

RAZPRAVE**SOODVISNOST NEKATERIH OBALNIH RELIEFNIH OBLIK**

AVTORICA

Ela Šegina

Miklošičeva 4a, SI – 1230 Domžale, Slovenija

ela.segina@gmail.com

UDK: 911.2:551.435.3(497.72)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Soodvisnost nekaterih obalnih reliefnih oblik

Predstavljen je obalni relief na primeru razmerij med širino obalne ravnice in višino ter naklonom obalne stene nad njo. V raziskavi so bili uporabljeni prerezi slovenske obale, pridobljeni z daljinskim zaznavanjem. Velikost uporabljenega vzorca sicer ne ustreza običajnemu statističnemu vzorcu, a rezultati nakazuje nekatere odnose med izbranimi parametri, na primer, da z naraščanjem višine obalne stene širina ravnice pod njo upada. Naklon obalne stene odraža součinkovanje odpornosti kamnin in hitrost odstranjevanja nako-pičenega gradiva. V grobem se z večanjem naklona obalne stene večja tudi širina obalne ravnice.

KLJUČNE BESEDE

geografija, obalna geomorfologija, obalna ravnica, obalna stena, Belveder, Pacug, Ronek

ABSTRACT

Correlations between some coastal forms

The analysis of relations between coastal landforms was performed, namely relations between width of shore platform, height of the coastal cliffs and its inclination. The study was based on profiles of the Slovenian coast obtained by remote sensing. The size of sample does not correspond to usual statistical samples, but it still gives some idea about relationships between selected parameters. Results show that the width of shore platform decreases while the cliff height increases.

The inclination of coastal cliffs reflects combination of rock resistance and transport intensity of accumulated material. In general, the increasing of cliff inclination corresponds to increase of shore platform width.

KEY WORDS

geography, coastal geomorphology, shore platform, coastal cliff, Belveder, Pacug, Ronek

Uredništvo je prispevek prejelo 16. marca 2011.

1 Uvod

Na preoblikovanje visokega tipa obal, ki je edini ostanek naravne obale na Slovenskem, vpliva vrsta dejavnikov. Hitrost umikanja klifov oziroma obalnih sten je odvisna od dolžine privetrišča, valovanja, višine in periode plimovanja, intenzivnosti odnašanja gradiva oziroma hitrosti priobalnega transporta, podnebnih dejavnikov, stopnje erozije morja, odpornosti kamnine, vrste in gostote rastja, tipa in sprememb rabe tal. Ugotavljanje natančnih vrednosti hitrosti umikanja flišnih skalnih pobočij z merjenjem erozijskih procesov je bilo izvedeno v notranjosti slovenske Istre (Zorn 2008), za obalo pa takšnih meritev še nimamo.

Lahko pa tudi brez meritev, na podlagi obstoječih reliefnih oblik, sklepamo o nekaterih procesih, ki so preoblikovali obalo v preteklosti. Ena izmed takšnih reliefnih oblik je obalna ravnica, katere širina odraža razdaljo umika obalne stene od zadnje transgresije od danes. Po statičnem modelu razvoja obalnega prereza ostaja zunanji rob obalne ravnice relativno nespremenjen, z umikanjem obalne stene, ki predstavlja njen notranji rob, pa širina obalne ravnice s časom narašča. Glede na vrsto kamnine (De Lange in Moon 2005) gre bržčas za tak primer tudi na slovenski obali, a odsotnost meritev erozije na podmorskem pragu onemogoča dokončno potrditev hipoteze.

Trenhaile (1999; 2000) piše o odvisnosti med zgoraj navedenimi dejavniki preoblikovanja obal in širino obalne ravnice. Zanimiva je povezanost različnih prvin reliefnih oblik med seboj, kot je razmerje med višino in naklonom obalne stene kot ostankom nekdanjega kopnega ter širino obalne ravnice, ki je ostala na svojem mestu.

