Geomorfološka obilježja žala otoka Hvara

Mićunović, Marin

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:679489

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Marin Mićunović

Geomorfološka obilježja žala otoka Hvara

Diplomski rad

Zagreb

2019

Marin Mićunović

Geomorfološka obilježja žala otoka Hvara

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistra geografije

Zagreb
2019

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija; smjer: Fizička geografija s geoekologijom* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Sanje Faivre

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Diplomski rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geografski odsjek

Geomorfološka obilježja žala otoka Hvara

Marin Mićunović

Izvadak: U radu su analizirana geomorfološka obilježja žala otoka Hvara. Primjenom metoda terenskog kartiranja, analize satelitskih snimaka te metoda analize i vizualizacije u GIS-u utvrđeno je da otok Hvar ima 247 žala koja čine 3,2 % ukupne duljine obale. Najveći broj žala formiran je u proluvijalnom materijalu na ušćima jednostavnih i složenih jaruga te se stoga očekuje međusobna povezanost veličine drenažnog bazena i površine žala. Žala otoka Hvara su izrazito malena. Samo 9 žala ima površinu veću od 1000 m^2, a čak njih 86% je površinom manje od 500 m^2. Korelacija između površine drenažnih bazena i svih žala oblikovanih u proluvijalnim plavinama je umjerena, (r=0,61). Međutim, ukoliko se u obzir uzmu samo žala bez antropogenih utjecaja tada korelacija postaje značajna (r=0.8). U radu se također diferenciraju žala oblikovana ispod klifova, žala oblikovana u pijescima eolskog podrijetla te antropogeno formirana žala.

58 stranica, 32 grafička priloga, 12 tablica, 65 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: žalo, obalna geomorfologija, drenažni bazen, klimatske promjene, Hvar

Voditelj: prof. dr. sc. Sanja Faivre

Povjerenstvo: prof. dr. sc. Sanja Faivre
izv. prof. dr. sc. Danijel Orešić
doc. dr. sc. Mladen Pahernik

Tema prihvaćena: 7. 2. 2019.

Rad prihvaćen: 12. 9. 2019.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Master Thesis

Faculty of Science

Department of Geography

Geomorphological properties of beaches on the island of Hvar

Marin Mićunović

Abstract: The thesis deals with geomorphological properties of the island of Hvar beaches. By means of field mapping, satelite images analyses and visualisation in GIS, it was found out that there are 247 beaches on the island of Hvar. The beaches relate to 3,8 % of the total coastal length. Majority of the beaches are formed in proluvial fan material at the mouth of torrent valleys so the correlation between drainage basin area and beach area is expected. Beaches on the island of Hvar are mostly small. There are only 9 beaches with area bigger than 1000 m^2. 86% of the total amount of beaches are smaller than 500m^2. The correlation between drainage basin and beach area is moderate (r=0,61). However, if only the beaches without any anthropogenic impact are considered, the correlation becomes significant (r=0,8). Beaches formed under the cliff, beaches formed in aeolian sediments and anthropogenic beaches were also differentiated.

58 pages, 32 figures, 12 tables, 65 references; original in Croatian

Keywords: beach, coastal geomorphology, drainage basin, climate changes, Hvar

Supervisor: Sanja Faivre, PhD, Full Professor

Reviewers: Sanja Faivre, PhD, Full Professor
Danijel Orešić, PhD, Associate Professor
Mladen Pahernik, PhD, Assistant Professor

Thesis title accepted: 07/02/2019

Thesis accepted: 12/09/2019

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

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Područje istraživanja ... 3
3. Metode i materijali ... 5
4. Fizičko – geografska obilježja ... 7
4.1. Geološka obilježja ... 7
4.2. Geomorfološka obilježja ... 11
4.2.1. Morfografska obilježja ... 11
4.2.2. Morfometrijska obilježja ... 13
4.2.2.1. Hipsometrija ... 14
4.2.2.2. Nagibi padina ... 16
4.2.2.3. Vertikalna raščlanjenost reljefa ... 18
4.2.2.4. Orijentacija padina ... 20
4.2.3. Morfogenetska obilježja ... 22
4.3. Klimatska obilježja ... 23
5. Rezultati ... 28
5.1. Površine žala ... 31
5.2. Obilježja drenažnog bazena ... 37
5.3. Veličina sedimenta ... 46
5.4. Antropogeni utjecaji ... 47
5.5. Geneza žala ... 49
6. Rasprava ... 50
7. Zaključak ... 53
8. Literatura ... 54
Prilozi ... VI

1. Uvod

Obalna područja predstavljaju dinamične i kompleksne geomorfološke sustave koji povezuju procese u moru i na kopnu. Na globalnoj razini, 20 % obalnih područja je pod pritiskom brojnih socioekonomskih aktivnosti koje utječu na povećanje erozije obale, čime se ugrožava njihova stabilnost (European Commission, 2004). U ta područja ubraja se i istočna obala Jadranskog mora. S druge strane, osim različitih antropogenih i socioekonomskih utjecaja, recentne klimatske promjene danas predstavljaju veliki problem na obalnim područjima, ali i šire, te su danas česta istraživačka tema. Brojne promjene vidljive su duž istočne obale Jadrana, npr.: otapanje leda u planinskim speleološkim objektima (Ledenica u Štirovači) (Bočić i dr., 2012), aktiviranje klizišta (Faivre i dr., 2013a, Mihalić i dr., 2017), pojava kratkotrajnih i intenzivnih pljuskova i oluja (Međugorac i dr., 2015), pojava poplava kao posljedica oborinskih ekstrema (Abdulaj i dr., 2014, Gajić-Čapka i Cindrić, 2014), učestala jaruženja (Faivre i dr., 2011), podizanje razine mora (Faivre i dr., 2013b; Faivre i Butorac, 2018, Faivre i dr., 2019) i dr. Takve se promjene najprije i najlakše mogu primijetiti duž obale te se može reći da obale leže na sučelju klimatskih promjena (Kaniewski i dr., 2016).

Jedan od najosjetljivijih i ranjivijih obalnih geomorfoloških oblika je žalo, pod sve većim pritiskom brojnih antropogenih intervencija i klimatskih promjena. Žala su akumulacijska sedimentna tijela građena od sedimenata različitih veličina, od vrlo finog pijeska, šljunka, oblutaka do ponekad i većih blokova (Bird, 2008). Žala prekrivaju oko 40 % svjetskih obala (Bird, 2008) te su uglavnom različitih morfoloških obilježja (površina, oblik, nagib žala i sl.).

Litoralizacija, izvođenje građevinskih radova na obali, izgradnja objekata i brojne druge antropogene intervencije (Rajčić i dr., 2010; Faivre i Mićunović, 2017) ometaju prirodne procese i prirodni razvoj žala te utječu na njihovu stabilnost i promjene. Samo 20 % svjetskih žala danas pokazuje relativnu stabilnost, dok je 80 % u stalnim promjenama (Bird, 2008). Tendencija većine današnjih žala je erozija, dok samo 10 % žala raste (Bird, 2008). Tako postoji manji broj žala koja su prilično stabilna desetljećima ili godinama, no na većini žala danas su vidljive morfološke promjene. Te promjene mogu biti brze (Bird, 2008), osobito za vrijeme oluja ili nevremena te se istraživanja mogu usmjeriti na kratkotrajne efekte (npr. efekt jakih kratkotrajnih oborina na žalu Potovošća) (Faivre i dr., 2011), kada žala dobivaju ili gube sediment, a mogu se pratiti kroz duža vremenska razdoblja npr. godine i desetljeća (Rajčić i dr., 2010, Faivre i Mićunović, 2017).

Istočna obala Jadranskog mora uglavnom je stjenovita. U karbonatima je oblikovano 90 % obale, a 6 % u eocenskom flišu (Pikelj i Juračić, 2013) pa je i većina žala oblikovana u karbonatima. Uglavnom su formirana u proluvijalnom materijalu jaruga i derazijskih dolina (Juračić i dr. 2009; Faivre i dr., 2011; Ružić i dr., 2011; Faivre i Mićunović, 2017). Aktiviranjem povremenih bujičnih vodotoka materijal iz drenažnog bazena akumulira se na završetku sustava, jaruge ili derazijske doline u formi proluvijalne plavine te se u kontaktu s morem oblikuje u žalo. Kao i u većini slučajeva u umjerenim širinama (Pirazzoli, 1993) žala istočne obale Jadranskog mora formirana su u sedimentu terigenog podrijetla (Faivre i dr., 2011).

Zbog turističke važnosti, upravljanja priobaljem, recentnih klimatskih promjena i sl., žala su u današnje vrijeme predmet istraživanja brojnih znanstvenika. Još 1992. povezanost žala i turizma istraživao je Osrečki (1992). Primarno se žalima i obalom, kao geomorfološkim oblicima bave geomorfolozi, geografi no zbog važnosti žala za turizam i druge se struke bave istraživanjima žala, npr. ekonomisti i sociolozi (Cabezas-Rabadan i dr., 2019).

Geomorfološka obilježja i promjene žala istočnog Jadrana u različitim prostornim i vremenskim mjerilima sve su češća istraživačka tema. Istraživanje geomorfoloških promjena žala započeli su Rajčić i dr. (2010) istraživanjem žala na širem području Omiša od kada je započeo veći interes za istraživanjem žala (Benac i dr., 2010; Faivre i dr., 2011; Ružić i dr., 2011; Pikelj i dr., 2014; Pikelj i dr., 2015; Lončar i dr., 2016; Pikelj i dr., 2017; Faivre i Mićunović, 2017; Ružić i dr., 2018). Većim interesom za istraživanjem žala razvija se metodologija istraživanja te se koriste nove aplikativne metode koje pridonose kvalitetnijim rezultatima i informacijama što omogućuje kontinuirano praćenje recentnih morfoloških promjena na žalima.

Dosadašnja istraživanja žala na istočnoj obali Jadrana bazirala su se na istraživanjima geomorfoloških promjena manjih tzv. džepnih žala, uglavnom zasebno ili na manjem području od nekoliko žala (npr. Rajčić i dr., 2010; Faivre i dr., 2011; Ružić i dr., 2011; Lončar i dr., 2016; Faivre i Mićunović, 2017).

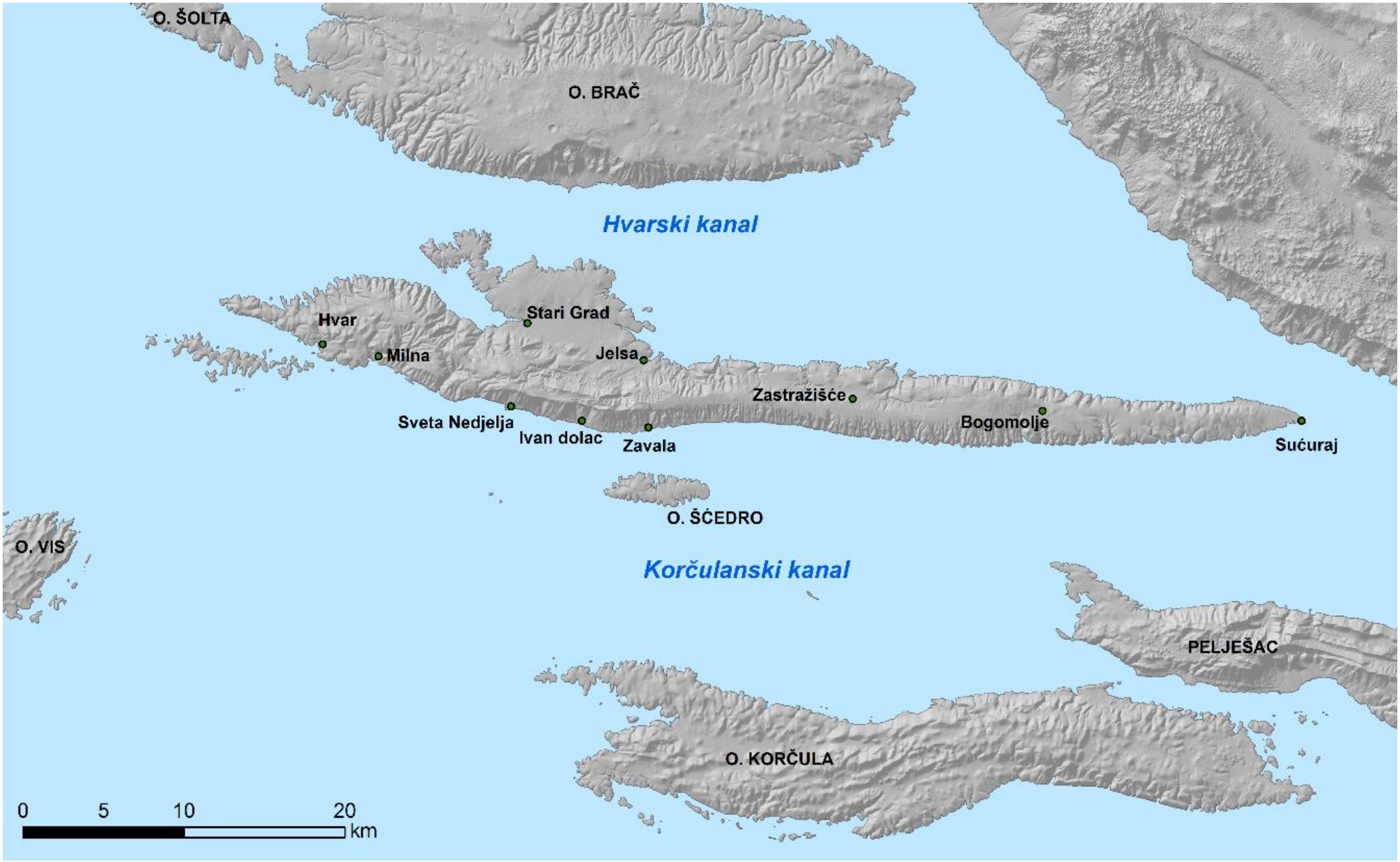
U ovom radu će se istražiti i analizirati geomorfološka obilježja žala otoka Hvaru koristeći metode terenskog kartiranja, analize satelitskih (orto-foto) snimaka te analize i vizualizacije u GIS-u. Cilj rada je definirati ukupan broj žala na otoku Hvaru, površine žala, povezanosti žala s drenažnim bazenom i obilježjima drenažnog bazena, veličinu sedimenta, morfogenezu žala, kao i zabilježiti podatke o antropogenom utjecaju na žalima. Uvidjet će se postoji li veza,

odnosno je li veličina žala u korelaciji s veličinom drenažnog bazena i duljinom talvega te će se definirati koliki udio obale čine žala.

2. Područje istraživanja

Hvar je najduži hrvatski otok, duljine 67,8 km te je površinom od 297,4 km^2 četvrti najveći hrvatski otok (Duplančić Leder i dr., 2004). Duljina obala otoka iznosi 254,2 km, a koeficijent razvedenosti iznosi 4,14 (Bognar, 1990). Poslije Dugog otoka, Hvar je drugi najrazvedeniji hrvatski otok. Zapadni dio otoka razlikuje se od istočnog dijela po razvedenosti obale zbog pojave većih zaljeva, npr. Starogradski, Vrbovački i Jelšanski. Također, zapadni dio otoka doseže širinu od 10 km, a istočni 2,5 km (Faivre i Mićunović, 2017). Otok Hvar okružen je na sjeverozapadu otokom Šoltom, na sjeveru Bračom, na jugoistoku poluotokom Pelješcem, jugu Korčulom i Šćedrom te na zapadu Visom (sl. 1). Pripada skupini srednjodalmatinskih otoka koji su specifični po smjeru pružanja istok-zapad. Takav smjer pružanja najistaknutiji je kod otoka Hvara te zbog toga cijela skupina otoka takvog tipa pružanja nosi naziv „hvarska“ (Roglić, 1977).

Zbog izuzetno bogate povijesne i kulturne baštine, Hvar je bio predmet istraživanja brojnih znanstvenika. Dosadašnja istraživanja uglavnom su bazirana na društvenim istraživanjima (npr. Kovačić, 2002; Politeo, 1978; Tarbušković, 2019), dok su prirodna istraživanja manje zastupljena, npr. klimatska istraživanja (Makjanić i Volarić, 1977), geološka istraživanja (Herak i dr., 1976; Marinčić i Majcen, 1976; Marković-Marjanović, 1976) i geomorfološka istraživanja (Roglić, 1977; Bognar, 1990; Faivre i Mićunović, 2017).



Sl. 1. Geografski položaj otoka Hvara

3. Metode i materijali

U ovom radu korištena je metoda terenskog kartiranja i mjerenja, analize satelitskih snimaka te metoda analize i vizualizacije u GIS-u.

Za kartografsku podlogu odabrane su Topografske karte 1:25000 (TK25). Terensko kartiranje načinjeno je u više navrata u razdoblju od srpnja 2018. do srpnja 2019. godine, a neki podaci su korišteni iz prethodnog istraživanja (Faivre i Mićunović, 2017). Prvo terensko kartiranje odnosilo se na žala zapadno od Grada Hvara, od uvale Vela Garška do uvale Mala Garška, u srpnju 2018. godine. Drugo terensko kartiranje bilo je 18. kolovoza 2018. i odnosilo se na južnu stranu poluotoka Kabal-Rudine te Starogradski zaljev. Na trećem kartiranju, u razdoblju od 19. do 23. veljače 2019., obuhvaćeno je područje od Grada Hvara do mjesta Zavala na južnoj strani otoka Hvara, Gdinjske vale od uvale Srhov dolac do uvale Rapak na južnoj strani otoka, žala u okolnom dijelu Sućurja, žala na sjevernoj strani otoka od uvale Pokrivenik preko Jelse do Basine te na sjevernoj strani Grada Hvara, od Stinive (hvarske) do Duge uvale. Posljednje kartiranje bilo je 20. srpnja 2019. kada je kartirano područje istočno od mjesta Zavala, do Gromin dolca.

Prilikom terenskog kartiranja, korišten je vojni kompas M53 te ručni GPS prijemnik GARMIN. Ručnim GPS prijemnikom izmjerena je površina određenih žala na način da je mjerena minimalno 3 puta te je kao konačni rezultat uzeta srednja vrijednost. Na terenu su zabilježeni antropogeni utjecaji na žalu i području oko žala.

S obzirom na veličinu otoka sva žala nije bilo moguće direktno kartirati, a na pojedinim žalima je pristup zabranjen zbog privatnog vlasništva, tj. koncesije.

Kako bi se analizirala sva žala, korištene su satelitske snimke. Prilikom odabira najpreciznijih satelitskih snimaka, pregledane su snimke Geoportala Državne geodetske uprave, Google Earth, Google maps, Here maps i Bing maps. Za odabir snimki i web gis softwarea uzeta je u obzir njihova kvaliteta i mogućnost mjerenja duljina i površina u web gis softveru. S obzirom da su predmet istraživanja ovog rada žala, kod snimaka je najvažnije da se jasno vidi obalna crta, stoga je važno da prilikom snimanja nije puhao vjetar tj. nije bilo valova te da sjena vegetacije ne pokriva obalnu liniju kako bi se sve jasno vidjelo. Nakon analize odabrane su snimke Geoportala Državne geodetske uprave 2011., 2014., 2017. te Here maps snimke iz 2019. Na navedenim snimkama određena je lokacija svih žala te su izmjerene površine. Površina svakog žala mjerena je minimalno 3 puta te su kao konačni rezultati

upisane srednje vrijednosti mjerenja za svaku pojedinu godinu. Izmjerene površine žala svih generacija snimaka su uspoređene te su izračunati ukupni prosjeci. Tako su dobivene prosječne površine svih žala na otoku Hvaru. Kako bi se provjerila preciznost izračuna, izračunato je postotno odstupanje te standardna devijacija. Također, izračunate površine određenih žala uspoređene su dobivenim površinama 18 žala mjerenim GPS-om na terenu te su analizirane razlike površina. Pomoću satelitskih snimki također je izračunata duljina žala te je izračunat udio duljine žala u ukupnoj duljini obale.

Na temelju glavnog hrpta koji se pruža u duljini cijelog otoka, Hvar je podijeljen na sjevernu i južnu stranu na temelju čega je napravljena statistička analiza.

Veličina sedimenta određena je analizom litologije područja pomoću Osnovne geološke karte Vis, Jelsa, Ploče (Borović i dr., 1977; Marinčić, Majcen, 1976.; Marinčić i dr., 1971), znanstvenih radov iz područja geologije i geomorfologije Hvara (Milojević, 1927; Marković-Marjanović, 1976; Bognar, 1990), terenskog istraživanja te dostupnih fotografija. Veličina sedimenta podijeljena je na dvije kategorije, na šljunke i pijeske.

Pomoću ArcGIS 10.4.1 softwarea, iz Digitalnog modela reljefa u vlasinštvu Geografskog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu napravljena je morfomterijska analiza reljefa. Izrađena je pomoću funkcija iz paketa Spatial Analyst: nagib-*slope,* vertikalna raščlanjenost-*focal statistics,* orijentacija padine-*aspect.* Za vizualizaciju je napravljena sjena pomoću funkcije *hillshade*. Korišten je raster ćelije 5x5. Statistička analiza pojedinih udjela kategorija izračunata je pomoću funkcije reklasifikacije -*reclassify*. Također, izdvojeni su drenažni bazeni i talvezi. Za izradu drenažnih bazena i talvega korišten je raster ćelije 10x10 zbog točnijeg prikaza podataka. Naime, raster ćelije 5x5 je detaljniji te, čini se, uzima u obzir i antropogene intervencije. Zbog tog razloga korišten je raster ćelije 10x10. Izdvajanje drenažnih bazena i talvega radi se u više koraka koristeći funkcije *Fill* za popunjavanje manjih depresija kako bi omogućilo korištenje sljedećih funkcija *Flow direction* i *Flow accumulation* koje prikazju talvege. Pomoću funkcije *Basin* izdvajaju se drenažni bazeni. Svi rezultati prikazani su u rasterskom formatu te ih je potrebno pretvoriti u vektorski (poligonski ili linijski) pomoću funkcije *Raster to polygone* ili *Raster to polyline*. Potom su kao novi sloj izdvojeni oni drenažni bazeni koji čine geomorfološki sustav sa žalom.

Na temelju geomorfoloških obilježja definirani su drenažni bazeni jednostavnih jaruga, složenih jaruga te jaruga s dolinskim proširenjem. Pomoću funkcije *Raster calculator* izračunate su površine drenažnih bazena i duljine talvega.

Statistička analiza podataka načinjena je u MS Excell programu. Korištene su slijedeće funkcije deskriptivne statistike: minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost i aritmetička sredina. Odstupanja su izračunata pomoću standardne devijacije i odstupanja od prosjeka. Odnosi žala i drenažnog bazena izračunati su i grafički prikazani pomoću Pearsonovog koeficijenta korelacije.

