

# Recentne morfološke promjene žala Zogon (Sveta Nedjelja, Hvar)

---

Mićunović, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:426615>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

*Marin Mićunović*

*RECENTNE MORFOLOŠKE PROMJENE ŽALA ZOGON  
(SV. NEDJELJA, OTOK HVAR)*

Prvostupnički rad

Mentor: Prof.dr.sc. Sanja Faivre

Ocjena: \_\_\_\_\_

Zagreb, 2017. godina

-----

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

**Recentne morfološke promjene žala Zogon  
(Sveta Nedjelja, Hvar)**

Marin Mićunović, JMBAG: 0119029869

Preddiplomski sveučilišni studij *Geografija*; smjer: *istraživački*

**Izvadak:**

U radu se analiziraju morfološke promjene žala Zogon u Svetoj Nedjelji na otoku Hvaru u razdoblju od 50-ih godina 20. stoljeća do danas. Opisane su fizičko-geografske karakteristike otoka Hvara i uvale Zogon. Razmotreni su potom mogući antropogeni utjecaji, odnosno načini na koje ljudske djelatnosti utječu na žalo. Također su razmotrena klimatska obilježja istraživanog područja te mogući utjecaj klimatskih promjena na smanjenje žala.

24 stranice, 12 grafičkih priloga, 0 tablica, 30 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: žalo, obalna geomorfologija, klimatske promjene, Sveta Nedjelja, Hvar

Voditelj: Prof.dr.sc. Sanja Faivre

Tema prihvaćena: 9. svibnja 2017.

Datum obrane: 22. rujna 2017.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Bachelor Thesis

**Recent morphological changes of the Zogon beach  
(Sveta Nedjelja, Island of Hvar)**

Marin Mićunović, JMBAG: 0119029869

Undergraduate University Study of *Geography: course: research*

**Abstract:**

This paper studies morphological changes of the Zogon beach, Sveta Nedjelja, Island of Hvar, during the period from 1950s until the present day. Physical geographical characteristics of the Island of Hvar and Zogon bay have been described. Anthropogenic effects and especially the way human activities affect the beach have been studied. The climate of the area was analyzed and the possible effect of the reduction of the beach was studied.

24 pages; 12 figures; 0 tables; 30 references; original in Croatian

Keywords: beach, coastal geomorphology, climate change, Sveta Nedjelja, Hvar

Supervisor: Sanja Faivre, PhD, Full Professor

Thesis submitted: 9<sup>th</sup> May, 2017.

Thesis defense: 22<sup>nd</sup> September 2017.

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

## SADRŽAJ

1. UVOD:.....	1
2. PRIRODNO-GEOGRAFSKA OBILJEŽJA OTOKA HVARA.....	3
2.1. GEOLOŠKA OBILJEŽJA OTOKA HVARA .....	4
2.2. GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA .....	7
2.3. KLIMATSKA OBILJEŽJA.....	9
3. METODE I MATERIJALI:.....	13
4. REZULTATI.....	13
5. RASPRAVA: .....	19
6. ZAKLJUČAK: .....	21
7. LITERATURA:.....	22
8. IZVORI:.....	24

## 1. UVOD:

Klimatske promjene i globalno zagrijavanje često se navode kao najveći problem današnjice te su zbog toga jedan od najčešćih područja istraživanja znanstvenika. Brojne institucije bave se proučavanjem klimatskih promjena jer budućnost ovisi o njima. Posljednjih desetljeća postale su jedna od najozbiljnijih i najvećih prijetnji životu kakvog poznajemo (Ančić i dr., 2016). Recentne promjene najbolje se uočavaju na područjima koje čovjek dobro poznaje ili na područjima za koje postoje vizualni zapisi iz prijašnjih godina kao što su fotografije, video snimke, slike pejzaža i sl. Neki su od primjera otapanje ledenjaka, podizanje razine mora, presušivanje rijeka i jezera i mnogi drugi.

Žalo je jedan od primjera na kojem se jako dobro opažaju promjene. Ono je akumulacija sedimenata na obali u rasponu veličine od vrlo finog pijeska, šljunka, oblutka do ponekad i gromada (Faivre i dr., 2011). Njihove morfološke značajke ovise o donosu i načinu donosa materijala s kopna, te o utjecaju mora na obalu (Ružić, 2011).



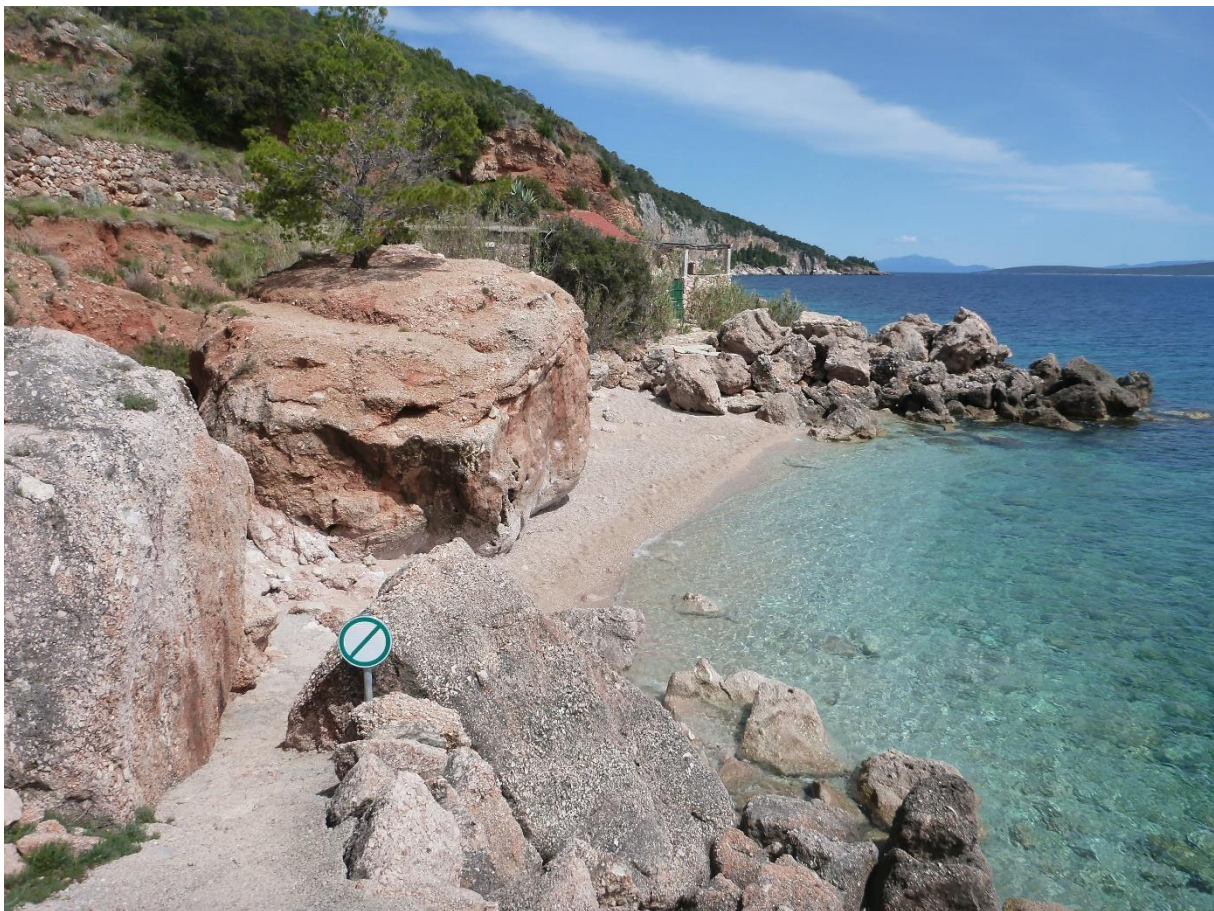
Sl.1. Jaruga Sv. Nikola-žalo Zogon

Izvor: <http://www.heliosfaros.hr/en/destination-en> (20.7.2017.)



Predmet ovog istraživačkog rada je žalo Zogon u Svetoj Nedjelji na Hvaru. Nalazi se na južnoj obali otoka, u istočnom dijelu Svete Nedjelje, u podnožju najvišeg vrha otoka Hvara. Do 70-ih godina 20. st. čovjek nije imao utjecaj na žalo Zogon. Usporedbom fotografija iz 50-ih godina 20. st. te današnjeg stanja vidljiva je velika promjena veličine žala što je potaklo izbor teme rada.

U ovom radu bit će obrađene fizičko-geografske karakteristike uvale Zogon te će biti istražene promjene žala od 50-ih godina 20. st do danas. Analizom radova slične problematike pregledat će se promjene na drugim lokalitetima na Jadranu. Na slici br. 2 prikazan je izgled i veličina žala Zogon danas.



