

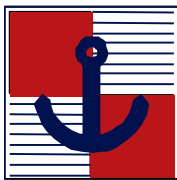
**HRVATSKI HIDROGRAFSKI INSTITUT
21000 SPLIT, Zrinsko-Frankopanska 161**

POPLAVE MORA NA PRIOBALNIM PODRUČJIMA

KONAČNO IZVJEŠĆE



Split, ožujak 2013.



**HRVATSKI HIDROGRAFSKI INSTITUT
21000 SPLIT, Zrinsko-Frankopanska 161**

POPLAVE MORA NA PRIOBALNIM PODRUČJIMA

KONAČNO IZVJEŠĆE

Pomoćnik ravnatelja:

doc.dr. sc. Nenad Leder

Ravnatelj HHI:

doc.dr. sc. Zvonko Gržetić

Split, ožujak 2013.

Sadržaj ovog elaborata može se koristiti samo za potrebe Hrvatskih voda. Za svako drugo korištenje, djelomično ili u cijelosti, potrebno je pismeno odobrenje Hrvatskog hidrografskog instituta iz Splita.

Autori:

Hrvatski hidrografski institut

doc.dr.sc. Nenad Leder, dipl.ing.fizike
dr.sc. Nenad Domijan, dipl.ing.fizike
dr.sc. Hrvoje Mihanović, dipl.ing.fizike
Marko Mlinar, dipl.ing.fizike
Srđan Čupić, prof. fizike i politehnike
Miro Lakoš, dipl.ing.pom.
Valerija Filipović, dipl.ing.geod.

Geofizički odsjek PMF-a Zagreb

prof.dr.sc. Mirko Orlić, dipl.ing.fizike
dr.sc. Miroslava Pasarić, dipl.ing.fizike
Iva Međugorac, dipl.ing.fizike

SADRŽAJ

Uvod	1
1. Analiza i sistematizacija povijesnih informacija o poplavama mora	2
1.1 Analiza deset najznačajnijih poplava izazvanih olujnim usporima na istočnoj obali Jadrana	2
1.2 Analiza povijesnih poplava u Jadranu izazvanih šćigama i katalog šćiga.....	26
1.3 Analiza povijesnih zapisa o pojavama tsunamija na istočnoj obali Jadrana s katalogom tsunamija	37
2. Opis mehanizama koji dovode do poplava uzrokovanih morem na području Republike Hrvatske	50
2.1 Poplave uzrokovane olujnim usporima	50
2.2 Poplave izazvane šćigama	54
2.3 Poplave izazvane tsunamijima.....	56
3. Prijedlog metodologije za procjenu opasnosti od poplava	59
4. Procjena visokih morskih razina za hrvatsku obalu Jadrana	62
4.a Preliminarna procjena visokih morskih razina za hrvatsku.....	62
obalu Jadranskog mora	
4.a-1) Podaci i metoda obrade podataka.....	62
4.a-2) Rezultati.....	63
4.a-3) Zaključak.....	71
4.b Procjena visokih morskih razina za ključna područja.....	76
4c. Površinski valovi na Jadranu.....	90
5. Monitoring i relevantna istraživanja	93
5.1 Postojeća mjerenja.....	93
5.2 Prijedlog unapređenja monitoringa.....	100
DODATAK A.	106
Literatura	107

Uvod

Dana 25. rujna 2012. godine potpisan je ugovor o izradi studije „Poplave mora na priobalnim područjima“. Ugovor su potpisali "HRVATSKE VODE", 10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, koje zastupa generalni direktor gospodin mr.sc. Ivica Plišić, dipl.ing.građ. i “HRVATSKI HIDROGRAFSKI INSTITUT”, 21000 Split, Zrinsko-Frankopanska 161, kojeg zastupa ravnatelj gospodin doc.dr. sc. Zvonko Gržetić.

Ugovorom su definirane aktivnosti na realizaciji i sadržaj Studije:

1. Analiza i sistematizacija povijesnih informacija o poplavama mora
2. Opis mehanizama koji dovode do poplava uzrokovanih morem na području Republike Hrvatske
3. Prijedlog metodologije za procjenu opasnosti od poplava
4. Procjena visokih razova za čitavu obalu Jadranskog mora u Republici Hrvatskoj
 - 4.a Preliminarna procjena visokih razova
 - 4.b Procjena visokih razova za ključna područja
5. Monitoring i relevantna istraživanja

Prema Ugovoru u dosadašnjem tijeku rada na projektu su izrađeni sljedeći dokumenti:

1. Uvodno izvješće;
2. Prvo radno izvješće;
3. Drugo radno izvješće.

U ovom dokumentu dato je “Konačno izvješće”.

1. Analiza i sistematizacija povijesnih informacija o poplavama mora

1.1 Analiza deset najznačajnijih poplava izazvanih olujnim usporima na istočnoj obali Jadrana

Analiza povijesnih poplava mora izazvanih olujnim usporima temeljena je na dugotrajnim mjerenjima razine mora na stalnim mareografskim postajama duž naše obale. To su: Rovinj, Bakar, Zadar, Split luka i Dubrovnik. Prva stalna mjerenja morske razine započela su 1929. godine u Bakru, gdje je Geofizički zavod utemeljio svoju mareografsku postaju, na kojoj obavlja mjerenja sve do današnjih dana. Početkom 50-ih godina prošlog stoljeća utemeljena je hrvatska mareografska mreža, čiju su okosnicu dugi niz godina, uz Bakar, sačinjavale mareografske postaje u Rovinju, Splitu i Dubrovniku. Postaja u Zadru započela je s radom 1991. godine, tako da ona raspolaže znatno kraćim nizom mjerenja. Sve mareografske postaje osim one u Bakru, u nadležnosti su Hrvatskog hidrografskog instituta.

Kao osnova za analizu poplava, uzeti su nizovi satnih vrijednosti vodostaja u razdoblju od 1. siječnja 1956. do 31. prosinca 2011. godine, s izuzetkom niza u Zadru. Vrijednosti vodostaja dane su u centimetrima u odnosu na srednju razinu mora u sustavu HVRS71 (Hrvatski visinski referentni sustav 1971); srednja razina mora u Zadru određena je na temelju mjerenja u razdoblju od 1995. do 2011. U prvom koraku trebalo je odabrati deset najjačih epizoda, kako bi se dobio uvid u ovaj fenomen, kako na sjevernom tako i na južnom Jadranu, gdje su poplave mnogo rjeđe i slabijeg su intenziteta. U tu svrhu na svakoj postaji je izdvojeno prvih 100 najviših satnih vodostaja. Poplave izazvane olujnim usporima mogu potrajati nekoliko sati, pa i više od jednog dana. Stoga smo sve ekstremne vrijednosti koje su se javile unutar 36 sati pridružili istoj epizodi. Na taj način formirana je baza od po deset najjačih epizoda poplava za svaku mareografsku postaju (**tablica 1.1.1**). Također, na temelju satnih nizova odredili smo vrijednosti razine mora koje odgovaraju 99.99-om percentilu (**tablica 1.1.1**, drugi redak). Time smo definirali kriterij prema kojem možemo reći je li vodostaj zabilježen na određenoj postaji ekstreman ili ne.

Tablica 1.1.1. Visine mora koje odgovaraju 99.99-om percentilu na pojedinoj postaji (*drugi redak*) te popis deset najjačih epizoda poplava uzrokovanih olujnim usporom na svakoj postaji (*retci tri do dvanaest*). Za svaku epizodu dana je najviša postignuta razina (u centimetrima) te datum i sat kada je ostvarena.

	Rovinj	Bakar	Zadar	Split	Dubrovnik
	96.7	89.1	72.7	69.8	63.8
1.	123 1969/11/26 02:00	105 2008/12/01 08:00	83 2010/12/03 04:00	85 1969/11/26 03:00	76 2010/01/02 04:00
2.	123 1979/12/22 10:00	103 2009/12/25 02:00	80 2009/12/19 08:00	82 1958/12/24 02:00	72 2009/02/08 03:00
3.	115 1986/02/01 02:00	97 1979/12/22 10:00	80 2009/12/25 02:00	81 2010/01/01 03:00	70 2003/01/07 07:00
4.	112 1966/11/04 17:00	97 2009/12/23 03:00	77 2008/12/01 08:00	81 2010/12/03 04:00	69 2000/12/29 21:00
5.	110 1966/01/23 09:00	96 1958/12/17 03:00	74 2010/01/01 04:00	78 2009/02/08 03:00	69 2010/11/23 04:00
6.	106 1980/10/25 10:00	96 1969/11/26 00:00	73 2010/02/19 20:00	76 2003/01/07 06:00	67 1963/02/20 02:00
7.	106 1992/12/08 08:00	95 1986/02/01 01:00	72 1999/12/28 09:00	75 1963/02/20 01:00	67 1969/11/26 05:00
8.	105 2009/12/23 03:00	94 1966/01/23 06:00	72 2010/11/10 09:00	73 1966/01/23 07:00	67 1969/12/08 04:00
9.	105 2010/12/03 07:00	94 1966/11/04 13:00	68 2004/10/17 08:00	73 1970/01/07 04:00	67 2009/01/27 04:00
10.	103 1960/01/15 08:00	94 1980/10/25 11:00	68 2009/02/08 06:00	72 1963/01/08 03:00	66 1962/11/01 06:00

U konačnici je valjalo, između pet puta po deset epizoda, odabrati deset onih koje će dobro reprezentirati cijelu hrvatsku obalu. Zbog toga je sa svake postaje uzeta barem jedna, najjača epizoda. Ostale su birane donekle subjektivno, na način da su bile pri vrhu po intenzitetu te da su se istovremeno desile na više lokacija. U **tablici 1.1.2** dat je popis analiziranih epizoda poplava izazvanih olujnim usporom.

Tablica 1.1.2. Popis analiziranih epizoda poplava uzrokovanih olujnim usporom. Pojedina lokacija je navedena ukoliko su tijekom epizode zabilježene vrijednosti veće od 99.99-og percentila.

Datum	Lokacija
23. siječnja 1966.	Rovinj, Bakar, Split
4. studenoga 1966.	Rovinj, Bakar
26. studenoga 1969.	Rovinj, Bakar, Split, Dubrovnik
22. prosinca 1979.	Rovinj, Bakar
1. veljače 1986.	Rovinj, Bakar
1. prosinca 2008.	Bakar, Zadar
8. veljače 2009.	Split, Dubrovnik
23. - 25. prosinca 2009.	Rovinj, Bakar, Zadar
31. prosinca 2009 – 2. siječnja 2010.	Zadar, Split, Dubrovnik
3. prosinca 2010.	Rovinj, Bakar, Zadar, Split

Ono što prvo upada u oči je da se između deset odabranih epizoda (**tablica 1.1.2**), polovica njih desila u posljednje četiri godine, a ostale u 20-godišnjem razdoblju od 1966. do 1986. U nizu poplava naročito su zanimljive dvije. Događaj od 4. studenoga 1966. zaslužuje posebnu pažnju jer se more u Veneciji, poznatoj po poplavama, tada podiglo do svoje najviše točke od kada postoje mjerenja, što do današnjih dana nije nadmašeno. Tom prilikom u Rovinju i u Bakru su također zabilježeni ekstremno visoki vodostaji – u Rovinju je on dosegnuo 111 cm, što je četvrta najviša razina dosad zabilježena, a u Bakru 94 cm, što je deveta najviša vrijednost. Drugi događaj koji privlači pažnju jest onaj koji se zbio 1. prosinca 2008. Toga dana je na najstarijoj hrvatskoj mareografskoj postaji u Bakru zabilježena rekordna razina mora od 105 cm. Zanimljivo je da su mnoga i mjesta i gradovi na našoj obali, od Splita sjevernije, također toga dana bili poplavljeni (**slika 1.1.1**).

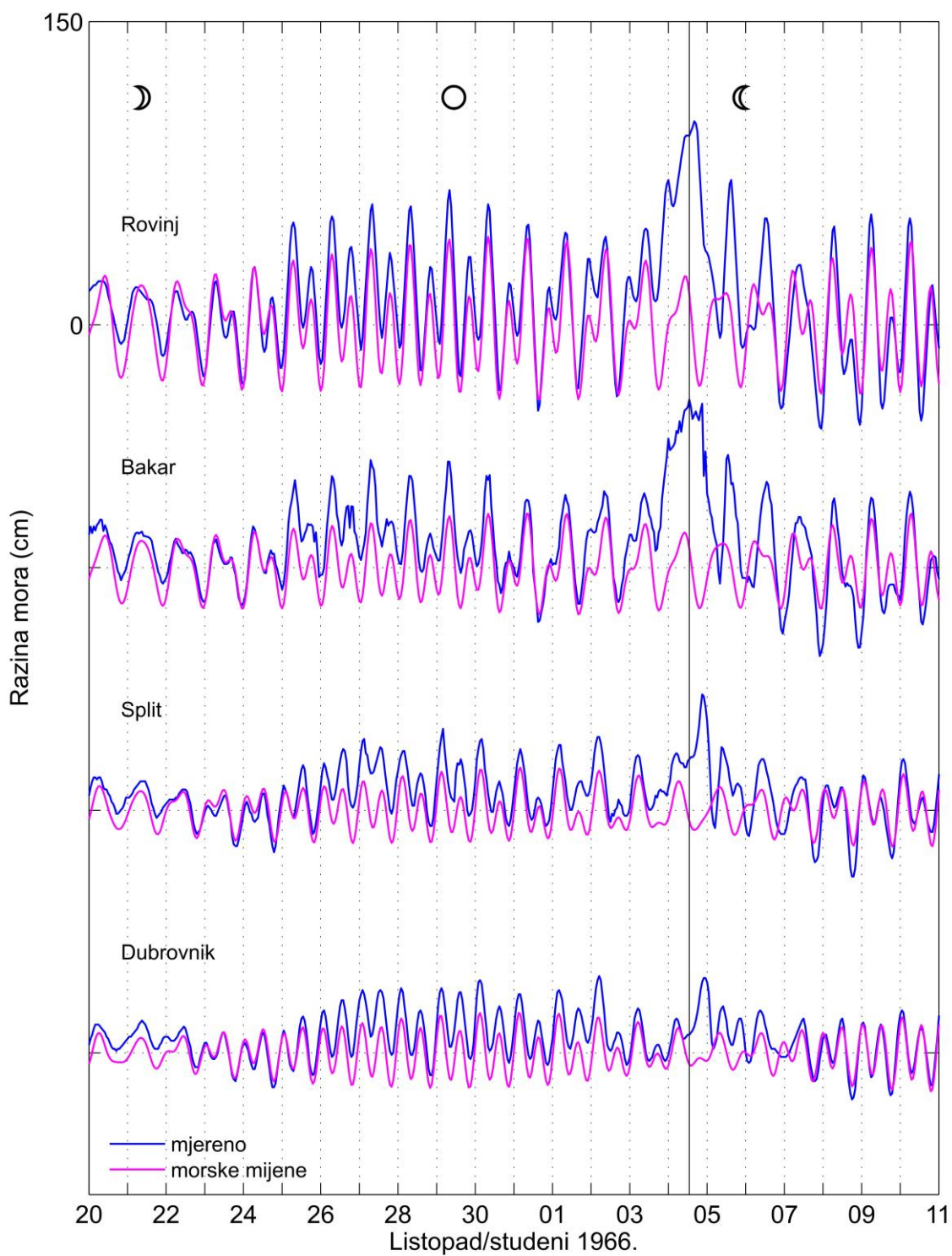


Slika 1.1.1. Poplava na dan 1. prosinca 2008. u Rijeci (*gore lijevo*), Zadru (*gore desno*), Vodicama (*dolje lijevo*) i u Trogiru (*dolje desno*).

U daljnjem tekstu ćemo dati detaljni opis ovih dviju poplava te prikazati rezultate analize odabranih deset epizoda, s ciljem da utvrdimo koji od procesa, važnih za formiranje ekstremnog vodostaja, je bio značajan u pojedinim slučajevima.

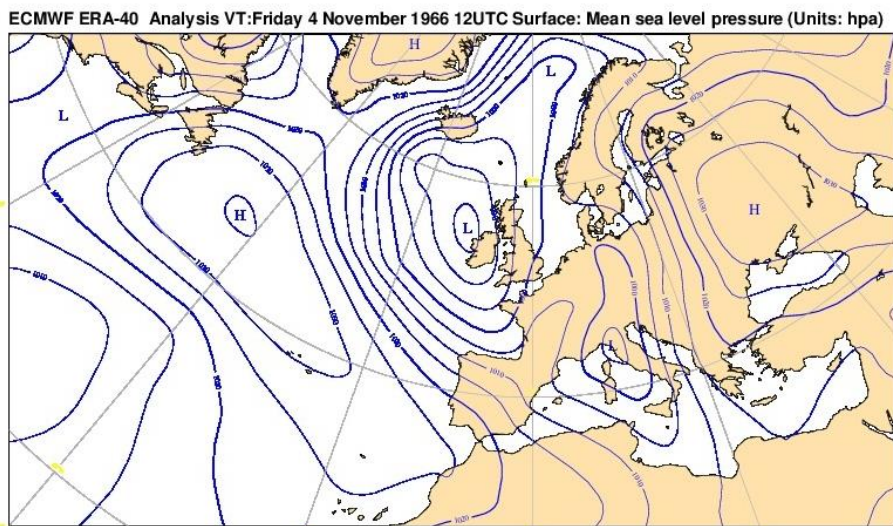
Poplava 4. studenoga 1966.

Na dan 4. studenoga 1966. razina mora u Veneciji je dosegla najvišu vrijednost ikada zabilježenu na toj lokaciji (Bonato i sur., 2001; Venice Municipality, 2012). Vrhunac vodostaja je nastupio u 18 sati (po srednjoeuropskom vremenu), a iznosio je nevjerojatnih 155 cm iznad srednje razine mora. Na istočnoj obali, na postaji Bakar, maksimum je postignut dva puta toga dana, u 13 te u 20 sati, iznosio je 94 cm, a ocijenjen je kao deveta najviša razina zabilježena na toj postaji (**slika 1.1.2**). Instrument u Rovinju je dokumentirao vodostaj od 111 cm čime je ova poplava ocijenjena kao četvrta najviša na toj lokaciji. U trenutku događaja Mjesec se približavao fazi zadnje četvrti prilikom čega morske mijene imaju slabu amplitudu uglavnom dnevnog perioda. Prema bazi



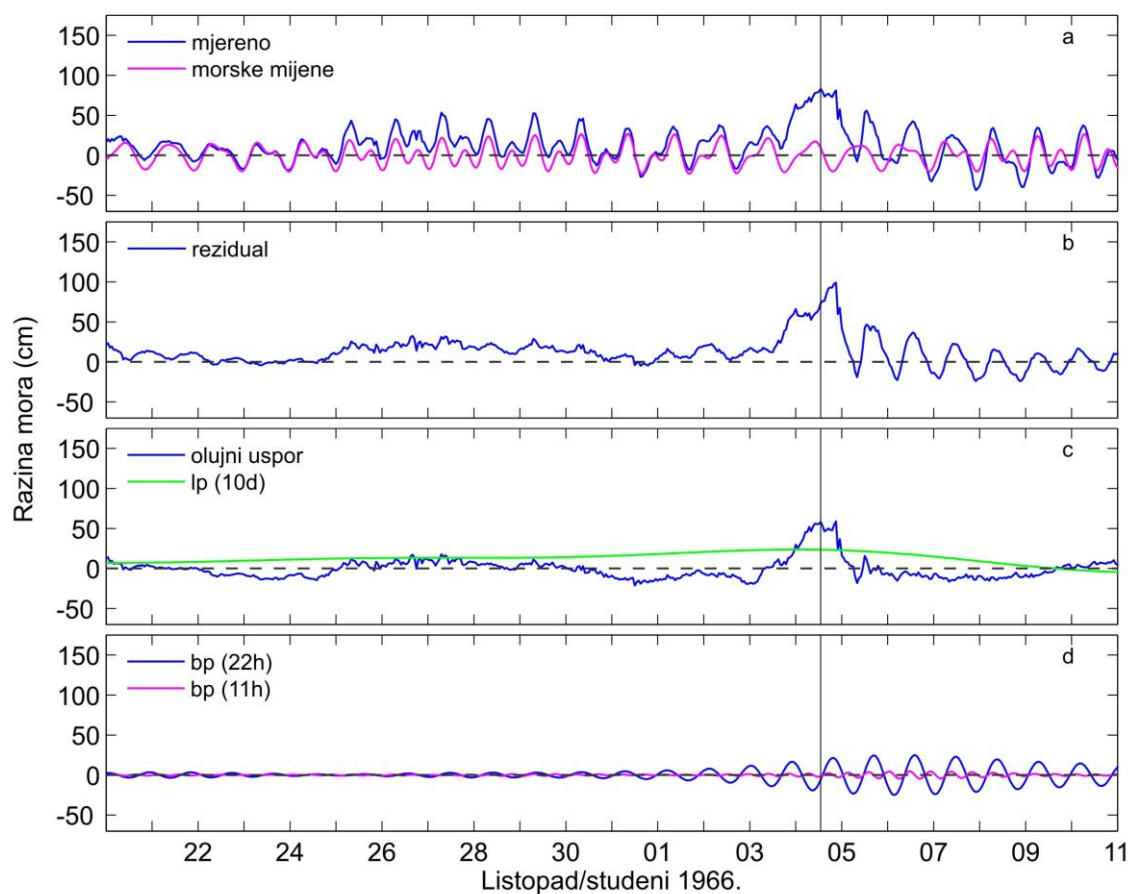
Slika 1.1.2. Opažene satne vrijednosti vodostaja, u odnosu na srednju razinu, i pripadne morske mijene na mareografskim postajama duž istočne obale Jadrana za poplavu dana 4. studenoga 1966. Vertikalna linija ukazuje na vrijeme nastupa prvog maksimuma na postaji Bakar. Mjesečeve faze su također naznačene na slici.

ERA40 (Uppala i sur., 2005), sinoptički sustav povezan s ovim događajem razvio se 1. studenoga iznad Francuske. Od tamo se preselio nad Sredozemno more, gdje se zadržao od 2. do 4. studenoga, približavajući se polako Jadranskom moru. Na dan poplave u 13 sati, u vrijeme prvog maksimuma u Bakru, centar ciklone je bio smješten iznad sjeverozapadne Italije (**slika 1.1.3**). Ova duboka ciklona proizvela je gradijent tlaka duž glavne osi jadranskog bazena te posljedično snažno jugo iznad cijelog bazena (Stravisi, 1973). Prije poplave u Veneciji, tijekom skoro tri dana, vjetar je puhao brzinama većim od 10 m/s da bi u trenutku prolaska fronte, u 18 sati, naglo oslabio i promijenio smjer u jugozapadni.



Slika 1.1.3. Polje tlaka zraka (hPa) pri srednjoj razini mora, dobiveno ECMWF ERA40 reanalizom, na dan 4. studenoga 1966. u 13:00 sati (EMT).

Razvoj formacije visoke vode u Bakru prikazan je na **slici 1.1.4**. Sinoptička aktivnost, koja je zahvatila Jadran nekoliko dana prije glavne ciklone, pobudila je seše koji su bili dodatno pojačani noć prije poplave (**slika 1.1.4.d**). Maksimum atmosferskog prinudnog djelovanja je koincidirao s negativnom fazom prethodno pobuđenog seša: prvi mod je iznosio -6 a drugi -2 cm. Sniženi tlak zraka nad sjevernim Jadranom te jugo usmjereno duž njegove glavne osi, akumulirali su vodu u zatvorenom plitkom kraju bazena čime je stvoren visoki olujni uspor (**slika 1.1.4.c**). Kao što se moglo i očekivati, olujni uspor je dao glavni doprinos ovoj poplavi. Morske mijene su također, s nekih 10 cm, doprinijele formiranju visoke vode u Bakru (**slika 1.1.4.a**). Zanimljiv je pak podatak da je maksimum u Veneciji bio ublažen morskim mijenama za nekih 15 cm jer je fronta prošla iznad sjevernog Jadrana u trenutku kada se plimni signal bližio svom minimumu (Cavaleri i sur., 2010). Dugoperiodička varijabilnost, povezana s aktivnošću planetarnih valova u atmosferi, podržala je događaj s 23 cm (**slika 1.1.4.c**).

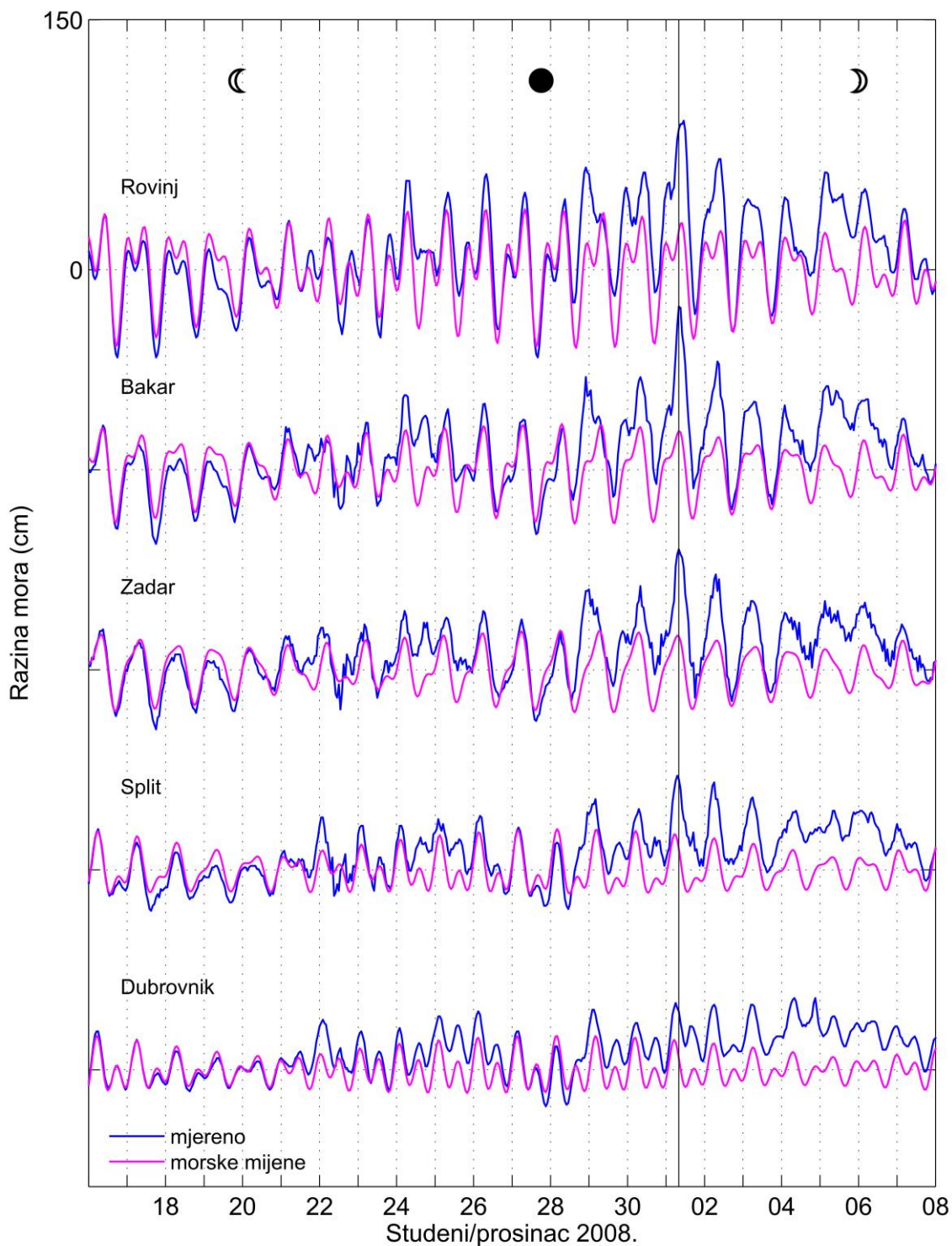


Slika 1.1.4. Nizovi razine mora u Bakru za poplavu na dan 4. studenoga 1966: (a) opažene satne vrijednosti vodostaja i pripadne morske mijene, (b) rezidual vodostaja dobiven oduzimanjem morskih mijena, (c) olujni uspor i dugoperiodička varijabilnost (podaci filtrirani niskopropusnim filtrom s polusnagom na 10 dana), (d) prvi i drugi mod osnovnog jadranskog seša (podaci filtrirani pojasno-propusnim filtrom na periodu oko 22 odnosno 11 sati).

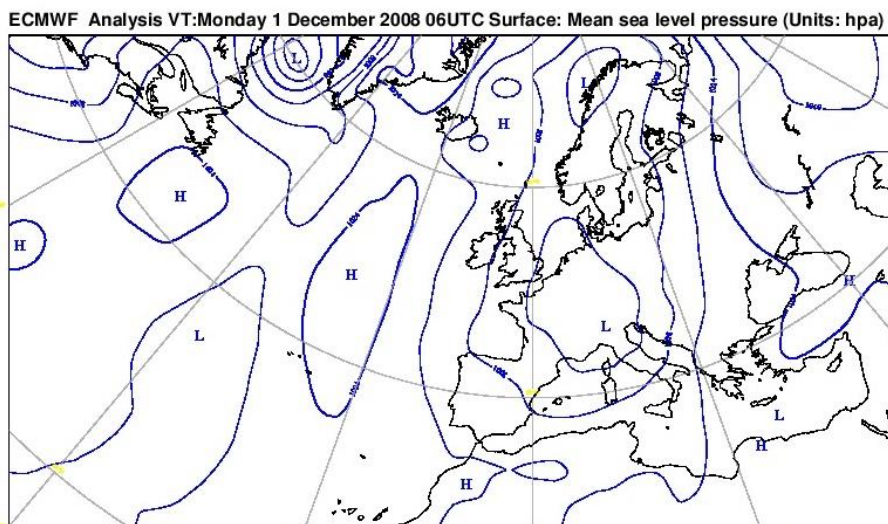
Može se reći da je poplava koja se dogodila 4. studenoga 1966. bila rezultat fine međuigre izrazito visokog olujnog uspora, morskih mijena i jadranskog seša, sve superponirano na značajan iznos dugoperiodičke komponente. U Bakru je maksimum u 13 sati bio podržan plimnim signalom ali ublažen sešima; s druge strane, maksimum postignut uvečer bio je podržan sešima ali umanjen plimnim signalom.

Poplava 1. prosinca 2008.

Još jedna jaka poplava pogodila je Jadransku obalu 1. prosinca 2008. Toga jutra, u 8 sati, je na mareografskoj postaji Bakar registriran rekordan vodostaj od 105 cm. Nešto kasnije, u 10 sati, postaja Trst bilježi svoju drugu najvišu razinu (osobna komunikacija s prof. Fabiom Raicichem), a u 11 sati postaja Venecija registrira četvrti najviši vodostaj u svojoj operativnoj povijesti. Maksimum u Rovinju, postignut u 11 sati, nije se pretjerano isticao. Neobično visok vodostaj je opažen ne samo u sjevernom Jadranu, nego duž većeg dijela Dalmacije sjeverno od Splita (**slika 1.1.5**). Najviše vrijednosti su nastupile istovremeno kada i vrhunac morskih mijena koje su u to vrijeme bile poludnevnog karaktera (Mjesec se nalazio između mladaka i prve četvrti). Sinoptički sustav zaslužan za ovu poplavu razvio se 1. prosinca iznad Sredozemnog mora kao sekundarni minimum atlantske ciklone. Njegov položaj (**slika 1.1.6**, prema ERA Interim bazi) je podržao slabi gradijent tlaka duž jadranskog bazena, te jugo neuniformne jačine (Međugorac i sur., 2011). Tlak zraka u Rijeci je pao na najnižu vrijednost između 7 i 8 sati, kratko prije nego što su morske mijene dosegle svoj dnevni maksimum. Jugo je počelo puhati 24 sata prije glavnog događaja, a općenito je bilo jače na južnom dijelu te uz istočnu obalu Jadrana. U Veneciji je pak vjetar varirao od sjeveroistočnjaka do snažnog juga (oko 16 m/s u 7:00 sati). Uvjeti za poplavljanje su se pojavili još dva tjedna prije kada su atmosferski planetarni poremećaji potaknuli spori porast razine mora.

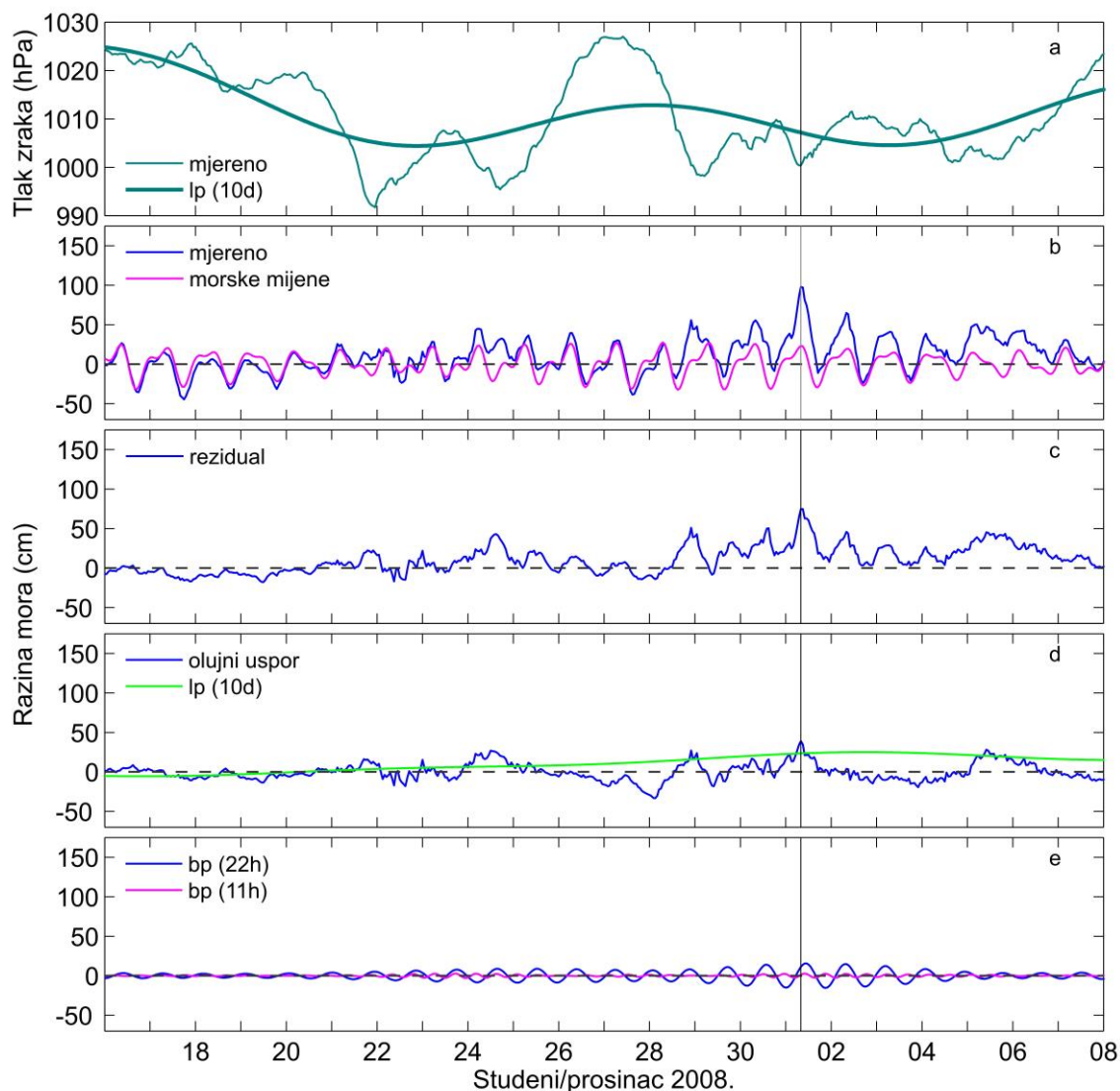


Slika 1.1.5. Opažene satne vrijednosti vodostaja, u odnosu na srednju razinu, i pripadne morske mijene na mareografskim postajama duž istočne obale Jadrana za poplavu od 1. prosinca 2008. Vertikalna linija ukazuje na vrijeme nastupa maksimuma u Bakru. Mjesečeve faze su također naznačene na slici.



Slika 1.1.6. Polje tlaka zraka (hPa) na srednjoj razini mora, dobiveno ECMWF reanalizom, na dan 1. prosinca 2008. u 07:00 sati (EMT).

Razvoj poplave u Bakru prikazan je na **slici 1.1.7**. Prije samog događaja, preko Jadrana je prešlo nekoliko sinoptičkih poremećaja koji su pobudili seše u bazenu (**slika 1.1.7e**). Seš pobuđen u noći s 28. na 29. studenoga je još uvijek bio aktivan kada je iznad bazena, u jutro 1. prosinca, prošla odlučujuća fronta. Amplituda seša nije bila velika, ali ipak je sudjelovala sa značajnim doprinosom konačnoj razini. Maksimum se dogodio skoro u času najviše vrijednosti prethodno pobuđenog seša, pa je tako prvi mod doprinio poplavi s 11 cm, a drugi s tek 1 cm. Za ovaj događaj niti jedan proces nije bio odlučujući - na većini lokacija u Jadranu (Međugorac i sur., 2011) plimni signal je bio usporedive visine kao i dugoperiodička komponenta te je s podjednakim iznosom kao i olujni uspor doprinio formaciji konačnog vodostaja. U Bakru je olujni uspor iznosio 39 cm, dok su morske mijene i planetarna komponenta svaki bili visoki 23 cm.



Slika 1.1.7. Tlak zraka i razina mora u Bakru za događaj od 1. prosinca 2008: (a) opažene satne vrijednosti tlaka zraka i dugoperiodička varijabilnost (podaci filtrirani niskopropusnim filtrom s polusnagom na 10 dana), (b) opažene satne vrijednosti vodostaja i pripadne morske mijene, (c) rezidual vodostaja dobiven oduzimanjem morskih mijena, (d) olujni uspor i dugoperiodička varijabilnost, (e) prvi i drugi mod jadranskog seša (podaci filtrirani pojasno-propusnim filtrom na periodu oko 22 odnosno 11 sati).

Možemo zaključiti da se poplava 1. prosinca 2008. dogodila kao posljedica fine konstruktivne superpozicije umjerenog olujnog uspora, morskih mijena, jadranskog seša i dugoperiodičkog porasta razine mora.

U daljnjem tekstu ćemo dati kratki prikaz ostalih epizoda. Radi potpunosti, na **slikama 1.1.8 do 1.1.17** dan je prikaz svih deset analiziranih poplava.

23. siječnja 1966.

Tijekom jutra toga dana zabilježene su ekstremno visoke vrijednosti vodostaja u Rovinju, Bakru i Splitu (**slika 1.1.8**). Olujni uspor je bio umjeren, u Rovinju je iznosio manje od pola metra. Međutim, jaki, ranije pobuđeni seš je na sve tri postaje uvelike odredio pojavu maksimuma vodostaja. U Rovinju i Bakru poplava je nastupila u času kad je seš bio blizu maksimuma, a plimne oscilacije pozitivne; u Rovinju bi poplava bila barem za pola metra viša da maksimum olujnog uspora, koji u pravilu nastaje u času prolaska vremenske fronte, nije koincidirao s minimumom plimnih oscilacija i s minimumom seša. U Splitu je olujni uspor iznosio oko 25 cm, ali zbog istovremene pojave plimnog i maksimuma seša, sve superponirano na 20-ak centimetara dugotrajno povišeni vodostaj, razina je dosegla ekstremnu vrijednost.

26. studenoga 1969.

Poplava dana 26. studenoga 1969. je zanimljiva po tome što su sve četiri postaje duž jadranske obale, u Rovinju, Bakru, Splitu i Dubrovniku, zabilježile ekstremno visoke vodostaje (**slika 1.1.10**). Razina mora je bila dugotrajno povišena (u sjevernom dijelu za više od 30 cm), Jadran je oscilirao sešima, kad se formirao olujni uspor. Za pojavu poplava u Dubrovniku i Splitu presudna je bila dobra usklađenost između maksimuma olujnog uspora, seša i plimnih oscilacija, a doprinos dugoperiodičke komponente je bio usporediv. U sjevernom Jadranu olujni uspor je bio umjeren velik - oko pola metra - ali je kulminirao u času kad je seš bio blizu maksimuma, a amplituda plimnih oscilacija mala, ali pozitivna. Ova fina usklađenost različitih procesa rezultirala je najvišom razinom zabilježenom u Rovinju (123 cm) i u Splitu (85 cm).

