



# STRUKTURNA GEOMORFOLOGIJA

Bruno Tomljenović

Geomorfološki  
markeri

## GEOMORFOLOŠKI MARKERI

Da bi se kvantitativno odredila deformacija u nekom dijelu Zemljine kore kao posljedica tektonskih pokreta, odnosno da bi odredili veličinu vektora pomaka na rasjedima, odredili vrijednosti tektonskog i/ili izostatskog izdizanja ili spuštanja i sl., koristimo se različitim geomorfološkim markerima.

Drugim riječima, geomorfološki markeri predstavljaju prepoznatljive geološke i morfološke tvorevine ili površine koje se koriste kao referentno mjerilo za procjenu relativnih ili absolutnih vrijednosti vektora pomaka.

Najbolji i najčešće korišteni geomorfološki markeri su u pravilu lako prepoznatljive geološke i morfološke tvorevine koje pored toga posjeduju i sljedeće karakteristike:

- Primarni oblik pojavljivanja (geometrija) dobro im je poznat;
- Poznate su starosti;
- Nakon postanka mogu se očuvati kroz dulji vremenski period.

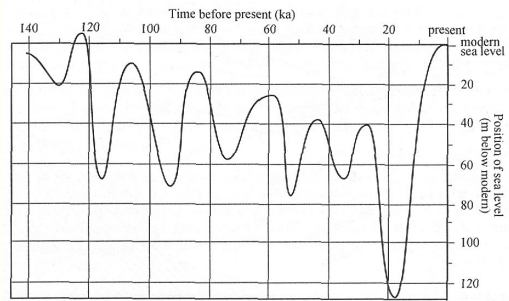
U pravilu, razlikuju se marinski, jezerski, riječni i kopneni geomorfološki markeri.



## □ Marinski geomorfološki markeri

**Marinske terase** su geomorfološki markeri koji nastaju uz obale oceana i mora kao posljedica djelovanja morske vode na obalu (kopno), odnosno kao rezultat njihova međudjelovanja. Razlikuju se **destruktivne i konstruktivne marinske terase**, a promjena njihova primarnog položaja posljedica je relativne ili absolutne promjene morske razine od vremena njihova postanka.

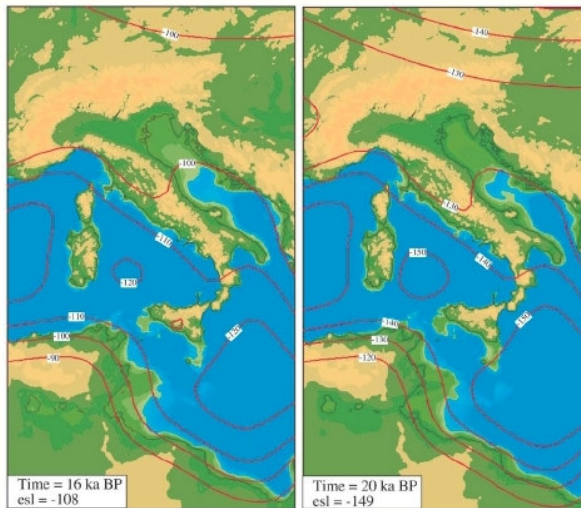
Globalna ili eustatska promjena morske razine je tijekom pleistocena bila u izravnoj vezi s promjenom volumena ledenog pokrivača na Zemlji. Tako je npr. prije svega 18.000 godina globalna razina mora bila za oko 130 m niža u odnosu na današnju razinu.



Promjena globalne razine mora tijekom zadnjih 140.000 godina (iz Keller & Pinter, 2002).

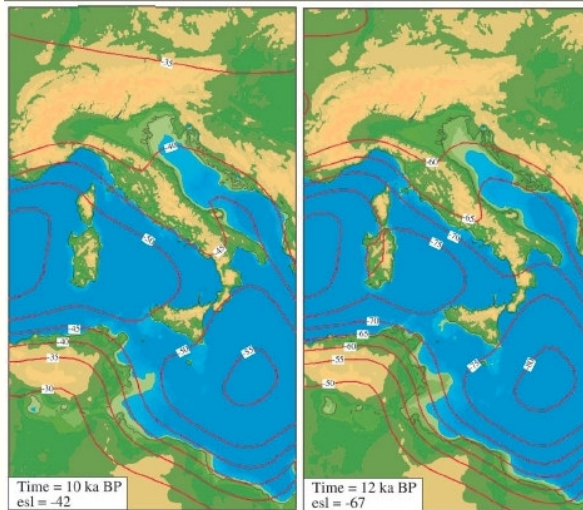


Promjena morske razine tijekom pleistocena i holocena naročito se odražava na paleogeografiju i režim taloženja u Jadranskom moru.

