom 0—1 desetina neba i jačinom vjetra 1—3 bofora, i to u promilima svih slučajeva koji obuhvaćaju naoblaku 0—10 desetina neba i jačinu vjetra 0—12 bofora u dotičnom terminu i dotičnom mjesecu.

Napomena zmorac, kopnenjak ili etezija u tablicama 2, 5, 7 i 9 upućuje na to da u dotičnom smjeru prevladava naznačeni vjetar.

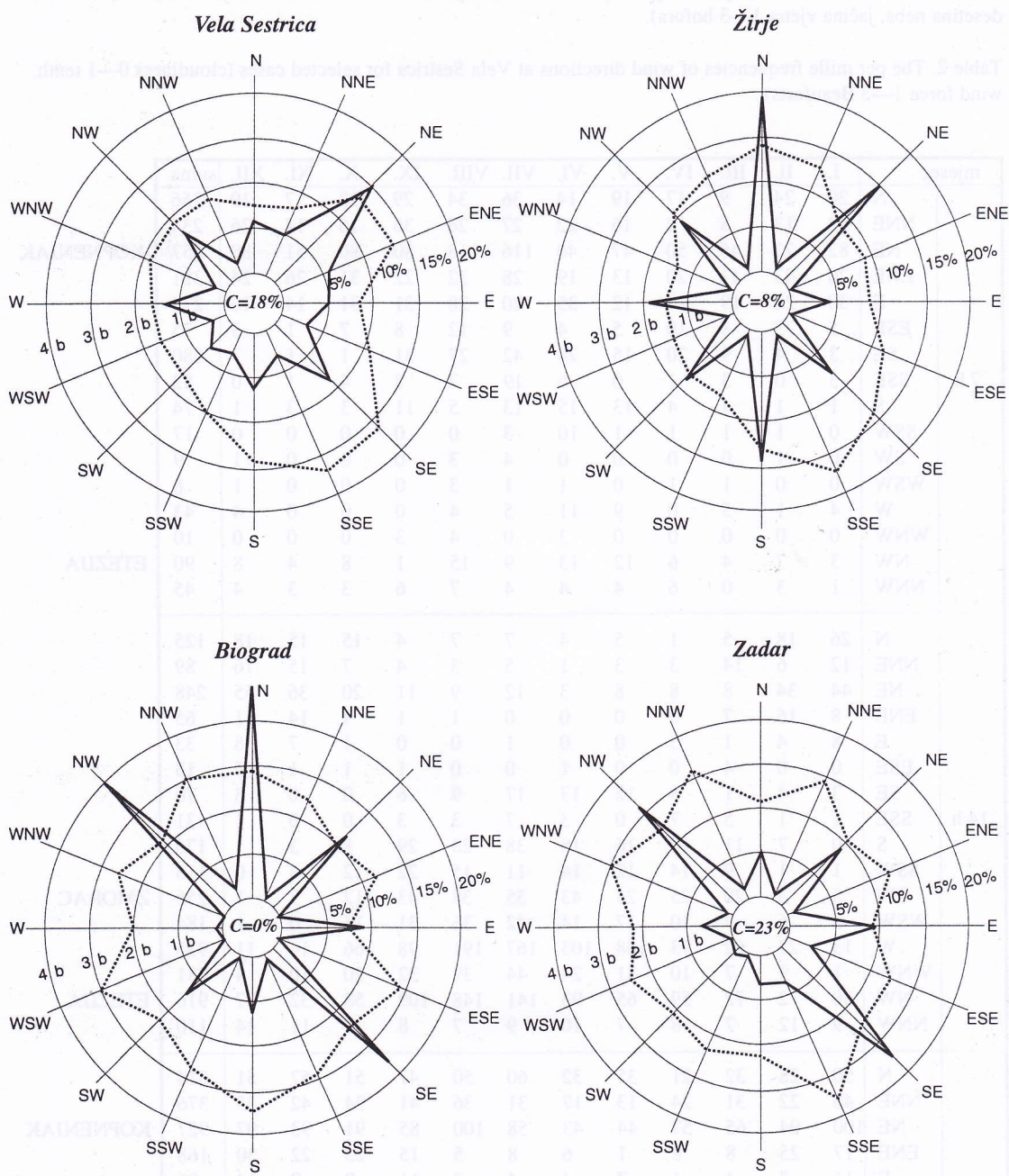
U tablicama 2, 5, 7 i 9 kao i na slici 2 jasno se vidi da motritelji neprecizno određuju smjer vjetra, tj. imaju naklonost prema jednoslovnim i dvoslovnim smjerovima vjetra, a na račun troslovnih. To umanjuje jasnoću slike o zmorcu i kopnenjaku. Tu jasnoću na Žirju dodatno umanjuje i kratkoća razdoblja.

2. OBALNA CIRKULACIJA ZRAKA NA VELOJ SESTRICI

Otočić Vela Sestrica nalazi se na sjeverozapadnoj strani Kornata. Jači i češći vjetrovi tu su bura iz NE i jugo iz SE kvadranta (sl. 2). Slabiji su vjetrovi etezija, zmorac i kopnenjak.

U 7 i 21 h u izabranim slučajevima na Veloj Sestrici prema tablici 2 kopnenjak prevladava u NE smjeru vjetra. Taj zaključak temelji se na ovome:

- vjetar NE smjera puše od kontinenta prema moru,



LEGENDA: — čestina (%) srednja jačina u boforima (b) C čestina tišine

Slika 2. Godišnje ruže vjetra za Velu Sestricu, Žirje, Biograd i Zadar.

Figure 2. The annual wind roses for Vela Sestrica, Žirje, Biograd and Zadar.

Tablica 2. Relativne čestine smjerova vjetra (promili) na Veloj Sestrici u izabranim slučajevima (naoblaka 0—1 desetina neba, jačina vjetra 1—3 bofora).