22. prosinca 1979.

Za razliku od prethodne, poplavom od 22. prosinca 1979. bio je zahvaćen samo sjeverni Jadran (**slika 1.1.11**). Olujni uspor doveo je do podizanja razine mora za više od 70 cm. Sama poplava u Bakru i u Rovinju je nastupila nekoliko sati prije maksimuma olujnog uspora, u času kad su plimne oscilacije i jadranski seš bili blizu maksimuma. Srećom, u vrijeme maksimuma olujnog

uspora plimni doprinos je bio negativan i u opadanju. I uz ovakvo destruktivno superponiranje olujnog uspora i plimnih oscilacija, u Rovinju je ponovo postignuta rekordna razina od 123 cm.

1. veljače 1986.

Poplava od 1. veljače 1986. godine ima mnogo sličnosti s onom prethodnom. I ovaj put je bio zahvaćen samo sjeverni Jadran (**slika 1.1.12**). Olujni uspor u Rovinju je bio vrlo velik (70 cm), a u Bakru umjereno velik. Opet je srećom nastupio u vrijeme negativne faze plimnih oscilacija i seša, tako da je do poplavlivanja došlo nakon prolaska fronte, kad su plimne oscilacije i seš dostigli svoju najvišu točku.

8. veljače 2009.

Poplava od 8. veljače 2009. je bitno drugačija od ranije opisanih epizoda. Ovom prilikom je samo obala srednjeg i južnog Jadrana bila izložena ekstremno visokoj razini mora (**slika 1.1.14**). Tijekom duljeg razdoblja koje je prethodilo poplavi, u cijelom Jadranu je razina mora bila povišena za gotovo pola metra. Ovakve situacije nastaju pod utjecajem atmosferskih poremećaja velikih prostornih dimenzija (planetarnih valova), koji se očituju kao sporo promjenjivi poremećaj tlaka zraka i odgovarajući vjetar. Zanimljivo je primijetiti da je, zbog dugotrajno povišene morske razine, poplava u Splitu i u Dubrovniku nastupila u času nastupa plimnog maksimuma. Čini se da nije bilo olujnog uspora koji bi bio uzrokovan sinoptičkim atmosferskim poremećajem, a što je najčešći uzrok poplava morem u Jadranu.

23 - 25. prosinca 2009.

Situacija slična prethodnoj, ali ovaj puta u sjevernom Jadranu, dogodila se u drugoj polovini prosinca 2009. godine (**slika 1.1.15**). Vodostaj je bio dugotrajno povišen za 30 do 40 centimetara. Olujni uspor od 20-ak centimetara nije značajan za područje sjevernog Jadrana, ali kad se poklopi u fazi s plimnim oscilacijama, sešima te superponira na dugoperiodičku komponentu, može rezultirati poplavom. U ovakvim situacijama nije neuobičajeno da se poplava javlja nekoliko dana za redom u gotovo isto vrijeme, što je bio i slučaj u prosincu 2009.

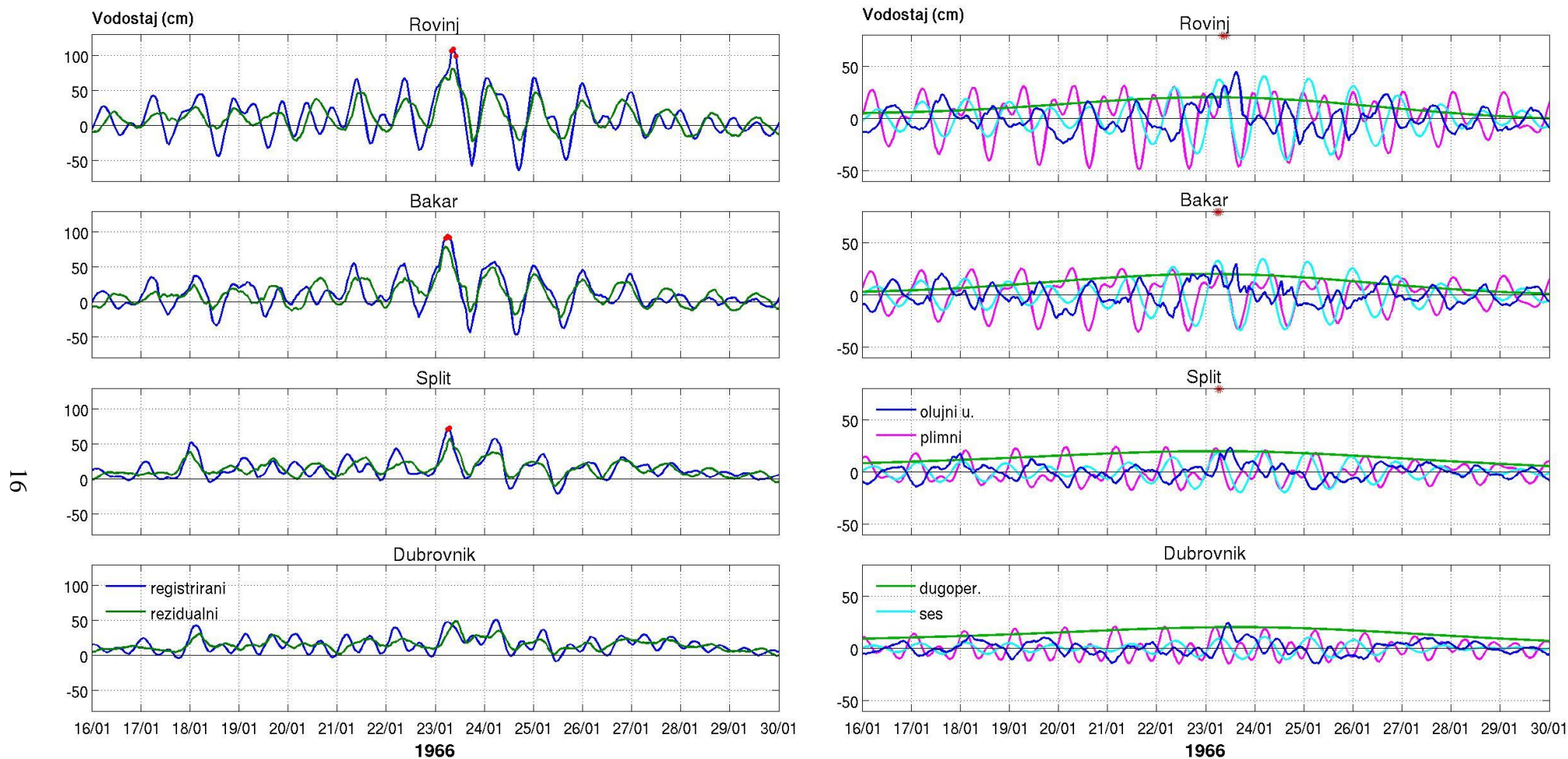
1 – 2. siječnja 2010.

Poplava iz prosinca prethodne godine bila je samo početak dugotrajne epizode koja se nastavila u siječnju 2010 (**slika 1.1.16**). Polje dugotrajno povišene razine sada je više zahvatilo južni dio Jadrana, vjerojatno uzrokovano atmosferskim poremećajima velikih dimenzija koji su se povukli južnije. Maksimumi plimnih oscilacija i seša, potpomognuti tek malim (oko 20 cm) olujnim usporom, nekoliko su dana za redom prouzročili poplave u srednjem i južnom Jadranu. Tom prilikom je u Dubrovniku (2. siječnja 2010.) zabilježena najviša vrijednost vodostaja (76 cm), od početka mjerenja.

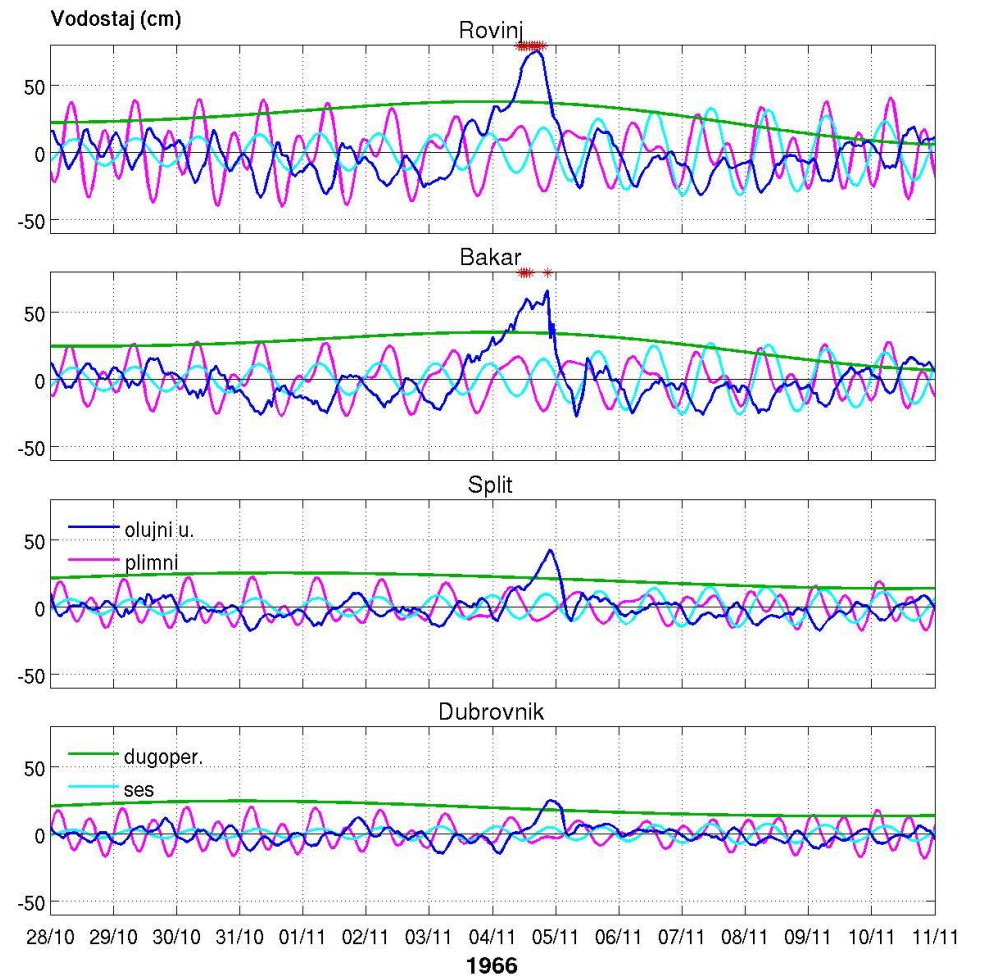
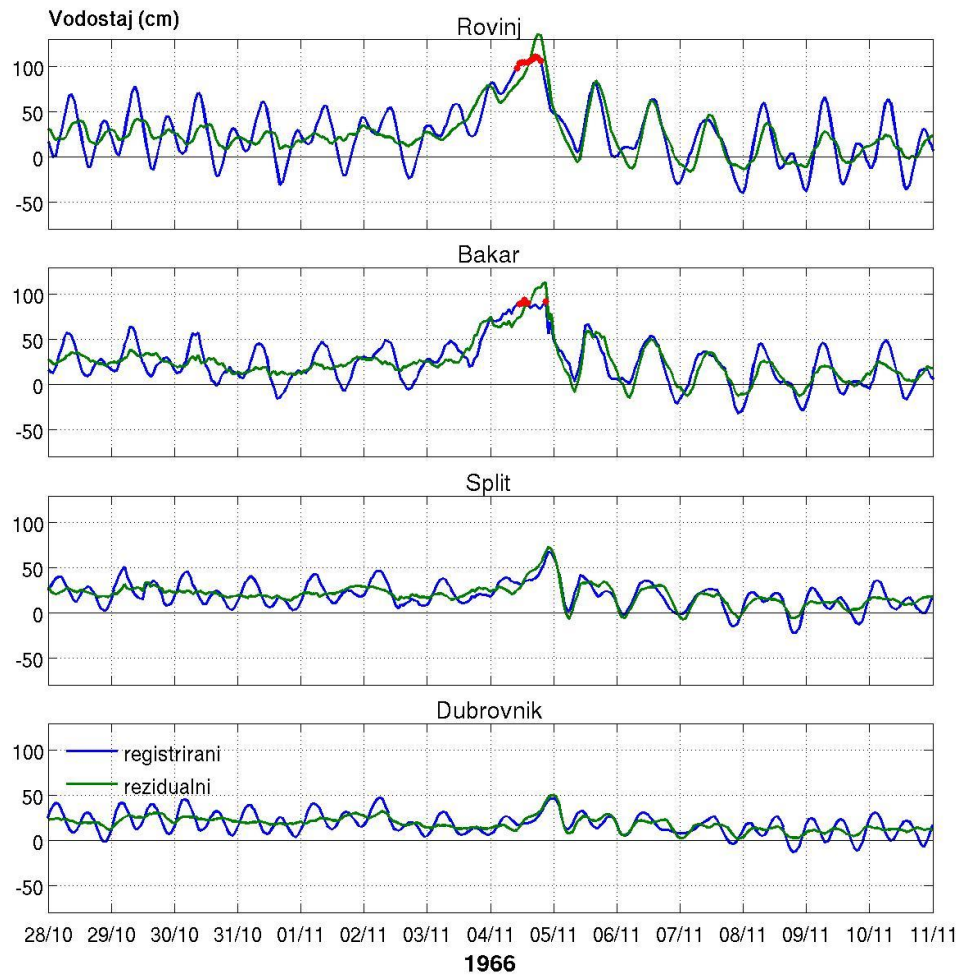
3. prosinca 2010.

I u prosincu 2010. godine ponavljaju se atipične poplave kakve su pogodile jadransku obalu u prethodne dvije zime. Razina mora je krajem studenoga i početkom prosinca opet dugotrajno bila povišena za 40-ak centimetara (**slika 1.1.17**). Doprinos olujnih uspora povezanih sa sinoptičkim atmosferskim poremećajima, u razdoblju od 10-ak dana oko poplave, nije premašio 30 centimetara, čak ni na sjevernom Jadranu. Međutim, to je bilo dovoljno da se, u času kad su se podudarili maksimumi plimnih oscilacija i seša, razina mora u Rovinju, Bakru, Zadru i Splitu popne do ekstremnih vrijednosti.

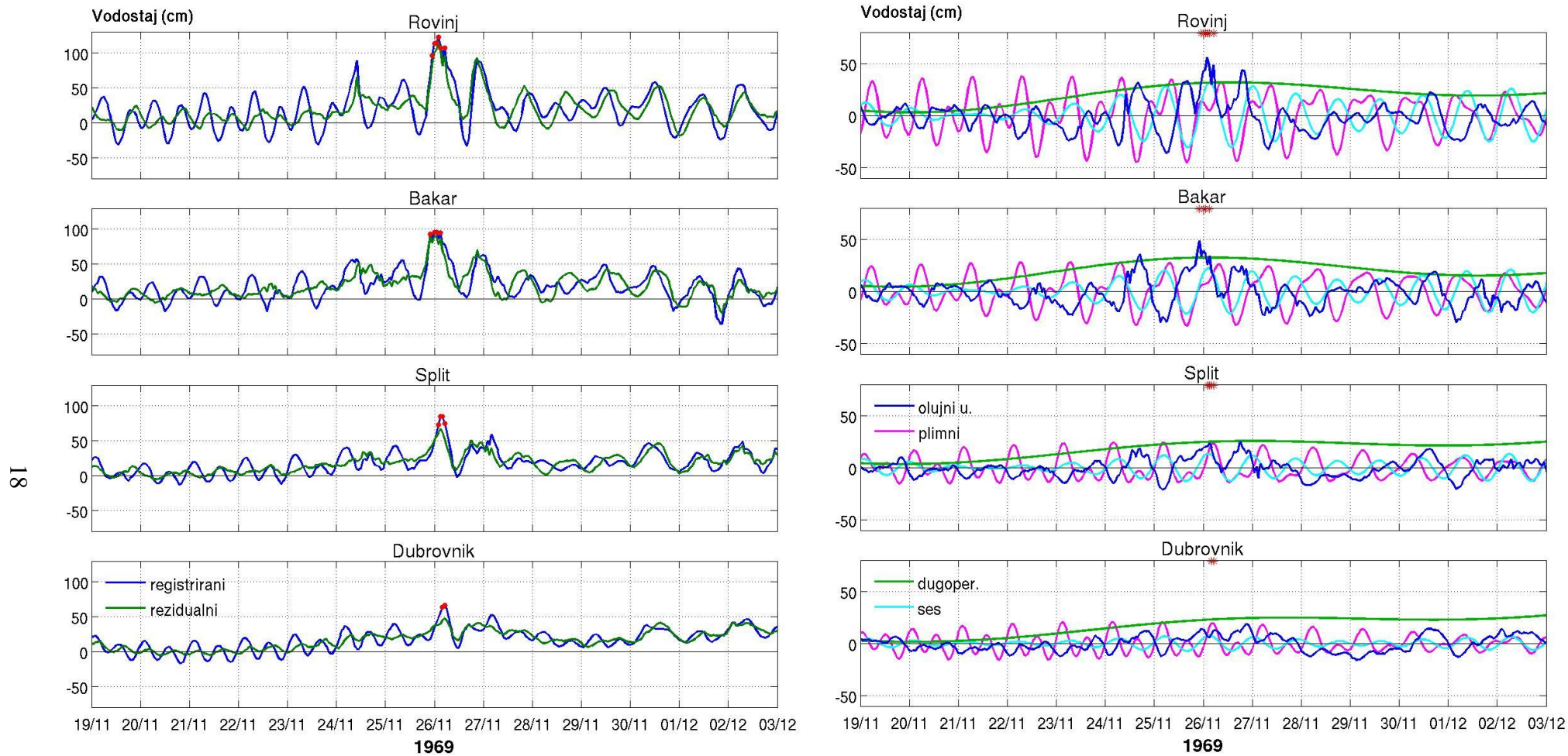
Zanimljivo je primijetiti da se u epizodama koje su se desile posljednjih godina, a koje su dominantno uvjetovane dugotrajnim povišenjem razine mora, poplave često javljaju nekoliko dana za redom, u doba plimnih maksimuma, što nismo primijetili za poplave u ranijem razdoblju.



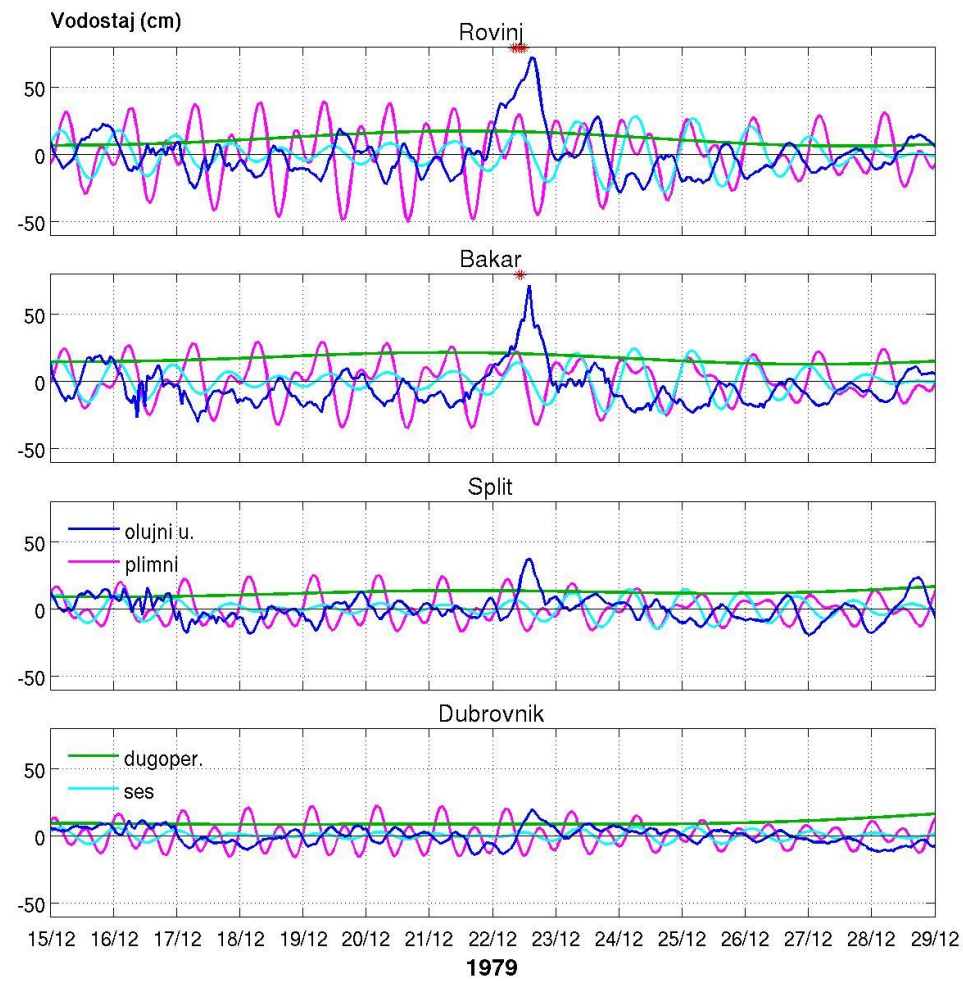
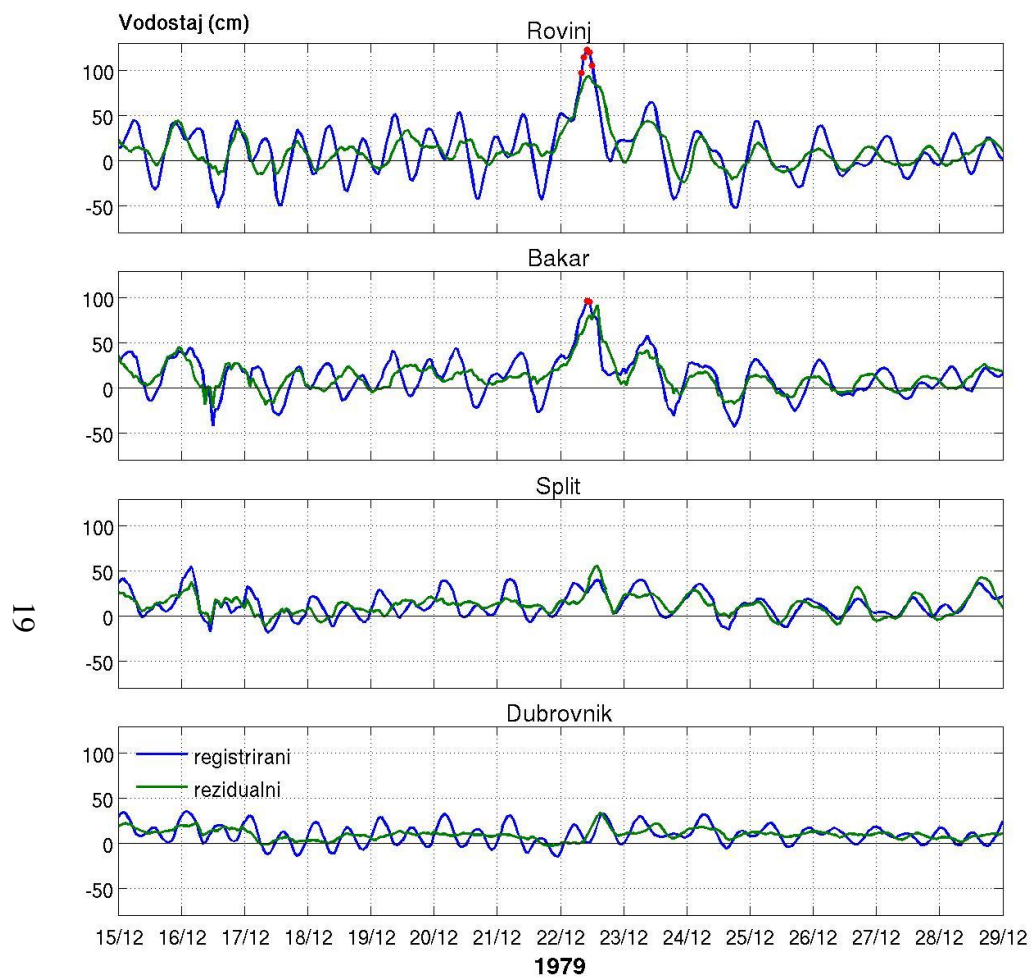
Slika 1.1.8. Prikaz poplave od 23. siječnja 1966. *Lijevo:* zabilježena razina mora i rezidualni vodostaj koji se dobije oduzimanjem plimnih oscilacija od mjerenih vrijednosti. *Desno:* udio pojedinog procesa (olujni uspor, plimne oscilacije, dugoperiodička varijabilnost i prvi mod jadranskog seša) u formiranju poplave. Crveno su označene (*lijevo*) vrijednosti odn. (*desno*) čas u kojem je nadmašen 99.99-ti percentil vodostaja na datoj postaji.



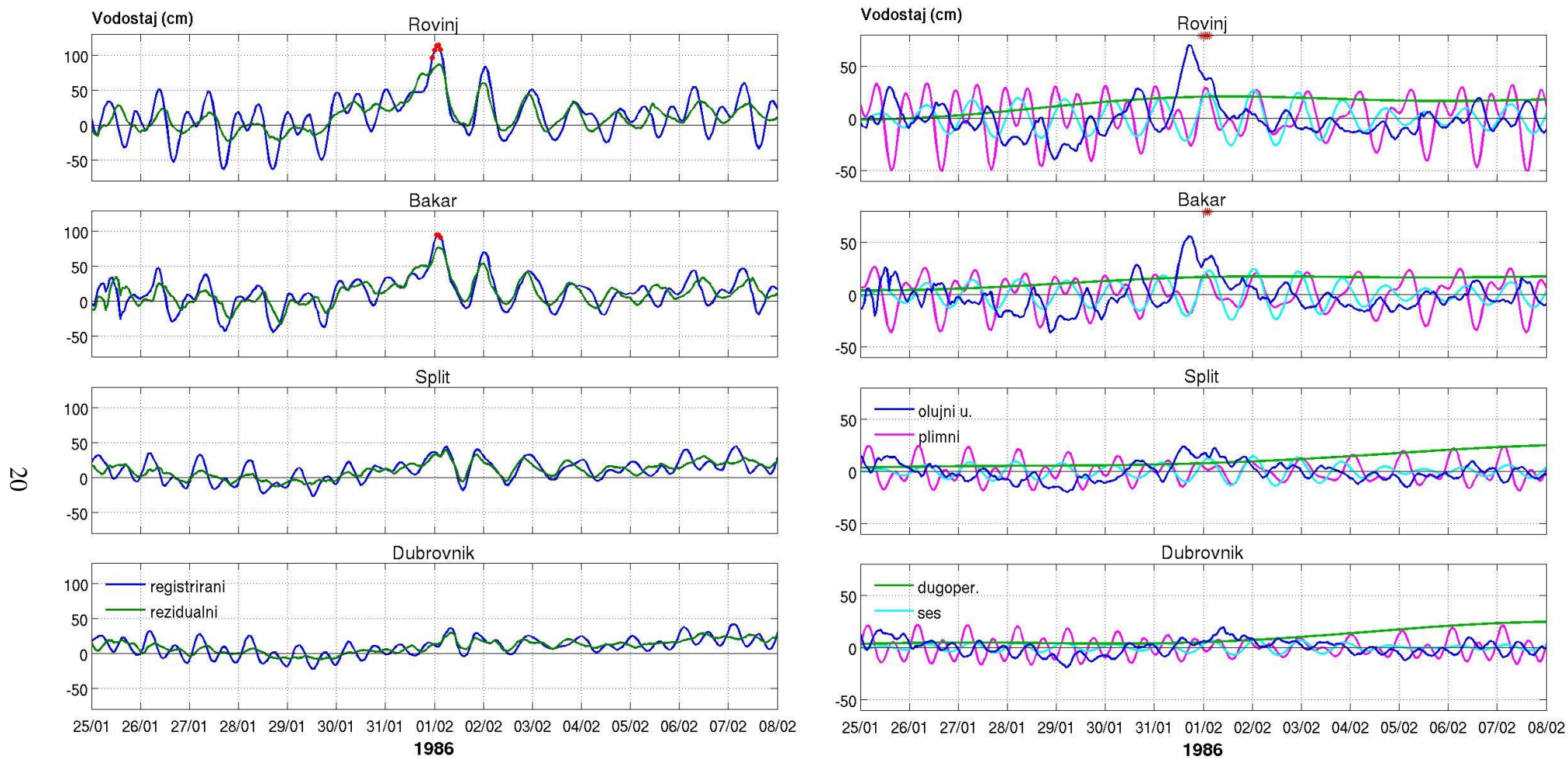
Slika 1.1.9. Prikaz poplave od 4. studenoga 1966.



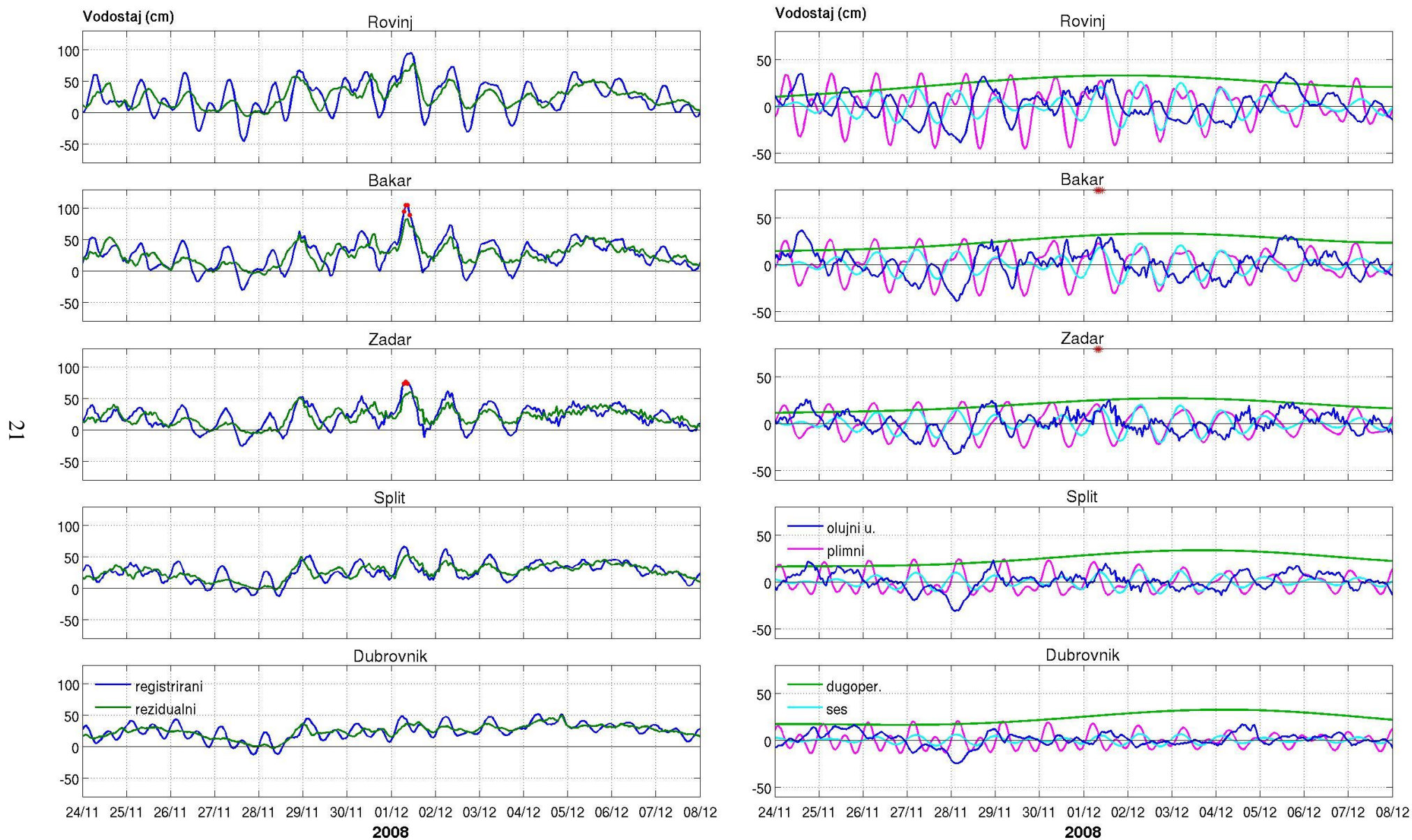
Slika 1.1.10. Prikaz poplave od 26. studenoga 1969.



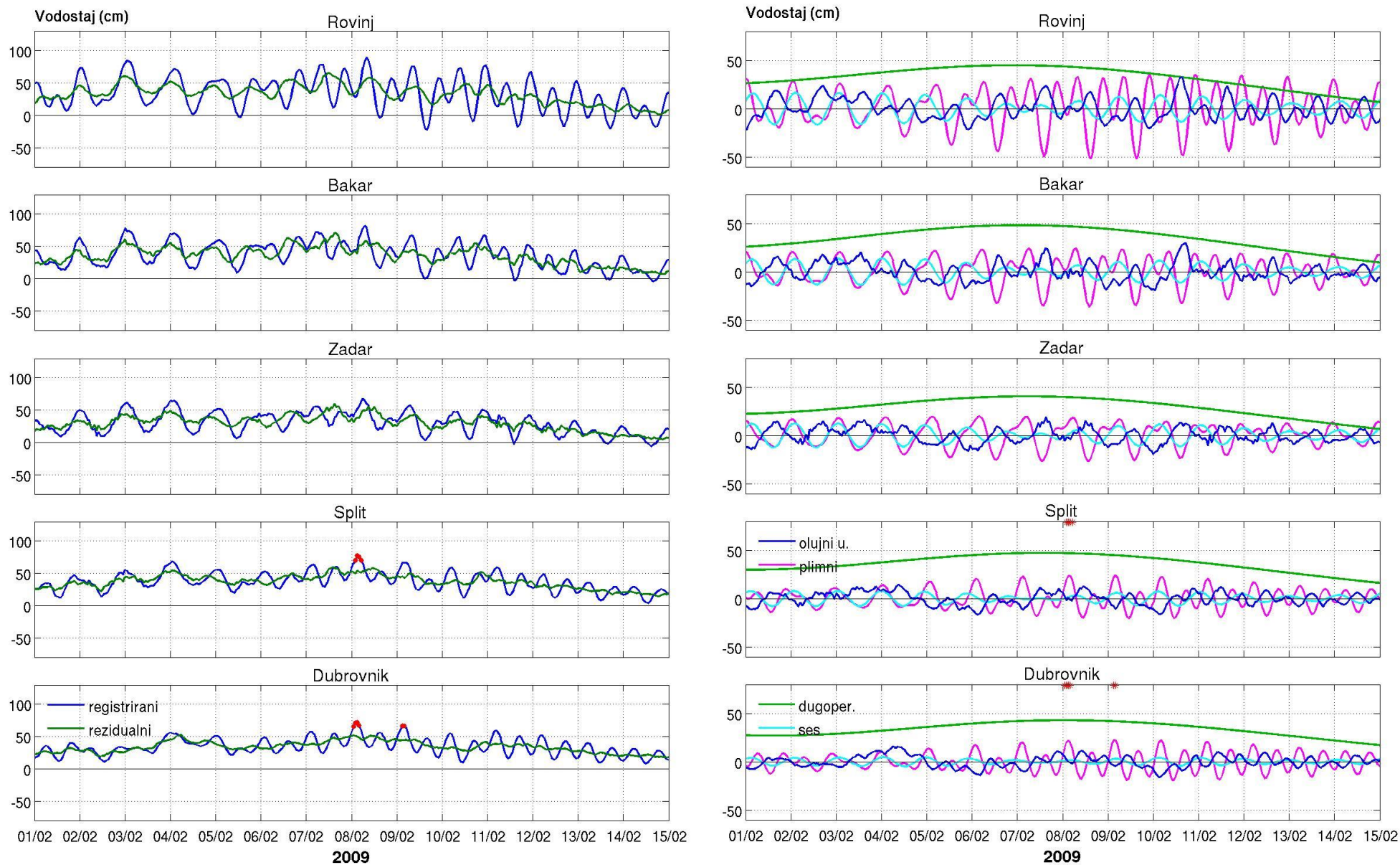
Slika 1.1.11. Prikaz poplave od 22. prosinca 1979.



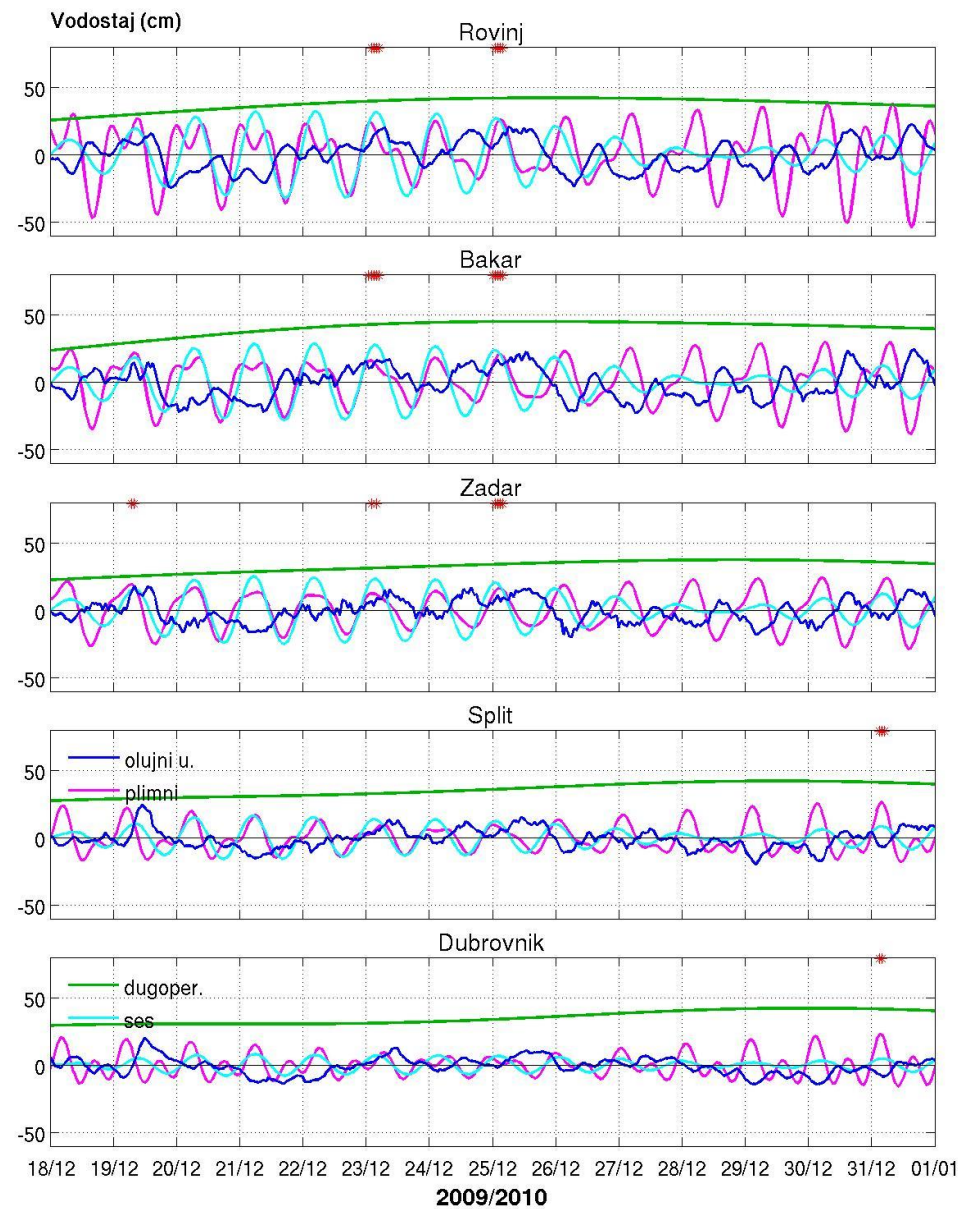
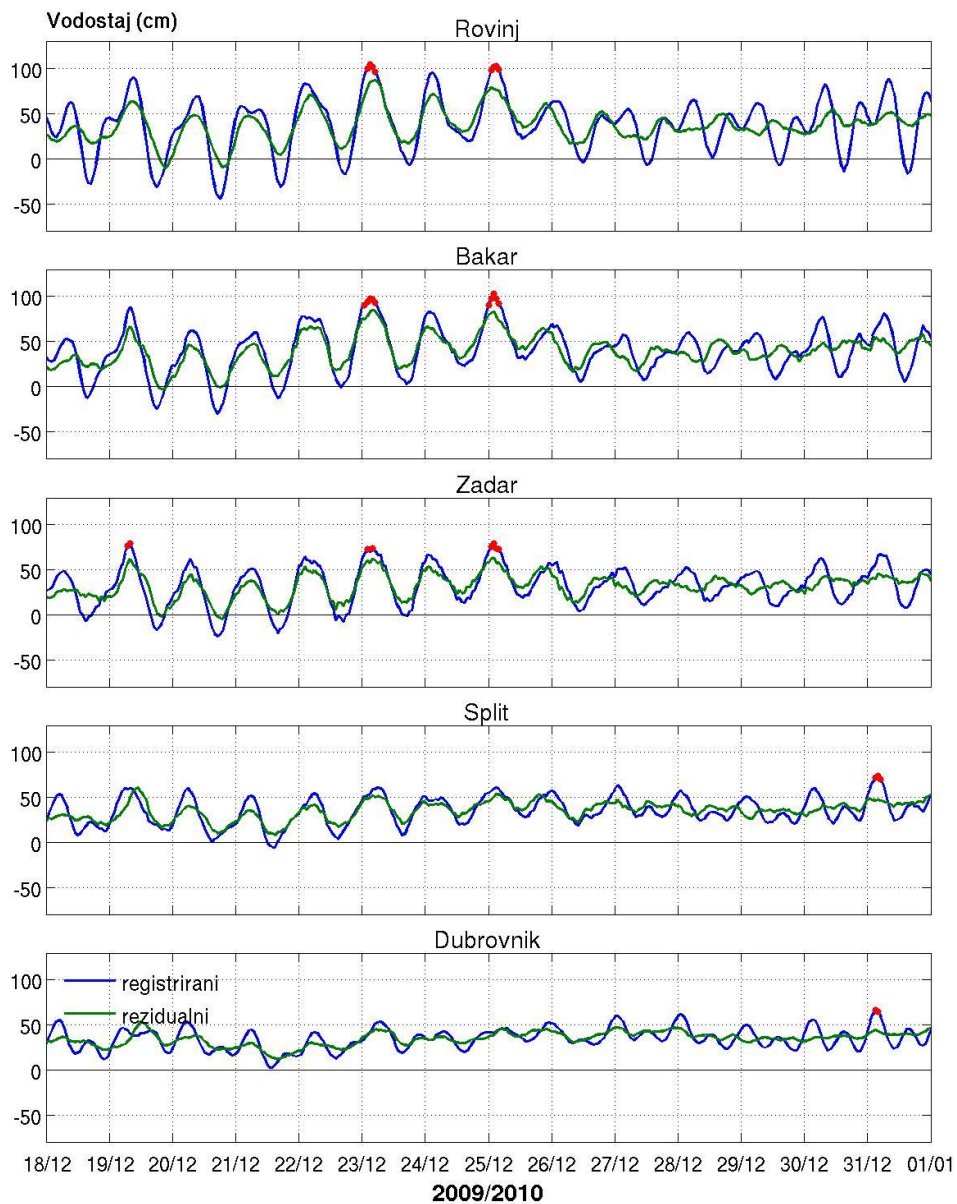
Slika 1.1.12. Prikaz poplave od 1. veljače 1986.