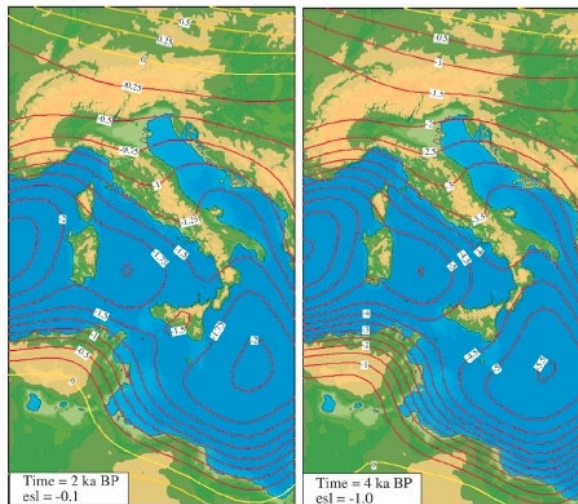


Paleogeografska rekonstrukcija središnjeg dijela Sredozemlja tijekom pleistocena (iz Lambeck et al., 2004). Crvene izolinije označavaju promjenu u razini mora.





Paleogeografska  
rekonstrukcija središnjeg  
dijela Sredozemlja  
tijekom pleistocena (iz  
Lambeck et al., 2004).  
Crvene izolinije  
označavaju promjenu u  
razini mora.

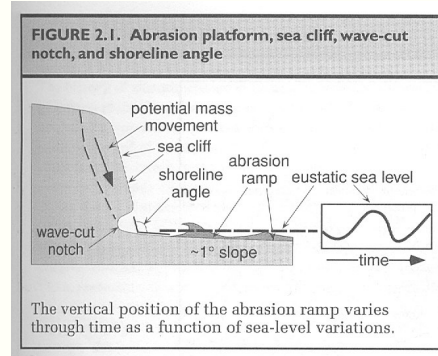


Paleogeografska  
rekonstrukcija središnjeg  
dijela Sredozemlja  
tijekom holocena (iz  
Lambeck et al., 2004).  
Crvene izolinije  
označavaju promjenu u  
razini mora.

### □ Abrazijske terase

Ovaj tip marinskih terasa nastaje kao posljedica neprestanog erozijskog (abrazijskog) djelovanja valova na obalu.

- **Abrazijska terasa (rampa):** predstavlja zaravnjeni, potopljeni dio obale, nagnut prema moru (oceanu) pod kutem od oko  $1^\circ$ . Stijenski materijal koji nastaje trošenjem uz obalu terasama od obale u dublje područje i to putem valova. Na taj način, maksimalna dubina do koje je moguće formiranje ovih terasa ne prelazi ispod baze valova, što je u prosjeku do dubine oko 10 m (uz kut nagiba oko  $1^\circ$  maksimalna širina terasa je do 500 m).

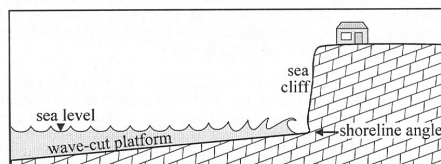


(Iz Burbank & Anderson, 2001)



### □ Obalni klif, obalni strmac

- **Obalni klif ili obalni strmac:** predstavlja strmi dio obale nastao abrazijom valova. Do formiranja klifova dolazi na obalama izgrađenim od kompaktnih (čvrstih) stijena, a kut nagiba klifa ovisi o čvrstoći i koheziji obalnih stijena.



(iz Pinter & Pazzaglia, 2002).



[http://en.wikipedia.org/wiki/Wave\\_cut\\_platform](http://en.wikipedia.org/wiki/Wave_cut_platform)



## □ Obalni strmac

- Prema Juračić, M. (2008) klifovi su obalni strmci nastali abrazijskom erozijom valova ispred kojih se nalaze abrazijske i/ili taložne marine terase. U slučaju strmih obala koje čine kamene litice ispred kojih nema abrazijske ni taložne terase (npr. južna obala Dugog Otoka) autor koristi pojam "tektonski oblikovani strmac" ili "strukturni strmac" i ne smatra ih klifovima.

## Obalni strmci

- Jesu li obalni strmci koje nalazimo na karbonatnoj jadranskoj obali (Krk, Dugi otok, Kornati) klifovi?
- Nisu. To su tektonski oblikovani strmci.
- Nema abrazijske i akumulacijske terase.

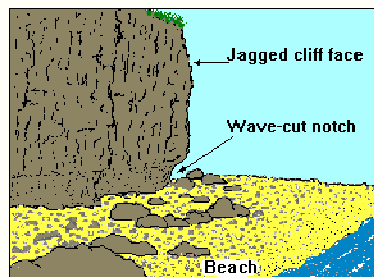


(Iz Juračić, 2008)



## □ Valna potkapina

- Valna potkapina predstavlja konkavno udubljenje u bazi obalnog strmca nastalo abrazijskom erozijom valova. Progradacija valne potkapine dublje u obalne stijene dovodi do širenja abrazijske terase, a također može dovesti i do sloma obalnog strmca, pa se na taj način obala povlači prema kopnu.



