

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE OTOKA VISA

Geomorphological Features of the Vis Island

dr. sc. Kristina Krklec

Zavod za pedologiju
Agronomski fakultet
Sveučilište u Zagrebu
E-mail: kkrklec@agr.hr

doc. dr. sc. Sanja Lozić

Odjel za geografiju
Sveučilište u Zadru
E-mail: slozic@unizd.hr

Ante Šiljeg, prof.

Odjel za geografiju
Sveučilište u Zadru
E-mail: asiljeg@unizd.hr

UDK 551.4(497.5)(210.7 Vis)

Sažetak

Na temelju općih morfoloških i morfostrukturnih osobina moguće je determinirati nekoliko osnovnih dijelova otoka Visa: sjeverni, središnji i južni hrbat, te sjevernu i južnu udolinu, koji su izduženi u smjeru Z (ZJZ) – I (IS). Morfološki najizraženiji su južna udolina (veća i gospodarski važnija), koju velikim dijelom izgrađuju krška polja, i hrbat, koji dominira središnjim otočnim dijelom. Karbonatna osnova otoka Visa preoblikovana je tektonikom, a porast morske razine od oko 120 m nakon posljednjega ledenog doba dao je otoku današnje konture. Ispucale karbonatne stijene izložene djelovanju klimatskih, bioloških i antropogenih procesa bile su temelj za oblikovanje krškog reljefa. Egzogeni destruktivski (krški, fluvio-krški, derazijski i abrazijski) i akumulacijski procesi oblikovali su konačan izgled kakav otok ima i danas. Materijal ispiran s padina ili erodiran djelovanjem paleo tekućica, akumuliran je u morfološkim depresijama u unutrašnjosti otoka, dok je uz obalnu liniju ispran ili djelovanjem valova preoblikovan u sedimente plaža.

Znatna područja manje ili više strmih padina preoblikovana su antropogenim djelovanjem, i to izgradnjom terasa za uzgoj vinove loze. Kao potporni element terasastih parcela služili su suhozidi, koji su imali funkciju zadržavanja tla na strmijim dijelovima padina. Danas je njihova funkcija bitno smanjena, pa su velike površine terasastih polja na padinama u zarastanju, a suhozidi se zbog neodržavanja raspadaju.

Gljučne riječi: otok Vis, geomorfologija, GIS, antropogeni utjecaj.

Summary

On the basis of its general morphological and morphostructural characteristics it is possible to distinguish several parts of Vis island: northern, central and southern ridge and northern and southern valley, which are elongated in W (WSW) – E (ENE) direction. Morphologically, most prominent are the southern valley (bigger, built of karst poljes and economically more important) and ridge which dominates the central part of the island. Carbonate foundation of the Vis island is restructured by tectonics, and sea level rise of 120 m after the last ice age gave the island its recent contours. Cracked carbonate rocks, which were exposed to different climatic and biological processes, were the foundation of karst relief formation.

Exogenous destructive and accumulative processes (karst, fluvio-karst, derasional and abrasional) have formed the final appearance of Vis island. The material which had been washed away from slopes or eroded by paleostreams

activity accumulated in morphological depressions in interior part of the island, while along the coastline it was washed away or restructured as beach sediments by wave activity.

Vast areas of more or less steep slopes were transformed by anthropogenic activity, or to be more precise, by terracing for grapevine cultivation. Dry stonewalls, which had the function of retention of the soil on the steeper parts of the slopes, served as a supporting element for terraced plots. Today, because of their greatly reduced function, vast areas of terraced poljes on hill-slopes are becoming overgrown and dry stonewalls are collapsing because they are not under maintenance anymore.

Keywords: Vis island, geomorphology, GIS, anthropogenic impact

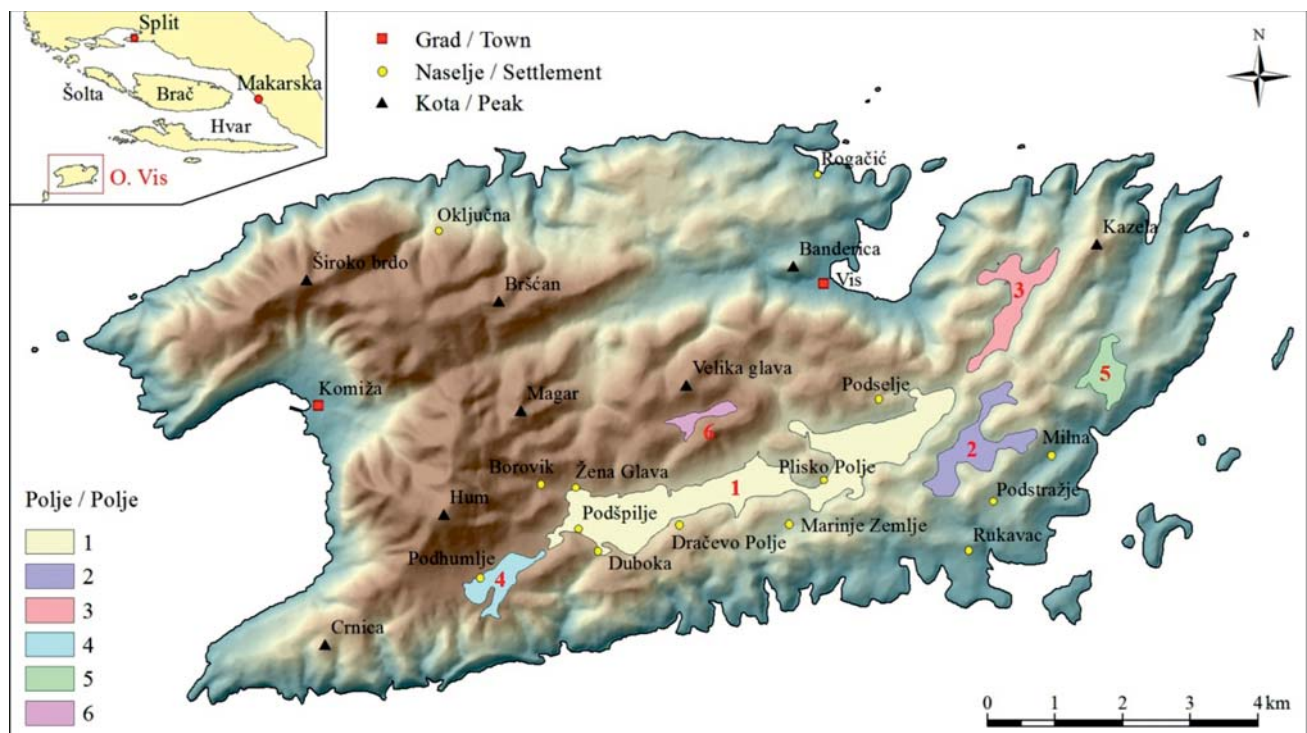
UVOD / Introduction

Otok Vis (sl. 1.) pripada srednjodalmatinskoj otočnoj skupini. Dug je 17 km (rt Barjaci - rt Kampanel), a širok 8 km (Pritiščina – Oključna), svojom je površinom od 89,7 km² deveti otok po veličini među hrvatskim otocima (Duplančić et al., 2004.). Duljina obale otoka Visa iznosi 84,9 km, a koeficijent razvedenosti 2,28 svrstava ga u skupinu slabije razvedenih otoka (*Pomorski leksikon*, 1990.). Od kopna je udaljen 45 km i najveći je pučinski otok na Jadranu.

Za otok Vis karakterističan je približno tzv. hvarski smjer pružanja (W-E, WSW -ENE), to jest odstupanje od dalmatinskog smjera pružanja (NW - SE).