Table 2. The per mille frequencies of wind directions at Vela Sestrica for selected cases (cloudiness 0—1 tenth, wind force 1—3 Beauforts).

mjesec		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	suma	
7 h	N	20	24	9	17	19	14	36	34	29	18	17	19	256	KOPNENJAK
	NNE	22	13	8	8	16	22	27	26	36	16	14	26	234	
	NE	82	72	46	50	47	40	116	113	80	80	51	80	857	
	ENE	20	43	43	20	13	19	28	32	22	31	26	24	321	
	E	30	24	19	14	12	35	20	28	31	31	14	16	274	
	ESE	5	3	8	10	5	4	9	12	8	7	1	3	75	
	SE	3	4	9	20	15	24	42	27	31	1	1	3	180	
	SSE	3	0	3	1	0	6	19	7	8	4	1	0	52	
	S	1	1	4	4	13	15	13	5	11	3	3	1	74	
	SSW	0	1	1	1	1	10	3	0	0	0	0	0	17	
	SW	0	1	0	0	0	0	4	3	0	0	0	1	9	
	WSW	0	0	1	1	0	1	1	3	0	0	0	1	8	
	W	4	1	5	0	9	11	5	4	0	0	0	4	43	
	WNW	0	0	0	0	0	3	0	4	3	0	0	0	10	
NW	3	7	4	6	12	13	9	15	1	8	4	8	90	ETEZIJA	
NNW	1	3	0	6	4	4	4	7	6	3	3	4	45		
14 h	N	26	18	5	1	5	4	7	7	4	15	15	18	125	ZMORAC
	NNE	12	6	14	3	3	1	5	3	4	7	15	16	89	
	NE	44	34	8	8	8	3	12	9	11	20	36	55	248	
	ENE	8	16	7	0	0	0	0	1	1	7	14	11	65	
	E	8	4	1	3	0	0	1	0	0	1	7	8	33	
	ESE	0	0	4	0	0	1	0	0	1	1	1	5	13	
	SE	3	4	1	8	12	13	17	9	6	0	0	3	76	
	SSE	1	1	5	7	0	3	7	3	3	0	0	1	31	
	S	0	7	11	17	16	18	38	28	29	8	3	1	176	
	SSW	1	1	9	14	12	14	11	15	22	12	4	0	115	
	SW	5	3	20	25	23	43	35	38	43	12	7	1	255	
	WSW	3	6	9	10	17	14	42	36	31	15	0	1	184	
	W	13	27	62	73	108	103	167	191	98	66	14	11	933	
	WNW	1	9	7	10	31	24	44	39	32	20	10	4	231	
NW	30	72	72	59	65	93	141	148	109	58	32	37	916	ETEZIJA	
NNW	9	12	7	8	7	10	9	7	8	8	11	14	110		
21 h	N	50	28	32	21	35	32	60	50	47	51	57	51	514	KOPNENJAK
	NNE	40	22	31	24	13	17	31	36	41	34	42	45	376	
	NE	100	94	65	57	44	43	58	100	85	91	93	97	927	
	ENE	17	25	8	8	1	6	8	5	15	23	22	30	168	
	E	11	7	4	1	7	4	4	7	11	9	7	14	86	
	ESE	4	4	3	3	1	0	4	0	6	7	6	5	43	
	SE	7	6	11	15	8	11	17	7	22	12	4	3	123	
	SSE	1	1	15	4	4	7	5	7	4	0	4	0	52	
	S	5	6	11	15	24	17	24	13	24	15	7	8	169	
	SSW	3	7	8	6	9	10	4	7	3	4	0	1	62	
	SW	5	1	9	7	3	10	11	13	4	3	7	0	73	
	WSW	1	0	4	1	3	3	7	5	4	3	3	0	34	
	W	3	4	15	17	28	43	54	39	25	11	4	1	244	
	WNW	4	4	3	10	16	8	17	11	6	4	1	1	85	
NW	12	25	28	35	46	42	62	90	45	26	13	23	447	ETEZIJA	
NNW	15	16	14	11	9	7	17	20	15	12	17	9	162		

— NE smjer vjetra ima najveću sumu čestine,
— čestina NE smjera vjetra povećana je na početku godine i u drugoj polovici godine, odnosno veća je u listopadu nego u travnju.

U izabranim slučajevima čestina NE smjera vjetra u 21 h manja je ljeti nego zimi. To pokazuje da ljeti u 21 h kopnenjak NE smjera često još ne dopire do Vele Sestrice. Razlozi su zalazak Sunca prije nepuna 2 sata i prilična udaljenost Vele Sestrice od obalne crte, koja dijeli aktivno kopno od aktivnog mora. To je slično kao u Govedarima na Mljetu (Lukšić, 1995).

U 21 h u izabranim slučajevima čest je NW smjer vjetra u kojem prevladava etezija.

Zmorac u 14 h na Veloj Sestrici u izabranim slučajevima ima najčešće SW smjer vjetra. Naime:

- vjetar SW smjera puše od mora prema kontinentu.
- SW smjer vjetra ima u travnju veću čestinu nego u listopadu,
- SW smjer vjetra ima povećanu čestinu u ljetnom polugodištu,
- u lipnju i rujnu SW smjer vjetra ima maksimum čestine.

SW smjer zmorca nema veliku čestinu i nema maksimum u srpnju ili kolovozu. Razlog su nepovoljno djelovanje Kornata, susjednih otoka i Vranskog jezera na obalnu cirkulaciju zraka između kontinenta i mora, te prilična udaljenost od kontinenta. Zbog toga, kao i zbog manje naoblake te slabije jačine vjetra u izabranim slučajevima,

česta je etezija iz NW smjera u tim slučajevima. Posebno je česta u 14 h, jer konvektivne struje, koje nastaju zbog zagrijavanja zemljine površine, uzrokuju tada jače miješanje prizemnih slojeva zraka s etezijom na visini.

Velika čestina W smjera u 14 h može se objasniti utjecajem i zmorca i etezije, ali i sklonošću motritelja prema jednoslovnim smjerovima vjetra.

Na Veloj Sestrici NE smjer kopnenjaka u 7 ili 21 h ima gotovo u svim mjesecima veću čestinu nego SW smjer zmorca u 14 h. U zimskom polugodištu (listopad—ožujak) to je posljedica zimskih povoljnosti za kopnenjak. U ljetnom polugodištu to je posljedica veće čestine etezije pri tlu u 14 h.

Doprinos slabe bure u NE smjeru vjetra prilično je malen u izabranim slučajevima. Srednja godišnja jačina NE smjera vjetra u izabranim slučajevima u 7 h jest 1,6 bofora, a u 21 h 1,7 bofora. Za siječanj odgovarajuće vrijednosti za 7 i 21 h jednake su i iznose samo 1,5 bofora. Te srednje jačine vjetra osjetno su niže od srednje jačine NE smjera vjetra za sve slučajeve (sl. 2).

Jačina zmorca obično je veća od jačine kopnenjaka. Međutim, srednja godišnja jačina SW smjera zmorca u 14 h u izabranim slučajevima iznosi samo 1,1 bofor, tj. manja je od srednje godišnje jačine NE smjera kopnenjaka u 7 ili 21 h u izabranim slučajevima. To se može objasniti jačim utjecajem etezije u 14 h, ali ipak je možda i znak da utjecaj slabe bure u NE smjeru vjetra u 7 i 21 h u izabranim slučajevima nije sasvim neznatan.