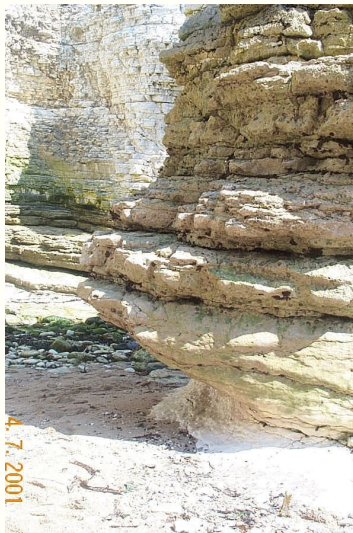


☐ **Valne potkapine**

predstavljaju geomorfološke markere koji dovoljno precizno markiraju lokalnu razinu mora u vrijeme njihova stvaranja.



☐ **Valne potkapine**



## □ Plimne potkapine

- **Plimske potkapine** vezane su za proces brze biokorozije sinergističkim djelovanjem endolitskih algi koje žive u litoralu (zona između visoke i niske vode) i puževa koji se njima hrane.
- Također i biogeni imprinti tj. bušenja litoralnih organizama (prstaci).



(Iz Juračić, 2008)



Školski put u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

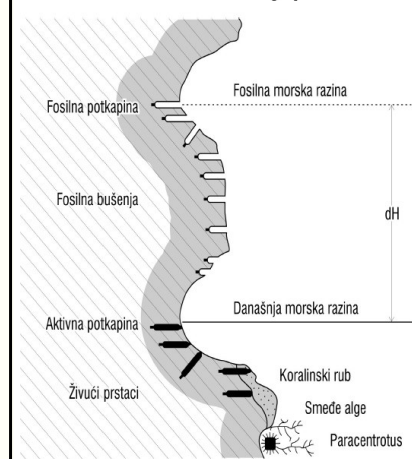
B. Tomljenović

Strukturalna geomorfologija

13

## □ Plimne potkapine

### Položaj plimskih potkapina



- Fosilizirane plimske potkapine nalazimo iznad i ispod morske razine
- Datiranje erozijskih formi vrlo je teško!
- Na karbonatnim obalama su najbolji indikator relativne promjene morske razine

Prema Laborel & Laborel-Deguen, 1994

(Iz Juračić, 2008)



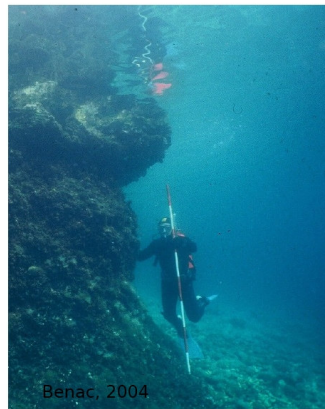
Školski put u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

B. Tomljenović

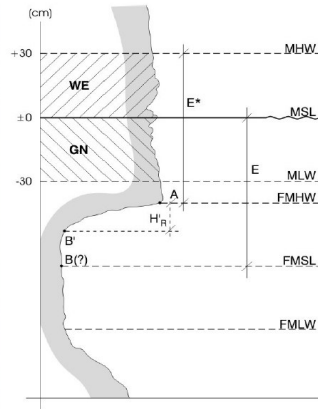
Strukturalna geomorfologija

14

□ Plimne potkapine



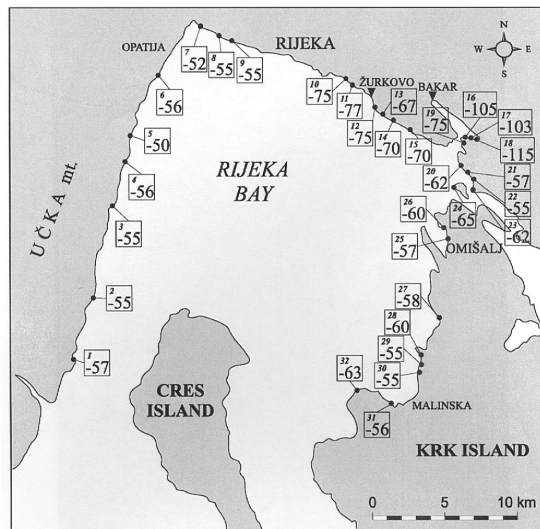
Benac, 2004



Položaj fosilne plimske potkapine u Kvarneru je npr. na dubini 50 -100 cm ispod današnje morske razine. (Iz Juračić, 2008)



□ Plimne potkapine



Položaj i dubina (u cm) plimnih potkapina uz obalu Riječkog zaljeva (Iz Benac et al., 2004).

