

Praktikum iz depozicionih sistema

Dejan Radivojević



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Praktikum iz depozicionih sistema | Dejan Radivojević | | 2020 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005862>

**UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET**

dr Dejan Radivojević

**PRAKTIKUM IZ
DEPOZICIONIH SISTEMA**

Beograd, 2020

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

PRAKTIKUM IZ DEPOZICIONIH SISTEMA

Dejan Radivojević

Beograd, 2020

Autor: dr Dejan Radivojević, docent

Naslov: PRAKTIKUM IZ DEPOZICIONIH SISTEMA

Izdavač: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7,
11000 Beograd

Za izdavača: dekan dr Zoran Gligorić, redovni profesor

Urednik: dr Meri Ganić, vanredni profesor

Recenzent: dr Draženko Nenadić, redovni profesor

Odobreno za štampu od strane Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog
fakulteta Univerziteta u Beogradu odlukom br. 8/41 od 16.07.2020.

Tiraž: 150 primeraka

Štampa: dr Dejan Radivojević, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ISBN: 978-86-7352-357-6

© Zabranjena svaka vrsta umnožavanja. Sva prava zadržava autor.

PREDGOVOR

Praktikum iz **Depozicionih sistema** namenjen je studentima treće godine osnovnih studija na studijskim programima Regionalna geologija i Paleontologija kao i ostalim studentima koji slušaju kurs Depozicioni sistemi. Knjiga se sastoji iz opšteg dela koji ima sedam poglavlja, praktičnog dela i apendiksa.

U prvom poglavlju prikazan je značaj i cilj poznavanja sedimentologije, dok je u drugom dat kratak pregled nastanka sedimentnih stena. U sledeća tri poglavlja date su osnove vezane za sklop sedimenata, sredine sedimentacije i tipove sedimentacionih sredina. U poglavlju 6 dato je uputstvo vezano za primenu softwera SedLog i iscrtavanje sedimentoloških stubova. Posebno poglavlje 7 se odnosi na ekonomski značaj poznavanja sedimentnih stena i depozicionih sredina. Prilikom pisanja knjige između ostalog korišćena je literatura na engleskom jeziku tako da je na dosta mesta pored pojma na srpskom jeziku dat i originalni naziv. Na kraju svakog poglavlja nalazi se spisak korišćene literature.

Praktični deo se sastoji od deset vežbanja u okviru kojih se nalazi 29 zadataka. Pre svakog vežbanja nalazi se vrlo kratko uputstvo koje zajedno sa prethodnim poglavljima treba polaznicima u potpunosti da pruži sva znanja koja su neophodna za izradu zadataka.

Na kraju knjige nalazi se apendiks u okviru koga se nalaze četiri tabele u kojima su prikazani osnovni tipovi sedimentnih tekstura i njihova povezanost sa depozicionim sredinama kao i sistemi depozicije i njihove osnovne karakteristike. Pored toga priložen je i terenski log koji može poslužiti polaznicima kursa prilikom snimanja sedimentološkog stuba na terenu.

Autor se zahvaljuje uredniku prof. dr. Meri Ganić i recenzentu prof. dr. Draženku Nenadiću koji su svojim sugestijama unapredili kvalitet praktikuma.

Beograd, 2020

SADRŽAJ

Uvod	6
Opšti deo.....	9
1. Značaj i cilj sedimentologije.....	10
2. Postanak sedimenata.....	12
2.1. Površinsko raspadanje/trošenje.....	12
2.2. Transport	13
2.3. Sedimentacija ili taloženje.....	15
2.4. Dijageneza.....	15
3. Sklop sedimentnih stena.....	17
3.1. Sedimentacione strukture.....	17
3.2. Sedimentacione teksture.....	17
3.2.1. Neorganske primarne teksture.....	18
3.2.1.1. Predepozicione sedimentne strukture.....	19
3.2.1.2. Sindepozicione međuslojne sedimentacione strukture..	26
3.2.1.3. Postdepozicione sedimentacione teksture.....	35
3.2.1.4. Ostale teksture.....	40
3.2.2. Primarne biogene sedimentacione teksture.....	43
3.2.3. Sekundarne teksture.....	46
4. Sredine sedimentacije.....	51
5. Tipovi depozicionih sistema.....	53
5.1. Kontinentalni depozicioni sistemi.....	54
5.1.1. Fluvijalni depozicioni sistem.....	54
5.1.2. Jezerski depozicioni sistem.....	59
5.1.3. Močvarni (paludalni) depozicioni sistem.....	60
5.1.4. Pustinjski depozicioni sistem.....	61
5.1.5. Lednički (glacijalni) depozicioni sistem.....	63
5.2. Prelazni depozicioni sistemi.....	64
5.2.1. Delti depozicioni sistem.....	64
5.2.2. Estuarski depozicioni sistem.....	66
5.2.3. Depozicioni sistem plimatske ravnice (tidal flats, intertidal flats)...	67
5.2.4. Depozicioni sistem žala (plaže) i barijernog ostrva (barrier island)	68
5.2.5. Lagunski depozicioni sistem.....	70
5.3. Morski depozicioni sistemi.....	71
5.3.1. Plitkomorski klastični (siliciclastic shorelines) depozicioni sistemi.	72
5.3.2. Plitkomorski karbonatni depozicioni sistemi.....	74
5.3.3. Dubokomorski depozicioni sistemi.....	78
6. SEDLOG - softver za crtanje sedimentoloških stubova.....	88

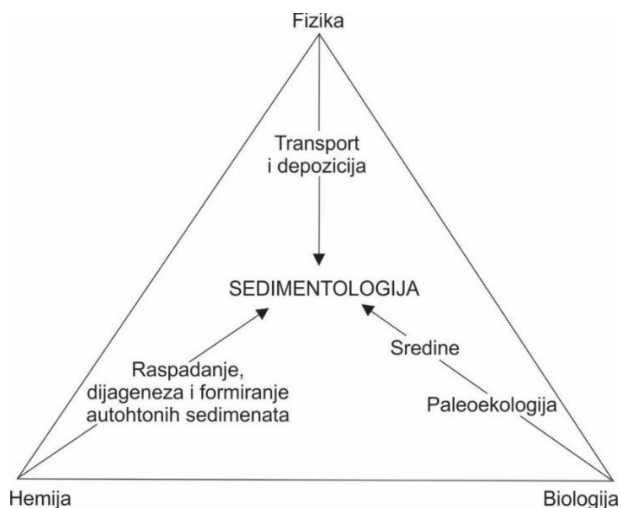
7. Ekonomski značaj sedimentnih stena.....	98
7.1. Ekonomski značaj rečnih sedimentata.....	98
7.2. Ekonomski značaj eolskih peskova.....	103
7.3. Ekonomski značaj jezerskih sedimentata.....	104
7.4. Ekonomski značaj deltnih sedimentata.....	105
7.5. Ekonomski značaj barijernih prudova i peskova plaža.....	106
7.6. Ekonomski značaj terigenih šelfova.....	108
7.7. Ekonomski značaj karbonata (generalno) i posebno rifova.....	109
7.8. Ekonomski značaj dubokomorskih peščara.....	111
7.9. Ekonomski značaj pelaških sedimentata.....	113
Praktikum.....	123
Apendiks.....	165

UVOD

Sedimentologija se može definisati kao nauka koja proučava prirodne vezane (sedimentne stene) i nevezane sedimente i procese kojima su oni formirani. Pojam sedimentologija uveo je A. C. Trowbridge, 1925 (Wadell, 1932), ali on nije bio u široj upotrebi sve do 50-tih godina prošlog veka (sedimentna geologija). Interesovanje za sedimentaciju i poreklo sedimentnih stena seže još do početaka geologije, a spisak prvih radova vezanih za sedimentologiju može se naći u Potter, 1978.

Može se reći da je savremena sedimentologija koja se bavi procesima počela publikacijom Kuenen and Migliorini (1950) o turbiditnim strujama. Pre 1950 godine, stratigrafija koja se uglavnom bavila korelacijom i paleogeografskim rekonstrukcijama u širem smislu i petrologija sedimentnih stena koja se uglavnom bavila mikroskopijom sedimentnih stena, su manje više nezavisno evoluirale. Pod uticajem koncepta turbidita razvijenog od strane Daly (1936) i Kuenen (1937, 1950), geolozi koji su se bavili fliševima počeli su da shvataju mehanizam toka koji može biti razmatran kao činilac transporta i depozicije gradacionih slojevitih peskova. Danas, geolozi mogu posmatrati sedimentne stene i sedimente koji imaju savremene analoge kao i uslove njihovog nastanka koji mogu biti simulirani u laboratorijama. Poznate stene mogu biti posmatrane u novom svetlu razmatrajući sedimentacione teksture koje ranije nisu bili shvaćene, a sad mogu biti opisane i objašnjene.