Na društveno-gospodarski razvoj otoka u prošlosti, ali i danas, bitno je utjecala njegova izoliranost, odvojenost od kopna i ostalih otoka. Kao posljedica toga, ali i demografskog starenja stanovništva, intenziviran je proces depopulacije, osobito izražen u 20. stoljeću (Nejašmić i Mišetić, 2006.). Taj proces imao je višestruke posljedice, a jedna od izrazitijih je izmjena prirodnoga i kulturnog krajolika otoka.

Svrha ovog istraživanja, provedenoga na otoku Visu u razdoblju 2007. - 2011., bila je utvrditi i razumjeti način na koji geomorfološki procesi utječu na promjene morfoloških značajka reljefa na otoku Visu. Mnogi autori pokušavali su utvrditi karakteristike odnosa



1) Dračevo polje – Plisko polje, 2) Mala Vošćica – Velika Vošćica – Malo Ljubišće – Veliko Ljubišće polje, 3) Malo Zlo – Veliko Zlo polje, 4) Podhumlje polje 5) Tihobraće polje, 6) Čajno polje.

Slika 1. Geografski položaj otoka Visa
Figure 1 Geographic location of the Vis island

između geomorfološke evolucije krških i fluviokrških reljefnih oblika, te geoloških značajka (White, 2007.). Većina onih koji su se bavili ovom problematikom slaže se s činjenicom da su kemijsko i mehaničko trošenje posljedica kompleksnoga međudjelovanja strukturnih, topografskih, klimatskih i paleoklimatskih značajka (varijacija u količini oborina, značajka otjecanja i, posljedično, denudacije), stijenske podloge, pedološkog pokrova i vegetacijskih obilježja. Neslaganja se pojavljuju povezano s relativnim značenjem veličine i snage djelovanja pojedinih značajka (Gibbs et al., 1999.).

Recentni reljefni oblici na otoku Visu posljedica su djelovanja više čimbenika tijekom geneze i evolucije, od kojih su najizrazitiji geološki sastav i građa, tektonski razvoj, paleogeomorfološki procesi, paleoklimatske i vegetacijske značajke te znatan antropogeni utjecaj.

Temeljni ciljevi ovom radu su analiza i sinteza morfostrukturnih, morfometrijskih, morfogenetskih i morfoloških obilježja reljefa na otoku Vis, rekonstrukcija dominantnih paleogeomorfoloških procesa (uzimajući u obzir djelovanje paleoklime), utvrđivanje recentnih geomorfoloških procesa i budućih trendova. Uz te elemente razmotren je i antropogeni utjecaj, zbog dugotrajnoga i neposrednoga ili posrednoga utjecaja na geomorfološku evoluciju istraživanog područja.

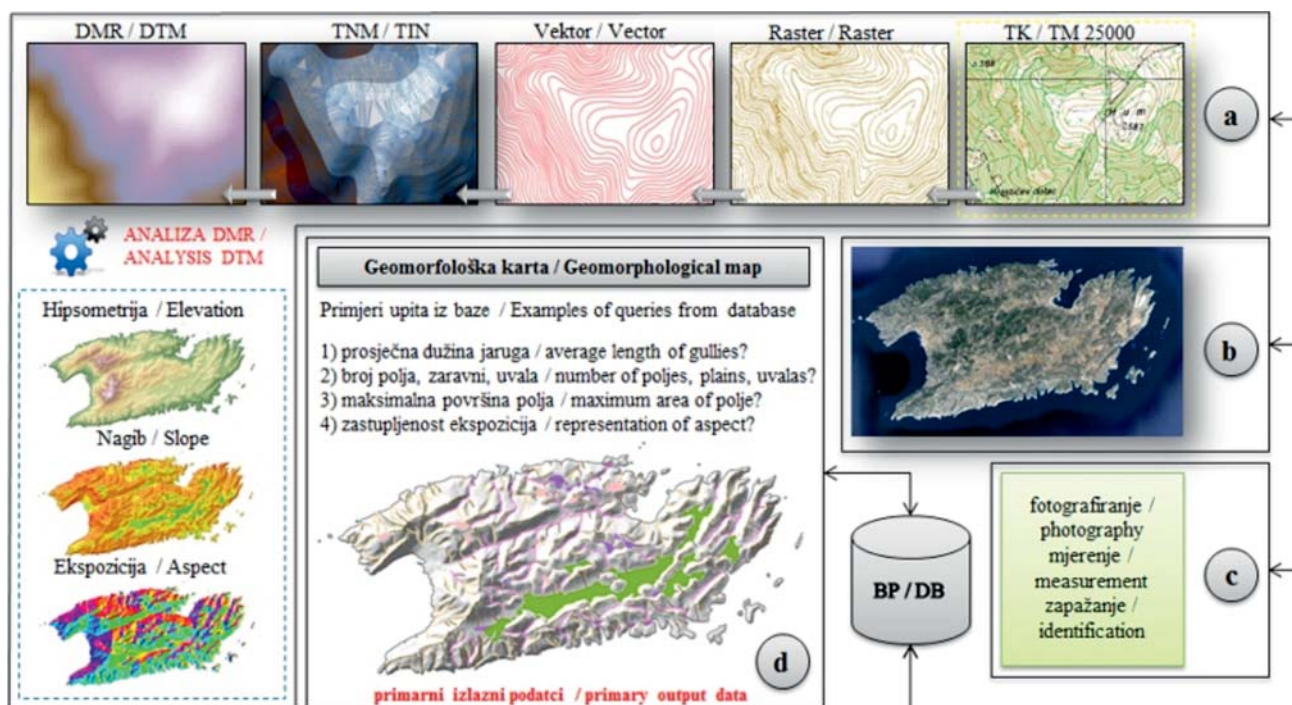
METODOLOGIJA / Methodology

U analizi geomorfoloških značajka otoka Visa, uz opće znanstveno-istraživačke metode, poslužilo se i specifičnim metodama, tehnikama i procedurom poradi dobivanja kvalitetnijih izlaznih podataka i postizanja egzaktnijih rezultata. U istraživanju su primijenjene: GIS metode, metode vektorizacije, geomorfometrijske metode i metoda terenskoga rada. Njihova implementacija omogućila je interdisciplinarni pristup u proučavanju geomorfoloških značajka.

GIS metodologija uključivala je nekoliko koraka: 1) izbor softvera, 2) prikupljanje podataka u analognome i digitalnom obliku, 3) vrednovanje, izradbu i doradu podataka, 4) izradbu DMR-a, 5) izradbu izvedenih podataka, 6) pohranjivanje i izradbu nove baze podataka, 7) analizu morfometrijskih parametara, 8) korelaciju i 9) kartografske metode.

Cilj radu bilo je precizno kvantitativno i kvalitativno raščlaniti morfološke oblike i procese koji su ih uzrokovali. Kvantifikacija geoobjekata u ovom radu zasniva se na tri vrste prostornih podataka: točkasti prostorni podatci (kote), linijska mreža podataka (mreža derazijskih oblika), površinski podatci (nagib, ekspozicija, hipsometrija). Kvalitativna analiza temeljila se na interpretaciji svih parametara i na terenskom radu.

Kvantitativna i kvalitativna analiza odvijala se u četiri faze (sl. 2.).