4. Fizičko – geografska obilježja

4.1.Geološka obilježja

Prva geološka istraživanja otoka Hvara započela su 1868. godine izradom preglednih geoloških karata F. Hauera i 1878. G. Stachea, a iste geološke podatke za izradu novih geoloških karata koristili su i K. Petković 1930. i V. Mikinčić 1953. (Borović i dr., 1977). Herak je 1958. napisao do tada najpotpuniji prikaz geološke građe otoka te je 1976. godine izrađen sintetski prikaz geologije Hvara (Herak i dr., 1976). Prvo sustavno geološko istraživanje Hvara bilo je 1968. godine za potrebe izrade osnovne geološke karte 1:100000, a istraživanje je vodio Institut za geološka istraživanja iz Zagreba. Otok Hvar obuhvaćen je u listovima: Jelsa (Marinčić i Majcen, 1968), Vis (Borović i dr., 1968) te Ploče (Marinčić i dr., 1971).

Otok Hvar primarno je izgrađen od stijena nastalih taloženjem u plitkom moru kao dio nekadašnje mezozojske karbonatne platforme (Marinčić, 1995; Vlahović i dr., 2005). Nastao je u okolišu koji se danas može usporediti s tropskim i subtropskim područjima (Marinčić, 1995). Općenito, otok predstavlja veliku prebačenu antiklinalu (Brusje-Sućuraj) izgrađenu od karbonatnih stijena, navučenih na južnom dijelu otoka na srednje eocenske dubokomorske pješčenjake i lapore (Marinčić i Majcen, 1976; Borović i dr., 1977).

Najstariji izdanci pripadaju razdoblju donje krede te ujedno izgrađuju jezgru antiklinale. Nalaze se u središnjem i zapadnom dijelu otoka u području Pitava, Svirača, Vrisnika, Selca i Velog Grablja (sl. 2) (Borović i dr, 1977; Bognar, 1990). To su smeđesivi dobro uslojeni dolomiti s rijetkim proslojcima i tankim lećama vapnenca, ukupne debljine od oko 400 m te dobro uslojeni vapnenci koji obrubljuju i zatvaraju krila dolomitne donjokredne antiklinale, ukupne debljine od oko 200 m (Marinčić, 1995).

Kontinuirano na naslagama donje krede, taložene su gornjokredne naslage. To su tamnosivi dolomiti s proslojcima vapnenca debljine od oko 600 m koji se nalaze na zapadnom

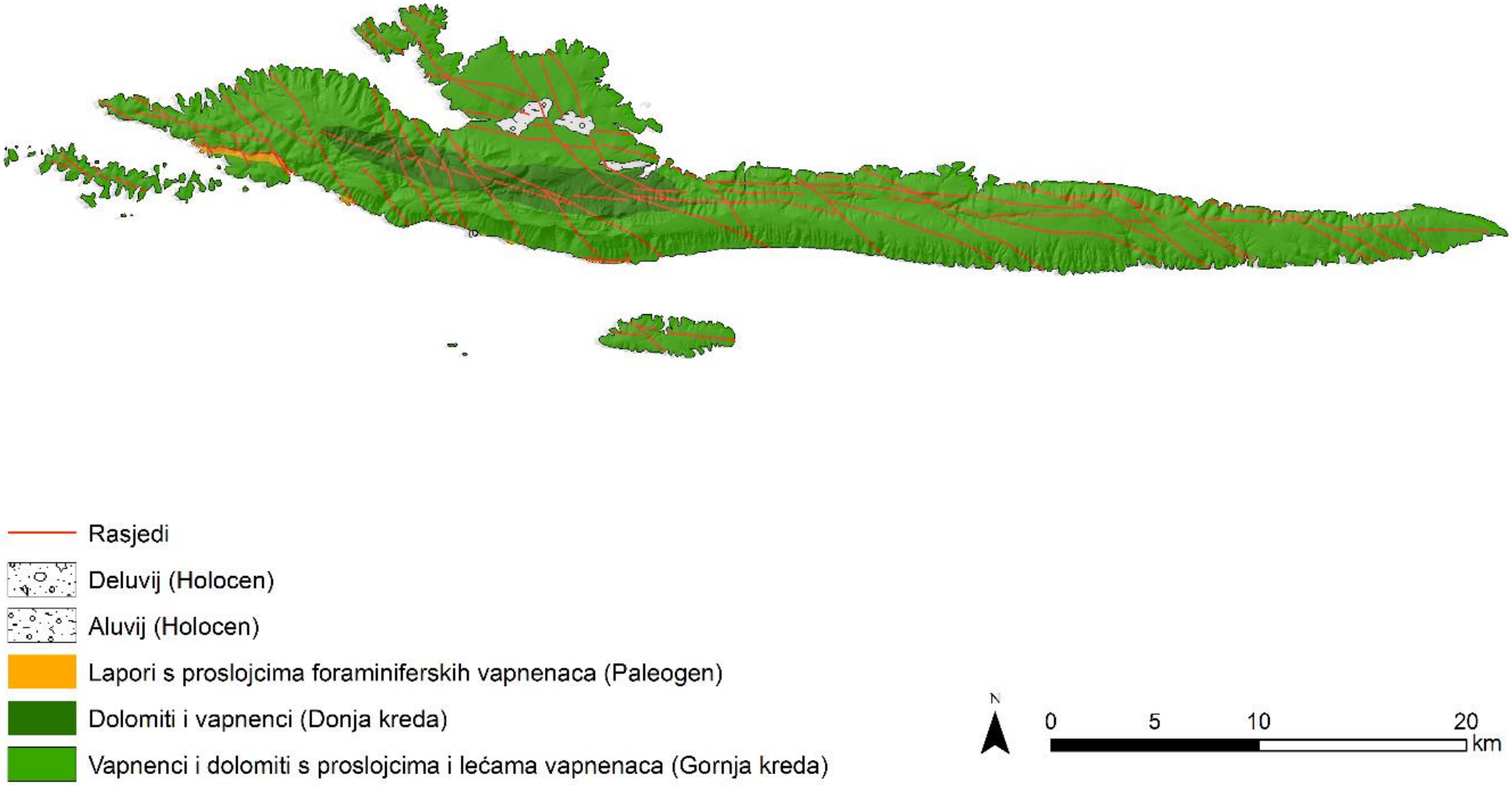
dijelu otoka, na području između Starog Grada, Vrboske i Jelse (Borović i dr., 1977; Bognar, 1990). Također, nalaze se i dobro uslojeni smeđesivi vapnenci, debljine od oko 400 m, koji se pružaju duž krila glavne otočne antiklinale. Na perifernim dijelovima krila antiklinale, nalaze se dobro uslojeni i gromadasti rudistni vapnenci debljine od oko 600 m. To su svijetlosmeđi i bijeli vapnenci s tankim proslojcima dolomita (Herak i dr., 1976). Na krajnjem istoku otoka, u okolici Sućurja te na zapadnom dijelu, između Hvara i Milne, također se nalaze dobro uslojeni svijetlosivi vapnenci (Borović i dr., 1977; Bognar, 1990).

Paleogenski sedimenti su na otoku Hvaru slabo zastupljeni. Nalaze se na nekoliko izoliranih lokaliteta, u području grada Hvara i Milne, na rtu Zaraće, obalnom dijelu Svete Nedjelje te zapadno od Zavale. Sedimenti su istaloženi na okršenoj krednoj stijenskoj podlozi s mjestimičnim naslagama boksita. Paleogenske naslage čine foraminiferski vapnenci debljine oko 100 m, prijelazni lapori te dubokomorski pješčenjaci i lapori (Pavelić i dr., 2011; Borović i dr., 1977).

Kvartarni sedimenti javljaju se u obliku aluvijalnih, deluvijalnih, koluvijalnih, proluvijalnih i eolskih naslaga. Aluvijalne naslage nalaze se u Starogradskom polju, u području Starog Grada, Vrbanja, Jelse, Vrboske i Svirača. Nastaju akumulacijom sedimenta fluvijalnog porijekla, a čine ih pijesci, silt i crvenica (Marinčić i Majcen, 1976; Borović i dr., 1977; Bognar, 1990). Deluvijalne naslage predstavljene su kvartarnim brečama i nalaze se na južnoj strani otoka, u širem obalnom području Sv. Nedjelje do nadmorske visine od 200 m. Također, manjim dijelom se nalaze uz Zavalu (Marinčić i Majcen, 1976; Bognar, 1990). Terenskim radom utvrđeno je kako se deluvijalne naslage nalaze u puno širem području, od Svete Nedjelje gotovo cijelim obalnim pojasom do Gdinjskih vala. Proluvij se nalazi u obliku proluvijalnih plavina, gdje se materijal akumulira na završecima jaruga u kojima se najčešće formira žalo (Bognar, 1990; Faivre i Mićunović, 2017). Koluvij je predstavljen siparima. Uglavnom se nalaze na strmim južnim padinama Hvara, u okolici Sv. Nedjelje i Zavale, na višim nadmorskim visinama (Bognar, 1990) te na strmijim dijelovima između Vrisnika, Pitava i Jelse (Marković-Marjanović, 1976). Na Hvaru se razlikuju 3 generacije sipara: 1. najstariji su tzv. Crveni sipari, oblikovani od vapnenca i dolomita, povezani terra rossom – crvenicom, 2. sipari nastali od nezaobljenih vapnenaca i dolomita povezani žutim lesnim materijalom te 3. najmlađi i najočuvaniji sipari koji se nalaze u najvišim i najstrmijim dijelovima otoka (npr. strmci kod Sv. Nedjelje) (Marković-Marjanović, 1976). Eolski sedimenti rasprostranjeni su isključivo na sjevernoj strani otoka, na nižim nadmorskim

visinama, do 160 m. Nalaze se na krajnjem istoku otoka - u okolici Sućurja, uz obalu u okolici Jelse, Vrisnika, Vrbanja, Dola te Starog Grada (Marković-Marjanović, 1976).

Otok Hvar danas strukturno predstavlja antiklinalu u smjeru istok-zapad koja postupno tone prema istoku. Antiklinala je nagnuta prema jugu pa je južna strana strmija od sjeverne (Borović i dr., 1977). Paralelno uz glavnu otočku antiklinalu, između Starog Grada i Vrboske, pruža se manja sekundarna antiklinala. Između Starog Grada i Jelse pa sve do Gdinja, rasjed presijeca glavnu otočku antiklinalu što je dovelo do djelomičnog spuštanja sjevernog krila antiklinale (Bognar, 1990). Cijeli je otok ispresijecan paralelnim rasjedima (Marinčić i Majcen, 1976; Borović i dr., 1977) (Sl. 2) koji se pružaju u smjeru SZ-JI što ima veliki značaj za razvoj reljefa otoka.

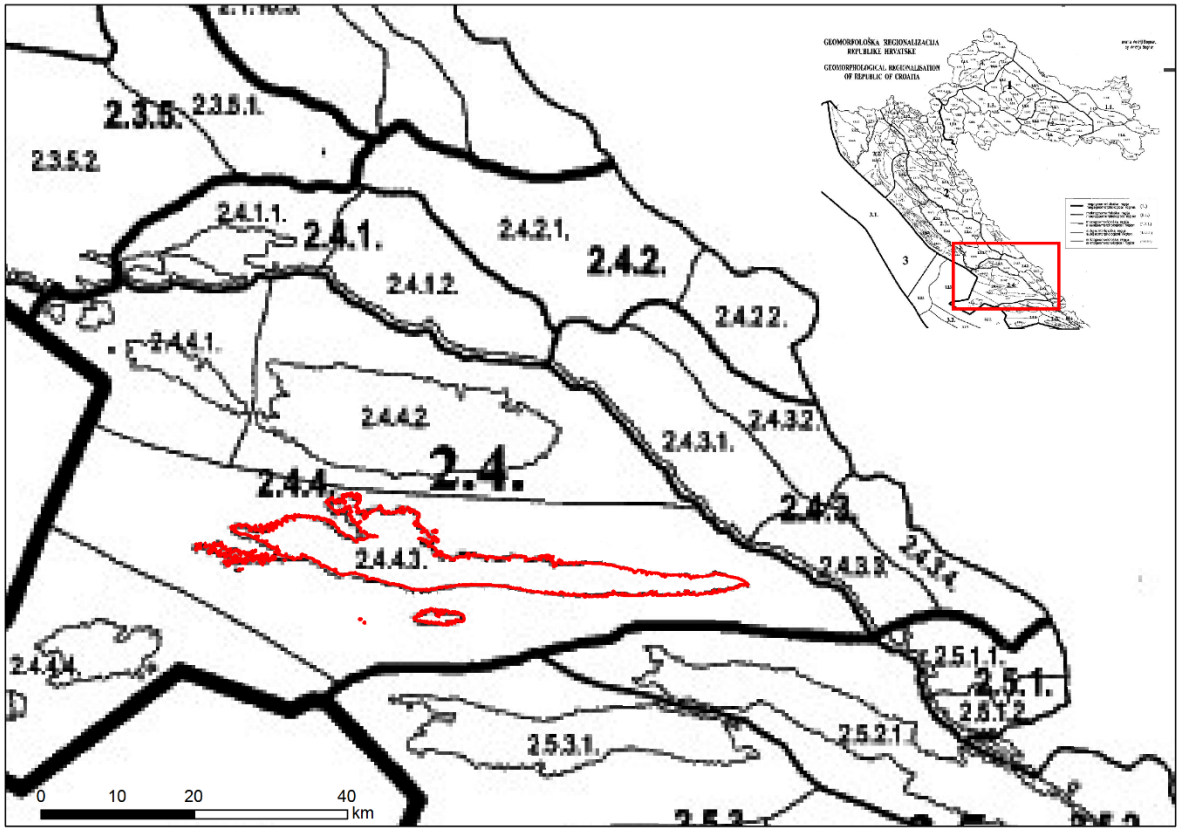


Sl. 2. Pojednostavljena geološka karta otoka Hvara
Izvor: Borović i dr., 1977; Marinčić, Majcen, 1976.; Marinčić i dr., 1971

4.2. Geomorfološka obilježja

Geomorfološka obilježja otoka Hvara do sada nisu često istraživana. Roglić (1977) se u radu o prilogu geografiji Hvara dotakao geomorfoloških obilježja Hvara, dok je Bognar (1990) u svom radu *Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa* dao značajan doprinos u istraživanju geomorfologije otoka Hvara. Božićević (1995) je napisao osvrt o geomorfologiji i hidrogeologiji otoka Hvara, a Faivre i Mićunović (2017) su istraživali promjene geomorfološkog sustava jaruga – žalo na području Svete Nedjelje.

Prema geomorfološkoj regionalizaciji (Bognar, 2001) koja je napravljena na temelju morfostrukturnih, morfogenetskih, orografskih i litoloških datosti, otok Hvar, kao i cijela Dalmacija, Lika, Gorski kotar i Istra, pripada makrogeomorfološkoj regiji Dinarskog gorskog sustava (hrvatski dio). Pod mezogeomorfološku regiju ubraja se u Centralnu Dalmaciju s arhipelagom, kao subgeomorfološka regija centralnodalmatinski arhipelag te kao najmanja jedinica, mikrogeomorfološka regija, izdvaja se otok Hvar s arhipelagom (sl. 3).



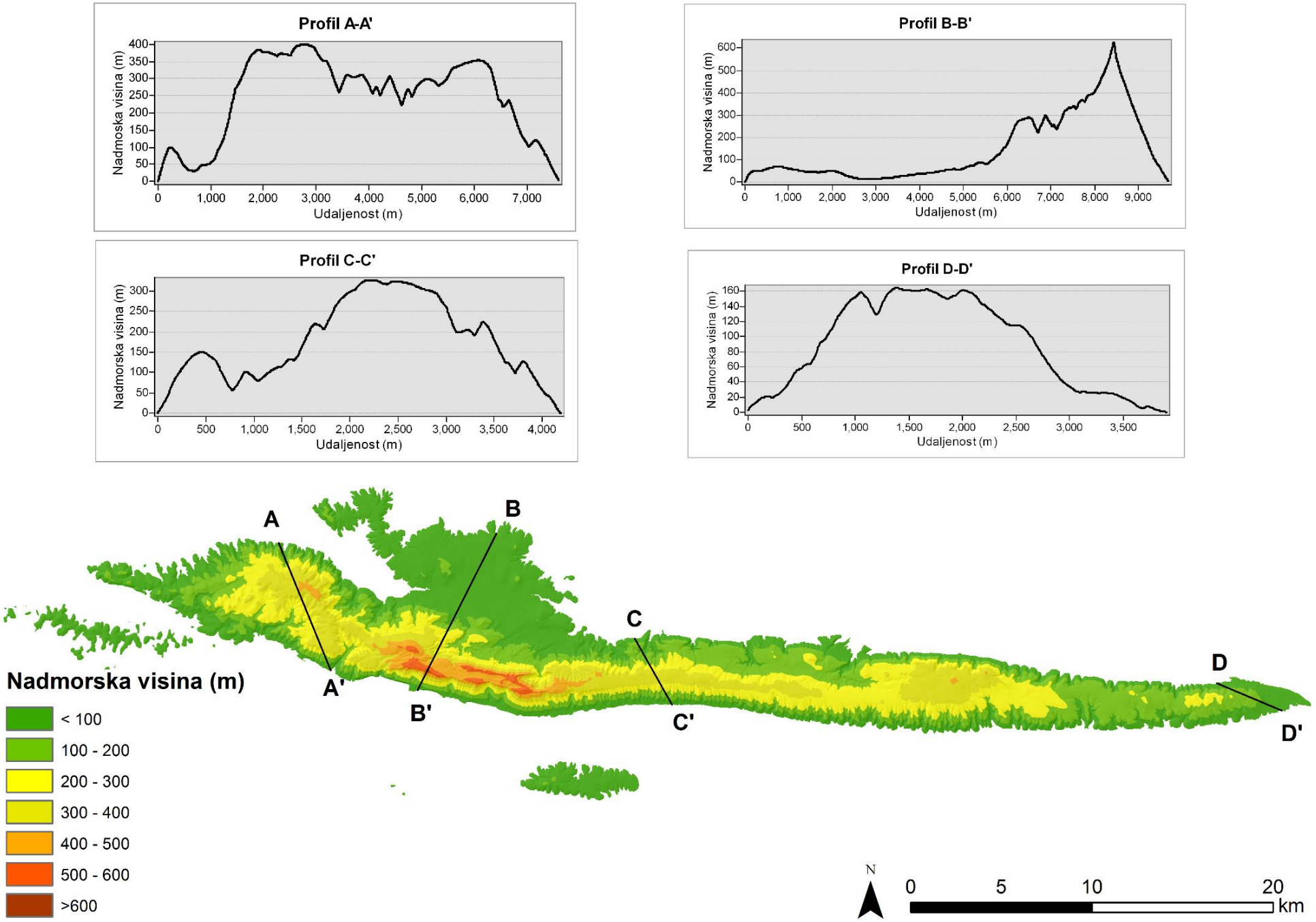
Sl. 3. Geomorfološki položaj otoka Hvara, prema Bognar (2001)

Hvar je izduženog i asimetričnog oblika, na istoku je jednostavan, a na zapadu postaje viši, širi i složeniji (Roglić, 1977). Morfografska obilježja otoka Hvara određuje orografski oblik reljefa. Orografski se može izdvojiti nekoliko cjelina na otoku: Hrbat otoka, Starogradsko polje i poluotok Rudine-Kabal (Bognar, 1990).

Hrbat otoka pruža se gotovo cijelom duljinom u smjeru istok-zapad. To je najistaknutija cjelina na koju su utjecali jaka tektonska aktivnost i litološki sastav. U odnosu na hrbat otoka, južne su padine jednostavnije i strmije, a sjeverne složenije i raščlanjenije (sl. 4) (Faivre i Mićunović, 2017). Najveće visine otoka nalaze se na zapadnom dijelu hrpta gdje prelaze 500 m, a najviši vrh otoka, 628 m - Sv. Nikola, nalazi se iznad mjesta sv. Nedjelja. Visine se idući od zapada prema istoku postupno smanjuju.

Starogradsko polje smješteno je u središnjem dijelu zapadnog dijela otoka, između hrpta i poluotoka Kabla. Tipični je primjer polja u kršu s površinom od 13 km^2. Najveći dio polja uglavnom je ispod 50 m nadmorske visine. Danas je djelomično potopljeno te je na tom mjestu duboko uvučeni Starogradski zaljev (Roglić, 1977). Polje je tektonski predisponirano, a današnji zaravnjeni izgled oblikovan je djelovanjem korozije, padinskih, fluvijalnih i fluviodenudacijskih procesa (Bognar, 1990).

Poluotok Rudine-Kabal uglavnom je niže od 100 m nadmorske visine, a najveću visinu ima na krajnjem zapadnom dijelu gdje doseže 129 m. Pruža se u smjeru SZ – JI s dužinom od 3 km.



Sl.4. Hipsometrijska karta otoka Hvara s istaknutim profilima reljefa

Današnji izgled reljefa dokazuje snažnu strukturnu predispoziciju, odnosno utjecaj endogenih procesa (boranje, rasjedanje), kao i dugotrajan utjecaj egzogenih sila na oblikovanje reljefa (padinskim, fluvijalnim, fluviodenudacijskim, krškim, abrazijskim i eolskim procesima). Litološka obilježja također su utjecala na diferencijaciju aktualnih reljefnih oblika stoga danas reljef otoka ima specifična morfometrijska obilježja (Bognar, 1990; Faivre i Mićunović, 2017). Morfometrijska obilježja analizirana su standardnim metodama: hipsometrijom, nagibom padina, vertikalnom raščlanjenosti te ekspozicijom padina.