**Zadatak:**

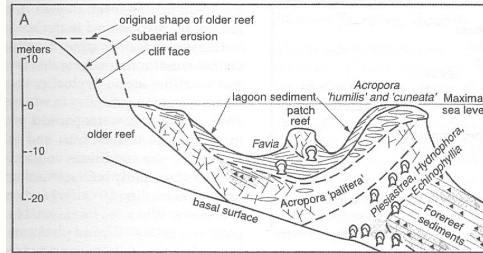
**Na temelju prikazanih podataka interpretiraj moguće razloge današnjeg položaja plimnih potkapina u Riječkom zaljevu !!!**





## □ Konstruktivne marinske terase – koraljni grebeni

- Koraljni grebeni nastaju u području litorala gdje postoje povoljni uvjeti za rast koralja i koralinacejskih algi (tipični uvjeti: temperatura mora koja se zimi ne spušta ispod 18 °C, čisto more koje dozvoljava prolaz svjetla nužnog za fotosintezu te normalan salinitet).

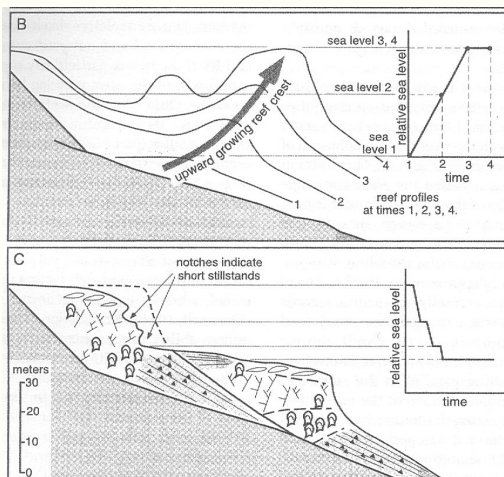


Idealizirani prikaz geometrije i rasporeda facijesa koraljnog grebena (Iz Burbank & Anderson, 2001).

U povoljnim uvjetima koraljni grebeni napreduju i u vertikalnom i u horizontalnom smjeru (tj. prema morskoj površini i lateralno gdje ima slobodnog prostora), često i brzinom većom od 10 cm/god. U slučaju stabilne razine mora kroz dulje vrijeme rast grebena prema površini prestaje, grebeni se šire lateralno i na taj način postaju dobri markeri razine mora u tom vremenu.



Relativnim podizanjem morske razine rast grebena se nastavlja, a relativnim spuštanjem morske razine dolazi do djelomične abrazije i erozije grebena, uz moguće formiranje novog grebena smještenog u predgrebenskoj zoni starijeg, do tad aktivnog grebena.



Idealizirani profil koraljnog grebena koji prikazuje trend rasta grebena u odnosu na relativnu promjenu razine mora (Iz Burbank & Anderson, 2001).



Prema tome, koraljni grebeni mogu formirati konstruktivne marinske terase jedino tijekom perioda kada nema izrazite promjene relativnog odnosa između morske razine i kopna, odnosno za vrijeme kada postoje povoljni uvjeti za pretežito lateralno širenje grebena, što uz abrazijsko djelovanje valova rezultira **grebenskom tvorevinom u obliku terase**.

Grebenske terase su dobar geomorfološki marker, jer im se može pouzdano i jednostavno odrediti starost, a u odnosu na druge markere imaju i dulju trajnost.

Kao i u slučaju prethodno opisanih marinskih, geomorfoloških markera koraljni grebeni označavaju **relativnu promjenu morske razine** od vremena njihova postanka.



**Relativna promjena morske razine (RMR)** predstavlja zbroj vrijednosti **stvarne promjene morske razine (SMR)** i **prividne promjene morske razine (PMR)**.

$$RMR = SMR + PMR$$

Promjena stvarne morske razine posljedica je eustatske (globalne) promjene razine mora koja u pravilu nastaje zbog izmjene glacijskih i interglacijskih doba.

Promjena prividne morske razine posljedica je tektonskog izdizanja ili spužtanja obale i priobalnog kopna.