2 Obalna geomorfologija pri nas

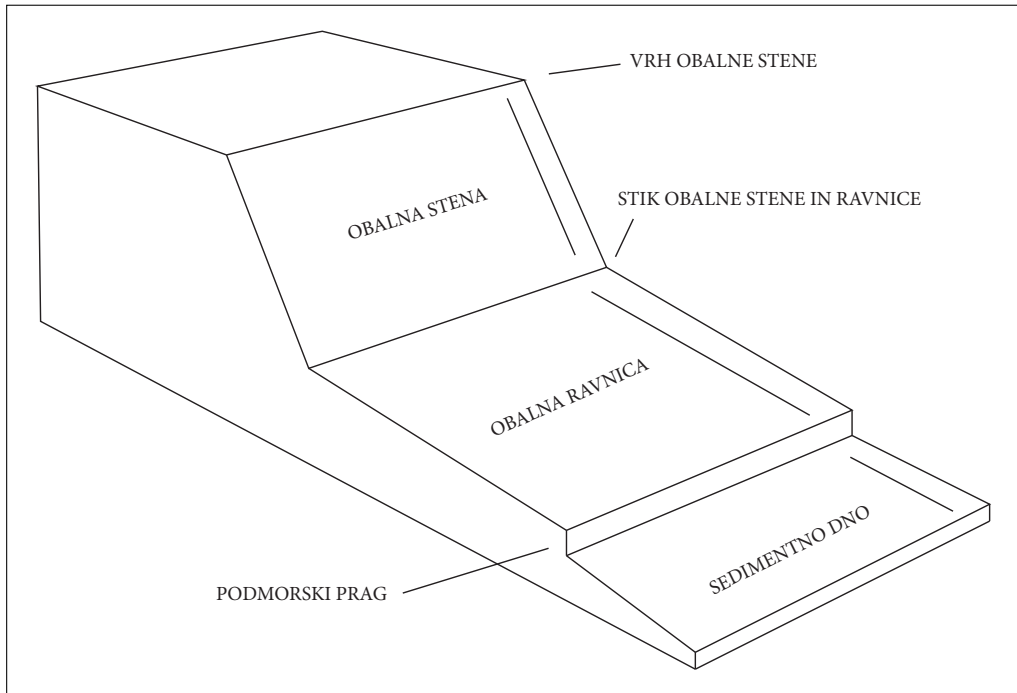
2.1 Dosedanje raziskave

Dolžina slovenske obalne črte je, kot se zdi, sorazmerna z intenzivnostjo njenega preučevanja: obojega je malo. Preteklim geomorfološkim študijam je skupna visoka stopnja opisnosti. Nekaj je splošnih geografskih pregledov z opisi nekaterih geomorfoloških podvodnih in nadvodnih oblik (Gams 1970; Orožen Adamič 2002), ocen hitrosti odmikanja obalnih sten za določene odseke na podlagi zgodovinskih virov (Žumer 1990), ter razprav o terasah kot posledici spreminjanja ugotavljaj morfologenezo južne obale Strunjanskega zaliva. Novejše pa so prostorske analize obale na podlagi daljinskega zaznavanja (Kolega 2009). O obalni geomorfologiji govorita še dve novejši diplomski deli (Bogunović 2002; Mesec 2003). Nekoliko bolj kvantitativni raziskavi slovenske obale prihajata s tržaške univerze, in sicer gre za študiji morfologije obalnih ravnin vzdolž celotne obale in obalnih sten na Debelem Rtiču (Furlani 2003; 2007).

2.2 Terminologija

Spričo skromne pokritosti tega raziskovalnega področja ne preseneča pomanjkanje primernege izrazoslovja. »Klif«, ki mu še nihče ni našel primernege prevoda iz angleščine, je glede na Geografski terminološki slovar (Kladnik, Lovrenčak in Orožen Adamič 2005) in Geološki terminološki slovar (Pavšič 2006) mogoče zasilno nadomestiti s pojmom obalna stena.

Termin *shore-platform* je doživel preobrazbo že v angleški terminologiji. Talna morfološka oblika, ostanek umikajoče se obalne stene, je bila sprva poimenovana z izrazom *wave-cut platform* zaradi razumevanja procesa umikanja obalnih sten zgolj kot posledica delovanja valov. Na podlagi novih dognanj, da je umikanje obalnih sten rezultat součinkovanja več dejavnikov, je izraz kasneje doživel preimenovalje v že omenjeno *shore-platform* (Pethick 2001). Ne en ne drug strokovni izraz nista našla sopomenke



Slika 1: Obalna ravnica in njeni posamezni deli.

v slovenščini. V literaturi se namesto tega uporablja pojem abrazijska terasa (Sunamura 1992: po Furlani 2003, 248). Zaradi še nezadostnega poznavanja obalnih geomorfoloških procesov dejanski dejavniki in njihov prispevek k umikanju obalnih sten še niso dovolj opredeljeni. Furlani (2003) zato svetuje uporabo splošnega strokovnega izraza *shore-platform*.

Pojem »podvodna priobalna ravnica ali uravnan zgornji del terase« uporablja Orožen Adamič (2002), vendar samo za območje med podmorskim pragom in ravnjo morske gladine. Tako termin zajema le podvodni obalni pas, območje nad gladino morja in vse do baze obalne stene, v kolikor le-ta ni v stalnem stiku z morjem, pa je izvzeto.

Šifrer (1965) uporablja pojem »terasa« za področje med pragom in bazo obalne stene.

Kolega (2009) deli »teraso« na »... abrazijsko, ki se pod morsko gladino običajno nadaljuje v podmorsko kamnito teraso ...«, med katerima pa ni vidne meje. Slednja se konča s previsom. Ta skupna terasa torej obsega območje od baze obalne stene do vidnega podvodnega praga. Žumer (1990) in Mesec (2003) uporabljata izraz »abrazijska terasa«, kaj točno je zajeto v pojmu, pa ni jasno. Furlani (2003) *shore platform* neenotno prevaja z »obrežna ploščad« in »obalna ravnica«.

Neposreden prevod iz angleščine bi lahko bil »obalna ploščad«, vendar ima pojem v slovenščini pomen povsem ravne in gladke površine ter prizvok nenaravnega izvora. V primeru obalnih ravníc gre za površine z majhnim naklonom, ki so le redko povsem ravne in so povsem naravnega nastanka. Izraz »terasa« ni primeren, ker ni nujno, da vedno obstaja podvodni prag, kar ponekod velja tudi za slovensko obalo. Dno se lahko namreč položno spušča povsem brez pregibov.

Glede na to, da pglavni dejavniki oblikovanja in preoblikovanja *shore platform* še niso izluščeni, odpade vsakršno povezovanje s procesi, kot ga nakazuje pridevnik »abrazijski«. Morda bi bilo spričo dejstva, da se v nekaterih delih (Orožen Adamič 1970; Furlani 2003) že uporablja termin »obalna ravnica«, koristno že udomačeni strokovni izraz obdržati, vendar bi ga morali natančneje opredeliti. Če

je obalna linija črta, ki ločuje morje od kopnega, je obalno območje širše območje, ki obkroža obalno črto tako nad, kot pod njo. Obsega kopni in podvodni pas, s čimer podpira vse klasifikacije – tako tiste, ki določajo širino obalne ravnice glede na območje plimovanja kot tiste, ki jih klasificirajo glede na naklon. Pojem ravnica poudarja uravnanost, kar je pglavitna lastnost tega pasu.