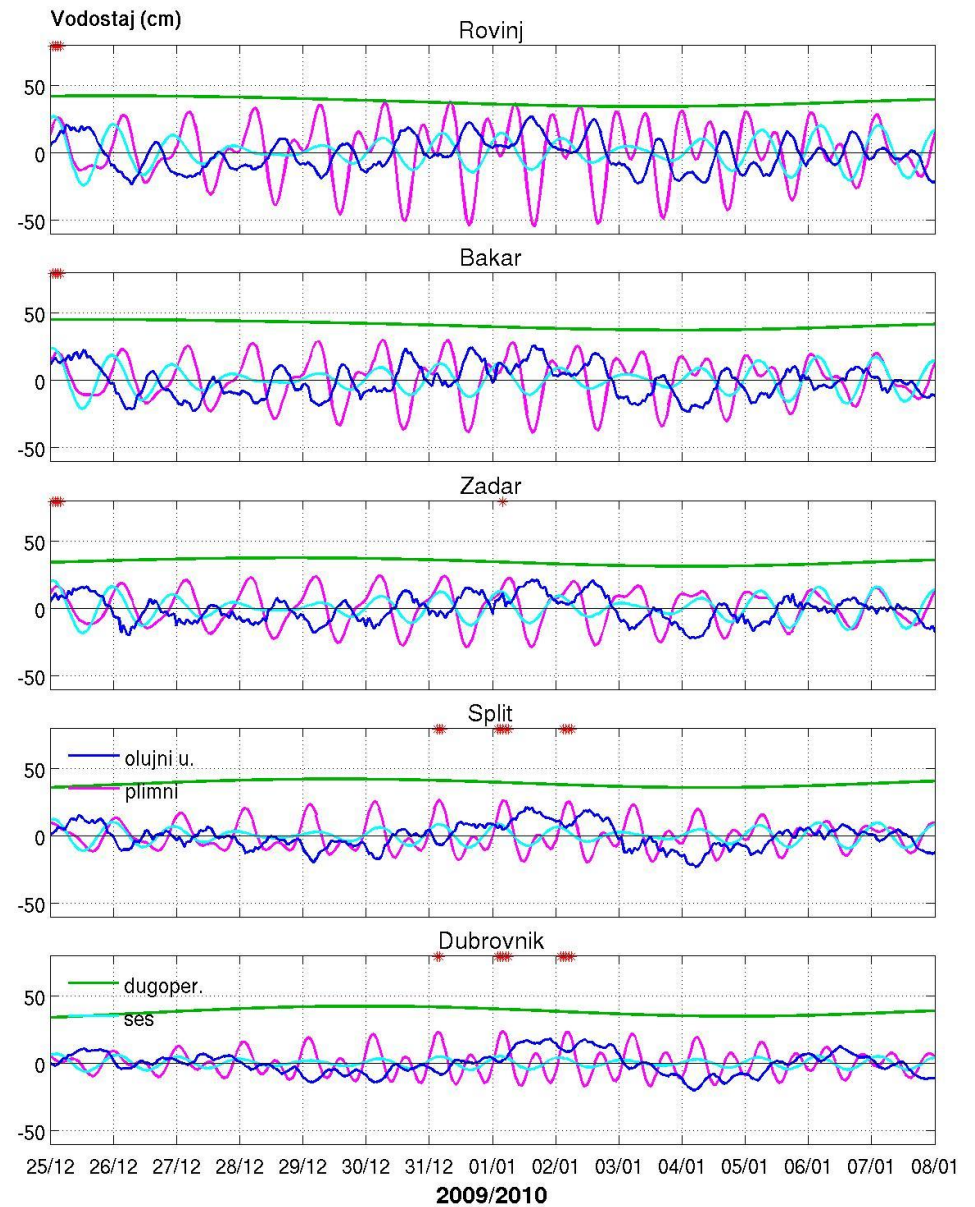
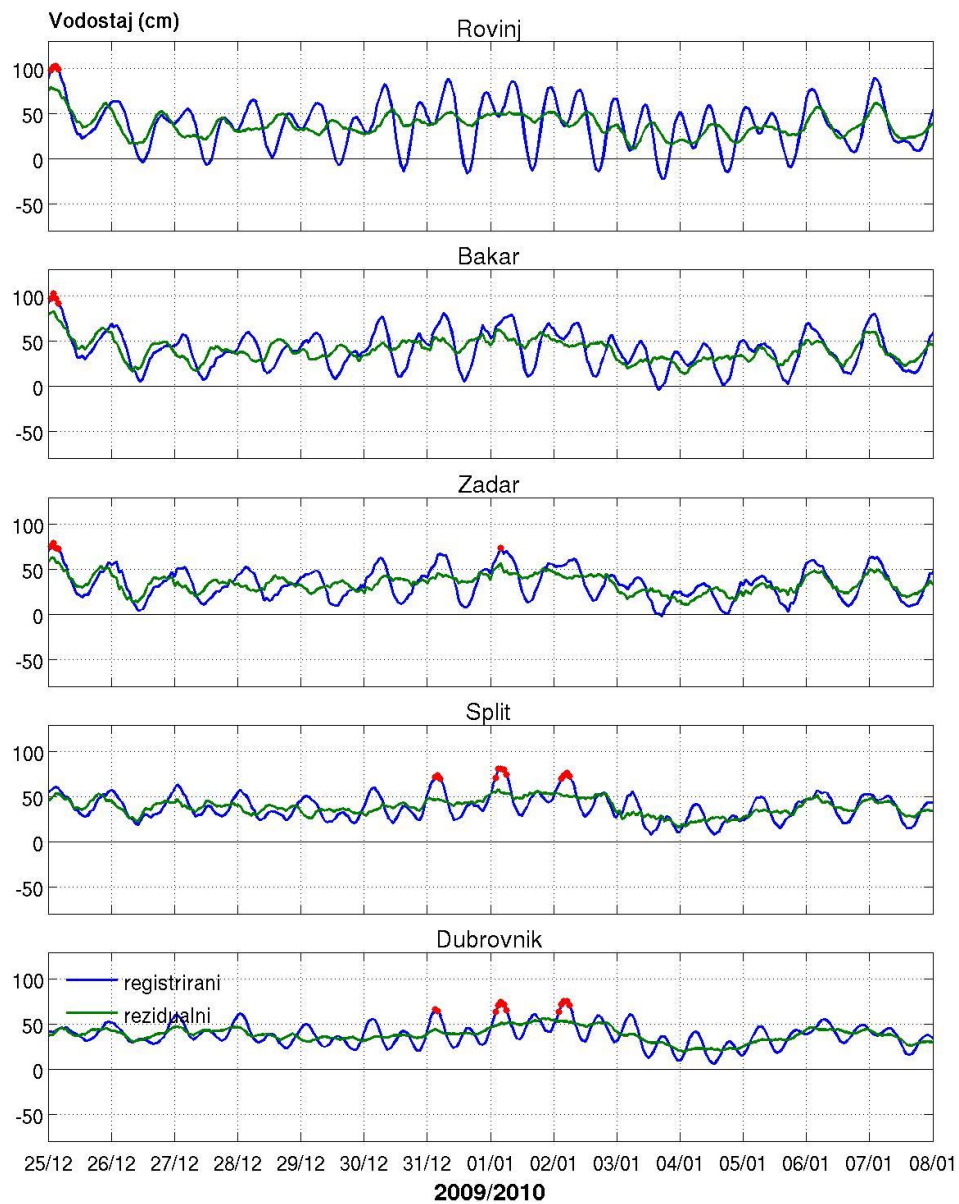
Slika 1.1.13. Prikaz poplave od 1. prosinca 2008.



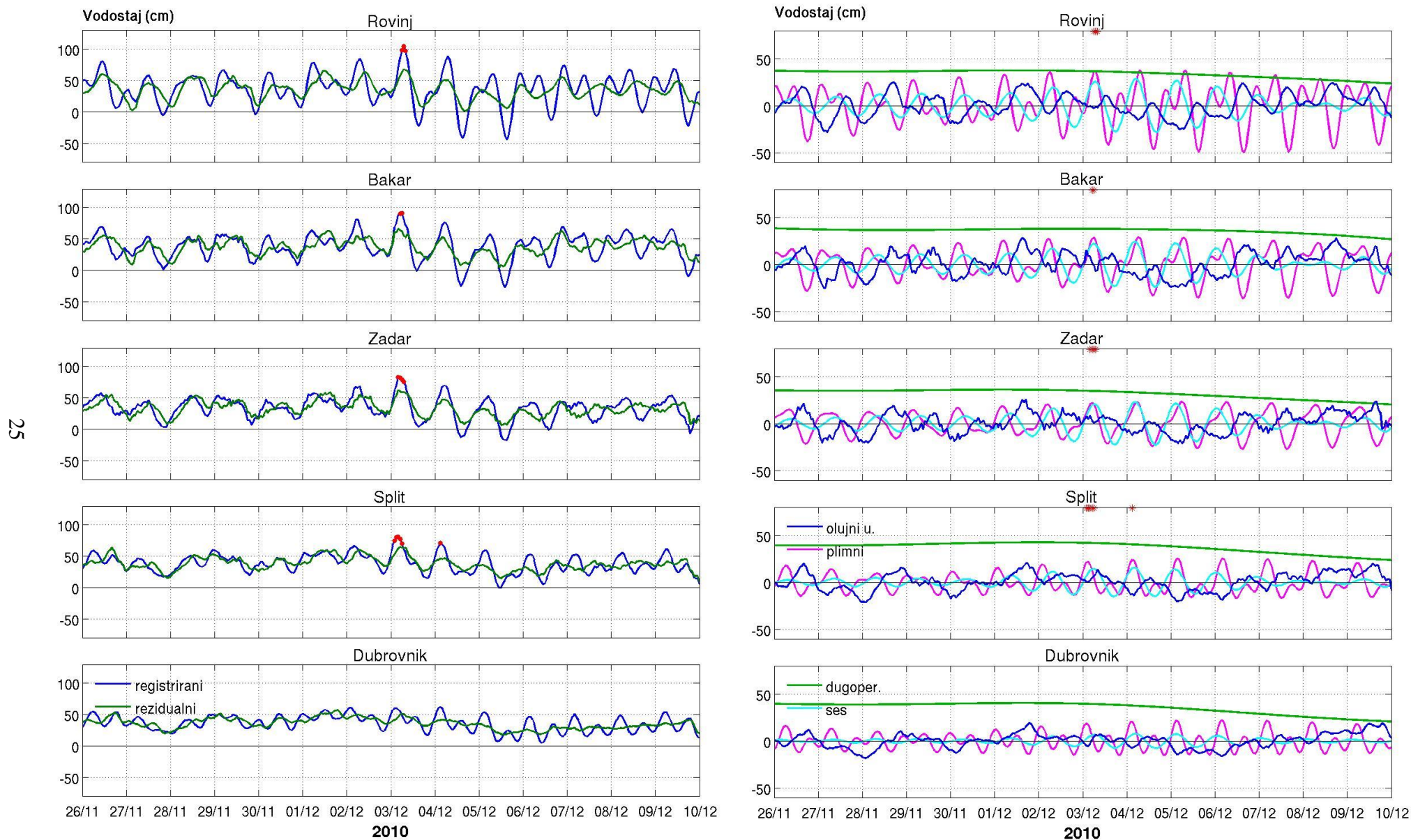
Slika 1.1.14. Prikaz poplave od 8. veljače 2009.



Slika 1.15. Prikaz poplave od 23.-25. prosinca 2009.



Slika 1.1.16. Prikaz poplave od 31. prosinca 2009. do 2. siječnja 2010.



Slika 1.17. Prikaz poplave od 3. prosinca 2010.

1.2. Analiza povijesnih poplava u Jadranu izazvanih šćigama i katalog šćiga

Jedan od uzroka poplavljanju jadranskog obalnog područja je i šćiga (u drugim jezicima poznata kao *meteotsunami*, *abiki*, *rissaga*, *marrubbio* ili *marrobbio*...). Riječ je o pojavi koja je slična tsunamiju, ali je izazvana procesima u atmosferi a ne u unutrašnjosti Zemlje.

Za potrebe ovog projekta sastavljen je prvi katalog šćiga koje su opažene u hrvatskom obalnom području. Pri tom su korišteni razni izvori – stručni i znanstveni radovi, novinski članci kao i zapisi o razgovorima koji su vođeni s očevicima. Treba naglasiti da se šćige često javljaju u područjima u kojima nema instrumentalnih mjerenja, pa su vizualna opažanja jedini mogući izvor informacija. Dakako, takvim se izvorima mora pristupati s maksimalnim oprezom, a napose treba paziti da se šćige ne zamijene s jednim od preostala dva uzročnika jadranskih poplava – naime, s olujnim usporima i s tsunamijima.

Na osnovi kritičke analize svih dostupnih izvora pripremljen je katalog koji je dan u **tablici 1.2.1**. Iz tablice je vidljivo da je u posljednjih osamdesetak godina opaženo petnaest slučajeva većih šćiga u hrvatskom dijelu Jadrana, s time da se kvaliteta informacije razlikuje od slučaja do slučaja. Pojava je opažena na četrnaest lokacija, najčešće u Veloj Luci (otok Korčula), u Starom Gradu (otok Hvar), na otoku Istu... (**slika 1.2.1**). U najvećem broju slučajeva šćiga se pojavila u toplom dijelu godine, tj. između svibnja i listopada, ali je u tri navrata opažena u veljači te jednom prilikom u studenom. Pojava se očitovala u oscilacijama morske razine čiji je period iznosio između 10 i 40 minuta, a visina vala, tj. udaljenost između brijega i dola vala, dosizala je do 6 m. Maksimalna je visina zabilježena za poznate epizode koja se dogodila u Veloj Luci i okolnom području 21. lipnja 1978. godine. Detaljnije ćemo razmotriti ovu epizodu, kako bismo ilustrirali pojavu šćige i njenu ovisnost o atmosferskim procesima.



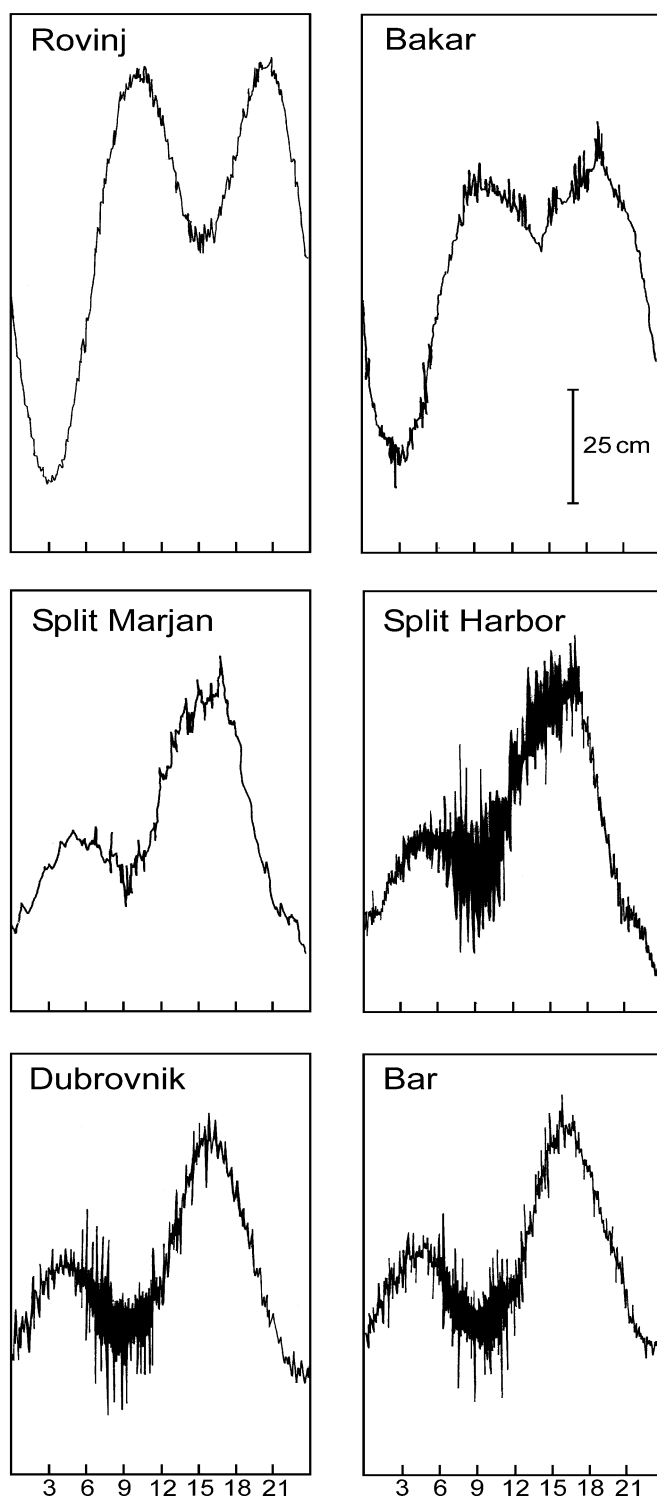
Slika 1.2.1. Poplava u Velj Luci 21. lipnja 1978. (*gore*), Starom Gradu 27. lipnja 2003. (*sredina lijevo*), na Istu 22. kolovoza 2007. (*sredina desno*), u Malom Lošinju 15. kolovoza 2008. (*dolje lijevo*) i u Starom Gradu 19. veljače 2010. (*dolje desno*).

Šćiga koja se dogodila 21. lipnja 1978. dokumentirana je na mnogim amaterskim fotografijama i filmovima. Nažalost, ne postoje instrumentalna mjerenja koja bi posvjedočila događaju u Veloj Luci, ali je na nekim zgradama u tom gradu ostala zabilježena visina maksimalnog postignutog vodostaja. Kako bi se dobila šira slika događaja, prikupljena su ne samo opažanja iz Vele Luke nego i opažanja i mjerenja s drugih lokacija u Jadranu. Procijenjene su visine valova i vremena nastupa najviše razine i to uzimajući u obzir samo prvi od nekoliko valnih paketa koji su taj dan pogodili jadransku obalu. Naime, samo je za prvi paket moguće s pouzdanošću analizirati atmosferski uzročnik.

Vizualna opažanja ove epizode su danas dostupna iz dva izvora: za istočnu jadransku obalu je to zbirka novinskih članaka (Vučetić i Barčot, 2008), a za zapadnu jadransku obalu izvor predstavljaju odgovori na upitnike (Bedosti, 1980). Iako su hrvatski novinski članci brojni, često su neprecizni i uglavnom usmjereni na porast razine duž obale, prodiranje vode u kuće te njeno povlačenje koje je ostavilo čamce i brodove ležati na morskom dnu. Ovi izvještaji su korišteni kako bi se procijenila visina vala i njegovo vrijeme nastupa. Opažanja s talijanske obale su nešto preciznija pa tako daju vremena nastupa najvišeg vodostaja te ponegdje i pripadne iznose.

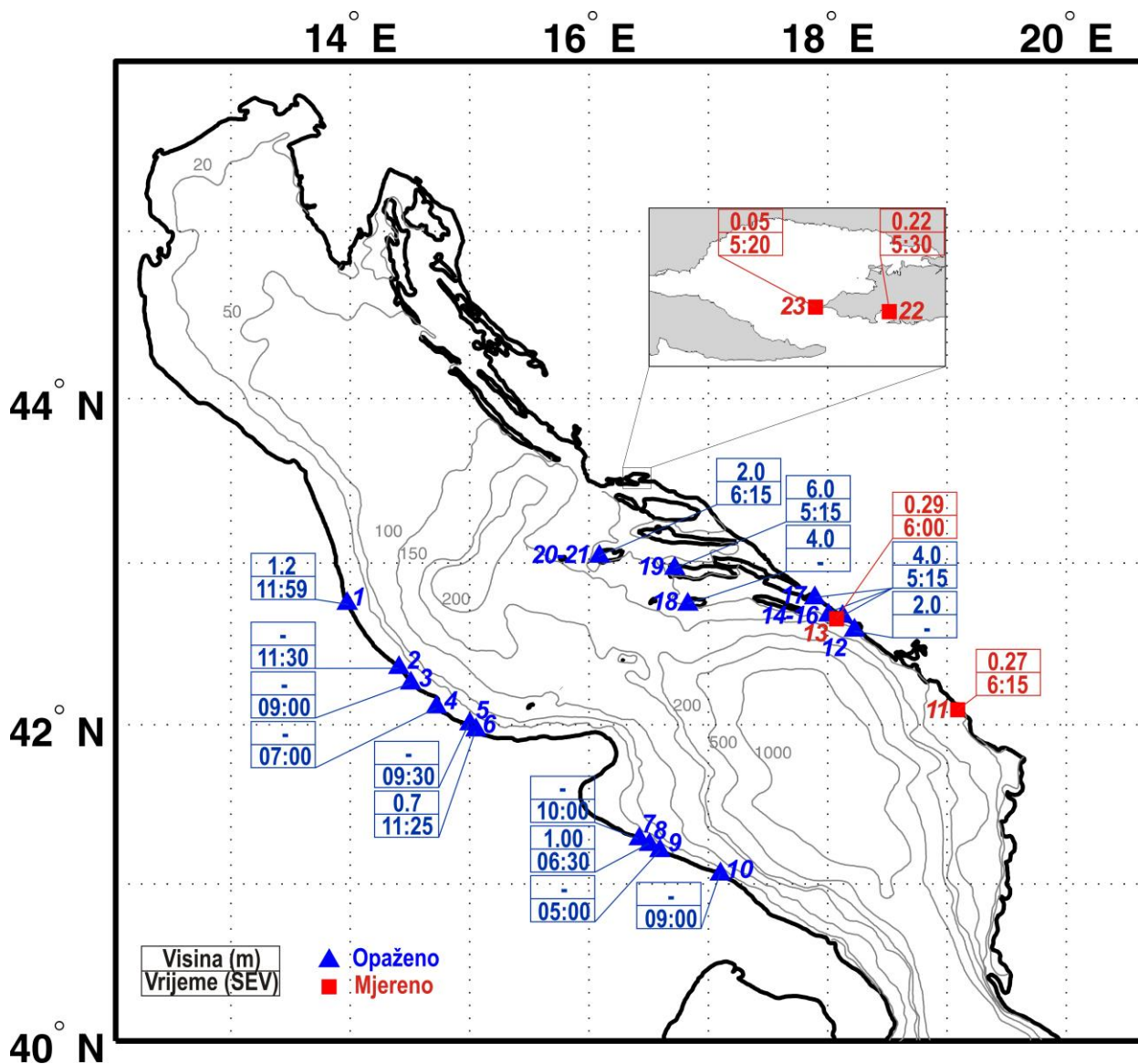
Mjerenja razine mora duž istočne obale pokazuju da je na dan događaja u lukama srednjeg i južnog Jadrana bila pobuđena jako izražena visokofrekventna aktivnost (**slika 1.2.2**). Aktivnost je počela oko 6 sati po lokalnom vremenu, s time da je u Baru i Dubrovniku bila prisutna, s različitim intenzitetom, do podneva, dok je na postajama Split luka i Split Marjan potrajala do večernjih sati. Mareograf na postaji Split Marjan, koji je smješten izvan luke, zabilježio je vrlo slabe oscilacije relativno niskih frekvencija. Dvije postaje u sjevernom Jadranu, Bakar i Rovinj, nisu registrirale signal koji bi se značajno razlikovao od pozadinskog šuma.

Za ovu studiju su na raspolaganju bili i mareogrami s četiri postaje na zapadnoj obali Jadrana: Brindisi, Termoli, Rimini i Venecija. Zapis s postaje Termoli nije bio od neke koristi budući da je iz nekog razloga bio izrazito prigušen. Loše kvalitete je bio i mareogram s postaje Rimini te se na njemu nije vidio nikakav izražen signal na dan događaja. Ostala dva mareograma ukazuju na povišenu visokofrekventnu aktivnost oko 5 (Brindisi) i 13 (Venecija) sati.



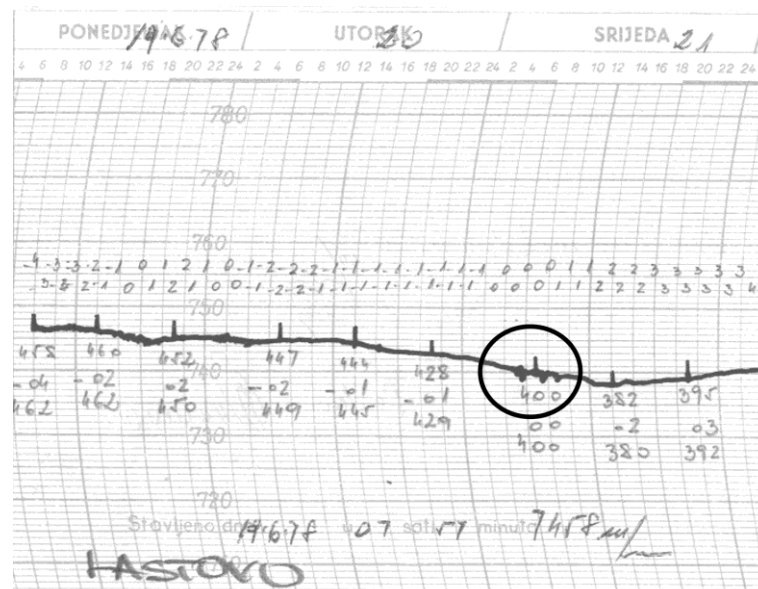
Slika 1.2.2. Razina mora zabilježena 21. lipnja 1978. na mareografskim postajama duž istočne obale Jadrana.

Upotrebljivi instrumentalni zapisi su se iskoristili kako bi se procijenile visine valova i vrijeme njihovog nastupa na raznim lokacijama. Visina vala je definirana kao razlika između najviše i najniže vrijednosti vodostaja unutar prvog valnog paketa, a vrijeme nastupa kao vrijeme najviše razine mora unutar istog paketa. Pregled svih visina i vremena, procijenjenih iz opažanja i mjerenja, dan je na slici 1.2.3. Očigledno je da su visine valova duž istočne obale bile veće od onih opaženih na zapadu, te da su oscilacije na zapadnoj strani kasnile za onima na istoku. Također, očita je i značajna varijabilnost valne visine i vremena nailaska vala na maloj skali.

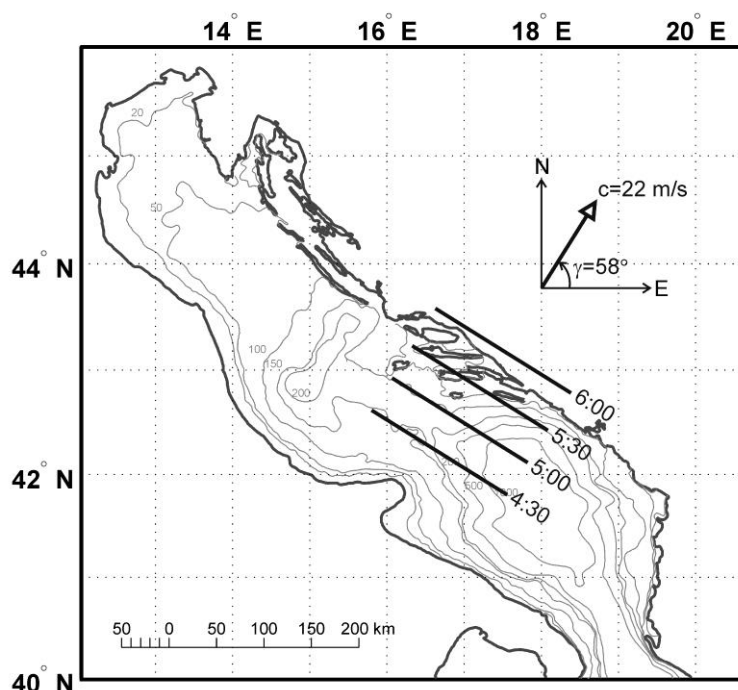


Slika 1.2.3. Visina vala (m) i vrijeme nastupa (prema srednjoeuropskom vremenu) opaženi vizualno (trokuti) i zabilježeni mareografima (kvadrati) na raznim lokacijama duž jadranske obale, na dan 21. lipnja 1978. godine.

Atmosferski poremećaji povezani s ovakvim poplavama najčešće su vidljivi u prizemnom tlaku zraka. Meteorološka mjerenja za područje od interesa su bila dosta rijetka, ali veći problem su slaba osjetljivost i niska vremenska rezolucija tadašnjih barografa. Oslanjajući se na takve podatke, Orlić (1980) je uočio poremećaj u tlaku zraka koji se javio na različitim postajama. Iz razlike u vremenu nastupa, izračunao je brzinu i smjer širenja poremećaja. Na **slici 1.2.4** je prikazan zapis barografa s Lastova, postaje najbliže Veloj Luci. Iz barograma je moguće očitati vrijeme nailaska poremećaja ali je teško odrediti njegov iznos i oblik. Ostali zapisi su slične kvalitete te kada se svi uzmu u obzir dobiva se procijenjena brzina atmosferskog poremećaja od 22 m/s i smjer od 58 stupnjeva (**slika 1.2.5**). Procijenjene su i pogreške: ± 2 m/s za brzinu i ± 2 stupnja za smjer. Budući da je broj korištenih barografa bio mali, pa je sasvim moguće da je pogreška podcijenjena, obavljena je dodatna analiza koja se bazirala na *bootstrap* metodi. Koristeći ovu metodu, ako se dopusti pogreška od ± 5 minuta za vrijeme nailaska poremećaja, dobivaju se iste pogreške za brzinu i smjer kao i prije. Pogreška brzine se udvostruči a smjera utrostruči ako se dozvoli pogreška od ± 10 minuta za vrijeme nastupa poremećaja.

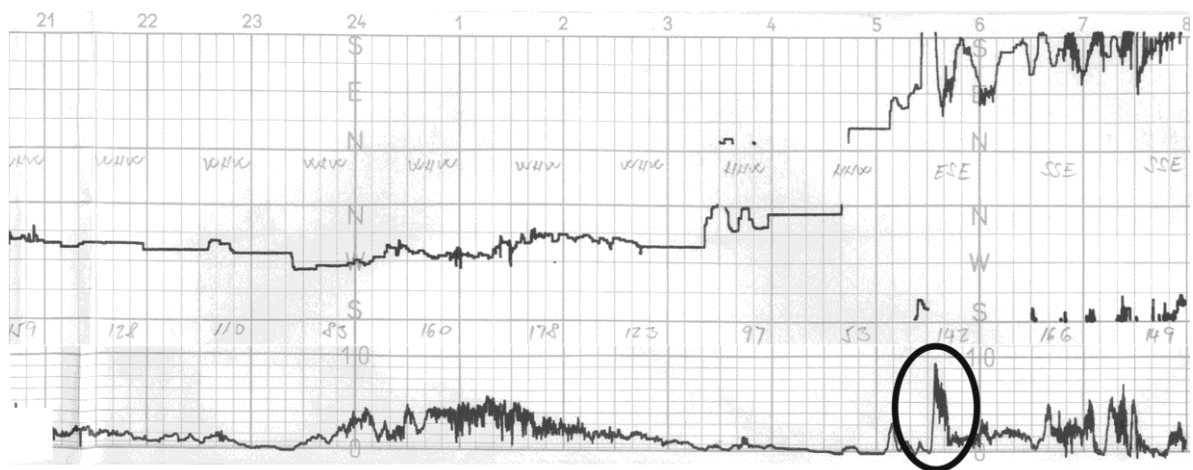


Slika 1.2.4. Tlak zraka zabilježen barografom na Lastovu od 19. do 21. lipnja 1978. Jedva uočljiv atmosferski poremećaj, koji se zabilježen u vrijeme poplave u Veljoj Luci, označen je kružnicom. Pravilne vertikalne crtice označavaju vremensku skalu i nisu posljedica promjena tlaka zraka.



Slika 1.2.5. Prikaz vremena nastupa atmosferskog poremećaja na dan 21. lipnja 1978, prema Orliću (1980). Također je dana brzina te smjer njegove propagacije preko Jadrana.

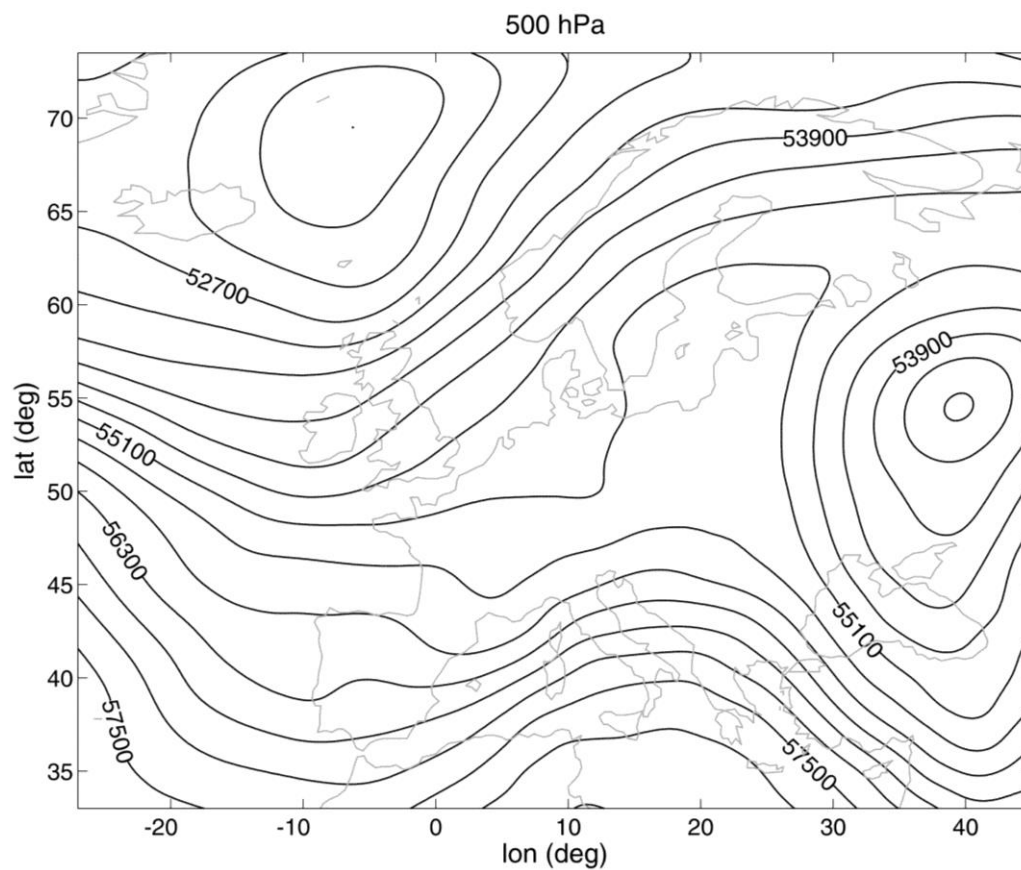
Kako bi se odredili oblik, trajanje i iznos poremećaja, korištene su vrijednosti smjera i brzine vjetra zabilježenog na postaji Lastovo (**slika 1.2.6**). U trenutku pojave poremećaja tlaka zraka i kratko prije poplave u Veloj Luci, zabilježen je 10-minutni nalet snažnog vjetra (10 m/s) čiji je smjer oscilirao od smjera sjevera preko istoka do južnog smjera. Trajanje poremećaja je određeno korištenjem podataka o vjetru uz pretpostavku da je vremenska skala poremećaja u polju vjetra bila jednaka onoj u polju tlaka zraka. Oblik poremećaja tlaka zraka nije bilo moguće odrediti pomoću podataka o vjetru, pa je stoga odabran najjednostavniji oblik, tj. *boxcar* funkcija (što odgovara drugim sličnim slučajevima). Iznos poremećaja je procijenjen iz vrijednosti tlaka zraka i vjetra te iznosi oko 3 hPa. Dakle, iz svih raspoloživih podataka je zaključeno da je poremećaj tlaka zraka koji je proizveo poplavu u Veloj Luci 1978. godine imao sljedeće karakteristike: trajao je 10 minuta, imao je oblik *boxcar* funkcije, te je iznosio 3 hPa.



Slika 1.2.6. Brzina i smjer vjetra zabilježeni na Lastovu, u razdoblju od 20. lipnja 1978. u 21 h do 21. lipnja u 8 h. Na zapisu je naznačeno kratkotrajno naglo pojačanje vjetra koje odgovara pojavi poplave u Veloj Luci.

Već je Hodžić (1979) detaljno opisao sinoptičku pozadinu ovog događaja. Njena najistaknutija značajka je bila duboka visinska dolina i prateća jugozapadna mlazna struja koja se prostirala iznad Apenina (**slika 1.2.7**). Mlazna struja je dozvolila dotok toplog i vlažnog zraka s jugozapada prema Jadranu i time omogućila stvaranje uvjeta pogodnih za razvoj konvekcije.