Sl.2. Žalo Zogon u Svetoj Nedjelji

## 2. PRIRODNO-GEOGRAFSKA OBILJEŽJA OTOKA HVARA

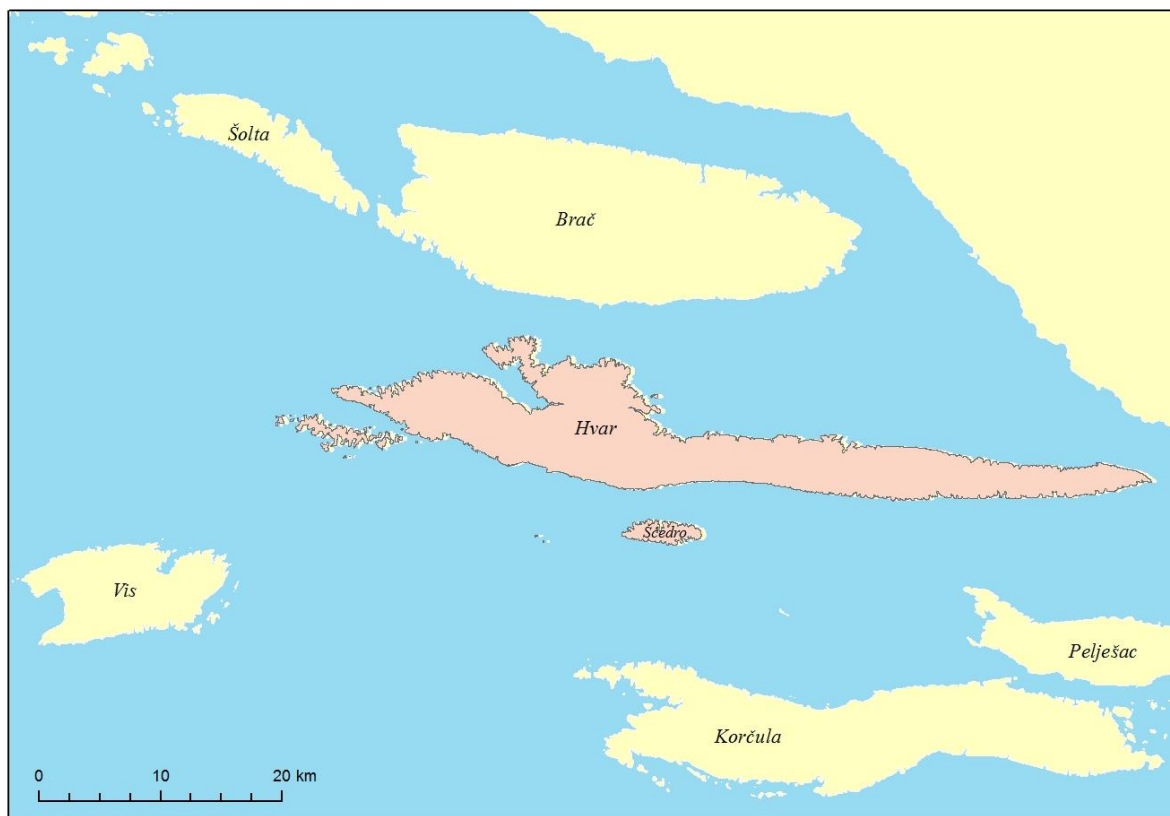
Otok Hvar pripada skupini srednjodalmatinskih otoka i okružen je otocima Brač i Šolta na sjevernoj strani, Vis na zapadnoj strani, te Pakleni otoci, Šćedro i Korčula na južnoj. Njegov geografski položaj određen je geografskim koordinatama: najjužnija točka - Rt Petrovac  $43^{\circ}07'N$ , najsjevernija točka - Rt Mlaki rat  $43^{\circ}11'N$ , najzapadnija točka - Rt Pelegrin  $16^{\circ}22'E$  te najistočnija točka - Rt Sućuraj  $17^{\circ}11'E$  (Prcić, 1995).

Otoci srednjodalmatinske otočne skupine pružaju se u smjeru zapad - istok, a taj je smjer najistaknutiji kod otoka Hvara te stoga cijela skupina otoka nosi naziv „hvarska“. Hvar je najduži hrvatski otok duljine 67,8 km, a po veličini je na 4. mjestu s površinom od 299,88 km<sup>2</sup> (Roglić, 1977).

Obala je duga 254,2 km, a koeficijent razvedenosti iznosi 4,14 te je poslije Dugog otoka najrazvedeniji hrvatski otok (Bognar, 1990). Po razvedenosti zapadni dio otoka znatno se razlikuje od istočnog dijela zbog većih i dubljih zaljeva (Starigradski, Vrboski, Jelšanski, itd.) (Mihovilović, 1995). Istočni dio naziva se Plame te ima oblik izdužene oštrice. On zauzima 56% dužine i 42% površine otoka. Zapadni dio otoka naziva se i „donji Hvar“ te je dosta složenijeg oblika. Znatno je širi od istočnog dijela, a tu se nalazi i najviši vrh otoka Sv. Nikola – 628 m te se većina društvenog života odvija na tom dijelu otoka (Roglić, 1977).

Za položaj srednjodalmatinske otočne skupine, a time i Hvara, važan je položaj ostalih otočnih skupina i kopna. Dubrovačka ili južnodalmatinska otočna skupina priobalno je položena i ne mijenja bitno pučinski karakter otvorenog mora, nego ostavlja Hvaru slobodan put prema otvorenom moru (Roglić, 1977) koje ima znatan utjecaj na oblikovanje reljefa s južne strane otoka.





### Sl.3. Geografski položaj Hvara

## 2.1.GEOLOŠKA OBILJEŽJA OTOKA HVARA

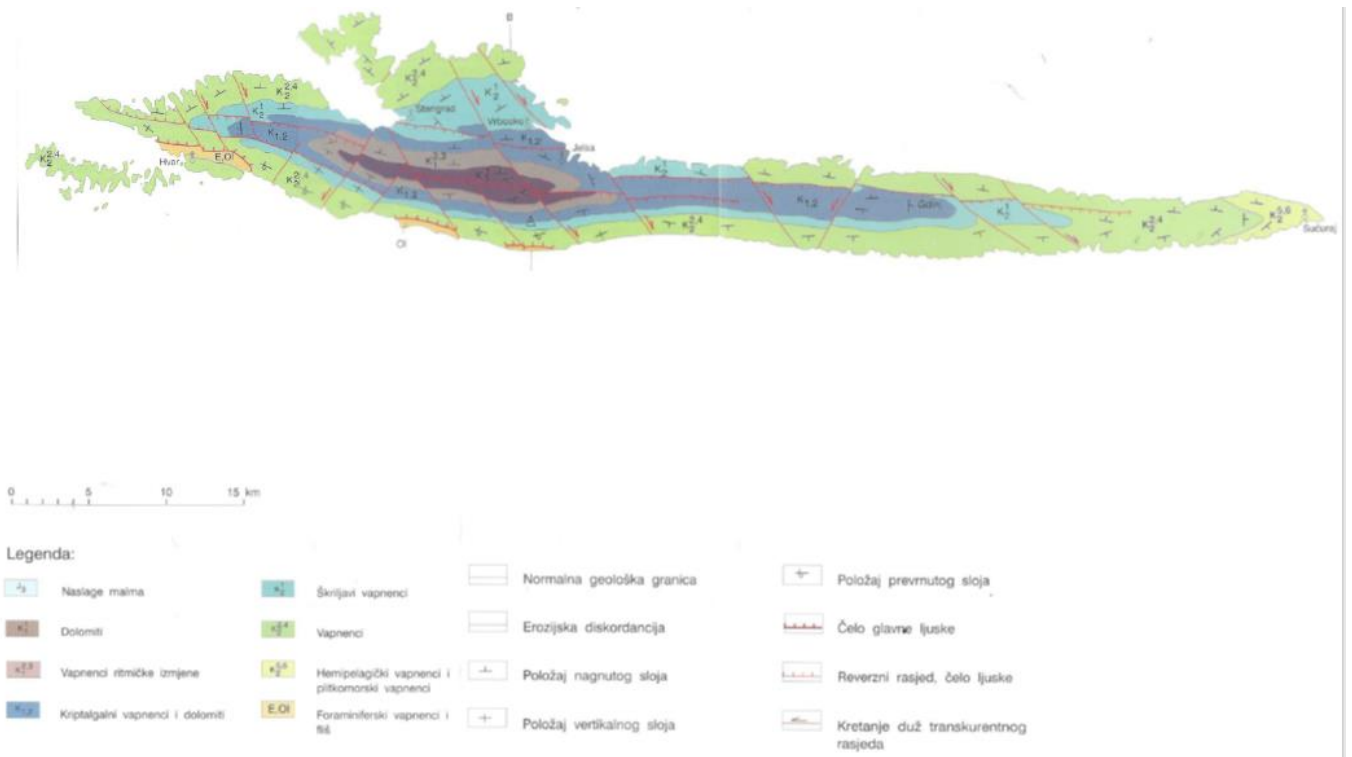
Prva geološka istraživanja otoka Hvara rađena su u okviru preglednih geoloških karata F. Hauera 1868. godine te G. Stachea 1877. godine. Iste podatke koristili su i drugi znanstvenici koristeći ih u svojim radovima. Prvo sustavno geološko istraživanje otoka bilo je 1968. godine za potrebe izrađivanja osnovne geološke karte 1:100000, a izradio ju je Institut za geološka istraživanja iz Zagreba. Otok Hvar obuhvaćen je listovima Jelsa, Vis i Ploče (Marinčić, 1995).

Naslage otoka Hvara pripadaju velikom sedimentacijskom sustavu „karbonatne platforme“ (Marinčić, 1995). Brojni fosili dokazuju kako je Hvar obuhvaćao širok pojas koji je bio dio mezozojskog epikontinentalnog mora do 200 m dubine, između kontinenta i oceanskog dna. Tektonskim pokretima kasnije su izdignuti litificirani talozi koji otkrivaju 2500 metara debeli stup vapnenačkih slojeva (Marinčić, 1995) u kojem se nalaze brojni fosili koji dokazuju geološke epohe. Nakon intenzivnog boranja došlo je do fleksurnog istezanja, lomljenja i formiranja ljuskave građe pa je danas vidljiva deformacija i poremećenost (Bognar, 1990).