Sedimentologija se oslanja na petrologiju sedimentnih stena, ali i stratigrafiju kao i ostale nauke - biologiju, hemiju, fiziku (slika 1), geomorfologiju, okeanografiju, klimatologiju, glaciologiju i druge. Kombinacijom sedimentologije i stratigrafije formirana je nauka sedimentaciona stratigrafija (*Sedimentary Geology*) koja se u širem smislu i dalje smatra sedimentologijom.

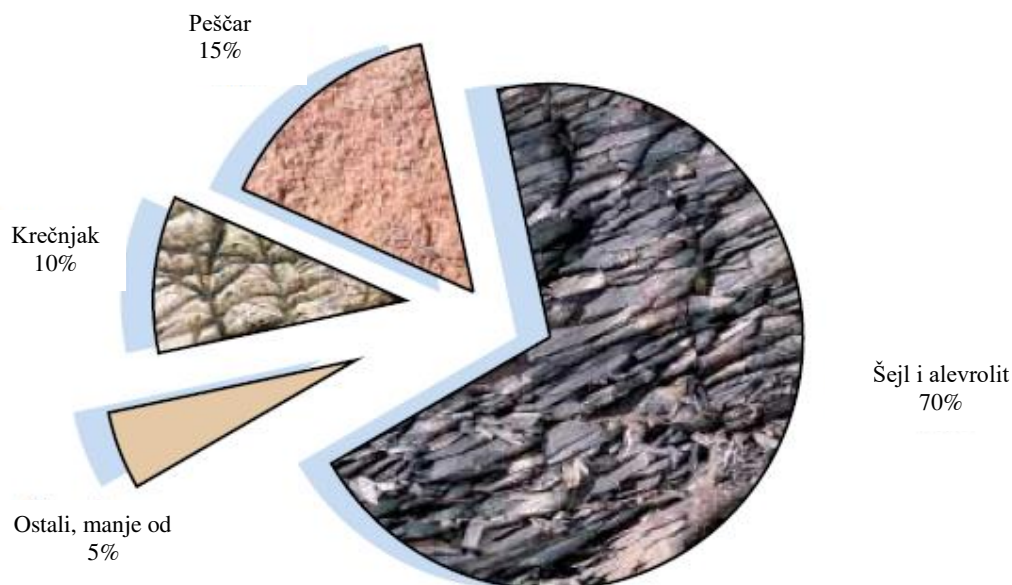


Slika 1. Trougaoni dijagram koji pokazuje odnos sedimentologije i fundamentalnih nauka.

Međutim, s obzirom da se nastanak sedimentnih stena ne može razumeti bez vremenskog okvira, uglavnom sedimentologija predstavlja značajan element stratigrafije. Sedimentologija proučava procese nastanka, transporta i depozicije materijala koji se akumuliraju kao sedimenti u kontinentalnim i morskim sredinama i mogu formirati sedimentne stene, dok stratigrafija proučava stene u cilju određivanja redosleda i vremena događaja iz geološke prošlosti Zemlje. Stratigrafija ima veći vremenski i prostorni raspon i orijentisana je na veće razmere slojeva i istoriju planete - na to kada i gde su sedimenti/sedimentne stene formirane. Stratigrafski

zapis je gotovo uvek nekompletan usled ograničenog potencijala očuvanja koji se smanjuje sa povećanjem starosti. Sa druge strane, sedimentologija ima manji vremenski i prostorni raspon i prevashodno je orijentisana na facije i depozicione sredine, odnosno na način kako su sedimenti/sedimentne stene formirane.

Sedimenti se mogu podeliti u pet različitih genetskih klasa: hemijski, organski, rezidualni, terigeni (klastični) i piroklastični (Hatch et al., 1971). Hemijski sedimenti su oni koji nastaju direktnim obaranjem u vodenoj sredini. U ovu klasu sedimenta spadaju gips, so kao i bigar i neki krečnjački muljevi. Organski sedimenti imaju biljno i/ili životinjsko poreklo kao recimo krečnjaci i ugalj, dok su rezidualni oni koji ostaju na mestu raspadanja – lateriti i boksiti. Terigeni sedimenti su sačinjeni od delova nastalih raspadanjem i erozijom matičnih stena i čine najveći deo sedimentnih stena (slika 2). U sedimentologiji se termin matična stena koristi za određivanje porekla materijala, odnosno na stenu od koje je klastični sediment nastao za razliku od upotrebe ovog termina u naftnoj geologiji gde je on vezan za stenu koja generiše ugljovodonike. Terigene sedimente uglavnom čine fragmenti matične stene i dele se na osnovu veličine zrna i njihovog sastava. Ranije je termin klastične sedimentne stene korišćen za opisivanje klastične stene bogate silicijumom, međutim s obzirom da postoje i klastične karbonatne stene odgovarajući termin bio bi siliciklastične sedimentne stene. Poslednju grupu stena čine piroklastični sedimenti koji predstavljaju rezultat vulkanske aktivnosti i uključuju pepeo, tufove, vulkanoklastične peskove i aglomerate.



Slika 2. Procentualna raspodela sedimentnih stena. Najveći broj procenata (70%) čine finozrne siliciklastične stene - šejlovi i alevroliti, zatim slede peščari sa 15%, dok krečnjaci čine 10%. Preostali deo (manje od 5%) čine ostale stene.

S obzirom na određena ograničenja ovakve genetske klasifikacije pet glavnih klasa mogu se podeliti na dva tipa: alohtone i autohtone deponate (Selley, 2000). Alohtoni sedimenti su oni koji su transportovani u depozicionu sredinu i uključuju genetske klase kojoj pripadaju terigene (glinae, siliciklastični peskovi, konglomerati) i piroklastične stene kao i veoma retke pretaložene (alodapik) karbonate. Autohtoni sedimenti su oni koji nastaju u sredinama u kojima su deponovani i uključuju genetske klase hemijskih, organskih i rezidualnih stena.

Literatura

Daly R. A., 1936. Origin of submarine 'canyons'. *Am. J. Sci.*, 31, p. 401-420.

Hatch, F. H.; Rastal, R.H. & Greensmith, J.T., 1971: Petrology of the sedimentary rocks. *Murby*, London: 502 pp.

Kuenen Ph. H., 1937. Experiments in connection with Daly's hypothesis on the formation of submarine canyons. *Leids geol. Meded.*, 8, p. 327-335.

Kuenen Ph. H., 1950. Turbidity currents of high density. *18th Inti. geol. Congr. London*, 1948, Rept, pt 8, p. 44-52.

Kuenen Ph. H. & Migliorini e.r., 1950. Turbidity currents as a cause of graded bedding. *The Jurnal of Geol.*, 58, p. 91-127.

Potter P. E., 1978. Petrology and chemistry of modern big river sands: *The Journal of Geology*, v. 86, p. 423–449, doi:10.1086/649711.

Selley R. C., 2000. Applied Sedimentology, 2nd edition, *Cambridge University Press*, 523 pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-636375-3.X5001-0>

Wadell, H. A., 1932. Sedimentation and sedimentology. *Science* 77, p. 536-537.

OPŠTI DEO

1. ZNAČAJ I CILJ SEDIMENTOLOGIJE

Sedimentologija se može proučavati kao nauka sama za sebe, ali može imati i praktičan doprinos prilikom otkrivanja i eksploatacije prirodnih resursa kao i proučavanja uslova životne sredine. Akcenat u praktikumu je stavljen na primeni sedimentologije i značaju poznavanja depozicionih sredina. O značaju sedimentologije govori i to da je većina intelektualnih i finansijskih sredstava izdvojenih za njeno proučavanje obezbeđeno od strane naftnih kompanija i kompanija koje se bave istraživanjem i eksploatacijom mineralnih sirovina.

Sedimentologija se može izučavati kao predmet i u akademskom smislu sama za sebe, ali može imati i doprinos u istraživanju i eksploataciji prirodnih resursa tako što će se baviti sredinama depozicije (Tabela 1.1.).

Tabela 1.1. Neke oblasti primene Sedimentologije

		Primena	Relevantno polje		
Životna sredina		Podmorske strukture	Okeanografija		
		Cevovodi			
		Obrana obale od erozije			
				Pristaništa, nasipi i luke	Određivanje mesta odlaganja nuklearnog otpada, inženjerska geologija
				Površinski kopovi i tuneli	
				Temelji za autoputeve	Mehanika tla i mehanika stena
		Uzletišta i tornjevi			
Eksploatacija	Eksploatacija cele stene	Peskovi i šljunkoviti agregati	Kamenolomi		
		Glina	Rudnička geologija		
		Krečnjak			
		Ugalj			
		Fosfati			
		Evaporiti			
			Sedimentne rude		
	Eksploatacija pornog fluida	Voda	Hidrologija		
		Nafta	Naftna geologija		
Gas					

Neki od značajnih razloga poznavanja sedimentnih stena leže u tome što je:

1. Većina svetskih rezervi nafte i gasa pronađena u sedimentnim stenama.
2. Veliki deo podzemnih voda se nalazi u sedimentima ili sedimentnim stenama.
3. Mnoge prirodne mineralne sirovine (zlato, bakar, srebro, živa, gvožđe, uranijum itd.) se nalaze u sedimentnim stenama, dok je oblik rudnih tela stratigrafski kontrolisan.
4. Fosilni zapisi kao dokaz biološke evolucije su uglavnom očuvani u sedimentnim stenama.
5. Zapisi o klimatskoj prošlosti Zemlje se nalaze gotovo isključivo u sedimentnim stenama.