Poplava koja se u Jadranu dogodila 21. lipnja 1978. godine istražena je i teorijski, pomoću suvremenih meteoroloških i oceanografskih modela (Orlić i sur., 2010). Pri tom je zaključeno da je poremećaj u polju vjetra bio od sekundarnog značenja za ovu epizodu te da je opisani mali poremećaj tlaka zraka doveo do pojave velikih oscilacija morske razine uslijed sukcesije četiri različita procesa: (1) putujući poremećaj tlaka zraka izazvao je pojavu valnog paketa na otvorenom Jadranu te njegovo pojačanje zbog tzv. Proudmanove rezonancije, (2) prilikom ulaska u zaljev ljevkastog oblika valni paket se dalje pojačao uslijed takvog oblika bazena, (3) valni se paket potom pojačao i zbog refleksije na zatvorenom kraju bazena, te naposljetku (4) valni paket se vratio prema otvorenom kraju bazena, tamo se reflektirao te se još pojačao konstruktivnom superpozicijom na valni paket koji je i dalje pristizao s otvorenog mora (što je proces poznat kao lučka rezonancija).



Slika 1.2.7. Geopotencijal 500 hPa plohe dana 21. lipnja 1978 u 01 h (SEV). Na slici se ističe duboka visinska dolina i jaka jugozapadna mlazna struja iznad Apenina.

Poplava od 21. lipnja 1978. godine jedna je od rijetkih koji su detaljnije istražene koristeći sve raspoložive podatke kao i numeričko modeliranje atmosfere i mora. Stoga se za istraživanje utjecaja šćiga na hrvatsko obalno područje valja prvenstveno osloniti na opažanja sumirana u **tablici 1.2.1.**

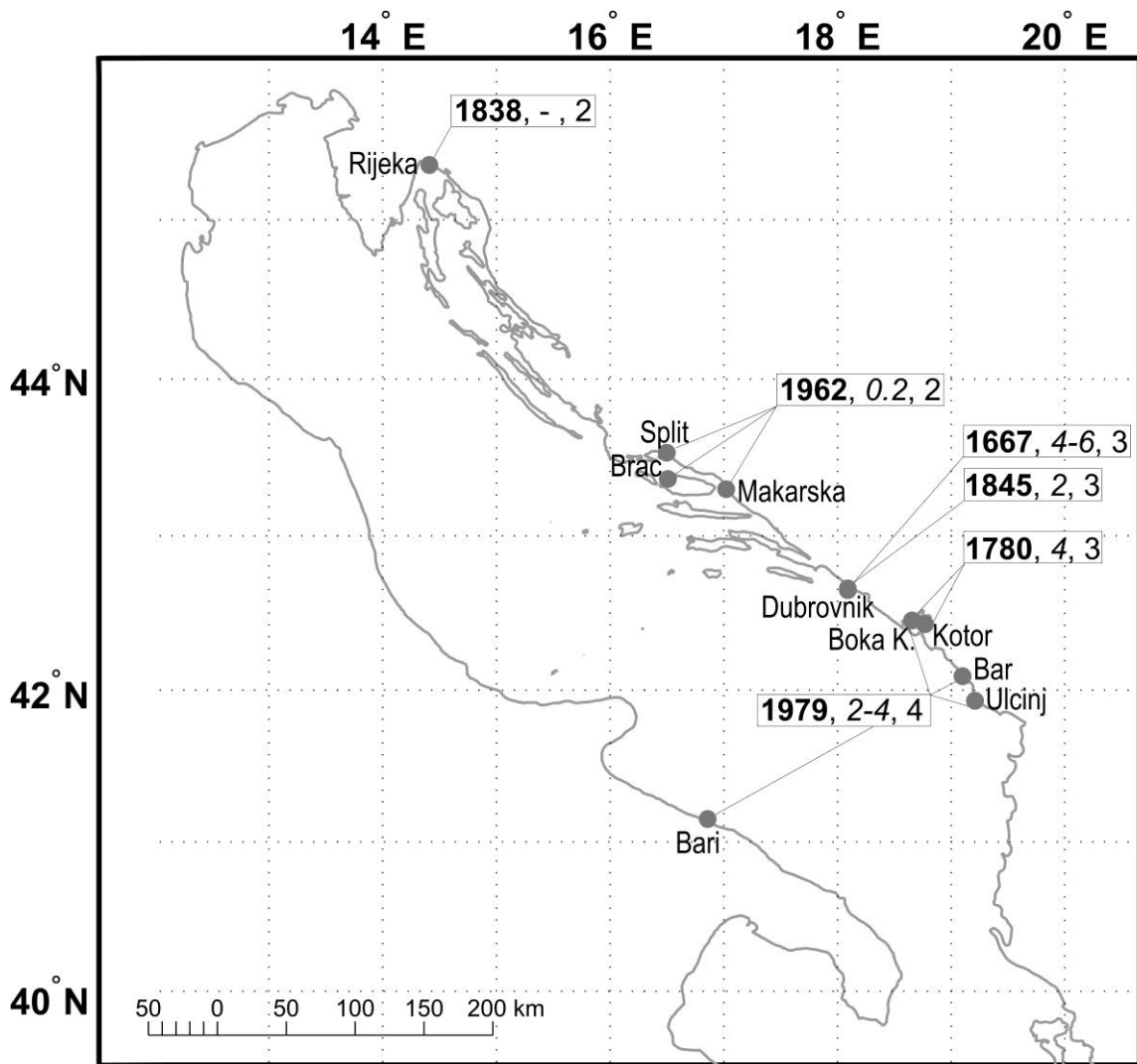
Tablica 1.2.1. Katalog šćiga u hrvatskom dijelu Jadrana (visine veće od 1 m).

Broj	Lokacija	Datum	Visina (m)	Vrijeme nastupa (SEV)	Trajanje pojave (h)	Period oscilacija (min)	Izvor
1	Vela Luka	28/29. 5. 1935.	/	/	/	/	Tabain i Tabain (1994)
2	Vela Luka	12. 9. 1937.	/	/	/	/	Tabain i Tabain (1994)
3a	Vela Luka	11/12. 11. 1951.	/	/	/	/	Tabain i Tabain (1994)
3b	Stari Grad	11/12. 11. 1951.	/	/	/	/	<i>Slobodna Dalmacija</i> (14. 11. 1951.)
3c	Vrboska	11/12. 11. 1951.	/	/	/	/	<i>Slobodna Dalmacija</i> (14. 11. 1951.)
4	Korčula i kanal	27. 8. 1966.	1.65	16:00	2	15	<i>Vjesnik</i> (29. 8. 1966.)
5	Vela Luka	10. 2. 1972.	2	11:00	5.5	/	Tabain i Tabain (1994)
6	Vela Luka	21. 8. 1977.	4	/	/	/	<i>Slobodna Dalmacija</i> (24. 8. 1977.)
7	Vela Luka	19/20. 9. 1977.	4	22:00	4.5	25	<i>Vjesnik</i> (21. 9. 1977.), <i>Slobodna Dalmacija</i> (22. 9. 1977.)
8a	Vela Luka	21. 6. 1978.	6	5:15	3	15	Orlić (1980), Vučetić i Barčot (2008)
8b	Ubli	21. 6. 1978.	4	/	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)
8c	Slano	21. 6. 1978.	4	/	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)
8d	Koločep	21. 6. 1978.	4	/	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)
8e	Komolac	21. 6. 1978.	4	5:15	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)

8f	Gruž	21. 6. 1978.	4	/	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)
8g	Vis	21. 6. 1978.	2	6:15	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)
8h	Cavtat	21. 6. 1978.	2	/	/	/	Vučetić i Barčot (2008), Orlić i sur. (2010)
9	Vela Luka	12. 2. 1979.	2	13:00	6	/	Tabain i Tabain (1994)
10a	Stari Grad	10. 7. 1980.	2.5	5:00, 17:30	/	40	<i>Slobodna Dalmacija</i> (11. 7. 1980), <i>Vjesnik</i> (11. 7. 1980.)
10b	Vela Luka	10. 7. 1980.	/	/	/	/	<i>Vjesnik</i> (11. 7. 1980.)
11	Ist	5. 10. 1984.	4	/	/	/	Vilibić i Šepić (2009)
12a	Stari Grad	27. 6. 2003.	3.5	6:00	/	/	<i>Slobodna Dalmacija</i> (28. 6. 2003.), Vilibić i sur. (2004)
12b	Mali Ston	27. 6. 2003.	/	7:15	/	/	<i>Slobodna Dalmacija</i> (28. 6. 2003.), Vilibić i sur. (2004)
13	Ist	22. 8. 2007.	4	17:30	1	10	Razgovor M. Orlića s očevicima na Istu (24. 8. 2007.), <i>Jutarnji list</i> (24. 8. 2007.) Šepić i sur. (2009)
14	Mali Lošinj	15. 8. 2008.	3.5	18:50	1	20	<i>Vjesnik</i> (18. 8. 2008.), Razgovor M. Orlića s lučkim kapetanom Z. Tomićem (21. 8. 2008.)
15	Stari Grad	19. 2. 2010.	3	/	/	/	<i>Slobodna Dalmacija</i> (21. 2. 2010.), <i>Večernji list</i> (21. 2. 2010.)

1.3. Analiza povijesnih zapisa o pojavama tsunamija na istočnoj obali Jadrana s katalogom tsunamija

Analiza obuhvaća povijesne tsunamije koji su se desili na istočnoj obali Jadrana, od Trsta do albanske obale, od 16. stoljeća do današnjih dana. Polazna točka za istraživanje bio je katalog tsunamija u Sredozemlju koji su načinili Soloviev i suradnici (2000). U njihovom katalogu navedeno je 14 tsunamija koji su se zbili na našem području od interesa. Međutim, već pregledom povijesnog kataloga potresa od Kišpatića (1891-1895) uočeno je da u katalogu Solovieva nedostaju mnogi događaji, tako da se ukupni broj navodnih pojava tsunamija popeo na osamnaest. Za svaki od navedenih događaja, istražili smo sve dostupne bibliografske izvore, pri čemu je prednost dana izvornim tekstovima u starim knjigama, novinama i časopisima. Detaljnom analizom prikupljenih podataka za svaki događaj je utvrđeno radi li se o pojavi pravog tsunamija, o podizanju morske razine uslijed atmosferske pobude ili o morskom udaru. Morski udar je pojava koja se, kao i tsunami, ponekad javlja kao posljedica podmorskog potresa, i u literaturi se ove dvije pojave često ne razlikuju. Morski udar je manifestacija širenja potresnih p-valova u moru i najčešće se opaža na otvorenom moru u području blizu epicentra potresa; opažaču se čini kao da je more “uskuhalo” ili kao da je brod udario o podvodnu hrid (Levin i Nosov, 2009). Međutim, za razliku od tsunamija, morski udar ne putuje daleko od izvora i ne zadire duboko na obalu te posljedično ne izaziva katastrofalne posljedice. Detaljnom analizom utvrdili smo da se od ukupno 18 istraženih događaja, u samo šest slučajeva radilo se o pravom tsunami valu. U **tablici 1.3.1** dat je popis svih istraženih događaja, uz sažete rezultate analize, pri čemu su pojave pravog tsunamija otisnute masnim slovima. Tako je u stupcu 4 naveden uzrok opažene pojave na moru, u stupcima 5 do 8 dani su parametri (lokacija, intenzitet i magnituda) potresa, u stupcu 9 je navedeno o kojoj se pojavi doista radilo, a za događaje za koje je utvrđeno da su doista bili tsunami, dana je procjena intenziteta tsunamija (stupac 10) i procjena visine vala (stupac 11). Na karti prikazanoj na **slici 1.3.1.** označene su lokacije tsunamija koji su se desili na istočnoj obali, s procjenama visina te intenziteta vala. U daljnjem tekstu dan je prikaz svih pojava pravog tsunamija.



Slika 1.3.1. Karta Jadrana s lokacijama na kojima je zabilježena pojava pravog tsunamija, od 16. stoljeća do danas. Za pojedini događaj navedena je godina (**masno**), procijenjena visina vala (*drugi broj*) te intenzitet tsunamija (treći broj).

6. travnja 1667., Dubrovnik

Tsunami koji je pogodio Dubrovnik za velikog potresa 6. travnja 1667. godine dokumentiran je u više zapisa iz onog doba i navodi se već u ranim katalozima potresa (npr. Perrey, 1850; Mallet i Mallet, 1858). Dan je bio vedar, uz slab južni vjetar. Oko 9 sati ujutro razoran potres, jačine X stupnjeva po Mercalli-Cancani-Siebergovoj (MCS) ljestvici (Herak i sur., 1996), pogodio je Dubrovnik i okolicu. O jačini potresa govori činjenica da je tom prilikom poginulo oko 1600 ljudi ("Dubrovačka republika", 2001), a Dubrovačka republika se nikad nije potpuno oporavila od ove katastrofe. Uz detaljne opise samog potresa, na više mjesta nalazimo i opis samog tsunamija. Tako fra Vid Adamović (Adamović, 1883) u svom pismu od 16. travnja govori:

"... i more se povuče te ostane tri dana dva lakta iznad uobičajenog položaja. Brodovi se tako zaljuljaše, da su s pramcem ronili pod morem kao da će potonuti, a oni uza zid u luci se porazbijaše."

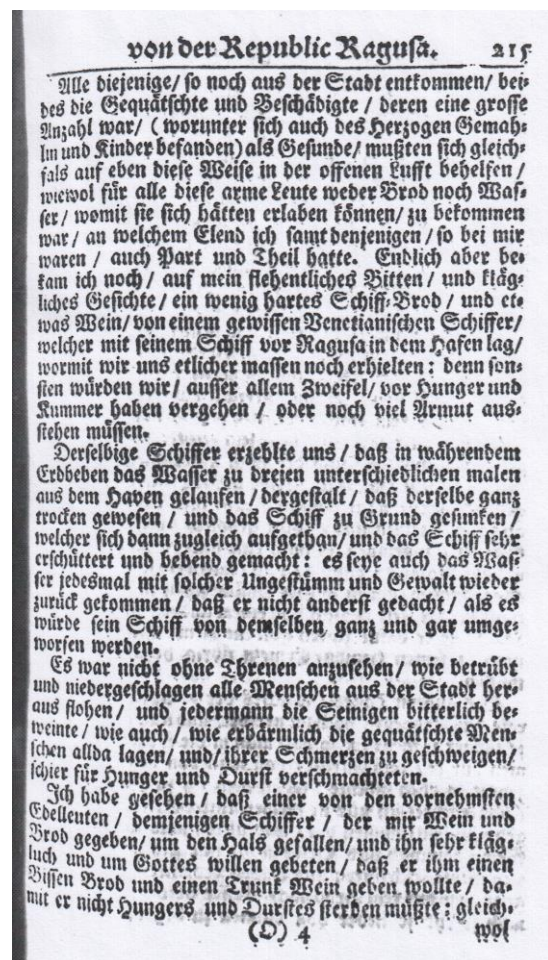
Nizozemski konzul Jakob van Damm, koji je u trenutku potresa bio na proputovanju kroz Dubrovnik, ostavio je detaljan opis (Reusch, 1718, **slika 1.3.2**):

"Mornar u luci pripovijedao nam je da je za vrijeme potresa voda u tri navrata naglo istekla iz luke ostavivši je potpuno suhom, a brod se uz jaku trešnju i podrhtavanje spustio na dno koje je istodobno ostalo slobodnim. Voda se svaki puta opet natrag vratila s tolikom žestinom i silom da je on bio uvjeren kako će mu se od toga brod naskroz nasukati."

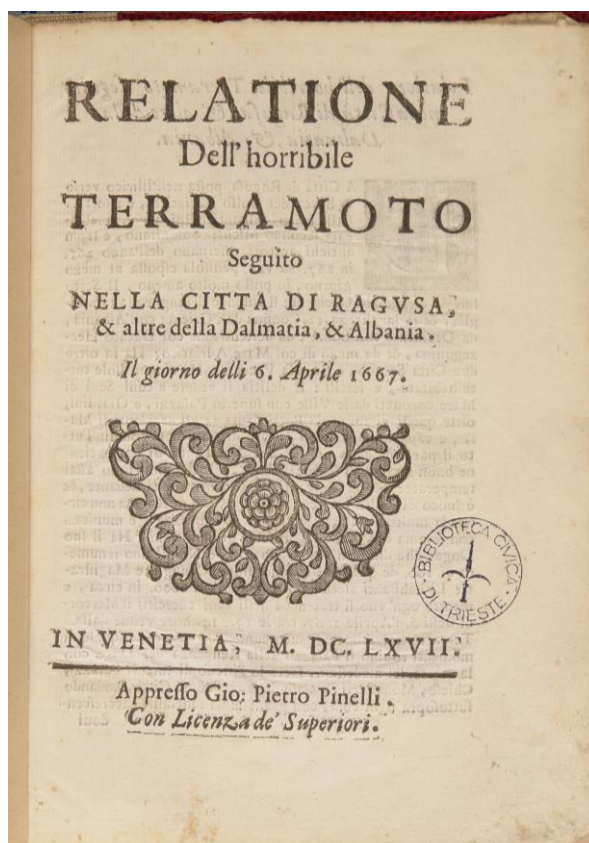
U dokumentu anonimnog autora, tiskanom u Veneciji iste godine (Anonymous, 1667, **slika 1.3.3**) piše:

"... i more se povuče četiri puta ..."

Iz ovih opisa možemo nedvojbeno zaključiti da je u ovom potresu bio pobuđen tsunami čija je visina u dubrovačkoj luci iznosila između 4 i 6 metara. Intenzitet tsunamija, prema Sieberg-Ambraseysovoj (SA) ljestvici od 1 do 6, procjenjuje se na barem 3, a moguće i više, s obzirom da su očevici mnogo više pažnje posvetili opisima razaranja potresom, koje je nesumnjivo bilo mnogo jače od učinka tsunamija.



Slika 1.3.2. Naslovna stranica knjige E. Reuscha, tiskane 1718 u Nuernbergu, i dio u kojem je citirano pismo očevica potresa, konzula van Damma, s detaljnim opisom tsunamija u dubrovačkoj luci.



Slika 1.3.3. Naslovna stranica opisa dubrovačkog potresa anonimnog autora, tiskanog u Veneciji 1667. godine.

21. rujna 1780., Boka Kotorska

Događaj od 21. rujna 1780. nije zabilježen u katalogu tsunamija (Soloviev i sur., 2000). U povijesnim europskim katalozima potresa (Perrey, 1850; Mallet i Mallet, 1858) postoji samo kratka informacija o samom potresu, ali ne i o tsunamiju. Međutim, Kišpatić (1891-1895) donosi bilješke kneza Tripe Smeće iz Perasta koji je svjedočio događaju. Između ostalog on piše:

“Ja sam otišao na morsku obalu, te sam vlastitim očima vidio, da je more skočilo za poldrug stopu više, nego je bilo prije potresa. Ljudi od jednog broda, koji je bio uz obalu, rekoše mi, da se je more diglo do ondje, dokle se vidi trag vode na pijesku, pa se je onda s takvom silinom vratilo, da je na brodu otrglo uže, kojim je bilo pričvršćeno, te je brod od obale odmaklo. Naša mala barčica bje nješto pomaknuta sa mjesta, gdje je bila nješto malo na suho izvučena. ... Kad sam ovamo (u Bijelu) išao nekoliko ura poslje potresa, vidio sam, što sam dalje dolazio, da je more za svoje uzburkanosti to dalje u kopno zadrlo bilo. Na

gdjekojih mjestih diglo se ono na 2 stope okomite visine, na drugih opet na 3, a negdje i na 4 stope; između dvije bujice i to med većom bujicom od Biele i onom, koju opažaš, čim prođeš dvorac grofova Burovića, gdje je jedna od druge 200 koračaja udaljena, uzdiglo se more na 5 do 6 stopa, zalivši obalu daleko na 8 do 9 koračaja, to jest do vinograda. Poradi toga ne mogu, a da ne držim, da se je na nekih mjestih, gdje more ima malo stopa dubljine, pri prvih udarcih potresa povuklo od obale za 10 do 12 koračaja, jer je pri bujanju isto toliko u kopno zahvatilo.”

Ovaj detaljni opis govori da je visina vala tsunamija iznosila barem 4 metra i da je more prodrlo u kopno gotovo 10 metara, međutim nema spomena o nekoj šteti koju je mogao nanijeti tsunami.

10. listopada 1838., Rijeka

Dana 10. listopada 1838., jak potres (intenziteta VII po MCS ljestvici, Herak i sur., 1996) pogodio je Rijeku, Bakar i Kraljevicu. Lokalne novine su donijele vijesti o potresu, ali ne i o tsunamiju. Međutim, njemački *Allgemeine Zeitung* (1838) javlja da su u luci brodovi udarali jedan o drugi. Kišpatić (1891-1895) donosi izvadak iz dnevnika župnika I. Randića iz Kraljevice, koji je tog dana putovao brodom u Rijeku:

”Mornari mi kašnje kazivahu, da je od potresa čamac poskočio, a naš veliki brod, da je uztreptio i zaljuljao se, kao da su ga u more porinuli.”

Iz ovih podataka ne možemo sa sigurnošću utvrditi radi li se o tsunamiju, ili možda o morskom udaru, pa je ovaj događaj okarakteriziran kao upitni tsunami, intenziteta 2 po SA skali.

16. kolovoza 1845., Dubrovnik

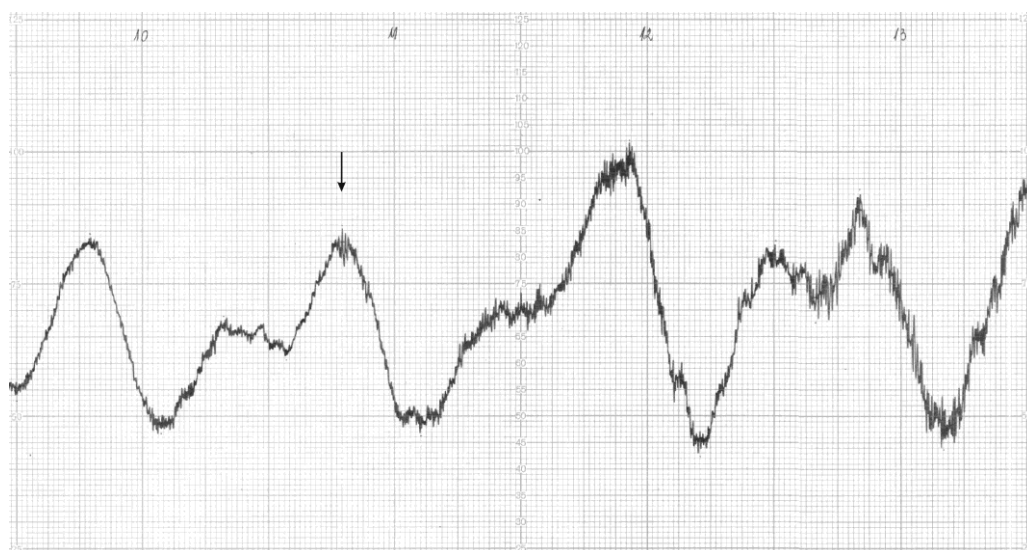
Prema novinskim člancima iz tog doba (*Gazzetta di Zara*, 1845; *Narodne novine*, 1845), Dubrovnik je 16. kolovoza 1845. bio pogođen jakim potresom, iako u hrvatskom katalogu potresa (Herak i sur., 1996) nema o njemu podataka. Tadašnje novine su između ostalog javile:

“Nekoliko minuta prije trešnje uzbunilo se more i potopilo put od Gravose vodeći.”

U ovom opisu činjenica da je do poplave došlo prije potresa, u kontradikciji je s pojavom tsunamija. Međutim, vjerujemo da je percepcija ljudi o vremenskom slijedu događaja bila jako pod utjecajem šoka izazvanog potresom i smatramo da se ovdje radi o pravom tsunami valu, male amplitude. Procjenjujemo da je visina vala bila oko 2 metra.

11. siječnja 1962., Makarska

U siječnju 1962. godine Makarsko primorje pogodio je niz vrlo jakih potresa koji su imali razorni učinak na mjesta na ovom djelu obale. Prvi razorni udar desio se 7. siječnja, nakon kojeg je 11. siječnja slijedio glavni udar i potom naknadni udar, 13. siječnja. Ovom prilikom nije bilo mnogo ljudskih žrtava, ali je mnogo kuća razrušeno, dijelom od podrhtavanja tla, a dijelom od velikih stijena koje su se u potresu obrušile niz planinu.



Slika 1.3.4. Prikaz dijela mareograma s postaje Split luka, u razdoblju od 10. do 13. siječnja 1962. godine. Na zapisu se uočavaju visokofrekventne oscilacije, koje su počele 11. siječnja oko 6h 40 min.

Epicentar potresa bio je u moru u području između Makarske, Brača i Hvara, na dubini od 5 do 10 km. Potres je doveo do vertikalnom smicanja tla od 15 cm, u duljini od 10 km (Herak i sur., 2001). Na najbližoj mareografskoj postaji, u Splitu, 11. siječnja 40 minuta nakon potresa, zabilježene su pojačane oscilacije visokih frekvencija, s maksimalnom visinom vala (raspon od najniže do najviše točke vala) od 7 cm, koje su potrajale više sati (**slika 1.3.4**). Herak i suradnici

(2001) temeljito su teorijski istražili ovaj potres, kao i širenje pripadnog tsunami vala. Njihovi rezultati se dobro podudaraju s opažanjima u Splitu, kako u vremenu nastupa, tako i u visini vala te spektralnoj slici valnog gibanja. Visina vala je, prema njihovom modelu, u Makarskoj iznosila oko 12 cm.

Kako bismo dobili što više podataka o pojavama u području oko epicentra, pregledali smo sve dostupne dnevne novine iz onog doba. Između mnogobrojnih članaka o razaranjima na kopnu, pažnju privlače tri teksta koja spominju izuzetne pojave na moru. Tako *Vjesnik* od 12. siječnja 1962, u članku naslovljenom “Evakuirana Makarska“, donosi:

“U sedam i 15 sati uplovio je u makarsku luku brod 'Vladimir Nazor' s redovne pruge Ploče – Split koji je potres zatekao nešto više od jedne milje od obale u pravcu Igrana. Svi članovi posade izjavili su da su osjetili udarac kao da su se u punoj brzini nasukali na podvodni greben. Sve koji su tog trenutka spavali u kabinama ili u salonu probudila je jačina udara.

Pola sata kasnije stigao je u luku parobrod 'Budva' iz Ploča koji je dovezao i prve izbjeglice i postradale iz najviše stradalih sela podbiokovskog kraja, iz Igrana i Podgore. Prema izjavi upravitelja stroja Josipa Bergama u trenutku potresa brod je upravo uplovljavao u luku Igrane. Nalazili su se oko 100 metara od pristaništa. Osjetili su jak udar koji je bio dvostruko jači od onog što su ga osjetili na moru u nedjelju. Bio sam u strojarnici – rekao nam je Josip Bergam, i prvo što sam pomislio bilo je da smo svom snagom udarili na hridine i da se brod penje uz obalu.“

U *Slobodnoj Dalmaciji* od 12. siječnja 1962, u članku naslovljenom “Potres se osjetio i na moru“, piše:

“Udar potresa osjetio se i na moru, tako su iz postelje izbačeni zapovjednik m/j 'Gusar' kap. Juraj Borić, šofer Josip Vela i mornari na pramcu dok je brod bio vezan uz gat u Podgori.

Na brodu 'Takovo' koji se zatekao u vožnji iz Sumartina prema Splitu 150 putnika je osjetilo jak udar i more se uznemirilo. Isto tako putnici koji su se našli jučer ujutro na brodu 'Vuk Karadžić' kad je brod bio u Splitskim vratima osjetili su udar potresa.”

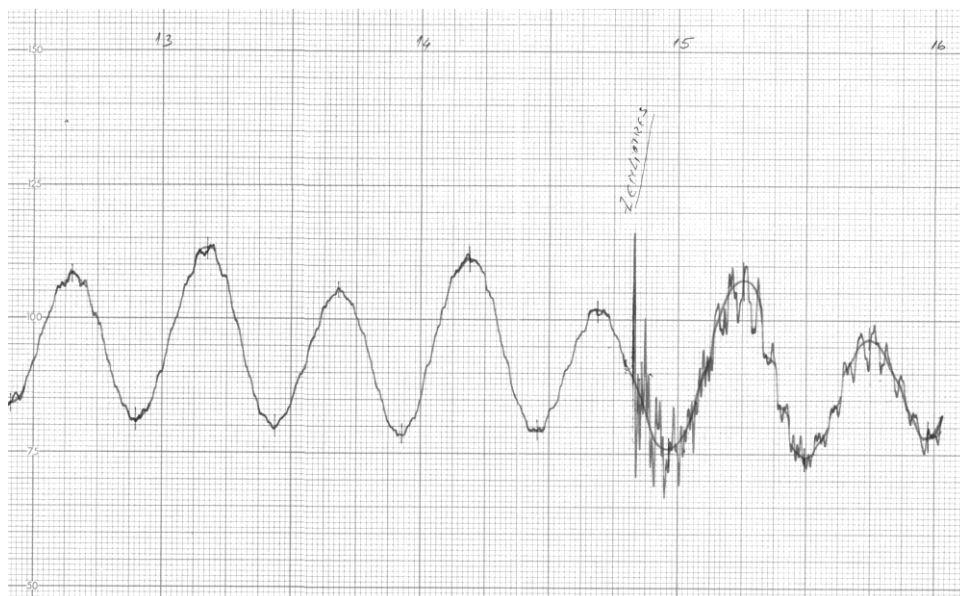
Kratka bilješka u *Slobodnoj Dalmaciji* od 14. siječnja 1962, pod naslovom “I more se treslo kao voda u loncu“, donosi:

“Pomorci s 'Takova' koji se za jučerašnjeg ranojutarnjeg potresa našao u luci Sumartin na Braču kažu da se i na moru osjeća potres – oni to zovu 'maremoto'... 'More se trese kao i voda u loncu', kažu“.

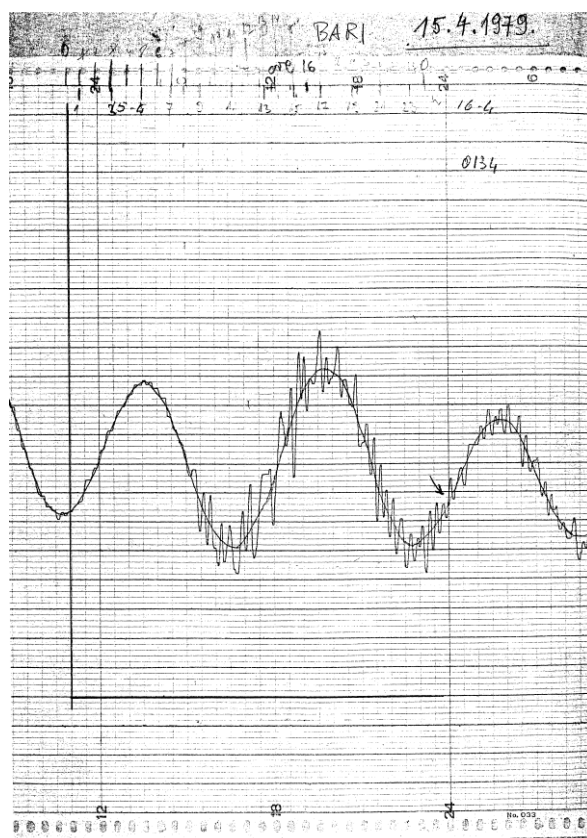
Svi navedeni tekstovi opisuju pojavu morskog udara. Pažljivim čitanjem možemo zaključiti da se u razdoblju od tjedan dana tri puta osjetio morski udar – za glavnog potresa 11. siječnja, kako je opisano u prvom i drugom tekstu, ali također i pri prvom potresu 7. siječnja, kako se indirektno spominje u prvom tekstu te pri naknadnom potresu 13. siječnja, kako stoji u zadnjem tekstu. Iz svega izlazi da novinski članci nisu opisivali tsunami, već morski udar. Međutim, prema mjerenjima morske razine u Splitu, a potkrijepljeno teorijskim rezultatima Heraka i suradnika (2001), 11. siječnja 1962., u makarskom potresu jest bio generiran i slabi tsunami.

15. travnja 1979., Crna Gora

Katastrofalan potres pogodio je Crnogorsko primorje 15. travnja 1979. godine. Gradovi Budva, Bar, Herceg Novi, Ulcinj, teško su porušeni. U potresu je poginulo oko 150 ljudi. Hipocentar potresa bio je u moru na dubini od 13 km (Herak i sur., 1996), u obalnom području između Bara i Ulcinja. Mareograf u obližnjem Baru zabilježio je tsunami (**slika 1.3.5**). Nakon početnog uzdizanja, slijedilo je naglo spuštanje morske razine – u kratkom vremenu razina se promijenila za 45 cm. Potom su uslijedile oscilacije koje su trajale dulje od 24 sata. Tsunami od svega nekoliko centimetara zabilježen je i u Dubrovniku, ali ne i u Splitu. Valovi tsunamija su brzo prešli duboko područje južnojadranske kotline, i u Bariju na talijanskoj obali su zabilježene oscilacije početne visine od oko 10 cm i perioda oko 30 minuta (**slika 1.3.6**), koje su potrajale cijeli dan.



Slika 1.3.5. Dio mareograma s postaje Bar, u razdoblju od 13. do 16. travnja 1979. godine. Na zapisu se ističe početni nagli porast, a potom pad razine mora, nakon čega su uslijedile dugotrajne oscilacije.



Slika 1.3.6. Zapis mareografa u Bariju na talijanskoj obali, 15. travnja 1979. godine.

Pretraživanjem novina iz onog vremena ustanovili smo da je više članaka donijelo vijesti o tsunamiju. Tako u *Slobodnoj Dalmaciji* od 16. travnja, pod naslovom: "Bar: Stravičan prizor" piše:

"...S broda "Ljuta" koji se nalazio na jednu milju usidren daleko od Bara Zapovjednik Kasković je javio da su i na moru osjetili vrlo jak potres."

Nadalje, u *Vjesniku* od 19. travnja, pod naslovom: "Treći dan nakon potresa" čitamo:

"U barskoj luci trusni udar u nedjelju je tresnuo o obalu veliki talijanski preookeanski brod koji se zatim nasukao kao da je ljuska od jajeta."

Večernji list od 16. travnja, pod naslovom: "Strašna slika razaranja" donosi zanimljiv podatak:

"...Milicioneri u Ulcinju su nam rekli da se more bilo povuklo od obale za 3 metra u vrijeme potresa, a leteći helikopterom primijetili smo sve od Budve do ušća Bojane na mnogo mjesta stotinama metara od obale prema ušću more zamućeno kao blatnjava nabujala rijeka."

Konačno, iz članka objavljenog u *Večernjem listu* od 21. i 22. travnja pod naslovom "Život na ruševinama" (slika 1.3.7) doznajemo da je tsunami bio jak u Boki Kotorskoj, gdje je val povukao u more i utopio jednu žrtvu.

Luku je odnijelo more

Prošlonedjeljna katastrofa iznenadila je i studenta Branimira Vučetića. Uređivao je na obali svoju barku, a promatrali su ga Luka Cvijetković (58) i učenik Duško Tripković (8). Kad se zemlja zatresla, student Vučetić uhvatio je dječaka Tripkovića i sklonio se s njim uz rub ceste. S okolnih zgrada prštalo je staklo, pucali su zidovi. Nisu vidjeli da im je iza leđa došao morski val visok tri metra. More je u silovitom naletu progutalo 50 metara ceste, ali i njih trojicu na obali. Vrtlog ih je povukao na morsko dno, na kojem je student Vučetić zapeo za nešto oštro.

Nekako se oslobodio i isplivao

na površinu na kojoj je našao dječaka Tripkovića i spasio ga od sigurne smrti. Na žalost, Luki Cvijetkoviću nije mogao pomoći. Vidio ga je na trenutak u vrtlogu, a kasnije su njegovo tijelo našli dva kilometra dalje. U Baušićima su te nedjelje tri osobe poginule. Do tijela Dragice Doković, koja je s kućom nestala u moru, spasioci još nisu došli.

Slika 1.3.7. Dio članka pod naslovom "Život na ruševinama", objavljenog u *Večernjem listu* od 21. i 22. travnja 1979. godine.

Tablica 1.3.1. Katalog povijesnih tsunamija. Popis svih događaja na istočnoj obali Jadrana, koji su u raznim publikacijama navedeni kao pojave tsunamija; masnim slovima označeni su oni za koje je detaljnom analizom utvrđeno (Pasarić i sur., 2012) da su doista bili tsunami. Za svaki događaj navedeno je, po stupcima: (2) (najvjerojatniji) datum, (3) pouzdanost, (4) pretpostavljeni uzrok (Pm=potres pod morem; Pk=potres na kopnu; meteo=meteorološki), podaci o potresu: (5, 6) koordinate (geografska širina i duljina) epicentra te (7, 8) parametri potresa (makroseizmički intenzitet i magnituda) prema Hrvatskom katalogu potresa (Herak i sur., 1996), (9) pojava u moru (Ts=tsunami; Mu=morski udar; Ou=olujni uspor; Mts=meteotsunami), (10) intenzitet tsunamija prema Sieberg-Ambraseys-ovoj ljestvici od 1 do 6, (11) procijenjena visina vala (m), (12) lokaliteti na kojima je pojava opažena.

Br.	Datum	Pouzdanost ¹	Uzrok ²	Geo. širina	Geo. duljina	Intenzitet potresa	Magnituda potresa	Pojava na moru	Intenzitet tsunamija	Visina vala	Lokaliteti
1	17/05/1520	Ne	Pm	42.60	18.10	IX	6.74	Mu			Kotor
2	06/04/1667	4	Pm	42.60	18.10	X	7.39	Ts	3	4-6	Dubrovnik
3	17/12/1750	Ne	Pm	45.30	14.40	VII-VIII	5.66				Rijeka
4	21/09/1780	4	Pm	42.40	18.50	VII-VIII	5.66	Ts	3	4	Boka Kotorska, Kotor
5	04/01/1802	Ne	meteo					Ou			Rijeka, Bakar
6	07/08/1823	Ne	Pk	42.70	18.20	VII	5.3	Mu			Dubrovnik
7	10/08/1838	2	Pm	45.20	14.50	VII	5.3	Ts	2	-	Rijeka
8	14/09/1843	Ne	Pm/Pk	42.80	17.70	VII	5.3	Mu			Dubrovnik, Gruž
9	03/03/1844	Ne	meteo					Ou			Dubrovnik
10	16/08/1845	4	Pm					Ts	3	2	Gruž
11	24/05/1853	Ne						Mu			Dubrovnik
12	11/12/1853	Ne	Pm/Pk	42.40	18.60	VII	5.3				Boka Kotorska
13	29/07/1870	0							2		Vis

14	06/08/1870	Ne										Hvar, Vis
15	20/07/1937	Ne	Pm/Pk	43.19	16.60	VI-VII	5.2	Mu				Vrboska
16	11/01/1962	4	Pm	43.15	16.94	VIII-IX	6.1	Ts	2	0.2		Split, Makarska, Brač
17	21/06/1978	Ne	meteo					Mts				Vela Luka
18	15/04/1979	4	Pm	42.02	19.07	IX-X	6.8	Ts	4	2-4		Bar, Dubrovnik, Ulcinj

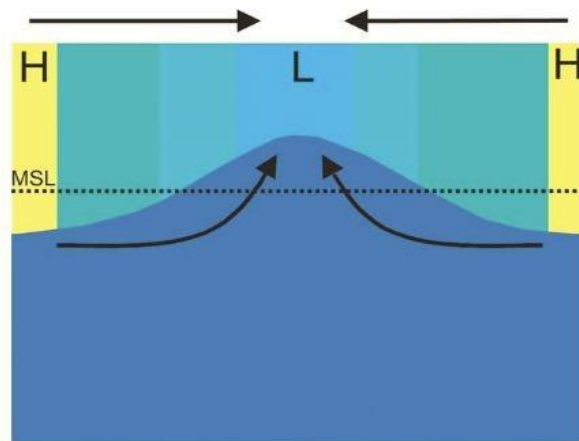
¹ Pouzdanost (prema Tinti i sur., 2004): Ne = nije tsunami; 0 = vrlo vjerojatno nije tsunami; 1 = vjerojatno nije tsunami; 2 = upitan tsunami; 3 = vjerojatno tsunami; 4 = sigurno tsunami

2. Opis mehanizama koji dovode do poplava uzrokovanih morem na području Republike Hrvatske

Tri su osnovne fizikalne pojave koje mogu dovesti do poplavlivanja morske obale. To su olujni uspori, šćige i tsunamiji. Prve dvije nastaju uslijed djelovanja atmosfere na more, dok tsunami nastaje kao posljedica vertikalnih pomaka morskog dna. Olujni uspori su daleko najčešći uzrok poplava u Jadranu. Izuzev onih najjačih, poplave uzrokovane olujnim usporima, naročito u njegovom sjevernom dijelu, ne predstavljaju izuzetne događaje. Tako u pojedinim godinama gradovi i luke sjevernog Jadrana dožive i nekoliko poplava uslijed olujnog uspora. Za razliku od olujnih uspora, poplave uzrokovane šćigama su rijetki događaji. Prema katalogu šćiga izrađenog za potrebe ovog projekta (**tablica 1.2.1**), izlazi da je u razdoblju od 1935. do danas na istočnoj strani Jadrana dokumentirano samo 15 takvih događaja. Treba istaći da je šćiga sigurno bilo i više, međutim pouzdani zapisi odnose se samo na (naseljena) mjesta gdje su poplave prouzročile materijalnu štetu ili su barem mogle biti opažene. Iz kataloga se također vidi da se, za razliku od olujnih uspora koji dovode do plavljenja velikog dijela obale, šćige javljaju lokalno, pri čemu su neke luke češće izložene ovoj pojavi. Konačno, tsunamiji su, kao što se vidi iz kataloga prikazanog u **tablici 1.3.1**, izuzetno rijetki događaji u Jadranu. Od 16. stoljeća do danas, na istočnoj obali na potezu od Trsta do Albanije, zabilježeno je tek šest tsunamija, od kojih su samo tri imala visinu vala veću od jednog metra – onaj za dubrovačkog potresa 1667., u Boki Kotorskoj 1780. i nakon velikog crnogorskog potresa 1979. godine.