Roglić u svom radu Prilog geografiji Hvara (1977) opisuje kako je Hvar izduženog i asimetričnog oblika koji je na istoku jednostavan, a prema zapadu postaje viši, širi i složeniji. Južna strana otoka strmija je i jednostavnija, dok je sjeverna strana složenija i raščlanjenija. Na njoj se ističe Starigradsko polje koje je smješteno između glavnog grebena Hvara i poluotoka Kabla. Polje je djelomično potopljeno (Roglić, 1977) i danas je na tom mjestu duboko uvučeni Starigradski zaljev.

Hvar je prema jugu nagnuta antiklinala te se građa otoka podudara s vanjskim obrisima. Antiklinala je na istočnom dijelu otoka pravilnija dok je na zapadnom nešto složenija (Roglić, 1977). Današnji izgled reljefa dokazuje snažan i dugotrajan utjecaj egzogenih sila na oblikovanje reljefa, a raspored vapnenaca i dolomita dodatno su utjecali na oblikovanje. Od velike je važnosti paleogenski fliš koji je značajan za socijalni aspekt otoka kao plodno tlo (Roglić, 1977).

Na Hvaru se isključivo javljaju sedimentne stijene koje su prikazane na slici 3. To su dolomiti i vapnenci iz razdoblja mezozoika od kojih je otok izgrađen u cjelini. U okolici grada Hvara nalaze se foraminiferski vapnenci te lapori iz razdoblja paleogena, a na području Starigradskog polja te na južnim padinama otoka nalaze se kvartarne naslage (Marković-Marjanović, 1976).



#### Sl.4. Geološka karta otoka Hvara

Izvor: Mihovilović, 1995

Hereak i dr. (1976.) u svom radu „Geologija otoka Hvara“ navode da se na Hvaru nalaze izdanci donje i gornje krede, paleogena i kvartara. Najstariji izdanci pripadaju donjoj kredi i oni se nalaze na zapadnom dijelu otoka, na području Pitava, Vrisnika, Svirača, Selca i Velog Grablja. To su smeđesivi dobro uslojeni dolomiti s rijetkim proslojcima i tanjim lećama vapnenca, vapnenci koji se izmjenjuju horizontalno i vertikalno na samom prijelazu, te dobro uslojeni vapnenci debljine od oko 200 m.

Iz razdoblja gornje krede nalaze se dolomiti koji na zapadnom dijelu otoka okružuju dolomite iz donje krede. Oni su slabo uslojeni, debljine slojeva oko 1m te su svijetlosive boje. Na svijetlosive dolomite nastavljaju se dobrouslojeni smeđesivi vapnenci koji okružuju glavni greben otoka te najviše vrhove (Sveti Nikola – Vrh – Hum - Borovik). Također, na perifernim dijelovima krila osnovne otočne antiforme nalaze se dobro uslojeni i gromadasti rudistni vapnenci debljine oko 600 m. To su svijetlosmeđi i bijeli vapnenci s tankim lećama dolomita.

Sedimenti iz razdoblja paleogena nalaze se samo na području između Hvara i Milne, Zrača, oko Zavale te uz obalu Svete Nedjelje. To su foraminiferski vapnenci u okolini Hvara i Milne, a čine ih breče, dobro uslojeni vapnenci te lapori. Lapori čine sastavni dio fliša i od velike su važnosti za stanovništvo.

Kvartarni sedimenti nalaze se na sjevernoj padini otoka u području Starigradskog polja, Vrbanja, Jelse i Vrboske, te na južnoj strani na području Zavale i Svete Nedjelje (Bognar, 1990). Koluvijalne naslage predstavljene su siparišnim brečama, a uglavnom su rasprostranjene na južnoj padini Hvara u okolini Sv. Nedjelje i Zavale. Deluvij je materijal nastao spiranjem iz vododerina koji akumulacijom oblikuje manje konuse. Proluvij je heterogen materijal (pijesak, crvenica, kršje) nastao taloženjem materijala iz bujica. On oblikuje plavine na završecima jaruga na padinama, ali posebno se ističe na području između Sv. Nedjelje i Zavale. Aluvij je sediment fluvijalnog porijekla kojeg čine pijesak i sitni fini materijal te crvenica. Najzastupljeniji je u Starigradskom polju te području Jelse i Pitava (Bognar, 1990).

Od kvartarnih sedimenata najistaknutiji su sipari. To su oblici koji se sastoje od krupnih, nezaobljenih komada vapnenaca koji na strmim padinama oblikuju kupe. Na Hvaru se razlikuju tri „generacije“ sipara: 1. crveni sipari oblikovani od vapnenaca i dolomita povezani crvenicom, 2. sipari oblikovani od nezaobljenih vapnenaca i dolomita povezani lesnim materijalom te 3. sipari smješteni na najvišim i najstrmijim dijelovima Hvara koji su najmlađeg postanka (Marković-Marjanović, 1976).

## 2.2.GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA

Reljef otoka pretežno je brdovit. Istočni dio otoka jednolik je i pretežno brdovit, dok je zapadni dio raščlanjen uz izuzetke polja u okolici Starog Grada i Jelse. Najviši vrh, Sveti Nikola, koji iznosi 628 m nalazi se iznad mjesta Sv. Nedjelja.

Bognar (1990.) ističe kako se u reljefnoj strukturi otoka izdvajaju 3 dijela: hrbat, polje i pobrđe Rudine-Kabal. Najistaknutiji je hrbat koji se pruža u smjeru istok - zapad u duljini od 67,8 km. Na hrptu se ističu dva grebena između kojih su se oblikovale žljebaste udoline i uvale. U središnjem dijelu nalaze se najveće visine od preko 500 m, a tu se nalazi i najviši vrh otoka. Prema zapadu i istoku hrbat se postupno snizuje. Grebenom se otok dijeli na južnu i sjevernu stranu koje obilježavaju veliki nagibi, tj. strmine.

Drugi je dio Starigradsko polje koje se nalazi na sjevernoj strani otoka u okolici Starog Grada. Cijelo polje nalazi se na visini nižoj od 50 m, a nastalo je djelovanjem korozije, padinskih i fluvijalnih procesa na tektonski predisponiranom području (Bognar, 1990).

Treći dio čini nisko pobrđe Rudine-Kabal koji obuhvaća sjevernu stranu Starigradskog zaljeva te zbog toga izgleda kao poluotok. Cijelim dijelom niži je od 100 m osim vrha Bila Glava koji je visok 129 m (Bognar, 1990).

Prema IGU-International geography union, geomorfološka klasifikacija nagiba padina ima 6 kategorija, 0-2°, 2-5°, 5-12°, 12-32°, 32-55° te >55°(Lozić, 1996). Na Hvaru su nagibi zastupljeni u svih 6 kategorija. Najveći nagibi nalaze se na strmcima podno grebena te na klifovima uz more (<55°), a najmanji na Starigradskom polju i zaravnjenim dijelovima pobrđa Rudine - Kabal (>2°) uz izuzetak strmijih primorskih padina na Kablu (5-12°) (Bognar, 1990).

Na otoku dominira krški i fluviokrški reljef, a oblik otoka i veliki nagibi pogodovali su brojnim geomorfološkim procesima. Fluvidenudacijski i akumulacijski procesi ističu se na sjevernoj strani otoka u blizini Jelse i Dola. Vezane su za aktivnost povremenih tokova (bujica) koji oblikuju derazijske doline. Padinski procesi karakteristični su za sve padine na otoku, no njihov intenzitet veći je na strmijim padinama gdje uglavnom sudjeluju dolomiti koji su mehanički trošniji od vapnenaca. Proces koji se najčešće javlja su osipanje, urušavanje, spiranje i jaruženje iz kojih nastaju primarno sipari i plavine.

Jaruženje je najintenzivnije na južnoj strani otoka. U okolici te istočno od mjesta Zavala nalazi se najviše jaruga čak 10 na km<sup>2</sup> (Bognar, 1990). „Ušća“ jaruga u more prati oblikovanje proluvijalnih plavina.

Korozijski procesi dominiraju na vapnencima, a manje na dolomitima. Na istočnom dijelu otoka javljaju se škrape i pliće ponikve na brojnim poprečnim rasjedima (Bognar, 1990). Javljaju se i neki speleološki objekti poput špilja i jama. Fluviokrški reljef javlja se u obliku zaravni i brojnih suhih dolina na sjevernoj padini otoka.

Obala otoka Hvara oblikovana je abrazijskim procesima te spada u razvedenije otoke. Na južnoj obali Hvara ističu se klifovi koji su nastali strukturno predisponirani, a najbrojniji su zapadno od grada Hvara te zapadno od Sv. Nedjelje. Klifovi nisu nastali abrazijom s obzirom na relativnu mladost obale (Bognar, 1990).