3 Opazovano območje

Prerezi pobočij, ki so bili uporabljeni v raziskavi, so bili izdelani na območjih naravne visoke obale, in sicer na treh različnih lokacijah. Prerezi Belveder (1–3) so bili narejeni v širokem zalivu med rtoma Kane in Ronek, prerezi Ronek (1–3) na izpostavljenem rtu Ronek in prerezi Pacug (1–3) na uravnanem odseku obale med Pacugom in Fieso. Tako so bila zajeta obalna območja, kjer glede na izpostavljenost potekajo različni procesi preoblikovanja obale.

Odseke zaznamujejo podobni podnebni dejavniki, višina in perioda plimovanja ter podobna usmerjenost, a različna izpostavljenost in z njo različna perioda valovanja ter intenzivnost obalnega transporta, poleg tega pa še različna geološka zgradba ter različne vrste in gostota rastja.

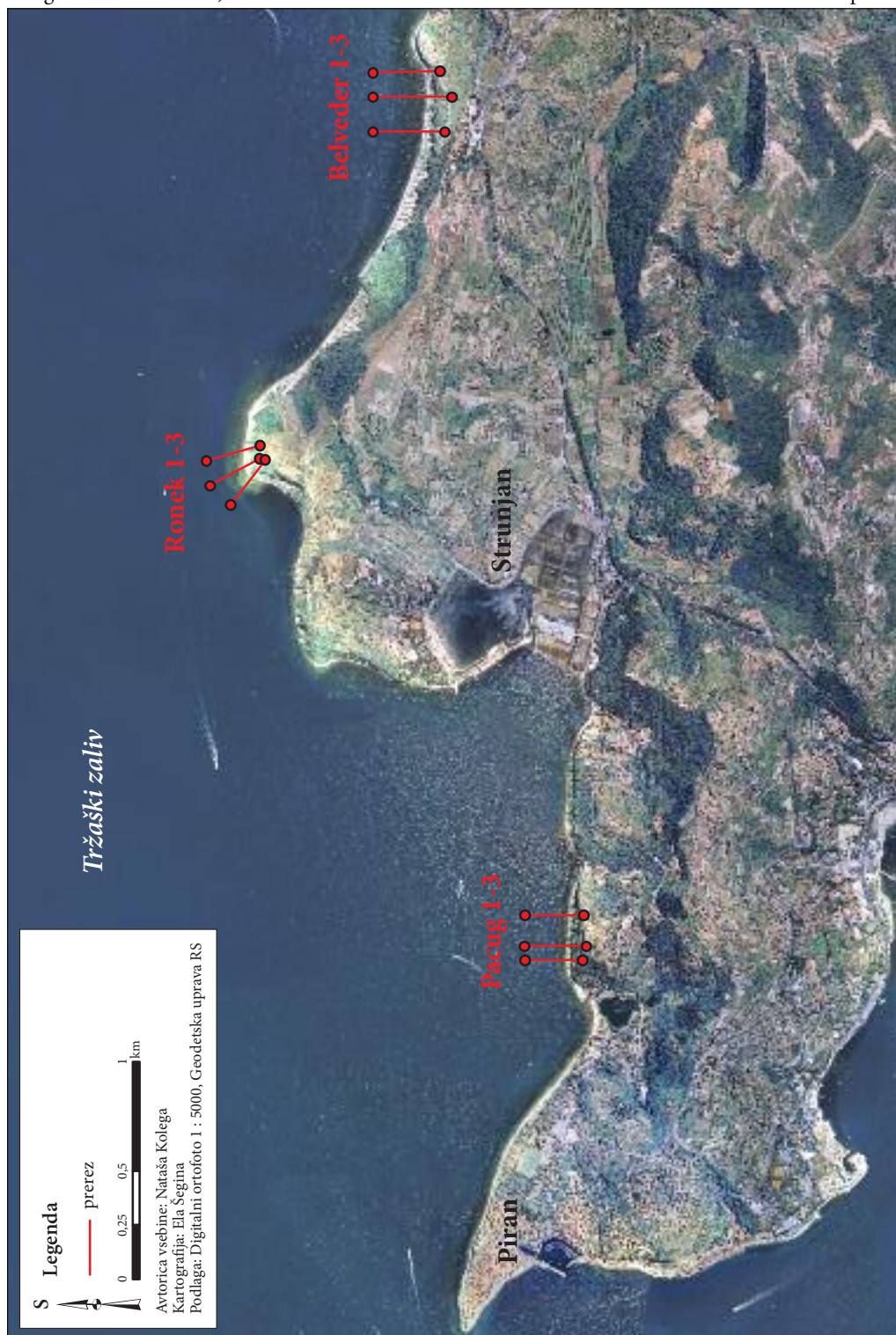
Geološka zgradba slovenskega obalnega območja je enotna (Pleničar, Polšak in Šikić 1969), pri čemer erozija različno vpliva na prisotne kamnine (Peckmann 1995). Prereza Belveder in Ronek razgaljata prvo flišno serijo, medtem ko prerez Pacug razkriva prehod med drugo in tretjo flišno serijo z vmesnim apnenčevim turbiditom (Pavšič in Peckmann 1996). Območja, kjer so bili izdelani prerezi, so tektonsko umirjena (Peckmann 1995), a novejša dognanja nakazujejo, da je slovenska obala območje dokaj hitrega ugrezjanja, kar pomeni, da je spreminjanje morske gladine kot dejavnik oblikovanja obalnih ravníc tudi pod vplivom tektonskega delovanja (Furlani s sodelavci 2010). Obalne ravnice na slovenski obali so tako sklopi več obalnih uravnav, med seboj ločenih z bolj ali manj vidnimi pragovi (Furlani 2010).