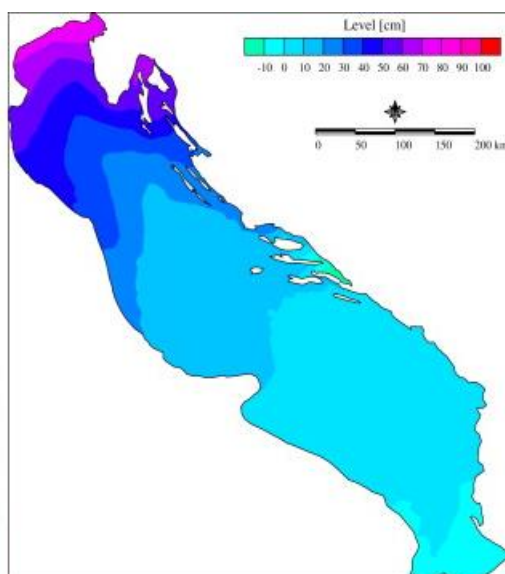
2.1 Poplave uzrokovane olujnim usporima

Sinoptički atmosferski poremećaji u vidu putujućih ciklona i anticiklona imaju najveći utjecaj na vrijeme u umjerenim širinama. Još je sredinom 19. stoljeća J. Lorenz na temelju opažanja razine mora u Rijeci zamijetio da se za vrijeme juga razina mora diže, a za bure se snižava. Ciklone kao središta niskog tlaka, koja sa svoje prednje strane podržavaju advekciju toplog i vlažnog zraka s juga, glavni su čimbenik pri formiranju olujnih uspora. Ciklone koje se formiraju nad Atlantikom, zapadnom Europom ili u Genovskom zaljevu, pod utjecajem općeg atmosferskog strujanja u hladnom dijelu godine prelaze preko naših krajeva. S približavanjem ciklone, tlak zraka počinje



Slika 2.1.1. Djelovanje niskog tlaka zraka na razinu mora; prema zakonu inverznog barometra, pad tlaka od 1 hPa izaziva porast razine od 1 cm.

padati, a vjetar na Jadranu skreće na jugoistočni smjer. Pad tlaka dovodi do porasta razine mora prema tzv. zakonu inverznog barometra, koji kaže da pad tlaka od 1 hPa dovodi do porasta morske razine od 1 cm i obratno (**slika 2.1.1**). Istovremeno, jugo koje puše uzduž glavne osi Jadrana, postupno jača i potiskuje vodu iz Otranta prema plitkom sjevernom Jadranu, pri čemu se od otvorenog kraja prema zatvorenom dijelu bazena formira nagib razine mora (engl. *setup*). Prema teoriji, porast vodostaja na zatvorenom kraju to je veći što je vjetar jači, što je more pliće i što je bazen dulji. Točan oblik morske površine određen je poljem vjetra nad čitavim bazenom – kako njegovom jačinom, tako i smjerom. Južni vjetar koji puše dominantno s jugoistoka (jugo), dovodi do najvećeg porasta razine mora u samom dnu bazena (**slika 2.1.2**), dok onaj s jugozapada (lebić ili garbin) nanosi vodu više prema hrvatskoj obali, pa se tako uz uzdužni nagib, formira i poprečni nagib morske razine – od talijanske obale prema našoj. U prvom slučaju će se stvoriti povoljniji uvjeti za pojavu poplava u području Venecije i krajnjeg sjevera, dok će u drugom slučaju hrvatska obala biti više izložena plavljenju.

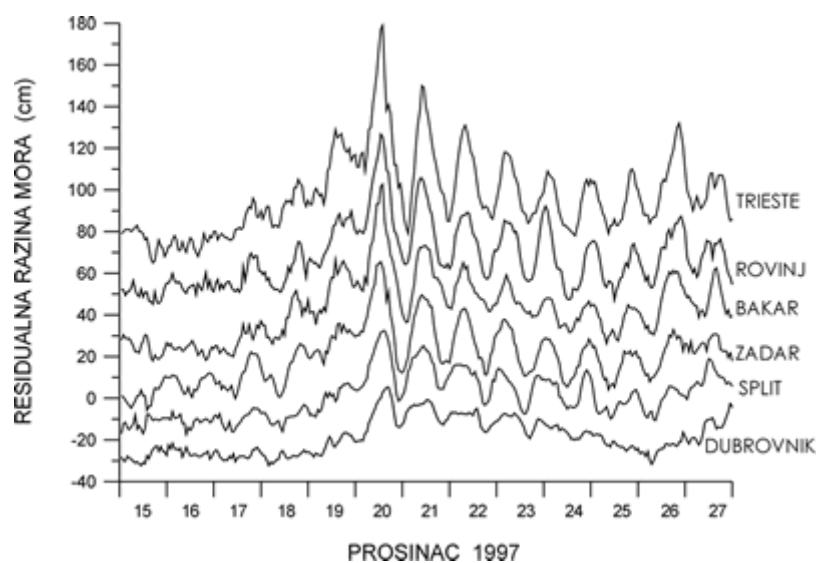


Slika 2.1.2. Formiranje morske razine pod djelovanjem juga (prema Zampato i sur., 2007).

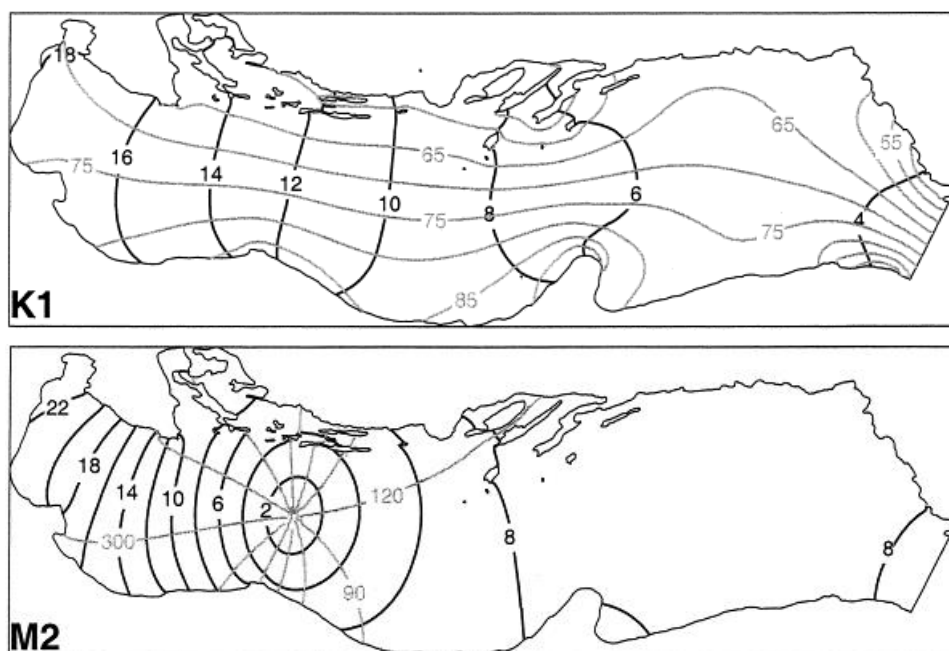
S prolaskom ciklone i pripadne hladne fronte, vjetar naglo mijenja smjer, pri čemu se generiraju seši - razina mora se kroz vlastite oscilacije teži vratiti u neporemećeni položaj. Oscilacije seša traju tri do četiri dana, sve dok se ne priguše gubitkom energije kroz Otrant i trenjem. Amplituda seša određena je početnim nagibom morske razine i povećava se od otvorenog prema zatvorenom kraju bazena te je u južnom Jadranu ona zanemariva dok na krajnjem sjeveru može iznositi i pola metra (**slika 2.1.3**). Period seša ovisi o dimenzijama bazena – njegovoj duljini i dubini. Tako period osnovnog moda u Jadranu iznosi oko 21 sat. Stoga, ako iduća ciklona pređe nakon 20-ak sati preko Jadrana, u času kad je ranije pobuđeni seš blizu svoga maksimuma, novoformirani olujni uspor će se superponirati na seš i razina mora će doseći nekoliko desetaka centimetara viši nivo od onoga koji je uvjetovan samim tlakom zraka i vjetrom.

Nezavisno od olujnih uspora i seša, u moru se odvija pravilno uzdizanje i spuštanje morske razine, povezano s morskim mijenama (plimnim oscilacijama). U Jadranu je ono određeno sa sedam glavnih konstituenata – tri cjelodnevna i četiri poludnevna, pri čemu su najznačajnije 12-satna komponenta M2 i 24-satna komponenta K1 (**slika 2.1.4**). Oscilacije K1 komponente se odvijaju u fazi uzduž čitave istočne odnosno zapadne obale s čvornom linijom u Otrantu. Poludnevna komponenta M2 putuje duž jadranske obale kao Kelvinov val u smjeru obrnuto od

kazaljke na satu pa tako nastup plimnog maksimuma u Veneciji kasni nekoliko sati za onim u Bakru. Slično kao kod seša, maksimalni raspon plimnih oscilacija u južnom Jadranu je mali (u Dubrovniku je oko 40 cm), a na krajnjem sjeveru u Trstu iznosi više od jednog metra.



Slika 2.1.3. Razina mora (iz koje je uklonjen doprinos plimnih oscilacija) na postajama duž Jadrana, tijekom jedne jake epizode seša (prema Raicich i sur., 1999).



Slika 2.1.4. Amplitude i faze cjelodnevne K1 komponente i poludnevne M2 komponente morskih mijena u Jadranu (prema Cushman-Roisin i Naimie, 2002).

Konačno, četvrti čimbenik pri formiranju visokih vodostaja iniciranih olujnim usporom je dugotrajno stanje morske razine izazvano dugoperiodičkim poremećajima tlaka zraka i pripadnim vjetrom. Planetarni valovi, koji se šire u višim slojevima troposfere, dovode do spuštanja i podizanje morske razine od nekoliko desetaka centimetara (čak i do 70 cm), na vremenskoj skali od deset dana pa do nekoliko mjeseci. Time stvaraju dugotrajne preduvjete za pojavu poplava.

Iz svega gore navedenog, kao i analize pojedinačnih epizoda poplave prikazane poglavlju 1.1., očito je da su ovakvi događaji rezultat finog usklađivanja faza samog olujnog uspora izazvanog niskim tlakom zraka i vjetrom, prethodno pobuđenog seša i plimnih oscilacija, sve to potpomognuto dugotrajno povišenim vodostajem izazvanim planetarnim atmosferskim poremećajima.

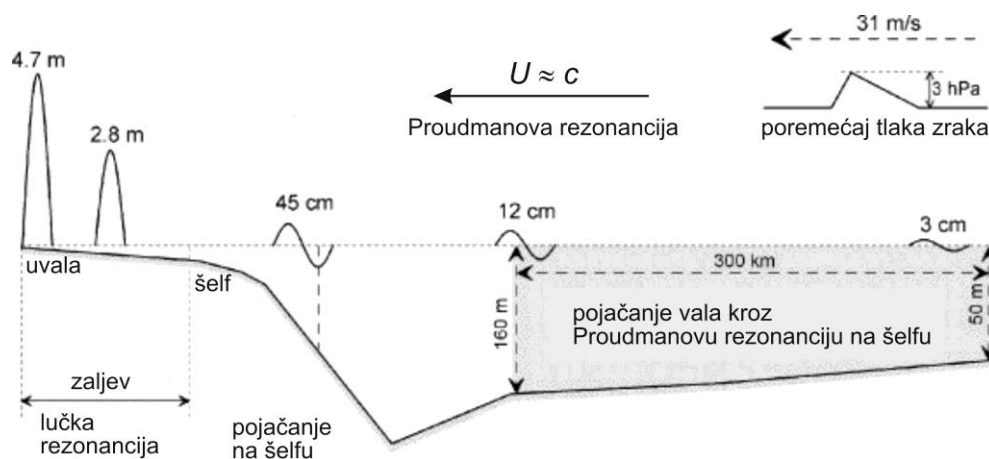
2.2. Poplave izazvane šćigama

Neki zaljevi i luke u raznim dijelovima svijeta s vremena na vrijeme bivaju izloženi razornim poplavama uslijed periodičkog dizanja i spuštanja morske razine. Poznata mjesta u svijetu gdje se javlja ovaj fenomen su zaljevi Nagasakija u Japanu, Ciutadelle na Balearima, na Malti, Siciliji, obali Argentine, Britanske Kolumbije u Kanadi, ... Ovisno o mjestu gdje se javlja, ova pojava se različito naziva, pa je na Balearima poznata pod imenom *rissaga*, u Japanu kao *abiki*, na Siciliji *marubbio*, na Malti *milghuba*. U Jadranu se ona opetovano javlja u zaljevima Vele Luke, Starog Grada, Ista i kod nas je poznata pod imenom *šćiga*. U znanstvenoj literaturi se posljednjih godina javlja naziv *meteotsunami*, prvenstveno zbog perioda oscilacija koji je blizak onima tsunamija te zbog razornog učinka koji ima u ekstremnim slučajevima.

Slično kao kod olujnih uspora, uzrok šćiga su atmosferski poremećaji. Međutim, za razliku od olujnog uspora koji nastaje pod utjecajem poremećaja tlaka zraka i pripadnog vjetra velike, tzv. sinoptičke skale, šćige bivaju pobuđene atmosferskim formacijama mnogo manjih dimenzija, tzv. mezoskalnim poremećajima. Čak i za najjačih epizoda šćiga, u pravilu se tu radi o izoliranim, malim poremećajima, pri čemu kratkotrajna promjena tlaka od tek nekoliko hPa ima oblik pravokutnika, trokuta ili samo naglog skoka. Ovakvi putujući atmosferski poremećaji

povezani su s težinskim valovima, koji se mogu javiti uslijed dinamičke nestabilnosti u atmosferi, utjecaja planine, prolaska fronte, konvektivnih oluja, itd. Poremećaj tlaka zraka dovodi do odgovarajućeg poremećaja morske razine malih dimenzija, pri čemu se razina prilagođava prema zakonu inverznog barometra. Dakle, porast/pad tlaka zraka od 3 hPa uzrokuje pad/porast razine mora od svega 3 cm. Od tog časa, poremećaj u atmosferi i poremećaj u moru putuju nezavisno, onaj u atmosferi svojom brzinom (U), a onaj u moru u obliku težinskog vala čija brzina ovisi o dubini mora (h), prema zakonu $c = (gh)^{1/2}$, gdje je g ubrzanje sile teže. Ukoliko se brzina atmosferskog vala U izjednači s brzinom c vala u moru, postoji stalni prijenos energije iz atmosfere u more pa procesom tzv. Proudmanove rezonancije dolazi do višestrukog povećanja amplitude morskog vala (slika 2.2.1). Iz ovoga je razvidno da su neka područja, gdje je dubina mora oko 40 m, pogodnija za ostvarivanje Proudmanove rezonancije, s obzirom da je uobičajena brzina gibanja ovakvih meteoroloških poremećaja oko 20 m/s. Osim Proudmanovog, mogući su i drugi mehanizmi rezonantnog vezanja putujućih atmosferskih poremećaja i slobodnih oscilacija u moru, kroz npr. Greenspanovu rezonanciju, rezonanciju šelfa, itd.

U sljedećem koraku, nailaskom morskog vala na ulaz u zaljev pogodnog oblika i dimenzija, može doći do daljnjeg jačanja vala. Tako ljevkast oblik zaljeva te refleksija o njegov zatvoreni kraj dovode do povećanja amplitude vala unutar samog zaljeva. Konačno, reflektirani valovi se vraćaju na ulaz u zaljev, tamo se dijelom reflektiraju nazad, i pod povoljnim uvjetima se konstruktivno superponiraju s valovima što dolaze s otvorenog mora. Ukoliko je period dolaznih valova blizak periodu vlastitog moda zaljeva, javlja se tzv. lučka rezonancija (engl. *harbor resonance*).

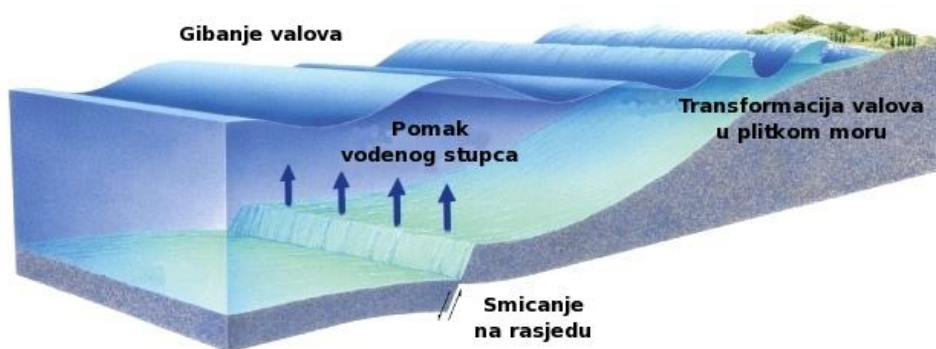


Slika 2.2.1. Shematski prikaz generiranja šćiga (prema Monserrat i sur., 2006).

Dakle, potrebni su sljedeći uvjeti kako bi se meteorološkim poremećajem pobudile ekstremno visoke oscilacije razine mora, odnosno ščige: (i) zaljev mora biti pogodnog oblika, odn. mora imati dobra rezonantna svojstva, (ii) mali atmosferski poremećaj mora biti specifičnog oblika (nagla i/ili kratkotrajna promjena tlaka zraka), (iii) poremećaj se mora kretati prema ulazu u zaljev, (iv) mora se ostvariti neki od mehanizama rezonantnog vezanja atmosferskog vala i vala u otvorenom moru (Proudmanova, Greenspanova, rezonancija šelfa) i konačno (v) dominantan period (već pojačanih) valova koji dolaze s otvorenog mora mora biti blizak periodu vlastitih oscilacija zaljeva.

2.3. Poplave izazvane tsunamijima

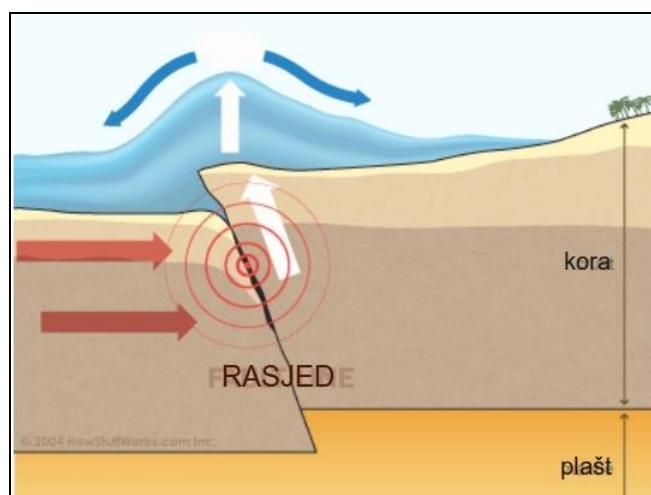
Tsunamiji su valovi izazvani naglim pomakom velikih volumena vode. Porijeklo riječi je japansko, a znači lučki val (tsu = luka, nami = val). Naziv u sebi sadrži glavnu osobinu ove pojave, a to je da se valovi tsunamija ne opažaju na otvorenom moru, a u lukama mogu poprimiti razorne razmjere. Kod tsunamija razlikujemo tri faze (**slika 2.3.1**): i) fazu nastajanja, ii) fazu širenja iz izvorišnog područja te iii) fazu transformacije u plitkom obalnom području.



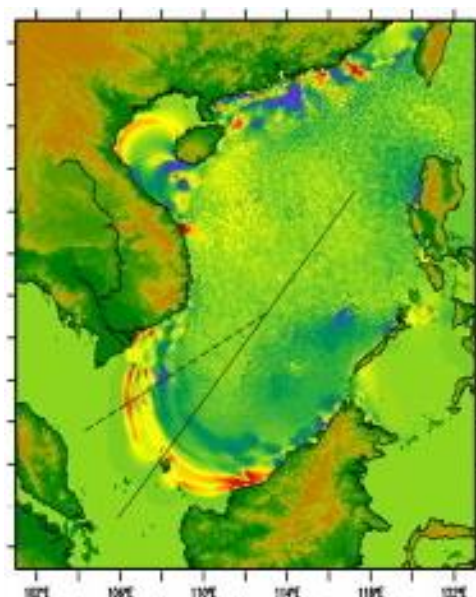
Slika 2.3.1. Shematski prikaz nastanka, gibanja i transformacije tsunamija.

Tsunamiji mogu biti izazvani nizom pojava koje dovode do naglih posmaka morske razine na velikom području – podmorskim potresima, vulkanskim erupcijama, velikim odronima tla, eksplozijama, padom meteorita. Ipak, više od 80% tsunamija je izazvano potresima koji se dešavaju na dodiru litosfernih ploča, kada uslijed velike nakupljene napetosti dolazi do naglog

skoka ploča. Pomaci tla mogu se protezati uzduž rasjeda stotinu i više kilometara. Ukoliko dođe do nagle vertikalne deformacije morskog dna, ona dovodi do odgovarajuće deformacije morske površine (**slika 2.3.2**). Za najjačih potresa, onih magnitude 9 ili više, početna vertikalna deformacija morske površine može iznositi i 10 metara. Međutim, budući da zahvaća veliko područje, ona je teško uočljiva u području izvorišta. Jednom stvoren, poremećaj morske površine širi se iz mjesta izvorišta na sve strane u obliku putujućih težinskih valova. Njihova brzina širenja ovisi o dubini mora, u skladu s izrazom $c = (gh)^{1/2}$, gdje je g ubrzanje sile teže (9.81 m/s^2), a h je dubina mora. Tako u oceanima, gdje je prosječna dubina dna oko 4 km, valovi tsunamija putuju brzinom otprilike 700 km/h. Dolaskom u obalno područje, njihova brzina naglo opada. Valna duljina, koja je u izvorištu određena dimenzijom početne deformacije te nad otvorenim oceanom iznosi stotine kilometara, u plitkom moru se, zbog usporavanja vala, smanjuje, a amplituda raste. Dolaskom u obalno područje, procesima refrakcije, refleksije i ogiba valova dolazi do fokusiranja energije u određena područja (**slika 2.3.3**). Val dodatno može biti pojačan ako naiđe na zaljev čiji je vlastiti period blizak periodu upadnog vala te zbog toga dođe do pojave rezonancije. U konačnici val može porasti do visine koja premašuje trideset metara.



Slika 2.3.2. Formiranje početne deformacije morske razine zbog naglog vertikalnog pomaka morskog dna.



Slika 2.3.3. Fokusiranje energije tsunamija uslijed refrakcije, refleksije i ogiba valova (prema Dao i sur., 2009).

Važno je istaknuti bitnu razliku između učinka tsunamija i učinka vjetrovnih valova. Činjenica je da su najveći tsunamiji i najveći vjetrovni valovi sličnih visina, ali isto tako i da se oni silno razlikuju po valnim duljinama: kod tsunamija one se mjere u stotinama kilometara, a kod vjetrovnih valova u desecima i stotinama metara. Upravo velike valne duljine tsunamija su ono što ih čini opasnima u obalnom području; zbog njih tsunami prodire daleko na kopno poplavljujući sve na svome putu. Za razliku od toga vjetrovni se valovi slamaju na samoj obali.

3. Prijedlog metodologije za procjenu opasnosti od poplava

Jedna od važnih komponenta u dizajnu obrane od poplavljanja mora na priobalnom području je i statistička analiza ekstremno visokih razina mora za lokaciju od interesa (luka, zaljev, plaža i sl.). U osnovi, dva su pristupa ovoj analizi:

- 1) Analiza raspoloživih podataka mjerenja po lokacijama, koristeći samo podatke mjerenja s lokacije od interesa;
- 2) Prostorna analiza, korištenjem svih raspoloživih podataka uzduž obale, da bi se moglo zaključivati o ekstremnim obilježjima na mjerodavnoj (ili izabranoj) lokaciji.

U tu svrhu u oceanografskoj znanstvenoj i stručnoj literaturi dostupni su brojni primjeri korištenja različitih statističkih metoda, s ciljem što je moguće točnije procjene ekstremno visokih razina mora. Razlikujemo ih nekoliko (Intergovernmental Oceanographic Commission, 2006):

1. Metoda godišnjih maksimuma (eng. The Annual Maximum Method –AMM);
2. Metoda zajedničke vjerojatnosti (eng. The Joint Probabilities Method-JPM);
3. Revidirana metoda zajedničke vjerojatnosti (eng. The Revised Joint Probabilities Method-RJPM);
4. Metoda prekoračene vjerojatnosti (eng. The exceedance Probability Method- EPM);
5. Metoda prostorne procjene ekstrema (eng. Spatial Estimation of Extremes).

Najbolje poznata, najjednostavnija i najšire korištena metoda u analizi ekstremnih razina mora je metoda godišnjih maksimuma (AMM). Ovo je klasična opća metoda u analizi ekstrema primjenjivana na godišnje maksimume još od 1963. godine od strane nekoliko autora: Dixon i Tawn (1994), Goda (2000) i Pugh (2005). U tu svrhu važe pretpostavke:

- 1) Sve ekstremne visine razine mora (maksimumi) mjerene su na jednoj lokaciji;

- 2) Mjerene ekstremne visine razine mora nisu ograničene nikakvim fizičkim zaprekama (npr. plitko more);
- 3) Distribucija ekstremnih visina razine mora (maksimumi) može se prilagoditi familiji krivulja teoretskih distribucija GEV (eng. Generalised extreme value);
- 4) Ekstremne visine valova generiranih vjetrom nisu razmatrane u analizi.

Metoda zajedničke vjerojatnosti (JPM) počela se upotrebljavati kasnih 1970-tih. Metoda koristi naše spoznaje o strukturi mareografskih podataka kratkih vremenskih nizova (manje od 1 godine) gdje se metoda AMM ne može primijeniti. Poznato je da je mjerena visina razine mora u bilo kojem trenutku sastavljena je od tri glavne komponente: srednje razine mora, plimne komponente i meteorološke komponente (olujni uspori, seši). Ipak, najbolji rezultati dobiju se za lokacije koje imaju višegodišnje nizove satnih visina morske razine (>10 godina) i gdje je raspon plimne komponente veći od raspona meteorološke komponente (rezidualni signal).

Revidirana metoda zajedničke vjerojatnosti (RJPM) koristi se za lokacije gdje je olujni uspor („storm surge“) najveći dio ekstremlne visine razine mora te doprinosi boljoj procjeni ekstremnih vrijednosti visina razine mora gdje je manje od 10 godina podataka mjerenja na raspolaganju.

Metoda prekoračene vjerojatnosti (EPM) jedna je od alternativnih metoda za procjenu ekstremnih visina morske razine za veoma kratke vremenske nizove mareografskih podataka. Pristup se razlikuje u tome što je analiza ekstrema koncentrirana na ekstremne visine olujnih uspora u raspoloživim podacima.

Metoda prostorne procjene ekstremnih visina razine mora koristi vrlo kratke vremenske nizove mareografskih podataka (nekoliko godina) s nekoliko bliskih lokacija gdje su ekstremno visoke razine mora generirane istim fizičkim mehanizmima, tako da su parametri koji opisuju njihovu distribuciju prostorno koherentni.

Istraživanja pokazuju da su sve ove metode dizajnirane za klimatska područja srednjih zemljopisnih širina, gdje se ekstremne visine morske razine pojavljuju zajedno sa zimskim olujama. Osim toga,

kod upotrebe ovih metoda potrebno je iskustvo prilikom analize nizova podataka, jer je moguća pojava ekstrema u podacima („outliers“), odnosno treba donijeti pravu odluku jesu li ovi ekstremi reprezentativni ili ne, jer oni značajno utječu na rezultate analize. Zatim, niti jedna od metoda ne može se primijeniti na stvarne ekstremne događaje kao što je pojava „tsunamija“ (Pugh, 2005).

Na osnovi prikazanih teorijskih metoda za analizu ekstremnih visina razine mora, te temeljem iskustava i prakse djelatnika Hrvatskog hidrografskog instituta i Geofizičkog odsjeka PMF-a Zagreb, predlažemo da se za procjenu ekstremnih visina razine mora koristi metoda godišnjih maksimuma (eng. The Annual Maximum Method – AMM). Distribucija godišnjih ekstremnih visina razine mora prilagođava se familiji krivulja teoretskih distribucija GEV (eng. Generalised Extreme Value; npr. Gilleland i Katz, 2005), a intervali pouzdanosti izračunavaju se metodom procjene najveće vjerojatnosti (eng. Maximum Likelihood Estimation – MLE; npr. Gilleland i Katz, 2005).

4. Procjena visokih morskih razina za hrvatsku obalu Jadranskog mora

4.a Preliminarna procjena visokih morskih razina za hrvatsku obalu Jadranskog mora

Za područje hrvatske obale Jadranskog mora (uključujući i otoke) jedan od relevantnih izvora za procjenu pojave ekstremnih vrijednosti visina razine mora jesu mareografski podaci prikupljeni dugogodišnjim mjerenjima na mareografskim postajama duž istočne obale Jadrana (**slika 4.0**). Srednji ekstremni rasponi morskih mijena za vrijeme sizigija izračunati iz višegodišnjeg niza mjerenja na istočnoj obali Jadrana povećavaju se od juga prema sjeveru i to od 0.29 m u Dubrovniku do 0.67 m u Rovinju (Peljar I., 2012). Međutim, tzv. prisilno kolebanje razine mora uzrokovano dinamičkim utjecajem atmosfere remeti pravilan hod morskih mijena tijekom 18.6-godišnjeg perioda. Iz tog razloga, procjene ekstremno visokih razina mora statističkim metodama za bilo koju lokaciju (luku) na obali po svojoj prirodi povezane su s visokim stupnjem nesigurnosti. To je posebno izraženo u kompleksnim obalnim područjima (priobalju) plitke batimetrije i varijabilne obalne crte, gdje se morske mijene, olujni uspori („storm surge“) i šćige mogu mijenjati od jednog do drugog priobalnog područja na mnogo nelinearnih načina (Horsburgh i sur., 2009). Iako su višegodišnji nizovi direktnih mjerenja visina razine mora primaran izvor za izračunavanje procjena pojave ekstremno visokih razina mora, oni su najčešće rijetki i u prostoru i u vremenu. Tako, na primjer, postoje prostorno ograničene baze podataka mareografskih mjerenja za velike površine priobalnog i obalnog područja hrvatskog dijela istočne obale Jadranskog mora (**slika 4.1**).

4.a-1) Podaci i metoda obrade podataka

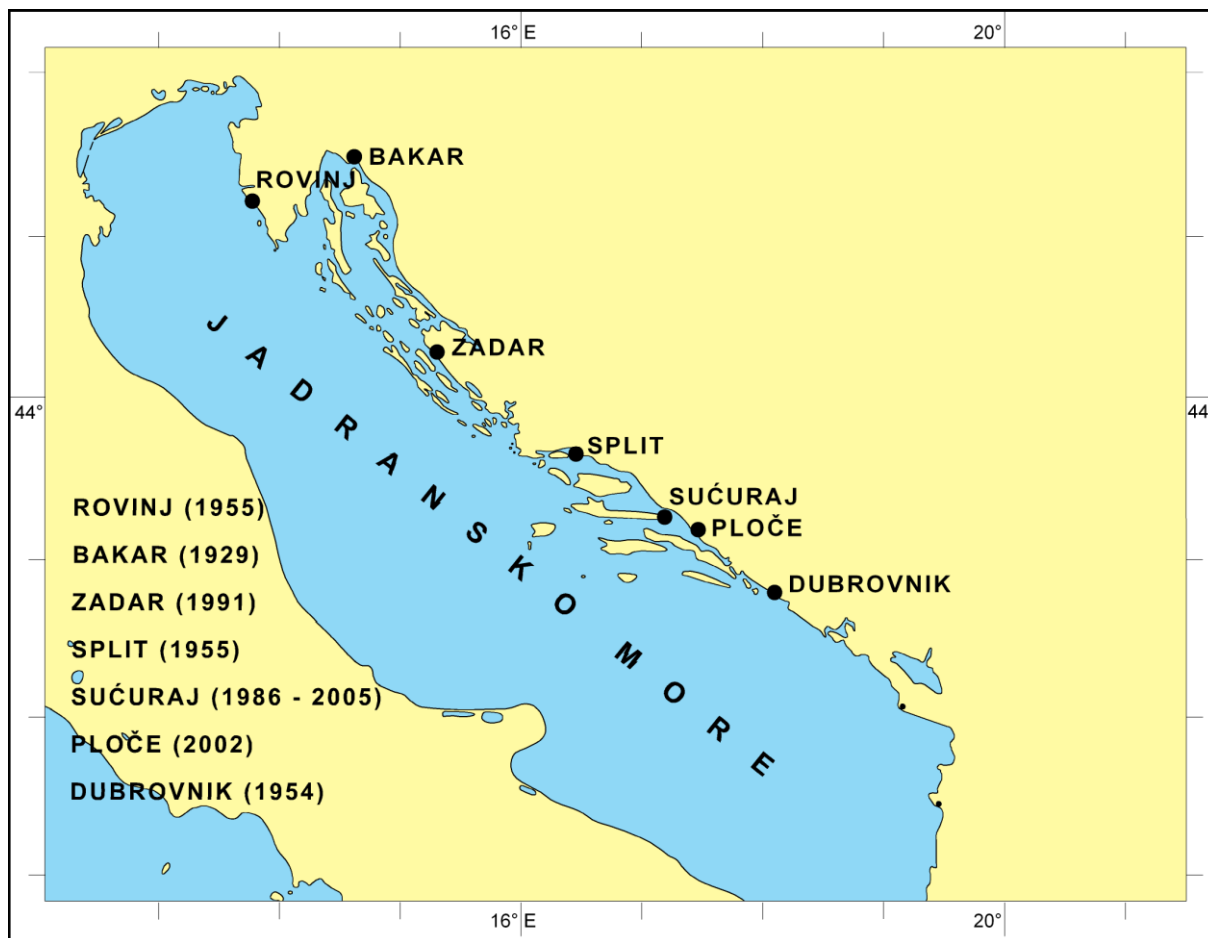
Upotrebom računalnog paketa *extRemes* (Gilleland i Katz, 2005) i primjenom teorije ekstrema, metodom godišnjih maksimuma (AMM- eng. The Annual Maximum Method), određena je procjena ekstremnih vrijednosti visina razine mora na mareografskim postajama Dubrovnik (1956-2011), Ploče (2003-2011), Sućuraj (1987-2005), Split-luka (1956-2011), Zadar (1995-2011), Bakar (1956-2011) i Rovinj (1956-2011). Procjena je određena na povratnim periodima od 10, 25, 50, 100, 200, 250, 500 i 1000 godina u odnosu na HVRS71 ("Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971.5 ", NN 110/2004) za postaje Dubrovnik, Split-luka, Bakar i Rovinj i u odnosu na SRM (srednja razina mora) za postaje Ploče, Sućuraj i Zadar (Hrvatski hidrografski institut, 1955-2011).

Za primjenu teorije ekstrema iz analognih zapisa visine razine za svaku mareografsku postaju izdvojeni su godišnji apsolutni maksimumi visine razine mora. Potrebno je istaknuti da

vremenski nizovi godišnjih apsolutnih maksimuma visine razine mora u sebi sadrže sve fizikalne procese koji djeluju na morsku razinu.

4.a-2) Rezultati

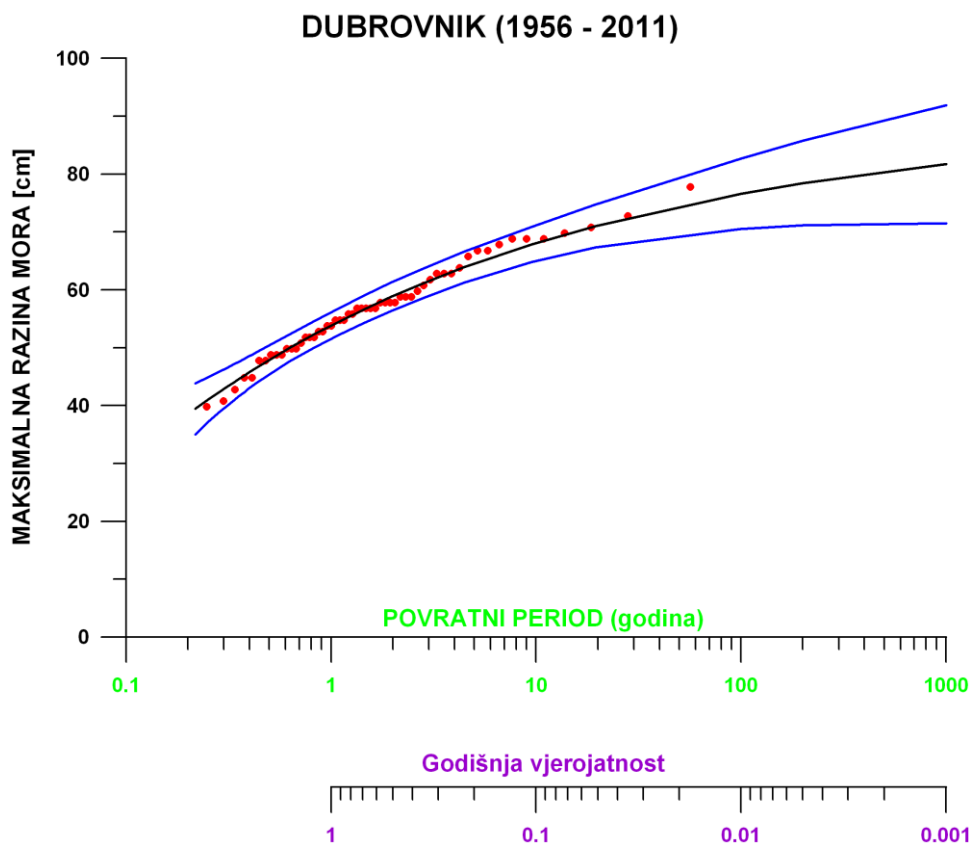
Rezultati provedene analize prikazani su za sve mareografske postaje u **tablicama 4.1.-4.7.** i **slikama 4.1.-4.7.**



Slika 4.0. Mareografske postaje i godine početka rada na istočnoj obali Jadrana za koje postoje višegodišnji nizovi direktnih mjerenja visine razine mora.

Tablica 4.1. Ocjena maksimalne razine mora s 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Dubrovnik.