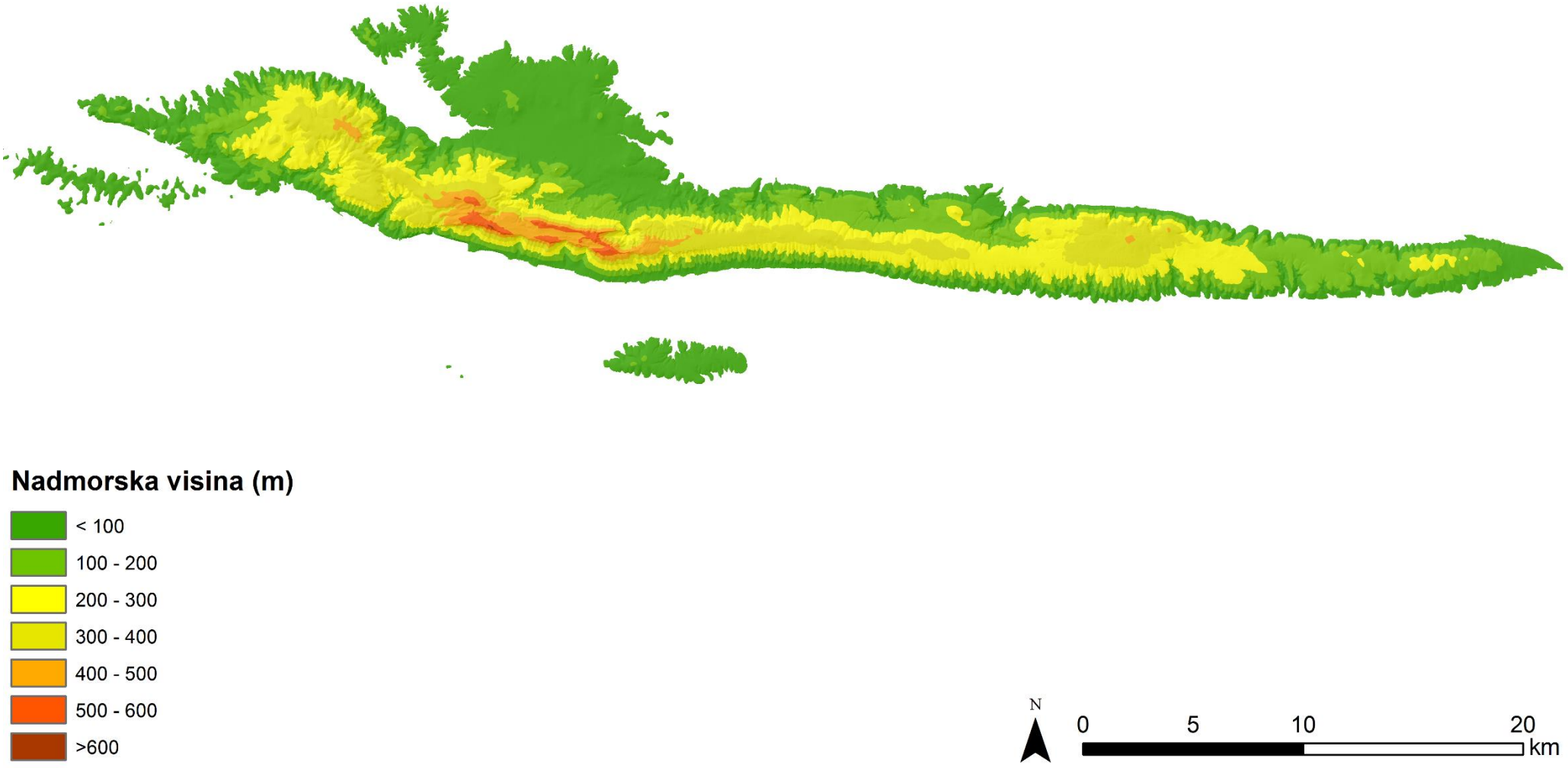
4.2.2.1.Hipsometrija

Na hipsometrijskoj karti, na slici 5, vidljivo je da najveće površine zauzimaju visine do 200 m te se nalaze uz obalu i pretežno na području Starogradskog polja i poluotoka Kabal-Rudine. Središnji dio otoka, uz hrbat, obuhvaća visine od 300 do 400 m. Najviši su dijelovi iznad 500 m te uključujući najviši vrh iznad 600 m, smješteni u središnjem dijelu zapadnog dijela otoka. Iz karte je vidljivo kako se visine postupno smanjuju prema istoku.

Izračunom površinskih udjela hipsometrijskih razreda, vidljivo je kako se udjeli površina razreda progresivno smanjuju s visinom (tablica 1).

Tab.1. Površinski udio hipsometrijskih razreda na otoku Hvaru

Hipsometrijski razredi (m)	**Udio u ukupnoj površini otoka (%)**
0-100	42,3
100 – 200	23,4
200 – 300	18,3
300 – 400	12,2
400 – 500	2,9
500 – 600	0,8
>600	0,1



Sl. 5. Hipsometrijska karta otoka Hvara

4.2.2.2.Nagibi padina

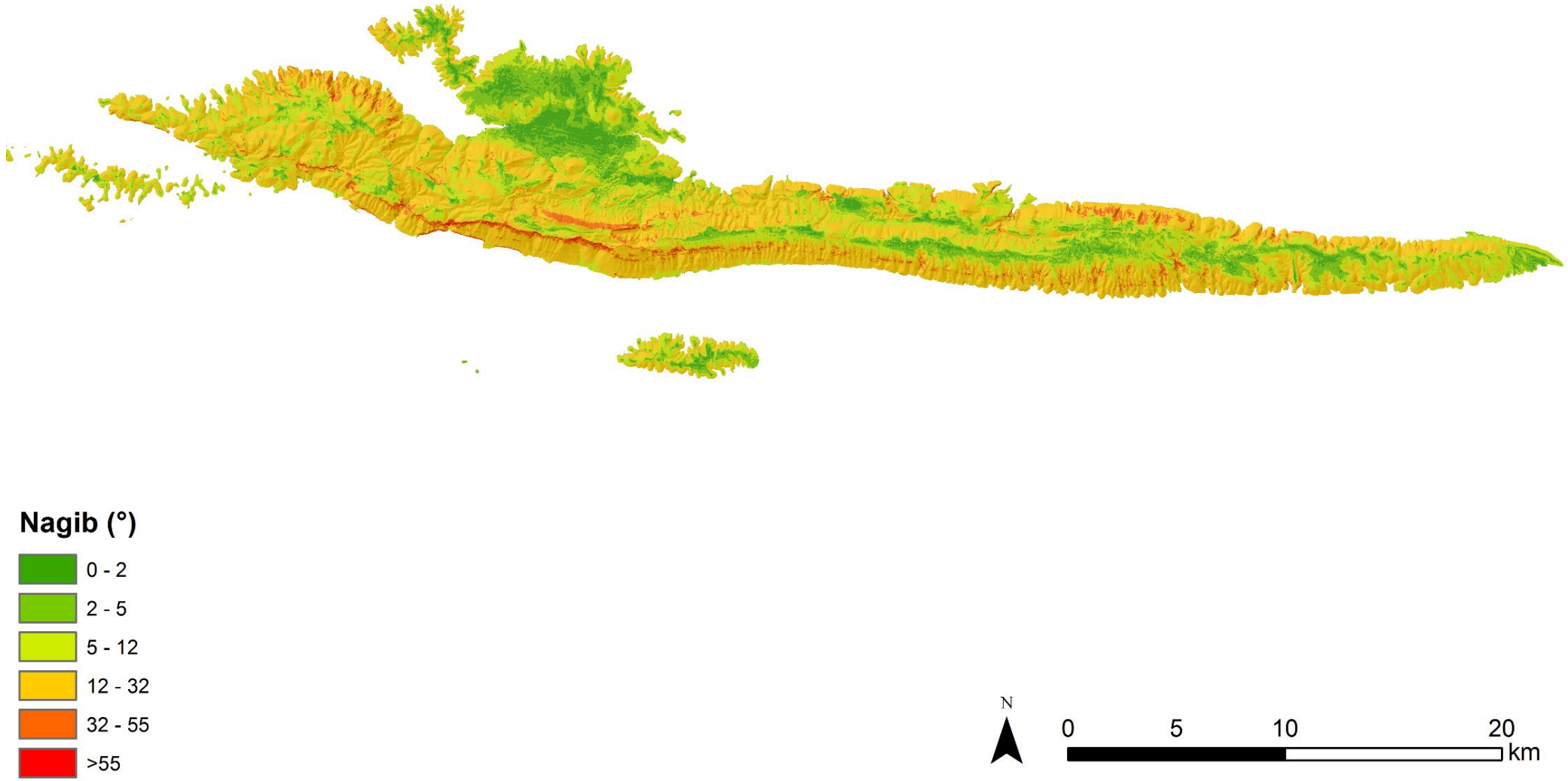
Nagibi padina klasificirani su po standardnoj geomorfološkoj klasifikaciji (Demek, 1972). Na Hvaru postoji svih šest kategorija nagiba (Bognar, 1990) prikazano na slici 6.

Najmanji nagibi, do 5° koji prikazuju ravnice i blago nagnuti teren obuhvaćaju područje Starogradskog polja, središnji dio poluotoka Rudine-Kabal te istočnog dijela Hvara, u literaturi nazivanog Plame (Bognar, 1990), koji predstavlja zaravnjene dijelove i uvale. Najveći površinski udio zauzimaju kategorije nagiba od 5° do 32° koji obuhvaćaju gotovo cijeli Hvar, dok su nagibi veći od 32° zastupljeni na strukturno predisponiranim uvalama na sjevernoj strani istočnog dijela otoka te na području glavnog hrpta u središnjem dijelu otoka podno kojeg su također zastupljeni nagibi veći od 55°, kao i uz klifove (sl. 6)

Udio pojedinih kategorija nagiba padina prikazan je u tablici 2 te je vidljivo kako najveće vrijednosti zauzimaju najmanju površinu, a nagib razreda 12-32° zauzima gotovo polovicu površine otoka.

Tab. 2. Površinski udio pojedinih razreda nagiba na otoku Hvaru

Nagib padina (°)	**Udio u ukupnoj površini (%)**
0 – 2	6
2 – 5	14,4
5 – 12	26,6
12 – 32	49,8
32 – 55	4
>55	0,2



Sl. 6. Karta nagiba padina otoka Hvara

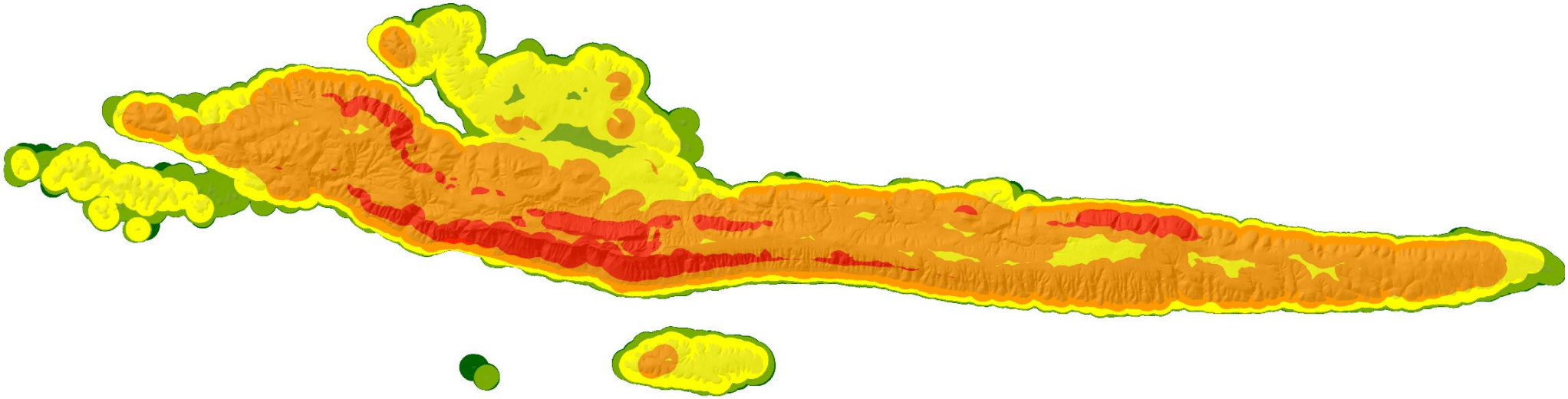
4.2.2.3. Vertikalna raščlanjenost reljefa

Standardne kategorije raščlanjenosti reljefa za Hrvatsku prema Bognaru (1992) su: 0-5 m/km^2 predstavlja zaravnjeni reljef, 5-30 m/km^2 slabo raščlanjene ravnice, 30-100 m/km^2 slabo raščlanjen reljef, 100-300 m/km^2 umjereno raščlanjen reljef, 300-800 m/km^2 izrazito raščlanjen reljef te više od 800 m/km^2 vrlo izrazito raščlanjen reljef. Prikazom vertikalne raščlanjenosti reljefa na karti moguće je uvidjeti posebnosti reljefnih oblika.

Na sl. 7 prikazana je karta vertikalne raščlanjenosti reljefa otoka Hvara na kojoj je vidljivo da samo uski obalni pojas na sjevernoj strani otoka uz dijelove Starogradskog polja ima zaravnjeni reljef i slabo raščlanjene ravnice. Slabo raščlanjeni reljef obuhvaća područje sjevernog dijela Starogradskog polja, područje oko Grada Hvara, Plame na istoku te krajnji istočni dio otoka, dok najveći površinski udio zauzima umjereno raščlanjeni reljef koji obuhvaća područje cijele otočne hrpta. Izrazito raščlanjen reljef javlja se podno hrpta u središnjem dijelu otoka. Usporede li se nagibi padina i vertikalna raščlanjenost, vidljivo je kako je reljef najraščlanjeniji upravo u području najvećih nagiba. Površinski udjeli u ukupnoj otočnoj površini prikazani su u tablici 3.

Tab.3. Površinski udio pojedinih razreda vertikalne raščlanjenosti reljefa na otoku Hvaru

Vertikalna raščlanjenost reljefa (m/km^2)	**Udio u ukupnoj površini (%)**
0 – 5	1,6
5 – 30	9,2
30 – 100	287
100 – 300	51,7
> 300	8,8



Sl. 7. Karta vertikalne raščlanjenosti otoka Hvara

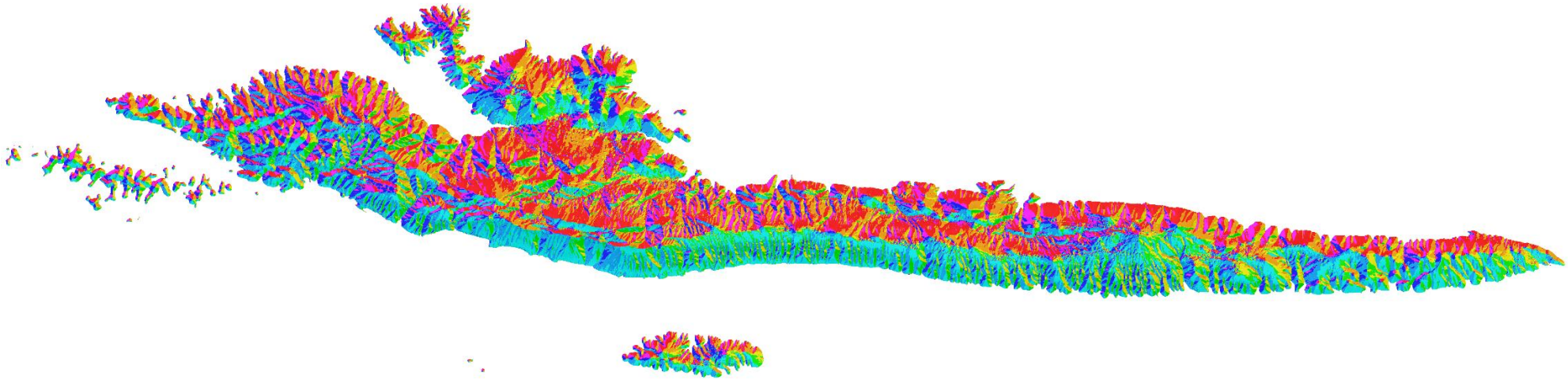
4.2.2.4.Orijentacija padina

Orijentacija padina ili ekspozicija podijeljena je u 8 razreda, po glavnim i sporednim stranama svijeta. O orijentaciji padina ovisi insolacija, utjecaj glavnih vjetrova i drugi klimatski utjecaji koji imaju veliku važnost za geomorfološke procese i oblikovanje reljefa.

Iz karte orijentacije padina otoka Hvara na slici 8 jasno je vidljivo kako hrbat dijeli otok na južnu i sjevernu stranu, a sjeverna i južna izloženost padina zauzimaju najveći udio u ukupnoj površini otoka. Ističe se i poluotok Kabal-Rudine čiji središnji hrbat također izdvaja sjevernu i južnu stranu poluotoka. Orijentacija padina je važna jer može utjecati na aktivaciju i intenzitet geomorfoloških procesa. Npr. južna strana, koja je prisojna, imat će veće temperaturne amplitude koje mogu utjecati na pojačano trošenje (Faivre i Mićunović, 2017). U tablici 4 prikazani su površinski udjeli u ukupnoj otočnoj površini.

Tab. 4. Površinski udio pojedinih razreda orijentacije padina otoka Hvara

Orijentacija padine	**Udio u ukupnoj površini (%)**
S	17,3
SI	13,7
I	9,4
JI	11,1
J	14,9
JZ	13,3
Z	9,4
SZ	10,9



Sl. 8. Karta orijentacije padina otoka Hvara

4.2.3. Morfogenetska obilježja

Na otoku se može izdvojiti šest morfogenetskih tipova reljefa: padinski, fluvijalni, fluviodenudacijski, krški, marinski i eolski. Po izduženom i asimetričnom obliku otoka Hvara (Roglić, 1977), vidljiva je jaka tektonska aktivnost što dokazuju i brojni poprečni rasjedi prikazani na geološkoj karti Hvara (sl. 2). Hvar je i danas tektonski aktivna morfostruktura koja se izdiže (Bognar, 1990). Otok predstavlja veliku antiklinalu koja je nagnuta prema jugu zbog čega postoji razlika u nagibima na sjevernoj i južnoj strani. Sjeverna i južna padina hrpta otoka poklapa se s krilima antiklinale (Marinčić i Majcen, 1976; Bognar, 1990).

Zapadno od sv. Nedjelje te zapadno od grada Hvara nalaze se strukturno predisponirani klifovi visine do 50 m. Abrazijski je utjecaj na klifove malen s obzirom na to da im je baza u dubokom moru pa je utjecaj valova neznatan (Faivre, osobna komunikacija). Također, treba istaknuti da je današnja obala Jadrana relativno mlada (Benac i Juračić, 1998; Faivre i Fouache, 2003; Surić, 2009). Značajniji je rasjed između Gdinja i Jelse te strukturni strmici (eskarpmani) koji su nastali na kontaktu dolomita i vapnenca, nagiba većih od 80° (sl. 6), a nalaze se na središnjem dijelu otoka podno sjeverne i južne strane glavnog hrpta. Takav tektonsko predisponirani oblik otoka pogodovao je aktiviranju brojnih geomorfoloških procesa.

Fluviodenudacijski i akumulacijski procesi ističu se na sjevernoj strani otoka, a u današnjim uvjetima vezani su uz aktivnost povremenih bujičnih vodotokova. Ti procesi se javljaju na području središnjeg dijela otoka, na sjevernoj strani glavnog hrpta otoka u području između Dola i Jelse, a završavaju akumulacijom materijala u Starogradskom polju te Jelšansko-Pitavskoj udolini. Padinski procesi karakteristični su za sve padine otoka, međutim njihov intenzitet se razlikuje ovisno o morfometrijskim obilježjima padina, npr. na padinama s većim nagibom (sl. 6) gdje uglavnom sudjeluju dolomiti koji su mehanički trošniji od vapnenaca intenzitet padinskih procesa bit će veći. Procesi koji se najčešće javljaju su osipanje, urušavanje, spiranje i jaruženje iz kojih primarno nastaju sipari i plavine (Bognar, 1990; Marković-Marjanović, 1976). Ispod strmaca se akumuliraju sipari. Najzastupljeniji su na južnim padinama hrpta otoka između naselja Sveta Nedjelja i Zavala. Jaruženje je, izuzev u Starogradskom polju, sveprisutan proces na cijelom otoku. Najintenzivnije je na južnoj strani otoka. Najčešća pojava jaruga je između naselja Zavala i Sućuraj, 9-10 jaruga/km^2 (Bognar, 1990), a značajnije se javljaju zapadno od Sv. Nedjelje do Zaraća. Zapadno od Starog Grada, nalaze se duboke i složenije jaruge, dok su na poluotoku Rudine-Kabal

jednostavnije i pliće jaruge. Na sutoku jaruga u more oblikovane su proluvijalne plavine (Bognar, 1990; Faivre i Mićunović, 2017).

Na cijelom otoku nalaze se škrape, a na predjelu Plame, u okolici Bogomolja, nalaze se plitke ponikve (Bognar, 1990). Speleološki objekti nalaze se na istočnom dijelu (npr. Grapčeva šilja), a nekoliko ih se nalazi i na zapadnom dijelu npr. Markova špilja i špilja iznad Sv. Nedjelje. Fluviokrški reljef zastupljen je u obliku zaravni i brojnih suhih dolina u središnjem dijelu otoka, oko naselja Pitve, Svirče, Vrisnik i Dol (Marković-Marjanović, 1976; Bognar, 1990). Brojne suhe doline danas su antropogeno izmijenjene izgradnjom terasa za poljoprivredu.

Najveći utjecaj na razvoj obala imala je građa otoka i tektonika te abrazijski procesi. Dijele se na visoke i niske obale. Visoke obale predstavljaju klifovi (Bognar, 1990), većinom uvjetovani strukturnim procesima. Najzastupljenije su na južnoj strani otoka. Niske obale su najrasprostranjenije i oblikovane su u monoklinalnim i horizontalno položenim slojevima. Jak utjecaj abrazije i korozije oblikuje mikro-reljefne oblike na obali poput škrapa i kamenica. Niske obale oblikovane u klastičnim sedimentima, žala, rjeđe su zastupljena (Bognar, 1990).

4.3. Klimatska obilježja

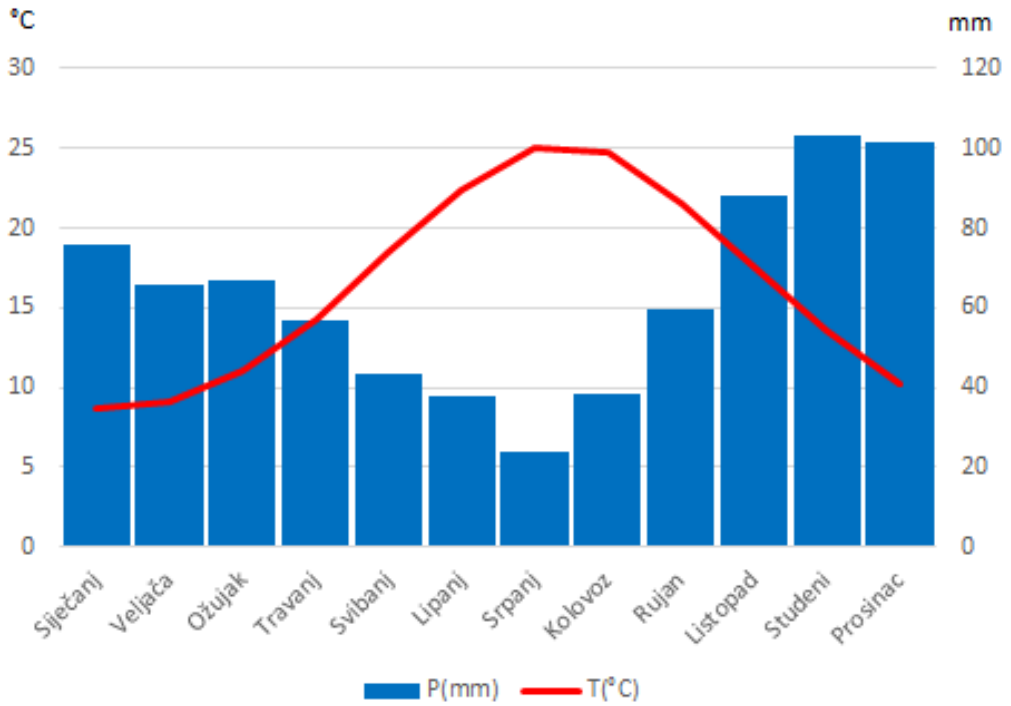
Meteorološka postaja Hvar, smještena u Gradu Hvaru, s aktivnim radom započela je 1858. godine te je jedna od najstarijih meteoroloških postaja u Republici Hrvatskoj (Makjanić i Volarić, 1977). Podaci su kontinuirani od 1867. godine, uz povremene prestanke rada za vrijeme Prvog i Drugog svjetskog rata. Meteorološka postaja Hvar jedina je meteorološka postaja na otoku. Uz navedenu, postoje još klimatološka postaja Jelsa te kišomjerne postaje u Brusju, Sv. Nedjelji, Zastražišću, Gdinju i Sućurju. Koordinate meteorološke postaje Hvar su 43°10' N i 16°27' E. Zahvaljujući dostupnosti stoljetnih podataka, moguće je izraditi preciznu i kvalitetnu analizu klime. Važno je napomenuti kako se svi obrađeni podaci odnose na meteorološku postaju Hvar zbog toga što su to jedini dostupni detaljni podaci DHMZ-a. Zbog specifičnosti reljefa otoka Hvara i njegove izduženosti, na Hvaru postoje mikroklimatske razlike koje su najizraženije između istočnog i zapadnog dijela otoka, kao i između unutrašnjosti i obale.