## VJEŽBA 6:

### OBALNE TERASE, MORSKA RAZINA I AKTIVNA TEKTONIKA

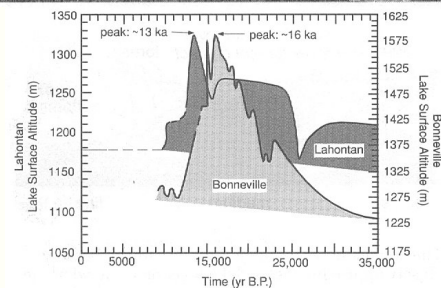
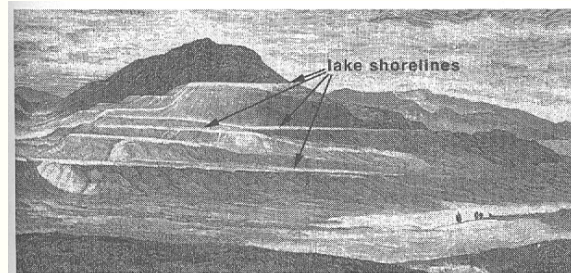


## □ Jezerske terase - jezerske obalne crte

- Postanak i morfološke značajke jezerskih terasa i obalnih crta praktički su istovjetne kao i kod marinskih terasa. Njihova širina i dužina ovisi o otpornosti obalnih stijena na abrazijsko djelovanje valova, vremenskom trajanju abrazije tijekom kojeg se ne mijenja razina vode u jezeru, značnim strujanjima koja generiraju valove i dr.
- Međutim, za razliku od marinskih terasa, jezerske terase predstavljaju lokalne geomorfološke markere koji su rezultat međudjelovanja endogenih i egzogenih procesa izrazito lokalnog karaktera. Tako npr. čak i u jezerima na međusobno maloj udaljenosti, promjene razine vode mogu biti vrlo neujednačene zbog lokalnih razlika u klimatskim prilikama, hidrografskoj mreži, veličini i morfologiji slivnog područja, lokalnog antropogenog utjecaja i dr., pa stoga korelacija među jezerskim terasama između dva ili više jezera najčešće nije izravno moguća, osim ukoliko se precizno odrede njihove apsolutne starosti.



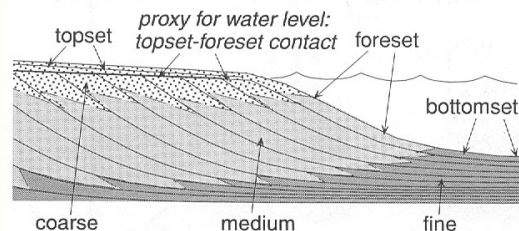
Jezerske terase uz obalu jezera Bonneville i varijacije u razini jezerske vode između dva susjedna jezera (Iz Burbank & Anderson, 2001).



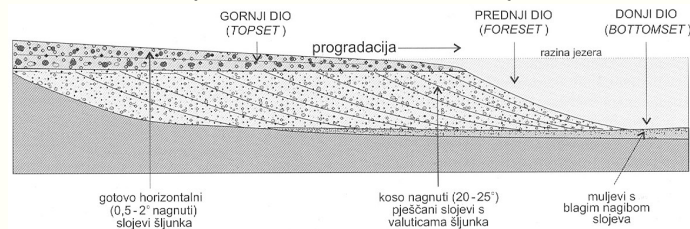
## □ Delte

- Sedimenti jezerskih i marinskih delti predstavljaju markere jezerskih, odnosno morskih razina za vrijeme njihova postanka (taloženja). Zbog najčešće veće debljine, deltni sedimenti u pravilu imaju veći potencijal očuvanja (preservation potential) u odnosu na terasne taložine, no s druge strane njihova je rasprostranjenost u pravilu manja, lokalno ograničena riječnim ušćem.
- Na temelju analize sedimentnih tijela u deltama jezera Bonneville, Gilbert (1890) je opisao tri karakteristična dijela u građi deltnih sedimentata: **gornji dio (topset)**, **srednji dio (foreset)** i **donji dio (bottomset)**.
- Razina vode u delti približno odgovara kontaktu gornjeg i srednjeg dijela (**topset/foreset kontakt**).

Poprečni presjek kroz deltno sedimente (Iz Burbank & Anderson, 2001).



Poprečni presjek kroz deltno sedimente (Iz Tišljar, 2004).

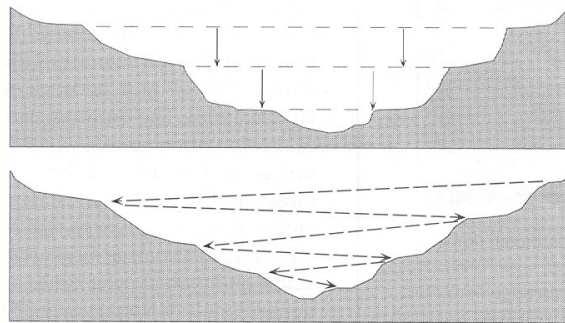


○ taloženju u deltama vidi u Tišljar (2004), poglavlje 16 !