Tablica 3. Srednjaci naoblake i vektorski srednjaci vjetra za tri grupe dana s kopnenjakom ili zmorcem, Govedari.

Table 3. The cloudiness averages and mean wind vectors, for three groups of days with land breeze or sea breeze, Govedari.

grupa dana		I			II			III		
uvjeti	mjesec	IV—X			IV—X			IV—X		
izbora	termin	7 h			14 h			21 h		
dana	smjer vjetra	NE			SW			NE		
u	naoblaka (desetina neba)	0—1			0—1			0—1		
grupi	jačina vjetra (bofori)	1—3			1—3			1—3		
broj odabranih dana		442			621			321		
termin		7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h
srednja naoblaka (desetina neba)		0,3	1,0	0,9	1,1	0,4	0,6	2,1	1,7	0,2
modul vektorskog srednjaka vjetra (ms^{-1})		2,0	1,4	0,6	0,9	2,3	0,3	1,8	1,3	1,7
azimut vektorskog srednjaka vjetra ($^{\circ}$)		45	239	18	10	225	34	20	245	45
stalnost vektorskog srednjaka vjetra (%)		100	53	55	56	100	42	68	40	100
srednja brzina (ms^{-1})		2,0	2,6	1,0	1,6	2,3	0,7	2,6	3,2	1,7

Tablica 4. Srednjaci naoblake i vektorski srednjaci vjetra za tri grupe dana s kopnenjakom ili zmorcem, Vela Sestrica.

Table 4. The cloudiness averages and mean wind vectors, for three groups of days with land breeze or sea breeze, Vela Sestrica.

grupa dana		I			II			III		
uvjeti	mjesec	IV—X			IV—X			IV—X		
izbora	termin	7 h			14 h			21 h		
dana	smjer vjetra	NE			SW			NE		
u	naoblaka (desetina neba)	0—1			0—1			0—1		
grupi	jačina vjetra (bofori)	1—3			1—3			1—3		
broj odabranih dana		386			160			350		
termin		7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h
srednja naoblaka (desetina neba)		0,2	0,8	0,6	1,4	0,3	1,3	3,2	2,3	0,2
modul vektorskog srednjaka vjetra (ms ⁻¹)		1,7	1,6	0,8	0,4	1,0	0,1	2,2	1,6	2,1
azimut vektorskog srednjaka vjetra (°)		45	305	18	95	225	160	47	337	45
stalnost vektorskog srednjaka vjetra (%)		100	78	69	51	100	25	82	59	100
srednja brzina (ms ⁻¹)		1,7	2,1	1,2	0,8	1,0	0,6	2,7	2,6	2,1

U Govedarima na otoku Mljetu osnovni i prevladavajući sustav obalne cirkulacije ima kopnenjak NE smjera i zmorac SW smjera (Lukšić, 1995). Za dane od travnja do listopada u kojima je u 7 h u Govedarima zabilježen NE smjer kopnenjaka, i to uz naoblaku 0—1 desetina neba i jačinu vjetra 1—3 bofora, izračunati su srednjaci naoblake, te vektorski i skalarni srednjaci vjetra za 7, 14 i 21 h. Isto je izračunato i za dane sa SW smjerom zmorca u 14 h pri naoblaci 0—1 desetina neba i jačini vjetra 1—3 bofora, odnosno za dane s NE smjerom kopnenjaka u 21 h pri naoblaci 0—1 desetina neba i jačini vjetra 1—3 bofora (tab. 3). U svim trima grupama dana u Govedarima u 7 i 21 h u vektorskim srednjacima vjetra prevladava NE kopnenjak, a u 14 h SW zmorac. To znači da se noćna i danja grana osnovnog i prevladavajućeg sustava obalne cirkulacije često pojavljuju u istom danu, odnosno da je taj sustav obalne cirkulacije u Govedarima postojan i izrazit.

Slični podaci za Velu Sesticu to ne pokazuju (tab. 4). U danima s NE kopnenjakom u 7 h ne dolazi do izražaja SW zmorac u 14 h već NW etezija. Ona je česta u odabranim danima zbog istih razloga kao i u izabranim slučajevima. Slično je i u danima s NE kopnenjakom u 21 h. U danima sa SW zmorcem u 14 h u jutarnjem i večernjem terminu ne prevladava NE kopnenjak, a vrijednosti modula i skalarnog srednjaka brzine veoma su male. To pokazuje da je na Veloj Sestrici SW zmorac u tim danima moguć jer nema jačeg općeg strujanja. Smjer vektorskog srednjaka vjetra iz SE kvadranta u 7 i 21 h u odabranim danima sa SW zmorcem u 14 h pokazuje da je etezija iz NW smje-

ra u tim danima neobično rijetka. Očito je i to omogućilo pojavu zmorca na Veloj Sestrici.

Budući se noćna i danja grana rjede pojavljuju u istom danu, može se reći da sustav obalne cirkulacije na Veloj Sestrici nije postojan i izrazit.

3. OBALNA CIRKULACIJA ZRAKA NA ŽIRJU

Otok Žirje nalazi se jugoistočno od Kornata. Otoci između Žirja i kontinenta, a također i sam otok Žirje, slabe obalnu cirkulaciju zraka između kontinenta i mora. Međutim, otok Žirje udaljen je od obale kontinenta manje nego Vela Sestrica. Dakle, što se tiče obalne cirkulacije između kontinenta i Jadranskog mora, otok Žirje nalazi se u nešto povoljnijoj situaciji.

Jači i češći vjetrovi na Žirju su bura iz N kvadranta i jugo iz SE kvadranta (sl. 2). Slabiji su vjetrovi etezija, zmorac i kopnenjak.

U 7 i 21 h u izabranim slučajevima najviše kopnenjaka ima u NE smjeru vjetra (tab. 5). Potvrđuju to ove činjenice:

- vjetar NE smjera puše od kontinenta prema moru,
- u 7 h najveću sumu čestine ima NE smjer vjetra,
- u 21 h suma čestine NE smjera vjetra nešto je povećana,
- čestina NE smjera vjetra povećana je na početku godine i u drugoj polovici godine, te je u listopadu veća nego u travnju.