Cilj sedimentologije je proučavanje sedimenata koji bi omogućili izvođenje zaključaka o depozicionim uslovima koji su vladali u vreme njihovog taloženja. U toku ovog procesa koriste se različiti geološki principi - uniformizma, superpozicije, prvobitne horizontalnosti, lateralnog kontinuiteta, *cross-cutting* odnosa i drugi. Sedimentolozi treba da interpretiraju poreklo, rasprostranjenje, transportni mehanizam, depoziciju sredinu, paleogeografiju, sedimentacionu tektoniku i istoriju dijagenese. Ova interpretacija je zasnovana na osobinama (recimo mineraloški sastav, tekstura i drugo) koje mogu biti povezane sa ovim faktorima. Na primer, fosilni sadržaj omogućava određivanje starosti sedimente stene, ali ne govori ništa o reljefu. Kosa slojevitost i tragovi talasanja omogućavaju informacije o rasprostranjenju, depozicionoj sredini i paleogeografiji, ali ne pružaju informacije o starosti stena. Rekonstrukcijom depozicionih sredina geolozi mogu interpretirati klimu iz prošlosti, analizirati ekosistem organizama koji su tada živeli, utvrditi paleogeografiju kao i mesta gde su se nekada nalazile planine, baseni, velike reke, zalivi i okeani. Analize sedimentacionih basena mogu omogućiti uvid u njihov istraživačko ekonomski potencijal i korelisati geološke događaje, procese i sredine (tabela 1. 2.).

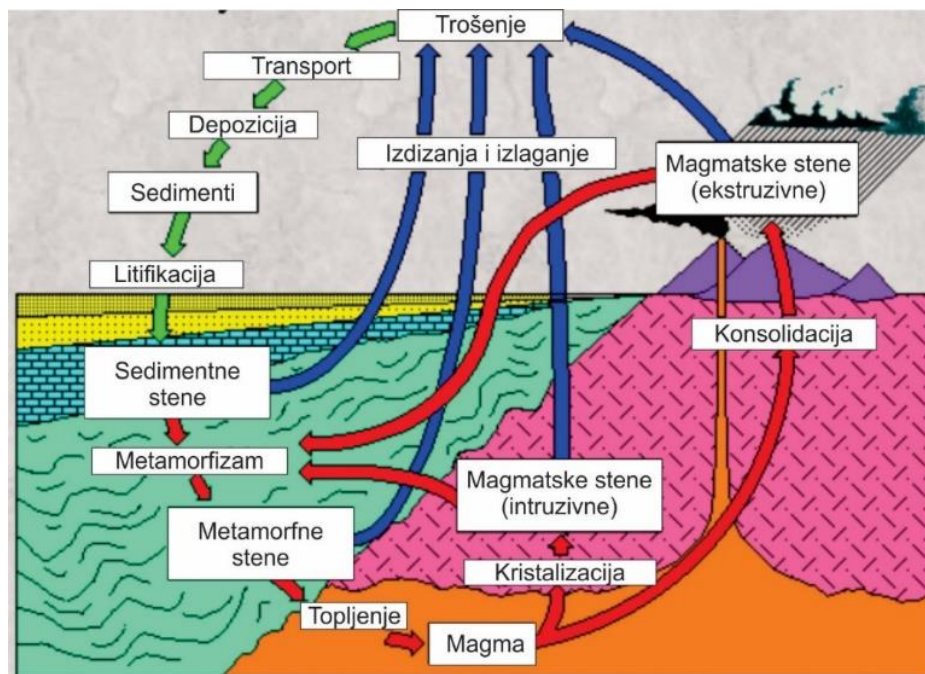
Tabela 1.2. Uzajamni odnosi između sedimentacione sredine i sedimentacione facije.

Sedimentaciona sredina (procesni element)	Sedimentaciona facija (odgovor na proces)
<p>Dinamički elementi sredine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fizički procesi: aktivnost struja i talasa, gravitacioni procesi, promene nivoa mora, tektonika i vulkanizam • Hemijski procesi: rastvaranje, obaranje, autigeneza • Biološki procesi: biohemijsko obaranje, biološko pretaložavanje sedimenata, fotosinteza <p>Statički elementi sredine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geomorfologija mesta depozicije • Dubina vode • Hemizam vode • Depozicioni materijal (snabdevanje sedimentima) • Klima 	<p>Geometrija deponata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pokrovni, prizmatičan, pertlast itd. <p>Primarne osobenosti sedimenata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fizičke: slojevitost i odnosi kontakta slojeva, sedimentne strukture i teksture, boja, sastav odlomaka • Hemijske: sastav glavnih elemenata i elemenata u tragovima • Biološke: fosilni sadržaj (tip i obilnost fosila) <p>Izvedene osobenosti sedimenata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porozitet i permeabilitet • Akustične osobenosti (prenos zvuka) • Električna provodljivost • Radioaktivnost

Metode koje primenjuju sedimentolozi za prikupljanje podataka i utvrđivanje depozicionih uslova uključuju terenska i laboratorijska ispitivanja. U terenska ispitivanja spadaju priprema i rekognosciranje terena, ispitivanja eksterne slojevitosti, debljine i prostornog položaja slojeva, karakteristika i sklopa sedimentnih stena. Laboratorijska ispitivanja sedimentnih stena obuhvataju faze pripreme uzoraka, mehaničke, strukturne, mineraloške, geohemijske analize i proučavanje vezivne materije.

2. POSTANAK SEDIMENATA

Termin litogeneza označava proces formiranja stena. Proces litogeneze sedimentata i sedimentnih stena obuhvata raspadanje magmatskih, metamornih i starijih sedimentnih stena, transport (prenos) materijala, sedimentaciju (taloženje) i dijagenezu. Kružni tok stena prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1. Kružni tok stena.

2.1. Površinsko raspadanje/trošenje

Površinsko raspadanje – trošenje (*weathering*) predstavlja proces razaranja stena na Zemljinoj površini pod uticajem erozije, atmosferilija, vode, leda, klime, temperature, insolacije i delovanja organizama. Ono može biti mehaničko (fizičko), hemijsko i biološko.

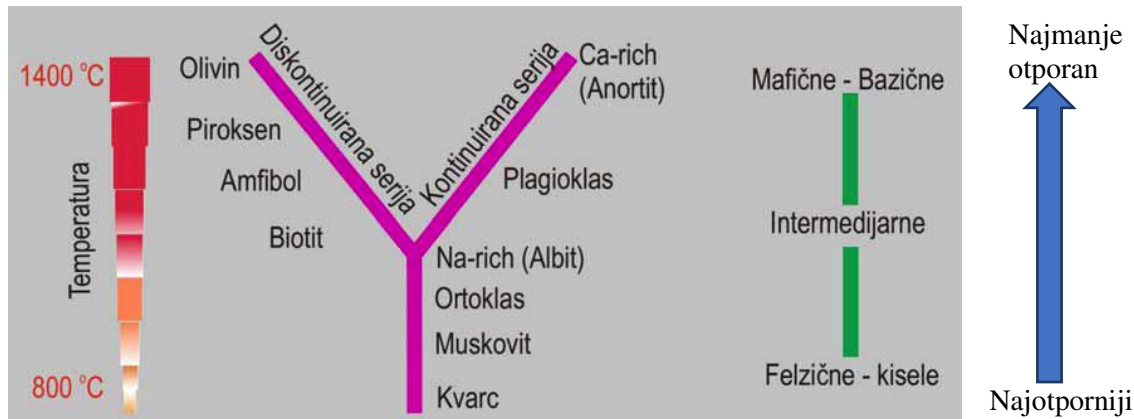
Mehaničko raspadanje stena se odnosi na usitnjavanje materijala bez formiranja autigenih minerala koji nastaju hemijskim promenama primarnih minerala. Postoji pet glavnih tipova mehaničkog trošenja: popuštanje jednosmernog pritiska (*stress realise*) u tektoniziranim stenama, insolacija, hidratacija-dehidratacija, smrzavanje-otapanje i erozija. Erozija predstavlja proces razaranja i odnošenja površinskih delova Zemljine površine pod uticajem vode, leda i vetra.

Hemijsko raspadanje se odigrava delovanjem ugljene kiseline (H_2CO_3) i vode i povezano je sa temperaturom, hemizmom i pH-koncentracijom u vodi. Trošenje pod uticajem atmosferskih prilika naziva se subaersko, hidrosferskih subakvatsko, dok se pod uticajem morske vode to trošenje naziva halmiroliza. Hemijsko trošenje zavisi od klime tako što toplota, dnevna i godišnja temperaturna kolebanja i vlaga ubrzavaju ovaj proces. Pored toga, morfologija terena i životna aktivnost organizama utiče na hemijsko trošenje.