Slika 2. Metodološka shema
Figure 2 Methodological scheme

a) Izradba i analiza digitalnog modela reljefa / *Elaboration and Analysis of Digital Relief Model*

Analiza temeljena na GIS metodama odnosi se na raščlambu digitalnog modela reljefa (DMR), to jest pravilnu mrežnu matricu koja predočuje kontinuirane promjene visina u prostoru. Proces koji kvantitativno opisuje reljef poznat je kao digitalna analiza reljefa (*digital terrain analysis*). On se u literaturi često poistovjećuje s geomorfometrijom. Digitalna analiza reljefa (DAR) je skup tehnika kojima se koristi za topografsku analizu i izvođenje različitih reljefnih parametara iz DMR.

Metodom poluautomatske i ručne vektorizacije izdvojene su izohipse iz topografskih karata (mjerila 1:25000). Svakoj izohipsi pridodan je atribut o visini. Iz izohipsa, uporabom negeostatističke metode interpolacije TIN (*triangulated irregular network*) dobiven je DMR, rasterske grid strukture 25 x 25 m. Primjenjujući metodu 3 x 3 kvadrata i algoritme integrirane unutra GIS softvera, napravljene su analize hipsometrije, nagiba, ekspozicija, smjera otjecanja i područja akumulacije. Kvantificiranje je provedeno obradom izrađenih digitalnih baza podataka – točnije, vektorskih modela. Temeljni kriterij pri određivanju morfoloških depresija (krška polja i uvale) i zaravni bila je karta nagiba padina. Za izdvajanje krških polja, uz Gamsove kriterije (1993.) poslužile su granične vrijednosti nagiba: $< 2^\circ$ za njihova dna i $2 - 5^\circ$ za rubne dijelove. Derazijski (jaruge i derazijske doline) i fluvio-krški oblici (suhe doline) izdvojeni su na temelju smjera otjecanja površinske vode i s njom povezanom akumulacijom padinskog materijala.

b) Analiza satelitskih i ortofoto snimaka / *Satellite and Orthophoto Image Analysis*

Uporaba aplikacija Google Earth Pro (3D) i ARKOD (2011.) omogućili su proučavanje i vizualizaciju, osobito slabije dostupnih područja.

c) Terensko istraživanje / *Field Research*

Dobiveni podatci definirani su i provjereni terenskim zapažanjima usmjerenima prije svega na specifične značajke geomorfoloških oblika i procesa.

d) Sinteza / *Synthesis*

Na temelju dobivenih podataka i terenskih zapažanja dopunjena je baza podataka, čime je omogućena kvalitetnija interpretacija morfoloških, morfogenetskih i morfostrukturnih značajka reljefa.

REZULTATI / *Results*

GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE / *Geomorphological features*

Morfostrukturne značajke / *Morphostructural features*

Raspored reljefnih oblika na otoku Visu u korelaciji je sa strukturnim i litološkim karakteristikama. Pružanje glavnih rasjeda (često se pojavljuju kao rasjedne zone široke nekoliko metara) na otoku uglavnom je subparalelno dužoj osi otoka (Terzić, 2004.). Na područjima rasjednih zona zbog razlomljenosti stijenske mase došlo je do pojačanog trošenja stijena, te formiranja depresija.

Raspored većih depresija na Visu podudaran je s rasporedom glavnih rasjednih zona (sl. 3.). Najbolji primjeri podudaranja su rasjed Pizdica – Sv. Mihovil – Vis s dolinom između Komiže i Visa, zona polja između rasjeda Dračevo polje – Plisko polje – rt Stačine i rasjeda Šćeda – Žena Glava – Čumkovića – Uvala Dobra.

Raspored konkavnih reljefnih oblika (uvala, suhih dolina, jaruga) podudara se s pružanjem manjih rasjeda. Primjeri za to su uvale: Uvala Rogačić, Uvala Ruda, Uvala Travna, Uvala M. Travna, Stiniva i duge, suhe doline: Uvala Smokova, Uvala Stončica, Uvala Dobra, Uvala Milna i druge, te jaruge: sustav jaruga na jugoistočnoj obali Komiškog zaljeva, jaruge iznad uvala Knežice i Barjaške, iznad uvala V. Dragodir, M. Dragodir, Tordo zališće, Mala Travna, pa iznad uvala Stenjalo, Grandovac i uvale V. Čavojnica i druge.

Također, uzevši u obzir tektonski razvoj ovog područja (Marinčić, 1997.) i koreliranjem dostupnih geoloških karata (Borović et al., 1977.; Palenik, 2005.), karte tektonskih struktura (Palenik, 2005.) i hidrogeološke karte (Terzić, 2004.) moguće je rekonstruirati relativni razvoj depresija na Visu.

Može se pretpostaviti da su najstarije depresije nastale na području rasjedne zone pružanja istok - zapad na južnome otočnom dijelu (od južnog dijela Komiškog zaljeva do rta Gnijila; sl. 3.), koja je nastala u Laramijskoj tektonskoj fazi krajem krede. To su: Podhumlje, Dračevo polje i Čajno polje. Same su depresije, naravno, mlađe, s tim što su Podhumlje i Dračevo polje znatno veće od Čajnog polja jer su nastale bliže središnjem dijelu rasjedne zone (stijene su jače razlomljene, moguća je veća cirkulacija vode kroz stijene, a time i njihovo brže otapanje, širenje pukotina i nastanak depresija).

Nešto su mlađe depresije nastale na rasjedima pružanja sjever/sjeveroistok – jug/jugozapad na istočnom dijelu otoka (sl. 3.), što su također nastali u Laramijskoj tektonskoj fazi krajem krede (no vremenski nešto kasnije od rasjedne zone pružanja istok - zapad na južnom dijelu). Te su depresije: Plisko polje, Mala Vošćica – Velika Vošćica – Malo Ljubišće – Veliko Ljubišće, Tihobraće polje, te Veliko Zlo polje – Malo Zlo polje.

Depresije (uglavnom suhe doline) u zoni između sjevernog dijela Komiškog zaljeva do uvale Tiha i u zoni od grada Komiže do grada Visa relativno su mlađe od prije spomenutih depresija i vjerojatno su oblikovane nakon Pirenejske faze (lutet-oligocen) kada je došlo do rasjedanja i tog prostora.