Debelina in vrste skladov obalne stene vpliva na hitrost umikanja obale in s tem na širino obalne ravnice. Na območju prerezov Pacug je v obalnem useku prisotna plast apnenčevega turbidita, katerega odlomljeni skalni bloki na obalni ravnici zmanjšujejo stopnjo erozije morja. Zaradi zavetrnosti Strunjanskega zaliva je tu obalna ravnica ožja. Nasprotno je na prerezih Belveder in Ronek obalna ravnica širša, kar se spričo izpostavljenosti še posebej kaže na območju prerezov Ronek. Tu prihaja v ospredje prav izstopajoča izpostavljenost rta z dolžino privetrišča do 105 km (Furlani 2003, 250).

Dolžina privetrišča je pomembna pri tvorbi površinskih valov, ki so tako kemični kot mehanski dejavnik preoblikovanja obale. Meritev na oceanografski boji v Piranskem zalivu leta 2007 kažejo na močno povezanost med jakostjo vetrov in višino ter smerjo valov (Kavčič in Malačič 2008). Na isti merilni točki prevladujejo valovi iz smeri 60°, ki jih povzroča burja in v manjši meri valovi iz smeri 210°, ki so posledica juga. Smeri burje in valov, ki jih ta povzroča, sta skladni, medtem ko je smer valov juga zaradi reliefa odklonjena za 30° proti zahodu glede na smer pihanja vetra. Jugo povzroča višje in daljše valove (Kavčič in Malačič 2008), kar pomeni, da je teoretično njihov vpliv na preoblikovanje obal večji, vendar je to valovanje časovno manjkrat prisotno, poleg tega pa je obala izpostavljena predvsem proti severu in severozahodu neefektivno. Nasprotno vse prereze dosežejo valovi, ki jih povzroča burja.

Plimovanje je na prvi pogled enoten dejavnik preoblikovanja obale, ker gre na izbranih prerezih za majhno območje z enakim poldnevnim tipom plimovanja. Vendar je velikost vplivnega območja plimovanja na obalni ravnici neposredno odvisna od njenega naklona. Čim večji je naklon obalne ravnice, tem ožji je bibavični pas, kjer poteka intenzivno preperevanje kamnine kot posledica izmenjujočega sušenja in vlaženja površine obalne ravnice. Takšno preperevanje je počasen proces in je izrazit ravno na območjih s poldnevnim tipom plimovanja (Pethick 2001). Na vseh prerezih sega, sodeč po plimskem nanosu prodnikov ali odnesenem akumuliranem gradivu, vsaj občasno izrazito plimovanje prav

Slika 2: Točke, za katere so bili z daljinskim zaznavanjem pridobljeni uporabljeni podatki o širini obalne ravnice ter višini in naklonu obalne stene nad njo. ►





ELA ŠEGINA

Slika 3: Rt Ronek 22. 1. 2011 ob močni burji. Največja širina obalnih ravnin na izpostavljenih rtih ne preseneča, saj so to območja, kjer se zaradi konvergence sprosti največ energije valov. Konvergenca energije valov je vidna na sliki, kjer valovi, nastali ob burji pri prehodu v plitvino spremenijo smer prihoda s severovzhoda na severozahod. Vidno široko območje gradiva v suspenziji kaže na intenzivnost obalnega transporta.

do podnožja obalnih sten. Ob sovpadanju plime in močnejšega valovanja je ta pojav še bolj izrazit. To pomeni, da danes obstaja neposreden vpliv morja na preoblikovanje obalnih sten. Kakšna je stopnja erozije morja in kako intenzivno je odnašanje gradiva pa sta vprašanji, na kateri bo mogoče odgovoriti le na podlagi meritev.

Zaraščenost pobočij je vezana neposredno na njihov naklon. Tam, kjer obalni transport ne utegne sproti odnašati nakopičenega gradiva pod pobočjem, so prerezi sestavljeni. Prerezi Belveder, Pacug in Ronek 3 so dvostopenjski z blažjim naklonom v zgornjem delu in strmejšim v spodnjem delu obalne stene. Prereza Ronek 1 in 2 imata tristopenjska prereza. Po Trenhailovem modelu razvoja obalnih sten (2002) naj bi dvostopenjski prerezi nastali tam, kjer je nakopičeno pobočno gradivo v predhodni razvojni stopnji obalne stene prekrivalo celotno pobočje, tristopenjski pa tam, kjer se je gradivo kopičilo samo v spodnjem delu. Danes se pobočni grušč, ki je zaradi podnebnih erozijskih dejavnikov odkršen z vrhnjega dela obalnih sten, kopiči pri njihovem podnožju, kjer prepereva in tako omogoča primarno sukcesijo (prerezi Pacug, manj Belveder in Ronek). Zaradi zatišne lege in posledično zmanjšanega obalnega transporta ter prisotnosti blokov apnenčevega turbidita na obalni ravnici obilo nakopičenega gradiva z blagim naklonom pobočja pod obalnimi stenami med Salinero in Pacugom zarašča pionirsko rastje.

Hitrost erozijskih procesov na obalnih stenah ni znana. Zanimiv je podatek, ki so ga dobili ob merjenju erozijskih procesov na enaki kamninski podlagi v notranjosti slovenske Istre. Hitrost umikanja flišnih pobočij na erozijskih žariščih v dolini Rokave je 3,5–5 cm/leto (Zorn 2008).



ELA ŠEŠGINA

Slika 4: Bloki so se odlomili od plasti apnenčevega turbidita.