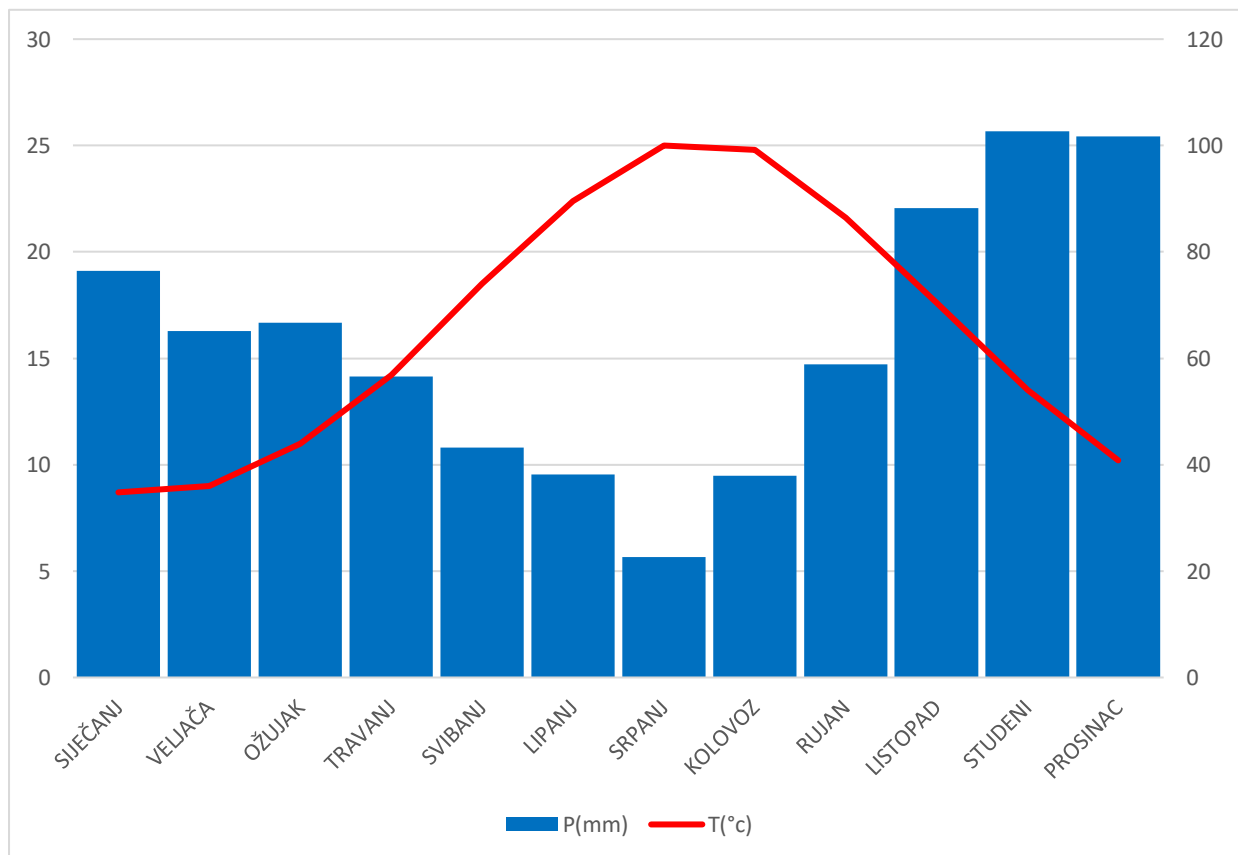
Niske obale su najrasprostranjenije te su oblikovane u monoklinalnim i horizontalno položenim slojevima koji se u dijalektu nazivaju „škrape“. Niske obale u klastičnim sedimentima tzv. žala rjeđe se nalaze na Hvaru (Bognar, 1990). Žala su oblikovana u abrazijskom razdrobljenom padinskom materijalu, a nalaze se između Sv. Nedjelje i Zavale na južnoj obali Hvara. Žala su građena od pijeska, šljunka i valutica. Oni su nastali djelovanjem mora na proluvijalne sedimente (Bognar, 1990).

### 2.3.KLIMATSKA OBILJEŽJA

Meteorološka postaja Hvar bilježi podatke od 1858. godine te je jedna od najstarijih meteoroloških postaja u Hrvatskoj (Makjanić i Volarić, 1977). Podaci su kontinuirani uz kratku pauzu za vrijeme 1. i 2. svjetskog rata. Zahvaljujući ovim podacima moguće je napraviti preciznu i kvalitetnu analizu klime Hvara.

Bitno je napomenuti da se podaci odnose na meteorološku postaju Hvar na koordinatama 43°10'N i 16°27'E. Postaja se nalazi na južnoj obali otoka i zaštićena je Paklenim otocima. Udaljena je svega 15 km od mjesta Sveta Nedjelja te stoga podaci odgovaraju potrebama ovog rada.

Zahvaljujući svom geografskom položaju, kao i ostali srednjodalmatinski otoci, Hvar ima sredozemnu klimu, točnije klimu masline-Csa (ur. Zaninović i dr., 2008) prema Kopenovoj klasifikaciji klima, što je vidljivo na klimadijagramu na slici 5. Specifičnost su klime masline suha razdoblja u toplom dijelu godine, gdje najsuši mjesec ima ispod 40 mm padalina te manje od trećine najkišovitijeg mjeseca u godini. Također, klimu obilježavaju vruća i izrazito vedra ljeta, te blage, kišovite i vjetrovite zime (ur. Zaninović i dr., 2008).



Sl.5. Klimadijagram Hvar (1858.-2015.)

Izvor: DHMZ

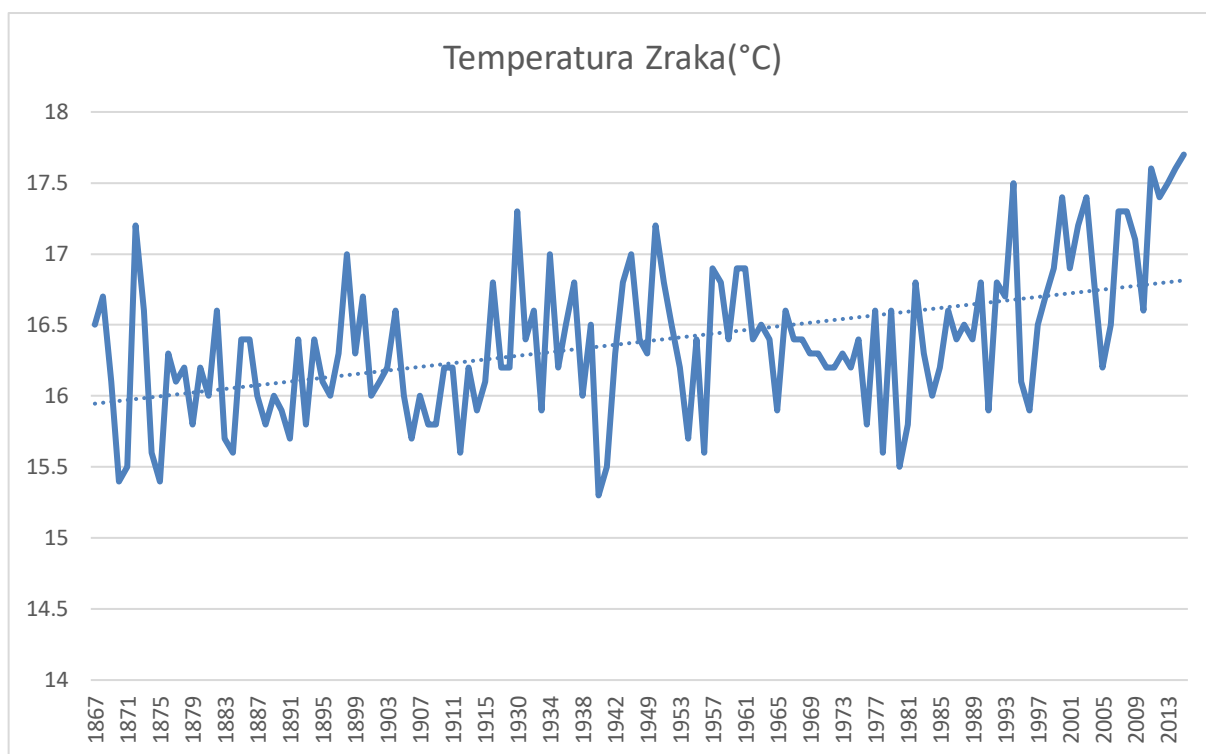
S obzirom na reljef otoka te izduženost postoje mikroklimatske razlike na otoku. Najizraženije su u središtu i na obali te na istočnom i zapadnom dijelu otoka.

Otok Hvar često je nazivan i „sunčani Hvar“, a taj prijedlog dobio je zbog najvećeg broja sunčanih sati u Hrvatskoj. Godišnji prosjek insolacije je 2735,8, dok je godišnji ekstrem iz 2003. godine 3054,3 h/god. Prema podacima DHMZ-a najveća insolacija je u srpnju i to u prosjeku 369,7 h/god, a najmanja, s obzirom na duljinu trajanja dana te povećanu naoblaku u prosincu, 117,2 h/god.

Najbitnija klimatska obilježja su godišnji hod temperature zraka, učestalost, jačina i smjer vjetra, te količina padalina. Na godišnji hod temperature utječe insolacija, geografski položaj, udaljenost od mora i vjetar. Iz klimadijagrama, koji pokazuje prosječnu temperaturu zraka za period od 150 godina, vidljivo je kako je srednja temperatura zraka najhladnijeg mjeseca, siječnja, 8,7°C, dok je srednja temperatura najtoplijeg mjeseca, srpnja, 25°C. Najveći je utjecaj na temperature zraka maritimnost. Zime su blage dok ljeta nisu izrazito vruća, a amplituda temperature je manja nego na kontinentalnom području.

Zahvaljujući podacima DHMZ-a meteorološke postaje Hvar, iz grafa temperature zraka za period od 150 godina vidljiv je trend porasta temperature zraka za otprilike 1°C. Porast temperature zraka ukazuje na globalno zagrijavanje što ostavlja razne posljedice poput povećanja ekstreme padalina, porasta razine mora, itd. (Patarčić, 2017).





Sl.6. Temperatura zraka grada Hvara za razdoblje 1867.-2015. godine

Izvor: DHMZ

Sukladno klimi masline, godišnji hod padalina ima istaknuti maksimum padalina u studenom i prosincu (oko 102 mm) te minimum padalina ljeti u srpnju (22,6 mm) kada je temperatura zraka najviša. Prema podacima DHMZ-a prosječna ukupna količina padalina na postaji Hvar iznosi 755 mm.