Povećana čestina N smjera vjetra u srpnju, kolovozu i rujnu u 7 h dovodi se u vezu s pojačanim utjecajem kopnenjaka u tim mjesecima. Naime, u tim mjesecima u izabranim slučajevima srednja jačina N smjera vjetra mala je i kreće se od 1,4 do 1,7 bofora. To se ne bi moglo reći za N smjer vjetra u siječnju. Tada njegova srednja jačina u izabranim slučajevima iznosi 2,8 bofora, što ukazuje na znatan utjecaj slabe bure u N smjeru vjetra.

U 21 h u izabranim slučajevima kopnenjak NE smjera u ljetnom polugodištu često još ne dopire do Žirja, te je čestina NE smjera vjetra sasvim mala. Znatno je manja nego u zimskom polugodištu. Slično dakle kao na Veloj Sestrici i u Govedarima na Mljetu. Zbog toga je i ukupna čestina NE smjera vjetra tek nešto malo povećana.

Zbog kašnjenja kopnenjaka u izabranim slučajevima od ožujka do rujna u 21 h prevladava etezija W, WNW ili NW smjera.

U čestinama smjerova vjetra N i NNE u 7 i 21 h ima utjecaja kopnenjaka, ali ima i relativno više utjecaja slabe bure.

Zmorac je u izabranim slučajevima na Žirju najviše prisutan u SW smjeru vjetra. Taj zaključak temelji se na ovome:

- vjetar SW smjera puše od mora prema kontinentu,
- suma čestine SW smjera vjetra jest najveća,
- čestina SW smjera vjetra veća je u travnju nego u listopadu,
- čestina SW smjera vjetra povećana je u ljetnom polugodištu,
- SW smjer vjetra ima maksimum čestine u srpnju.

Na Žirju je čestina zmorca, koji puše od Jadranskog mora prema kontinentu, u 14 h osjetno veća nego na Veloj Sestrici.

Povećana čestina W smjera vjetra u 14 h može biti posljedica utjecaja i zmorca i etezije, ali i naklonosti motritelja prema jednoslovnim smjerovima vjetra.

Zbog ljetnih povoljnosti za zmorac i slabijeg utjecaja etezije na Žirju SW smjer zmorca u 14 h u ljetnom polugodištu (travanj—rujan) ima uglavnom veću čestinu nego NE smjer kopnenjaka u 7 ili 21 h. U zimskom je polugodištu obrnuto zbog zimskih povoljnosti za NE kopnenjak.

U tablici 5 ne vidi se neki smjer vjetra koji bi ukazivao na postojanje zmorca ili kopnenjaka

između kopna otoka Žirje i okolnog mora. Međutim, na povoljnom mjestu i u povoljnoj vremenskoj situaciji otok Žirje i okolno more mogli bi aktivirati obalnu cirkulaciju zraka (Lukšić, 1995). Zbog malih dimenzija otoka ta cirkulacija može biti samo mikrorazmjera. Takva cirkulacija ne mora ostaviti osjetnog traga u podacima meteorološke postaje. Slično vrijedi i za Kornatske otoke.

I na Žirju je utjecaj slabe bure u NE smjeru vjetra u izabranim slučajevima malen. Srednja godišnja jačina NE smjera vjetra u izabranim slučajevima u 7 i 21 h jednaka je i iznosi 1,5 bofora. U siječnju u 7 h odgovarajuća srednja jačina iznosi 1,9 bofora, a u 21 h 1,7 bofora. Te srednje jačine vjetra osjetno su manje od srednje jačine N smjera vjetra za sve slučajeve (sl. 2). U N smjeru vjetra bura ima najviše utjecaja.

Srednja godišnja jačina SW smjera zmorca u 14 h u izabranim slučajevima iznosi 1,6 bofora. Ona je dakle veća od odgovarajućih srednjaka za NE smjer kopnenjaka u izabranim slučajevima u 7 i 21 h. To je posljedica povoljnijih uvjeta za zmorac na Žirju. To također pokazuje da je utjecaj slabe bure u NE smjeru kopnenjaka u izabranim slučajevima zaista malen.

Zbog općenito veće jačine zmorca od kopnenjaka srednja jačina zmorca može se uzeti kao približna granica između kopnenjaka i slabe bure. To ima smisla samo na postajama gdje je srednja jačina zmorca veća od srednje jačine kopnenjaka. Ako je srednja jačina zmorca znatno veća od srednje jačine kopnenjaka, ta granica može se spustiti za prikladni iznos. Na toj osnovi moguće je razraditi riješenje problema razlikovanja slabe bure od kopnenjaka (Poje, 1995).

Za dane od travnja do listopada u kojima je u 7 h (14 h, 21 h) na Žirju uz naoblaku 0—1 desetina neba i jačinu vjetra 1—3 bofora zabilježen NE smjer kopnenjaka (SW smjer zmorca, NE smjer kopnenjaka) srednjake naoblake, vektorske i skalarne srednjake vjetra za 7, 14 i 21 h prikazuje tablica 6. U svim trima grupama dana u 14 h prevladava SW zmorac. To pokazuje još jednom da je utjecaj SW zmorca na Žirju jači nego na Veloj Sestrici. Obrnuto vrijedi za eteziju. Međutim, u 7 i 21 h NE kopnenjak prevladava samo u jednom od četiri termina (ne uvažava se termin 7 h u prvoj i termin 21 h u trećoj grupi u kojima zbog uvjeta izbora dana mora prevladati NE kopnenjak). Prema tome, obalna cirkulacija na Žirju nije sasvim postojana i izrazita.

Tablica 6. Srednjaci naoblake i vektorski srednjaci vjetra za tri grupe dana s kopnenjakom ili zmorcem, Žirje.