Biološko trošenje nastaje uticajem organskih procesa u okviru kojih se nalaze biološko raspadanje stena usled velikog uticaja bakterija i huminskih kiselina, i ono koje nastaje fizičkim razaranjem - recimo usled rasta korena drveća.

Stabilnost petrogenih minerala

Različiti petrogeni minerali imaju različitu otpornost na mehaničko i hemijsko trošenje (slika 2.2). Na njihovu postojanost utiče hemizam i uslovi postanka, tvrdoća, anizotropija itd.



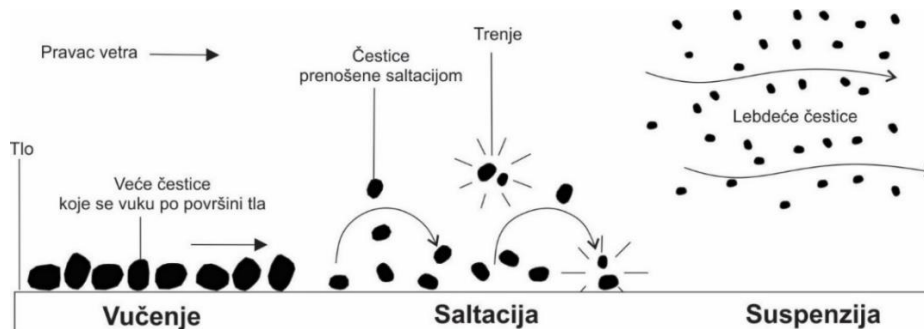
Slika 2.2. Šema raspadanja stena koja je inverzna Bowenovoj reakcionoj šemi (Bowen, 1928).

Kvarc koji je najčešći mineral u litosferi je relativno postojan i veoma čest u siliciklastičnim stenama. Karbonatni minerali su stabilni prema raspadanju sve dok je voda u ravnoteži sa atmosferskim ugljen dioksidom (CO_2). Feldspati su slabo stabilni na hemijsko raspadanje, s tim što su niskotemperaturni kalijski feldspati (mikroklin) i kiseli plagioklasi (albit, oligoklas) najstabilniji i njih nalazimo u siliciklastičnom detritusu. Bazični plagioklasi i visokotemperaturni kalijski feldspati (sanidin) sa druge strane su potpuno nestabilni i nema ih u detritusu. Ortoklasi (olivin) i metasilikati (piroksen) su manje otporni na hemijsko razaranje od kiselih plagioklasi i kalijskih feldspata. Liskuni imaju različitu otpornost – najnestabilniji je biotit, a najpostojaniji muskovit.

2.2. Transport

Delovi mehaničkog i hemijskog raspadanja stene se prenose od matične stene do mesta taloženja u čvrstom i rastvorenom stanju. Najvažnije sredstvo prenosa materijala je voda koja može prenositi velike količine čvrstog i rastvorenog materijala na male i velike udaljenosti. Vetar ima manju važnost, ali i on može prenositi velike količine sitnozrnog materijala na velike udaljenosti. Glavna razlika između materijala koji se prenosi vodom, vetrom ili lednicima je u sortiranosti materijala.

Materijal se prenosi vučenjem (*creeping*), saltacijom (*saltation*), suspenzijom (*suspension*) (slika 2.3.), tečenjem sedimenata, gravitacionim tokovima i podvodnim klizanjem, kao i odronima i lavinama. Pri transportu vučenjem materijal se kotrija ili klizi po dnu, kod saltacije se premešta u kratkim skokovima, dok se kod tečenja sedimenata transportuje tečenjem mešavine nevezanog taloga i vode koja je zasićena materijalom.



Slika 2.3. Kretanje materijala nastalog površinskim raspadanjem dejstvom vetra.

Kretanje vode kao najznačajnijeg vida transporta može biti laminirano (paralelno slojevima, bez mešanja) i turbulentno (vrtložno), slika 2.4. Gravitacioni tokovi (*sediment gravity flow, mass flow, sediment flow*) su tokovi sedimenata ili rastvorenih sedimenata koji se kreću niz padine pod uticajem gravitacije. Za razliku od klizanja sedimenata (*slump*) kod ovih tokova ne postoji interna deformacija sedimenata zato što se ovim tokovima kreću zrna i čestice, a ne konsolidovani i poluvezani sedimenti. Ovi tokovi mogu biti subaerski i subakvatični (najčešći su submarinski). Na osnovu prirode kretanja zrna dele se na turbiditne struje i tokove, fluidizacijske tokove, zrnaste tokove i detritne tokove (slika 2.4.). Glavni mehanizam transporta sedimenata kod turbiditnih struja ili tokova (*turbidite current, turbidite flow*) je suspenzija koja se turbulento kreće. **Turbiditne struje male gustine** (*LDT low density turbidity currents*) su struje koje u suspenziji prenose materijal čija su zrna sitnija od srednjezrnog peska (slika 2.4.). **Turbiditne struje velike gustine** (*HDT high density turbidity currents*) su struje koje mogu prenositi sitnozrni i krupnozrni detritus (slika 2.4.). **Fluidizacijski tokovi** (*fluidized flows*) su tokovi kod kojih se sediment suprotstavlja delovanju gravitacije istiskivanjem fluida iz pora sedimenata i njegovim strujanjem naviše. **Zrnasti tokovi** (*grain flow*) su kvaziviskoplastični tokovi zrna koji se karakterišu kolizijom zrna o zrno što dovodi do mehanizma podržavanja zrna zbog disperznog pritiska (Bagnold, 1954, iz Stow, 1986). **Detritni tokovi** (*debris flow*) (slika 2.4.) su visokokoncentrisane, izrazito viskozne disperzije sedimenata koje imaju veliku nosivu snagu i imaju osobenosti plastičnog toka (Johnson, 1970).

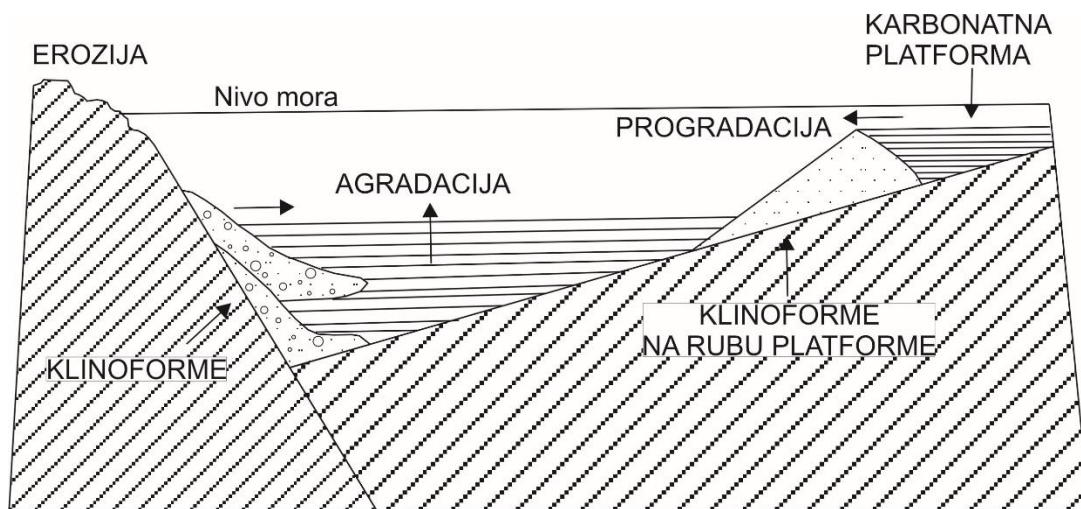
		TIP DOGAĐAJA	DEPONAT	PONAŠANJE
DETRITNI TOK	KOHEZIVNI		Debris D	Laminirani tok (L) Brzina vs Dubina: Laminirani tok
KOGENETSKI TOKOVI	HIBRIDNI		"Povezani" Debris LD	Brzina vs Dubina: Laminirani tok (L)
"KAŠASTI" TOKOVI	PRELAZNI		"Trakasti" peščar SF	Brzina vs Dubina: Turbulentni tok (T)
TURBIDITNA STRUJA VELIKE GUSTINE	NEKOHEZIVNI		HDT	Brzina vs Dubina: Turbulentni tok (T)
TURBIDITNA STRUJA MALE GUSTINE	NEKOHEZIVNI		LDT	Brzina vs Dubina: Turbulentni tok (T)

Slika 2.4. Međusobni odnosi različitih podvodnih gustih tokova i transporta njihovih sedimenata, modifikovano od Haughton et al., 2006.

2.3. Sedimentacija ili taloženje

Transport i sedimentacija zavise od hidrodinamičkog režima, gustine i viskoznosti fluida. Što je energija viša to je efekat gravitacije manji, tako da se materijal prenosi na veće udaljenosti. Brzina taloženja zavisi od energetskeg potencijala vode, sile potiska i čeonog otpora, gustine i viskoznosti fluida, dimenzije i oblika zrna, prostorne mase i gustine.