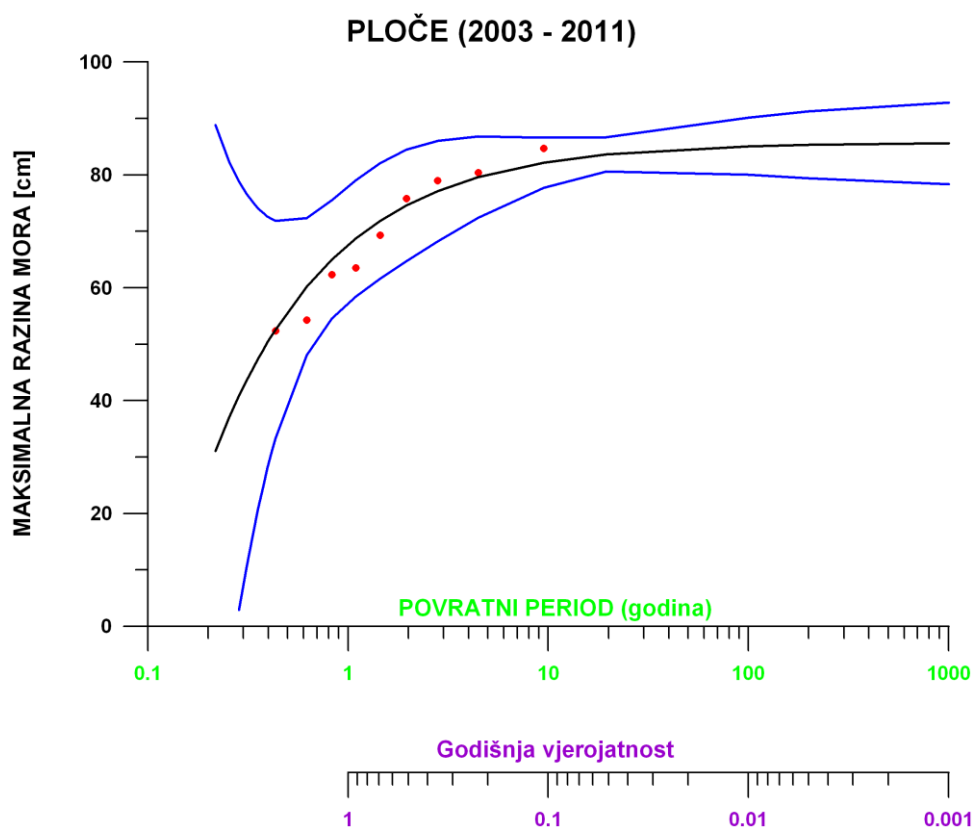
Godišnja vjerojatnost Q(z)	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora (cm)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	67.8	71.8	65.1
0.04	25	71.9	77.8	68.8
0.02	50	74.5	81.8	71.0
0.01	100	76.6	85.7	72.7
0.005	200	78.4	89.4	74.1
0.004	250	78.9	90.5	74.4
0.002	500	80.4	93.9	75.4
0.001	1000	81.7	97.0	76.2



Slika 4.1. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV (Generalised Extreme Value) distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima metodom procjene najveće vjerojatnosti (Maximum Likelihood Estimation – MLE), u odnosu na HVRS71 za Dubrovnik.

Tablica 4.2. Ocjena maksimalne razine mora s 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Ploče.

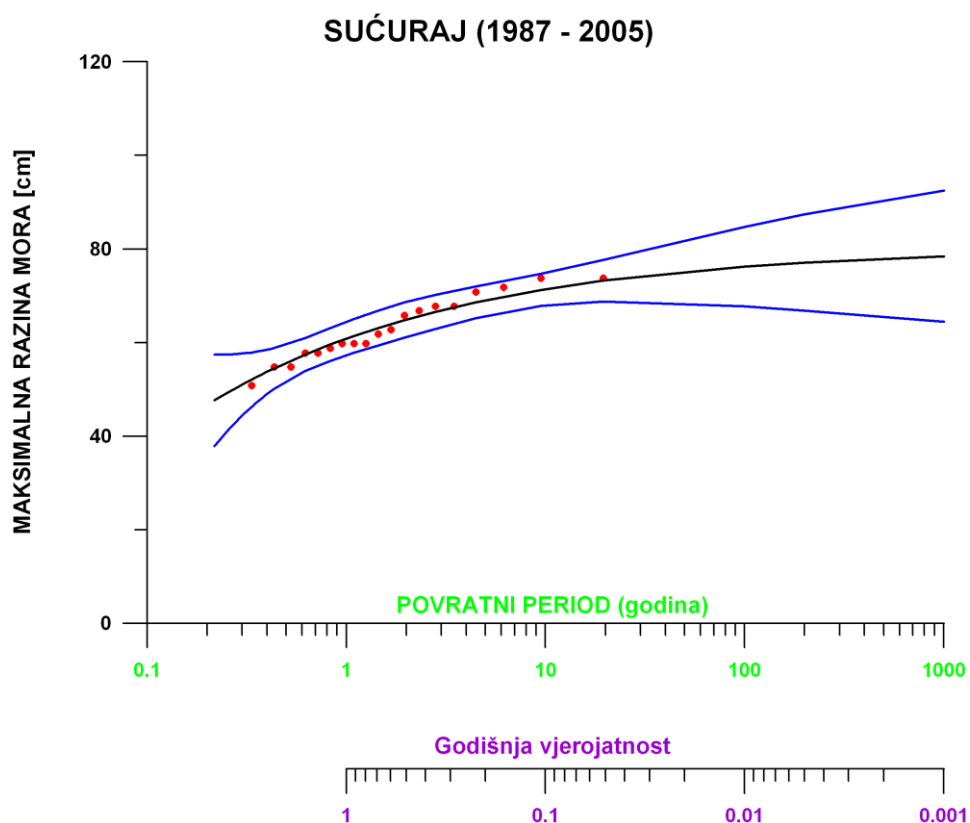
Godišnja vjerojatnost $Q(z)$	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora (cm)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	82.1	88.8	79.5
0.04	25	83.9	88.4	82.1
0.02	50	84.6	90.5	83.7
0.01	100	85.1	92.6	83.9
0.005	200	85.3	94.2	84.1
0.004	250	85.4	94.6	84.1
0.002	500	85.5	96.0	84.3
0.001	1000	85.6	96.4	85.0



Slika 4.2. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV (Generalised Extreme Value) distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima MLE metodom, u odnosu na SRM za Ploče.

Tablica 4.3. Ocjena maksimalne razine mora s 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Sućuraj.

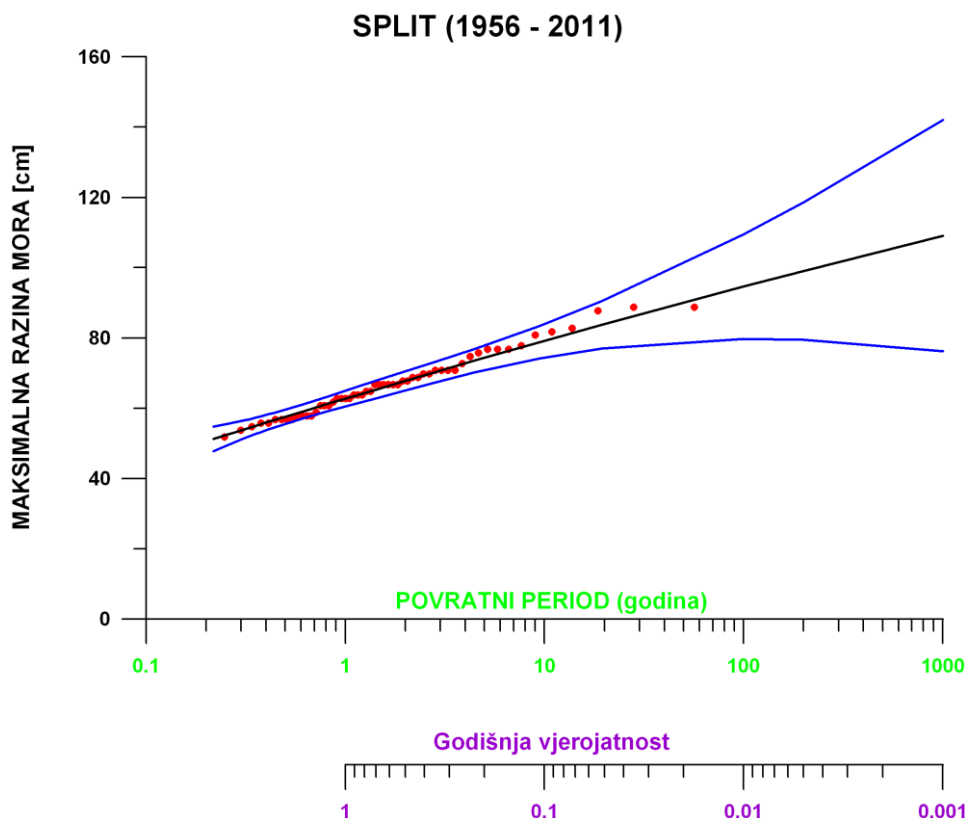
Godišnja vjerojatnost $Q(z)$	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora (cm)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	71.2	76.4	68.0
0.04	25	73.7	81.1	70.7
0.02	50	75.2	85.1	72.0
0.01	100	76.2	88.9	72.8
0.005	200	77.1	92.5	69.1
0.004	250	77.3	93.6	73.4
0.002	500	78.0	96.7	73.6
0.001	1000	78.5	99.4	73.6



Slika 4.3. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima MLE metodom, u odnosu na SRM za Sućuraj.

Tablica 4.4. Ocjena maksimalne razine mora s 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Split-luka.

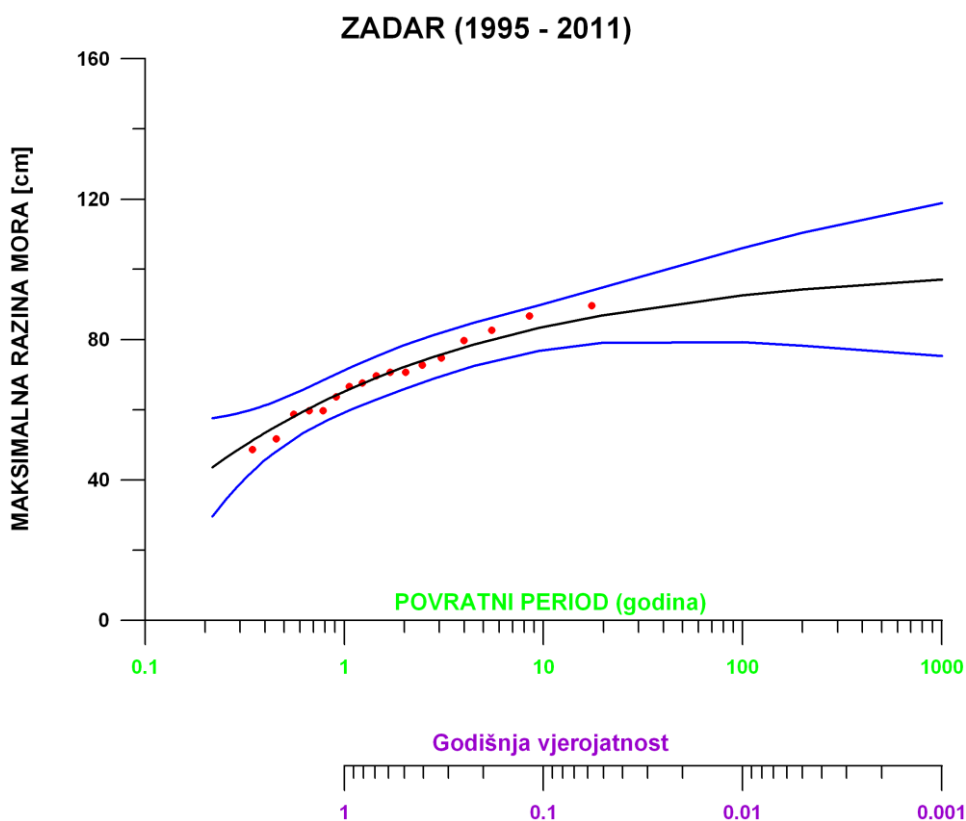
Godišnja vjerojatnost Q(z)	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora c(m)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	78.8	85.7	75.0
0.04	25	85.3	96.7	79.9
0.02	50	90.0	106.3	83.1
0.01	100	94.6	116.7	85.7
0.005	200	99.1	128.4	87.8
0.004	250	100.4	132.3	88.4
0.002	500	104.8	144.9	90.1
0.001	1000	109.1	158.4	91.5



Slika 4.4. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima MLE metodom, u odnosu na HVRS71 za Split-luku.

Tablica 4.5. Ocjena maksimalne razine mora s 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Zadar.

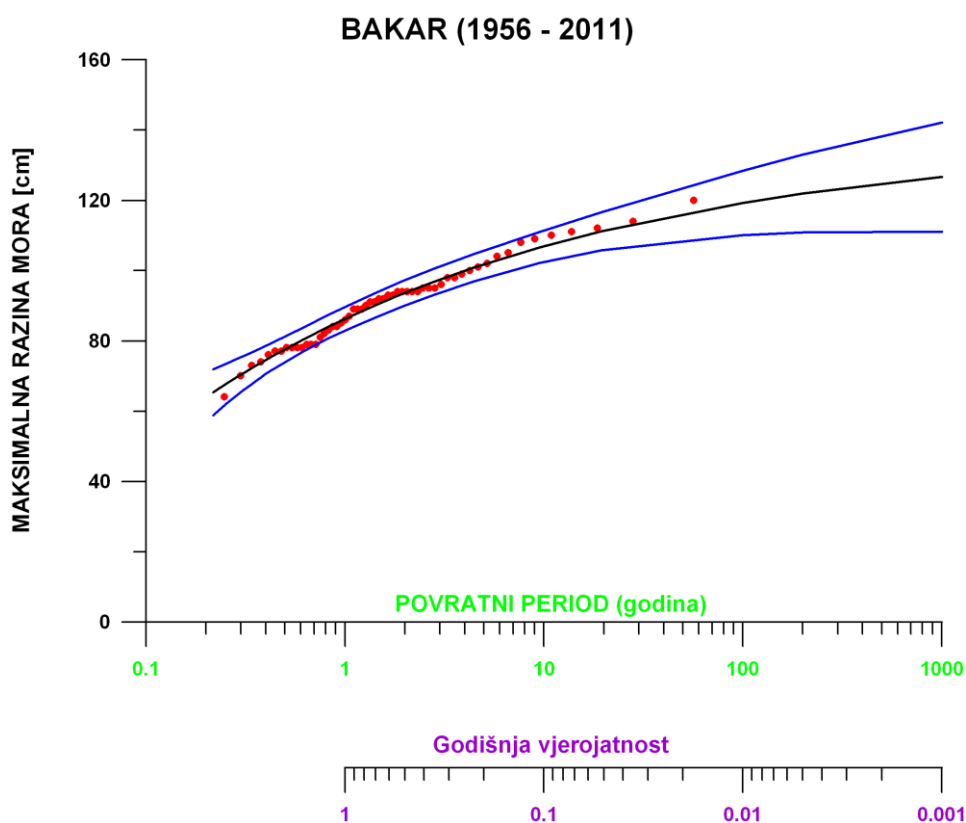
Godišnja vjerojatnost Q(z)	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora (cm)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	83.3	93.0	77.4
0.04	25	87.9	100.5	82.0
0.02	50	90.5	106.7	84.5
0.01	100	92.6	112.7	86.3
0.005	200	94.3	118.4	87.5
0.004	250	94.8	120.2	87.9
0.002	500	96.1	125.2	87.6
0.001	1000	97.1	129.8	85.9



Slika 4.5. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima MLE metodom, u odnosu na SRM za Zadar.

Tablica 4.6. Ocjena maksimalne razine mora sa 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Bakar.

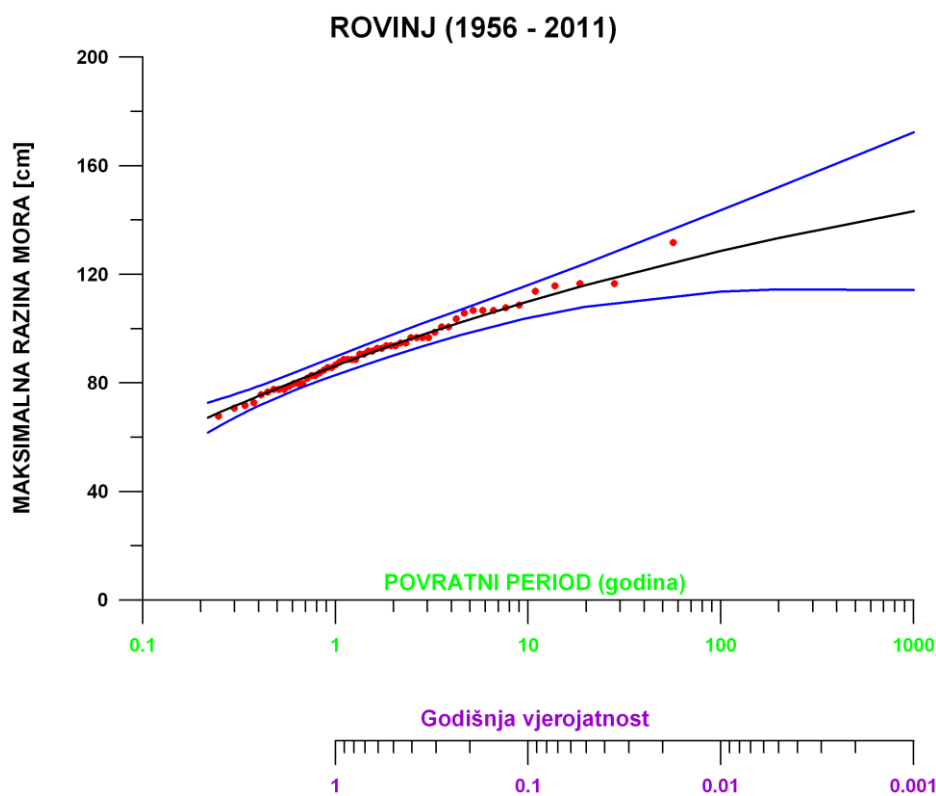
Godišnja vjerojatnost $Q(z)$	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora (cm)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	106.6	112.5	102.6
0.04	25	112.5	121.3	107.9
0.02	50	116.2	127.2	111.1
0.01	100	119.3	133.0	113.5
0.005	200	121.9	138.5	115.4
0.004	250	122.7	140.2	115.9
0.002	500	124.8	145.2	117.3
0.001	1000	126.7	150.0	118.3



Slika 4.6. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima MLE metodom, u odnosu na HVR571 za Bakar.

Tablica 4.7. Ocjena maksimalne razine mora sa 95% intervalom pouzdanosti za izabrane povratne periode, za mareografsku postaju Rovinj.

Godišnja vjerojatnost Q(z)	Povratni period P (godina)	Maksimalna razina mora (cm)	Interval pouzdanosti + 95%	Interval pouzdanosti - 95%
0.1	10	109.5	117.7	104.4
0.04	25	117.8	130.7	111.3
0.02	50	123.4	140.7	115.6
0.01	100	128.6	151.0	119.2
0.005	200	133.4	161.6	122.2
0.004	250	134.8	165.1	123.1
0.002	500	139.2	175.9	125.5
0.001	1000	143.2	186.8	127.5



Slika 4.7. Maksimalne visine razine mora (crna linija) izračunate iz GEV distribucije temeljene na mjerenim godišnjim maksimumima visine razine mora (crvene točke), s $\pm 95\%$ intervalima pouzdanosti (plave linije) izračunatima MLE metodom, u odnosu na HVRS71 za Rovinj.

4.a-3 Zaključak

Za procjenu ekstremnih visina morskih razina za hrvatsku obalu Jadranskog mora korišteni su svi raspoloživi podaci godišnjih apsolutnih maksimuma visine razine mora izmjereni na mareografskim postajama: Dubrovnik, Ploče, Sućuraj, Split-luka, Zadar, Bakar i Rovinj.

U ovoj analizi korišten je pristup tzv. „lokacija po lokacija“ i najbolje poznata, najjednostavnija i najšire korištena metoda godišnjih maksimuma (AMM), u kojoj nije isključen trend (porast ili pad) srednje razine mora na vremenskoj skali od 1 do 55 godina. Na temelju provedene analize i dobivenih rezultata moguće je sažeti preliminarnu procjenu poplavnih rizika za područja kako je prikazano u **tablici 4.8.**

Tablica 4.8. Procjena poplavnih rizika za područja južnog, srednjeg i sjevernog Jadrana.

	Povratni period (godina)	Južni Jadran		Srednji Jadran			Sjeverni Jadran	
		Maksimalna razina mora u odnosu na HVRS71/SRM (cm)						
		Dubrovnik	Ploče*	Sućuraj*	Split	Zadar*	Bakar	Rovinj
Poplave male vjerojatnosti	1000	81.7	85.6	78.5	109.1	97.1	126.7	143.2
Poplave srednje vjerojatnosti	100	76.6	85.1	76.2	94.6	92.6	119.3	128.6
Poplave velike vjerojatnosti	10	67.8	82.1	71.2	78.8	83.3	106.6	109.5

* - maksimalna razina mora dana je u odnosu na višegodišnju srednju razinu mora (SRM) na ovim postajama

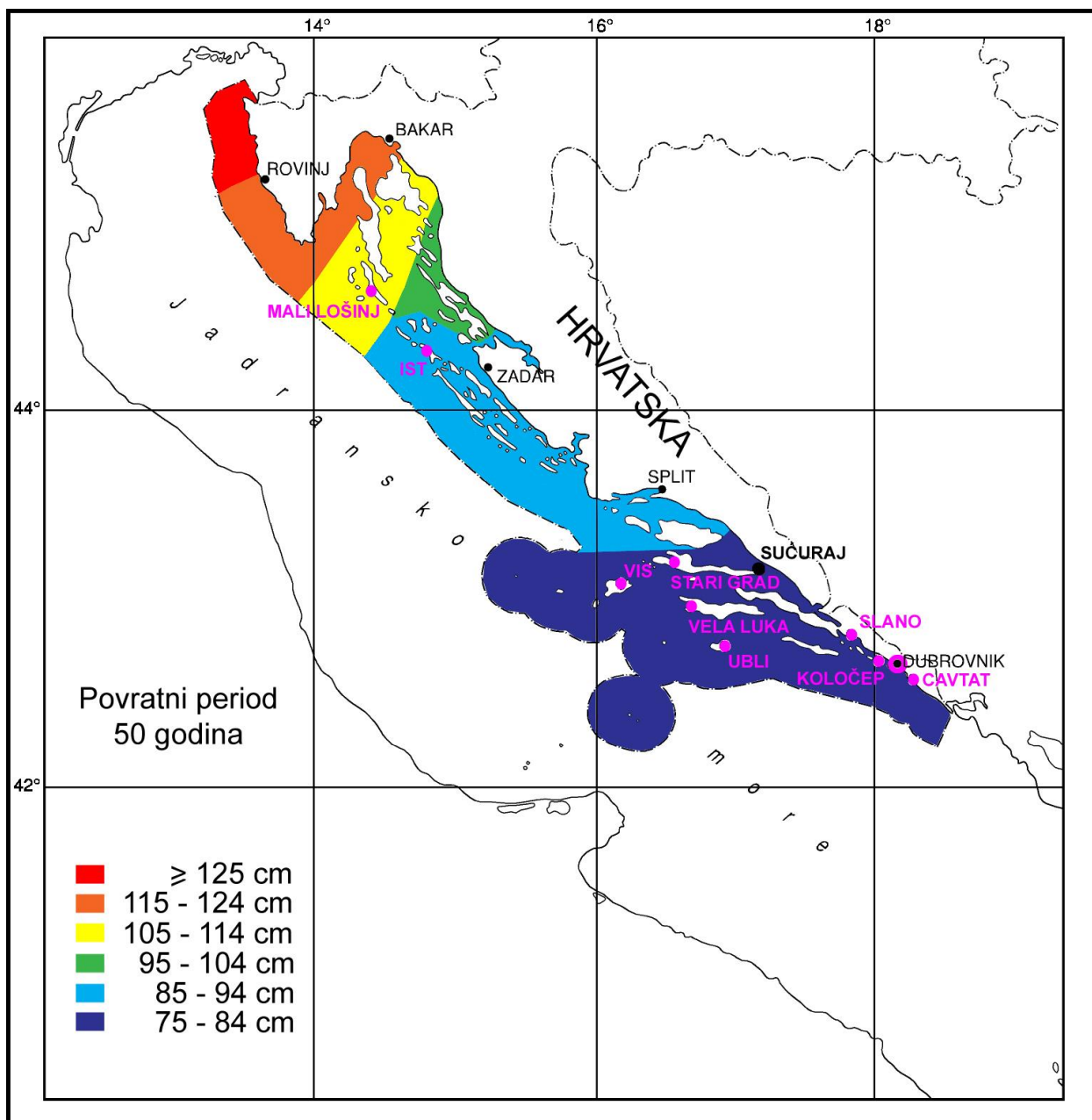
Prilikom upotrebe rezultata u **tablici 4.8.** potrebno je obratiti pažnju na intervale pouzdanosti navedene u **tablicama 4.1.-4.7.** za odabrane povratne periode te pretpostavke (ograničenja) same metode godišnjih maksimuma (AMM).

Predočena analiza rezultata samo je prvi korak u pristupu temeljenom na prostornoj analizi, koji uključuje poznavanje svih visinskih kota kopnenog dijela (topografije) hrvatske obale Jadrana i batimetrije podmorja (odnosno ključnih područja) i veliki broj kratkih vremenskih nizova mareografskih podataka visoke frekvencije (na minutnoj razini, a koji su dostupni na mareografskim postajama u Dubrovniku, Pločama, Splitu-luka, Zadru, Bakru i Rovinju nakon 2003. godine) na odabranim ključnim područjima. To su ujedno preduvjeti za izradu karata opasnosti od poplava ili karata rizika od poplava na ključnim područjima priobalja.

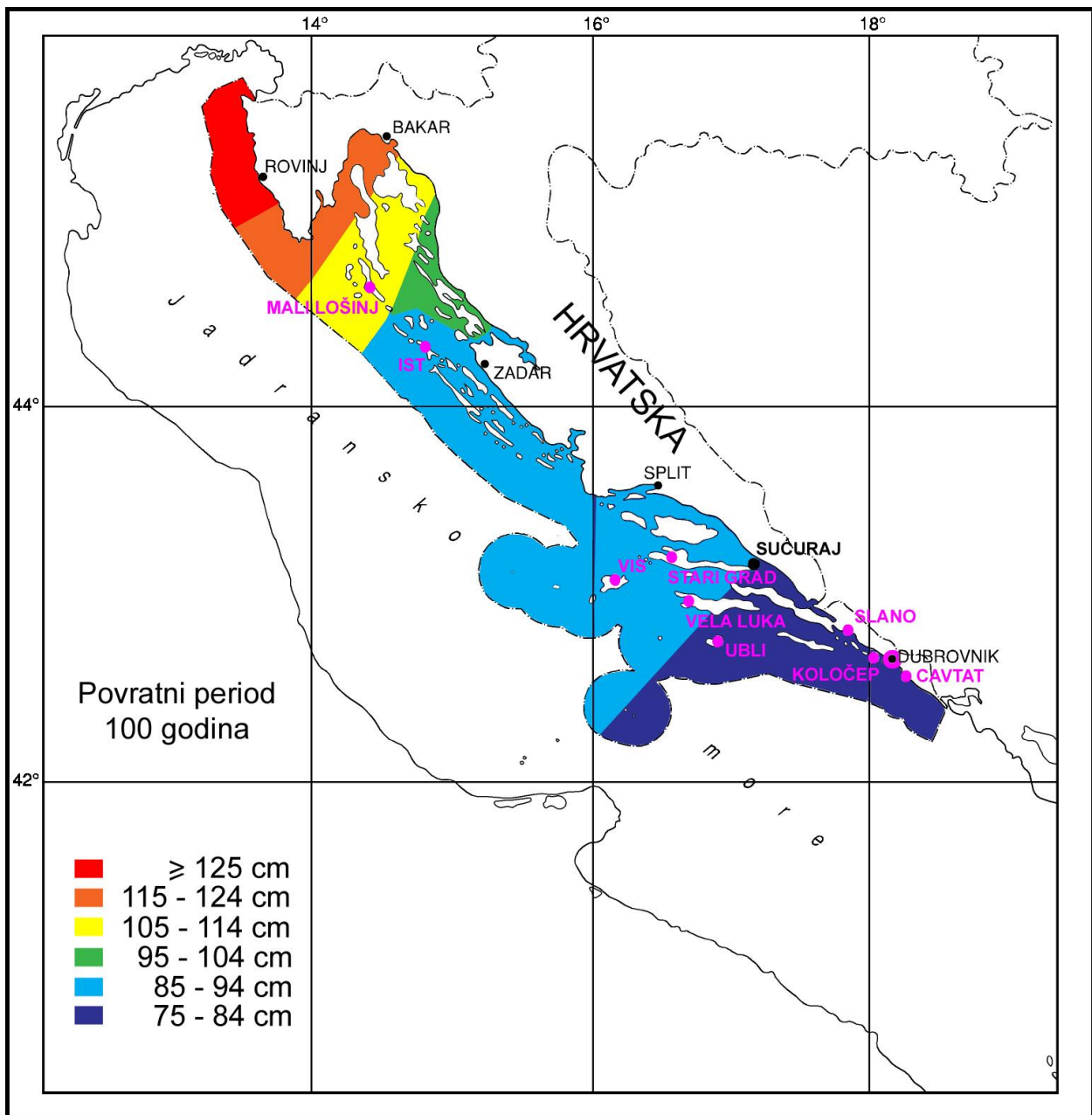
Stoga će se za potrebe ove studije prikazati maksimalne visine razine mora procijenjene metodom ekspertne procjene za područje unutarnjih morskih voda i teritorijalnog mora

Republike Hrvatske u odnosu na HVR571, za povratne periode od 50, 100 i 1000 godina (**slike 4.8, 4.9 i 4.10**). Izdvojena su područja gdje su opažene šćige s oscilacijama razine mora većih raspona od onih prikazanih na slikama 4.8, 4.9 i 4.10: Mali Lošinj, Ist, Stari Grad, Vis, Vela Luka, Ubli, Slano, Koločep, šire područje Dubrovnika i Cavtat.

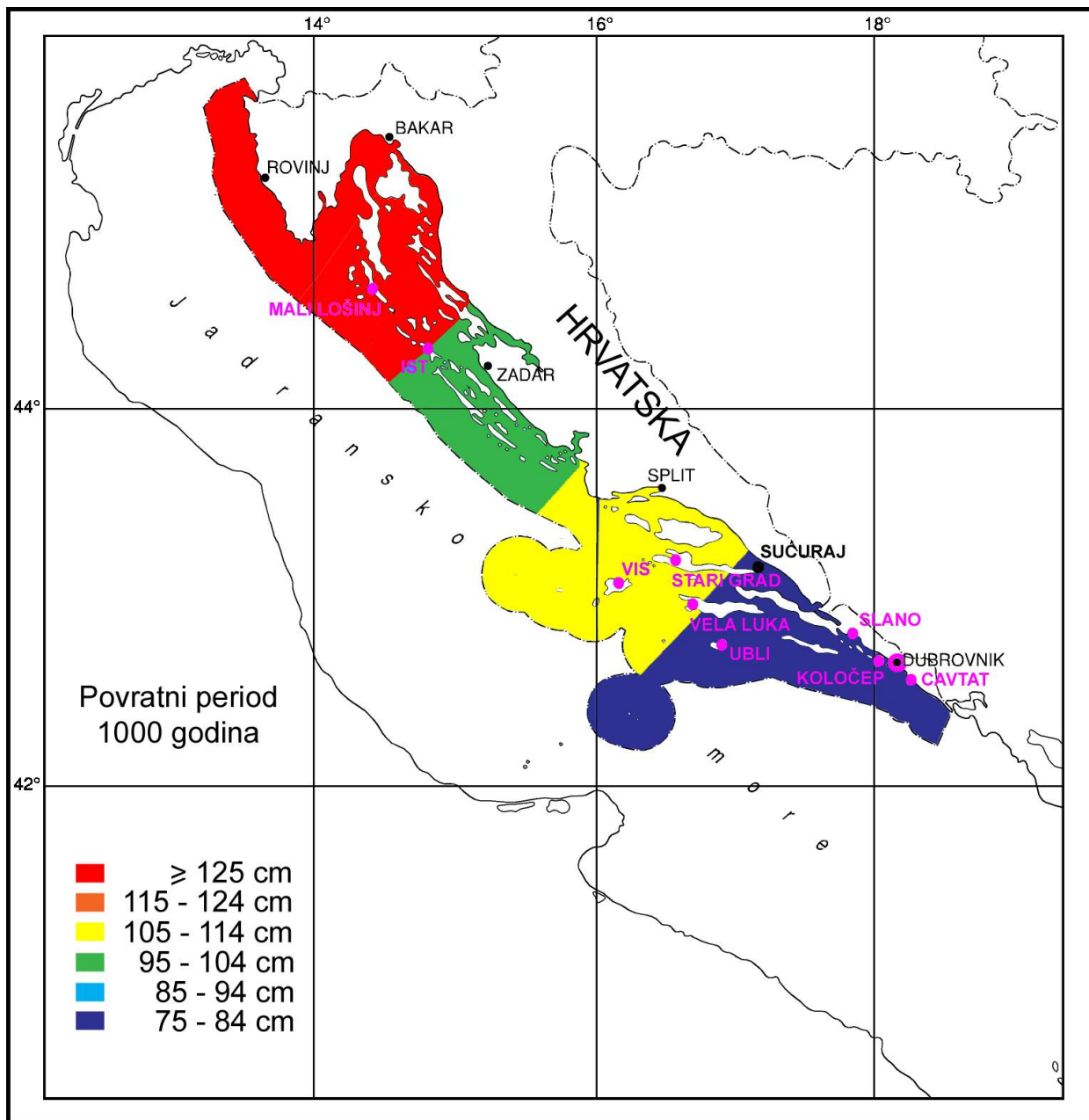
Potrebno je istaknuti da je na **slikama 4.8, 4.9 i 4.10** područje sjeverno od Rovinja ekstrapolirano uvažavajući eksperimentalnu činjenicu da raspon plimnih oscilacija i seša raste prema sjevernom zatvorenom kraju Jadranskog mora. Rezultati dobiveni za mareografsku postaju Ploče (tablica 4.2) nisu upotrebljeni prilikom ekspertne procjene, budući se radi o kratkom vremenskom nizu podataka. Također, na **slikama 4.8, 4.9 i 4.10** nije prikazan mogući doprinos oscilacija razine mora uzrokovan tsunamijem.



Slika 4.8. Maksimalne visine razine mora procijenjene metodom ekspertne procjene za područje unutarnjih morskih voda i teritorijalnog mora Republike Hrvatske u odnosu na HVRS71, za povratni period od 50 godina. Izdvojena su područja gdje su opažene ščige s većim oscilacijama razine mora: Mali Lošinj, Ist, Stari Grad, Vis, Vela Luka, Ubli, Slano, Koločep, šire područje Dubrovnika i Cavtat.



Slika 4.9. Maksimalne visine razine mora procijenjene metodom ekspertne procjene za područje unutarnjih morskih voda i teritorijalnog mora Republike Hrvatske u odnosu na HVRS71, za povratni period od 100 godina. Izdvojena su područja gdje su opažene ščige s većim oscilacijama razine mora: Mali Lošinj, Ist, Stari Grad, Vis, Vela Luka, Ubli, Slano, Koločep, šire područje Dubrovnika i Cavtat.



Slika 4.10. Maksimalne visine razine mora procijenjene metodom ekspertne procjene za područje unutarnjih morskih voda i teritorijalnog mora Republike Hrvatske u odnosu na HVR571, za povratni period od 1000 godina. Izdvojena su područja gdje su opažene ščige s većim oscilacijama razine mora: Mali Lošinj, Ist, Stari Grad, Vis, Vela Luka, Ubli, Slano, Koločep, šire područje Dubrovnika i Cavtat.

4.b Procjena visokih morskih razina za ključna područja

Za područje cijele obale Jadranskog mora (uključujući i otoke) u Republici Hrvatskoj napravljena je ekspertna procjena visokih morskih razina za ključna područja koja obuhvaćaju naselja s više od 5000 stanovnika (**Tablica 4.9; Slika 4.11.**) i popis značajnijih infrastrukturna (**Tablica 4.10; Slika 4.12**) uz obalu prema zahtjevima Naručitelja. Rezultati su prikazani u **Tablici 4.11 i na Slici 4.13.**

Tablica 4.9. Popis naselja većih od 5 000 stanovnika.

- Senj
- Solin
- Split
- Stobreč
- Šibenik
- Pula
- Makarska
- Trogir
- Mali Lošinj
- Umag
- Dubrovnik
- Vodice
- Zadar
- Omiš
- Opatija
- Biograd na Moru
- Ploče
- Podstrana
- Poreč
- Crikvenica
- Nova Mokošica
- Kaštel Novi
- Kaštel Stari
- Kaštel Sućurac
- Rijeka
- Rovinj

Tablica 4.10. Popis značajnije infrastrukture uz obalu te instalacije koje mogu izazvati značajnije zagađenje.