Table 6. The cloudiness averages and mean wind vectors, for three groups of days with land breeze or sea breeze, Žirje.

grupa dana		I			II			III		
uvjeti	mjesec	IV—X			IV—X			IV—X		
izbora	termin	7 h			14 h			21 h		
dana	smjer vjetra	NE			SW			NE		
u	naoblaka (desetina neba)	0—1			0—1			0—1		
grupi	jačina vjetra (bofori)	1—3			1—3			1—3		
broj odabranih dana		97			129			18		
termin		7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h
srednja naoblaka (desetina neba)		0,1	1,1	1,3	0,8	0,1	0,9	2,4	2,3	0,1
modul vektorskog srednjaka vjetra (ms^{-1})		1,3	1,1	0,4	0,9	1,7	0,5	0,6	1,4	1,5
azimut vektorskog srednjaka vjetra ($^{\circ}$)		45	219	330	8	225	298	96	188	45
stalnost vektorskog srednjaka vjetra (%)		100	60	27	66	100	48	21	47	100
srednja brzina (ms^{-1})		1,3	1,8	1,4	1,3	1,7	1,1	2,7	3,0	1,5

4. OBALNA CIRKULACIJA ZRAKA U BIOGRADU

Biograd se nalazi na obali kontinenta, nasuprot sjeverozapadnog dijela Kornata. S obzirom na obalnu cirkulaciju i on je u nepovoljnom položaju zbog brojnih otoka u blizini. Ipak, Biograd se nalazi na samoj obalnoj crti, koja dijeli aktivno kopno od aktivnog mora. U tom je pogledu, što se tiče obalne cirkulacije, u povoljnijem položaju od Žirja. Usporedba tablice 5 za Žirje s tablicom 7 za Biograd pokazuje da u Biogradu kopnenjaka doista ima više, osobito u 21 h, ali u 14 h zmorca ima manje a etezije više nego na Žirju. Očito danje zagrijavanje kontinenta i brojnih otoka ispred Biograda uzrokuje konvektivna strujanja i jače mješanje prizemnih slojeva zraka s etezijom na visini.

Jači i češći vjetrovi u Biogradu su bura iz N kvadranta i jugo iz S kvadranta (sl. 2), a slabiji su etezija, zmorac i kopnenjak.

Vjetar N smjera u Biogradu u 7 i 21 h u izabranim slučajevima (tab. 7) jest kopnenjak po ovim odlikama:

- puše od kontinenta prema moru,
- ima najveću sumu čestine,
- ima povećanu čestinu na početku godine i u drugoj polovici godine, odnosno veću čestinu u listopadu nego u travnju.

Manje čestine kopnenjaka u 7 h ljeti nego zimi u Biogradu mogu biti posljedica zimskih povoljnih prilika za kopnenjak ili ljetnog razaranja kopnenja-

ka uslijed sunčevog zračenja ili etezije. To bi razaranja ukazivalo da je kopnenjak u Biogradu često slab i ima relativno manje dimenzije.

I u 21 h u izabranim slučajevima u Biogradu kopnenjak N smjera ima ljeti manju čestinu nego zimi. To se objašnjava zimskim povoljnostima za kopnenjak, te u ljetnom polugodištu još nerazvijenim noćnim uvjetima u 21 h i većim utjecajem etezije.

U NNE i NE smjerovima vjetra u 7 i 21 h vjerojatno također ima utjecaja kopnenjaka.

U 7 i 21 h u izabranim slučajevima prisutna je etezija koja povećava čestinu NW smjera vjetra. Doprinos toj čestini daje i kanalizirani vjetar u Pašmanskome kanalu.

U 14 h u izabranim slučajevima u Biogradu prevladava NW etezija i kanalizirani vjetar. Na drugom je mjestu vjetar SW smjera koji ima ove odlike zmorca:

- smjer od mora prema kontinentu,
- povećana čestina,
- čestina veća u travnju nego u listopadu,
- povećana čestina u ljetnom polugodištu,
- maksimum čestine u srpnju.

U Biogradu SW smjer zmorca u 14 h ima gotovo u svim mjesecima manju čestinu nego N smjer kopnenjaka u 7 ili 21 h. U zimskom polugodištu to je posljedica zimskih povoljnosti za kopnenjak, a u ljetnom je posljedica češće etezije pri tlu u 14 h.

Utjecaj slabe bure u N smjeru vjetra u Biogradu

Tablica 7. Relativne čestine smjerova vjetra (promili) u Biogradu u izabranim slučajevima (naoblaka 0—1 desetina neba, jačina vjetra 1—3 bofora).

Table 7. The per mille frequencies of wind directions at Biograd for selected cases (cloudiness 0—1 tenth, wind force 1—3 Beauforts).

mjesec		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	suma	
7 h	N	197	215	162	86	78	79	131	138	129	179	171	214	1779	KOPNENJAK
	NNE	5	5	4	2	2	4	3	6	6	5	6	5	53	
	NE	61	57	69	61	57	57	75	91	106	86	66	63	849	
	ENE	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
	E	24	34	57	79	75	54	45	69	86	46	41	24	634	
	ESE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	
	SE	14	15	24	35	54	67	81	71	79	32	19	8	499	
	SSE	1	0	2	6	5	4	5	5	3	0	2	0	33	
	S	3	2	5	8	22	29	16	18	11	4	4	2	124	
	SSW	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	0	0	5	
	SW	0	0	2	10	35	40	48	21	11	4	3	1	175	
	WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	W	0	1	2	6	21	18	31	22	5	2	1	0	109	
	WNW	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
NW	9	11	35	86	124	214	259	238	152	84	18	10	1240	ETEZIJA	
NNW	1	1	1	3	8	6	13	10	2	0	0	0	45		
14 h	N	81	60	36	13	15	14	22	18	33	70	70	104	536	ZMORAC
	NNE	2	1	2	0	0	0	1	0	1	0	1	2	10	
	NE	20	9	2	2	2	3	6	3	6	10	10	12	85	
	ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	0	3	2	0	0	2	1	1	1	2	3	4	19	
	ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SE	4	4	10	19	20	17	19	19	25	20	10	10	177	
	SSE	2	1	1	1	0	1	2	0	2	2	1	1	14	
	S	1	9	21	19	21	30	18	23	32	18	11	5	208	
	SSW	1	0	2	6	3	6	2	9	6	4	0	1	40	
	SW	15	28	54	81	97	106	119	111	115	51	25	14	816	
	WSW	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	W	4	4	6	9	14	22	23	26	14	8	2	4	136	
	WNW	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	
NW	123	139	147	120	154	206	233	256	240	229	149	109	2105	ETEZIJA	
NNW	20	12	16	17	23	27	30	35	45	28	15	20	288		
21 h	N	217	212	214	138	108	120	171	189	208	227	209	205	2218	KOPNENJAK
	NNE	1	1	0	2	1	1	0	2	2	2	2	2	16	
	NE	52	61	58	48	66	47	55	75	87	82	68	66	765	
	ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	20	20	35	71	83	46	52	71	67	44	19	12	540	
	ESE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	SE	12	16	35	58	55	45	37	60	74	40	25	11	468	
	SSE	1	0	0	3	0	2	4	2	2	1	1	1	17	
	S	2	2	3	10	9	8	8	6	9	6	2	2	67	
	SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
	SW	3	3	8	17	26	22	33	19	12	5	2	1	151	
	WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	W	0	0	2	2	7	13	16	13	2	1	1	0	57	
	WNW	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
NW	42	31	74	94	149	223	285	266	179	118	39	33	1533	ETEZIJA	
NNW	1	0	1	2	2	4	5	4	2	1	0	1	23		

Tablica 8. Srednjaci naoblake i vektorski srednjaci vjetra za tri grupe dana s kopnenjakom ili zmorcem, Biograd.