Najznačajniji procesi taloženja i načina akumulacije sedimenata su: agradacija, progradacija, klinoforme i drugi (slika 2.5.). **Agradacija** je naziv za proces taloženja u kome se sedimentacioni prostor (*accomodation space*) puni na dnu basena u vertikalnom smeru akumulacijom materijala jednog na drugi. **Progradacija** je proces taloženja kod koga se sedimentacioni prostor zapunjava u horizontalnom smeru i na taj način sužava. Preko naslaga deponovanih u dubljem delu basena talože se plitkovodni sedimenti. **Klinoforme** su sedimentna tela klinastog oblika koja nastaju nagomilavanjem materijala koji potiče od erozije kopna ili grebena neposredno uz samu padinu.



Slika 2.5. Šematski prikaz procesa taloženja i evolucije sedimentacionog basena, Tišljar, 2004.

2.4. Dijageneza

Dijageneza obuhvata sve mehaničke i hemijske promene koje se događaju u sedimentu od njegovog taloženja do početka metamorfoze. Najvažniji dijagenetski proces je litifikacija i u osnovi se razlikuju mehanička i hemijska dijageneza. Mehanička dijageneza uglavnom obuhvata procese zbijanja ili kompakcije dok su prilikom hemijske dijageneze najvažniji procesi rastvaranja, autigeneze (*neoformation*), cementacije, rekristalizacije, metasomatoze i potiskivanja (*replacement*).

Literatura

Bowen, N. L., 1928. The evolution of the igneous rocks: Princeton, New Jersey, *Princeton University Press*, second edition, 1956, New York, Dover, pp. 334.

Haughton, P., Davis, C. and McCaffrey, W., 2006. "Facies Prediction in turbidite Fan Systems – Nature and Significance of 'Linked Debrites' in Sand-Rich Versus Mixed Sand-Mud Systems" Recent Advances in Siliciclastic Facies Models: Implications for Reservoir Characterization II (SEPM), *AAPG Annual Convention*, April 9-12, 2006 Technical Program.

Johnson, A. M., 1970. Physical Processes in Geology A method for interpretation of natural phenomena; intrusions in igneous rocks, fractures, and folds, flow of debris and ice. *San Francisco: Freeman, Cooper, and Co.* pp. 577.

Stow, D. A. V., 1986. Deep clastic seas. In: Sedimentary Environments and Facies (Ed. Reading, H.G.). *Blackwell Scientific Publications*, Oxford; p. 400–444.

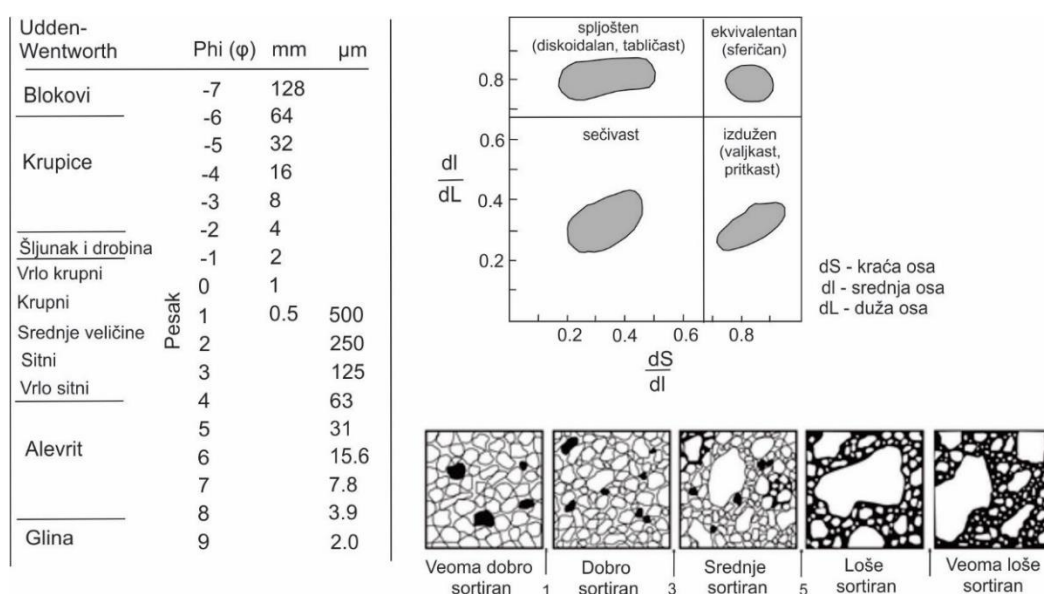
Tišljar, J., 2004. Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina. *Institut za geološka istraživanja*, Zagreb, 426 pp.

3. SKLOP SEDIMENTNIH STENA

Sklop sedimentnih stena obuhvata njihovu strukturu i teksturu, odnosno odnos sastojaka, njihov raspored u prostoru i ispunjenost prostora. U američkoj terminologiji i novijim naučnim časopisima na engleskom jeziku pod pojmom sedimentacione strukture (*sedimentary structures*) podrazumevaju se teksturne karakteristike sedimentnih stena što dovodi do problematične upotrebe ovog termina.

3.1. Sedimentacione strukture

Pod sedimentacionom strukturom podrazumeva se unutrašnja građa sedimentnih stena koja je vezana za oblik i veličinu zrna u steni. Veličina zrna stena na terenu određuje se na osnovu etalona, a slični etaloni često obuhvataju i određivanje sortiranosti i zaobljenosti (sferičnosti) zrna (slika 3.1.).



Slika 3.1. Udden-Wentworth-ova šema za određivanje veličine zrna (levo). Klasifikaciona šema za opisivanje odlomaka na osnovu kraće, srednje i duže ose zrna (gore desno, prilagođeno od Graham, 1982). Etalon za vizuelno poređenje stepena sortiranosti (dole desno, prilagođeno od Graham, 1982).

3.2. Sedimentacione teksture

Ispitivanje sedimentacionih tekstura je važno zato što one predstavljaju daleko najvažniji oblik za interpretaciju depozicionih sredina. Poznato je mnogo toga o načinu njihovog formiranja, tako da njihov pronalazak u stenama može mnogo da otkrije o uslovima tokom njihove depozicije. Sedimentacione teksture su mnogo značajnije za interpretaciju od sedimentacionih struktura kao što je veličina i oblik zrna.

Sedimentacione teksture su važni makroskopski trodimenzionalni oblici sedimentnih stena koji se pojavljuju tokom depozicije ili između depozicije i litifikacije te su stoga verovatno najznačajniji za interpretaciju sedimentacije i postdepozicionih procesa. One se pojavljuju na gornjim i donjim površinama slojevitosti kao i unutar njih. Ove

osobnosti mogu biti korišćene za određivanje procesa i uslova depozicije i pravca transporta (struja) kojima su deponovani sedimenti.

Nije lako izvršiti klasifikaciju sedimentacionih tekstura usled velikih razlika u njihovom poreklu i geometrijama. Dva logična načina njihove klasifikacije bi bila na osnovu mehanizma kojim nastaju (fizičke, hemijske i biološke) i na osnovu vremena njihovog stvaranja u odnosu na vreme depozicije (primarne i sekundarne), tabela 3.1.

Tabela 3.1. Klasifikacija nekih sedimentacionih tekstura.

	Fizičke	Hemijske	Biološke
Primarne	Slojevitost Podinski tragovi <i>Sole marks</i>	Slojevitost	Bioturbacije (tragovi kretanja i puzanja)
Sekundarne	Deformacije Intruzije Isušivanje	Nodule Konkrecije Deformacije Stiloliti	Bioturbacije (tragovi bušenja sedimenta)

Primarne strukture su one koje su nastale u sedimentima neposredno nakon depozicije i dele se na neorganske i organske. Sekundarne sedimentacione strukture su one koje su formirane nakon sedimentacije i predstavljaju uglavnom rezultat hemijskih procesa kao što su procesi dijagenoze i cementacije.

3.2.1. Neorganske primarne teksture

Primarne fizičke teksture su svakako najčešće i najuočljivije tako da se mogu smatrati najkorisnijim za interpretaciju. Na osnovu morfologije i vremena stvaranja neorganske primarne teksture se mogu podeliti u tri glavne grupe: predepozicione, sindepozicione i postdepozicione (tabela 3.2.).

Tabela 3.2. Neorganske primarne sedimentacione teksture.