Otok Hvar, kao što je vidljivo i na klimadijagramu na sl. 9, zahvaljujući svom geografskom položaju ima tipičnu sredozemnu klimu, točnije, prema Kopenovoj klasifikaciji

- klimu masline (Csa) (Zaninović i dr., 2008). Specifičnost klime su suha razdoblja u toplom dijelu godine, gdje najsuši mjesec ima manje od 40 mm padalina. Također, obilježja klime su vruća, suha, izrazito vedra ljeta te blage, kišovite i vjetrovite zime s povremenim hladnim valovima (Šegota i Filipčić, 1996; Zaninović i dr., 2008).

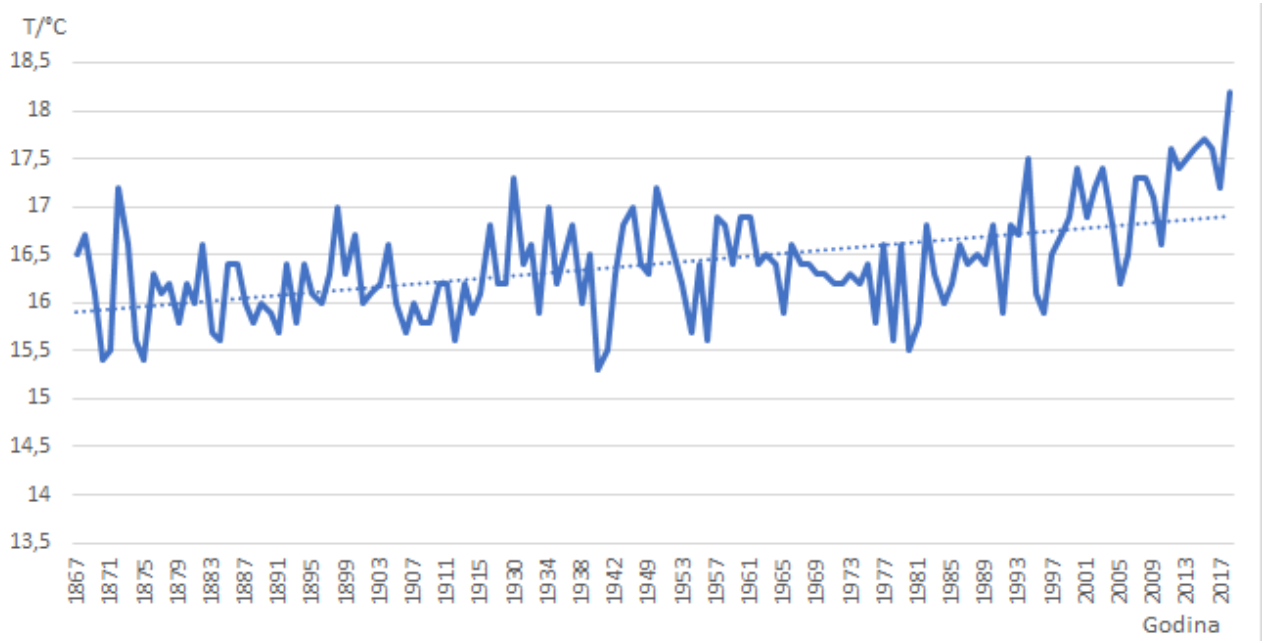
Hvar je poznat pod nazivom „sunčani Hvar“ upravo zato jer bilježi najveći broj sunčanih sati u Hrvatskoj. Godišnje sijanje sunca – insolacija, mjeri se neprekidno od 1952. godine te prema podacima DHMZ-a višegodišnji prosjek od 1952. do 2018. godine iznosi 2724,23 h/god (DHMZ). Od početka mjerenja, 2003. godine izmjeren je najveći ekstrem od čak 3054,3 h/god. Sukladno klimi masline i geografskom smještaju Hvara, najveće sijanje sunca zabilježeno je u mjesecu srpnju, s višegodišnjim prosjekom od 370,45 h, a najmanje u prosincu, s višegodišnjim prosjek od 118,1 h (DHMZ).

Sijanje sunca – insolacija, geografski položaj, udaljenost od mora i vjetar utječu na godišnji hod temperature zraka. Iz klimadijagrama na slici 9, vidljivo je da su srednje godišnje temperature zraka najveće u ljetnim mjesecima, u srpnju, iznosi 25,1°C, a najniže temperature su u zimskim mjesecima, u siječnju, iznosi 8,7°C.



Sl. 9. Klimadijagram za Hvar 1867.-2018.
Izvor: DHMZ

Na slici 10 prikazana je prosječna godišnja temperatura zraka za razdoblje 1867. – 2018. godine. Analizom podataka vidljiv je tren porasta temperature zraka za gotovo 1°C u navedenom razdoblju. Također, 2018. godine prvi put u povijesti mjerenja, srednja godišnja temperatura zraka iznosila je više od 18°C. Porast prosječne godišnje temperature zraka upućuje na zagrijavanje stoga se može povezati s klimatskim promjenama, što dovodi do pojave ekstremnih događaja različitih vrsta.



Sl. 10. Prosječna godišnja temperatura zraka za razdoblje 1867.-2018. za postaju Hvar. Podaci po godinama prikazani su punom, a linearni trend iscrtkanom linijom.
Izvor: DHMZ

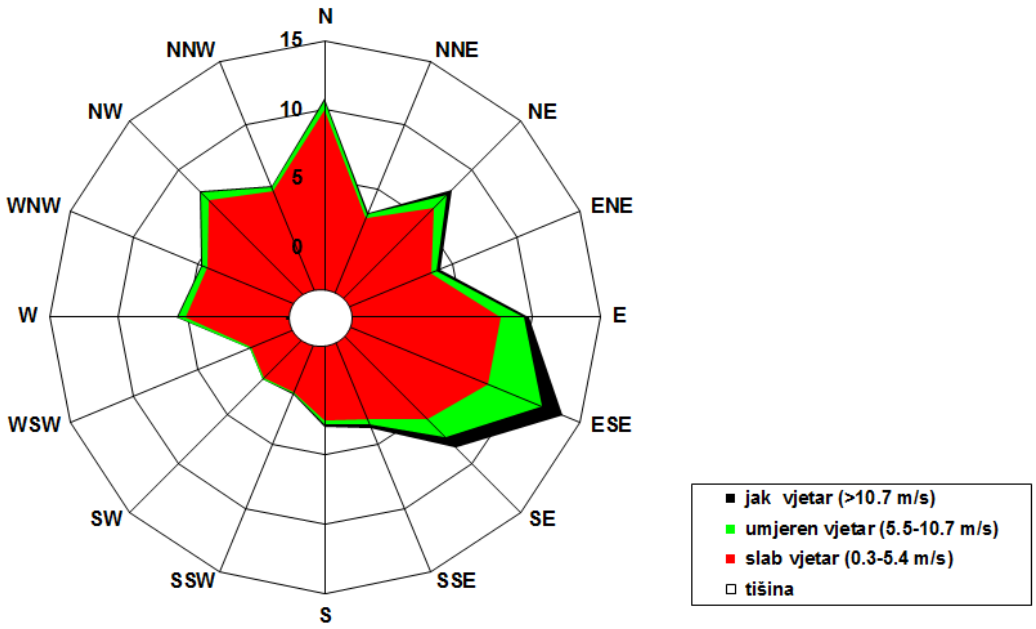
Sukladno klimi masline, godišnji hod padalina ima maksimum u hladnijem dijelu godine, sa srednjom mjesečnom količinom padalina u studenom i prosincu koja iznosi 103,3 mm, odnosno 101,4 mm, što je vidljivo na sl. 9. Minimum padalina je u mjesecu srpnju, za vrijeme najvećih temperatura, a srednja vrijednost iznosi 23,6 mm. Prema podacima DHMZ-a za period 1867. do 2018. godine, srednja ukupna vrijednost padalina za postaju Hvar iznosi 753,8 mm. Klimatske promjene očituju se povećanjem ekstrema padalina koje mogu dovesti do pojave značajnih bujičnih vodotoka što je u Hrvatskoj sve češća pojava, a posljedice tih ekstrema se mogu vidjeti i u promjenama u reljefu (npr. Faivre i dr., 2011; Patarčić i dr., 2014; Faivre i Mićunović, 2017).

Iako na istočnom dijelu nema meteorološke postaje, postoje podaci o količini padalina zbog postojanja kišomjerne postaje. Količina padalina raste od pučine prema kopnu te ovisi o reljefu pa postoje znatne razlike količine padalina na zapadnom i na istočnom dijelu otoka. Zapadni dio otoka otvoren je prema pučini te je okružen otocima, dok je istočni dio udaljen svega nekoliko kilometara od kopna i velikog planinskog masiva Biokova. Blizina Biokova znatno utječe na porast količine padalina. Tako Makjanić i Volarić (1977) ističu da je za 1974. godinu ukupna količina padalina u Sućurju iznosila 1110 mm.

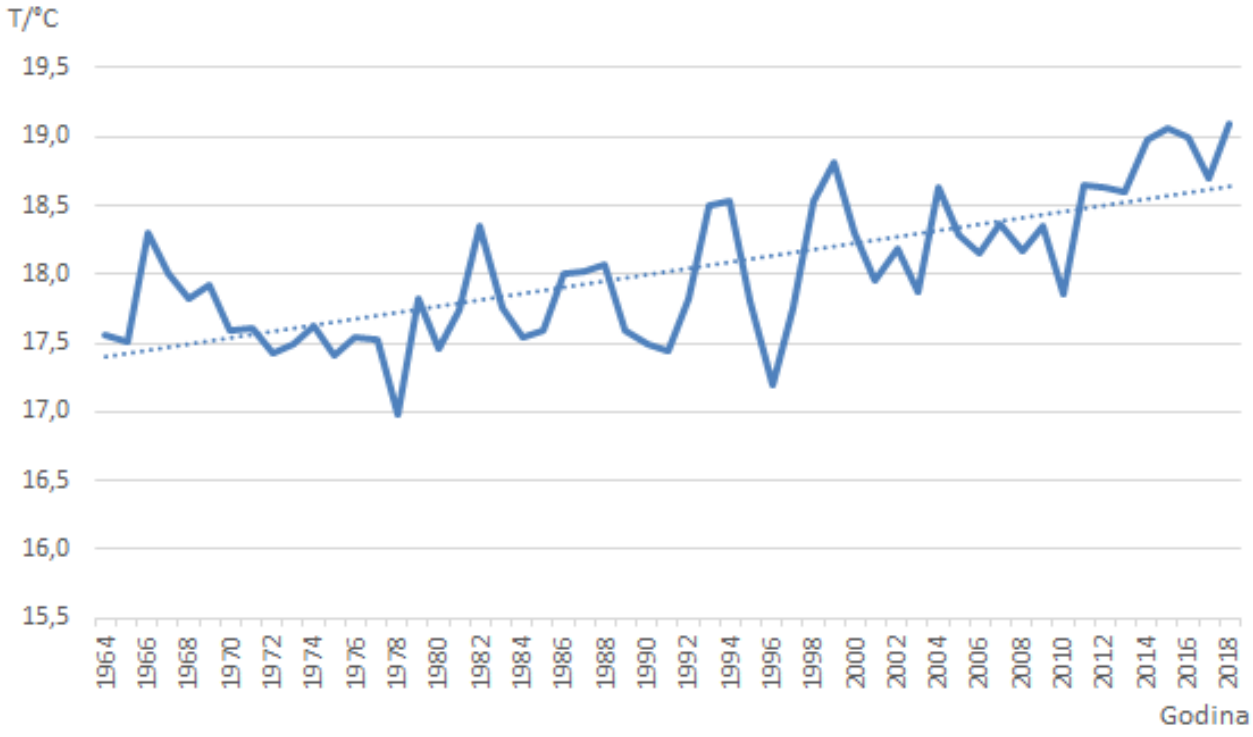
Prema podacima iz meteorološke postaje Hvar, izrađena je ruža vjetrova od početka mjerenja 1867. godine do 2015. godine. Obzirom da se postaja nalazi na južnoj strani otoka, podaci o smjeru puhanja i jačini vjetra vjerodostojniji su za južnu stranu otoka. Od vjetrova prevladavaju vjetrovi iz sjevernog i sjeveroistočnog, jugoistočnog te sjeverozapadnog kvadranta, poznatiji pod imenima bura, jugo i maestral (sl. 11). Bura se javlja tijekom cijele godine, ali je najizraženija zimi i u proljeće (Penzar i dr., 2001) te najviše utječe na sjevernu stranu otoka zbog direktnog položaja otoka prema sjeveru. Zapadni i sjeverozapadni vjetrovi (najčešće maestral) pušu za vrijeme toplog dijela godine te ljeti donose svježinu i ublažavaju vrućinu. Vjetrovi iz jugoistočnog kvadranta (najviše jugo) pušu najčešće u hladnoj polovici godine te imaju najveći utjecaj na južnu stranu otoka. Smjerovi puhanja glavnih vjetrova modificirani su reljefom (sl. 1), otocima koji okružuju Hvar (Pakleni otoci, Šćedro, Korčula, Pelješac, Brač). Južni vjetar različito utječe na istočni i zapadni dio Hvara. Uzimajući u obzir geografski položaj otoka Hvara (sl. 1), istočni dio zaštićen je Pelješcom, Korčulom i Šćedrom te jugo ima znatno manji utjecaj, dok je zapadni dio praktički izložen izravnom puhanju juga iz otvorenog mora. U otvorenom moru privjetrišta su duga što omogućava razvoj većih valova. Visina najvišeg izmjerenog vala za vrijeme juga na području Srednjeg Jadrana iznosila je 8,4 m (Peljar za male brodove I dio, 2002).

Temperatura mora u Gradu Hvaru (sl. 12), od početka mjerenja, 1964. do 2018. porasla je za gotovo 1,2 °C. Porast temperature mora, kao i temperature zraka može se također povezati s klimatskim promjenama što utječe na relativni porast razine mora koji je zabilježen na širem području otoka Hvara primjenom različitih metoda, npr. na otoku Visu (Faivre i dr., 2010), na širem području Makarske (Faivre i Butorac, 2018) i Šibenika (Shaw, 2013; Shaw i dr., 2016).

Područje otoka Hvara spada u kategoriju mikroplimnih obala s prosječnom amplitudom morskih mijena od ± 25 cm prema podacima mareografa u Splitu. Morske mijene nemaju veliki utjecaj na oblikovanje obale (Rajčić i dr., 2010; Faivre i Butorac, 2018).



Sl. 11. Ruža vjetrova za postaju Hvar u razdoblju 1867.-2015.
Izvor: DHMZ



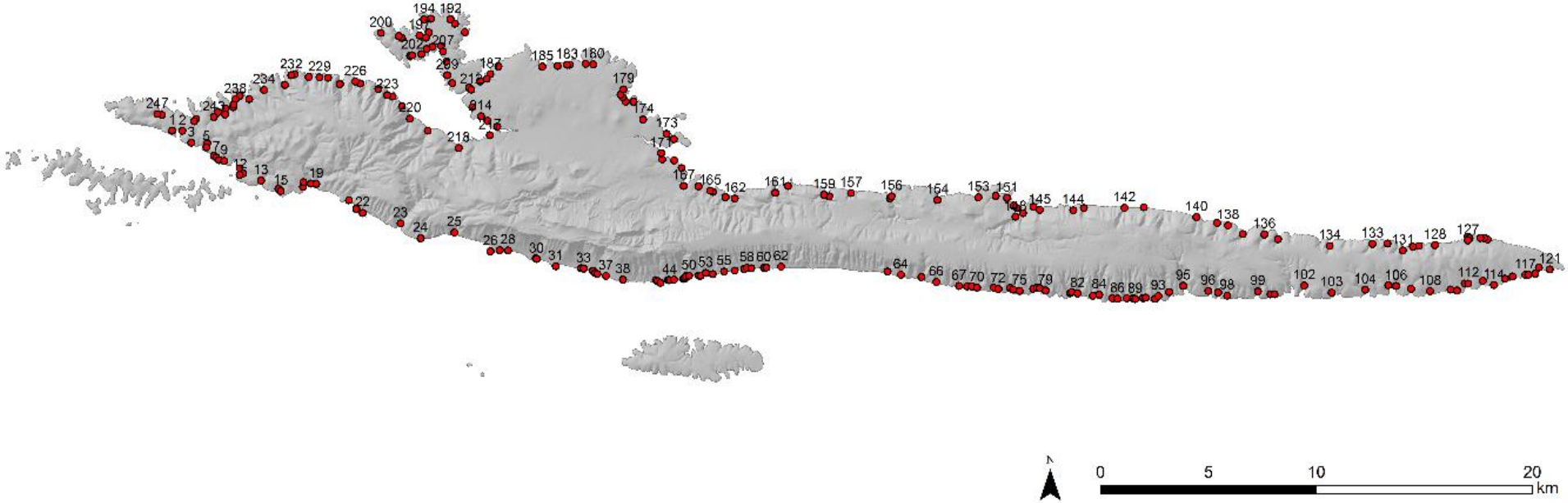
Sl. 12. Prosječna godišnja temperatura mora na mjernoj postaji Hvar za razdoblje 1964.-2018. Linearni trend prikazan je iscrtkanom linijom.
Izvor: DHMZ

5. Rezultati

Analize orto-foto snimaka (2011-2017) te rezultati terenskog rada (2018-2019) pokazali su da otok Hvar ima 247 žala (Tablica 5). U tablici su imenom i identifikacijskim brojem navedena sva žala, a u daljnjim analizama i grafovima bit će prikazani samo identifikacijskim brojem zbog jednostavnijeg prikaza. Obrađene su odabrane varijable: površina žala, odstupanje površine žala od prosjeka, orijentacija žala, površina drenažnog bazena, obilježja drenažnog bazena, duljina talvega, veličina sedimenta te antropogeni utjecaji čiji su rezultati prikazani u nastavku rada. Na slici 13 prikazane su lokacije svih žala na otoku Hvaru.