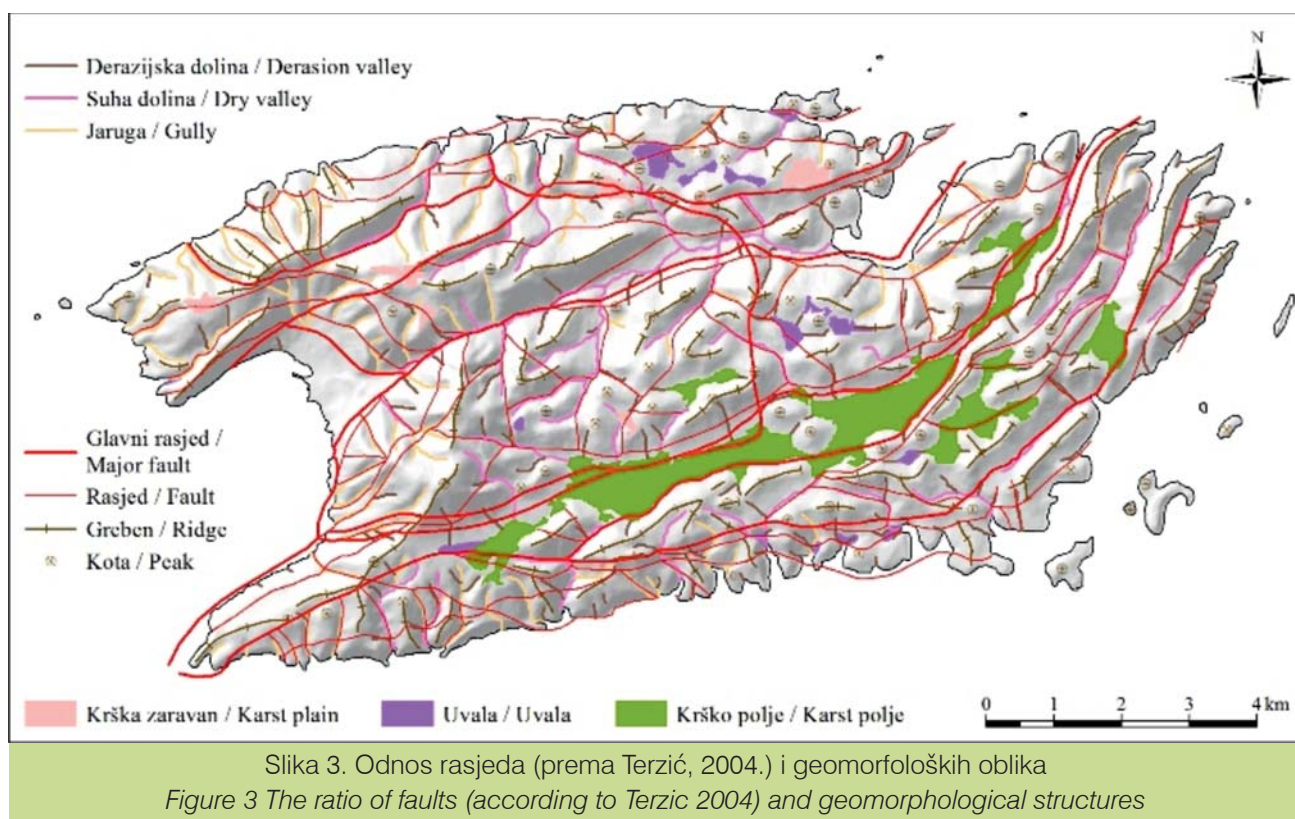
Konačni izgled, ako se zanemari djelovanje karbonatne korozije, dobile su depresije i ostali reljefni oblici tijekom neogensko-kvartarne orogenetske faze obilježene pritiscima u smjeru sjever - jug.

Potrebno je naglasiti da su, s morfogenetskoga gledišta, suhe doline vremenski starije od jaruga i

derazijskih dolina; to jest jaruge su mlađe od suhih dolina, no vremenski su starije od derazijskih dolina.

Strukturne značajke otoka Visa u korelaciji su s morfologijom terena. Naime, u strukturnom smislu ovaj otok predstavlja uspravnu antiklinalu kojoj se os pruža u smjeru istok - zapad i tone prema istoku pod kutom od oko 10° (Borović et al., 1977.). Duž sjeverne i južne obale, na mjestima gdje krila antiklinale tonu, oblikovali su se strmi obalni profili.

Litološke karakteristike terena, dakle vrste stijena u podlozi, također su utjecale na raspored i morfološke značajke reljefnih oblika. Stijene različitog sastava (ovdje dolomiti i vapnenci) različito su otporne na mehaničko i kemijsko trošenje. Dolomitne su stijene manje otporne na mehaničko trošenje, zbog toga su područja na kojima se nalaze uglavnom niža i morfološki manje dinamična. S druge strane, vapnenci na površini morfološka su uzvišenja veće reljefne dinamike. Primjeri su šire područje oko vrhova Paklenica i Vitoprah, te područje uvala Ruda – luka Rukavac – uvala Brguljac – uvala Zaglav.



Slika 3. Odnos rasjeda (prema Terzić, 2004.) i geomorfoloških oblika
 Figure 3 The ratio of faults (according to Terzić 2004) and geomorphological structures

Morfogenetske i morfološke značajke / *Morphogenetic and morphological characteristics*

Morfogenetske značajke / *Morphogenetic characteristics*

Kao što je prethodno navedeno, trošenje stijena temeljni je proces egzogenog oblikovanja reljefa. Nastanak reljefnih oblika na otoku Visu u korelaciji je s litološkim, tektonskim i klimatskim i paleoklimatskim karakteristikama otoka. Egzogeni destruktivski (krški, fluvio-krški, derazijski, abrazijski) i akumulacijski procesi oblikovali su mu današnji izgled.

Derazijski destruktivski procesi (spiranje, osipanje, urušavanje i jaruženje) imali su, a i danas imaju, veliku ulogu u oblikovanju reljefa. Tijekom vlažnijih i hladnijih geoloških razdoblja (pleistocen), materijal spiran s padina akumuliran je u morfološkim depresijama u unutrašnjosti otoka ili u obalnom području (uvale). Tijekom holocena, doneseni je materijal uz obalnu liniju ispran ili preoblikovan u sedimente plaža djelovanjem valova. Danas ti procesi osiguravaju kontinuiran donos materijala u konkavne reljefne oblike (polja, uvale, doline, jaruge), a posebno su izraženi na područjima sa slabim ili nikakvim vegetacijskim pokrovom.

Suhe doline, uvale i jaruge rezultat su diferenciranog modeliranja tijekom hladnoga i vlažnog pleistocena, a u oblikovanju dolina veliku ulogu imali su i imaju i procesi plošne korozije. Na fluviokrško oblikovanje tijekom geološke povijesti upućuju i oblici suhih dolina i uvale na otoku: one su izduženog oblika, karakterističnog za fluvijalni proces u užem smislu. Rasprostranjene su uglavnom u unutrašnjosti, dok uz obalu prevladavaju jaruge koje su najčešće i rasjedno predisponirane.

S obzirom na to da otok Vis danas karakterizira bezvodnost (nepostojanje stalnih površinskih tekućica), geneza današnjih reljefnih oblika najvjerojatnije je posljedica dviju paleogeomorfoloških faza: faze intenzivnog krškog oblikovanja tijekom humidnijega i toplijeg razdoblja gornjeg pliocena, kad je količina oborina bila veća od tadašnje potencijalne evapotranspiracije, i faze intenzivnijega fluviokrškog oblikovanja u pleistocenu, u uvjetima velikih sezonskih termičkih kontrasta i promjena u hidrološkom režimu (Fairbanks, 1989., 1997.; Bar-Matthews et al., 1999.; Macklin et al., 2002.). Fluviokrški procesi bili su zastupljeni na područjima gdje danas dominira krški proces, a dokaz je postojanje fluviokrških i derazijskih fosilnih reljefnih oblika: vododerina, jaruga, suhih dolina, uvale i polja (sl. 11.). Raspadanjem vapnenca i dolomita na strmijim ogoljelim padinama jaruga i ostalih konkavnih reljefnih oblika pod utjecajem