### □ Riječne terase

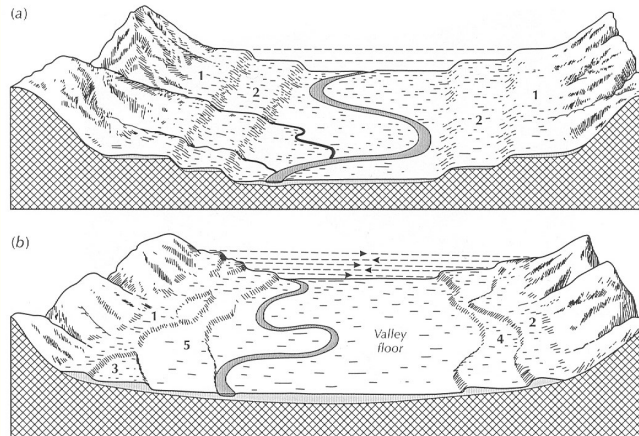
- Morfološki predstavljaju zaravnjena područja uz korita rijeka koja su s obje strane omeđena strmije nagnutim padinama.
- Mogu biti **simetrične** (engl. *paired terraces*) ukoliko su raspoređene s obje strane korita rijeke na istoj nadmorskoj visini ili **asimetrične** (engl. *unpaired terraces*) ukoliko su raspoređene naizmjenično na jednoj pa na drugoj strani korita.



Simetrične (gore) i asimetrične (dolje) riječne terase (Iz Burbank & Anderson, 2001).



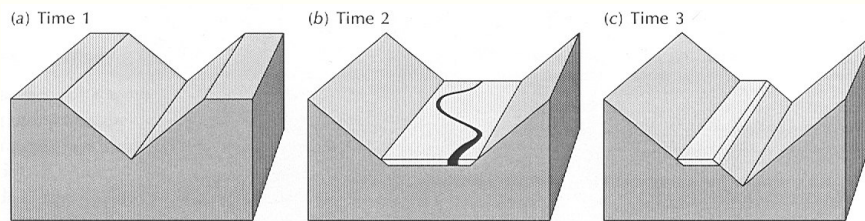
- U slučaju simetričnih terasa vertikalna erozija i usijecanje rijeke je intenzivnije i brže u odnosu na bočnu migraciju korita rijeke, dok je u slučaju asimetričnih terasa bočna migracija korita brža nego vertikalno usijecanje korita.



(a) Simetrične i (b) asimetrične riječne terase (Iz Huggett, 2007).



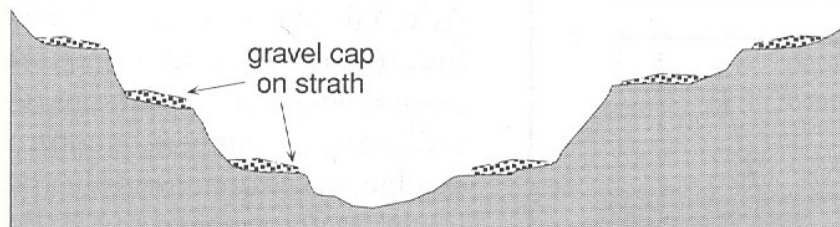
- Također, s obzirom na genezu razlikuju se **destruktivne** i **konstruktivne riječne terase**.
- **Destruktivne riječne terase** (engl. **Strath or degradational terraces**): nastaju kao rezultat usijecanja rijeke u podlogu koja je izgrađena od starijih stijena nakon čega dolazi do zaravnavanja i proširenja dna riječnog korita putem bočne erozije. Naknadnim usijecanjem rijeke, uz korito zaostaju terase koje predstavljaju bazu (dno) nekadašnjeg riječnog korita, a izgrađuju ih starije stijene (stijene kakve nalazimo u okolici riječnog korita i nisu aluvijalnog podrijetla ili pak sedimenti neke starije riječne terase), preko kojih najčešće leži tanji interval šljunka.



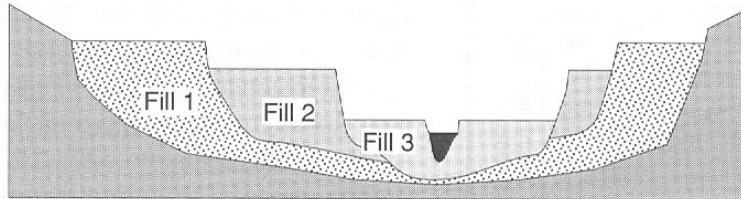
Postanak destruktivne riječne terase (Iz Huggett, 2007).



Profil kroz destruktivne riječne terase (Iz Burbank & Anderson, 2001).



- **Konstruktivne riječne terase (engl. Alluvial, accumulation or aggradational terraces):** nastaju kao rezultat usijecanja rijeke u podlogu nakog kojeg slijedi proširenje riječnog korita putem bočne erozije, a potom i njegovo zapunjavanje aluvijalnim sedimentima (sedimentima poplavne ravnice).