Table 8. The cloudiness averages and mean wind vectors, for three groups of days with land breeze or sea breeze, Biograd.

grupa dana		I			II			III		
uvjeti	mjesec	IV—X			IV—X			IV—X		
izbora	termin	7 h			14 h			21 h		
dana	smjer vjetra	N			SW			N		
u	naoblaka (desetina neba)	0—1			0—1			0—1		
grupi	jačina vjetra (bofori)	1—3			1—3			1—3		
broj odabranih dana		1055			871			1492		
termin		7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h
srednja naoblaka (desetina neba)		0,2	1,1	1,1	1,6	0,4	1,9	1,9	1,4	0,2
modul vektorskog srednjaka vjetra (ms^{-1})		2,5	3,8	1,7	0,4	3,4	0,4	2,3	4,1	2,1
azimut vektorskog srednjaka vjetra ($^{\circ}$)		360	328	358	90	225	79	8	333	360
stalnost vektorskog srednjaka vjetra (%)		100	82	83	27	100	26	77	81	100
srednja brzina (ms^{-1})		2,5	4,7	2,1	1,5	3,4	1,4	3,1	5,1	2,1

je također malen u izabranim slučajevima. Srednja jačina tog smjera u izabranim slučajevima za godinu i za siječanj u 7 i 21 h ista je i iznosi 1,8 bofora. To je također znatno niže od srednje jačine N smjera vjetra za sve slučajeve, među kojima je česta bura (sl. 2).

U izabranim slučajevima srednja godišnja jačina SW smjera vjetra u 14 h iznosi 2,4 bofora. Ona je osjetno veća od odgovarajućih vrijednosti za N smjer kopnenjaka u 7 i 21 h. Dakle, u Biogradu je uobičajen odnos između jačine zmorca i kopnenjaka. To je ujedno pokazatelj malog utjecaja slabere u N smjeru vjetra u 7 i 21 h u izabranim slučajevima.

Ni u jednoj grupi dana od travnja do listopada u kojima je u 7 h (14 h, 21 h) u Biogradu uz naoblaku 0—1 desetina neba i jačinu vjetra 1—3 bofora zabilježen N smjer kopnenjaka (SW smjer zmorca, N smjer kopnenjaka) vektorski srednjaci vjetra za 7, 14 i 21 h ne pokazuju da se tijekom dana često smjenjuju kopnenjak—zmorac—kopnenjak (tab. 8). Prema tome, u Biogradu obalna cirkulacija nije postojana ni izrazita. Glavni su uzrok spomenuti nepovoljni uvjeti, odnosno etezija.

5. OBALNA CIRKULACIJA ZRAKA U ZADRU

Zadar je podalje od Kornata, ali ni tu zmorac i kopnenjak nisu izraziti, pa u tom pogledu ima sličnosti između Zadra i kornatskog područja.

Prema tablici 9 u Zadru su uvjeti za obalnu cirkulaciju još nepovoljniji nego u Biogradu. Veoma čest NW vjetar u Zadru u 14 h nije zmorac jer ima čestinu u listopadu osjetno veću nego u travnju. To je etezija i kanalizirani vjetar u Zadarskom kanalu. I u Biogradu NW smjer etezije i kanaliziranog vjetra u Pašmanskome kanalu u 14 h ima čestinu u listopadu veću nego u travnju (tab 7.)

Čest suprotan SE vjetar u Zadru u 7 i 21 h nije kopnenjak jer veću čestinu ima u travnju nego u listopadu. Slične osobine SE vjetar ima u 7 i 21 h i u Biogradu.

Na Palagruži, gdje nema utjecaja obalne cirkulacije (Penzar i dr., 1988), NW vjetar u 14 h u listopadu je također češći nego u travnju, a SE vjetar u 7 i 21 h češći je u travnju nego u listopadu. Prema tome, odlike NW i SE vjetra u Zadru i Biogradu mogu se dovesti u vezu s odlikama strujanja na otvorenom moru gdje nema utjecaja obalne cirkulacije. To je još jedan pokazatelj da NW i SE vjetrovi u Zadru i Biogradu nisu u vezi s obalnom cirkulacijom.

Konačno, razmještaj kopna i mora na području Zadra teško se može dovesti u vezu sa zmorcem koji bi imao NW smjer i kopnenjakom koji bi imao SE smjer.

Prema slici 2 jači i češći vjetrovi u Zadru su iz NW kvadranta (etezija i kanalizirani vjetar) te iz SE kvadranta (jugo i kanalizirani vjetar).

Zmorac u Zadru ima SW, a kopnenjak NE smjer. Naime, vjetrovi iz ta dva smjera imaju više odlika

Tablica 9. Relativne čestine smjerova vjetra (promili) u Zadru u izabranim slučajevima (naoblaka 0—1 desetina neba, jačina vjetra 1—3 bofora).

Table 9. The per mille frequencies of wind directions at Zadar for selected cases (cloudiness 0—1 tenth, wind force 1—3 Beauforts).