Tab.5. Nazivi i identifikacijski brojevi žala na otoku Hvaru

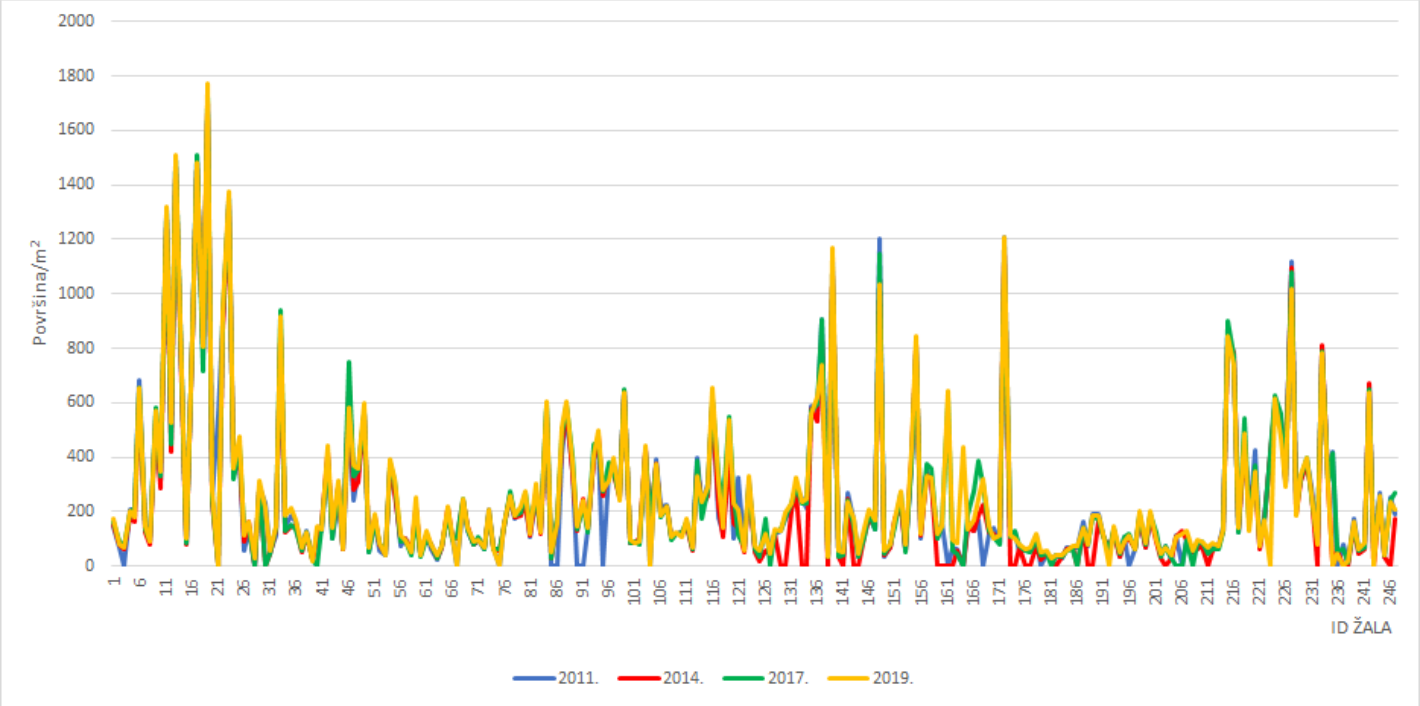
ID	IME ŽALA	ID	IME ŽALA	ID	IME ŽALA	ID	IME ŽALA	ID	IME ŽALA	ID	IME ŽALA	ID	IME ŽALA
1	Vela Garška 1	41	Petrovac	81	Srhov dolac 2	121	Sućuraj 3	161	Prapatna	201	Stupišće	241	Pribinja 2
2	Vela Garška 2	42	Zavala 1	82	Jedra	122	Dupca 1	162	Crkvica sv. Luka	202	Stupišće 2	242	Pribinja 3
3	Uleni bok	43	Zavala 2	83	Krivi dolac	123	Dupca 2	163	Zenčišće	203	Vuča	243	Vira
4	Sirena 1	44	Zavala 3	84	Skozanje	124	Dupca 3	164	Grebišće 1	204	Srednja lokva 1	244	Duga (Hvar) 1
5	Sirena 2	45	Zavala 4	85	Lučica	125	Mlaska 1	165	Grebišće 2	205	Srednja lokva 2	245	Duga 2
6	Podstine	46	Zavala 5	86	Soca	126	Mlaska 2	166	Mina	206	Veli dolac (Stari grad)	246	Parja 1
7	Majerovica	47	Zavala 6	87	Torac	127	Mlaska 3	167	Jelsa	207	Paklina	247	Parja 2
8	Majerovica 2	48	Zavala 7	88	Tvrdni dolac 1	128	Turišnja	168	Viternja 1	208	Hobonj		
9	Amfora	49	Zavala 8	89	Tvrdni dolac 2	129	Krivodolac	169	Viternja 2	209	Dvi uze		
10	Hvar-fratri	50	Zavala 9	90	Rapak 1	130	Studenac	170	Mala Vrboska 1	210	Veli Zelenikovac		
11	Križna luka	51	Bašćani bad 1	91	Rapak 2	131	Divlja vela	171	Mala Vrboska 2	211	Zavala (Stari grad)		
12	Hotel Galeb	52	Bašćani bad 2	92	Bočac	132	Didina Gornja	172	Soline	212	Zavala (Starigradska) 2		
13	Pokonji dol	53	Žutica 1	93	Veprinova	133	Didina Donja	173	Zavala Vrboska	213	Brizenica		
14	Mekićevica 1	54	Žutica 2	94	Kožja	134	Moševčica Vela	174	Maslinica	214	Arkada 1		
15	Mekićevica 2	55	Gnjila 1	95	Smrska	135	Mala Pogorila	175	Lučina vala	215	Arkada 2		
16	Mala Milna 1	56	Gnjila 2	96	Donji Pelinovik	136	Vela Pogorila	176	Basina 1	216	Stari grad		
17	Mala Milna 2	57	Gnjila 3	97	Gornji Pelinovik	137	Bristova	177	Basina 2	217	Duboka (Stari grad)		
18	Vela Milna 1	58	Gromin dolac 1	98	Ladena	138	Vele Gaćice	178	Basina 3	218	Maslinica		
19	Vela Milna 2	59	Gromin dolac 2	99	Smokvina	139	Stara uvala	179	Basina 4	219	sv. Ante		
20	Veli dolac	60	Gromin dolac 3	100	Vela Burina pazuha	140	Šolatuša	180	Oskorušica	220	Radočin dol		
21	Zoraće Malo	61	Gromin dolac 4	101	Mala Burina pazuha	141	Virak Gdinjski	181	Tatinja	221	Zaborje		
22	Zoraće Velo	62	Morića bad	102	Kozja Bogomoljska	142	Pakomina	182	Borova	222	Gračišće 1		
23	Dubovica	63	Veli bok	103	Veprinova Bogomoljska	143	Pobij	183	Mandrać	223	Gračišće 2		
24	Pišćena	64	Ljubinka	104	Ržišće	144	Veli Kučac	184	Mala Kopačina	224	Čisti dolac		
25	Lučišće	65	Prisinjak	105	Mrtinovik 1	145	Zaraće Gdinjsko 1	185	Stipanska (Rudine)	225	Mali Grabovac		
26	Sv. Nedjelja-marina	66	Duga pazuha	106	Mrtinovik 2	146	Zaraće Gdinjsko 2	186	Duboka (Rudine)	226	Veli bok (Bruški)		
27	Zogon	67	Vratinja paklina	107	Carevića vala	147	Pokrivenik 1	187	Žukova (Rudine) 1	227	Lučišće (Bruško)		
28	Šuplja stina	68	Badnjena	108	Slivanjske lučice	148	Pokrivenik 2	188	Žukova (Rudine) 2	228	Boke		
29	Jagodna 1	69	Veliki Črvanj	109	Juta grma	149	Pokrivenik 3	189	Žukova (Rudine) 3	229	Beričina		
30	Jagodna 2	70	Mali Črvanj	110	Okavina	150	Pokrivenik 4	190	Priluka	230	Grabovac		
31	Bojanić bad	71	Golubinka 1	111	Rasovatica 1	151	Pokrivenik 5	191	Vela Travna	231	Tatinja 1		
32	Ivan dolac 1	72	Golubinka 2	112	Rasovatica 2	152	Kruševa	192	Mala Travna	232	Tatinja 2		
33	Ivan dolac 2	73	Strvanj 1	113	Zidigova	153	Ključna	193	Dobrišova	233	Stiniva		
34	Ivan dolac 3	74	Strvanj 2	114	Žukova	154	Dubac	194	Mlaki rat	234	Sviračina		
35	Ivan dolac4	75	Križna lučica	115	Prapratna	155	Vela Stiniva	195	Vlaška 1	235	Lozna (Hvar)		
36	Ivan dolac 5	76	Medvidna 1	116	Perna Sućurska	156	Vela Stiniva 2	196	Vlaška 2	236	Zastupac		
37	Ivan dolac 6	77	Medvidna 2	117	Blaca 1	157	Zečja	197	Vlaška 3	237	Jagodna (Hvar) 1		
38	Medvid bad	78	Medvidna 3	118	Blaca 2	158	Mala Stiniva 1	198	Glavna 1	238	Jagodna (Hvar) 2		
39	Petarčica 1	79	Tiha	119	Sućuraj 1	159	Mala Stiniva 2	199	Glavna 2	239	Jagodna (Hvar) 3		
40	Petarčica 2	80	Srhov dolac	120	Sućuraj 2	160	Makarac	200	Lozna (Kabal)	240	Pribinja 1		



Sl. 13. Analizirana žala otoka Hvara

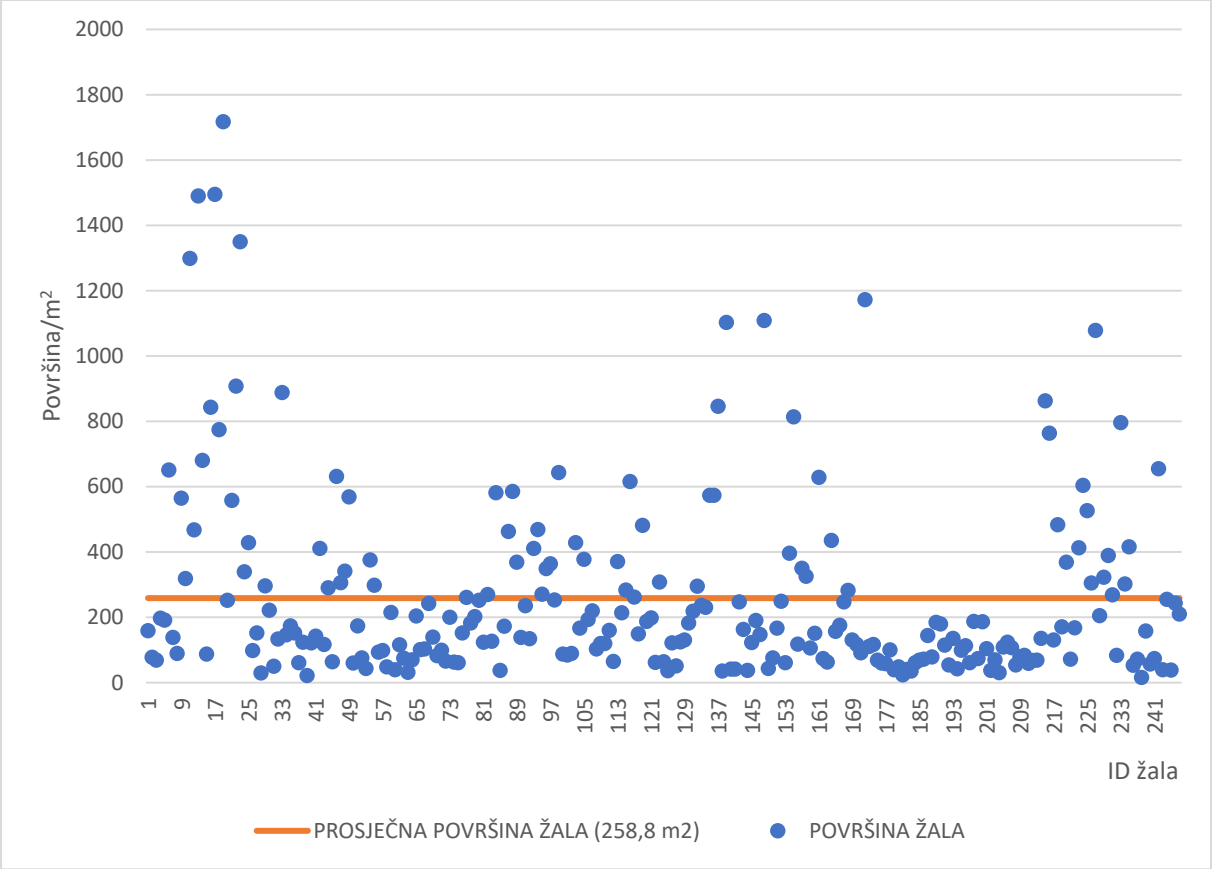
5.1.Površine žala

Na temelju satelitskih snimaka izmjerene su površine žala te su uspoređene u grafu prikazanom na slici 14. Svaka linija grafa predstavlja površine žala izmjerene s orto-foto snimka iz 2011., 2014., 2017. ili 2019. godine. Vidljivo je kako se gotovo sve linije grafa preklapaju, odnosno da je vrijednost površine žala slična. Na nekim mjestima javlja se greška zbog nemogućnosti mjerenja površine na određenim satelitskim snimkama (zbog valova, sjene ili slabije kvalitete snimke). Vrijednost je tada prikazana s 0. Maksimalna vrijednost, odnosno žalo s najvećom površinom iznosi 1717,8 m^2, a to je žalo Vela Milna 2 u naselju Milna. Minimalna vrijednost, odnosno žalo s najmanjom površinom iznosi 16 m^2, a to je žalo Jagodna 2 (hvarska) u uvali Jagodna, na sjevernoj strani otoka Hvara.



Sl.14. Površine žala mjerene sa satelitskih snimaka 2011., 2014., 2017. i 2019. godine.

Izračunata je srednja vrijednost površine žala na Hvaru koja iznosi 258,8 m^2. U dijagramu rasipanja na slici 15 prikazane su površine žala te njihove lokacije (ID žala). One su uspoređene s prosječnom vrijednosti pa je na grafu vidljivo kako je površina većine žala manja od prosjeka, što je detaljnije prikazano na grafu (sl. 15) gdje je vidljiv postotni udio žala koja su veća ili manja od prosječne veličine žala. Čak 69,2%, odnosno 171 žalo je manje od 258,8 m^2, a 30,8%, odnosno 76 žala je veće od prosječnog žala na Hvaru.

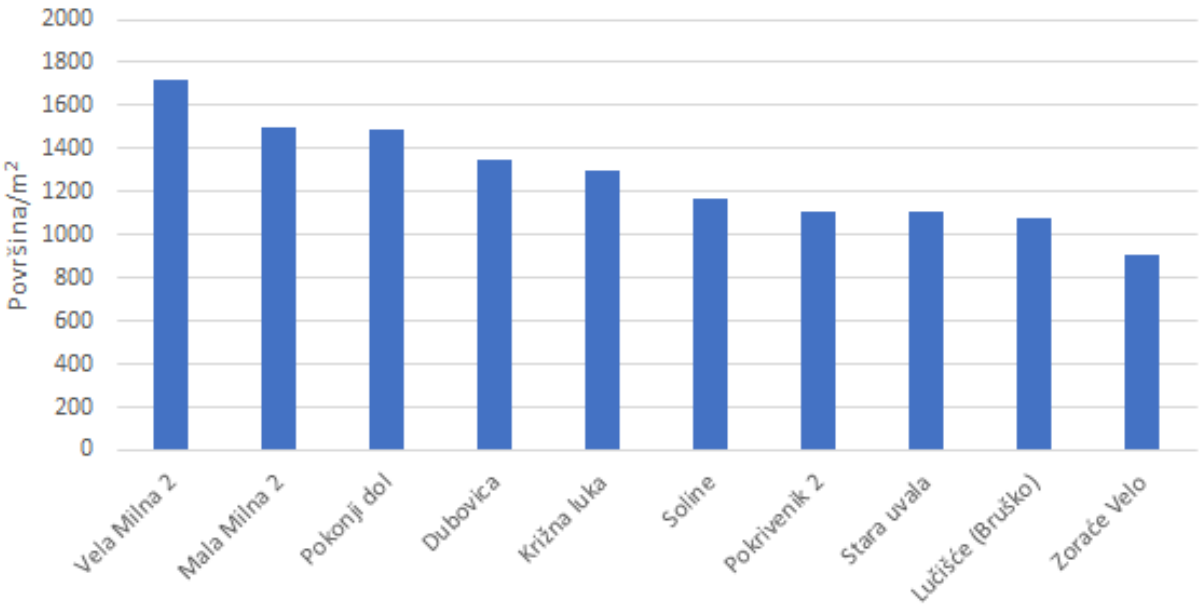


Sl.15. Dijagram rasipanja površina žala i prosječne vrijednosti žala na otoku Hvaru

Tab. 6. Postotni udio žala u odnosu na prosječnu veličinu

	Broj žala	Udio (%)
Žala veća od prosjeka	76	30,7692
Žala manja od prosjeka	171	69,2308

Na grafu na slici 16 prikazane su površine 10 najvećih žala. To su žala uglavnom veća od 1000 m^2. Najveće žalo s 1717,8 m^2 je Vela Milna 2, zatim slijedi Mala Milna 2, površine 1495 m^2. Oba se nalaze u mjestu Milna u neposrednoj blizini Grada Hvara. Treće žalo po površini zauzima Pokonji dol s površinom od 1489,8 m^2, slijedi Dubovica s 1350 m^2, pa Križna luka u Hvaru s 1298,8 m^2. Šesto najveće žalo je Soline kod Vrboske, površine 1172,15 m^2, zatim slijedi Pokrivenik 2 s 1108,36 m^2 smješteno u istoimenoj uvali. Stara uvala s 1102,9 m^2 je osmo najveće žalo, Lučišće (Bruško) s 1078,64 m^2 je deveto, a deseto po redu je Zoraće velo s 907,75 m^2. Zanimljivo je istaknuti kako se površinom najveća žala na Hvaru nalaze na zapadnom dijelu otoka, u relativnoj blizini Grada Hvara, izuzev žala Pokrivenik koje se nalazi na istočnom dijelu otoka.

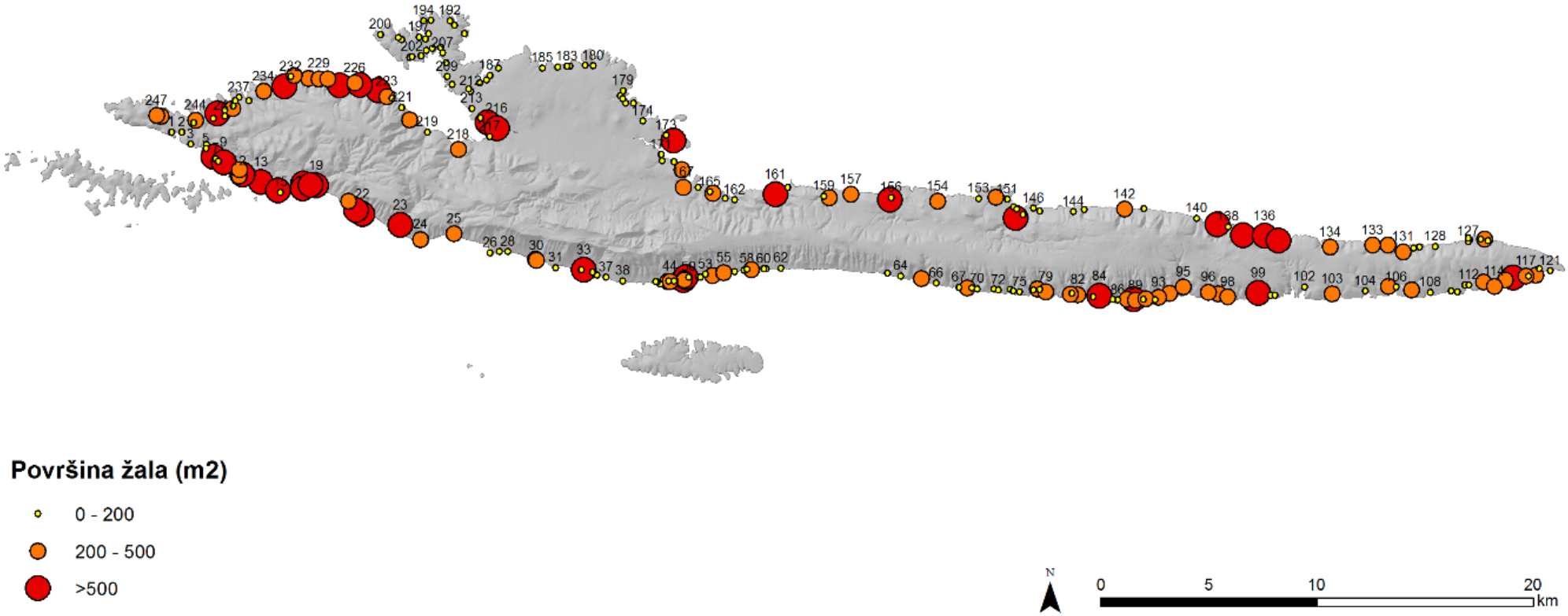


Sl. 16. Deset površinom najvećih žala na otoku Hvaru

Zbog lakše analize, žala su po veličini grupirana u tri kategorije (Tab. 7) (sl. 17). Prvi razred obuhvaća žala od 0 do 200 m^2 i odnosi se na 148, tj. 59,9% žala. Drugi po redu je razred od 200 do 500 m^2 koji obuhvaća 64 žala, odnosno 25,9% i to su srednja žala. Treći po redu je razred koji obuhvaća žala površinom veća od 500 m^2. To su velika žala kojih ima 36 i zauzimaju 14,2% svih žala.

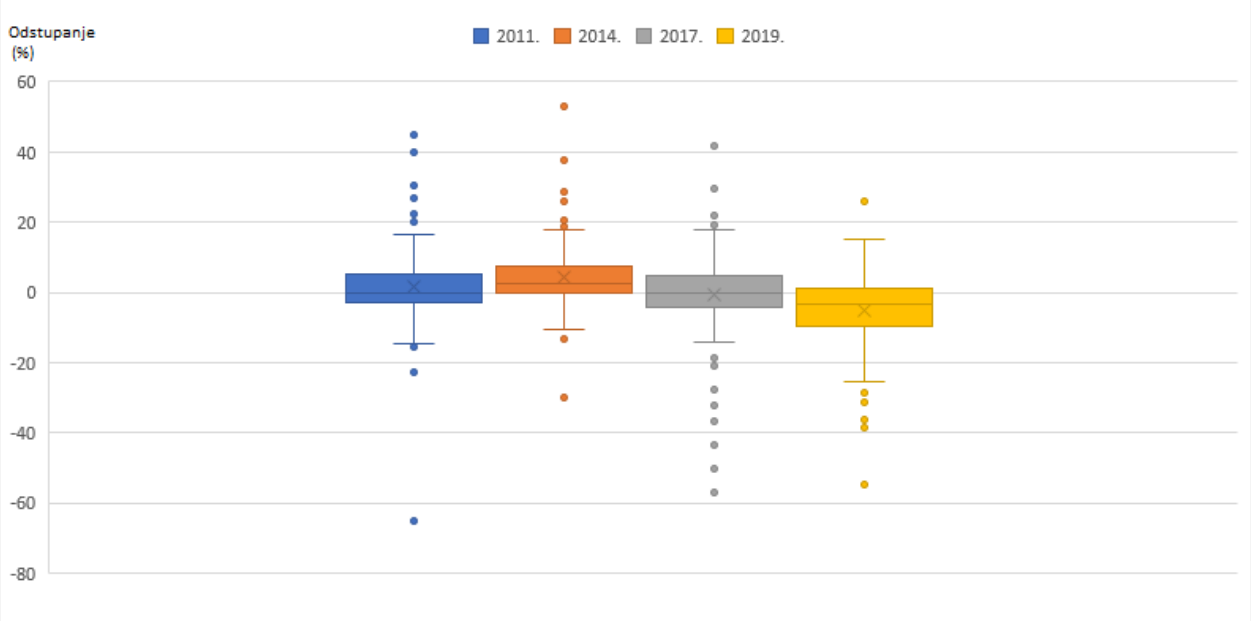
Tab. 7. Udio kategorija veličine žala na otoku Hvaru

	Površina (m^2)	Broj žala	Udio (%)
Mala žala	0-200	148	59,919
Srednja žala	200-500	64	25,9109
Velika žala	>500	35	14,17



Sl. 17. Kategorije žala po veličini na otoku Hvaru

Izmjerena površina žala sa svake satelitske snimke, zasebno je uspoređena s dobivenim prosjekom kako bi se vidjela odstupanja od prosjeka. Prvo je izračunato postotno odstupanje koje je prikazano na slici 18. Kutijasti dijagram ili box-plot dijagram sastoji se od pravokutnika koji obuhvaća podatke gornjeg i donjeg kvartila, odnosno u ovom slučaju površine koje imaju manja odstupanja (Serdar i Sošić, 2004). Točkama izvan pravokutnika prikazuju se ekstremni podaci koji predstavljaju vrijednosti koje odudaraju od drugih (Rozga i Grčić, 2009). Prema dobivenim rezultatima prikazanim na grafu na slici 18, najveća odstupanja od prosjeka vidljiva su na vrijednostima dobivenim sa snimke iz 2019. godine, zatim iz 2014. godine, dok površine sa snimki iz 2011. i 2017. godine imaju najmanje odstupanje. Također, izračunata su prosječna postotna odstupanja. Za 2011. godinu prosječno odstupanje bilo je od 7,7 do -5%, za 2014./2016. od 7,9 do -3,9 %, za 2017. godinu od 6,4 do -7,8% te za 2019. od 4,8 do -9,9%. Iz navedenih rezultata izračunato je srednje odstupanje za prosječne vrijednosti površina žala u rasponu od 6,7 do -6,7%. Stoga, iz izračunatih vrijednosti ispada da su površine imaju prosječno odstupanje ± 7%.