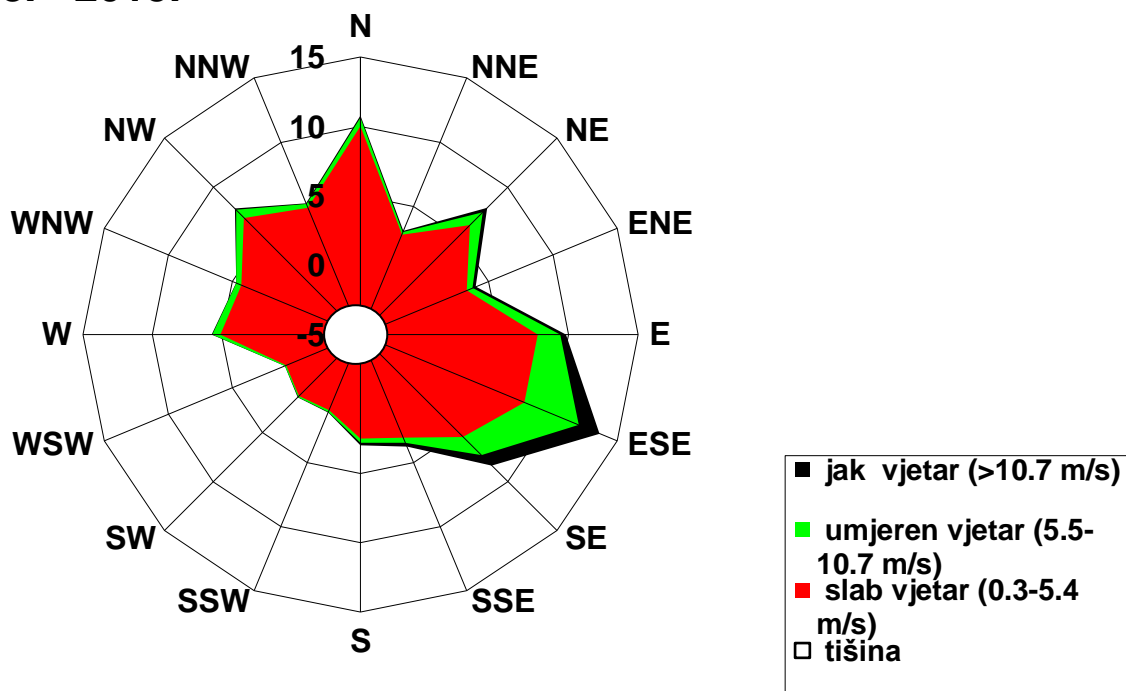
Količina padalina raste od pučine prema kopnu te ovisi o reljefu. Znatne su razlike između padalina na zapadnom te istočnom dijelu otoka. Zapadni dio otvoren je prema pučini dok je istočni dio pod utjecajem velikog planinskog masiva, Biokova. To utječe na porast količine padalina idući po otoku od zapada prema istoku. Na krajnjem istoku prosječna ukupna količina padalina iznosi 1110 mm prema podacima iz 1974. godine (Makjanić i Volarić, 1977).

Prema mareografu u Splitu, splitsko područje spada u kategoriju mikroplimnih obala (Rajčić i dr., 2010) te morske mijene nemaju utjecaj na oblikovanje obale (Rajčić i dr., 2010). Od vjetrova se ističu jugo, bura i maestral. Bura se javlja tijekom cijele godine, ali je najizraženija zimi i najviše utječe na sjevernu stranu otoka, dok je južna obala zaštićena. Vjetrovi iz jugoistočnog kvadranta (najviše jugo) utječu na južnu stranu otoka. Jugo dominira u hladnoj polovici godine. Ljeti se javlja maestral koji donosi svježinu i ublažava ljetnu vrućinu.

Stalni smjer puhanja vjetra često je izmijenjen. Lokalni smjer puhanja modificira reljef (Pelješac, Korčula, Šćedro, Pakleni otoci). Vidljiva je razlika utjecaja juga na zapadni i istočni dio južne strane otoka. Jugo nema izrazito velik utjecaj na istočni dio južne strane otoka za razliku od zapadnog dijela gdje su vidljivi klifovi i oblikovana šljunčana žala.

Prema podacima iz postaje Hvar izrađena je ruža vjetrova za period od 157 godina koja je prikazana na slici 7. Iz nje je vidljivo kako su najučestaliji i najjači vjetrovi iz jugoistočnog kvadranta, dok se u malo manjem značaju ističu sjeverni i sjeveroistočni te sjeverozapadni i zapadni vjetrovi.

### Hvar 1858. - 2015.



S1.7. Ruža vjetrova za postaju Hvar u razdoblju od 1858. do 2015. godine

Izvor: DHMZ

### **3. METODE I MATERIJALI:**

Prilikom istraživanja u svrhu rada korištena je metoda ponovljene fotografije. Bit te metode je utvrđivanje promjene nekog područja na temelju fotografije snimljene s istog mjesta u različitom vremenu (Rajčić i dr., 2010). Ta metoda je preporučljiva za promatranje nekog područja u dužem periodu (Turner i dr., 2013). Rajčić i dr. (2010) prvi su primijenili metodu ponovljene fotografije na primjeru promjene žala u Hrvatskoj. Također, u radu je korištena metoda obrade i analize podataka u ArcGisu 10.2 (Spatial analyst i 3D analyst). Metodologija kartiranja recentnih promjena žala prema (Faivre i dr., u pripremi). Korištene fotografije iz pedesetih godina prošlog stoljeća su iz privatne zbirke. U svibnju i srpnju 2017. godine obavljeno je terensko kartiranje uz pomoć ručnog GPS prijemnika marke GARMIN.

Korišteni su podaci iz baze podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda u Pomorskom meteorološkom centru u Splitu, ortofoto snimka Državne geodetske uprave iz 1968. i 2011. godine, topografska karta 1:25000 te Geološka karta otoka Hvara (Mihovilović, 1995).

Prilikom mjerenja granice žala uzeti su u obzir podaci o morskim mijenama Hrvatskog hidrografskog instituta u Splitu. Svi podaci o morskim mijenama prognozirani su prema srednjoeuropskom vremenu te je zbog ljetnog računanja vremena sve mjereno sat poslije prognozirane srednje vode pod tlakom 1013 hPa po vedrom vremenu bez vjetera.

### **4. REZULTATI**

Na području Hrvatske žala su najčešće oblikovana u plavinskom materijalu potopljenih krških dolina i jaruga (Juračić i dr., 2009). Jedno od takvih žala je žalo Zogon, a žalo i jaruga prikazani su na slici 1.

Duljina je žala Zogon oko 25 metara, a površina oko 125 m<sup>2</sup>. Duljina i površina žala određeni su na temelju kartiranja žala te analizom i obradom podataka u GIS-u. Žalo je nastalo prirodnim procesima te je po predaji lokalnog stanovništva djelomično nasipano dva puta: 70-ih godina 20. stoljeća te 2011. godine uslijed građevinskih radova na prilaznom putu žala. Iako je čovjek djelomično djelovao na žalo nasipavanjem materijala, žalo je izvorno nastalo prirodnim procesima. Sprječavanjem protoka materijala nošenog bujičnim vodotokom prekida se ili znatno smanjuje proces prirodne dohrane žala (Lončar, 2016).

Napuštanjem poljoprivrede ili promjenom zemljišta dolazi do zapuštanja poljoprivrednih površina. Uslijed toga raste vegetacija koja zahvaća poljoprivrednu površinu i korito vodotoka te prilikom kiše zadržava vodu i smanjuje protok što dovodi do prekida ili smanjenja donosa sedimenata. Donos sedimenata neophodan je za održavanje ravnoteže žala.

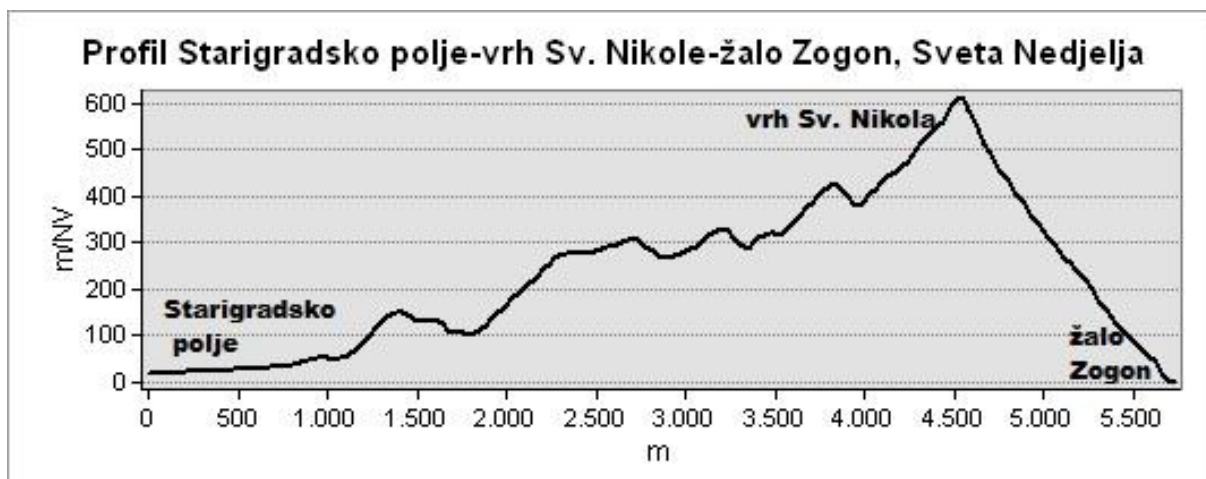
Djelovanjem mora i valova sedimenti su oblikovali žalo od šljunka i oblutaka. Na slici 7 na kojoj je prikazana ruža vjetrova za postaju Hvar, vidljivo je kako su najučestaliji i najjači vjetrovi iz jugoistočnog kvadranta. S obzirom da se žalo nalazi na južnoj obali, upravo spomenuti vjetrovi imali su najveći utjecaj za današnji izgled žala.