mjeseć		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	suma	
7 h	N	15	17	13	5	8	10	17	10	10	9	3	7	124	KOPNENJAK
	NNE	4	1	1	2	1	1	4	1	3	3	2	4	27	
	NE	43	44	32	15	10	15	19	16	24	35	36	50	339	
	ENE	6	8	5	2	1	1	3	1	2	6	6	3	44	
	E	46	42	35	20	21	16	29	32	43	61	51	42	438	
	ESE	17	9	11	9	6	5	11	20	20	10	10	10	138	
	SE	26	35	43	39	40	80	95	100	63	34	24	24	603	
	SSE	2	1	1	6	17	22	17	16	3	1	3	1	90	
	S	1	1	4	4	4	13	14	11	3	1	0	3	59	
	SSW	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	
	SW	1	0	0	1	3	3	5	3	2	0	1	1	20	
	WSW	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	
	W	1	0	1	3	6	7	8	4	1	0	1	0	32	
	WNW	1	0	0	0	1	3	5	2	1	0	0	0	13	
NW	3	7	5	8	19	29	38	31	4	6	1	5	156	ETEZIJA	
NNW	2	3	0	3	2	5	10	3	1	1	0	1	31		
14 h	N	18	19	14	5	8	9	9	6	10	7	10	11	126	ZMORAC
	NNE	5	4	3	1	1	2	3	1	0	3	1	3	27	
	NE	22	21	11	7	1	3	2	4	9	16	16	19	131	
	ENE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	
	E	7	2	1	2	1	1	1	2	2	5	4	3	31	
	ESE	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5	11	
	SE	9	9	7	13	15	12	20	24	12	7	6	10	144	
	SSE	7	7	8	10	7	13	13	11	16	9	3	2	106	
	S	6	4	11	10	13	16	26	17	24	12	9	9	157	
	SSW	2	1	1	1	1	2	1	0	1	2	1	0	13	
	SW	1	7	5	5	1	2	3	3	5	4	1	5	42	
	WSW	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	6	
	W	14	20	16	18	19	20	36	32	27	21	16	15	254	
	WNW	5	14	8	6	3	13	12	21	16	17	7	6	128	
NW	67	98	97	97	122	153	260	255	206	161	84	66	1666	ETEZIJA	
NNW	8	13	11	10	6	12	14	10	12	12	9	8	125		
21 h	N	23	33	22	25	21	16	34	38	31	31	21	19	314	KOPNENJAK
	NNE	9	6	6	4	3	8	5	7	11	7	8	5	79	
	NE	82	93	52	43	24	22	28	45	63	76	81	64	673	
	ENE	8	9	5	1	2	1	4	1	5	4	9	11	60	
	E	61	53	47	34	23	21	14	25	41	71	66	71	527	
	ESE	13	9	8	10	5	1	2	5	4	12	16	13	98	
	SE	46	39	45	44	36	28	37	43	57	40	49	40	504	
	SSE	5	2	4	7	9	5	3	13	7	5	3	4	67	
	S	1	2	3	7	9	6	9	11	5	1	1	1	56	
	SSW	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4	
	SW	1	1	4	2	3	3	5	4	1	1	3	0	28	
	WSW	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3	
	W	3	7	1	5	9	8	18	13	5	3	1	2	75	
	WNW	0	0	2	1	1	5	2	2	2	0	0	1	16	
NW	17	27	48	57	84	84	135	137	64	36	20	12	721	ETEZIJA	
NNW	5	4	10	11	7	12	18	18	11	6	2	2	106		

Tablica 10. Srednjaci naoblake i vektorski srednjaci vjetra za tri grupe dana s kopnenjakom ili zmorcem, Zadar.

Table 10. The cloudiness averages and mean wind vectors, for three groups of days with land breeze or sea breeze, Zadar.

grupa dana		I			II			III		
uvjeti	mjesec	IV—X			IV—X			IV—X		
izbora	termin	7 h			14 h			21 h		
dana	smjer vjetra	NE			SW			NE		
u	naoblaka (desetina neba)	0—1			0—1			0—1		
grupi	jačina vjetra (bofori)	1—3			1—3			1—3		
broj odabranih dana		201			35			448		
termin		7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h
srednja naoblaka (desetina neba)		0,4	1,8	1,0	1,1	0,6	1,3	3,7	3,2	0,2
modul vektorskog srednjaka vjetra (ms^{-1})		1,9	2,8	0,9	0,3	2,2	0,5	0,8	2,5	2,0
azimut vektorskog srednjaka vjetra ($^{\circ}$)		45	329	9	116	225	96	58	335	45
stalnost vektorskog srednjaka vjetra (%)		100	72	60	27	100	33	49	61	100
srednja brzina (ms^{-1})		1,9	3,8	1,5	1,0	2,2	1,6	1,7	4,1	2,0

zmorca i kopnenjaka. Tako SW vjetar puše od mora prema kopnu, a NE vjetar od kopna prema moru. Osim toga, čestina SW smjera zmorca veća je u travnju nego u listopadu, a čestina NE smjera kopnenjaka ima povećanu čestinu na početku godine i u drugoj polovici godine, te je veća u listopadu nego u travnju.

Međutim, čestine su zmorca i kopnenjaka ipak male. Razlog je u tome što otoci Ugljan, Iž i Dugi otok ispred Zadra slabe utjecaj aktivnog mora, dok na drugoj strani Velebitski kanal, Novigradsko i Karinsko more slabe utjecaj aktivnog kopna (sl. 1).

Slično kao i u Biogradu, u Zadru ima više kopnenjaka nego zmorca. Zmorac čak nema povećanje čestine u ljetnom polugodištu. To se također može objasniti time što danje zagrijavanje kontinenta i otoka ispred Zadra uzrokuje konvektivne struje i posljedični jači utjecaj etezije s visine na prizemni sloj zraka u 14 h.

Srednja godišnja jačina NE smjera vjetra u izabranim slučajevima u 7 h iznosi 1,6 bofora, a u 21 h 1,7 bofora. Za siječanj odgovarajuća je vrijednost 1,5 bofora u 7 h i 1,8 bofora u 21 h. Te srednje jačine vjetra manje su od srednje jačine NE smjera vjetra za sve slučajeve, a u kojima je prisutan utjecaj općenito slabe bure u Zadru (sl. 2). Prema tome, u NE smjeru vjetra u izabranim slučajevima utjecaj je slabe bure malen.

Srednja godišnja jačina SW smjera zmorca u 14 h u izabranim slučajevima iznosi 1,7 bofora. Ona dakle nije manja od odgovarajućeg srednjaka za NE smjer kopnenjaka u 7 ili 21 h. To pokazuje da

je utjecaj bure u NE smjeru kopnenjaka u izabranim slučajevima malen.

Za dane od travnja do listopada u kojima je u 7 h (14 h, 21 h) u Zadru uz naoblaku 0—1 desetina neba i jačinu vjetra 1—3 bofora zabilježen NE smjer kopnenjaka (SW smjer zmorca, NE smjer kopnenjaka) vektorski srednjaci vjetra ne pokazuju da je tijekom dana česta smjena kopnenjak—zmorac—kopnenjak (tab. 10). To još jednom pokazuje da je obalna cirkulacija u Zadru nepostojana i neizrazita. U prvoj i trećoj grupi dana u Zadru u 14 h prevladava NW etezija i kanalizirani vjetar. U drugoj grupi dana u Zadru u 7 i 21 h prevladava SE vjetar dok su vrijednosti modula i skalarnog srednjaka brzine male. Slično dakle kao na Veljoj Sestrici. To pokazuje da se SW zmorac u 14 h u Zadru teško može pojaviti ako je u danu prisutno jače opće strujanje, a posebno ako je prisutna etezija.