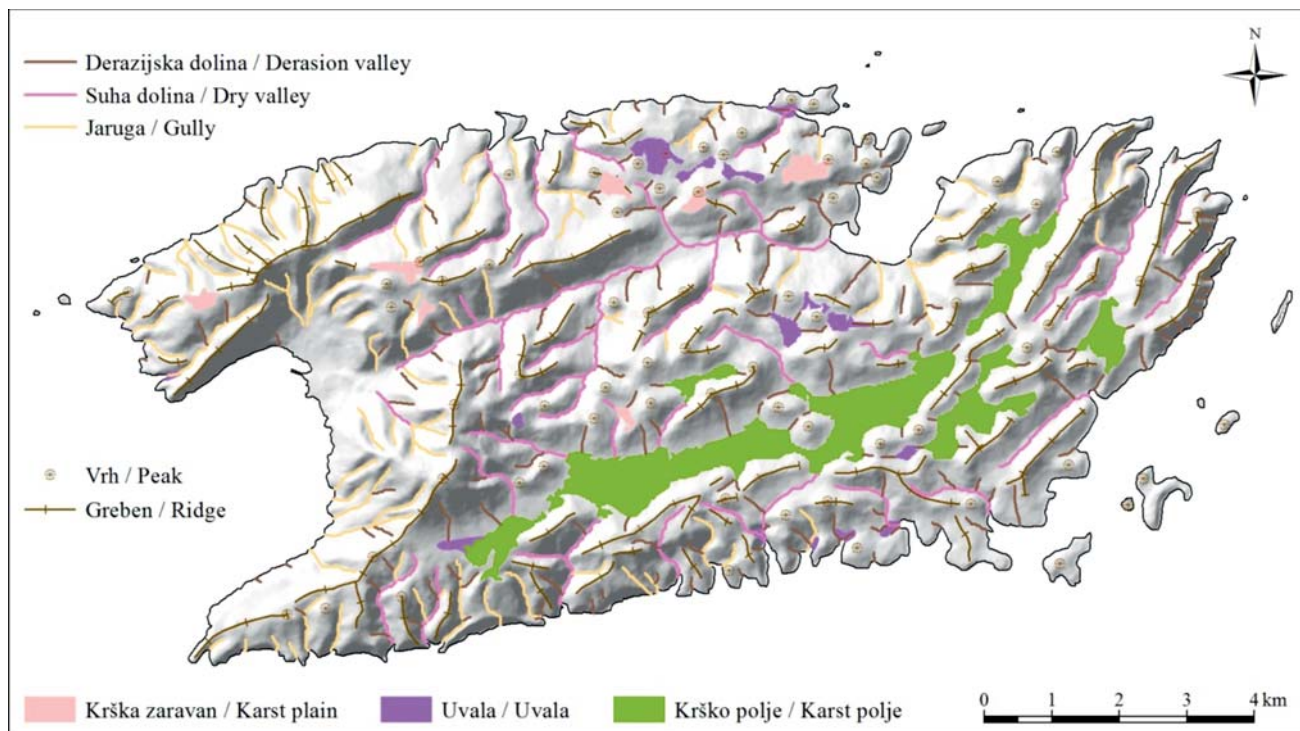
velikih termičkih promjena (zaleđivanje – otleđivanje), stvarao se razdrobljeni materijal i nastalo je gomilanje koluvijalnoga i deluvijalnog materijala u podnožjima. Zbog promjene klimatskih uvjeta, to jest nastupom toplijih i humidnijih uvjeta u holocenu, usporava se fluviokrški i intenzivira se krški proces, čemu je dokaz stabilizacija koluvijanih nanosa i njihovo obrastanje vegetacijom.

U uvjetima koji su vladali u gornjem pliocenu i pleistocenu, proces oblikovanja polja rubnom korozijom bio je intenzivniji. Jednako tako, moglo je doći do nastanka povremenih ili stalnih tekućica koje su erozijskom snagom vode oblikovale vododerine i jaruge, od kojih su, osobito u unutrašnjim dijelovima Visa, daljnjom morfološkom evolucijom oblikovane suhe doline i uvale. Tadašnji rastresiti pokrov, nastao akumulacijom tokova i/ili derazijskim procesima s okolnih padina, sprječavao je okomito otjecanje, štiteći vapnenačku podlogu od erozije. Nakon pleistocena on je bio erodiran pa je došlo do obnavljanja krškog procesa i poniranja vode.

Morfološke značajke / *Morphological characteristics*

Krška polja na otoku Visu pojavljuju se u obliku zatvorenih morfoloških depresija okruženih krškim uzvisinama (sl. 4.). Dominantnu ulogu pri oblikovanju polja imala je tektonika. Naime, polja na Visu nastala su na širokim rasjednim zonama, gdje je kroz tektonikom razlomljene stijene voda mogla slobodno cirkulirati i korodirati ih, te dodatno proširivati tektonskim pokretima formirane pukotine. Primjeri podudaranja pružanja polja s rasjedima su: Dračevo polje - Plisko polje i Mala Vošćica – Velika Vošćica – Malo Ljubišće – Veliko Ljubišće (sl. 3.). Ona su reljefne forme povezane s ulaskom i prolaskom vode, i u mnogim aspektima mogu se smatrati podlogama normalnoga fluvijalnog reljefa (Ford i Williams, 2007.).

Uz pretpostavku da su krška polja u prošlosti bila hidrološki aktivna, te na temelju terenskih istraživanja, GIS analize digitalnog modela reljefa i analize ortofoto snimaka (ARKOD, 2011.), na Visu je izdvojeno šest krških polja. To su: 1. Podhumlje, 2. Dračevo polje - Plisko polje, 3. Čajno polje, 4. Mala Vošćica – Velika Vošćica – Malo Ljubišće – Veliko Ljubišće, 5. Tihobraće polje i 6. Veliko Zlo polje – Malo Zlo polje. Polja su uglavnom smještena na južnoj i istočnoj strani otoka (sl. 1. i 4.). Najveće je krško polje sustav Dračevo polje - Plisko polje, s površinom od 3,56 km², dok je najmanje Čajno polje, s površinom od oko 0,17 km². Ukupna površina polja na otoku Visu iznosi 5,97 km².



Slika 4. Geomorfološka karta otoka Visa
 Figure 4 Geomorphological map of the Vis island

Sustav Dračevo polje – Plisko polje (sl. 1., 4. i 5.) smatra se jedinstvenim krškim poljem. Razlozi su međusobna povezanost uskim zaravnjenim koridorom i mala hipsometrijska razlika na krajnjim dijelovima polja. Ipak, smanjenje vrijednosti nadmorskih visina u polju od zapada prema istoku upućuje na moguće postojanje paleotoka u geološkoj prošlosti, koji je povezivao ta dva polja.

Zanimljivo je istaknuti i sustav polja Mala Vošćica – Velika Vošćica – Malo Ljubišće – Veliko Ljubišće, koje je, uz tektonsku predispoziciju, vjerojatno nastalo korozijskim proširivanjem uvala i spajanjem u jedno jedinstveno polje.

Glavni su geomorfološki procesi u poljima selektivna erozija, rubna korozija (ako su sedimenti na dnu nepropusni), supkutana korozija i/ili subaluvijalna korozija (ovisno o tipu sedimenata na dnu) (Gams, 1978.).

Neovisno o posebnosti svakoga krškog polja zasebno, sva polja imaju zajednički hidrološki čimbenik: njihov razvoj odvijao se blizu lokalnoga vodnog lica (Ford i Williams, 2007.).

U razdoblju od prije 9.000 do prije 4.500 godina hidrološka situacija bila je znatno drugačija. Klima je bila toplija i vlažnija, a prosječna količina padalina 50% veća od današnje na istim geografskim širinama (Bond et al., 1997.), pa je hidrološka aktivnost u poljima bila

izraženija. Danas je to nešto drugačije, ali vode u poljima još uvijek ima. Naime, na JZ dijelu polja Dol nalazi se vodocrpilište „Korita“, koje opskrbljuje otok Vis pitkom vodom, zatim lokva i ponor u Pliskom polju, te mnoštvo bunara u poljima.

Bušanjem je ustanovljena debljina kvartarnog nanosa u sjeverozapadnom dijelu Velog polja od čak 45 m (Crnolatac, 1954.); u uvjetima vlažnije klime tijekom pleistocena odvijalo se i intenzivnije otapanje karbonatnih stijena. Postojanje relativno velike količine nakupljenoga asitnozrnatog materijala rezultat je mehaničkog trošenja dolomita.