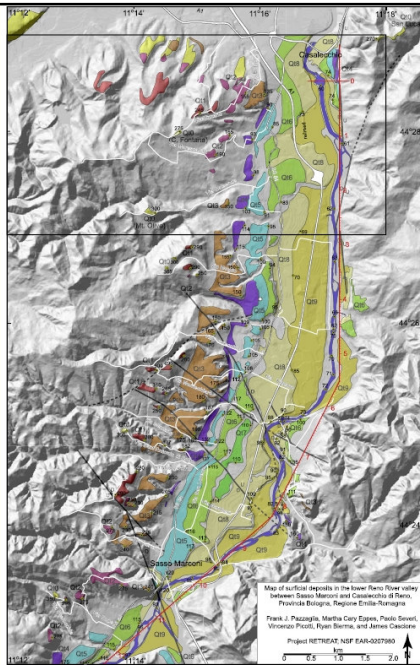
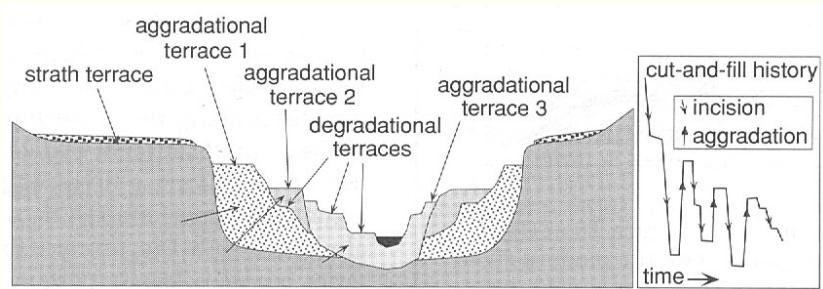
Konstruktivne (akumulacijske) riječne terase (Iz Burbank & Anderson, 2001).



Konstruktivne (akumulacijske) riječne terase uz Broken River na Novom Zelandu (Iz Huggett, 2007).



Shematski profil kroz akumulacijske i degradacijske riječne terase i njihova relativna starost (Iz Burbank & Anderson, 2001).

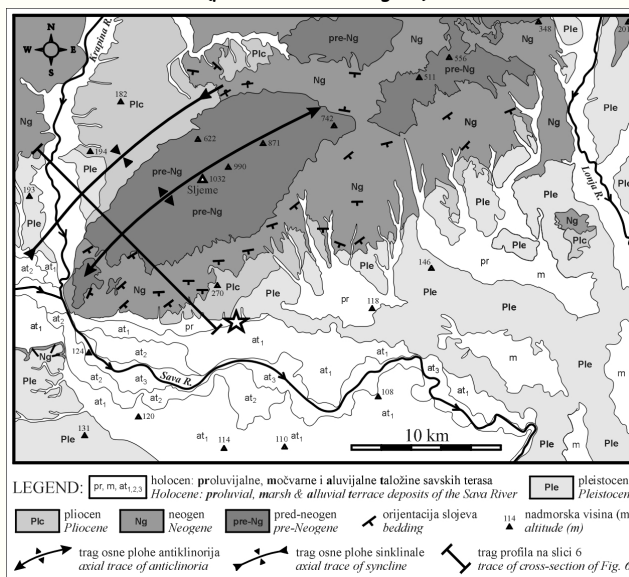


Karta rasprostranjenosti riječnih terasa u donjem dijelu toka rijeke Reno u području između gradića Sasso Marconi na jugu i gradića Casalecchio na sjeveru (Iz Picotti & Pazzaglia, 2008).