6. ODLIKE OBALNE CIRKULACIJE ZRAKA NA VELOJ SESTRICI, U BIOGRADU I ZADRU U ISTIM ODABRANIM DANIMA

Postaja Žirje radila je u kraćem razdoblju. Stoga podaci te postaje nisu obuhvaćeni u ovom poglavlju u kojem će se opisati odlike obalne cirkulacije na širem kornatskom području u istim odabranim danima. To su dani s povoljnim prilikama za obalnu cirkulaciju i na Veljoj Sestrici i u Biogradu i u Zadru. Razdoblje je 1971—1994.

Odabrani su dani od travnja do listopada nave-

Tablica 11. Srednjaci naoblake i vektorski srednjaci vjetra za odabrane dane s istovremeno povoljnim prilikama za obalnu cirkulaciju na Veloj Sestrici, u Biogradu i u Zadru (naoblaka 0—1 desetina neba, jačina vjetra 1—3 bofora, travanj—listopad, 1971—1994).

Table 11. The cloudiness averages and mean wind vectors, for selected days with simultaneously favourable conditions for sea/land breeze circulation at Vela Sestrica, Biograd and Zadar (cloudiness 0—1 tenth, wind force 1—3 Beauforts, April—October, 1971—1994).

postaja	VELA SESTRICA			BIOGRAD			ZADAR		
	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h
srednja naoblaka (desetina neba)	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,2
modul vektorskog srednjaka vjetra (ms^{-1})	0,9	0,9	0,1	0,9	1,1	0,6	1,4	1,6	0,3
azimut vektorskog srednjaka vjetra ($^{\circ}$)	59	270	186	22	282	13	115	298	71
stalnost vektorskog srednjaka vjetra (%)	78	59	5	58	33	49	65	46	14
srednja brzina (ms^{-1})	1,1	1,5	1,1	1,5	3,4	1,2	2,1	3,5	2,4

denog razdoblja u kojima je u 7, 14 i 21 h na Veloj Sestrici, u Biogradu i Zadru naoblaka bila 0—1 desetina neba, a jačina vjetra 1—3 bofora. Ukupno je bilo 42 dana koji zadovoljavaju te uvjete.

Prema tablici 11 na Veloj Sestrici i u Biogradu u odabranim danima u 7 h prevladava kopnenjak od kontinenta prema moru, dok u Zadru prevladava jugoistočni vjetar. Taj jugoistočnjak može se objasniti još prisutnom noćnom situacijom u 7 h kada je tlak zraka snižen nad morem (Lukšić, 1979, 1989), a lokalni su uvjeti za kopnenjak slabi. U tom smjeru postoji također i utjecaj kanalizirajućeg efekta u Zadarskom kanalu.

U 14 h na Veloj Sestrici jugozapadni zmorac i sjeverozapadna etezija rezultiraju W smjer vektorskog srednjaka vjetra. U Biogradu i Zadru u 14 h prevladava etezija.

U 21 h na Veloj Sestrici pušu vjetrovi različita smjera. Ni jedan smjer ne prevladava. Stoga modul i stalnost vektorskog srednjaka vjetra imaju male vrijednosti. U Biogradu i Zadru u 21 h prevladava kopnenjak iz NE kvadranta. To prevladavanje u Zadru omogućeno je poništavanjem tada relativno čestih vjetrova iz SE i NW kvadranta.

7. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju važno je bilo utvrditi glavni smjer zmorca i kopnenjaka na pojedinoj postaji. To je očito ostvareno jer na svakoj postaji utvrđeni zmorac i kopnenjak imaju brojne karakteristične odlike tih vjetrova.

Na Kornatima je obalna cirkulacija između Jadranskog mora i kontinenta prisutna, ali je njena čestina smanjena i rijetko se u istom danu pojavljuje smjena kopnenjak—zmorac—kopnenjak. Razlog su Kornati i susjedni otoci koji slabe utjecaj aktivnog mora, Vransko jezero koje slabi utjecaj aktivnog kopna, te prilična udaljenost Kornata od kontinenta. Osim toga, uvjeti za obalnu cirkulaciju bili bi povoljniji da je geografska širina Kornata manja. Otoci Kornata mali su pa mogu u povoljnim prilikama aktivirati vlastitu obalnu cirkulaciju samo na mikroskali. U takvoj situaciji na Kornatima ima više utjecaja etezija.

Prema podacima brojnih postaja zmorac ima povećanje čestine u ljetnom polugodištu, s tim da je čestina u travnju veća nego u listopadu. Kopnenjak međutim ima povećanje čestine početkom godine i u drugoj polovici godine, tako da je čestina u listopadu veća nego u travnju. To je posljedica lijepa vremena (osobito u srpnju i kolovozu), zimskih povoljnosti za kopnenjak (hladnije kopno od mora, slabije i kraćeg sunčevo zračenje, dulje noći), te kombinacije tih utjecaja. Prema tome, kopnenjak na Jadranu nije izrazito ljetni vjetar.

Ovo istraživanje pokazuje potrebu veće preciznosti određivanja smjera vjetra. Također pokazuje da ljeti u 21 h često još nije sasvim uspostavljena prava noćna situacija.

LITERATURA

Atkinson B. W., 1981: Meso-scale atmospheric circulations. Academic Press, London, 495 pp.

- Lukšić I., 1968: Zmorac i kopnenjak u Sutivanu na otoku Braču. *Hidrografski godišnjak* 1967, Split, 125—136.
- Lukšić I., 1979: Lokalni vjetrovi i problem zagađenja u Sutivanu na otoku Braču. Konferencija o zaštiti Jadrana (druga knjiga), Hvar, 151—159.
- Lukšić I., 1989: Dnevni periodički vjetrovi u Senju. *Geofizika*, Zagreb, 6, 59—74.
- Lukšić I., 1995: Zmorac i kopnenjak u Govedarima na otoku Mljetu. *Hrvatski meteorološki časopis*, Zagreb, 30, 39—53.
- Penzar I., B. Penzar i M. Orlić, 1988: Neke karakteristike cirkulacije zraka duž obalnog područja SR Hrvatske. X kongres o energiji, Opatija, 103—115.
- Poje D., 1995: Bura (bora) and burin at Split. *Hrvatski meteorološki časopis*, Zagreb, 30, 1—19.
- Stipaničić V., 1977: Temperature zraka i mora u primorju istočne obale Jadrana. *Hidrografski godišnjak* 1975, 57—65.
- Zore-Armanda M., 1978: Temperatura mora. Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, sveska 4, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd, 103—138.