Grupa	Primer
Predepoziciona (<i>interbed</i>) - pretežno eroziono poreklo	<p><i>Erozioni</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tragovi tečenja (<i>flute casts</i>) • Tragovi zaprečavanja (<i>crescent casts</i>) • Tragovi slivanja • Tragovi vrtloženja (<i>vortex casts</i>) • Uzdužne brazde i grebeni (<i>longitudinal scours</i>) • Tragovi deranja (<i>scour casts</i>) • Kupusni list • Erozioni žljebovi (<i>gutter casts</i>) • Erozioni kanali (<i>erosional channels</i>) <p><i>Tragovi predmeta (Tool marks)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tragovi vučenja (<i>groove marks</i>) • Tragovi otiranja (<i>brush casts</i>) • Tragovi zadiranja (<i>prod casts</i>) • Tragovi usecanja (<i>bounce marks</i>) • Tragovi kotrljanja (<i>skip marks</i>)
Sindepozicioni (<i>intrabed</i>) – pretežno depoziciono poreklo	<p>Masivna „slojevitost“</p> <p>Ravna slojevitost i horizontalna laminacija (<i>flat bedding and horizontal lamination</i>)</p> <p>Gradaciona slojevitost (<i>graded bedding</i>)</p>

	Kosa slojevitost i kosa laminacija (<i>cross bedding and cross lamination</i>) Riplovi (<i>ripple marks</i>) Flazer, sočivasta i talasasta laminacija (<i>flaser, lenticular and wavy lamination</i>) Reaktivirane površine (<i>reactivated surface</i>)
Postdepozicioni (deformisane <i>interbed</i> i <i>intrabed</i> strukture) – uglavnom deformacione	Tragovi utiskivanja (<i>load casts</i>) Tanjiraste (<i>dish</i>) strukture Loptaste i jastučaste strukture (<i>ball and pillow structures</i>) Konvolutna slojevitost i konvolutna laminacija (<i>convolute bedding and convolute lamination</i>) Zavaljeni nagnuti slojevi (<i>recumbent foresets</i>) Padine/Klizišta <i>Slumps and slides</i> Olistoliti i olistostrome
Ostali	Tragovi kišnih kapi (<i>rain prints</i>) Sone pseudomorfe, gliptomorfoze (<i>salt pseudomorphs</i>) Pukotine stezanja (<i>shrinkage cracks</i>) Peščani dajkovi i neptunski dajkovi (<i>sand dykes and neptunian dykes</i>)

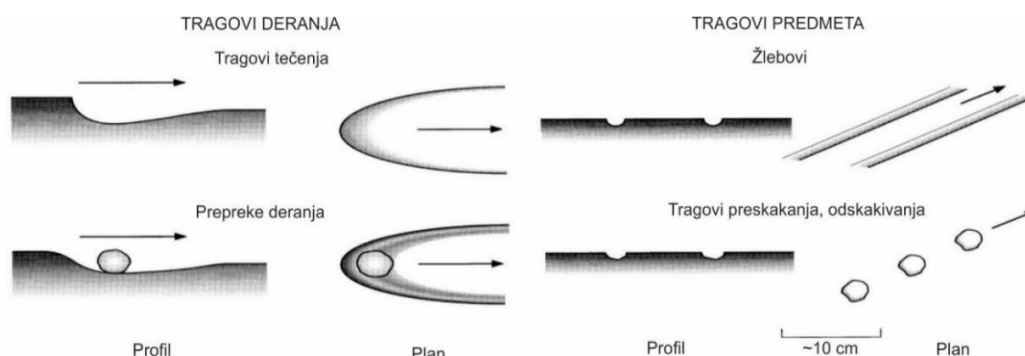
Prva grupa tekstura je predepoziciona u smislu toga što neposredno na njima dolazi do depozicije i formiranja slojeva. Teksture se pojavljuju na površinama između slojeva, nastale su uglavnom erozijom i vezane su za donju površinu slojevitosti (*bottom structures*).

Druga grupa tekstura je sindepoziciona u smislu vremena nastanka i u njih spadaju depozicioni slojni oblici kao što je kosa laminacija, kosa slojevitost i ravna slojevitost i drugi. Kako bi se izbegla genetska konotacija ova grupa se naziva i unutar slojna tekstura.

Treća grupa tekstura je postdepoziciona po vremenu nastanka. Ona uključuje deformacione oblike koji su poremetili ili remete pre i sindepozicione spoljno i unutar slojevitih tekstura.

3.2.1.1. Predepozicione sedimentne strukture

Predepozicione strukture se pojavljuju na površinama između slojeva i formiraju se pre depozicije povlatnog sloja. Većina struktura ove grupe ima eroziono poreklo. One se uglavnom sastoje od erozionih oblika kao što su erozione teksture deranja i ispunjavanja "*scour and fill*" i tragova nastalih predmetima (*tool marks*) (slika 3.2.).



Slika 3.2. Tragovi nastali turbulencijom tokova (deranje - *scour marks*) i predmeta (*tool marks*).

Prvi su vezani za eroziju nastalu turbulencijom, dok su drugi vezani za otiske nastale predmetima. Oni se ponekada kolektivno nazivaju i tragovi na donjim slojnim površinama ili *sole marks*.

Erozioni tragovi nastali tokovima

Ovi tragovi predstavljaju teksturne oblike nastale pre depozicije povlatnog sloja usled erozije snage turbiditnih slojeva. Kod ovih oblika razlikujemo konkavna udubljenja koja predstavljaju kalupe i konveksne oblike koji predstavljaju otiske pomenutih oblika. Najznačajniji su tragovi tečenja (*flute casts*), tragovi zaprečavanja (*crescent casts*), tragovi slivanja, tragovi vrtloženja (*vortex casts*), uzdužne brazde i grebeni (*longitudinal scours*), tragovi deranja (*scour casts*), kupusni list, erozioni kanali (*erosional channels*), erozioni žljebovi (*gutter casts*).

Tragovi tečenja (*flute casts*)

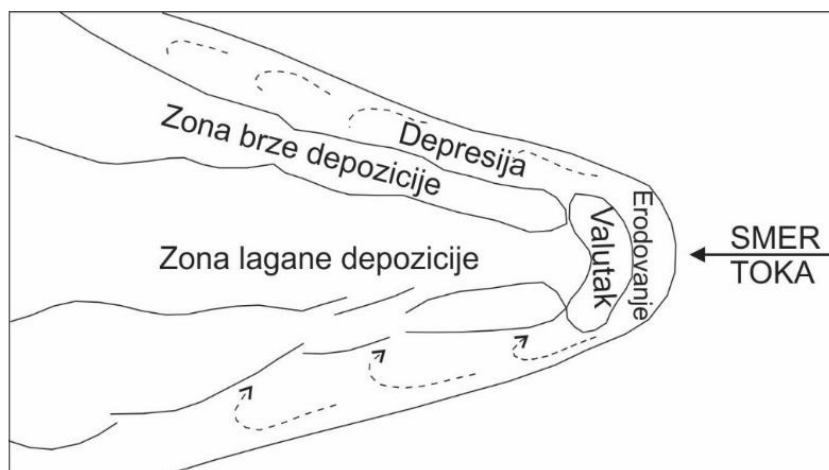
Ovi tragovi nastaju pod uticajem snažne struje vodenog toka, imaju jezičasti oblik i javljaju se isključivo na donjoj površi slojevitosti (slika 3.3.). Uzani izraženi ulazni kraj je okrenut u pravcu dolaska toka, dok je izlazni širok i postepeno se gubi. Veličine su 5-10 cm, širine 0,5-5 cm. Mogu imati različiti oblik – jezičasti, vretenasti, svrdlasti, trouglasti, potkovičasti i dr.



Slika 3.3. Tragovi tečenja na donjoj površini siliciklastičnog turbiditnog sloja Cloridorme formacija, Kanada (Enos, 1976). Turbiditna struja se kretala sa leva na desno.

Tragovi zaprečavanja (*crescent casts*)

Ovi tragovi predstavljaju potkovičaste ili poluelipsaste izbočine koja na njenoj sredini imaju udubljenje koja predstavljaju negativ kalupa nekog predmeta oko koga je struja erodovala muljeviti talog (slika 3.4.). Ovaj predmet je obično valutica ili ostatak školjke.



Slika 3.4. Otisak tragova zaprečavanja toka, Collinson and Thompson, 1982.

Tragovi slivanja

Ovi tragovi predstavljeni su plitkim razgranatim ispupčenjima „brazdama slivanja“ koje se najčešće granaju u smeru toka, a pojedine vrste podsećaju na tragove tečenja (slika 3.5.). Imaju milimetarske dimenzije (pretežno oko 5 mm) i nastaju erozionim delovanjem turbidnog toka, ali i u peskovima plaža.



Slika 3.5. Tragovi slivanja na gornjoj površini mikritskog krečnjaka, Gajić, 2014.

Tragovi vrtloženja (vortex casts)

Predstavljaju spiralna ispupčenja (6-20 cm) na donjoj površini pešćara koja na završnom spiralnom kraju liče na kućice puževa. Udubljenja se odmah zapunjavaju tako da u poprečnom preseku imaju izraženu gradacionu slojevitost. Predstavljaju dobre pokazatelje smera paleotransporta i hidrodinamičkih uslova.

Tragovi uzdužne brazde i grebena (*longitudinal scours*)

Predstavljeni su skupom zbijenih kontinuiranih grebena nastalih ispunjavanjem brazdi usečenih na muljevitom dnu deranjem dna istosmernim strujama. Ovi grebeni imaju oblik asimetričnih izbočina koje sadrže nizove malih tragova tečenja. Grebeni po pravilu imaju veće dimenzije od brazdi.