Južni i jugoistočni vjetar uglavnom donosi valove olujnog vremena. Jugo je jak vjetar koji puše dugo i ravnomjerno te izaziva najviše valove, a na ovom području najčešće puše iz smjera jugoistoka što dokazuje i sl. 7. Visina najvišeg izmjerelog vala za vrijeme juga na području Srednjeg Jadrana iznosila je 8,4 m (Gržetić, 2002).

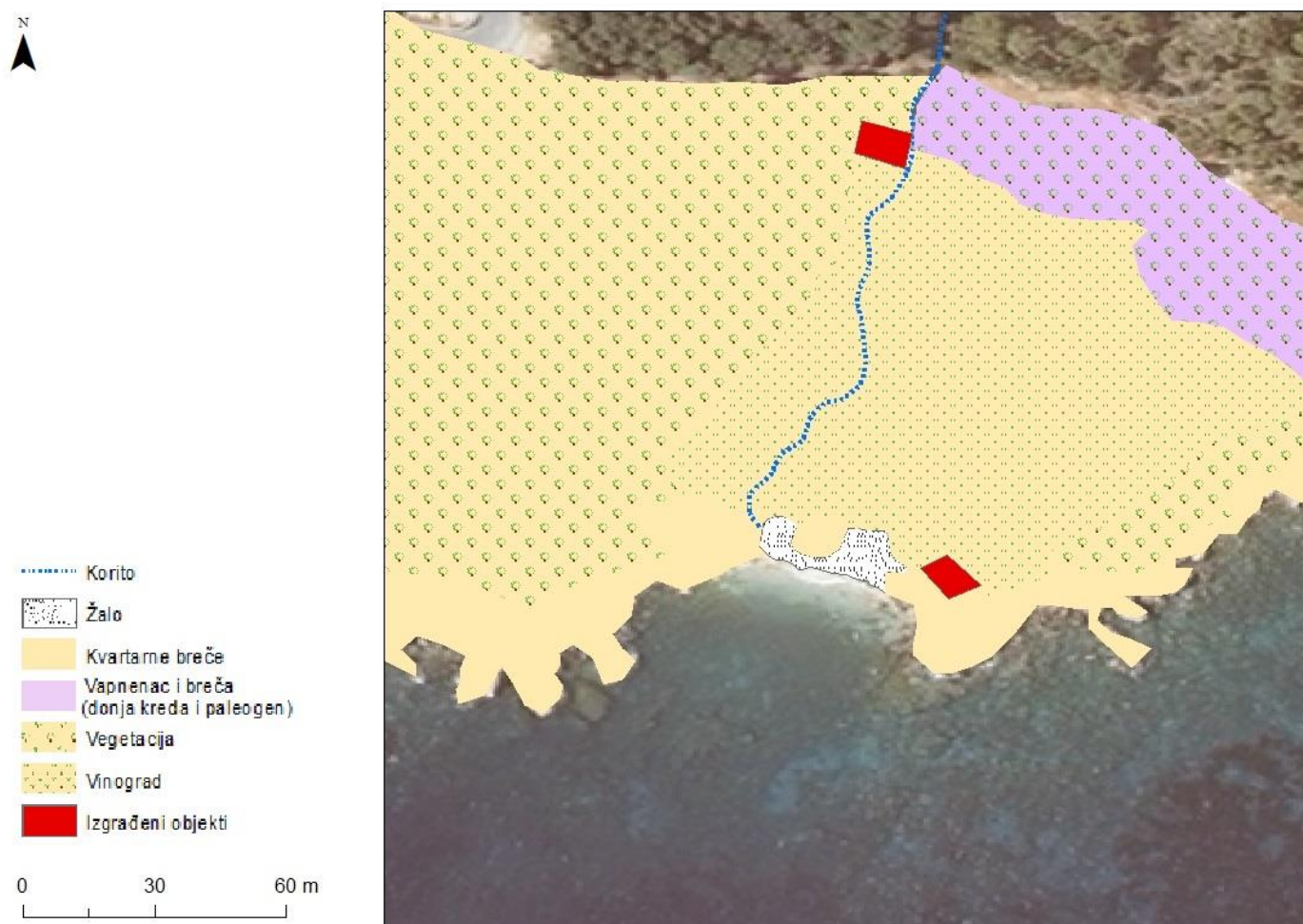
Proces utjecaja valova na žalo kompleksan je hidrodinamički proces ako je prevladavajući materijal žala šljunak ili mješavina šljunka i pijeska (Orford, 1977). Prilikom intenzivnog djelovanja mora (u slučaju žala Zogon jugoistočnog vjetra) žalo se odnosi u dubine, a poslije se vraća, tj. sedimentirani materijal ponovno se izvlači iz dubljih slojeva na žalo (Lončar i dr., 2016). To utječe na povremenu promjenu veličine i izgleda žala.

Općenito, žala se nalaze u uvalama omeđenim rtovima koji omogućuju zadržavanje materijala te malu izmjenu sedimenta i obližnjeg podmorja pri djelovanju valova (Ružić i dr., 2014). Na slici 2 vidljiv je današnji izgled žala te rtovi koji ga okružuju.

Nagib terena jedan je od važnijih parametara za nastanak jaruga te produkciju i donos bujičnog materijala. Pretpostavka je da veći nagibi terena tj. strmiji dijelovi u slivu bujičnog vodotoka stvaraju veću produkciju i pronos materijala (Ružić i dr., 2011). Na slici 8 poprečni je profil Starigradsko polje - vrh Sv. Nikola - žalo Zogon na kojem je vidljiv velik nagib padine na kojoj se nalazi jaruga vrh Sv. Nikola - žalo Zogon koji doprinosi većoj produkciji i donosu materijala.



Sl.8. Poprečni profil Starigradsko polje – vrh Sv. Nikole – žalo Zogon



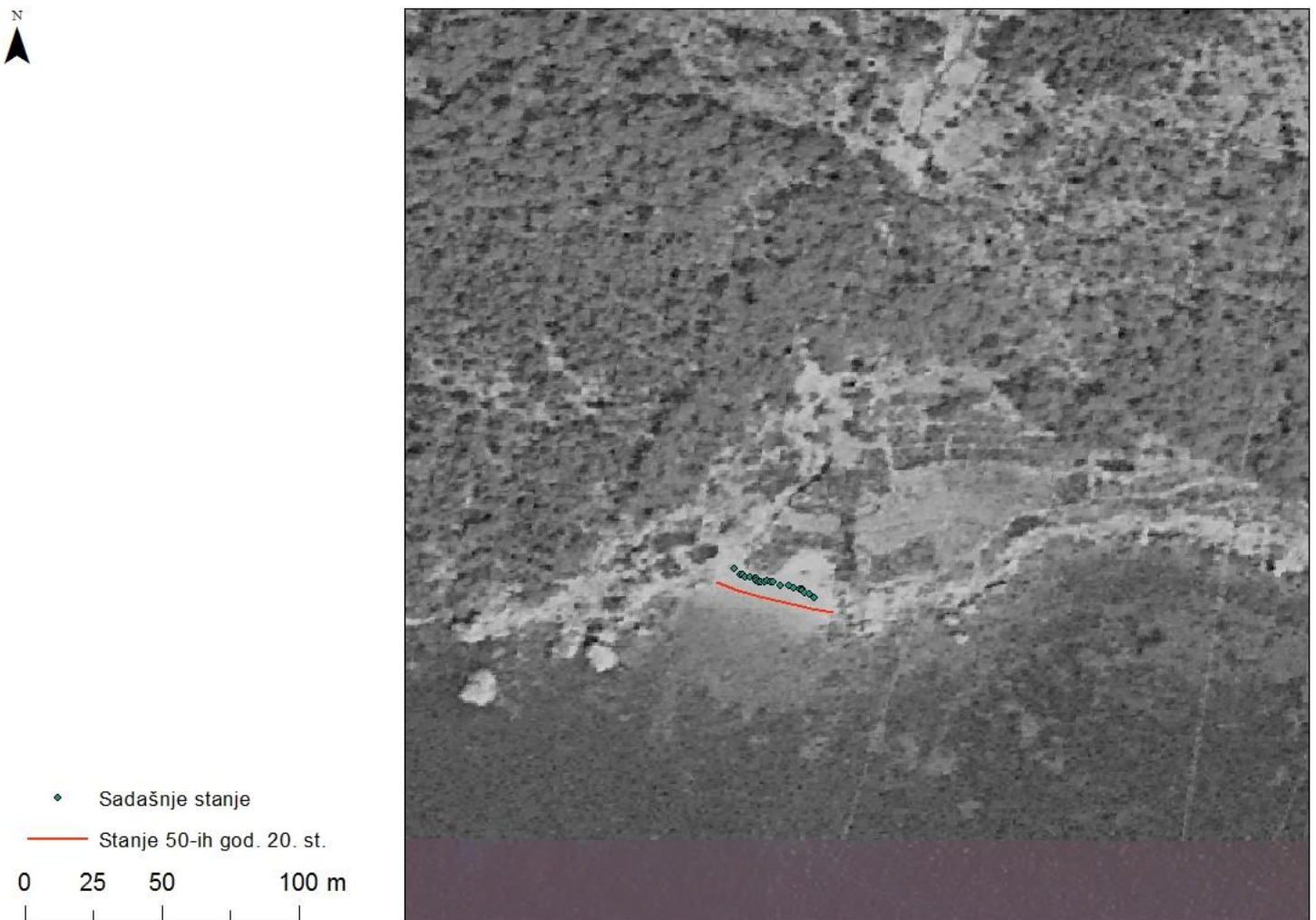
Sl.9. Uvala Zogon i okolno područje

Na slici 9 prikazano je žalo i okolno područje. Žalo je s istočne i sa zapadne strane okruženo brečama. Obalni pojas breča nema vegetacije zbog velikog utjecaja mora i valova, dok ostatak ima. Od vegetacije prevladava alepski bor (Mihovilović, 1995) te manjim dijelom makija koja je nastala kao posljedica krčenja šume.