ONEČIŠČIVAČ	ISPUST	NAZIV NASELJA	NAZIV OPĆINE
3 MAJ BRODOGRADILIŠTE D.D. RIJEKA	MM 1 - SAN. OT. VODE - ISPUST I	Rijeka	Rijeka
3 MAJ BRODOGRADILIŠTE D.D. RIJEKA	MM 2 - 3 MAJ BRODOGRADILIŠTE - ISPUST II	Rijeka	Rijeka
3 MAJ BRODOGRADILIŠTE D.D. RIJEKA	MM 5 - 3. MAJ BRODOGRADILIŠTE (OKNO D) - ISPUST V	Rijeka	Rijeka
3 MAJ BRODOGRADILIŠTE D.D. RIJEKA	MM 7 - 3. MAJ BRODOGRADILIŠTE (OKNO E) - ISPUST VI	Rijeka	Rijeka
3 MAJ BRODOGRADILIŠTE D.D. RIJEKA	MM 8 - 3. MAJ BRODOGRADILIŠTE (OKNO F) - ISPUST VI	Rijeka	Rijeka
3 MAJ BRODOGRADILIŠTE D.D. RIJEKA	MM 9 - 3 MAJ BRODOGRADILIŠTE - ISPUST IX	Rijeka	Rijeka
ACI CLUB D.D. OPATIJA	MM 7 - ISPUST IZ OBJEKATA ACI MARINA PULA	Pula	Pula
ACI CLUB D.D. OPATIJA	MM 8 - PRALIŠTE JAHTI ACI MARINA PULA	Pula	Pula
ACI CLUB D.D. OPATIJA	MM 21 - ACI MARINA CRES - PRALIŠTE - ISPUST	Cres	Cres
ACI CLUB D.D. OPATIJA	MM 2 - TEH. VODE SA PRALIŠTA JAHTI	Rovinj-sjever	Rovinj
ACI CLUB D.D. OPATIJA	MM 2 - PRALIŠTE JAHTI MARINA UMAG	Umag	Umag
ACI CLUB D.D. OPATIJA	MM 2 - ACI MARINA RAB - PRALIŠTE - ISPUST	Rab	Rab
ACI D.D.	ACI MARINA MILNA	Milna	Milna
ACI D.D.	ACI MARINA MILNA - TEHN. V.	Milna	Milna
ACI D.D.	ACI MARINA JEZERA - TEHN. VODE	Jezera	Tisno
ACI D.D.	ACI MARINA PALMIŽANA	Hvar	Hvar
ACI D.D.	ACI MARINA SKRADIN	Skradin	Skradin
ACI D.D.	ACI MARINA SPLIT - SANIT. V.	Split	Split
ACI D.D.	ACI MARINA SPLIT - TEHN. V.	Split	Split
ACI D.D.	ACI MARINA TROGIR - SANIT. V.	Trogir	Trogir
ACI D.D.	ACI MARINA TROGIR - TEHN. V.	Trogir	Trogir
ACI D.D.	ACI MARINA VODICE - TEHN. V.	Vodice	Vodice
ACI D.D.	ACI MARINA VRBOSKA - SANIT. V.	Vrboska	Jelsa
ACI D.D.	ACI MARINA VRBOSKA - TEHN. V.	Vrboska	Jelsa
AD PLASTIK D.D.	AD PLASTIK SOLIN - SOLIN	Solin	Solin
ADRIA D.D.	ADRIA ZADAR	Zadar - Dio	Zadar
ADRIA MORE D.O.O.	ADRIA MORE D.O.O. (KOZARICA)	Pakoštane	Pakoštane
ADRIACHEM D.D.	ADRIACHEM	Kaštel Sućurac	Kaštela
ADRIATIK AUTO-KAMP D.O.O.	AUTOKAMP ADRIATIC	Primošten	Primošten
ŽELJEZARA SPLIT D.D.	ŽELJEZARA	Kaštel Sućurac	Kaštela
AETERNA ALEX D.O.O.	AETERNA ALEX D.O.O. - H. JADRAN	Seget Donji	Seget
APARTMANI MEDENA D.D.	APARTMANI MEDENA	Trogir	Trogir
ARCOBALENO TOURS D.O.O.	ARCOBALENO TOURS - UPRAVA	Povlja	Selca
ARENATURIST D.D. PULA	MM 1 - ISPUST AC STOJA	Pula	Pula
ARENATURIST D.D. PULA	MM 1 - AC MEDULIN ISPUST 1 ŠKRAPE	Medulin	Medulin
ARENATURIST D.D. PULA	MM 2 - AC MEDULIN ISPUST 2 PUNTICA	Medulin	Medulin
ARENATURIST D.D. PULA	MM 5 - KO BR. 5 PRIJE ISPUSTA U MORE	Premantura	Medulin
ARENATURIST ZLATNE STIJENE D.O.O.	MM 1 - TALOŽNICA I ISPUST TAMARIS TN ZLATNE	Pula	Pula

	STIJENE		
BOLNICA ZA ORTOP.KIRURGIJU I REHAB. 'PRIM.DR.MARTIN HORVAT 0MM 2 - ISPUST BAZENSKIH I OBORINSKIH VODA		Rovinj-sjever	Rovinj
BORIK D.D.	BORIK D.D.-TEHNOLOŠKE VODE OD PRANJA BRODICA	Zadar - Dio	Zadar
BRODOGRADILIŠTE CRES D.D.	MM 2 - BRODOGRADILIŠTE CRES - PRALIŠTE JAHTI - ISP	Cres	Cres
BRODOGRADILIŠTE I MARINA D.O.O.	BRODOGRADILIŠTE I MARINA BETINA	Betina	Tisno
BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA D.D.	MM 3 - BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA - ISPUST 3	Kraljevica	Kraljevica
BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA D.D.	MM 8 - BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA - ISPUST 8	Kraljevica	Kraljevica
BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA D.D.	MM 9 - BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA - ISPUST 9	Kraljevica	Kraljevica
BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA D.D.	MM 11 - BRODOGRADILIŠTE KRALJEVICA - ISPUST 11	Kraljevica	Kraljevica
BRODOGRADILIŠTE KRK D.O.O.	MM 3 - BRODOGRADILIŠTE KRK - PRALIŠTE JAHTI - ISPUST	Krk	Krk
BRODOGRADILIŠTE PUNAT D.D.	MM 407801-2 - RADIONA - PRALIŠTE DIJELOVA - ISPUST 2	Punat	Punat
BRODOGRADILIŠTE PUNAT D.D.	MM 3 - BRODOGRADILIŠTE PUNAT - PRALIŠTE JAHTI - ISPUST	Punat	Punat
BRODOGRADILIŠTE VIKTOR LENAC D.D. U ST..	MM 2 - BRODOGRADILIŠTE VIKTOR LENAC - ISPUST	Martinšćica	Kostrena
BRODOSPLIT-BRODOGRAD DOO SPLIT	BRODOSPLIT - BRODOGRADILIŠTE D.O.O.	Split	Split
BRODOSPLIT-BRODOGRAD DOO SPLIT	BRODOSPLIT - BRODOGRADILIŠTE D.O.O.	Split	Split
BRODOSPLIT-BRODOGRAD DOO SPLIT	BRODOSPLIT - BRODOGRADILIŠTE D.O.O.	Split	Split
BRODOSPLIT-BRODOGRAD DOO SPLIT	BRODOSPLIT - BRODOGRADILIŠTE D.O.O.	Split	Split
BRODOTROGIR D.D.	BRODOTROGIR - KOMPR.ST	Trogir	Trogir
BRODOTROGIR D.D.	BRODOTROGIR - OSTALE V.	Trogir	Trogir
BRODOTROGIR D.D.	BRODOTROGIR - ISPUST 5, KOD CJEVARA	Trogir	Trogir
CIAN D.O.O.	CIAN - SKLADIŠTE OTPADNIH ULJA	Kaštel Sućurac	Kaštela
CLUB ADRIATIC D.O.O.	MM 422980-1 - TN PINETA - 5 TALOŽNICA - O. ISP.	Fažana	Fažana
CLUB ADRIATIC D.O.O.	T. N. PERNA	Orebić	Orebić
CLUB ADRIATIC D.O.O.	T.N. BAŠKO POLJE	Baška Voda	Baška Voda
CRESANKA D.D. CRES	MM 1 - AC KOVAČINE - TALOŽNICA - ISPUST	Cres	Cres
CRVENA LUKA D.D.	TN CRVENA LUKA	Biograd na Moru	Biograd na Moru
DALMACIJACEMENT RMC GROUP D.D.	DALMACIJACEMENT SV. JURAJ	Kaštel Sućurac	Kaštela
DALMACIJACEMENT RMC GROUP D.D.	DALMACIJACEMENT SV. JURAJ - UGLJEN	Kaštel Sućurac	Kaštela
DALMACIJACEMENT RMC GROUP D.D.	DALMACIJACEMENT SV. KAJO	Solin	Solin
DALMACIJACEMENT RMC GROUP D.D.	DALMACIJACEMENT SV. KAJO	Solin	Solin
DALMACIJAVINO D.D.	DALMACIJAVINO - POGON BAP-JAP	Split	Split
DALMACIJAVINO D.D.	DALMACIJAVINO - TRAJEKTNA LUKA	Split	Split
DAM-PROMET D.O.O.	DAM PROMET D.O.O. KOZARICA	Pakoštane	Pakoštane
DUBROVAČKA INVESTICIJSKA GRUPA D.D.	DUBROVAČKA INVESTICIJSKA GRUPA - H.RATHANEUM	Orebić	Orebić
ELKA KABELI D.O.O.	ELKA D.D. - METALNA UĀARIJA	Zadar - Dio	Zadar
GLAVOTOK D.O.O. MALINSKA	MM 1 - AC GLAVOTOK - BILJNI UREĀAJ - ISPUST	Brzac	Krk
HELI D.D. PULA-BRODOGRADNJA	MM 2 - PRALIŠTE JAHTI	Pula	Pula
HELI D.D. PULA-BRODOGRADNJA	MM 3 - OBORINE S MANIPULATIVNIH POVRŠINA	Pula	Pula

HELIOS FAROS D.D.	HELIOS FAROS D.D.- H.KOMPLEKS	Stari Grad	Stari Grad
HOSTIN D.O.O.	HOSTIN INA RASTOVAC	Tisno	Tisno
HOTEL ALAN D.D.	HOTEL ALAN D.D.	Starigrad	Starigrad
HOTEL COLENTUM D.O.O.	HOTEL COLENTUM D.O.O.	Murter	Murter
HOTEL MEDENA D.D.	HOTEL MEDENA	Trogir	Trogir
HOTELI BAŠKA D.D.	MM 1 - AC BUNCULUKA - PODMORSKI ISPUST	Baška	Baška
HOTELI CAVTAT D.D.	HOTEL ALBATROS	Cavtat	Konavle
HOTELI CAVTAT D.D.	HOTEL CAVTAT	Cavtat	Konavle
HOTELI CAVTAT D.D.	HOTEL EPIDaurus	Cavtat	Konavle
HOTELI CROATIA D.D.	HOTEL CROATIA	Cavtat	Konavle
HOTELI CROATIA D.D.	HOTEL SUPETAR	Cavtat	Konavle
HOTELI JADRAN D.D.	HOTEL FARAON	Trpanj	Trpanj
HOTELI OMIŠALJ D.D.	MM 1 - HOTEL ADRIATIC II OMIŠALJ - ISPUST	Omišalj	Omišalj
HOTELI OMIŠALJ D.D.	MM 1 - HOTEL JADRAN - OKNO NAKON TALOŽNICE	Omišalj	Omišalj
HOTELI OMIŠALJ D.D.	MM 1 - HOTEL ADRIATIC I DEP. MARINA - TALOŽNICA -	Omišalj	Omišalj
HOTELI PLAT D.D.	HOTELI PLAT	Plat	Župa Dubrovačka
HOTELI PUNAT D.D.	MM 1 - AC KONOBE - TALOŽNICA - ISPUST	Punat	Punat
HRVATSKE ŽELJEZNICE D.O.O.	HŽ - POGON SOLIN-TEHN.V.	Solin	Solin
HTP OREBIĆ D.D.	HOTEL BELLEVUE I PRAONICA RUBLJA	Orebić	Orebić
HTP OREBIĆ D.D.	HOTEL ORSAN	Orebić	Orebić
HUM D.D.	HOTEL ADRIA	Vela Luka	Vela Luka
HUM D.D.	HOTEL JADRAN I DALMACIJA	Vela Luka	Vela Luka
HUM D.D.	HOTEL POSEJDON	Vela Luka	Vela Luka
ILIRIJA D.D.	HOTEL ILIRIJA	Biograd na Moru	Biograd na Moru
ILIRIJA D.D.	MARINA KORNATI - TEHN. V.	Biograd na Moru	Biograd na Moru
ILIRIJA D.D.	AUTOKAMP SOLINE	Biograd na Moru	Biograd na Moru
IMPERIAL D.D. HOT. UG. I TURIZAM	MM 1 - BIOUREĐAJ SUHA PUNTA (HT. EVA) - ZAJEDNIČKI	Kampor	Rab
IMPERIAL D.D. HOT. UG. I TURIZAM	MM 1 - BIOUREĐAJ SUHA PUNTA - ZAJEDNIČKI ISPUST	Kampor	Rab
IMPERIAL D.D. HOT. UG. I TURIZAM	MM 1 - BIOUREĐAJ SUHA PUNTA (HT. CAROLINA)-ZAJEDNIČKI	Kampor	Rab
INA INDUSTRIJA NAFTE D.D.	INA D.D. - SKLADIŠTE VRANJIČKO BLATO	Solin	Solin
INA INDUSTRIJA NAFTE D.D.	INA - SKLADIŠTE SV. KAJO	Solin	Solin
INA INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB	MM 7 - OBORINE PRIJE ISPUSTA U MORE	Pula	Pula
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 1 - CENT. UREĐAJ - ISPUST 1	Urinj	Kostrena
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 2 - KIŠNI PRELJEV CENTRALNOG UREĐAJA	Urinj	Kostrena
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 3 - PRIPREMA TEH. VODE- NEUTRALIZACIJA - MORE	Urinj	Kostrena
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 4 - MOR. VODA OD HLAĐENJA TURBINA - ISPUST 4	Urinj	Kostrena
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 5 - EMSCHEROVA TALOŽNICA - ISPUST 5	Urinj	Kostrena
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB,	MM 1 - INA MAZIVA RIJEKA - KROFTA ISPUST	Rijeka	Rijeka

SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA			
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 2 - INA MAZIVA RIJEKA - API ISPUST	Rijeka	Rijeka
INA-INDUSTRIJA NAFTE D.D. ZAGREB, SEKTOR RAČ.I POR.-SL.UL.RA	MM 4 - INA MAZIVA RIJEKA - RAS. ISPUST	Rijeka	Rijeka
INTERMOD D.O.O.	HOTEL PINIJA	Petrčane	Zadar
ISTRA CEMENT INTERNATIONAL D.D.	MM 1 - ISPUST IZ RESTORANA	Pula	Pula
ISTRA CEMENT INTERNATIONAL D.D.	MM 2 - ISPUST MJEŠANIH OT. VODA	Pula	Pula
ISTRA CEMENT INTERNATIONAL D.D.	MM 3 - ISPUST RASHLADNIH VODA	Pula	Pula
ISTRA CEMENT INTERNATIONAL D.D.	MM 4 - ISPUST IZ MEH. RADIONE I KOMPRESORSKE ST. C	Pula	Pula
ISTRATURIST UMAG D.D.	MM 1 - RASHLADNE MORSKIE VODE IZ ENERGANJE	Umag	Umag
ISTRATURIST UMAG D.D.	MM 1 - AC LADIN GAJ - ISPUST	Lovrečica	Umag
ISTRATURIST UMAG D.D.	MM 1 - IZLAZ IZ BIOUREĐAJA TN KANEGRA	Kanegra	Buje
JADRAN D.D. CRIKVENICA	MM 1 - TN KAČJAK - TALOŽNICA 1 - ISPUST 1	Dramalj	Crikvenica
JADRAN D.D. CRIKVENICA	MM 2 - TN KAČJAK - TALOŽNICA 2 - ISPUST 2	Dramalj	Crikvenica
JADRAN HOTELI D.D.	MM 1 - HAN UVALA SCOTT - TALOŽNICA - ISPUST	Kraljevica	Kraljevica
JADRAN HOTELI D.D.	MM 1 HOTEL LUCIJA - ISPUST	Čođiši	Kostrena
JADRANKA 1892 - TVORNICA ZA PRERADU I KONZ. RIBE D.D.-	JADRANKA	Vela Luka	Vela Luka
JADRANKA KAMPOVI D.O.O.	MM 1 - AC SLATINA - TALOŽNICA ISPUST	Vidoviši	Cres
JADRANKA KAMPOVI D.O.O.	MM 1 - AC BALDARIN - TALOŽNICA ISPUST	Punta Križa	Mali Lošinj
JADRANSKI NAFTAVOD D.D. ZAGREB	MM 2 - JANAF - OKNO IZA TPS-A	Omišalj	Omišalj
JAVNA USTANOVA NACIONALNI PARK BRIJUNI	MM 1 - ISPUST 1 - HT. KARMEN NA VELOM BRIJUNU	Fažana	Fažana
JAVNA USTANOVA NACIONALNI PARK BRIJUNI	MM 2 - HT. NEPTUN NA VELOM BRIJUNU	Fažana	Fažana
JAVNA USTANOVA NACIONALNI PARK BRIJUNI	MM 3 - CPR NA VELOM BRIJUNU	Fažana	Fažana
JAZON D.O.O.	MM 1 - AC PREKO MOSTA - ISPUST	Osor	Mali Lošinj
JELSA D.D.	H. FONTANA - JELSA D.D.	Jelsa	Jelsa
JELSA D.D.	H.MINA -JELSA D.D.	Jelsa	Jelsa
JELSA D.D.	H. JADRAN - JELSA D.D.	Jelsa	Jelsa
KALOS - SPECIJALNA BOLNICA ZAMEDICINSKU REHABILITACIJU	KALOS	Vela Luka	Vela Luka
KAŠTELANSKA RIVIJERA D.D.	HOTEL PALACE	Kaštel Stari	Kaštela
KONČAR	KONČAR - ELEKTRIČNI UREĐAJI	Split	Split
LAGUNA NOVIGRAD D.D.	MM 7 - NAKON TALOŽNICE PRIJE P.I. AC MAREDA	Maređa	Novigrad
LAGUNA TRADE D.O.O.	MARINA FRAPA - TEHN.	Rogoznica	Rogoznica
LIBURNIA RIVIERA HOTELI D.D.	MM 1 - HOTEL IČIĆI - OBALNI ISPUST	Ičići	Opatija
LOŠINJSKA PLOVIDBA-BRODOGRADILIŠTE D.O.O.	MM 1 - LOŠINJSKA PLOVIDBA-BRODOGRADILIŠTE - ISPUST	Mali Lošinj	Mali Lošinj
LOŠINJSKA PLOVIDBA-TURIZAM D.O.O.	MM 1 - AC LOPARI - ISPUST	Nerezine	Mali Lošinj
LUKA PULA D.O.O.	MM 1 - ISPUST BR. 28 LUKA PULA	Pula	Pula
LUKA PULA D.O.O.	MM 2 - BLAGAVAONICA NA ISPUSTU BR. 32 LUKE PULA	Pula	Pula
LUKA PULA D.O.O.	MM 10 - KO 10 NA ISPUSTU BR. 30 LUKA PULA	Pula	Pula

LUKA PULA D.O.O.	MM 11 - ISPUST BR. 30 LUKA PULA	Pula	Pula
LUKA RIJEKA D.D.	MM 1 - TERMINAL BRŠICA - ISPUST	Most-Raša	Raša
LUSTRA D.O.O.	LUSTRA D.O.O.	Milna	Milna
MAGNUM OPATIJA D.O.O.	MM 2 - HT. OPATIJA - BAZENSKI ISPUST	Opatija	Opatija
MAISTRA D.D.	MM 1 - HOTEL ISTRA NA CRVENOM OTOKU	Rovinj-sjever	Rovinj
MAISTRA D.D.	MM 4 - TN AMARIN - SABIRNA JAMA - IZLAZNO KO BR. 4	Rovinj-sjever	Rovinj
MAISTRA D.D.	MM 5 - TN AMARIN - SABIRNA JAMA - ULAZNO KO BR. 5	Rovinj-sjever	Rovinj
MAISTRA D.D.	MM 2 - ISPUST IZ OBJEKATA NA OTOKU MAŠKINU	Rovinj-sjever	Rovinj
MAISTRA D.D.	MM 4 - OTOK KOVERSADA	Vrsar	Vrsar
MARASKA d.d.	MARASKA - GAŽENICA	Zadar - Dio	Zadar
MARDEŠIĆ D.O.O.	MARDEŠIĆ SALI	Sali	Sali
MARIMIRNA D.D. DRUŠTVO ZA MARIKULTURU	MM 3 - ISPUST OBORINSKIH VODA NAKON SEPARATORA	Marasi	Sveti Lovreč
MARIMIRNA D.D. DRUŠTVO ZA MARIKULTURU	MM 4 - ULAZ U BIODISK SA STRANE MARIMIRNE	Marasi	Sveti Lovreč
MARIMIRNA D.D. DRUŠTVO ZA MARIKULTURU	MM 5 - IZLAZ IZ ZAJEDNIČKOG BIODISKA	Marasi	Sveti Lovreč
MARINA BORIK D.O.O.	MARINA BORIK - TEHN. V.	Zadar - Dio	Zadar
MARINA DALMACIJA D.D.	MARINA DALMACIJA - SAN.V.	Sukošan	Sukošan
MARINA DALMACIJA D.D.	MARINA DALMACIJA - TEHN.V.	Sukošan	Sukošan
MARINA HRAMINA D.O.O.	MARINA HRAMINA - SANIT.V.	Murter	Murter
MARINA HRAMINA D.O.O.	MARINA HRAMINA - TEHN.V.	Murter	Murter
MARINA KREMIK D.O.O.	MARINA KREMIK - TEHN. VODE	Primošten	Primošten
MARINA-POLJOPRIVREDNA ZADRUGA	MARINA AGANA - TEHN.V.	Marina	Marina
MARITUNA D.D.	MARITUNA D.D.	Zadar - Dio	Zadar
MARITUNA D.D.	MARITUNA D.D. - SANIT.V.	Zadar - Dio	Zadar
MESSER CROATIA PLIN D.D.	MESSER CROATIA PLIN - KISIK, DUŠIK, ARGON	Dugi Rat	Dugi Rat
MESSER CROATIA PLIN D.D.	MESSER CROATIA PLIN - ACETILENSKA ST.	Dugi Rat	Dugi Rat
MIRNA D.D. ROVINJ	MM 1 - MIRNA - ISPUST	Rovinj-sjever	Rovinj
NAUTA LAMLJANA D.D.	NAUTA LAMJANA	Kali	Kali
ŠKOLJIĆ D.O.O.	AUTOKAMP LOVIŠĆA	Jezera	Tisno
PIROVČANKA POLJOPRIVREDNA ZADRUGA	PZ PIROVČANKA	Primošten	Primošten
PRAONICA PLAT D.D.	PRAONICA PLAT	Plat	Župa Dubrovačka
PRAONICA PLAT D.D.	PRAONICA PLAT - rashladne vode	Plat	Župa Dubrovačka
PRIMORSKI HOTELI D.O.O.	MM 2 - HN JADRANKA - ISPUST MORE	Selce	Crikvenica
PROPLIN D.O.O.	PROPLIN D.O.O.	Kaštel Sućurac	Kaštela
PUNTA SKALA D.D.	APARTMANSKO NASELJE PUNTA SKALA	Petrčane	Zadar
R.L.E., MIRKO RAPIĆ T.P.	RLE- BRODOGR.VRANJIC - TEHN.	Vranjic	Solin
R.L.E., MIRKO RAPIĆ T.P.	RLE - BRODOGR. VRANJIC - SAN.V.	Vranjic	Solin
RABAC UGOSTITELJI TURIZAM D.D.	MM 1 - KO ISPRED SEPTIČKE TALOŽNICE	Sveta Marina	RaŮa
REFLEKTOR D.O.O.	REFLEKTOR D.O.O. - ODMARALIŠTE HŹ	Murter	Murter
REMONT D.D.	REMONT D.D.	Kaštel Sućurac	Kaštela
RESNIK HOTEL D.O.O	RESNIK HOTEL D.O.O.- TN RESNIK	Kaštel Štafilić	Kaštela

RIVIJERA D.D.	HOTEL MIRAN	Pirovac	Pirovac
RIVIJERA D.D.	HOTEL MIRAN - IZ HOTELA	Pirovac	Pirovac
ROVINJTURIST D.D. ROVINJ	MM 1 - ISPUST HT. KOMPLEKSA I AC VALDALISO	Rovinj-sjever	Rovinj
SALONIT D.D. U STEČAJU	SALONIT U STEČAJU	Vranjic	Solin
SALONIT D.D. U STEČAJU	SALONIT U STEČAJU - RASHL. V.	Vranjic	Solin
SARDINA D.D.	SARDINA D.D. - POSTIRA	Postira	Postira
SLOBODNA KATARINA D.O.O.	MM 1 - KO BR. 1 ISPUST HT. KATARINA, DEP. 1,2	Rovinj-sjever	Rovinj
SLOBODNA KATARINA D.O.O.	MM 3 - DEPADANSA 3 OTOK KATARINA	Rovinj-sjever	Rovinj
SLOBODNA KATARINA D.O.O.	MM 5 - ULAZ OT. VODA U UREĐAJ REBEKA	Rovinj-sjever	Rovinj
SLOBODNA KATARINA D.O.O.	MM 6 - IZLAZ OT. VODA IZ UREĐAJA REBEKA	Rovinj-sjever	Rovinj
SOJARA D.D.	SOJARA	Zadar - Dio	Zadar
SOLANA PAG D.D.	SOLANA - SANIT.V.	Pag	Pag
SOLANA PAG D.D.	SOLANA - TEHN.V.	Pag	Pag
SOLANA PAG D.D.	SOLANA - RASHL. VODE	Pag	Pag
SPECIJALNA BOLNICA ZA ORTOPEDIJU BIOGRAD	SPECIJALNA BOLNICA ZA ORTOPEDIJU	Biograd na Moru	Biograd na Moru
TANKERKOMERC D.D.	TANKERKOMERC MARINA - TEHN. V.	Zadar - Dio	Zadar
TANKERKOMERC D.D.	TANKERKOMERC TTTR	Zadar - Dio	Zadar
TEHNO EKOLOGIJA D.O.O.	MM 1 - KO PRIJE PODMORSKOG ISPUSTA	Medulin	Medulin
TEHNOMONT MARINA VERUDA D.O.O.	MM 5 - OTPADNE VODE SA PRALIŠTA JAHTI	Pula	Pula
TEHNOMONT-BRODOGRADILIŠTE PULA	MM 1 - TEH. VODE OD PRANJA NA ISPUST I-1	Pula	Pula
TEHNOMONT-BRODOGRADILIŠTE PULA	MM 2 - ISPUST I-2	Pula	Pula
TEHNOMONT-BRODOGRADILIŠTE PULA	MM 3 - ISPUST I-3	Pula	Pula
TEHNOMONT-BRODOGRADILIŠTE PULA	MM 4 - ISPUST I-4	Pula	Pula
Termoelektrana RIJEKA	MM 1 - TE RIJEKA - BIODISK ISTOK + ZAPAD - ISPUST	Urinj	Kostrena
Termoelektrana RIJEKA	MM 2 - TE RIJEKA - TPS ZAPAD - ISPUST B	Urinj	Kostrena
Termoelektrana RIJEKA	MM 3 - TE RIJEKA - OBRADA TEH. VODA - ISPUST C	Urinj	Kostrena
Termoelektrana RIJEKA	MM 4 - TE RIJEKA - RASHLADNA MORSKA VODA - ISPUST	Urinj	Kostrena
TLM - TVORNICA LAKIH METALA DD	TLM D.D.	Šibenik	Šibenik
TURISTHOTEL d.d.	TURISTHOTEL D.D. - PR. RUBLJA	Zadar - Dio	Zadar
TURISTHOTEL d.d.	TURISTHOTEL - TN ZATON	Zadar - Dio	Zadar
TVORNICA CEMENTA UMAG D.D.	MM 2 - RAS. VODE SISTEMA HLAĐENJA MLINOVA ZA CEMEN	Umag	Umag
TVORNICA CEMENTA UMAG D.D.	MM 3 - TEH. VODE OD PRANJA VOZILA	Umag	Umag
Tvornica DINA petrokemija Omišalj	MM 1 - DINA OMIŠALJ - TEH+SAN - ISPUST	Omišalj	Omišalj
Tvornica DINA petrokemija Omišalj	MM 2 - DINA OMIŠALJ - ISPUST RASHLADNIH MORSKIH VODA	Omišalj	Omišalj
U.O.FJORD VL. JADRANKA SOŠIĆ	MM 1 - IZLAZ IZ ZAJEDNIČKOG BIOUREĐAJA	Marasi	Sveti Lovreč
U.O.FJORD VL. JADRANKA SOŠIĆ	MM 2 - ULAZ SA STRANE REST. FJORD U ZAJEDNIČKI BIOUREĐAJ	Marasi	Sveti Lovreč
ULJANIK BRODOGRADILIŠTE D.D.	MM 1 - ISPUST RASHLADNIH I OSTALIH VODA	Pula	Pula

ULJANIK BRODOGRADILIŠTE D.D.	MM 2 - ISPUST SANITARNIH VODA	Pula	Pula
ULJANIK BRODOGRADILIŠTE D.D.	MM 400777-6.3 - BLAGAVAONA - VODA OD PRANJA SUĐA	Pula	Pula
ULJANIK BRODOGRADILIŠTE D.D.	MM 116 - ISPUST 16 BLAGAVAONICA - ULJANIK BRODOGRADILIŠTE	Pula	Pula
ULJANIK BRODOGRADILIŠTE D.D.	MM 230 - ISPUST 18 CINKARNA - ULJANIK BRODOGRADILIŠTE	Pula	Pula
ULJANIK-STROJOGRAĐNJA D.D.	MM 1 - ISPITNI STOL SPOROHODNIH MOTORA	Pula	Pula
UVALA POLJANA D.O.O.	MM 1 - AC POLJANA - UREĐAJ IZLAZ - ISPUST	Mali Lošinj	Mali Lošinj
VALALTA D.D. ROVINJ	MM 2 - NA IZLAZU IZ TN VALALTA PRIJE P.I.	Rovinj-sjever	Rovinj
VIKING D.O.O.	MM 1 - IZLAZ IZ ZAJEDNIČKOG BIOUREĐAJA	Marasi	Sveti Lovreč
VIKING D.O.O.	MM 2 - ULAZ SA STRANE VIKINGA U ZAJEDNIČKI BIOUREĐAJ	Marasi	Sveti Lovreč
VINOGRADAR D.D. U STEČAJU	VINOGRADAR VIS - TEHN.V.	Vis	Vis
VINOGRADAR D.D. U STEČAJU	VINOGRADAR VIS - SANIT.V.	Vis	Vis
VRBOSKA D.D.	HOTEL ADRIATIC - VRBOSKA	Vrboska	Jelsa
VRBOSKA D.D.	RESTORAN SOLINE	Vrboska	Jelsa
ZLATNI OTOK D.D.	MM 1 - AC POLITIN - TALOŽNICA ISPUST	Krk	Krk
ZRAČNA LUKA SPLIT D.O.O.	ZRAČNA LUKA SPLIT	Kaštel Štafilić	Kaštela



Slika 4.11. Područja od interesa prema popisu naselja iz **Tablice (4.9).**



Slika 4.12. Lokacije značajnijih infrastrukturnih objekata te instalacije koje mogu izazvati značajnije onečišćenje prema **Tablici 4.10.**

Tablica 4.11. Ekspertna procjena visokih morskih razina za ključna područja i odabrane povratne periode.

r.broj područja	Naziv područja	Napomena	10	25	50	100	200	250	500	1000
			m							
1	Umag	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Rovinju (1956-2011) prema HVRS71 za Rovinj	1.23	1.36	1.46	1.57	1.68	1.72	1.82	1.93
2	Poreč	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Rovinju (1956-2011) prema HVRS71 za Rovinj	1.22	1.33	1.43	1.54	1.63	1.68	1.79	1.9
3	Rovinj	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Rovinju (1956-2011) prema HVRS71 za Rovinj	1.18	1.31	1.41	1.51	1.62	1.65	1.76	1.87
4	Pula	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Rovinju (1956-2011) prema HVRS71 za Rovinj	1.12	1.25	1.36	1.46	1.55	1.6	1.71	1.82
5	Rijeka,Opatija	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Bakru (1956-2011) prema HVRS71 za Bakar	1.09	1.18	1.23	1.3	1.35	1.38	1.43	1.47
6	Crikvenica	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Bakru (1956-2011) prema HVRS71 za Bakar	1.03	1.12	1.13	1.16	1.22	1.31	1.38	1.41
7	Senj	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Bakru (1956-2011) prema HVRS71 za Bakar	1.02	1.1	1.11	1.15	1.19	1.27	1.33	1.38
8	Mali Lošinj	Nema mjernih podataka. Linearna interpolacija obzirom na Pula i Bakar	1.11	1.23	1.31	1.41	1.46	1.52	1.58	1.66
9	Zadar	detaljna analiza obzirom na mareograf u Zadru (1995-2011) prema SRM za Zadar	0.93	1	1.06	1.13	1.18	1.2	1.25	1.3

10	Biograd na Moru	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Zadru (1995-2011) prema SRM za Zadar	0.91	0.98	1.04	1.1	1.15	1.18	1.22	1.28
11	Vodice	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Zadru (1995-2011) prema SRM za Zadar	0.78	0.96	1.01	1.08	1.12	1.16	1.2	1.26
12	Šibenik	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Zadru (1995-2011) prema SRM za Zadar	0.87	0.97	1.04	1.13	1.2	1.24	1.33	1.42
13	Trogir	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Splitu (1956-2011) prema HVRS71 za Split	0.88	0.99	1.08	1.19	1.3	1.34	1.46	1.59
14	Kaštel Novi, Kaštel Stari, Sućurac	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Splitu (1956-2011) prema HVRS71 za Split	0.89	1	1.09	1.2	1.31	1.35	1.47	1.61
15	Solin	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Splitu (1956-2011) prema HVRS71 za Split	0.9	1.01	1.1	1.21	1.32	1.36	1.48	1.6
16	Split, Stobreč, Podstrana	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Splitu (1956-2011) prema HVRS71 za Split	0.86	0.97	1.06	1.17	1.28	1.32	1.44	1.58
17	Omiš	Detaljna analiza linearno interpolacijom obzirom na mareograf u Splitu (1956-2011) prema HVRS71 za Split	0.9	1.01	1.1	1.2	1.32	1.36	1.47	1.63
18	Makarska	Nema mjernih podataka. Linearna interpolacija obzirom na Sućuraj (1987-2005) prema SRM za Sućuraj	0.76	0.81	0.85	0.89	0.92	0.94	0.97	0.99
19	Ploče	Detaljna analiza obzirom na mareograf u Pločama (2003-2011) prema SRM za Ploče	0.89	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97

20	Dubrovnik, Nova Mokošica	Detaljna analiza linernom interpolacijom obzirom na mareograf u Dubrovniku (1956-2011) prema HVR571 za Dubrovnik	0.72	0.78	0.82	0.86	0.89	0.9	0.94	0.97
21	Ušće Raše	Nema mjernih podataka. Linearna interpolacija obzirom na Pula i Rijeka	1.11	1.22	1.30	1.38	1.45	1.49	1.57	1.65



Slika 4.13. Lokacije na kojima su procijenjene visoke morske razine prema **Tablici 4.11.**

4c. Površinski valovi na Jadranu

Jadransko more je poluzatvoreno more iznad kojeg se odvijaju intenzivne ciklonalne aktivnosti (osobito u zimskom razdoblju), te pušu vjetrovi različitih smjerova i intenziteta. Najviše površinske valove na Jadranu uzrokuju jugo i bura u zimskom periodu, te sjeverozapadni vjetar maestral u ljetnom periodu.

Značajke površinskih valova općenito zavise o sljedećim parametrima (Smirčić, 1985):

- smjera, brzine i trajanja prevladavajućih vjetrova,
- veličine područja nad kojim ti vjetrovi pušu (privjetrišta)
- i topografije morskog dna (dubine mora).

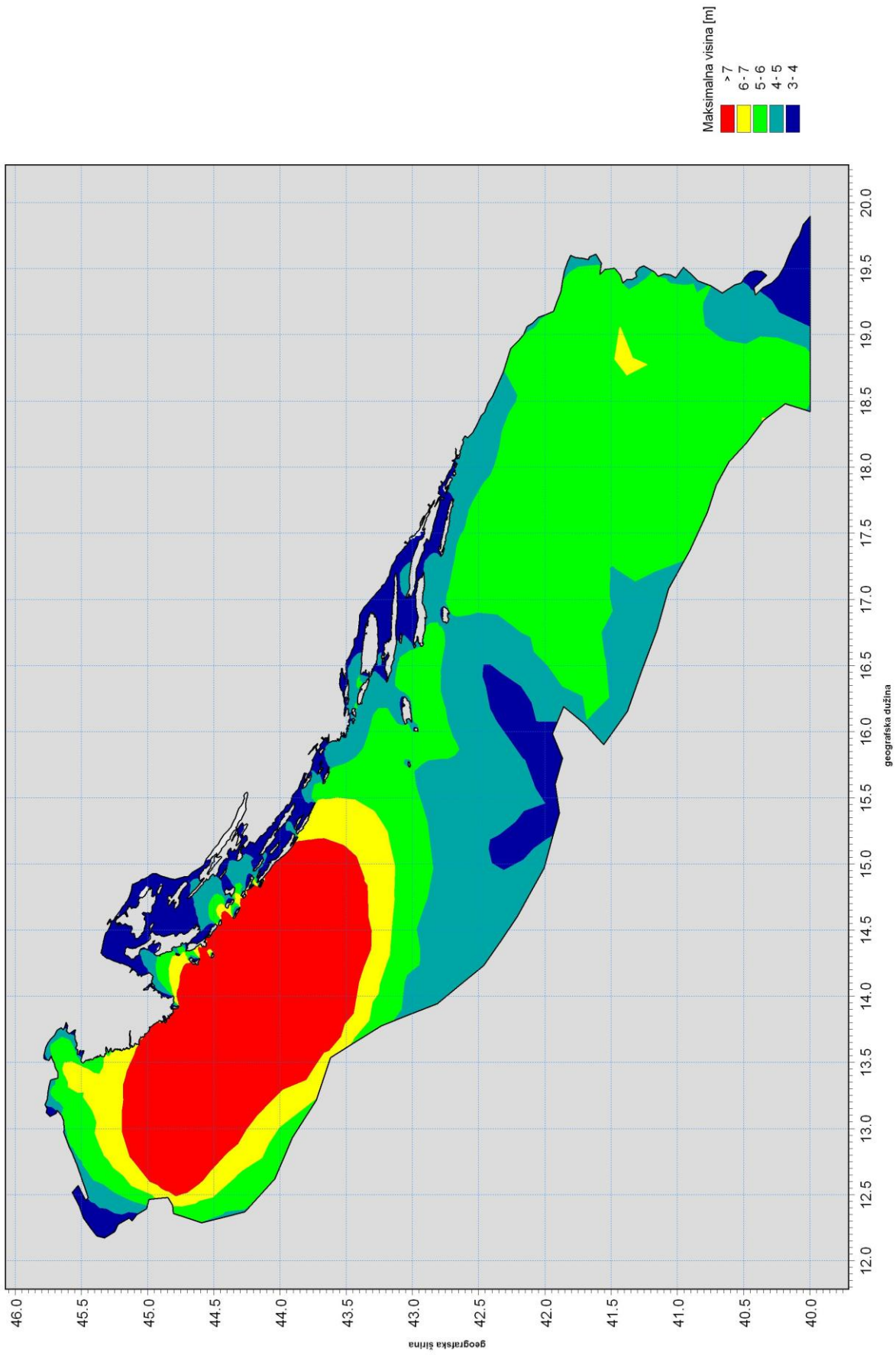
Privjetrište predstavlja udaljenost nad kojom vjetar može nesmetano djelovati na morsku površinu, a ograničeno je postojanjem obalne linije ili veličinom sinoptičkog sustava koje uzrokuje pojavu vjetra. Stoga na području Jadranskog mora jugo uzrokuje znatno veće visine valova nego bura pri istoj brzini i trajanju vjetra.

Površinski valovi uzrokovani vjetrom predstavljaju zbroj velikog broja individualnih jednofrekvencijskih valova. Stoga se površinski valovi opisuju pomoću svojih spektralnih karakteristika ili pomoću karakterističnih parametara u određenoj situaciji. Uobičajeni karakteristični parametri valova, koji se koriste su (Smirčić i sur, 1996):

- $H_{1/3}$, značajna visina vala, je veličina koja predstavlja srednju visinu 1/3 najviših valova u određenoj situaciji.
- $H_{1/10}$, srednja visina 1/10 najviših valova u određenoj situaciji. Ta je veličina obilježje najviših valova u nekom zapisu.
- H_{\max} , maksimalna visina vala zabilježena u određenoj situaciji.
- T_{sr} , srednji (značajni) period.
- L_{sr} , srednja vrijednost duljine vala, predstavlja srednjak horizontalnih udaljenosti između susjednih valnih brijegova određene registracije.

Apsolutni maksimum visine vala na području otvorenog mora sjevernog Jadrana zabilježen je 1986. godine za vrijeme dugotrajnog olujnog juga i iznosi $H_{\max} = 10.8$ m (značajna visina vala $H_{1/3} = 6.0$ m, srednji period $T_{sr} = 8.5$ s, srednja valna duljina $L_{sr} = 112$ m). Za situacije s burom

maksimalna registrirana visina vala u sjevernom Jadranu iznosi $H_{\max} = 7.2$ m (značajna visina vala $H_{1/3} = 3.9$ m, srednji period $T_{\text{sr}} = 5.7$ s, srednja valna duljina $L_{\text{sr}} = 51$ m). Iz instrumentalnih mjerenja 80-godina procijenjena je povratna stogodišnja vrijednost najvišeg vala u Jadranu od 13.5 m. Sve ove vrijednosti dane su za otvoreni Jadran, dok se u obalnom području javljaju bitno manji valovi, zavisno od topografskih karakteristika i otvorenosti akvatorija prema dominantnim smjerovima vjetrova (**Slika 4.14**). Iako Hrvatski hidrografski institut ima više nego 40-desetogodišnju tradiciju instrumentalnih mjerenja visina valova, mjerenja u kanalima i zaljevima Jadranskog mora veoma su kratka i rijetka (Riječki zaljev, Kvarnerić, Brački kanal i Neretvanski kanal). Stoga, **slika 4.14** daje procjenu maksimalnih visina valova numeričkim spektralnim valnim modelom MIKE SW za vrijeme jakog juga 2007. godine koja se može iskoristiti za ocjenu potencijalne opasnosti od poplavlivanja niske istočne obale Jadranskog mora.



Slika 4.14. Procjena maksimalnih visina valova numeričkim spektralnim valnim modelom MIKE SW za vrijeme olujnog juga 2007.godine.

5. Monitoring i relevantna istraživanja

5.1. Postojeća mjerenja

Mreža stalnih mareografskih postaja

Mjerenje kolebanja visine razine mora obavlja se već dugi niz godina analognim mehaničkim mareografima tipa A.Ott – Kempten (**slika 5.1**) na mareografskim postajama duž istočne obale Jadrana.



Slika 5.1. Kućica mareografa te mehanički uređaj tipa A.Ott za mjerenje visina razine mora na mareografskoj postaji Split – Luka.

Mreža mareografskih postaja danas u Hrvatskoj sastoji se od sedam stalnih mareografskih postaja: Rovinj, Bakar, Zadar, Split – Marjan, Split – Luka, Ploče i Dubrovnik (**slika 5.2, 5.2a i 5.2b**).



Slika 5.2. Operativna mareografska mreža u 2012. godini na istočnoj obali Jadrana.