3.1 Pacug

Na prerezih Pacug 1–3 je v obalnem useku prisotna plast apnenčevega turbidita, ki ločuje drugo in tretjo flišno serijo. Sestavljata ju precej enakomerno zastopana peščenjak in laporovec v dokaj tanjih vodoravnih plasteh. Na obalnem useku je vidna selektivna erozija, pri čemer izstopa odpornejša plast apnenčevega turbidita.

Glavna značilnost kopnega dela obalne ravnice je relativno velik in popolnoma nezaobljen grušč z mnogimi bloki apnenčevega turbidita ter njen precej strm naklon. Vse to nakazuje na manjši vpliv erozije morja ter šibek obalni transport. Pobočja obalnih sten so relativno strma in gola, kar nakazuje na pomembnost podnebnih dejavnikov za preoblikovanje površja. Pri podnožju je mnogo odloženega gradiva, deloma preperlega ter obraslega s travo in grmovjem.

3.2 Ronek

Na prerezih Ronek 1–3 se višina obalnih sten proti najbolj izpostavljeni točki rta Ronek zmanjšuje in tam doseže 43 m. Flišne plasti so nagnjene za približno 10° navzdol proti jugozahodu. Prerez obalne stene je dvostopenjski z blažjim naklonom v spodnjem delu. Gradi ga odloženo pobočno gradivo, deloma preperelo in poraščeno z grmovnim rastjem. Ob izjemni oseki 19. 1. 2011 je bil kopni del obalne ravnice tu zelo razsežen in uravnan: meri več kot 42 m! Razkrilo se je rahlo zamuljeno dno, poraščeno z algami, med kamni pa je moč najti mnoge plitvomorske organizme. Na zahodnem delu obalne ravnice rta Ronek izdaja matična kamnina, ponekod prekrita s slabo zaobljenim gruščem. Gradivo pri podnožju obalne stene je deloma odneseno, kar opozarja na to, da zaradi rahlega naklona obalne ravnice plimovanje sega prav do obalne stene.



ELA ŠEGINA

Slika 5: Kopni del obalne ravnice na rtu Ronek je ob izjemni oseki 19. 1. 2011 zaradi majhnega naklona le-te zelo širok.

3.3 Belveder

Na prerezih Belveder 1–3 so zgornje plasti nagnjene, spodnje pa vodoravne; obalna stena je tu visoka do 72 m. V spodnjem delu obalnih sten je mnogo preperlega pobočnega gruščca, ki je mestoma poraščen. Pobočje je tu razgibano, saj so vanj vrezani globoki erozijski jarki, kjer po obilnih padavinah tečejo manjši potoki. Grebeni in zgornji deli obalnih sten so poraščeni s travnim, grmovnim in tudi drevesnim rastjem, kar omogočajo blažji nakloni. Grmovno rastje se pojavlja tudi na peščenjakovih »policah«, ki štrlijo iz strmih delov pobočij. Prevladujejo plasti laporovca. Prirezano gradivo pri podnožju obalne stene priča o občasnem stiku z morjem.



ELA ŠEGINA

Slika 6: Pobočje obalne stene je na prerezih Belveder razrezano z globokimi erozijskimi jarki.

4 Metodologija

Ker za namene raziskave ni bilo mogoče pridobiti podatkov za izbrane prereze, katerih raznolika usmerjenost, izpostavljenost ter strukturno-geološka sestava bi dala zadovoljive rezultate, so v raziskavo vključeni razpoložljivi prerezi, ki so bili izdelani ob lidarskem in sonarskem snemanju slovenske obale v letih 2007 in 2008 (Kolega 2009). Zaradi istega vzroka smo analizirali le obstoječih devet prerezov, kar sicer ne ustreza statističnemu vzorcu, zato tudi sklepi niso dokončni. Kljub vsemu pa nakazujejo razmerja med izbranimi parametri.

Za analizo razmerij med širino obalne ravnice od dolgoletne srednje vrednosti morja do podmorskega praga z njenim naklonom, višino obalne stene nad njo in njenim naklonom so bili uporabljeni podatki, ki so zbrani v preglednici 1.

Preglednica 1: Vrednosti, izmerjene z daljinskim zaznavanjem leta 2007 in 2008 (povzeto po Kolega 2009). Širina obalne ravnice obsega razdaljo med srednjo dolgoletno vrednostjo plime od leta 1958, izmerjeno na mareografski postaji Koper in podvodnim pragom. Če se je naklon obalne stene z višino spreminjal, je bil upoštevan tisti v spodnjem delu. V primeru Pacuga 2 sta zaradi izrazite spremembe naklona v sredini obalne stene navedena dva podatka (Kolega 2009, 97).

opazovano območje	širina obalne ravnice (m)	višina obalne stene (m)	naklon obalne stene (°)
Belveder 1	ni praga	72	72
Belveder 2	113	62	69
Belveder 3	106	47	75
Ronek 1	96	59	69
Ronek 2	131	50	67
Ronek 3	124	43	66
Pacug 1	57	64	65
Pacug 2	65	80	51/84
Pacug 3	60	64	65

5 Razprava

Primerjave podatkov, pridobljenih s lidarskim snemanjem, so prinesle naslednja razmerja med višino in naklonom obalne stene ter širino obalne ravnice.

Višja kot je obalna stena nad obalno ravnico, več gradiva se ob delovanju erozijskih procesov odlaga ob njenem vznožju. Ob stalnem obalnem transportu to pomeni, da je odnašanje počasnejše, zato z višino obalne stene širina obalne ravnice upada.

Naklon obalne stene v prvi vrsti odraža razmerje med količino odloženega gradiva, ki se kruši s poboj in hitrostjo njegovega odstranjevanja s podnožja stene (Pethick 2001). Pri tem sta pomembna predvsem: odpornost kamnin na podnebne in morske dejavnike, ter hitrost obalnih tokov, saj je hitrost premeščanja lebdečih plavin večinoma enaka hitrosti vodnega tok (Rusjan in Mikoš 2007).