Tragovi deranja (*scour marks*)

Ovi tragovi predstavljaju erozione teksture koje su slične erozionim kanalima, ali imaju manje dimenzije – uglavnom decimetarske koje se pojavljuju u različitim sredinama. Nastali su kratkotrajnim erozionim događajima i najčešće su vrlo brzo zapunjene (*scour and fill structures*, slika 3.6.).



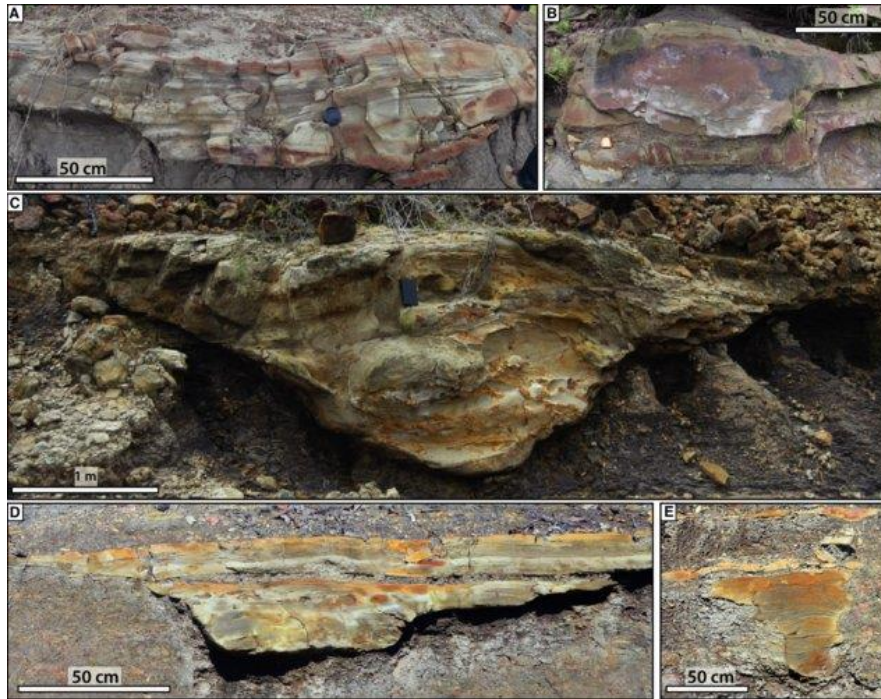
Slika 3.6. Tekstura deranja i ispunjavanja jedinica 1 i 2 (unit 1, 2) usečene upravno na pravac paleotoka. Uočljiva je nepravilna površina teksture deranja (*scour*) u podini podjedinice 1 (subunit 1) koja ukazuje na kašikastu geometriju jedinice 1 (Slootman et al., 2017).

Kupusni list

Redak oblik koji podseća na list kupusa i ima dimenzije do 1 metra. Postoji veći broj objašnjenja geneze ovog oblika.

Erozioni žljebovi (*gutter casts*)

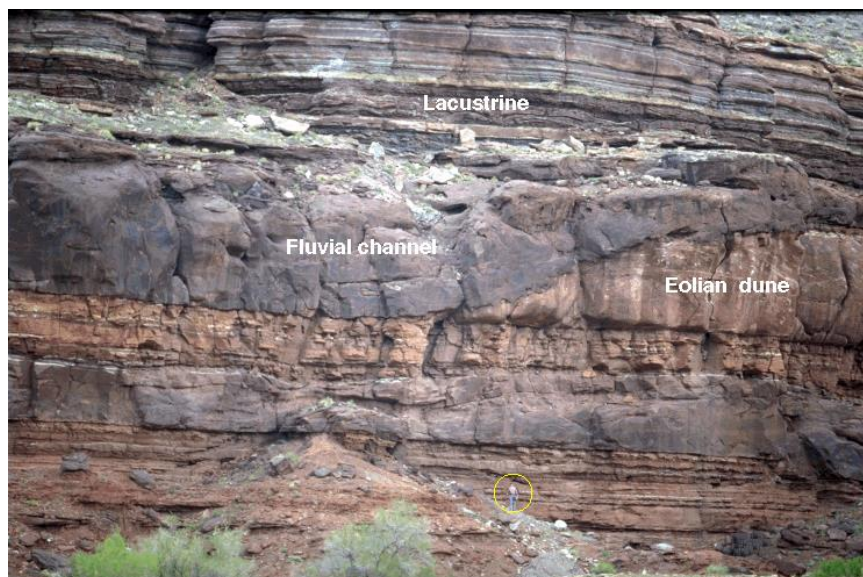
Izolovani i granasti izduženi grebeni koji u poprečnom preseku imaju oblik slova U ili V u donjem delu povlatnog sloja ili na kontaktu donjeg sitnozrnijeg i gornjeg krupnozrnijeg sloja (slika 3.7.). Obično nastaju na muljevitim plimatskim ravninama, ali mogu nastati i u ispod plimatskim sredinama i ispod granice talasa u toku lepog vremena u olujnim sedimentima – tempestitima (Tucker and Wright, 1990).



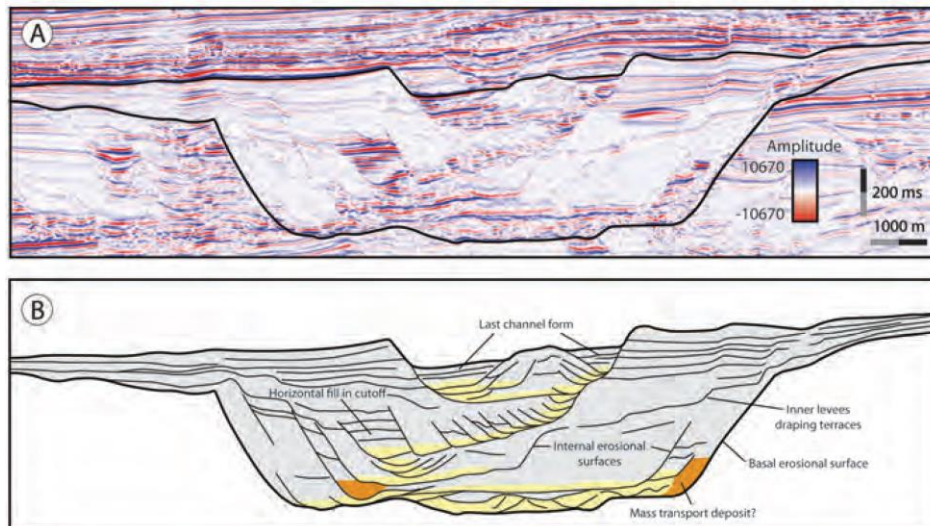
Slika 3.7. Erozioni žljebovi Belait formacije, severozapadni Borneo, Collins et al., 2017.

Erozioni kanali (erosional chanells)

Poseban značaj među erozionim teksturama zauzimaju erozioni kanali (slika 3.8. i 3.9.) usled svog ekonomskog potencijala obzirom da predstavljaju značajne rezervoare ugljovodonika, vode kao i građevinskog kamena i mineralnih resursa. Oni mogu biti široki više kilometara i duboki više stotina metara. Pojavljuju se u gotovo svim sredinama od kopnenih aluvijalnih ravnica do podmorskih kontinentalnih margina, a najčešći su u fluvijalnim i deltnim sredinama.



Slika 3.8. Fluvijalni kanal (fluvial channel) usečen u eolske pešcare (eolian dune) pokriven jezerskim (lacustrine) sedimentima, Perm, Juta, SAD. Pogledaj žuti krug za razmeru.



Slika 3.9. Seizmički profil ultravisoke rezolucije na kome se vidi više struktura kanala, A- neinterpretiran seizmički profil, B – interpretiran profil, Covault et al., 2016.

Erozioni kanali se usecaju u slojne površi i lamine u podinskim sedimentima. Generalno su ispunjeni krupnijim sedimentima od njihovih bočnih ekvivalenata. Često su predstavljali puteve kretanja vode i sedimenta u dužem vremenskom interval pa su stoga dobar pokazatelj pravca paleotransporta.

Tragovi predmeta (tool marks)

Tragovi predmeta nastali su od strane raznih predmeta nošenih tokovima. U zavisnosti od vrste nošenog predmeta, načina transporta i prirode dna basena tragovi predmeta mogu formirati: otiske tragova vučenja (*groove marks*), otiranja (*brush casts*), zadiranja (*prod casts*), usecanja (*bounce marks*) i kotrljanja (*skip marks*) (slika 3.10.).



Slika 3.10. Tragovi vučenja (levo), tragovi zadiranja i usecanja (desno), Vaziri, 2011.

Ovo su strukture na donjoj strani sloja i mogu se pripisati različitim predmetima nošenim vodotokovima. To su erozioni oblici usečeni u mekano muljevito dno koji imaju izuzetno nepravilno pojavljivanje i u planu i u profilu, iako su grubo orijentisani paralelno paleostruji. U idealnim uslovima moguće je naći objekat koji je napravio ove tragove na samom kraju struje.