Geomorfološki procesi erozije i denudacije osigurali su, i još uvijek osiguravaju, kontinuiran donos materijala u polja i ostale morfološke depresije. Na dnima polja akumuliran je pretaloženi materijal nastao spiranjem padina (koluvij) i rezidijum. Krupniji fragmenti prevladavaju na rubnim dijelovima, dok su na dnima uglavnom sitnije čestice (pjeskovite i prašinate). Sav taj materijal, mjestimično u kombinaciji s eolski donesenim materijalom (V. Zlo polje i M. Zlo polje, Tihobraće polje) stvorio je inicijalni pedološki pokrov.

Uvale su velike zatvorene ili poluzatvorene depresije u kršu izdužena ili nepravilna oblika. Dna su im valovita ili prekrivena ponikvama, nerijetko zaravnjena koluvijalnim

sedimentima. Uvijek se nalaze iznad vodnog lica, a njihov nastanak i razvoj pod snažnim je utjecajem tektonike. Kod uvala, bočnom korozijom ublaženi su prijelazi između dna i kosina, sedimenti su rijetki, a otjecanje vode je disperzno (Čalić, 2009.).

Razvoj uvala, smještenih uglavnom na sjeverozapadnoj strani otoka Visa, vezan je uz fluviokrško oblikovanje tijekom humidnijih razdoblja u geološkoj prošlosti. Tektonski „oštećen“ teren poslije je korozijski oblikovan.

Na otoku Visu nalazi se 26 uvala (sl. 4.). To su zatvorene ili poluzatvorene depresije, nepravilna oblika. Najveća od njih površine je 0,225 km², dok je najmanjoj tek 0,007 km². Njihov je postanak, uz tektonsku predispoziciju, vezan uz fluviokrško oblikovanje tijekom humidnijih razdoblja geološke prošlosti - npr. Uvala Rogačić (sl. 6.), Uvala Ruda, Uvala Travnica, Uvala M. Travnica, Stiniva.

Jaruge su izduženi morfološki oblici formirani linearnim otjecanjem vode. Duljine im prelaze i više od stotinjak metara, a širina im je manja od dubine. Poprečni profili dna jaruga imaju oblik slova V (sl. 14.).

Analizom digitalnog modela reljefa i ortofoto snimaka (ARKOD, 2011.) utvrđeni su parametri veličine jaruga. Ima 84 jaruge, najdulja od njih duga je 1.872 m, a najkraća tek 110 m. Ukupna duljina svih jaruga na Visu iznosi 57.362 m.

Uglavnom su smještene uz sjeverozapadnu, zapadnu i jugozapadnu otočnu obalu (sl. 4. i 7.). Njihov nastanak tektonski je predisponiran (sl. 3.). Dobri primjeri podudarnosti pružanja rasjeda i jaruga su one iznad uvala: M. Kulna, V. Kulna i Ploča, pa Dogmilice, Pritišćina, Toleška mala; zatim sustav jaruga na jugoistočnoj obali Komiškog zaljeva, pa one iznad uvala Knežica, Barjaška V. Dragodir, M. Dragodir, Tordo zališće, Mala Travnica; te iznad uvala Stenjalo, Grandovac i V. Čavojnica.

Dna jaruga ispunjena su kolvijalnim i deluvijalnim materijalom što je tamo dospio s gornjih dijelova padina procesima spiranja i osipanja (Hamlin et al., 2000.). Na kratak transport upućuje nezaobljenost fragmenata (sl. 8.), a materijal je vjerojatno donesen tijekom jačih i obilnijih pljuskova kada je bilo moguće formirati kratkotrajne bujice. Proces osipanja i spiranja odvijaju se i danas, pa se može očekivati da će se u budućnosti dna jaruga ispuniti kolvijalnim materijalom, uz korozijsko proširenje i transformaciju u suhe doline.

Suhe doline pojavljuju se u središnjem dijelu otoka, duž sjeverne, istočne i južne obale (sl. 4.). GIS analizom digitalnog modela reljefa i analizom ortofoto snimaka

(ARKOD, 2011.) utvrđeno je da ima ukupno 37 suhih dolina. Najduža od njih ima 6.943 m, a najkraća tek 535 m. Ukupna duljina svih suhih dolina na Visu iznosi 59.662 m.

Suhe doline oblikovale su se na tektonski predisponiranim područjima, zbog toga se mogu naći brojni primjeri podudaranja u pružanju rasjednih zona i suhih dolina (sl. 3.) - npr. uvale Smokova, Stončica, Dobra, Milna (sl. 9.) i druge. Oblici suhih dolina upućuju na fluviokrški nastanak reljefa tijekom geološke prošlosti. Naime, suhe doline nasljeđe su diferencijalnog modeliranja tijekom hladnijih i vlažnijih faza pleistocena (Macklin et al., 2002.). U uvjetima kad je količina oborina bila veća od potencijalne evapotranspiracije (Gams, 2004), glavnu su ulogu u njihovu formiranju odigrali procesi površinske drenaže. U takvim uvjetima bio je moguć nastanak stalnih (ili povremenih) tokova kojih je erozijska snaga mogla stvoriti doline.

Zaravni su reljefni oblik tzv. poligenetskog tipa, vezan uz karbonatnu podlogu. Pri oblikovanju tih prostranih područja u kršu, bitnu ulogu imali su tektonika i erozivno-denukacijski procesi. Pretpostavlja se da su zaravni na području Dinarida nastale tijekom gornjeg pliocena, u uvjetima tropske klime i povišenog sadržaja CO₂ biogenog podrijetla, što je u vlažnom tlu rezultiralo pojačanom bočnom korozijom (Roglić, 1957.).

Na višim dijelovima Visa nalaze se manja zaravnjena područja (sl. 4. i 10.) s nagibom uglavnom manjim od 2°. Ti su reljefni oblici (njih sedam) smješteni većinom na sjevernoj strani otoka, a s obzirom na njihovu veličinu (najveće područje prekriva 0,21 km², a najmanje tek 0,05 km²) ne mogu se zvati zaravnima u geografskom smislu. S obzirom na to da je pri njihovu oblikovanju bitnu ulogu imala tektonika uz erozijsko-denukacijske procese, može se pretpostaviti da su manja zaravnjena područja dio veće disecirane zaravni koja je preoblikovana tektonskim pokretima i, zbog svoje relativne izloženosti, procesima denukacije na vršnim dijelovima disecirane antiklinale.

Obale otoka Visa karakterizira morfološka raznolikost, pri čemu su ona sjeverna i jugozapadna strmije, dok su na istočnom dijelu otoka blaže položene.

Obalna područja oblikovana su gornjopleistocensko-holocenskim izdizanjem morske razine (Šegota, 1982.). To potvrđuje i činjenica da se otok nalazi unutar izobate od 100 m, pa se ta značajka odražava i u fizionomiji otočnih obala. Uz strukturnu predispoziciju (antiklinala) bitnu ulogu u formiranju obala imali su i procesi erozije (linearne i plošne), te abrazije valovima.

Utjecaj rada valova posebice je vidljiv za obale formirane u rastresitim klastičnim sedimentima, na kojemu je proluvijalni materijal (nastao sedimentacijom padinskog materijala u najnižim dijelovima jaruga i suhих dolina, a koji je preplavljen izdizanjem razine mora) oblikovan radom valova, pa su nastale šljunkovite i pješčane plaže.

Na Visu, kao i na drugim srednjodalmatinskim otocima, ističu se uzdužni i asimetrični hrptovi slični onima na obali. Otočni su grebeni prema veličini otoka razmjerno visoki.