Na opazovanem območju gre za enotno kamninsko sestavo, katere geomehanske lastnosti se krajjevo spreminjajo zaradi: različne debeline, naklona, usmerjenosti in nagubanosti plasti. Zato je tudi odpornost kamnin krajjevo spremenljiva.

Večji naklon obalne stene tako odraža na eni strani večjo odpornost in s tem manjšo količino odloženega gradiva pri podnožju obalne stene, obenem pa večjo hitrost obalnega transporta. Vendar je razmerje treba določiti krajjevo, saj je možnih več scenarijev, kot kaže preglednica 2.

Preglednica 2: Širina obalne ravnice v odvisnosti od naklona obalne stene.

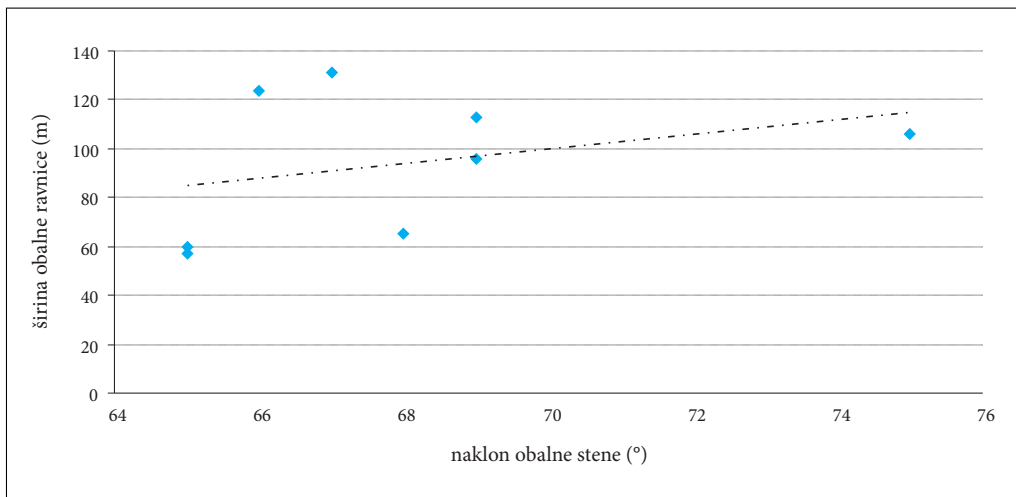
	odpornost kamnin	hitrost obalnega transporta	hitrost pomikanja obalne stene	širina obalne ravnice
velik naklon obalne stene = odnos > vnos	velika majhna	zadostna zadostna	srednje hitro zelo hitro	srednja široka
majhen naklon obalne stene = vnos > odnos	majhna velika	nezadostna nezadostna	zelo počasno počasno	ozka zelo ozka

5.1 Odvisnost širine obalne ravnice od višine obalne stene

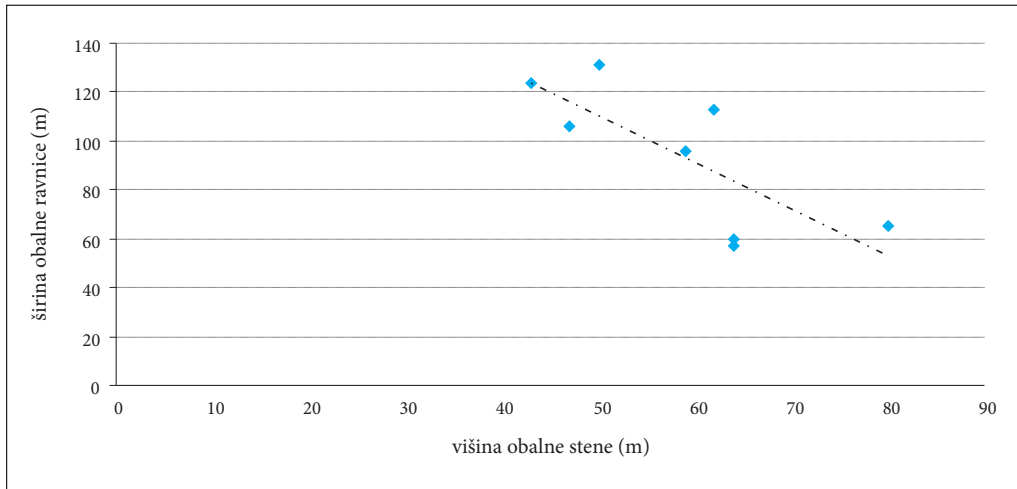
Obalna ravnica je torej tem ožja, tem višja je obalna stena. Naraščanje višine obalne stene je upočasnitveni dejavnik umikanja obalne črte, saj se količina odkrušenega gradiva z njo večja, za odstranjevanje le-tega izpred baze obalne stene pa je potrebne več energije. Višje obalne stene se zato hitreje fosilizirajo oziroma zaščitijo z nakopičenim gradivom, ki preprečuje stik z morjem. Sledi zmanjšanje naklona pobočja in preoblikovanje obalnega okolja smeri vpliva povsem podnebnih dejavnikov. Že majhna razlika v višini obalne stene se odraža v spremembi širine obalne ravnice.