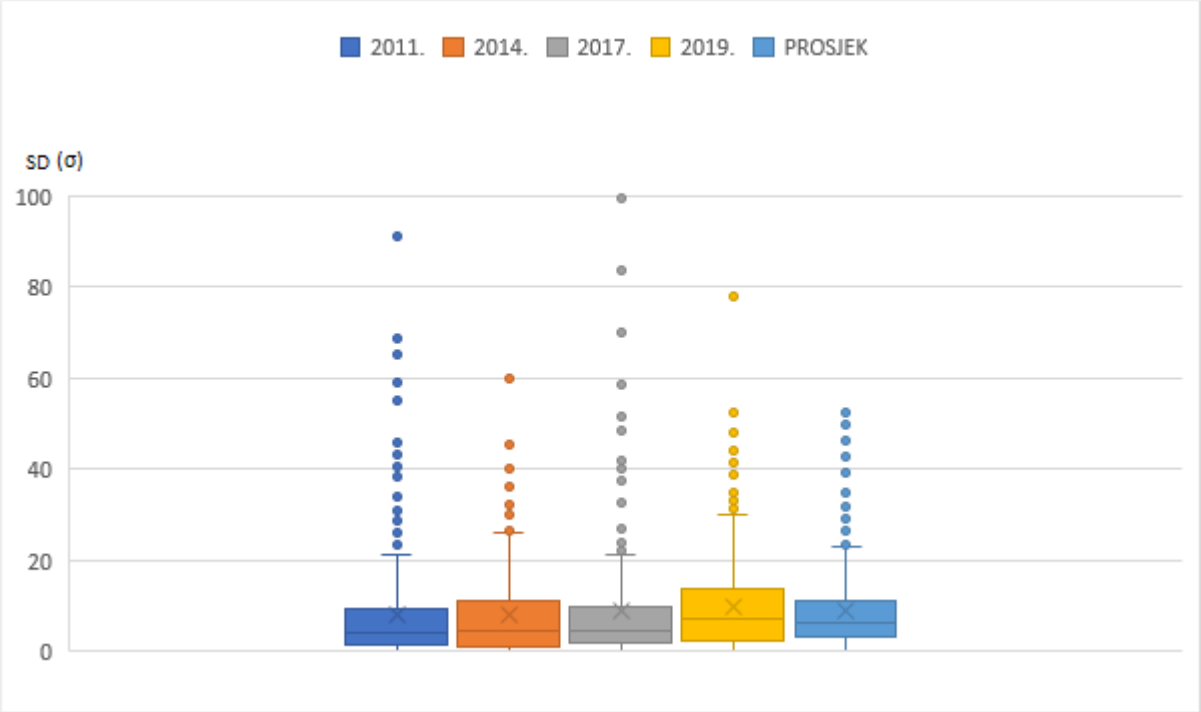
Sl. 18. Postotno odstupanje površina žala od prosječne vrijednosti

Preciznost izračunatih površina također je provjerena pomoću standardne devijacije. Standardna devijacija daje brojčanu procjenu preciznosti mjerenja, a što je rezultat manji to je preciznost veća (Rozga i Grčić, 2009). Preciznost tj. nepreciznost ne smije se zamijeniti pojmom netočnosti. Standardna devijacija također je prikazana kutijastim dijagramom (sl. 19) zbog jednostavnosti prikaza podataka. Iz dijagrama je vidljivo kako su podaci dobiveni

mjerenjem iz 2011., 2014. i 2017. godine relativno slični dok podaci 2019. godine malo odstupaju što na kraju utječe i na prosječne vrijednosti. Prosječna standardna devijacija za 2011. godinu iznosi 8,7, za 2014. godinu 9,1, za 2017. godinu 9,4, za 2019. godinu 10,4 što daje ukupnu prosječnu vrijednost 9,01. Prema rezultatima standardne devijacije, površine 2011. su najpreciznije dok su one iz 2019. godine najnepreciznije, odnosno imaju veće odstupanje.

Uspoređene su vrijednosti površina dobivene terenskim mjerenjem i mjerenjem sa satelitskih snimaka. Izračunato je odstupanje od – 10% do + 7,8%.

Analizirane su ekstremne vrijednosti dobivene izračunom postotnog odstupanja i standardne devijacije koje su točkasto prikazane na kutijastim dijagramima na slikama 18 i 19. Iz navedenoga je vidljivo kako se prilikom mjerenja standardne devijacije i postotnog odstupanja javljaju ekstremi, odnosno nepreciznosti i odstupanja kod nekih žala, npr. Jelsa, Sućuraj 1, 2 i 3, Blaca 1, Mina, Mlaska 2, Maslinica, Pokrivenik 1.

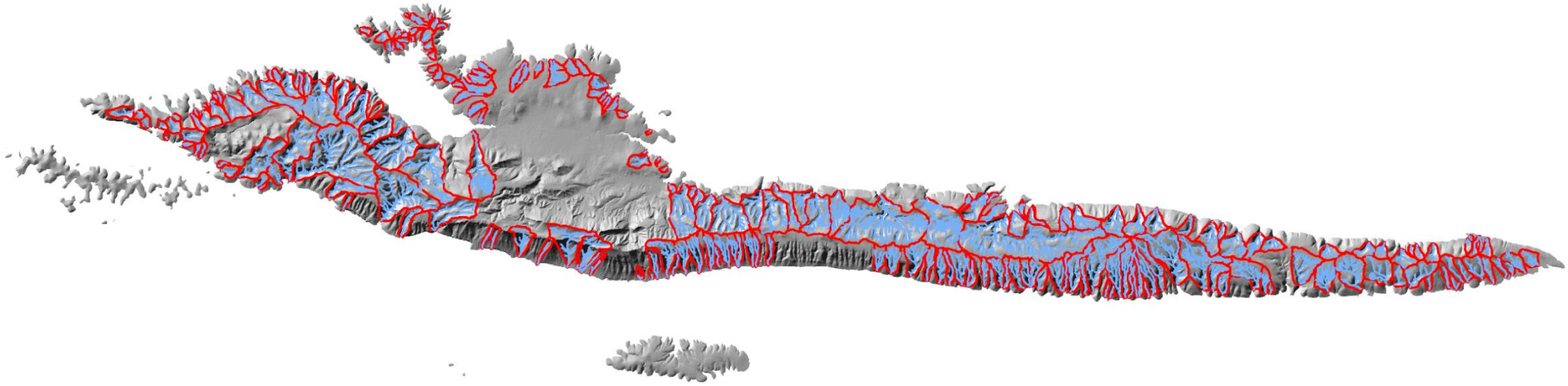


Sl. 19. Standardna devijacija površina žala u odnosu na prosječnu vrijednost

Izračunat je udio žala u ukupnoj duljini obale otoka Hvara. Ukupna duljina obale iznosi 254 200 m (Duplančić-Leder i dr., 2004), a ukupna duljina žala iznosi 8 067 m. Iz toga proizlazi kako žala zauzimaju 3,2% ukupne duljine obale Hvara. Izračunata je i prosječna duljina žala koja iznosi 32,66 m.

5.2.Obilježja drenažnog bazena

Većina žala na Hvaru oblikovana je u proluvijalnom materijalu jaruga i/ili dolina (Bognar, 1990; Faivre i Mićunović, 2017). Jaruge/doline sa žalom čine geomorfološke sustave. Sustavi su u geomorfologiji konceptualni modeli koji opisuju transfer sedimenta i energije i tako povezuju reljefne oblike na nekom području (Faivre i Mićunović, 2017). Geomorfološke sustave na Hvaru čine žala s jarugama i/ili dolinama. Sustavi su ograničeni hrptom i/ili kosama pa taj zatvoreni sustav čini drenažni bazen. Zbog toga je područje drenažnih bazena detaljnije analizirano. Izdvojeni su drenažni bazeni koji čine sustav zajedno sa žalom (sl. 20). Drenažnim bazenima pridodan je identifikacijski broj žala, kao dijelu zajedničkog sustava, kako bi se lakše radila analiza.



Talveg

Drenažni bazen

N

0 5 10 20

km

Sl. 20. Karta Hvara s prikazanim drenažnim bazenima i talvezima

Na temelju geomorfoloških oblika i procesa izdvojene su različite vrste drenažnih bazena: jednostavna jaruga, složena jaruga te složena jaruga s dolinskim proširenjem. U tablici 8 prikazan je postotni udio navedenih kategorija. Najviše, 49,8 %, odnosno 103 drenažna bazena čine složene jaruge. Jednostavne jaruge sastavni su dio 72, tj. 34,8 % drenažnih bazena. 20,4 %, odnosno 42 ih čini složena jaruga s dolinskim proširenjem. Zbog različite geneze, 31 analizirano žalo nema drenažni bazen.

Tab. 8.Obilježja drenažnih bazena na Hvaru

	Obilježja drenažnih bazena	Broj drenažnih bazena	Udio %
1	Jednostavna jaruga	72	34,8
2	Složena jaruga	103	49,8
3	Složena jaruga s dolinskim proširenjem	42	20,4

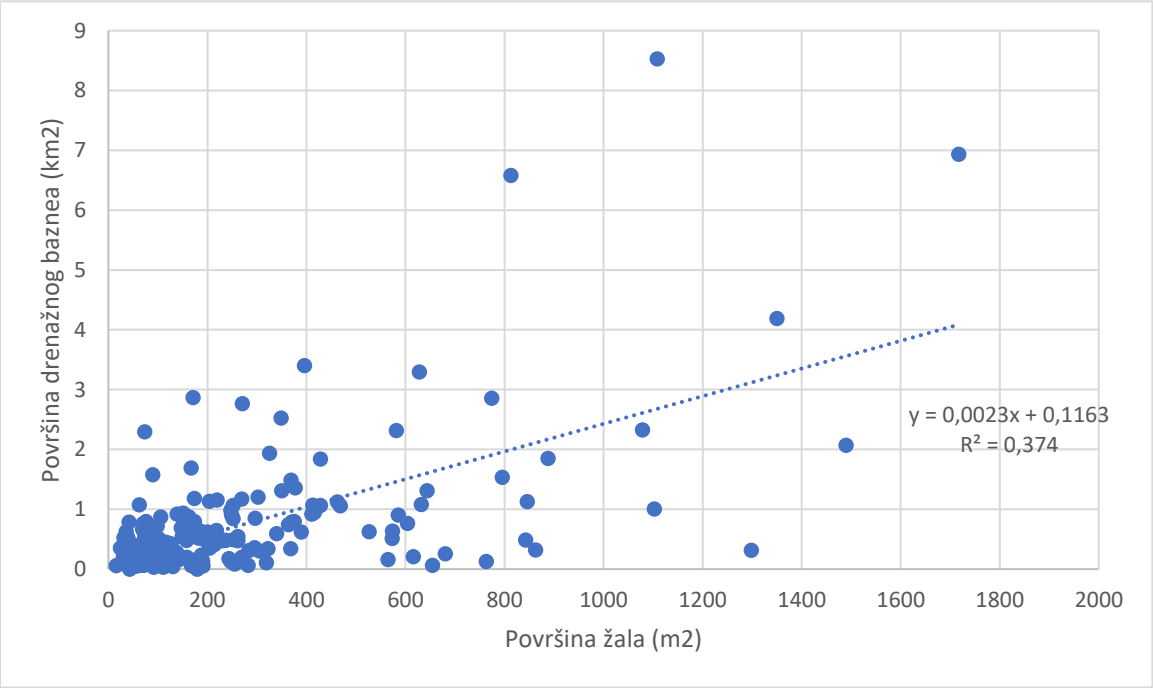
Najveći drenažni bazen površine je 8,5 km^2, dio sustava sa žalom Pokrivenik. Na temelju svih površina izračunata je srednja vrijednost koja iznosi 0,71 km^2. 29,6% drenažnih bazena je veće od prosjeka, dok je 70,4 % manje od prosjeka. Najveća duljina talvega iznosi 50,2 km i dio je drenažnog bazena Pokrivenik 2. Najmanja duljina talvega iznosi 0,06 km u uvali Mlaki rat na poluotoku Kablu. Prosječna je duljina talvega drenažnog bazena 3,9 km. 27,6% talvega je dulje od prosjeka, a 72,4% manje.

Izračunata je korelacija između veličine drenažnog bazena i veličine žala, kao i duljine talvega i površine žala. Pretpostavka je da je kod većih drenažnih bazena veća površina žala, isto kao i kod veće duljine talvega, veća površina žala. Korelacija je izračunata Pearsonovim koeficijentom linearne korelacije koji računa povezanost dviju varijabli. Vrijednost koeficijenta korelacije nalazi se između 1 i -1, ukoliko je rezultat bliži 0 nema nikakve korelacije. Ako je +1 onda je rezultat pozitivna korelacija, ako je -1 onda je negativna korelacija između varijabli (Serdar i Sošić, 2004). Pearsonov koeficijent korelacije između varijable površine drenažnog bazena i srednje vrijednosti površine žala iznosi 0,61 te pripada u srednje jaku korelaciju. On je grafički prikazan dijagramom rasipanja (Sl. 21) s linearnom jednadžbom pravca i kvadriranom vrijednosti *r* čiji je korijen vrijednost korelacije. Također,

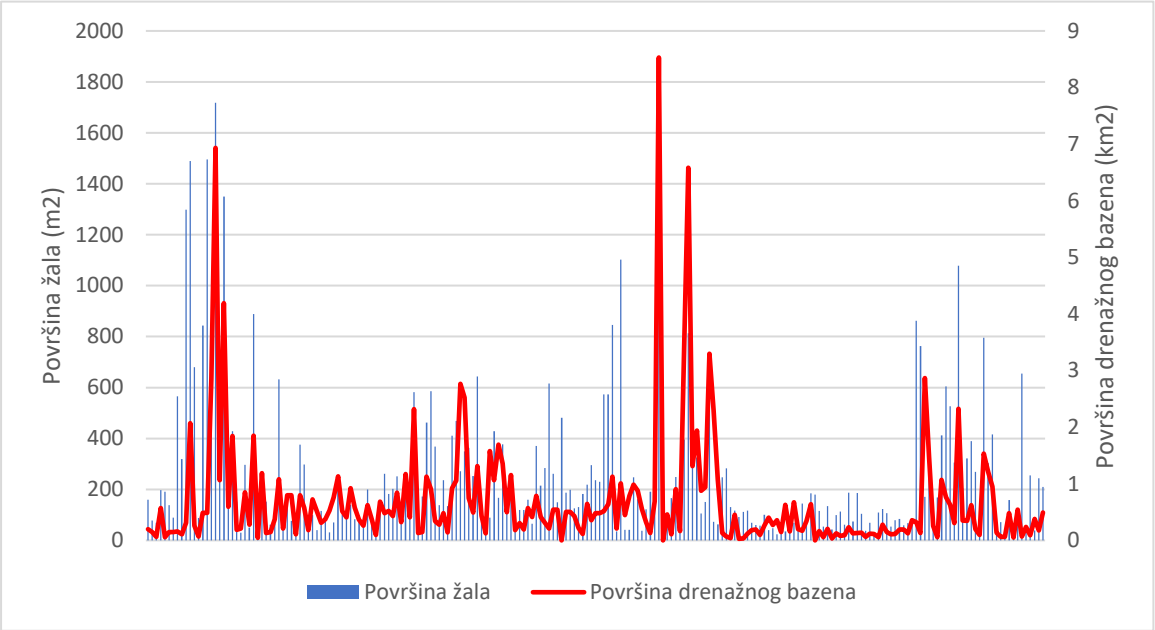
korelacija je prikazana i kombiniranim linijskim dijagramom na slici 22 iz kojeg je vidljivo kako je korelacija jača, odnosno kako su linijski grafovi paralelni pri manjim površinama žala, odnosno drenažnim bazenima. Iz svih podataka vidljivo je da postoji umjerena veza između površine drenažnog bazena i površine žala. Izračunat je koeficijent korelacije za površinu drenažnog bazena i površinu žala zasebno za mjerenja 2011., 2014., 2017. i 2019. godine (Tab. 9). Iz tablice je vidljivo kako svaka godina ima umjerenu korelaciju.

Površine drenažnih bazena i duljine talvega su proporcionalne. Izračunata je korelacija površina drenažnih bazena i duljina talvega koja iznosi 0,97, što znači da postoji pozitivna, jaka korelacija.

Napravljena je korelacija površine drenažnih bazena i žala po kategorijama površine žala. Koeficijenti korelacije značajno se razlikuju za mala, srednja i velika žala. Najmanji koeficijent imaju mala žala, 0,18 što znači da je korelacija neznatna, dok srednja i velika žala imaju vrijednost 0,37 i 0,51, odnosno pokazuju relativno slabu do umjerenu korelaciju.



Sl. 21. Korelacija površine drenažnog bazena i površine žala

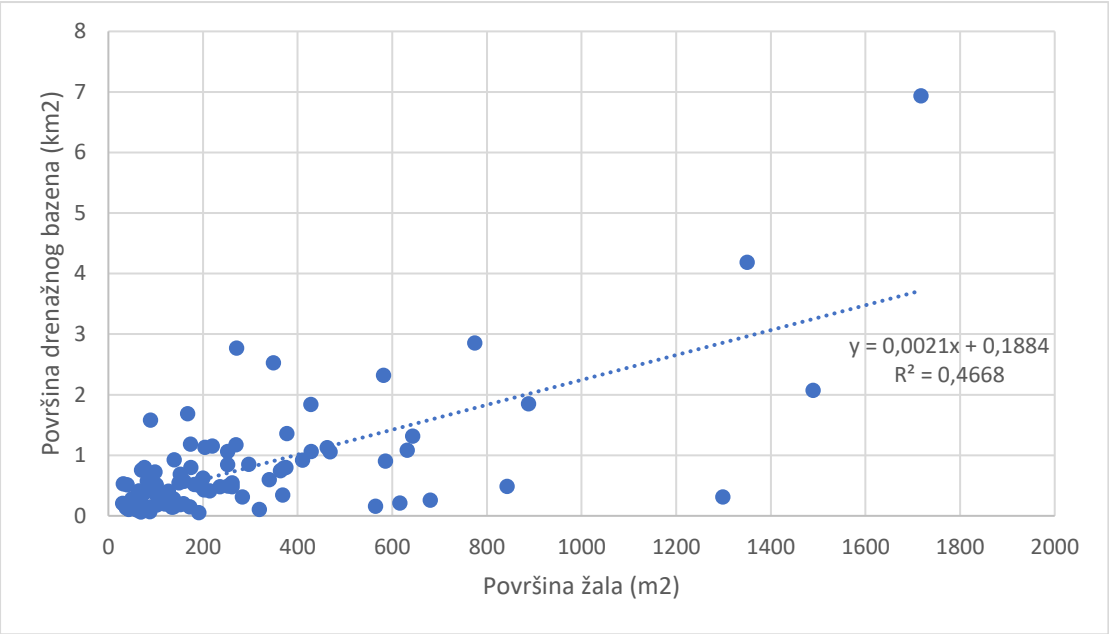


Sl. 22. Kombinirani linijski dijagram površine žala i površine drenažnog bazena.

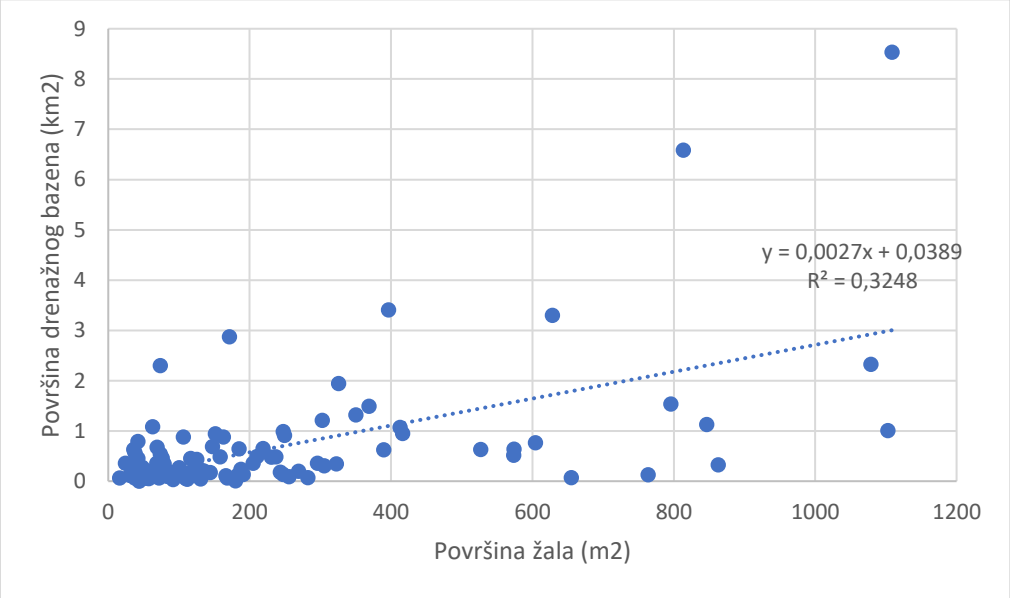
Tab. 9. Korelacija površina drenažnog bazena
i površina žala po godinama

Godina	Koeficijent korelacije
2011.	0,57
2014.	0,56
2017.	0,56
2019.	0,57

Uspoređena su žala na sjevernoj i južnoj strani otoka. Raspoređena su gotovo simetrično, 50,2 % žala nalazi se na južnim, dok je 49,8 % žala na sjevernim padinama otoka. Izračunata je korelacija površina žala i površina drenažnog bazena posebno za žala na južnim i sjevernim padinama. Oba koeficijenta pokazuju umjerenu korelaciju. Korelacija žala na južnim padinama je 0,68, a na sjevernim 0,57. Korelacije su prikazane dijagramom rasipanja na slikama 23 i 24.