U morfološkom smislu, na otoku Visu razlikuju se tri tipa obala:

- a) visoke stjenovite,
- b) niske stjenovite,
- c) formirane u rastresitim klastičnim sedimentima.

Visoke stjenovite obale pojavljuju se (uz strukturnu i reljefnu predispoziciju) na područjima sa snažnim utjecajem djelovanja abrazije valovima (sl. 11.). Oblikovanje niskih stjenovitih obala strukturno je predisponirano (blaži nagibi). Obale formirane u rastresitim klastičnim sedimentima nastale su poplavlivanjem najnižih dijelova jaruga i suhих dolina u kojima su nataloženi proluvijalni sedimenti (sedimentacijom padinskog materijala). Proluvijalni materijal preoblikovan je radom valova, pa su tu šljunkovite ili pješčane plaže (sl. 12.).

ANTROPOGENI UTJECAJ NA RELJEF / *Anthropogenic impact on the relief*

Zbog svoje blage klime i postojanja velikih obradivih površina, otok Vis oduvijek je bio zanimljiv za poljoprivrednu proizvodnju. Vinogradarstvo je stoljećima

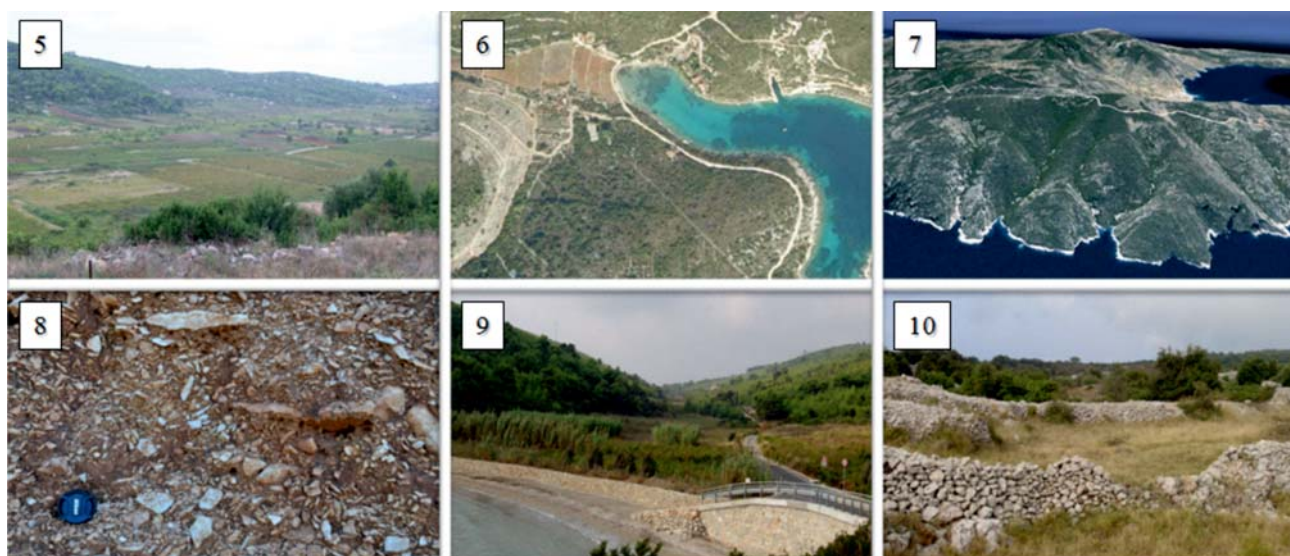
bila glavna gospodarska grana a viška vina spominju se već početkom 2. st. pr. Kr. (Novak, 1961.; Peričić, 1999.).

Suhozidi su najrašireniji element kulturnog krajolika na području ovoga otoka. Zbog potrebe za povećanjem obradivih površina, stanovnici su svoje nasade proširivali na padine brojnih uzvišenja na otoku. Znatna područja manje ili više strmih padina preoblikovana su antropogenim djelovanjem, i to terasiranjem, za uzgoj vinove loze, stoljećima primarne uzgojne kulture na Visu. To osobito vrijedi za bočne dijelove jaruga, suhих i derazijskih dolina, te blaže dijelove obalnih padina, gdje su postojeće nakupine tla potakle čovjeka da na tim mjestima izgradi cijele sustave terasastih polja; potporni su element pritom bili suhozidi, zadržavajući tla na strmijim dijelovima padina (sl. 13.). Površine pod suhozidima nekad su bile ograđene poljoprivredne površine na kojima su se uzgajale sredozemne kulture (suhozidi bliže naseljima) ili pašnjačke površine (suhozidi udaljeniji od naselja) (Williams, 1993.).

Danas, udio obradivih površina na terasama unutar suhozida znatno je smanjen. Dominantne su kulture koje se još uzgajaju vinova loza i maslina. Puno veće površine danas se nalaze u procesu zarastanja (makija, šikara i šuma primorskog bora), zbog čega je determinacija njihove izvorne funkcije otežana.

Funkcije suhozida u prošlosti bile su višestruke (Nicod et al., 1993.; Aničić i Perica, 2003.), pa se na temelju toga može izdvojiti nekoliko tipova:

- a) suhozidi kao element ograđivanja poljoprivrednih površina,
- b) suhozidi kao potporni element u obliku terasa,
- c) suhozidi kao element ograđivanja pašnjačkih površina.





Slika 5. Plisko polje, pogled sa sjevernog ruba polja / *Figure 5 Plisko polje, view from the north*

Slika 6. Uvala Rogačić, SZ od grada Visa, M 1 : 5683 (www.arkod.hr, 15.12.2010.) / *Figure 6 Uvala Rogačić, NW from the town of Vis*

Slika 7. Jaruge zapadno od sela Oključna (www.GoogleEarth.com, 15.12.2010.) / *Figure 7 Jaruge W from the village Oključna*

Slika 8. Deluvijalni materijal na dnu jaruge prema uvali Pritišćina / *Figure 8 Diluvial matter at the bottom of the gully Pritišćina*

Slika 9. Suha dolina zapadno od uvale Milna / *Figure 9 Dry valley W from uvala Milna*

Slika 10. Manja zaravan sjeverozapadno od Komiškog zaljeva / *Figure 10 Smaller plain NW from Komiško bay*

Slika 11. Visoka stjenovita obala na sjevernoj strani otoka Visa / *Figure 11 Tall rocky shore in the north part of the island*

Slika 12. Obala formirana u rastresitim klastičnim sedimentima (Uvala Pritišćina) / *Figure 12 Shore formed in loose clastic sediments*

Slika 13. Terasa sa suhozidima s potpornom funkcijom jugoistočno od Komiže / *Figure 13 Terraces with supporting stonewalls SE of Komiža*

ZAKLJUČAK / *Conclusion*

Raspored reljefnih oblika na otoku Visu, kao najdominantnijih elemenata krajolika, u korelaciji je s litološkim i strukturnim karakteristikama. Pružanje glavnih rasjeda (često se pojavljuju kao rasjedne zone široke nekoliko metara) na otoku uglavnom je subparalelno dužoj osi otoka (Terzić, 2004.). Na područjima rasjednih zona, zbog razlomljenosti stijenske mase došlo je do pojačanog trošenja stijena i formiranja depresija.

Egzogeni destruktivski (fluviokrški, krški, derazijski, abrazivski) i akumulacijski procesi dali su otoku Visu izgled kakav ima i danas. Na fluviokrško oblikovanje tijekom pleistocena upućuju oblici suhih dolina i uvala na: one su izduženog oblika karakterističnoga za fluvijalne procese u užem smislu. Smještene su uglavnom u unutrašnjosti, dok uz obalu prevladavaju jaruge najčešće rasjedno predisponirane. Zbog promjene klimatskih uvjeta, nastupom toplijih i humidnijih uvjeta u holocenu, došlo je do usporavanja fluviokrškog i intenziviranja krškog procesa.