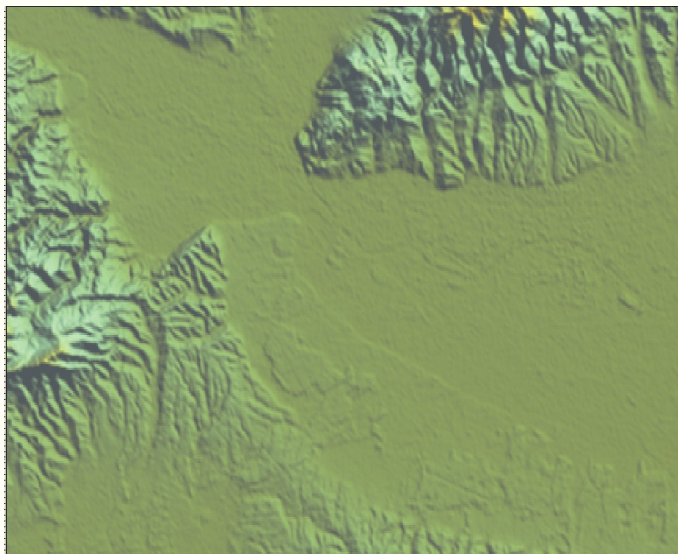




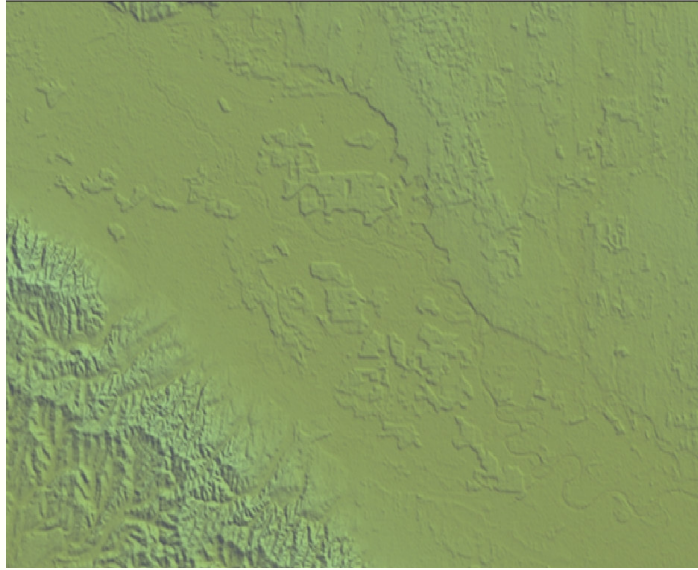
Akumulacijske terase rijeke Save (at1,2,3) južno od Zagreba  
(prema OGK list Zagreb).



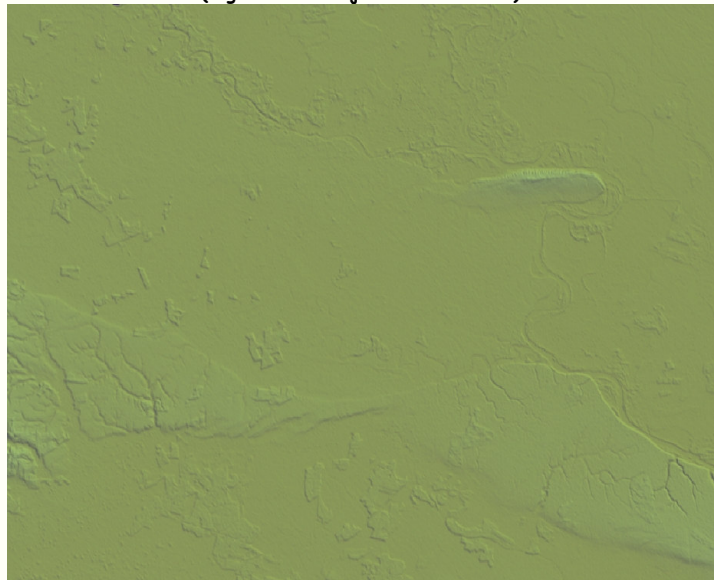
Akumulacijske terase rijeke Save južno od Zagreba  
(Digitalni Elevacijski Model - DEM).



Akumulacijske terase rijeke Drave između Đurđevca i Virovitice  
(Digitalni Elevacijski Model - DEM).



Riječne terase u istočnoj Slavoniji (područje ušća Drave u Dunav)  
(Digitalni Elevacijski Model - DEM).



## IZVORI SLIKA, TABLICA, CRTEŽA I LITERATURNI NAVODI:

- Benac, Č., Juračić, M. & Bakran-Petricioli, T. (2004): Submerged tidal notches in the Rijeka Bay NE Adriatic Sea: indicators of relative sea-level change and of recent tectonic movements.- *Marine Geology*, 212, 21-33.
- Burbank, D.W. & Anderson, R.S. (2001): *Tectonic Geomorphology*.- Blackwell Science Pub., Oxford, 274 str.
- Keller, E.A. & Pinter, N. (2002): *Active Tectonics: Earthquake, Uplift, and Landscape*.- 2nd ed. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 362 str.
- Hugget, R.J. (2007): *Fundamentals of Geomorphology*.- Routledge, London, 458 str.
- Juračić, M. (2008): *Geologija zaštite okoliša: Erozijska, poplavna, obalna*.- <http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/Geol.zastite.okolisa/04.Erozijska.poplave.pdf>
- Lambeck, K., Antonioli, F., Purcell, A. & Silenzi, S. (2004): Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr.- *Quaternary Sci. Reviews*, 23, 1567-1598.



- Picotti, V. & Pazzaglia, F.J. (2008): A new active tectonic model for the construction of the Northern Apennines mountain front near Bologna (Italy).- *Journal of Geophysical Research*, 113, B08412.
- Tišljar, J. (2004): *Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina*.- Institut za geološka istraživanja - Zagreb, 426 str.