Slika 5.2a. Mareografska postaja Dubrovnik (gore lijevo), Split (dolje lijevo), Zadar (gore desno) i Rovinj (dolje desno).



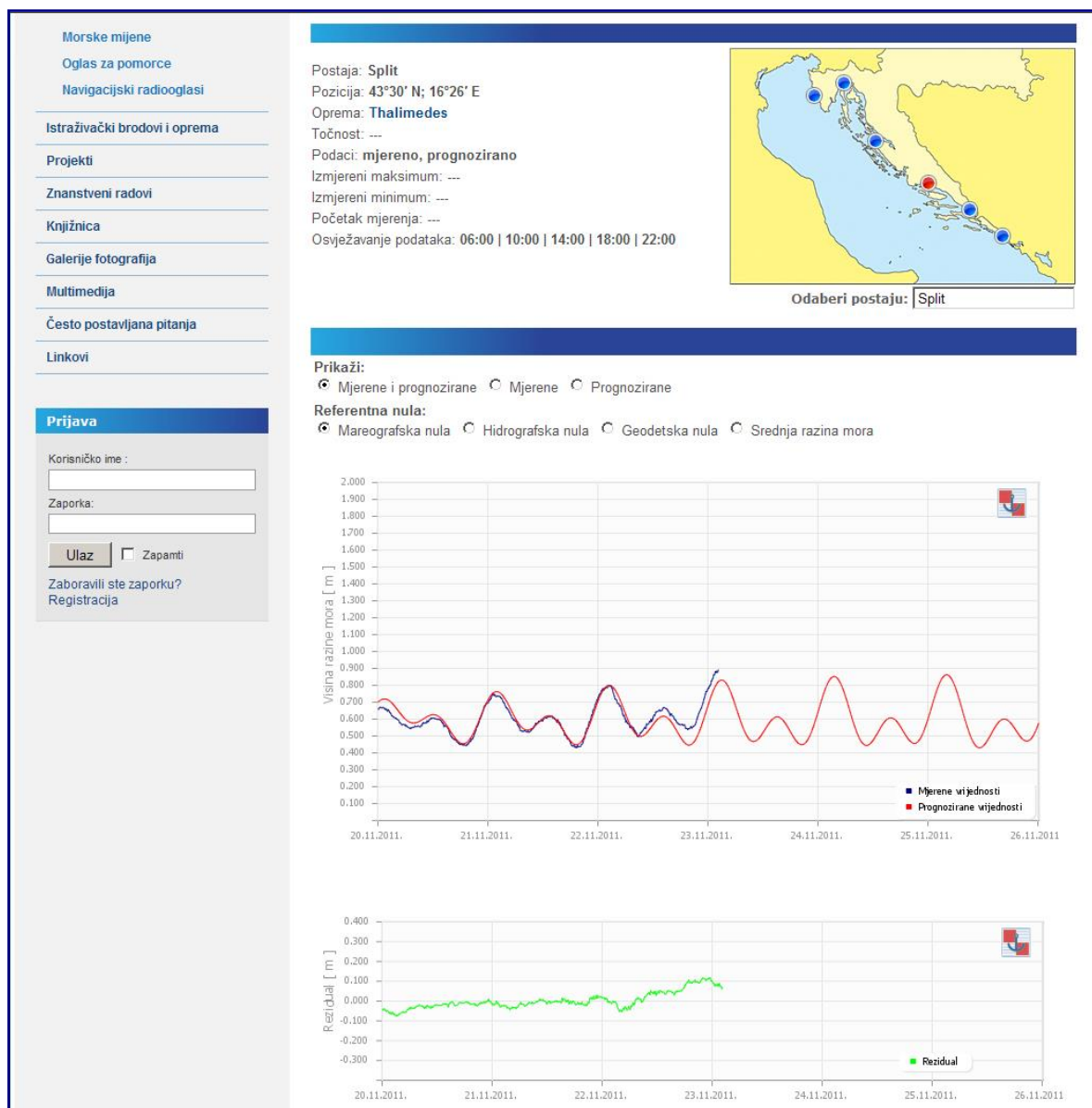
Slika 5.2b. Mareografska postaja Bakar.

Analogni mareograf mehaničkog tipa A.Ott (na principu plutajućeg plovka) se nalazi unutar kućice, a mjeri promjene razine mora u zdencu povezanim s vanjskim morem spojnomo cijevi. Sustav zdenca i spojne cijevi guši kratkoperiodičke površinske valove, pa su u sustav propuštene samo dugoperiodičke oscilacije (period veći od 1 minute) koje se mehanički bilježe na papir, s odnosom registracije 1:5. Maksimalni raspon mjerenja visina razine mora iznosi 220 cm. Točnost mareografskih mjerenja je ± 1 cm. Obrada mareografskih podataka obavlja se uklanjanjem oscilacija perioda manjih od dva sata. Digitalizacijom se dobivaju vrijednosti razine mora s jednosatnim intervalom uzorkovanja. Ovi podaci omogućavaju određivanje dnevnih, mjesečnih i godišnjih srednjaka te mjesečnih i godišnjih ekstrema razine mora (Čupić i sur., 2007). Zbog određivanja izuzetno visokih razina mora vezanih uz prisilne i slobodne oscilacije mora pod utjecajem atmosferskih čimbenika (tlaka zraka i vjetra) te zbog rezonantno pobuđenih oscilacija u priobalnom području, sve mareografske postaje su modernizirane 2003. godine digitalnim Thalimedes uređajem (slika 5.3) te CGPS (Continuous Global Positioning System) stanicom, u sklopu ESEAS – RI europskog projekta (2002 – 2005.).



Slika 5.3. Digitalni Thalimedes uređaj, Ott Hydromet.

Thalimedes daje mogućnost bilježenja minutnih vrijednosti te spremanja podataka u memoriju uređaja u digitalnom obliku. Prijenos digitalnih podataka vrši se preko GSM mreže na računalo, a s ciljem dostupnosti podataka u realnom vremenu (www.hhi.hr/mareo, **slika 5.4**), istraživanja pojedinih procesa koji izazivaju promjene razine mora u Jadranu te prognoze ekstremnih događaja (Vilibić i sur., 2007).



Slika 5.4. Prikaz mjerenih i prognoziranih vrijednosti razine mora te njihova razlika (rezidual) u približno realnom vremenu na Internet stranicama Hrvatskog hidrografskog instituta – Split (2011. godine).

Bakarska mareografska postaja dodatno je opremljena i radarskim uređajem Kalesto, proizvođača A.Ott – Kempten (**slika 5.5**). Kod radarskog se mareografa mjeri vrijeme potrebno radarskom signalu da doprije od instrumenta koji se nalazi nad morem do površine mora te reflektiranom signalu da se vrati do instrumenta. Eksperimentalna mjerenja radarskim mareografom u Bakru pokazala su da je taj instrument posebno koristan pri istraživanju kratkoperiodičkih oscilacija morske razine (Orlić, 2008). Mjerenje visina razine mora ovim uređajem ograničeno je samo visinom na kojoj je uređaj postavljen u odnosu na srednju razinu mora.



Slika 5.5. Radarski uređaj Kalesto, mareografska postaja Bakar.

Ubrzo nakon modernizacije mareografske mreže 2003. godine, specifičan atmosferski poremećaj zahvatio je područje srednjeg Jadrana uzrokujući poplave u Starom Gradu na otoku Hvaru (**slika 5.6**) te velike materijalne štete na uzgajalištima školjaka u zaljevu Malog Stona. Sakupljeni podaci mjerenja tlaka zraka i vjetra te oscilacije razine mora mjerene na mareografskim postajama upotrebljeni su za „pokretanje“ i verifikaciju oceanografskog numeričkog hidrodinamičkog modela. Numerički model pokazao je da je kratkoperiodična oscilacija tlaka

zraka (period od 70-80 minuta, amplituda 3 hPa) bila uzrok visokofrekventnih oscilacija razine mora izmjerenih na nekoliko mareografskih postaja duž obale, s rasponom većim od jednog metra u akvatoriju srednjeg Jadrana. Ovaj događaj je odmah povezan sa sličnom pojavom koja se zbilila 21. lipnja 1978. godine u Velolučkom zaljevu, kad je raspon oscilacija morske razine iznosio čak 6 m. Međutim, podaci koji su tada bili dostupni nisu omogućili detaljnu provjeru tog zaključka. Zahvaljujući digitalnim podacima s moderniziranih mareografskih postaja, kao i kvalitetnim podacima s obližnjih meteoroloških postaja, istraživanje novog slučaja poplava pokazalo je da se radi o rezonantnom povezivanju atmosfere i mora (Vilibić i sur., 2004).



Slika 5.6. Poplave u Starom Gradu na otoku Hvaru zabilježene nakon nevremena na području srednjeg Jadrana 21. lipnja 2003. godine.

Mjerenje apsolutne visine razine mora

Karakteristika svih mareografa jest postojanje biljega visine i repera mareografa, od kojih prvi služi za definiranje mareografske konstante, dok reperi služe za provjeru stabilnosti područja na kojemu se mareograf nalazi, a koje može biti podložno lokalnim vertikalnim pomacima tla.

Mjerenja CGPS uređajem koja su započela 4. svibnja 2004. godine će omogućiti određivanje apsolutnih promjena visine razine mora, zajedno s mareografskim mjerenjima te podacima satelitske altimetrije. Satelitska mjerenja određuju apsolutnu visinu razine mora u odnosu na

globalni referentni sustav, odnosno ITRF (The International Terrestrial Reference Frame) elipsoid. Podaci CGPS uređaja pružaju informaciju o vertikalnoj brzini na određenoj točki obale s točnošću većom od 1 mm/godinu, dok mareografski uređaj smješten na istoj ili bliskoj lokaciji istovremeno mjeri relativnu promjenu visine razine mora. Korištenjem ovih mjerenja, relativna visina razine mora se može transformirati u apsolutnu. Tijekom odabira najpovoljnije lokacije za postavljanje CGPS antene (**slika 5.7**) pažljivo su uzeti u obzir svi zahtjevi definirani od stručnih grupa koje se CGPS mjerenjima bave niz godina. To se prije svega odnosi na zaklonjenost antene okolnim zgradama koja mora biti minimalna, zatim sigurnost opreme, dostupnost električnih i telekomunikacijskih instalacija te lokalnu stabilnost tla. Nakon temeljite analize, odlučeno je da su ovi zahtjevi u najvećoj mjeri zadovoljeni na krovu mareografske postaje u Splitu, jer najviša prepreka je zgrada Lučke kapetanije, unutar dozvoljenog kuta visine. Isto tako je dostupna električna mreža, a višegodišnje niveliranje pomoćnog repera na mareografskoj kućici i okolnih glavnih repera pokazalo je male promjene visine unutar zadnjih 50 godina. Zbog nemogućnosti ugradnje internet veze, odabran je Ashtech Micro-Z CGRS prijemnik s Dorne-Margolin antenom, opremljen GSM modemom preko kojeg je moguće komunicirati s instrumentom i prenositi podatke. Instalacija CGPS uređaja predstavlja važan korak u mjerenjima visine razine mora u Hrvatskoj. Dugogodišnja mjerenja će omogućiti precizan izračun apsolutnih promjena visine razine mora u Jadranu, analizu trenda razine mora te procjenu promjena i povećanja rizika/ugroženosti obalnih dijelova u budućnosti (Mihanović i sur., 2006).



Slika 5.7. CGPS antena postavljena na krovu mareografske postaje Split – Luka 2004. godine.

5.2. Prijedlog unapređenja monitoringa

Mjerenje visine razine mora

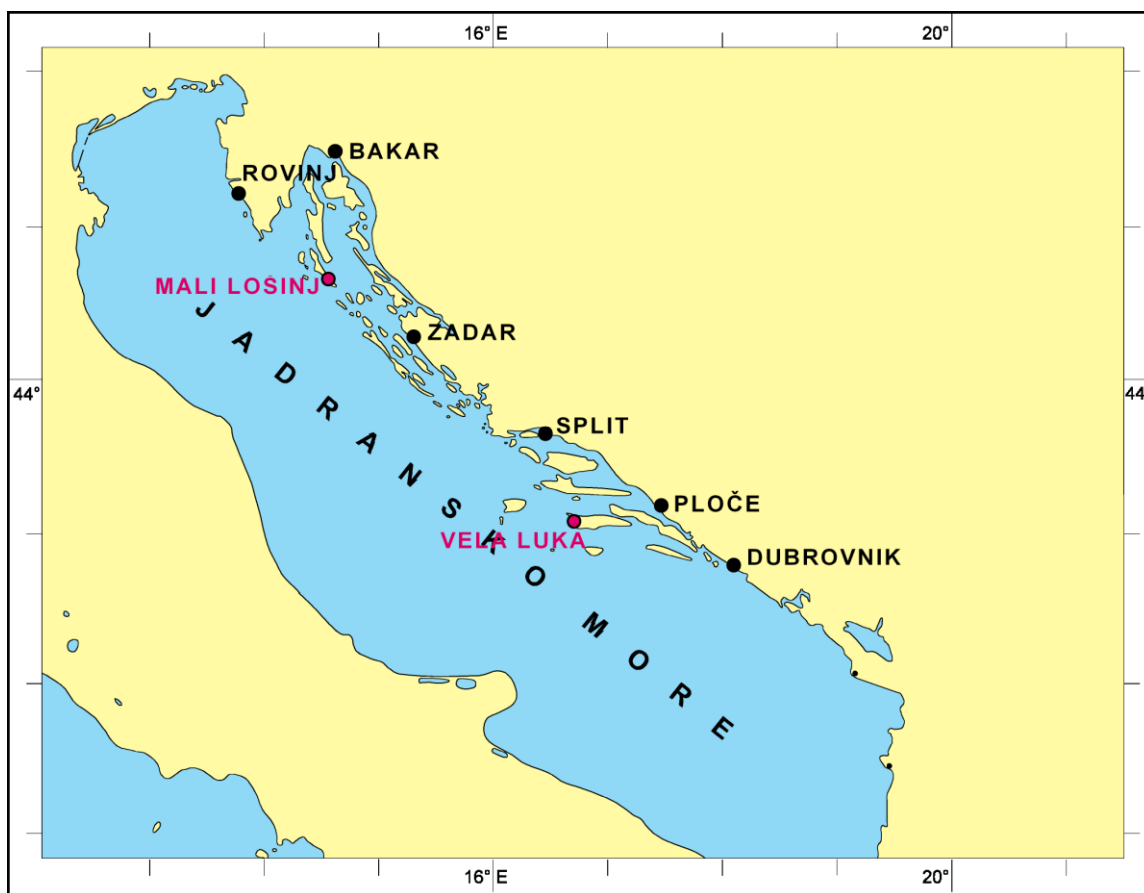
Dosadašnje spoznaje o ponašanju sustava atmosfera – more na Jadranu (porast razine mora i uz to vezan rizik od poplavlivanja niskih obalnih područja) ukazuju na potrebu za postavljanjem dviju novih mareografskih postaja na području srednjeg (Vela Luka) i sjevernog Jadrana (Mali Lošinj) (**slika 5.8**).

Lokacije Vela Luke i Malog Lošinja su odabrane iz sljedećih razloga:

- a) opažene su rezonantno pobuđene oscilacije razine mora velikih amplituda,
- b) nalaze se na naseljenim vanjskim otocima, za razliku od dosadašnje mareografske mreže koja se nalazi na kopnu,
- c) nalaze se u naseljenim mjestima gdje je moguće naći potrebnu logistiku za postavljanje i održavanje mareografske postaje.

Prilikom postavljanja nove mareografske postaje mora se voditi računa o izboru lokaciju za postavljanje same postaje, njejoj zaštićenosti s obzirom na vremenske prilike i mogućnosti slobodnog pristupa postaji, dubini mora na mjestu postavljanja postaje, kvaliteti tla, telekomunikacijskoj povezanosti te cijeni postavljanja i održavanja (IOC, 2006).

Na osnovi ovih kriterija trebalo bi odabrati mareografsku opremu koja bi imala najbolji omjer uloženog i vraćenog. Prema načinu rada, mareografi mogu biti mehanički, tlačni, akustički i radarski. Mehanički uređaj se redovito nalazi unutar kućice, mjereći promjene razine mora u zdencu povezanom s vanjskim morem spojnou cijevi. Tlačni mareograf bilježi vrijednosti tlaka u moru, direktno mjereći tlak na nekoj dubini ili mjereći ravnotežni tlak pomoću tzv. sustava mjehurića. Iz mjerenog signala potrebno je ukloniti komponentu mjerenog tlaka zraka. Princip akustičkog uređaja je mjerenje udaljenosti od izvora akustičkog snopa do površine mora, koji se zbog rasapa snopa odvija u cijevi, te je zbog razlike temperature unutar cijevi i vanjske temperature potrebno načiniti odgovarajuću korekciju. Sličan princip, ali na drugim frekvencijama i uz drugu vrstu odašiljanog signala, ima radarski uređaj koji se postavlja bez zaštitne cijevi te je zbog toga jednostavniji za održavanje i kontrolu mareografske konstante (Pasarić, Orlić, 2008).



Slika 5.8. Predložene lokacije postavljanja dviju novih mareografskih postaja na području sjevernog i srednjeg Jadrana.

S obzirom na dosadašnja iskustva i spoznaje o vrstama mareografskih mjernih instrumenata (prednosti i nedostaci) trebalo bi razmotriti dva tipa mareografa koji već postoje u hrvatskoj mareografskoj mreži:

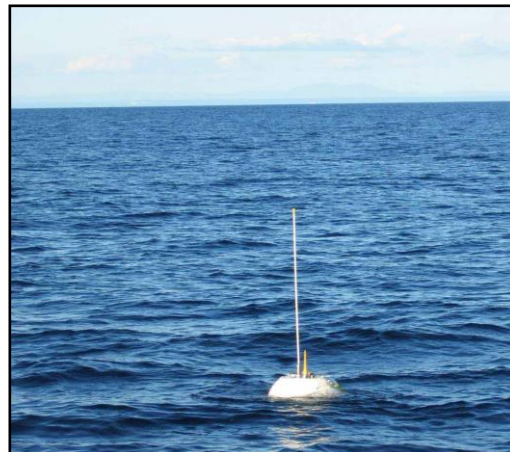
1. radarski mareograf;
2. tlačni mareograf.

Oba predložena tipa mareografa omogućavaju mjerenje velikih raspona visina razine mora, a koje su povezane s kratkoperiodičkim procesima na granici sustava atmosfera – more. Ovi rasponi mogu biti veći od 220 cm koji su ograničavajući faktor prilikom mjerenja s mehaničkim mareografom.

Mjerenje visina valova mora

Pojava morskih valova, njihovo nastajanje razvijanje i nestajanje predstavlja jedinstveni prirodni fenomen, a njegovo poznavanje je važno za različite djelatnosti vezane uz more pa i

poplavljanje morske obale. Prva mjerenja površinskih valova uzrokovanih vjetrom na hrvatskoj obali Jadrana započela su 1967/68. godine upotrebom broskog valografa GM – 16 sovjetske proizvodnje te stacionarnog valografa MS 26F/A proizvođača Kelvin Hughes iz Velike Britanije (Tabain, 1997) . To su bila kratkotrajna mjerenja u situacijama kad puše najjači vjetar. Zbog komplicirane konstrukcije i poteškoća u radu s njima zamijenjeni su 70-tih i 80-tih godina prošlog stoljeća autonomnim valografima tipa Datawell Nizozemske proizvodnje (Slika 5.9.), (Smirčić, 1985).



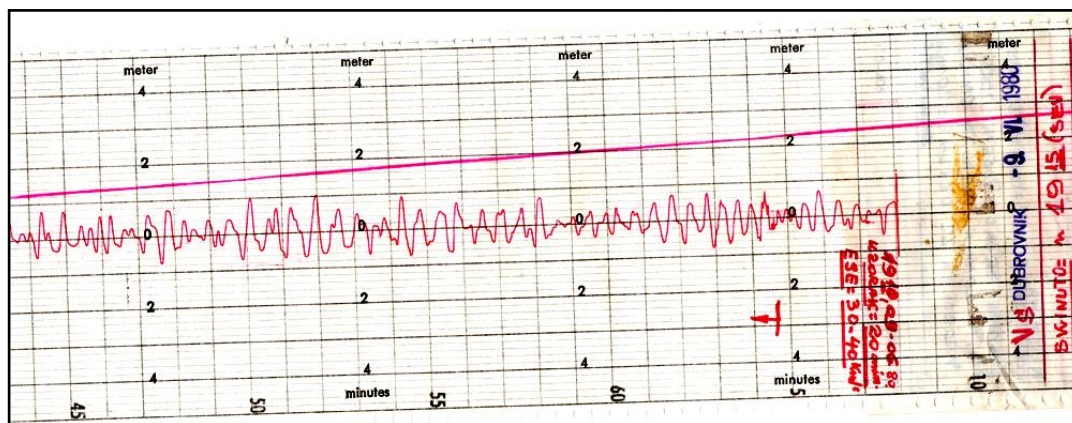
Slika 5.9. Nedirekcionni valograf tvrtke Datawell iz 70 – ih godina (lijevo) i direkcionni valograf tvrtke Datawell (desno).

Nabavkom ovih valografa počinju i dugotrajnija mjerenja (nekoliko mjeseci) valova na Jadranu (**Slika 5.10.** – crna točka).



Slika 5.10. Pozicije mjerenja valova Hrvatskog hidrografskog instituta – Split na Jadranu od 1967 do 1992. godine i od 2007. godine do danas.

Ovi valografi sidrili su se na izabranoj poziciji, dok se registrator koji bilježi podatke na traci nalazio na kopnu. Prijenos podataka između valografa i registratorske jedinice vršio se preko HF radijske veze. Karakteristika ovih valografa bila je nemogućnost određivanja smjera valova te nemogućnost kontinuiranog bilježenja mjerenih podataka. Visine valova zapisivane su analogno na papirnoj traci u sinoptičkim intervalima (01, 04, 07 h...) i to u trajanju od 5, 10 ili više minuta u ovisnosti o razvijenosti stanja mora. (Slika 5.11)



Slika 5.11. Primjer valografskog zapisa na traci valografa tipa Datawell – Nizozemska.

Novija instrumentalna mjerenja površinskih valova uzrokovanih vjetrom započinj u 2007. godine, korištenjem Datawell DWR MK III i traju do danas (Slika 5.10. – crvene točke). Valograf ima promjer plutače 0.7 m te autonomiju kontinuiranih mjerenja do godinu dana. Izmjereni podaci o visini vala digitalno se bilježe u memoriju valografa te preko HF radijske veze šalju do prijemnika spojenog na računalo. Maksimalna udaljenost između valografa i prijemnika je do 50 km. Osim mjerenja visine valova i digitalnog spremanja kontinuiranih mjerenja, ovi uređaji omogućavaju i određivanje smjera i perioda valova. Također, valografska plutača opremljena je sensorom temperature koji omogućava mjerenje površinske temperature mora te Global Positioning System (GPS) sensorom koji snima i šalje podatke o njenom trenutnom položaju. Da bi valografska plutača bila vidljiva i u lošim vremenskim uvjetima (noć, kiša, magla) opremljena je antenom s žutim LED svjetlom (Slika 5.9.).

Novijim istraživanjima Hrvatskog hidrografskog instituta u teritorijalnom moru Republike Hrvatske, u Bračkom kanalu u prosincu 2007. godine izmjerena je maksimalna visina vala od 2.84 m te u Riječkom zaljevu u veljači 2010. godine izmjerena je maksimalna visina vala od 4.07 m (HHI, 2011). Za zaljeve zatvorenog tipa ove izmjerene vrijednosti u relativno malom području su respektabilne vrijednosti i o njima treba voditi računa prilikom zaštite obalnih područja od

mogućih katastrofalnih poplava i zaštite građevinskih radova na obali i priobalju (**Slika 5.12.** i **5.13.**).

Od svih elemenata utjecaja mora na čovjeka, valovi su vjerojatno potencijalno kratkoročno najopasniji i najrazorniji. Osim toga, poznavanje valne klime određenog područja (kao i praćenje utjecaja klimatskih promjena), iskoristivo je u numeričkoj prognozi poplavlivanja niske morske obale.



Slika 5.12. Primjer ekstremnih valova ispred lukobrana u Rijeci za vrijeme puhanja juga, studeni 2009.



Slika 5.13. Primjer ekstremnih valova u gradskoj luci Split za vrijeme puhanja lebića, studeni 1999.

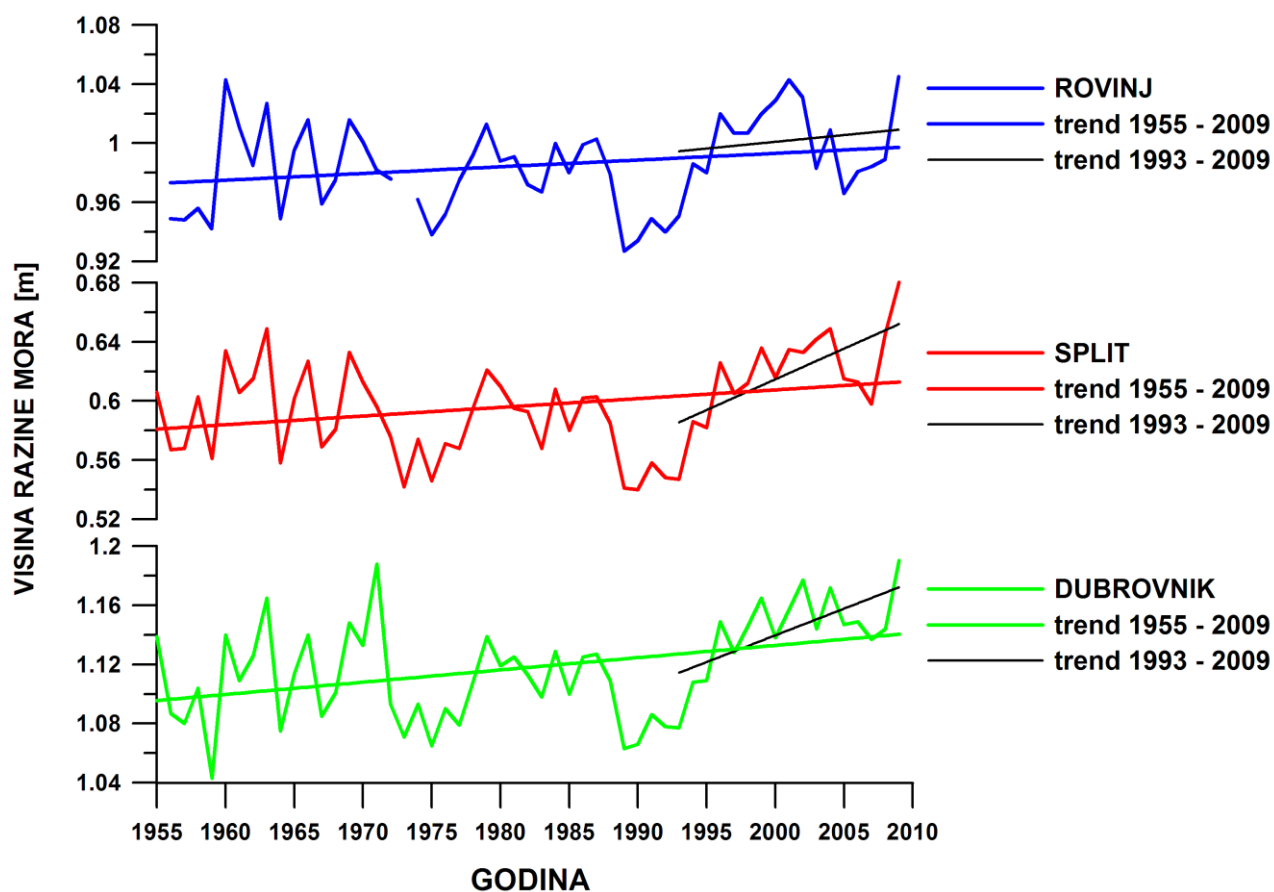
U tu svrhu potrebno je razviti mrežu stalnih valografskih postaja u kanalima na istočnoj obali hrvatskog Jadrana (**Slika 5.14**).



Slika 5.14. Valografske postaje na Jadranskom moru: valografska mreža RON (Italija) – zelena boja i prijedlog valografske mreže HHI-a – plava boja.

Uspostavom ovakvog rasporeda postaja (**Slika 5.14**), njihovim redovitim održavanjem, kao i eventualnim povećanjem broja postaja u nekoj od idućih faza i korištenjem adekvatnih meteorološko-oceanografskih modela (poput modela koje koristi HHI, spektralni valni model MIKE SW) osigurali bi se uvjeti za bolju procjenu i proračun visokih razina mora, čestina njihove pojave i dosega poplave te ostalih karakterističnih parametara. Na taj način pristup upravljanju poplavnim rizicima – prevencija, zaštita i ublažavanje poplava bio bi olakšan na korist društvene zajednice.

DODATAK A. Trend razine mora na hrvatskoj obali Jadrana



Slika 5.15. Godišnje vrijednosti srednje razine mora s linearnim trendovima porasta (Čupić i sur. 2011).

Tablica 5.1. Trendovi, standardne greške te procjene statističke značajnosti trendova na temelju Mann-Kendallovog neparametarskog testa za razdoblje od 1955. – 2009. godine na mareografskim postajama u Dubrovniku, Splitu i Rovinju (Čupić i sur. 2011).

Postaja	Trend (mm/god) (1955 – 2009)	Standardna greška	Z	Z _{0.05}
Rovinj	0.45	0.26	1.87	1.96
Split	0.59	0.27	2.12	1.96
Dubrovnik	0.83	0.27	2.93	1.96

LITERATURA

- Adamović V., (1883): *O trešnjama grada Dubrovnika*. Tiskara Joza Flori, Dubrovnik.
- Anonymous, (1672): *Relazione inedita riguardante il terremoto del 14 Aprile 1672*. Biblioteca Apostolica Vaticana, Serie Ottoboniana cod.2481, foglio 673, Pesaro.
- Bedosti B., (1980): *Considerazioni sul maremoto adriatico (tsunami) del 21.6.1978*. Technical Report, Comune di Pesaro, Pesaro, 18 pp.
- Bonato N., Egiatti G., Ferla M., Filippi M., (2001): Tidal observations in the Venetian Lagoon. Update on sea level change from 1872 to 200. Book of Abstracts, Final Workshop of COST Action 40. Hydrographic Institute of the Republic of Croatia, Split, 97-105.
- Cavaleri L., Bertotti L., Buizza R., Buzzi A., Masato V., Umgiesser G., Zampieri, M., (2010): Predictability of extreme meteo-oceanographic events in the Adriatic Sea. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **136**, 400-413.
- Cushman-Roisin B., Naimie C.E., (2002): A 3D finite-element model of the Adriatic tides. *Journal of Marine Systems* **37**, 279-297, doi: 10.1016/S0924-7963(02)00204-X.
- Čupiće, S., Domijan, N., Mihanović, H., Leder, N., Strinić, G., Gržetić, Z., Novi pristup mjerenju razine mora: primjer mareografske stanice Split-Luka // HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI / Dragutin Gereš (ur.). Zagreb : Sveučilišna tiskara - Zagreb, 2007. 99-106.
- Čupiće, S., Domijan, N., Mihanović, H., Mlinar, M., Leder, N., Gržetić, Z., Klimatske promjene, porast razine mora na hrvatskoj obali Jadrana // HRVATSKE VODE PRED IZAZOVOM KLIMATSKIH PROMJENA/ Biondić, D., Holjević, D., Tropan, Lj. (ur.). Zagreb : NEOGRAF d.o.o. - Kraljevica, 2011. 593-600.
- Dao, M.H., Tkalich, P., Chan, E.S., Megawati, K., (2009): Tsunami propagation scenarios in the South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences* **36**, 67-73, doi: 10.1016/j.jseaes.2008.09.009.
- Dixon, M.J., Tawn, J.A., (1994): Extreme sea-levels at the UK A-class sites: Site-by site Analyses. P.O.L., 160 pp.
- “Dubrovačka republika” (2001): Hrvatska opća enciklopedija, vol. 3. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.
- Gilleland, E., Katz, R.W., (2005): Tutorial for The Extremes Toolkit: Weather and Climate Applications of Extreme Value Statistics. 125 pp, <http://www.assessment.ucar.edu/toolkit> (preuzeto 20. listopada 2012).
- Goda, Y., (2000): Random Seas and Design of Maritime Structures. Word Scientific, London, 444 pp.
- Herak M., Herak D., Markušić S., (1996): Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia. *Terra Nova* **8**, 86-94.
- Herak M., Orlić M., Kunovec-Varga M., (2001): Did the Makarska earthquake of 1962 generate a tsunami in the central Adriatic archipelago? *Journal of Geodynamics* **31**, 71-86.

HHI (2011), Rijeka Gateway Project WAVE CONDITION MONITORING WITHIN PORT OF RIJEKA – ZAGREB PIER REPORT No. 3 , Split, February 2011.

Hidrografski institut, 1955 – 2011. *Izvešća o mareografskim mjerenjima na istočnoj obali Jadrana*, Split.

Hodžić M., (1979): Pojave izuzetnih oscilacija razine mora u Zaljevu Vele Luke. *Priroda* **68** (2-3), 52-53.

Horsburgh, K., Tawn, J., Blackman, D. Lawless, M., C. Batstone (2009): A best-practice approach for extreme sea level analysis along complex topographic coastlines, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-10144.

Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) (2006): Manual on Sea Level Measurement and Interpretation, Volume IV: An Update to 2006. JCOMM Technical Report No.31.,80 pp.

Kišpatić M., (1891-1895): *Potresi u Hrvatskoj*. Dionička tiskara, Zagreb.

Leder, N., Smirčić, A., Vilibić, I., 1998. Extreme values of surface wave heights in the northern Adriatic, *Geofizika*, 15, 1-13.

Levin B., Nosov M., (2009): *Physics of tsunamis*. Springer.

Mallet R., Mallet J.W., (1858): *The Earthquake Catalogue of the British Association with the discussion, curves and maps, etc.* Taylor and Francis, London.

Međugorac, I., Pasarić, M., Orlić, M., (2011): An analysis of the Adriatic storm surge of 1 December 2008. MIPRO 2011: 34th international convention (MEET and GVS) 1, 346-348.

Mihanović, H., Domijan, N., Leder, N., Čupić, S., Strinić, G., Gržetić, Z., CGPS Station collocated at Split tide gauge // GIS Applications and Development / Kereković, Davorin (ur.). Zagreb : Hrvatski Informatički Zbor-GIS Forum, 2006. 55-61.

Monserrat S., Vilibić I., Rabinovich A.B., (2006): Meteotsunamis: atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band. *Natural Hazards and Earth System Sciences* **6**, 1035-1051.

Narodne novine (2004), Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske , (110/2004).

Orlić M., (1980): About a possible occurrence of the Proudman resonance in the Adriatic. *Thalassia Jugoslavica* **16**, 79-88.

Orlić, M., Upotreba suvremene oceanografske instrumentacije u istraživanju Jadrana, Savjetovanje: Hidrološka mjerenja i obrada podataka / Nevenka Ožanić (ur.). Rijeka : Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci ; Hrvatsko hidrološko društvo, 2008. 303-318.

Orlić M., Belušić D., Janeković I., Pasarić M., (2010): Fresh evidence relating the great Adriatic surge of 21 June 1978 to mesoscale atmospheric forcing. *Journal of Geophysical Research* **115**, C06011, doi: 10.1029/2009JC005777.

Pasarić, M., Orlić, M., Mareografska postaja Bakar: mehanički ili radarski instrument? Savjetovanje: Hidrološka mjerenja i obrada podataka / Nevenka Ožanić (ur.). - Rijeka: Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci ; Hrvatsko hidrološko društvo , 2008. 319-328.

Pasarić M., Brizuela B., Graziani L., Maramai A., Orlić M., (2012): Historical tsunamis in the Adriatic Sea. *Natural Hazards* **61**, 281-316, doi: 10.1007/s11069-011-9916-3.

Pugh, D.T., (2005): *Changing Sea Levels: Effects of Tides*. Weather and Climate. Cambridge University Press, Cambridge, 265 pp.

PELJAR I.(2012): Jadransko more-istočna obala, Hrvatski hidrografski institut, 5.izdanje,Split

Perrey A., (1850): Memoire sur les tremblements de terre ressentis dans la Peninsule Turco-Hellenique et en Syrie. *Mémoires courtois et memoires des savants etrangers*. Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique **23**, part 1. Bruxelles.

Raicich, F., Orlić, M., Vilibić, I., Malačić, V., (1999): A case study of the Adriatic seiches (December 1997). *Il Nuovo Cimento C* **22**, 715–726.

Reusch E., (1718): *Alter und neuer Staat Koenigreichs Dalmatien*. Nurnberg.

Soloviev S.L., Solovieva O.N., Go C.N., Shchetnikov N.A., (2000): *Tsunamis in the Mediterranean sea 2000 B.C. - 2000 A.D.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Smirčić, A., (1985): *Površinski valovi otvorenog Jadrana uzrokovani vjetrom u vidu prirodnogeografskih svojstava*, Doktorska disertacija, Ljubljana, 145 pp.

Smirčić, A., Gačić, M. and V. Dadić. 1996. Surface waves, Ecological study of gas fields in the northern Adriatic, *Acta Adriatica*, Vol.37 (1/2), 17-34.

Stravisi F., (1973): Analysis of a storm surge in the Adriatic Sea by means of a two-dimensional linear model. *Rendiconti della Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali* **54**, 243-260.

Šepić, J., Vilibić, I., Belušić, D. (2009): Source of the 2007 Ist meteotsunami (Adriatic Sea). *Journal of Geophysical Research* **114**, C03016, doi:10.1029/2008JC005092.

Tabain T., Tabain N., (1994): Razgovor o poplimajima u Veloj Luci. *Luško libro* **2**, 71-85.

Tabain, T., (1997): *Standard wind wave spectrum for the Adriatic Sea revisited (1977-1997)*, Brodogradnja, 45, 303-313.

Tinti S., Maramai A., Graziani L., (2004): The new catalogue of Italian tsunamis. *Natural Hazards* **33**, 439-465.

Uppala, S.M., i suradnici, (2005): The ERA 40 reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **131**, 2961-3012.

Venice Municipality – Tide Monitoring and Forecast Center (<http://www.comune.venezia.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/25419>, preuzeto 20. siječnja 2012).

Vilibić, I., Dadić, V., Ivanković, D., Beg Paklar, G., Čupić, S., Qualitative analysis of old and new sea level measuring techniques and their data consistency. // *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. 32 (2007) , 2; 428-435.

Vilibić I., Šepić J., (2009): Destructive meteotsunamis along the eastern Adriatic coast: overview. *Physics and Chemistry of the Earth* **34**, 904-917.

Vilibić I., Domijan N., Orlić M., Leder N., Pasarić M., (2004): Resonant coupling of a traveling air pressure disturbance with the east Adriatic coastal waters. *Journal of Geophysical Research* **109**, C10001, doi: 10.1029/2004JC002279.

Vučetić T., Barčot T., (2008): *Zapisi o „plimnom“ valu u Veloj Luci 21. 6. 1978.* Tehničko izvješće, Općina Vela Luka i Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 80 pp.

Zampato L., Umgiesser G., Zecchetto S., (2007): Sea level forecasting in Venice through high resolution meteorological fields. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **75**, 223-235, doi: 10.1016/j.ecss.2007.02.024.

Časopisi i novine:

Allgemeine Zeitung (21. 8. 1838.)
Gazzetta di Zara (25. 8. 1845.)
Jutarnji list (24. 8. 2007.)
Narodne novine (13. 9. 1845.)
Slobodna Dalmacija (14. 11. 1951.)
Slobodna Dalmacija (12. 1. 1962.)
Slobodna Dalmacija (14. 1. 1962.)
Slobodna Dalmacija (24. 8. 1977.)
Slobodna Dalmacija (22. 9. 1977.)
Slobodna Dalmacija (16. 4. 1979.)
Slobodna Dalmacija (11. 7. 1980.)
Slobodna Dalmacija (28. 6. 2003.)
Slobodna Dalmacija (21. 2. 2010.)
Večernji list (16. 4. 1979.)
Večernji list (21. & 22. 04. 1979.)
Večernji list (21. 2. 2010.)
Vjesnik (12. 1. 1962.)
Vjesnik (29. 8. 1966.)
Vjesnik (21. 9. 1977.)
Vjesnik (19. 4. 1979.)
Vjesnik (11. 7. 1980.)
Vjesnik (18. 8. 2008.)