Tijekom pleistocena nastupili su derazijski procesi - denudacija materijala s padina i akumulacija u morfološkim depresijama u otočnoj unutrašnjosti, dok je uz obalu denudirani materijal ispran ili preoblikovan u sedimente plaža abrazivskim djelovanjem valova. Derazijski destruktivski procesi (spiranje, osipanje, urušavanje i jaruženje) i danas imaju veliku ulogu u

oblikovanju reljefa jer osiguravaju kontinuiran donos materijala u konkavne reljefne oblike (polja, uvale, doline, jaruge), a posebno su izraženi na područjima sa slabim ili nikakvim vegetacijskim pokrovom.

Suhe i derazijske doline, uvale i jaruge nasljeđe su diferenciranog modeliranja tijekom hladnoga i vlažnog pleistocena, a u njihovu recentnom oblikovanju, kao i za krška polja, veliku ulogu imaju procesi plošne korozije.

Znatna područja manje ili više strmih padina preoblikovana su antropogenim djelovanjem, i to terasiranjem za uzgoj vinove loze, stoljećima primarne uzgojne kulture na Visu. To osobito vrijedi za bočne dijelove jaruga, suhih i derazijskih dolina, te blaže dijelove obalnih padina, gdje su postojeće nakupine tla potakle čovjeka da na tim mjestima izgradi cijele sustave terasastih polja. Kao potporni element terasastih polja služili su suhozidi, zadržavajući tlo na strmijim dijelovima padina.

Dugotrajni antropogeni utjecaj izražen uništavanjem vegetacijskog pokrova, intenzivirao je denudaciju i spiranje tankoga pedološkog pokrova, zbog čega je na mnogim mjestima stijenska podloga izbila na površinu. Takvo kontinuirano negativno djelovanje na prostor utjecalo je na njegovu izrazitu ogoljelost, osobito na konveksnim dijelovima padina uz obale. Tako je prije nekoliko desetljeća na mnogim dijelovima otoka (osobito južne obalne padine) prevladao goli i polupokriveni

krš. U novije vrijeme dolazi do reverzibilnog procesa, Naime, zbog napuštanja tradicionalne poljoprivrede, na nekadašnjm terasama sve je izraženije obrašćivanje (sukcesija). Vegetacijski pokrov u sukcesiji danas u znatnoj mjeri sprječava površinsko spiranje tla, što je svakako pozitivan element u stabilizaciji padina i očuvanju otočnoga prirodnog krajolika.

LITERATURA / References

Aničić, B. & Perica, D. (2003), Structural features of cultural landscape in the karst area (landscape in transition), *Acta Carsologica*, 32/1, 173-188.

ARKOD - Land Parcel identification System, Ministry of Agriculture, Fisheries and Rural Development, Croatia. <http://www.arkod.hr>.

Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A., & Wasserburg, G. J. (1999), The Eastern Mediterranean palaeoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel. *Earth and Planetary Science Letters*, 166/1-2, 85-95.

Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., Demenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. & Bonani, G. (1997), A pervasive millennial-scale cycle in north Atlantic Holocene and Glacial Climates, *Science*, 278, 1257-1265.

Borović, I., Marinčić, S., Majcen, Ž. & Magaš, N. (1977), Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, Tumač za listove Vis K33-33, Jelsa K33-34, Biševo 33-45, Inst. geol. istraž. Zagreb (1968), Savezni geološki zavod, Beograd

Crnolatac, I. (1954), Geologija otoka Visa, *Geol. vjesnik* 5-7 (1951-1953), 45-62, Zagreb

Čalić, J. (2009), Uvala – Dopinos studiji krških depresija sa odabranim primjerima iz Dinarida i Karpato-Balkanida, Inštitut za raziskovanje krasa SAZU, Postojna

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.

Fairbanks, R. G. (1989), A 17 000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation, *Nature*, 342, 637-642.

Ford, D. & Williams, P. (2007), *Karst Geomorphology and Hydrology*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, pp. 562.

Gams, I. (1978), The polje: The problem of definition, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, NH. 22, 170-181.

Gams, I. (1991), Systems of Adapting the Littoral Dinaric Karst to Agrarian Land Use, *Acta Geographica* 31, 5-106.

Gams, I., Nicod, J., Julian, M., Anthony, E. & Sauro, U. (1993), Environmental Change and Human Impacts on the Mediterranean Karsts of France, Italy and the Dinaric Region. *Catena Supplement* 25, 59-98.

Gams, I. (2004), Kras v Sloveniji v prostoru in času. 2.

pregledana izd. Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU, pp. 515.

Gibbs, M. T., Bluth, G. J. S., Fawcett, P. J. & Kump, L. R. (1999), Global chemical erosion over the last 250 MY: variations duee to changes in paleogeography, paleoclimate and paleogeology, *American Journal of Science*, 299, 611-651.

Hamlin, R. H. B., Woodward, J. C., Black, S., & Macklin, M. G. (2000), Sediment fingerprinting as a tool for interpreting long-term river activity: the Voidomatis basin, NW Greece. In: Foster, I. D. L. (ed): *Tracers in Geomorphology*, 473-501.

Macklin, M. G., Fuller, I. C., Lewin, J., Maas, G. S., Passmore, D. G., Rose, J., Woodward, J. C., Black, S., Hamlin, R. H. B., & Rowan, J. S. (2002), Correlation of Late and Middle Pleistocene fluvial sequences in the Mediterranean and their relationship to climate change. *Quaternary Science Reviews* 21/14/15: 1633-44.

Marinčić, S. (1997), Tectonic Structure of the Island of Hvar (Southern Croatia), *Geologia Croatica*, 50/1, 57-77, Zagreb

Nejašmić, I. & Mišetić, R. (2006), Depopulation of Vis Island, Croatia, *Geoadria* 11/2, 283-309.

Nicod, J., Julian, M., Anthony, E. & Sauro, U. (1993), Environmental change and human impacts on the Mediterranean karsts of France, Italy and the Dinaric region. In Williams, P.W. (ed.), *Karst Terrains, Environmental Changes, Human Impact*, *Catena Suppl.* 25: 59-98.

Novak, G. (1961), *Vis. Od VI. st prije nove ere do 1941. godine*. JAZU, Zagreb, 1-281.

Palenik, D. (2005), Strukturni sklop otoka Visa, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, pp. 122.

Peričić, Š. (1999), The development of the economy of the island Vis in the past. *Papers of Cratian Academy of Sciences and Arts in Zadar* 41, 1-144.

Pomorski leksikon (1990), JLZ "Miroslav Krleža", Zagreb.

Roglić, J. (1957), Zaravni u vapnencima. *Geografski glasnik* 19, 103-134, Zagreb

Šegota, T. (1982), Razina mora i vertikalno gibanje dna Jadranskog mora od ris-virmuskog interglacijala do danas. *Geol. vjesnik* 35, 93-109.

Terzić, J. (2004), Hidrogeološki odnosi na krškim otocima – primjer otoka Visa, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 16, 47-58, Zagreb

White, W. B. (2007), Evolution and age relations of karst landscapes. *Time in Karst*, Postojna, 45-52.

Williams, P.W. (1993), Environmental change and human impact on karst terrains: an introduction. In: Williams, P.W. (ed.), *Karst Terrains, Environmental Changes, Human Impact*. *Catena Suppl.* 25: 1-19.

Rukopis primljen: 21. 3. 2012.