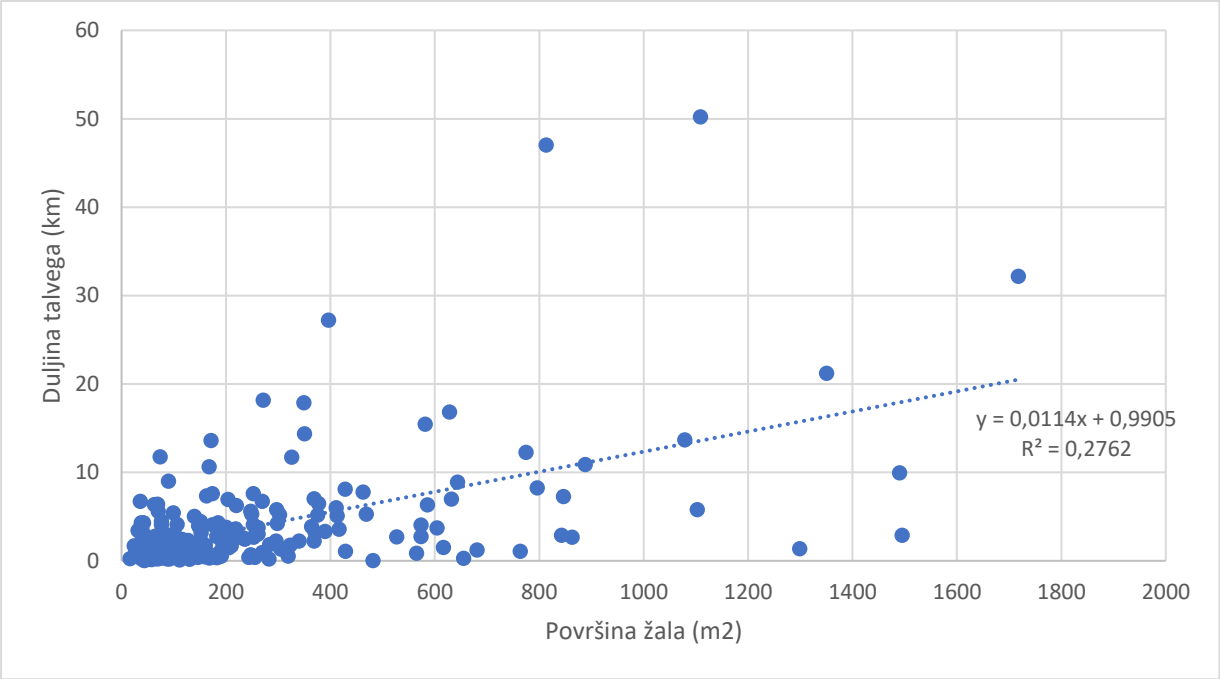


Sl. 23. Korelacija površine drenažnog bazena i površine žala na južnim padinama otoka

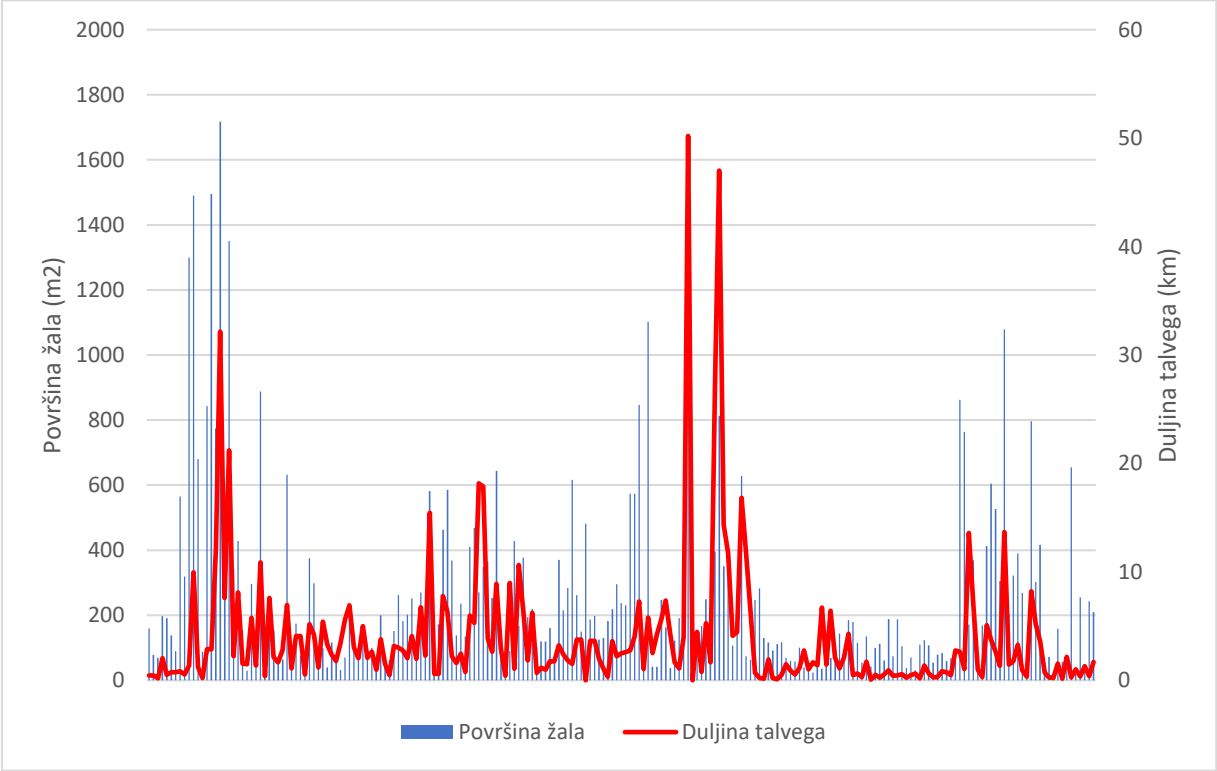


Sl. 24. Korelacija površine drenažnog bazena i površine žala na sjevernim padinama otoka.

Izračunat je i Pearsonov koeficijent korelacije koji uspoređuje vezu duljine talvega i veličine žala. Koeficijent iznosi 0,53 te je iz toga vidljivo da je na samoj granici, ali ipak postoji umjerena korelacija. Također je prikazana dijagramom rasipanja s linearnim pravcem te kombiniranim linearnim dijagramom prikazanim na slikama 25 i 26.

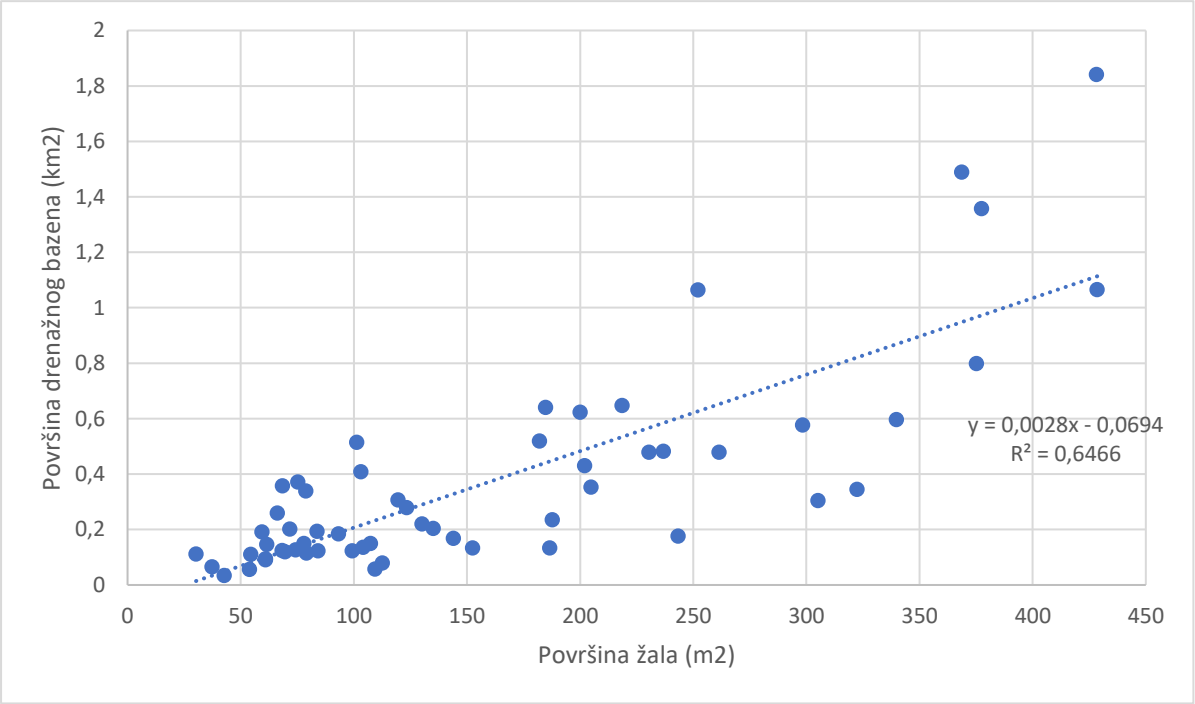


Sl. 25. Korelacija duljine talvega i površine žala



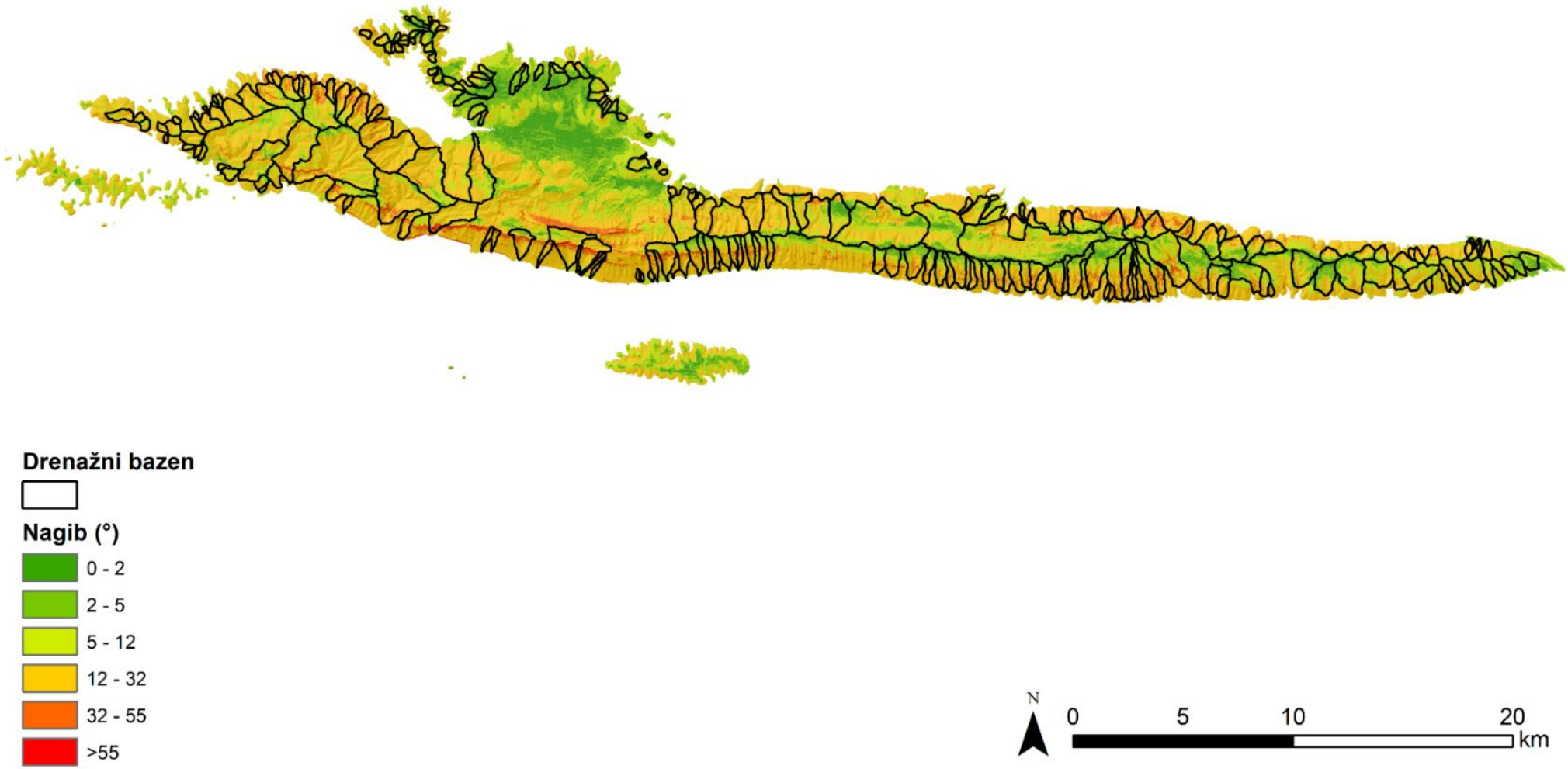
Sl. 26. Kombinirani linijski dijagram duljine talvega i površine žala.

Uzete su u obzir površine žala i površine drenažnih bazena bez antropogenog utjecaja te je izračunat koeficijent korelacije koji iznosi 0,80. Iz rezultata je vidljivo kako je korelacija na sustavima bez antropogenog utjecaja relativno jaka što je prikazano na sl. 27.



Sl. 27. Korelacija površina žala i površina drenažnih bazena bez antropogenog utjecaja

Morfometrijskoj karti nagiba padina otoka Hvara pridružen je sloj drenažnih bazena te je uspoređen odnos između nagiba padina i veličine žala. Na području najvećih nagiba (sl. 28) u središnjem dijelu otoka žala su uglavnom ispodprosječnih veličina. U drenažnim bazenima najvećih žala nema značajno velikih nagiba, već su uglavnom 5-12°, 12-32° te ponegdje nagibi veći od 32°.



Sl. 28. Karta nagiba Hvara s prikazanim drenažnim bazenima

5.3.Veličina sedimenta

Žala su uglavnom građena od sedimenata u rasponu od finog pijeska, šljunka i oblutaka (Bird, 2008). Postoje različite klasifikacije veličine sedimenata. Najčešće se u svijetu primjenjuje Wentworthova i Arrerbergova ljestvica (Tišljar, 1994; Bird, 2008). Wentworthova ljestvica klasificira sedimente u razrede gline, silta, sitnog do krupnog pijeska, sitnog šljunka do oblutaka te na blokove (Bird, 2008). Klasifikacija sedimenata u ovom radu svedena je na dvije kategorije, na šljunak i pijesak, zbog velikog broja analiziranih žala. Kako bi se dobila precizna vrijednost, potrebno je izmjeriti veći broj uzoraka samo na jednom žalu, npr. 100 (Faivre i dr., 2019). 95,5 %, odnosno 236 žala ima dominantnu veličinu šljunak (sl. 29) , dok na 4,5%, odnosno na 11 žala dominira pijesak (sl. 30) (Tab 11) (sl. 31).

Tab. 10. Postotni udio veličine sedimenta žala na otoku Hvaru

Veličina sedimenta	Broj žala	Udio (%)
Šljunak	236	95,5466
Pijesak	11	4,45344

Sl. 29. Žalo Mala Stiniva 1 (198), primjer šljunčanog žala

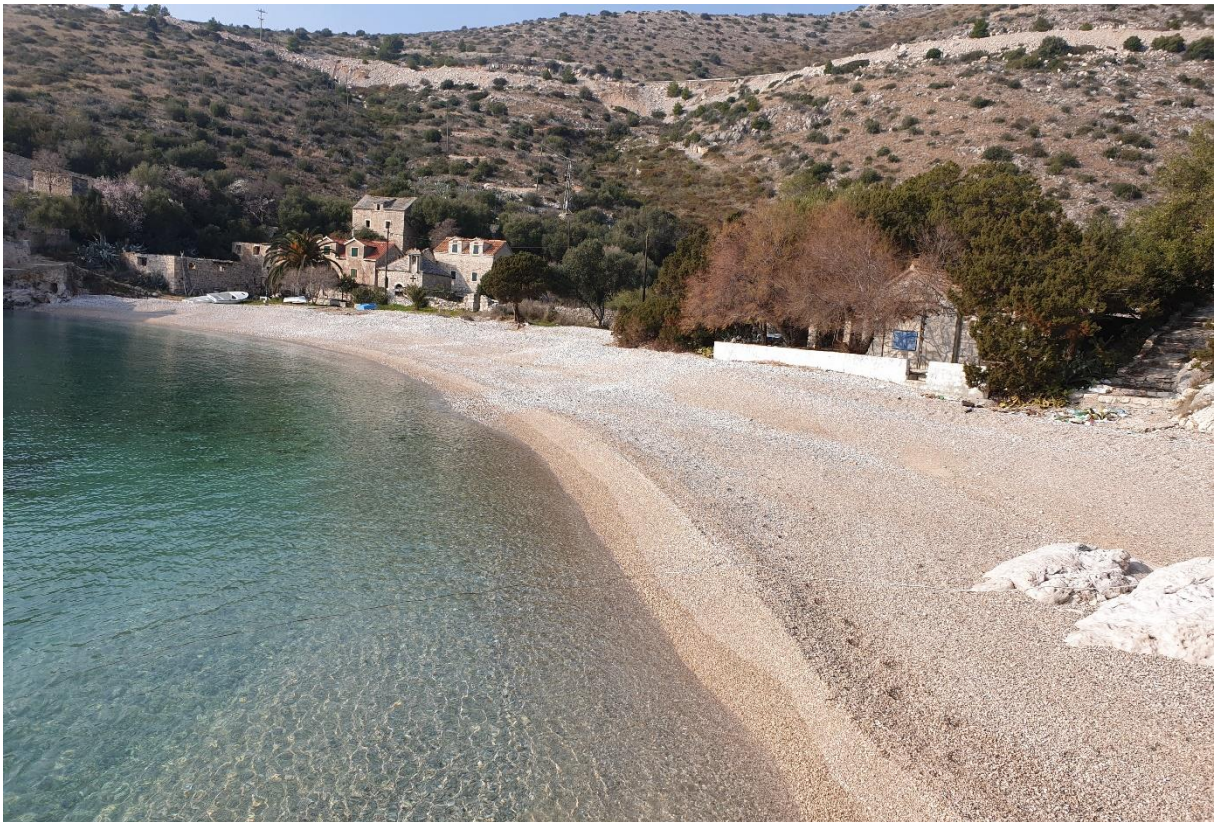
Sl. 30. Žalo Grebišće 1 (164), primjer pješčanog žala

5.4.Antropogeni utjecaji

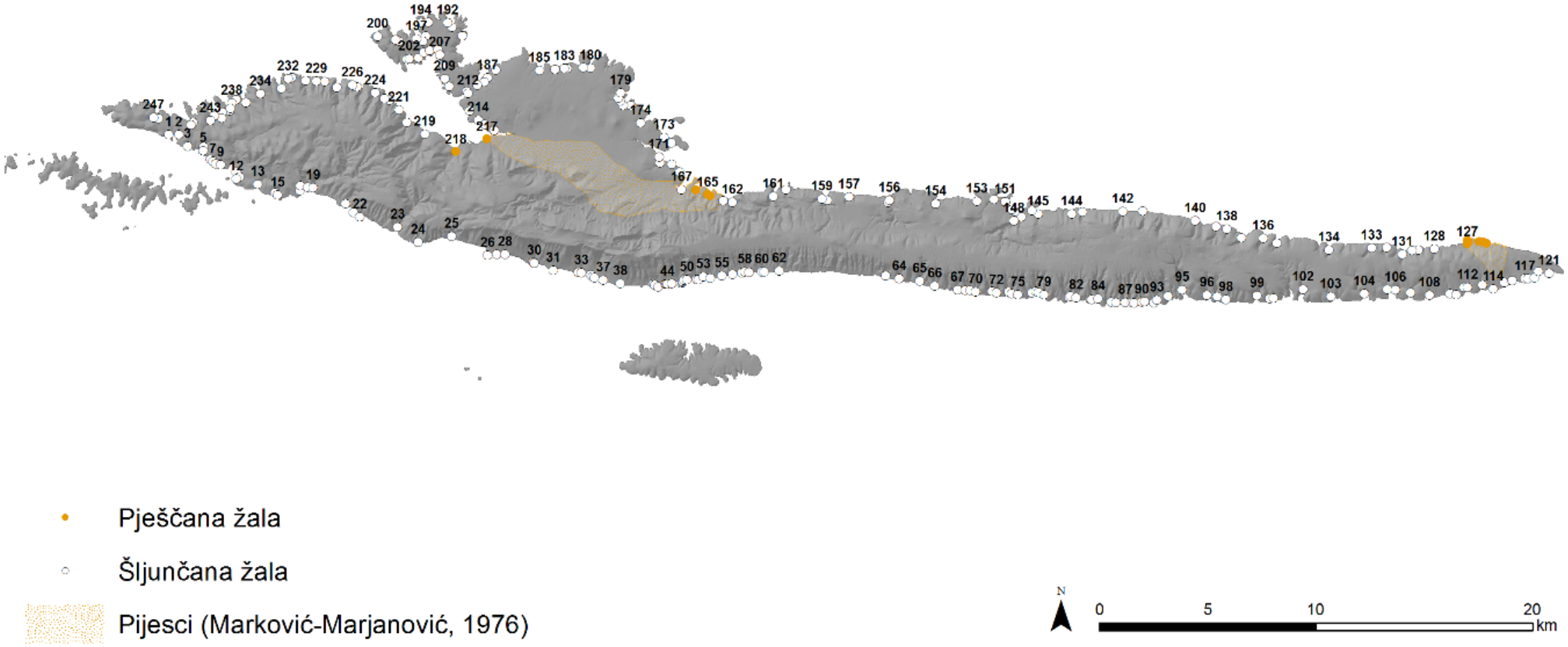
Antropogeni utjecaji sve su češća pojava na obali te u velikoj mjeri utječu na prirodne procese što se reflektira i na promjene na žalima (npr. Rajčić i dr., 2010; Faivre i Mićunović, 2017). Oni najčešće izmjenjuju žalo i područje oko žala izgradnjom objekata, betonizacijom, nadohranom žala, izgradnjom potpornih zidova i sl. (sl. 31). Na Hvaru je 75,3 % žala zahvaćeno nekom antropogenom intervencijom dok je u manjini, s 24,7 %, u potpunosti prirodnih žala koji su uglavnom teže dostupni te su zbog toga danas očuvani (tab. 11).

Tab. 11. Antropogeni utjecaj na žalima

	Broj žala	Udio (%)
Antropogeni utjecaj	186	75,3
Bez antropogenog utjecaja	61	24,7



Sl. 31. Žalo Dubovica (23), primjer žala s antropogenim utjecajem (izgrađeni objekti i zid na žalu)



Sl. 32. Žala prema veličini sedimenta

5.5.Geneza žala

Većina žala na otoku Hvaru formirana je u proluvijalnom materijalu na završetku jednostavnih i složenih jaruga te jaruga s dolinskim proširenjem. Proluvijalne plavine nastaju akumulacijom materijala iz jaruga koji je donesen bujičnim vodotocima te se abrazijskim procesima preoblikuje u žalo. Najveći utjecaj abrazije vidljiv je na područjima gdje su prisutni lapori, pijesci i kvartarne breče. Doseg djelovanja abrazijskih procesa doseže do visine vala te se najčešće oblikuju klifovi u čijem se podnožju oblikuje žalo. Dio žala otoka Hvara oblikovan je i u materijalu eolskog podrijetla. Uz žala nastala prirodnim, geomorfološkim procesima postoje i antropogena žala koja su zbog sve većih potreba turizma u porastu. U radu su kartirana ona žala za koja je poznato da su antropogena. Važno je razlikovati prirodna žala s velikim antropogenim utjecajem te potpuno antropogena žala. Žala su podijeljena u razrede, ovisno o procesima koji su primarno utjecali na njihovo formiranje. Najzastupljenija, s 82,6 % su žala formirana u proluvijalnoj plavini, te obuhvaćaju 204 žala. Sljedeća su žala koja su nastala ispod klifa i ona zauzimaju 9,3 %, odnosno 23 žala. 4,5 %, tj., 11 žala oblikovano je u sedimentu eolskog podrijetla, a 2,4%, odnosno 6 žala su antropogena. 3 žala, tj. 1,2 % su neodređena žala kojima nije moguće odrediti genezu.

Tab. 12. Kategorije žala prema morfogenezi

	Broj žala	Udio %
Žalo oblikovano u proluvijalnoj plavini	204	82,5911
Žalo oblikovano ispod klifa	23	9,31174
Žalo oblikovano u sedimentu eolskog podrijetla	11	4,45344
Antropogena žala	6	2,42915
Neodređena žala	3	1,21457

6. Rasprava

Većina žala na istočnoj obali Jadrana oblikovana je u proluvijalnom materijalu derazijskih dolina i jaruga (Juračić i dr. 2009; Faivre i dr., 2011; Ružić i dr., 2011; Faivre i Mićunović, 2017). Benac i dr. (2010) navode kako na području Kvarnera, zbog zaštićenih akvatorija i relativno promjenjivih vjetrova, nema značajnog utjecaja abrazije na obalu, stoga prevladavaju prirodna šljunčano-pjeskovita žala koji zauzimaju mali dio ukupne duljine obale. Ta žala nastala su na dva načina, djelovanjem abrazije i akumulacijom bujičnih sedimenata, a duljina im je u prosijeku manja od 50 m (Benac i dr., 2010). Također, Faivre i dr. (2011) istraživali su žalo na otoku Krku na kojem je utvrđeno kako je žalo nastalo akumulacijom sedimenta donesenog bujičnim vodotocima, koji je i dalje povremeno aktivan. Žala na Hvaru mogu se usporediti s oba istraživanja.

Žala su različitih oblika i veličine, nastala su najvećim dijelom akumulacijom sedimenta bujičnih vodotoka, a prosječna duljina im je 32,66 m. Također, Hvar je najvećim dijelom dobro zaštićen otocima i kopnom, izuzev južne strane otoka od Hvara do Ivan dolca, stoga nema značajnog utjecaja abrazije na obalu. Juračić i dr. (2009) navode kako ukupna duljina žala iznosi do 5% ukupne duljine stjenovite karbonatne obale što čini jako mali udio. Rezultati s primjera Kvarnera podudaraju se s rezultatima udjela ukupne duljine žala u ukupnoj duljini obale Hvara, koji zauzimaju svega 3,2 % ukupne duljine.