U središnjem dijelu kartiranog područja, sjeverno od žala, nalazi se vinograd. Temeljna je stijena breča. Akumulacijom materijala zadržalo se tlo koje je omogućilo nastanak vinograda.

Sredinom vinograda prolazi povremeni bujični vodotok koji je važan za produkciju i donos materijala te formiranje žala. U vinogradu je vidljiv antropogeni utjecaj. Obradom tla na kojem je danas vinograd oblikovane su terase građene od breče na kojima je posađena vinova loza, a između terasa ostavljen je prostor širok 2 m (mjereno na terenu) za prolaz bujičnog vodotoka - korita. Na zapadnoj strani vinograda nalaze se breče visine 10 - 15 m od tla. U sjeveroistočnom i istočnom dijelu vinograda vidljiv je spoj vapnenca i breče na što potencijalno utječe mali rasjed koji prolazi u blizini tog područja (sl. 4).

Na vrhu vinograda nalazi se protupožarna cesta koja je izgrađena 2010.g. Cesta je presjekla dio bujičnog vodotoka te je gornji dio korita danas nasut materijalom. Također su izgrađene dvije kuće, jedna na samom vodotoku, a druga na istočnom dijelu žala.



Sl. 10. Granica žala 50-ih god. 20. st. i danas na podlozi ortofoto snimke iz 1968. g.





Sl. 11. Granice i površine žala Zogon



Na slikama 10 i 11 prikazane su karte na kojima je vidljiv izgled i veličina žala. Na ortofoto snimci iz 1968. godine vidljivo je korito povremenog toka te njegovo ušće na žalu. Pomoću ortofoto snimke vidi se veličina žala 50-ih godina, no kako bi se bolje uočila granica, na karti je označena današnja granica žala te granica žala 50-ih godina 20. stoljeća.

Na ortofoto snimci iz 2011. godine vidljive su značajne promjene u veličini žala, ali i promjene u okolnom području. Najveća vidljiva promjena je smanjenje žala, a osim toga izgrađena su dva objekta te glavna otočna i jedna sporedna cesta. Također, korito povremenog toka zaraslo je vegetacijom što onemogućuje donos materijala na žalo. Uz ortofoto snimku iz 2011. godine to je utvrđeno terenskim kartiranjem.

Metodom ponovljene fotografije kombinacijom više fotografija odabrani su reperi koji su označeni zelenom točkom na slici 11. Pomoću repera označena je približna granica žala 50-ih godina 20. st., tj. iz razdoblja kada su nastale fotografije. Usporedbom dviju granica, 50-ih godina 20. st. i granicom iz 2017. godine, vidljivo je kako se žalo u tom razdoblju gotovo prepolovilo.

Granica žala mjerena je GPS uređajem te je određena na temelju srednjeg broja mjerenja, a duljina iznosi približno 25 m. Naredbom „calculate area“ u GPS uređaju izmjerena je površina žala. Mjerenje se vršilo više puta te je izračunat srednji rezultat koji iznosi 120 m<sup>2</sup>. Na temelju državne ortofoto karte iz 2011. godine u ArcGisu je digitalizirana površina žala koja iznosi 125m<sup>2</sup>. Usporedbom dobivene površine uz pomoć GPS uređaja i ArcGisa vidljivo je da su površine žala slične te se može reći da površina žala iznosi 120-125 m<sup>2</sup>.

Na temelju prethodno definiranih repera na više mjesta izmjerena je udaljenost između današnje granice i granice 50-ih godina prošlog stoljeća gdje je vidljivo da se granica u razmaku od 60-ak godina pomaknula za oko 6 m. Također, digitalizirano je žalo na ortofoto karti iz 1968. godine, te je na temelju definiranih repera koji prikazuju granicu žala izmjerena površina cijelog žala koja iznosi približno 240 m<sup>2</sup>. Uspoređujući površinu žala iz 50-ih godina 20. stoljeća te površinu žala danas vidljivo je da se površina smanjila za 120-125 m<sup>2</sup>, što pokazuje da je danas žalo gotovo duplo manje.

## 5. RASPRAVA:

Za vrijeme vrlo intenzivnih padalina, formiranjem potoka, sav materijal i sedimenti koji su bili na području bujičnog vodotoka dohranjivali su žalo. More je svojim djelovanjem oblikovalo sedimente te formiralo žalo.

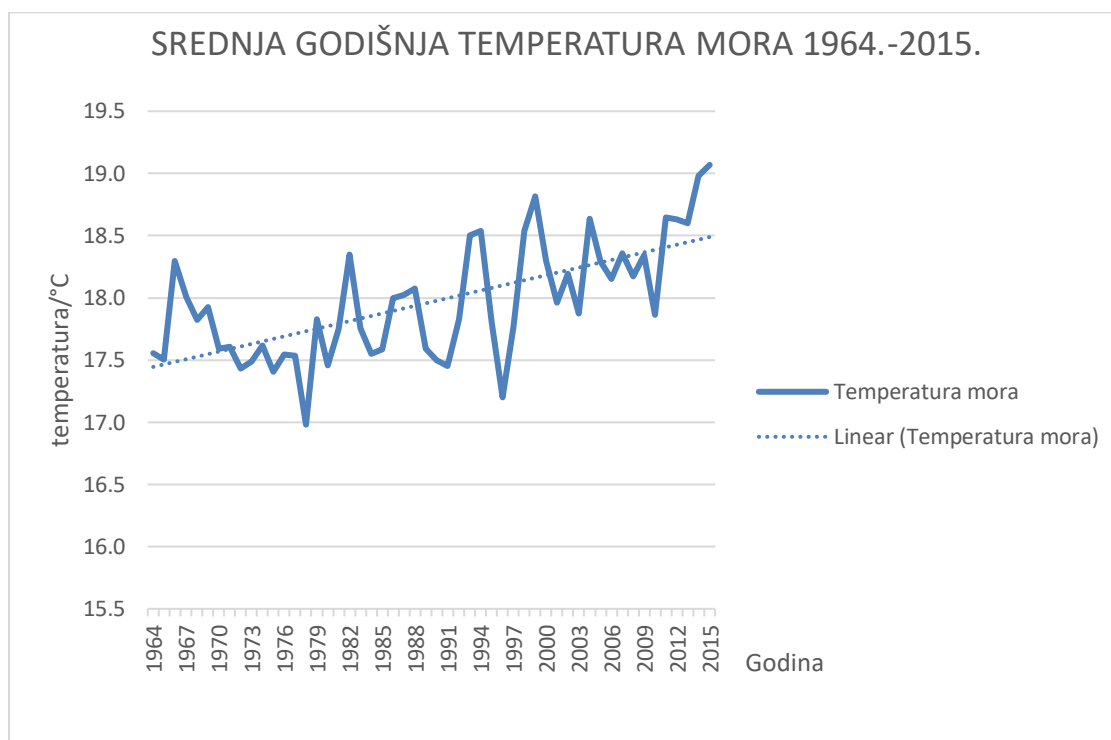
Prema predaji lokalnog stanovništva, vrlo intenzivno jaruženje dogodio se u rujnu 1955. godine, kada se tijekom ekstremne kiše formirao veliki bujični tok što je rezultiralo donosom značajne količine sedimenata na žalo. Državni hidrometeorološki zavod bilježi padaline za Sv. Nedjelju od 1950. godine, te je u bazi podataka vidljiva količina padalina za datum 11. rujna 1955. godine  $94,6 \text{ L/m}^2$  što se može povezati s predajom lokalnog stanovništva.

Kao što je često slučaj, antropogene djelatnosti mogu značajno utjecati na žalo. Godine 1971. izgrađena je glavna cesta koja povezuje Sv. Nedjelju i Jelsu kroz tunel Pitve - Zavala. Sv. Nedjelja je do tada bila izolirana, a u mjesto se jedino moglo doći morskim putem ili pješačkim stazama preko vrha otoka. Izgradnja ceste dovela je do izgradnje apartmana te porasta tercijarnog sektora, dok je u isto vrijeme većim dijelom zapuštena poljoprivreda. Korito potoka prestalo se čistiti te je obraslo vegetacijom koja zadržava padaline. Zapuštanjem poljoprivrede na području jaruge smanjio se intenzitet jaruženja te je ujedno s tim smanjena produkcija i donos materijala. Usporedbom slika 6 i 7 vidljivo je djelomično prirodno pošumljavanje. Također, probijanjem glavne ceste te sporednih cesta u više dijelova presječeno je korito vodotoka i nasuto materijalom. Na samom vrhu žala, točno uz korito potoka, izgrađen je i objekt koji je također djelomično zatrpao korito.

Djelovanje mora na žalo valovima i morskim strujama povremeno odnosi sedimente sa žala (Ružić i dr., 2011). To se može povezati sa žalom Zogon. Odnosenje sedimenata ovisi o vremenskim uvjetima te morfološkim karakteristikama žala, a donos materijala neophodan je za dohranu (Ružić i dr., 2011). Zatrpavanjem korita donos materijala na žalo Zogon danas se zasigurno smanjio.

Znanstveno je dokazano kako se globalna razina mora od 1900. godine konstantno povećava (National Ocean Service, n.d.). Dva glavna uzroka porasta razine mora toplinska su ekspanzija uzrokovana zagrijavanjem mora, što dovodi do širenja vode dok se zagrijava te otapanje ledenjaka. More apsorbira 90% atmosfere topline povezane s ljudskim djelovanjem (National Ocean Service, n.d.).