5.2 Odvisnost širine obalne ravnice od naklona obalne stene

Obalna ravnica je tem širša, tem večji je naklon obalne stene nad njo. Naklon obalne stene odraža intenzivnost pobočnih procesov in obenem hitro odstranjevanje nakopičenega gradiva, saj bi se v nasprotnem primeru pobočje uravnalo in zaraslo. Takšna situacija je vidna na prerezih Pacug 1–3, kjer so obalne stene sprva strme, tem bolj pa se pomikamo proti notranjosti Strunjanskega zaliva, tem manjši naklon imajo obalne stene oziroma vsaj njihovi spodnji deli. Tu nakopičeno gradivo gradi že dokaj lahko prehodna pobočja, na gosto porasla z drevjem. Tu je tudi širina obalne ravnice manjša, saj se območje nahaja v zavetrni legi za Rtičem Strunjan, kjer je priobalni transport upočasnjen.



Slika 7: Odvisnost širine obalne ravnice od višine obalne stene kaže obratno sorazmerje (povzeto po Kolega 2009).



Slika 8: Odvisnost širine obalne ravnice od naklona obalne stene kaže premo sorazmerje (povzeto po Kolega 2009).

O večjih razlikah v odpornosti je na širšem obalnem območju težko govoriti. Edina pretrta in nagubana cona, kjer pa ni bilo izdelanih prerezov, je v okolici rtiča Strunjan (Placer 2005). Nekoč domnevno hitro umikajoča obalna črta, je danes južno od rtiča Strunjan, kjer je gubanje najizrazitejše, očitno dokaj stabilna, saj so obalne stene tu močno fosilizirane (pobočja prekriva zaraščeno gradivo), tako da ponekod roba obalnih sten niti ni več mogoče razbrati. Dejansko znaša širina celotne obalne ravnice tu več kot 150 m (Kolega 2009), pri čemer je razmerje med širino obalne ravnice in višino obalne stene 5 : 1 (na prerezih Ronek, Pacug in Belveder, ki so brez strukturnih deformacij, je to razmerje okoli 2 : 1). Nasprotno tega za območje izolske narivne cone vzhodno od rtiča Strunjan, ni mogoče trditi. Tu je kljub precejšnji izpostavljenosti obalna ravnica široka manj kot 50 m, za kar je morda razlog v prisotnosti bolj odporne debelejšje plasti apnenčevega turbidita, ki gradi obalne stene na tem odseku.

Spremenljivki nista tesno povezani, tako da velika sprememba v naklonu obalne stene ne povzroča izrazitih sprememb v širini obalne ravnice.

6 Sklep

Slovenska obala ima dokaj enotno kamninsko sestavo. Kljub temu pa so za njeno preoblikovanje pomembne krajevne razmere.

Na devetih prerezih, kjer so bili z daljinskim zaznavanjem pridobljeni podatki o širini obalnih ravnin ter višini in naklonu obalnih sten nad njimi, smo ugotavljali odvisnosti med temi spremenljivkami. Rezultati so pokazali, da z višino obalne stene širina ravnice pod njo upada. Pri podnožju obalne stene se ob stalnem transportu kopiči večja količina pobočnega gradiva, ki preprečuje stik obalne stene z morjem. Spremenljivki sta dokaj tesno povezani.

Po drugi strani je povezava med naklonom obalne stene in širino ravnice šibkejša, saj naklon obalne stene odraža odpornost kamnin na podnebne in morske dejavnike ter intenzivnost priobalnega transporta. Smiselno bi bilo ugotavljati povezave med širino obalne ravnice in omenjenimi dejavniki posamezno, saj se v »seštevk«, ki ga predstavlja naklon pobočja, porazgubijo njihove vloge v obalotvornem procesu. V grobem se z večanjem naklona obalne stene veča tudi širina obalne ravnice, saj se v naklonu obalne stene odraža intenzivnost pobočnih procesov in obenem hitro odstranjevanje nakopičenega gradiva.

Članek je redek opis slovenske naravne obale in njenih reliefnih oblik, ki so nedvoumen pokazatelj geomorfnihih procesov (Mii 1962: po Stephenson in Kirk 1999). Vprašanji: kateri so obalni geomorfni procesi pri nas in kakšna so razmerja med njimi, čakata na nadaljnje raziskave.