Veličina sedimenta je određena litologijom drenažnih bazena. Iz geološke karte (sl. 2) vidljivo je kako je gotovo cijeli Hvar građen u karbonatima, dok Marković – Marjanović (1976) (sl. 31) ističe „pješčane oaze“ na određenim dijelovima otoka. Upravo o tome ovisi veličina sedimenta. Tako na Hvaru s 95,5 % prevladavaju šljunčana žala, a 4,5 % zauzimaju pješčana žala. Veličina sedimenta ovisi prvenstveno o litologiji. Pješčana žala su više sklona eroziji od šljunčanih žala (Juračić i dr., 2009).

Na istočnoj obali Jadrana žala su različitog oblika i površine (Benac, 2010). Površine žala su relativno male u odnosu na svjetska žala te se ona u znanstvenoj i stručnoj literaturi nazivaju „džepna žala“. Iako su žala na Hvaru u odnosu na svjetska površinom manja, ona su kategorizirana na velika, srednja i mala žala. Iz karte na sl. 17 vidljivo je kako su veća žala uglavnom grupirana na zapadnom dijelu te po sredini istočnog dijela Hvara. Najmanja su žala grupirana na području poluotoka Kabla gdje sva žala spadaju u kategoriju mala žala. To se može povezati s površinama drenažnog bazena. Zapadni dio Hvara dimenzijama je širi i raščlanjeniji od istočnog dijela te su drenažni bazeni veći, stoga su i žala na tom području

većih površina. Na poluotoku Kablu drenažni su bazeni površinom mali pa su i površine žala manje. To pokazuje i izračunata umjerena korelacija površina drenažnih bazena i žala. Vidljiva je razlika među korelacijama površina žala i drenažnih bazena na sjevernim i južnim padinama. Žala na južnoj strani imaju veću korelaciju od onih na sjevernoj strani. Također, uspoređene su korelacije po kategorijama obilježja drenažnih bazena iz čega su vidljive veće razlike. Jednostavne jaruge imaju najmanju korelaciju koja iznosi 0,23, dok složene jaruge s dolinskim proširenjem imaju korelaciju, 0,5. Korelacije su slabe do umjerene te se mogu povezati s antropogenim utjecajima, obzirom na to da je čak 90 % žala oblikovanih na dnu složenih jaruga s dolinskim proširenjem zahvaćeno antropogenim izmjenama. Složene jaruge imaju umjerenu korelaciju, 0,6 koja je približno slična prosječnoj korelaciji. Izračunata je svaka korelacija zasebno za površinu žala 2011., 2014., 2017. i 2019. te njihova srednja vrijednost. Svih pet koeficijenata pokazivali su umjerenu korelaciju što pokazuje da su zasebna mjerenja površina približno jednaka. Izračunat je koeficijent korelacije površine drenažnih bazena i žala po kategorijama veličine. Prema rezultatima srednja i velika žala imaju približno jednaku vrijednost te pokazuju relativno slabu korelaciju. Mala žala kao zasebna kategorija pokazuju neznatnu korelaciju. Može se pretpostaviti kako neke ljudske aktivnosti mogu utjecati na smanjenje korelacije, s obzirom da je 75,3 % žala na Hvaru pod nekom vrstom ljudskog utjecaja. Od navedenih 75,3 % žala, njih 57,6 % odnosi se na mala žala, stoga se neznatna korelacija može povezati s antropogenim aktivnostima. Npr. Rajčić i dr., 2010; Faivre i Mićunović, 2017; Ružić i dr., 2018 opisuju neke događaje koji utječu na promjene na žalima: odnošenje sedimenta sa žala, izgradnja objekata na žalima, presijecanje ili zatrpavanje bujičnog vodotoka, rast vegetacije, izgradnja lukobrana, nasipanje građevinskog materijala i sl. Isto tako postoji mogućnost promjena površine žala uslijed nekih prirodnih događaja (npr. Faivre i dr., 2011; Ružić i dr., 2018). Prirodni događaji mogu dovesti do značajne progresije ili erozije žala. Ukoliko je protok bujičnog vodotoka iznimno velik, može odnijeti sediment sa žala duboko i daleko od obale te na taj način može doći do trajne erozije žala (Ružić i dr., 2018) ili transporta sedimenta do drugih žala (Storlazzi i Field, 2000). Istraživanje uzroka promjena nije interes ovog rada, ali se neki događaji mogu povezati s dobivenim rezultatima. Ako se uzmu u obzir korelacije površina žala i drenažnih bazena bez antropogenih utjecaja, korelacija je jaka (r=0,8). To potvrđuje mogućnost da je antropogeni utjecaj razlog relativno slabih prethodno navedenih korelacija.

Iako je iz prethodno navedenog izračunata umjerena korelacija na svim analiziranim žalima, antropogeni utjecaj jedan je od razloga zašto je korelacija manja. Analizirana žala bez

antropogenog utjecaja, s površino drenažnog bazena daju jaku korelaciju. Stoga se može zaključiti kako veličina žala ipak ovisi o veličini drenažnog bazena, što se može povezati s prethodnim istraživanjima (Benac i dr., 2010; Faivre i dr., 2011). Korelacija je veća na žalima koja se nalaze na južnim padinama otoka, kao i u sustavu s drenažnim bazenom složenih jaruga. Manja korelacija može se povezati s antropogenim utjecajima na žalu i u drenažnom bazenu. Nagib drenažnog bazena također može imati utjecaj na povećani donos sedimenta, što rezultira većom površinom žala. Ružić i dr. (2011) navode kako veza između nagiba padina drenažnog bazena i veličine žala nije jednoznačna. Prema karti na slici 28 može se pretpostaviti kako ni na otoku Hvaru veza između veličine žala i nagiba padina u drenažnom bazenu nije jednoznačna.

Prema E. Birdu (2008), 70 % svjetskih žala je danas obilježeno erozijom što se direktno može povezati s globalnim rastom relativne morske razine. Na širem području otoka Hvara zabilježen je recentni relativni porast razine mora, npr. na otoku Visu (Faivre i dr., 2010; Favire i dr., 2013), na širem području Makarske (Faivre i Butorac, 2018) i Šibenika (Shaw, 2013; Shaw i dr., 2016). Također, rast morske razine zabilježen je i na mareografima na Jadranu (Tsimplis i dr., 2012). Žalo Zogon na Hvaru (Faivre i Mićunović, 2017) te žalo Milna na Visu (Faivre i dr., 2019) ugroženi su relativnim porastom morske razine te su se njihova geomorfološka obilježja u proteklih nekoliko desetljeća promijenila. Orlić i Pasarić (2014) navode kako se do kraja 21. stoljeća očekuje ubrzani porast morske razine do 62 ±14 cm što sigurno može utjecati i na promjene sadašnjih obilježja žala na Hvaru npr. smanjenje površine žala.

7. Zaključak

U ovom radu je primjenom metode terenskog kartiranja, analize satelitskih snimaka te metoda analize i vizualizacije u GIS-u ustanovljeno kako Hvar ima 247 žala. Geomorfološka obilježja žala analizirana su mjerenjem površine žala, obilježjima drenažnog bazena, veličinom sedimenta, genezom žala te analizom antropogenih utjecaja.

S obzirom na veličinu, žala su podijeljena na tri kategorije: mala, srednja i velika žala. Prosječna veličina žala je 258,8 m^2 te je 30,8 % žala veće od prosjeka, a 69,2 % manje. Žala su formirana najvećim dijelom u proluvijalnom materijalu, a oblikovana su abrazijskim procesima na završetku jednostavnih i složenih jaruga, kao i jaruga s dolinskim proširenjem. Na otoku su 95,5 % šljunčana, a samo 4,5 % su pješčana žala. Potvrđena je pretpostavka kako je veličina drenažnog bazena u korelaciji s veličinom žala. Korelacija je približno jednaka za srednja i velika žala, dok je na malim žalima neznatna. Može se pretpostaviti kako je korelacija kod manjih žala manja zbog većeg antropogenog utjecaja. Naime, mala žala obuhvaćaju 57,6 % od svih žala zahvaćenih nekom antropogenom intervencijom.

Klimatske promjene dovode do porasta temperature zraka, što dovodi do izdizanja relativne morske razine na širem području Hvara, što direktno može utjecati na eroziju žala kao što je to već uočeno na žalu Zogon kod Svete Nedjelje. Očekivani je jači rast morske razine do kraja 21. stoljeća, stoga se može pretpostaviti kako će to utjecati na promjene na žalima.

8. Literatura

1. Abdulaj, R., Mirković, N., Oskoruš, D., Vujnović, T., 2014: Velike vode donjeg toka rijeke Save tijekom svibnja 2014, *Hrvatska vodoprivreda*, 207, 14-16.
2. Benac, Č., Juračić, M., 1998: Geomorphological indicators of sea level changes during Upper Pleistocene (Wuerm) and Holocene in the Kvarner region (NE Adriatic Sea), *Acta Geografica Croatica* 33, 27-45.
3. Benac, Č., Ružić, I., Ilić, S., 2010: Morfodinamika minijaturnih žala (Kvarner, sjeveroistočni Jadran), u: *Abstracts Book, 4th Croatian Geological Congress with international participation* (ur. Horvat, M.), Šibenik, 384-385.
4. Bird, E., 2008*: Coastal geomorphology,* An introduction, Wiley, Chichester.
5. Bognar, A., 1990: Geomorfološke i inžinjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa, *Geografski glasnik* 52(1), 49-65.
6. Bognar, A., 1992: Inženjersko geomorfološko kartiranje, *Acta Geographica Croatica*, 27(1), 173-185.
7. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 34(1), 7-29.
8. Bočić, N., Faivre, S., Kovačić, M., Horvatinčić, N., 2013: Cave development under the influence of Pleistocene glaciation in the Dinarides – an example from Štirovača Ice Cave (Velebit Mt., Croatia), *Zeitschrift fur Geomorphologie* 56(4), 409-433.
9. Borović, I., Marinčić, S., Majcen, Ž., Magaš, N., 1977: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, Tumač za listove Vis K 33–33, Jelsa 33–34, Biševo 33–35*, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1968), Savezni geološki zavod, Beograd
10. Borović, I., Marinćić, S., Majcen, Ž., Rafaeli, P., Mamužić, P., 1976: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Vis K33–33*, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1967–1968), Savezni geološki zavod, Beograd.
11. Božićević, S., 1995: Geomorfološke i hidrogeološke značajke otoka Hvara, u: *Otok Hvar* (Miro Mihovilović), Matica Hrvatska, Zagreb.
12. Cabezas-Rabadan, C., Rodilla, M., Pardo-Pascual, J.E., Herrera-Racionero, P., 2019: Assessing users' expectations and perceptions on different beach types and the need for diverse management frameworks along the Western Mediterranean, *Land Use Policy* 81, 219-231.
13. Demek, J., 1972: *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*, IGU-Comission on Geomorphological survey and mapping, Chechoslovak Academy of Science, Prague.

14. Duplančić-Leder, T., Ujević, T., Čala, M., 2004: Duljine obalne crte i površine otoka na hrvatskom dijelu Jadranskog mora određene s topografskih karata mjerila 1:25000, *Geoadria* 9(1), 5-32.
15. European comission, 2004: Living with Coastal Erossion in Europe e Sediment and Space for Sustainability. Part I – Major Findings and Policy Recommendations of the EUROSION Project, Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, pp.40.
16. 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
17. Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N.,Sironić, A., 2013b: 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.
18. Faivre, S., Butorac, V., 2018: Recently submerged tidal notches in the wider Makarska area (Central Adriatic, Croatia), *Quaternary international* 494, 225-235.
19. Faivre, S., Fouache, E., 2003: Some tectonic influences on the Croatian shoreline evoulution in the last 2000 years, *Zeitschrift für Geomorphologie* 47(4), 521-537.
20. Faivre, S., Galović, L., Sumegi, P., Cvitanović, M., Horvatinčić, N.: 1,5 ka palaeoenviromental reconstruction of the Milna valley on the Vis island (Central Adriatic), *Quaternary international* 510, 1-17.
21. Faivre, S., Mićunović, M., 2017: Rekostrukcija recentnih morfoloških promjena žala uz pomoć metode ponovljene fotografije – primjer žala Zogon na otoku Hvaru (Srednji Jadran), *Geoadria* 22(2), 165-192.
22. 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.
23. Faivre, S., Radeljak, P., Grbac Živković, R., 2013a: Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatsko, primjer dostupnosti podataka na riječkom području, Hrvatski geografski glasnik, 75(1), 43-69.
24. Gajić – Čapka, M., Cindrić, K., 2014: Pojava oborinskih ekstrema s osvrtom na poplave, *Hrvatska vodoprivreda*, 22, 26-29.
25. Gržetić, Z., 2002: *Peljar za male brodove,* Hrvatski hidrografski institut, Split.
26. Herak, M., Marinčić, S., Polšak, A,, 1976: Geologija otoka Hvara, *Acta geologica,* 9(1), 5-14.

27. 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), *Geomoprhology* 107, 90-99.
28. Kainewski, D., Marriner, N., Morhange, Ch., Faivre, S., Otto, T., Van Campo, E., 2016: Solar paciong of storm surges, coastal flooding and agricultural losses in the Central Mediterranean, *Scientific Reports*, 6, 1-12.
29. Kovačić, J., 2002: Župa Sveta Nedilja na Hvaru, *Služba Božja: liturgijsko-pastoralna revija*, 42 (2-3), 121-148.
30. 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.
31. Makjanić, B., Volarić, B., 1977: Prilog poznavanju klime otoka Hvara, u: *Hvar u prirodnim znanostima* (Davor Miličić), JAZU, Zagreb, 171-173.
32. Marinčić, S., 1995: Geologija otoka Hvara, u: *Otok Hvar* (Miro Mihovilović), Matica Hrvatska, Zagreb, 52-58.
33. Marinčić, S., Magaš, M., Benček, M., 1976: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Ploče K33–35*, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1967–1971), Savezni geološki zavod, Beograd.
34. Marinčić, S., Majcen, Ž., 1976: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, list Jelsa K33–34*, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1967–1968), Savezni geološki zavod, Beograd.
35. Marković-Marjanović, J., 1976: Kvartarni sedimenti ostrva Hvara-srednji Jadran, *Glasnik prirodnjačkog muzeja* A(31), 199-214.
36. Mihalić, S., Sečanj, M., Bernat Gazibara, S., Krkač, M., Begić, H., Džindo, A., Zekan, S., Arbanas, Ž., 2017: Landslides in the Dinarides and Pannonian Basin – from the largest historical and recent landslides in Croatia to catastrophic landslides caused by Cyclone Tamara (2014) in Bosnia and Herzegovina, *Landslides*, 14, 1-16.
37. Milojević, B. Ž., 1927: Ostvo Hvar, *Glasnik geografskog društva 13*, Beograd.
38. Osrečki, B., 1992: Reljef crikveničko, novovinodolskog područja i otoka Krka i njegov utjecaj na razvoj turizma, Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.
39. Patarčić, M., 2017: Klima i klimatske promjene, http://klima.hr/razno/publikacije/klimatske_promjene.pdf, (5.7.2019.)

40. Pavelić, D., Kovačić, M., Vlahović, I., Wacha, L., 2011: Pleistocene calcareous aeolian–alluvial deposition in a steep relief karstic coastal belt (island of Hvar, eastern Adriatic, Croatia), *Sedimentary Geology* 239 (1-2), 64-79.
41. *Peljar za male brodove I dio*, Hrvatski hidrografski institut, (ur. Gržetić, Z., Duplančić Leder, T., Leder, N.), Split, 2002., str. 269.
42. Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M., 2001: *Vrijeme i klima Hrvatskog Jadrana*, Nakladna kuća „Dr. Feletar“, Zagreb
43. Pikelj, K., Ilić, S., James, M. R., Kordić, B.,2015: Application of SfM photogrammetry for morphological changes on gravel beaches: Dugi Rat case study (Croatia), *3rd Coastal and Maritime Mediterranean Conference*, Ferrara, Italija, 25. – 27. 11. 2015., 67-71.
44. Pikelj, K., Ružić, I., Ilić, S., James, M.R., Kordić, B., 2018: Implementing an efficient beach erosion monitoring system for coastal management in Croatia, *Ocean and coastal management* 156, 223-238.
45. Pikelj, K., Juračić, M., 2013: Easter Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast, *Journal of coastal research*, 29, 944-957.
46. Pikelj, K., Kovačić, M., Cvetko Tešović, B., 2014: Geological control of beach sediment in the Kaštela-Ploče flysch zone (Adriatic Sea, Croatia), *5th International Symposium Monitoring of Mediterranean coastal areas: problems andmeasurement techniques – Abstracts*, Livorno, Italy, 17-19 June, 2014.
47. Pirazzoli, P.A., 1993: *Les littoraux: leur evolution*, Nathan Universite, Paris.
48. Politeo, I., 1978: Vinogradarstvo otoka Hvara, *Prilozi povijesti otoka Hvara*, 5 (1), 123-127.
49. 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.
50. Roglić, J., 1977: Prilog geografiji Hvara, u: *Hvar u prirodnim znanostima* (Davor Miličić), JAZU, Zagreb, 5-20.
51. Rozga, A., Grčić, B., 2009: *Poslovna statistika*, Ekonomski fakultet u Splitu, interna skripta.
52. Ružić, I., Benac, Č., Ilić, S., Sušanj, 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.

53. Ružić, I., Benac, Č., 2016: Ranjivost obala otoka Raba zbog rasta razine mora, *Hrvatske vode* 97(1), 203-214.
54. Ružić, I., Benac, Č., Ilić, S., Krvavica, N., Rubinić, J., 2018: Geomorfološke promjene minjaturnog žala na kršu, *Hrvatske vode – časopis za vodno gospodarstvo*, 26, 27-34.
55. Shaw, T. A., 2013: Reconstructing historical sea-level trends for the Croatian coast of the Adriatic Sea using salt-marsh foraminifera, Doktorska disertacija, University of Liverpool, str. 234.
56. Shaw, T. A., Kirby, J. R., Holgate, S., Tutman, P., Plater, A. J., 2016: Contemporary salt-marsh foraminiferal distribution from the Adriatic coast of Croatia and its potential for sea-level studies, *The Journal of Foraminiferal Research* 46 (3), 314-332.
57. Sošić, I., Serdar, V., 2002: *Uvod u statistiku*, Školska knjiga, Zagreb.
58. Storlazzi, C.D., Field, M.E., 2000: Sediment distribution and transport along a rocky, embayed coast: Monterey Peninsula and Carmel Bay, California, *Marine Geology* 170, 289-316.
59. Surić, M., 2009: Reconstructing sea-level changes on the Eastern Adriatic Sea (Croatia) – an overview, *Geoadria* 14(2), 181-199.
60. Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe – 3. prerađeno izdanje*, Školska knjiga, Zagreb.
61. Tarbušković, V., 2018: *Farija – rimski grad i otok*, Muzej hvarske baštine, Hvar.
62. Tišljar, J., 1994: *Sedimentne stijene*, Školska knjiga, Zagreb.
63. 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.
64. Vlahović, I., Tišljar, I., Velić, I., Matičec, D., 2005: Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 220, 333-360.
65. 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

Prilozi

Popis slika:

Sl. 1. Geografski položaj otoka Hvara

Sl. 2. Pojednostavljena geološka karta otoka Hvara

Sl. 3. Geomorfološki položaj otoka Hvara, prema Bognar (2001)

Sl. 4. Hipsometrijska karta otoka Hvara s istaknutim profilima reljefa

Sl. 5. Hipsometrijska karta otoka Hvara

Sl. 6. Karta nagiba padina otoka Hvara

Sl. 7. Karta vertikalne raščlanjenosti otoka Hvara

Sl. 8. Karta orijentacije padina otoka Hvara

Sl. 9. Klimadijagram za Hvar 1867.-2018.

Sl. 10. Prosječna godišnja temperatura zraka za razdoblje 1867.-2018. za postaju Hvar. Podaci po godinama prikazani su punom, a linearni trend iscrtkanom linijom.

Sl. 11. Ruža vjetrova za postaju Hvar u razdoblju 1867.-2015.

Sl. 12. Prosječna godišnja temperatura mora na mjernoj postaji Hvar za razdoblje 1964.-2018. Linearni trend prikazan je iscrtkanom linijom.

Sl. 13. Analizirana žala otoka Hvara

Sl.14. Površine žala mjerene sa satelitskih snimaka 2011., 2014., 2017. i 2019. godine.

Sl.15. Dijagram rasipanja površina žala i prosječne vrijednosti žala na otoku Hvaru

Sl. 16. Deset površinom najvećih žala na otoku Hvaru

Sl. 17. Kategorije žala po veličini na otoku Hvaru

Sl. 18. Postotno odstupanje površina žala od prosječne vrijednosti

Sl. 19. Standardna devijacija površina žala u odnosu na prosječnu vrijednost

Sl. 20. Karta Hvara s prikazanim drenažnim bazenima i talvezima

Sl. 21. Korelacija površine drenažnog bazena i površine žala

Sl. 22. Kombinirani linijski dijagram površine žala i površine drenažnog bazena

Sl. 23. Korelacija površine drenažnog bazena i površine žala na južnim padinama otoka

Sl. 24. Korelacija površine drenažnog bazena i površine žala na sjevernim padinama otoka

Sl. 25. Korelacija duljine talvega i površine žala

Sl. 26. Kombinirani linijski dijagram duljine talvega i površine žala

Sl. 27. Korelacija površina žala i površina drenažnih bazena bez antropogenog utjecaja

Sl. 28. Karta nagiba Hvara s prikazanim drenažnim bazenima

Sl. 29. Žalo Mala Stiniva 1 (198), primjer šljunčanog žala

Sl. 30. Žalo Grebišće 1 (164), primjer pješčanog žala

Sl. 31. Žalo Dubovica (23), primjer žala s antropogenim utjecajem (izgrađeni objekti i zid na žalu)

Sl. 32. Žala prema veličini sedimenta

Popis tablica:

Tab.1. Površinski udio hipsometrijskih razreda na otoku Hvaru

Tab. 2. Površinski udio pojedinih razreda nagiba na otoku Hvaru

Tab.3. Površinski udio pojedinih razreda vertikalne raščlanjenosti reljefa na otoku Hvaru

Tab. 4. Površinski udio pojedinih razreda orijentacije padina otoka Hvara

Tab. 5. Nazivi i identifikacijski brojevi žala na otoku Hvaru

Tab. 6. Postotni udio žala u odnosu na prosječnu veličinu

Tab. 7. Udio kategorija veličine žala na otoku Hvaru

Tab. 8. Udio obilježja drenažnih bazena na Hvaru

Tab. 9. Korelacija površina drenažnog bazena i površina žala po godinama

Tab. 10. Postotni udio veličine sedimenta žala na otoku Hvaru

Tab. 11. Udio žala sa/bez antropogenog utjecaja

Tab. 12. Kategorije morfogenetskih procesa koji utječu na formiranje žala