Porast temperature mora eksponencijalno slijedi porast razine mora. Što je brži rast temperature to je brži porast razine mora (Rahmstorf, 2012), a očekuje se još veći i ubrzani rast razine Sredozemnog mora (Ružić i dr. , 2011).



Sl. 12: Temperatura mora na mjernoj postaji Hvar 1964.-2015. godine

Izvor: DHMZ

Prema podacima DHMZ-a o temperaturi mora za postaju Hvar od 1964. do 2015. prikazanima na slici 9 vidljiv je porast temperature mora za 1,1 °C, što je moglo utjecati i na preplavlivanje žala Zogon.

Promjena razine mora globalna je pojava, a na Jadranskom moru zabilježen je porast od 2 do 3,4 mm/god (Tsimplis i dr., 2009). Do kraja 21. stoljeća, zbog globalnog zatopljenja predviđa se porast razine mora za 30 cm (Ružić i Benac, 2016). Zbog specifičnog transgresijskog tipa obale, koji je oblikovan izdizanjem morske razine u prošlosti (u najvećoj mjeri tijekom kvartara) istočna obala Jadranskog mora viša je i strmija od zapadne obale. Zbog toga porast razine mora ima veći utjecaj na zapadnom dijelu. Također, sjeverni dio Jadrana zbog šelfa ima veću opasnost od podizanja morske razine nego južni dio. Recentni porast razine mora zabilježen je npr. na otoku Visu (Faivre et al., 2010; 2013) te na području Makarske (Faivre i Butorac, u tiskanju). Prema tome, može se pretpostaviti kako podizanje razine mora vjerojatno utječe i na žalo Zogon.

## 6. ZAKLJUČAK:

U ovom radu opisani su procesi koji se događaju na žalu Zogon. Žalo je nastalo podno jaruge tj. akumulacijom sedimenata donesenih bujičnim vodotokom kojeg je more oblikovalo svojim djelovanjem. Najveća promjena uočena je u veličini žala. U posljednjih 60-ak godina granica se pomaknula za oko 6 metara. Žalo je izgubilo gotovo polovinu svoje površine. Prema predaji lokalnog stanovništva, posljednje intenzivno jaruženje koje je donijelo veću količinu sedimenta na žalo bilo je 1955. godine. Krajem 60-ih godina 20. st. započela je izgradnja glavne otočne, ali i sporednih cesta, te je potok presječen na više mjesta i time djelomično zatrpan građevinskim materijalom. Pregrađivanjem potoka otežan je protok vode, a ujedno time produkcija i donos materijala. Žalo je time izgubilo prirodno hranjenje, tj. donos novog materijala za oblikovanje i održavanje žala. To se može povezati sa smanjenjem žala.

Globalno zatopljenje dovelo je do porasta temperature mora koje rezultira porastom morske razine. Porast morske razine utječe na sva obalna područja, ali ne istim intenzitetom. Neka područja više su ugrožena od drugih. Jadransko more bilježi konstantan proces porasta morske razine (Rezo i dr., 2014), ali sjeverni dio Jadrana ima intenzivniji porast od južnog dijela. To je svakako moglo utjecati na preplavlivanje žala Zogon.

Ovo je istraživanje pokazalo smanjenje površine žala Zogon za otprilike 50% u odnosu na njegovu veličinu pedesetih godina 20. st. Smanjenje žala može se povezati kako s promjenama antropogenih djelatnosti u širem području žala tako i s klimatskim promjenama tj. porastom morske razine.

Žala bujičnog podrijetla često su okosnica turističke ponude (Benac i Knežević, 2011). Stoga budućnost turizma, ali i žala, uvelike ovisi o antropogenim djelatnostima i čovjekovom utjecaju na klimu.

## 7. LITERATURA:

1. Ančić, B., Puđak, J., Domazet, M., 2016: Vidimo li klimatske promjene u Hrvatskoj? Istraživanje stavova o nekim od aspekata klimatskih promjena u hrvatskom društvu, *Hrvatski meteorološki časopis* 51(1), 1-72.
2. Benac, Č., Knežević, R., 2011: Utjecaj geološkog hazarda na razvoj turizma na području Kvarnera (sjeveroistočni Jadran), *Hrvatski geografski glasnik* 73(2), 35-47.
3. Bognar, A., 1990: Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa, *Geografski glasnik* 52(1), 49-65.
4. Faivre, S., Butorac, V., 2017: Recently submerged tidal notches in the wider Makarska area (Central Adriatic, Croatia), *Quaternary International*, u tisku
5. Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N., 2010: Relative Sea-Level Change During the Late Holocene on the Island of Vis (Croatia) – Issa Harbour Archaeological Site, *Geodinamica Acta* 23, 209-223
6. Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N., Sironić, A., 2013: Distinct phases of relative sea level changes in the central Adriatic during the last 1500 years – influence of climatic variations?, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 369, 163-174.
7. Faivre, S., Galović, L., Sumegi, P., Cvitanović, M., Horvatinčić, N.: 1,5 ka palaeoenvironmental reconstruction of the Milna valley on the Vis island (Central Adriatic), u izradi.
8. Faivre, S., Pahernik, M., Maradin, M., 2011: The gully of Potovošća on the Island of Krk- the effects of a short-term rainfall event, *Geologia Croatica* 64(1), 67-80.
9. Gržetić, Z., 2002: *Peljar za male brodove*, Hrvatski hidrografski institut, Split
10. Herak, M., Marinčić, S., Polšak, A., 1976: Geologija otoka Hvara, *Acta geologica*, 9(1), 5-14.
11. Juračić, M., Benac, Č., Pikelj, K., Ilić, S., 2009: Comparasion of the vulnerability of limestone (karst) and siliciclastic coasts (example from the Kvarner area, NE Adriatica, Croatia), *Geomorphology* 107, 90-99.
12. Lončar, G., Bekić, D., Carević, D., Mostečak, H., Babić, M., Grbić, N., Pranjić, V., 2016: Numeričko modeliranje morfodinamike poprečnog profila na šljunčanom žalu Medveja, *Hrvatske vode* 24, 29-38.
13. Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31(1), 41-50.

14. Makjanić, B., Volarić, B., 1977: Prilog poznavanju klime otoka Hvara, u: *Hvar u prirodnim znanostima* (Davor Miličić), JAZU, Zagreb, 171-173.
15. Marinčić, S., 1995: Geologija otoka Hvara, u: *Otok Hvar* (Miro Mihovilović), Matica Hrvatska, Zagreb, 52-58.
16. Marković-Marjanović, J., 1976: Kvartarni sedimenti ostrva Hvara-srednji Jadran, *Glasnik prirodnjačkog muzeja* A(31), 199-214.
17. Mihovilović, M., 1995: *Otok Hvar*, Matica Hrvatska, Zagreb
18. *National Ocean Service, Is sea level rising?*, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/sealevel.html> (15.8.2017.)
19. Orford, J.D., 1977: A proposed mechanism for stormbeach sedimentation, *Earth surface processes* 2(4), 381-400.
20. Patarčić, M., 2017: Klima i klimatske promjene, [http://klima.hr/razno/publikacije/klimatske\\_promjene.pdf](http://klima.hr/razno/publikacije/klimatske_promjene.pdf). (5.6.2017.)
21. Prcić, M., 1995: Geografija otoka Hvara, u: *Otok Hvar* (Miro Mihovilović), Matica Hrvatska, Zagreb, 48-51.
22. Rahmstorf, S., 2012: Modeling sea level rise, *Nature Education* 3(10)
23. Rajčić, S.T., Faivre, S., Buzjak, N., 2010: Promjene žala na području Medića i Mimica od kraja šezdesetih godina 20. stoljeća do danas, *Hrvatski geografski glasnik* 72(2), 27-48.
24. Rezo, M., Pavasović, M., Šljivarić, M., 2014: Analiza mareografskih podataka o Jadranskom moru od 1953. do 2006. godine, *Geodetski list* 4(1), 269-290.
25. Roglić, J., 1977: Prilog geografiji Hvara, u: *Hvar u prirodnim znanostima* (Davor Miličić), JAZU, Zagreb, 5-20.
26. Ružić, I., Benac, Č., Ilić, S., Sušan, I., Ljutić, K., 2011: Promjene korištenja zemljišta i regulacija bujičnih vodotoka: Utjecaj na žala Liburnije i otoka Cresa, u: *5. Hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena* (ur. Biondić D. i dr.), Hrvatske vode, Opatija, 771-782.
27. Ružić, I., Benac, Č., 2016: Ranjivost obala otoka Raba zbog rasta razine mora, *Hrvatske vode* 97(1), 203-214.
28. Turner, R. M., Webb, R.H., Bower, J.E., Hastings, J.R., 2003: *The Changing Mile Revisited: An Ecological Study of Vegetation Change with Time in the Lower Mile of an Arid and Semiarid Region*, University of Arizona Press, Tucson, AZ.

29. Tsimplis, M.N., Raicich, F., Fenoglio-Marc, L., Shaw, A.G.P., Marcos, M., Somot, S., Bergamasco, A., 2009: Recent developments in understanding sea level rise at the Adriatic coasts, *Physics and Chemistry of the Earth Parts 41-42*, 59-71.
30. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec-Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Kašutin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, Ž., Ločar, H., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V., 2008: *Klimatski atlas Hrvatske*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

## **8. IZVORI:**

1. Geološka karta otoka Hvara, Mihovilović, M., 1995: *Otok Hvar*, Matica Hrvatska, Zagreb
2. Baza podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda
3. Privatna zbirka fotografija