7 Viri in literatura

- Bogunović, B. 2002: Fizičnogeografska analiza zaliva Spey in primerjava s Koprskim zalivom. Diplomsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- De Lange, W. P., Moon, V. G. 2005: Estimating long-term cliff recession rates from shore platform widths. *Engineering geology* 80. Amsterdam. DOI: 10.1016/j.enggeo.2005.06.004
- Furlani, S. 2003: Shore platforms along the north-western Istrian coast: an overview. *Annales, series historia et naturalis* 13-2. Koper.
- Furlani, S. 2007: Evoluzione della falesia di Punta Grossa. Borgolauro, nuove pagine muggesane, rivista semestrale di storia lettere ed arti della Fameia muiesana 28-52. Trst.
- Furlani, S., Biolchi, S., Cucchi, F., Antonioli, F., Busetti, M., Melis, M. 2010: Tectonic effect on Late Holocene sea level changes in the gulf of Trieste (NE Adriatic Sea, Italy). *Quaternary International* 232, 1-2. Amsterdam. DOI: 10.1016/j.quaint.2010.06.012
- Furlani, S. 2010: Obalne ravnice vzdolž slovenske obale. Osební vir, december 2010. Koper.
- Gams, I. 1970: Severna obala Strunjanskega polotoka. *Proteus* 33-2. Ljubljana.
- Kavčič, J., Malačič, V. 2008: Analiza podatkov tlaka na morskem dnu in površinskih valov na oceanografski boji 2007 in 2008. Elaborat, Morska biološka postaja Nacionalnega Inštituta za Biologijo. Piran.
- Kladnik, D., Lovrenčak, F., Orožen Adamič, M. (ur.) 2005: Geografski terminološki slovar. Ljubljana.
- Kolega, N. 2009: Medsebojno vplivanje kopnega in morja (Določanje značilnosti stika med kopnim in morjem s pomočjo lidarskih in sonarskih snemanj). Doktorsko delo, Fakulteta za humanistične študije Univerze na Primorskem. Koper.
- Mesec, K. 2003: Recentni geomorfogeni procesi na klifih in problematika njihovega varovanja. Diplomsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Orožen Adamič, M. 2002: Geomorfološke značilnosti Tržaškega zaliva in obrobja. Dela 18. Ljubljana.
- Pavšič, J., Peckmann, J. 1996: Stratigraphy and sedimentology of the Piran Flysch Area (Slovenia). *Annales series historia et naturalis* 9. Koper.
- Pavšič, J. (ur.) 2006: Geološki terminološki slovar. Ljubljana.
- Peckmann, J. 1995: Das Flysch-Becken von Piran in Istrien – mit geologischer Kartierung 1 : 25.000. Diplomsko delo, Institut für Geologie und Paläontologie der Georg-August-Universität zu Göttingen. Göttingen.
- Pethick, J. 2001: An Introduction to Coastal Geomorphology. London.
- Placer, L. 2005: Strukturne posebnosti severne Istre. *Geologija* 48-2. Ljubljana. DOI: 10.5475/geologija.2005.020
- Pleničar, M., Polšak, A., Šikić, D. 1969: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, list Trst. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Radinja D. 1973: Prispevek k poznavanju recentnega abrazijskega reliefa na primeru strunjanske obale. Mednarodni mladinski raziskovalni tabori 1971–1972. Ljubljana.
- Rusjan, S., Mikoš, M. 2006: Dinamika premeščanja lebdečih plavin v porečjih. *Acta hydrotechnica* 24-40. Ljubljana.
- Šifrer, M. 1965: Nova geomorfološka dognanja v Koprskem primorju. *Geografski zbornik* 9. Ljubljana.
- Trenhaile, A. S. 1999: The width of shore platforms in Britain, Canada and Japan. *Coastal Research* 15-2. Amsterdam.
- Trenhaile, A. S. 2000: Modeling the development of wave-cut shore platforms. *Marine Geology* 166. Amsterdam. DOI: 10.1016/S0025-3227(00)00013-X

- Trenhaile, A. S. 2002: Rock coasts, with particular emphasis on shore platforms. *Geomorphology* 48. Amsterdam. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00173-3
- Zorn, M. 2008: Erozijski procesi v slovenski Istri. *Geografija Slovenije* 18. Ljubljana.
- Žumer, J. 1990: Recentni razvoj klifov na obalah istrske Slovenije. 5. znanstveno posvetovanje geomorfologov Jugoslavije. Ljubljana.

8 Summary: Correlations between some coastal forms

(translated by the author)

Flysch cliffs are the only remaining natural coastline in Slovenia. Its retreat depends on a variety of factors which have not been quantitatively investigated yet. Just few studies concerning coastal geomorphic processes of Slovenian coastline have been made, but they are all highly descriptive. Some qualitative-quantitative studies have been done recently by Furlani (2003; 2007).

Nevertheless at least some geomorphic processes acting in the past can be recognized from present coastal landforms. Cliffs on Slovenian coast are cut in relatively soft flysch rock, which is unresisting to atmospheric erosive processes. Following static model, the width of shore platform presents the distance of cliff retreat since the last transgression of the sea. However, it is impossible to make any clear conclusion because of lack of erosion measurements on the ledge.

In the paper the correlation between shore platform width, the height and inclination of coastal cliff was analyzed. In the analysis cliff profiles obtained by Kolega (2009) were used. This data was obtained by LIDAR technology for land and by sonar for underwater zone in years 2007 and 2008. The size of sample does not correspond to requirements of statistical methods, but it gives an idea of relationship between selected parameters.

Profiles used in this research were made on three different locations. Three profiles were made in a wide bay (Belveder 1–3), three on an exposed promontory (Ronek 1–3) and three on the straight coastline (Pacug 1–3). Thus, environments with different morphodynamic processes were included in the analysis.

Profiles are marked by similar climatic factors, tidal type and orientation, but different exposure and regarding this different wave energy and intensity of coastal transport. The geological structure in the area is uniform, but to erosion exposed flysch series are of different age. The strongest influence on slowing down the erosion of coastal zone has limestone turbidite layer exposed at profiles Pacug 1–3.

The most common wind (bora) and wave direction in the area (60°) can reach all nine profiles. Jugo winds (180°) which produce higher and longer waves is not so effective because of the shore-orientation (N–NW). Berm at the cliff base indicates that sea level reaches the cliff at least at extra high tides or special weather occasions. In more sheltered section of Pacug the coastal transport is not sufficient to remove accumulated material. There, the cliff slope profiles are composite of two different inclinations since the eroded material got stuck at the cliff base forming gentle slope overgrown with pioneer forest.

The analysis of correlation between shore platform width and cliff height showed that the width of shore platform decrease while cliff height increase. The reason is increasing volume of accumulated material at the cliff base and more energy needed for its disposal. Thus, higher cliffs are being fossilized faster. The connection between the two variables is close, which means the small change in the height of cliff results in noticeable change of the shore platform width.

On the other hand, the correlation between inclination of the cliff and the width of shore platform is weaker, because the inclination of the coastal cliff reflects several factors: resistance of rock to atmospheric and marine factors and the intensity of coastal transport. It would be more reasonable to investigate correlations between shore platform width and factors mentioned above separately; because otherwise

their roles get lost in the »sum« presents as cliff inclination. In general, the increasing of cliff inclination corresponds to increasing of shore platform width.

The morphology may be an ambiguous indicator of process, so the questions: which are the most important coastal geomorphologic processes on the Slovenian coast, and which are the relationships among them, have still to be answered.