Tragovi vučenja (groove marks)

Predstavljaju tanke, dugačke linerane izbočine dužine od nekoliko decimetara do nekoliko metara, širine od desetine milimetara do više centimetara i visine nekoliko milimetara (slika 3.11.) koji ponegde prelaze u peraste tragove vučenja. Nastaju ispunjavanjem udubljenja nastalih oštrim predmetima na glinovitom dnu peskom ili alevrolitom.



Slika 3.11. Tragovi vučenja (groove marks) nastali u šejlu koji su kasnije zapunjeni turbiditnim peskom, Džulyński and Walton, 1965.

Tragovi otiranja (brush casts)

Tragovi otiranja su predstavljeni izduženim plitkim depresijama okrenutim u pravcu toka. Ulazni deo je tanji i slabije izražen od dubljeg izlaznog. Izduženi predmet nošen turbulentnim tokom je obično iskošen u pravcu toka tako da ovi tragovi spadaju u direkcione i polarne teksture.

Tragovi zadiranja (prod casts)

Ovo su kratka i uska asimetrična ispupčenja na donjoj slojnoj površini pešcara (slika 3.10.). Ulazni kraj je tanak i slabije izražen, dok izlazni ima široki oštri završetak tako da podseća na klin. Tragovi imaju male dimenzije – dužinu od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, a visinu i širinu nekoliko milimetara. Na osnovu orijentacije deblje i šire prednje strane mogu služiti kao direkcione polarne teksture.

Tragovi usecanja (bounce marks)

Tragovi usecanja su kratka, polusočivasta linearna ispupčenja centimetarskih dimenzija sa obično nešto debljim izlaznim krajem (slika 3.10.). Nastaju ispunjavanjem udubljenja na muljevitom dnu koje je nastalo usecanjem nekog predmeta nošenog tokom. Uglavnom je reč o direkcionalnoj nepolarnoj teksturi osim kada se jasno uočava deblji izlazni kraj.

Tragovi kotrljanja (skip marks)

Ovo su retki kratki ispušćeni oblici na donjoj površini sloja nastali ispunjavanjem udubljenja stvorenih kotrljanim predmetom (riblji pršljen, ljuštura organizma) koji je nošen turbiditnim tokovima. Tragovi kotrljanja spadaju u direkciono nepolarane teksture.

3.2.1.2. Sindepozicione međuslojne sedimentacione strukture

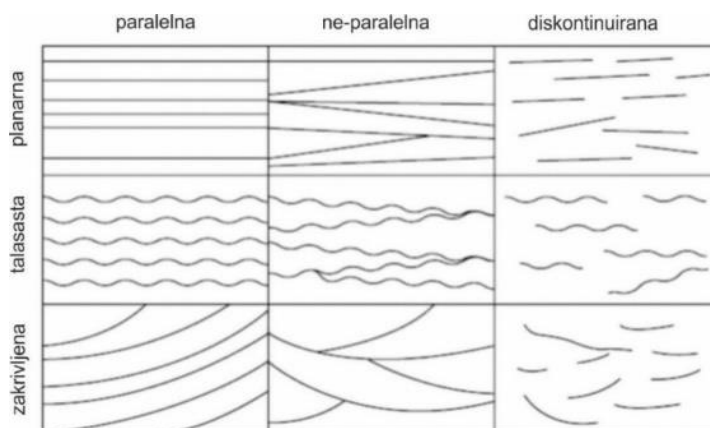
Sindepozicione strukture nastaju tokom sedimentacije i u osnovi predstavljaju konstruktivne strukture koje se nalaze unutar slojeva sedimentnih stena. Eksterna slojevitost, stratifikacija, ili deponovanje je verovatno najosnovniji i najznačajniji dijagnostički oblik sedimentnih stena. Slojevitost nastaje usled vertikalne diferencijacije u litologiji, veličini zrna i ređe od oblika zrna, „pakovanja“ i orijentacije. Nepisano pravilo kaže da se slojevi međusobno razlikuju na osnovu litoloških promena.

Slojevitost i laminacija određuju stratifikaciju. Debljina jednog sloja je rastojanje od jedne mehaničke površine slojevitosti do druge odnosno od povlatnog do podinskog sloja. Sloj ima debljinu veću od 1 cm dok je lamina tanja od 1 cm (tabela 3.3.). Slojevitost je sačinjena od više slojeva, a laminacija od lamina.

Tabela 3. 3. Podela slojevitosti po McKee i Weir 1953.

Naziv	Debljina (cm)
Vrlo debeli	Više od 120
Debeli	60-100
Tanki	5-60
Vrlo tanki	1-5
Lamine	0,2-1
Tanke lamine	Manje od 0,2

Slojevi se razlikuju i po obliku i definišu se kao planarni, talasasti i zakrivljeni tipovi i mogu biti među sobom paralelni, neparalelni i diskontinuirani (slika 3.12.).



Slika 3.12. Različiti tipovi slojevitosti i laminacije.

Sinsedimentacione međuslojne teksture (interna slojevitost) se dele na sledeće kategorije: masivnu „slojevitost“, ravnu slojevitost i horizontalnu laminaciju,

gradacionu slojevitost, kosu slojevitost, riplove i kosu laminaciju, flazer, talasastu i sočivastu slojevitost i reaktivirane površine.

Masivna „slojevitost“ (massive bedding)

Očigledno odsustvo bilo kakvog oblika sedimentacionih struktura je konstatovano u raznim tipovima sedimenata iz različitih razloga. Slojevi mogu biti masivni usled dijageneze što je posebno karakteristično za određene krečnjake i dolomite koji su jako rekristalisani. Prava depoziciona masivna „slojevitost“ se često viđa u fino-zrnim sedimentima (slika 3.13.), deponovanim u sredinama male energije, bez promena u vreme taloženja kao što su glinci, laporci, kreda i kalklutiti. Nedostatak slojevitosti je takođe prisutan u stenama koje izgrađuju sprudove (biolititima), dok je u pešćarima masivna slojevitost retka.



Slika 3.13. Masivna slojevitost, ima homogeni izgled bez ikakvih internih tekstura, Grand Canyon.

Ravna slojevitost i horizontalna laminacija (flat-bedding and horizontal lamination)

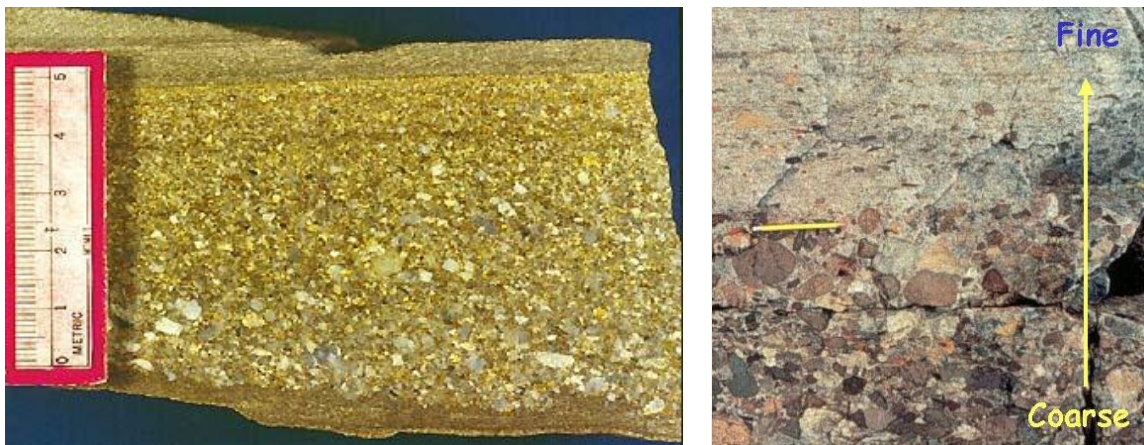
Jedna od najjednostavnijih međuslojnih struktura je ravna ili horizontalna slojevitost (slika 3.14.). Kao što samo ime kaže glavna slojevitost je paralelna i slojevi su generalno horizontalno deponovani. Ravna slojevitost se pojavljuje u različitim sedimentacionim sredinama od fluvijalnih kanala do plaža i čela delte. Peskovi deponovani pod ovim uslovima su organizovani duž duže ose, a zrna se nalaze paralelno sa pravcem toka. Paralelna (takođe se naziva i planarna ili horizontalna) laminacija je česta unutrašnja struktura slojeva.



Slika 3.14. Ravna slojevitost muljaca i peščara u Chapman's Peak Drive južno od of Cape Town, Južna Afrika.

Gradaciona slojevitost (graded bedding)

Gradaciona slojevitost je osobena po vertikalnim promenama u veličini zrna. Normalna gradacija je obeležena smanjenjem veličine zrna idući na gore (slika 3.15.), dok je reversna obeležena povećanjem veličine zrna idući na više. Gradaciona slojevitost nastaje tako što se sedimenti istiskuju iz suspenzije obično tokom faze slabljenja turbidnog toka. Iako je donji deo gradacionog sloja obično masivan, gornji deo može imati Bouma sekvencu.

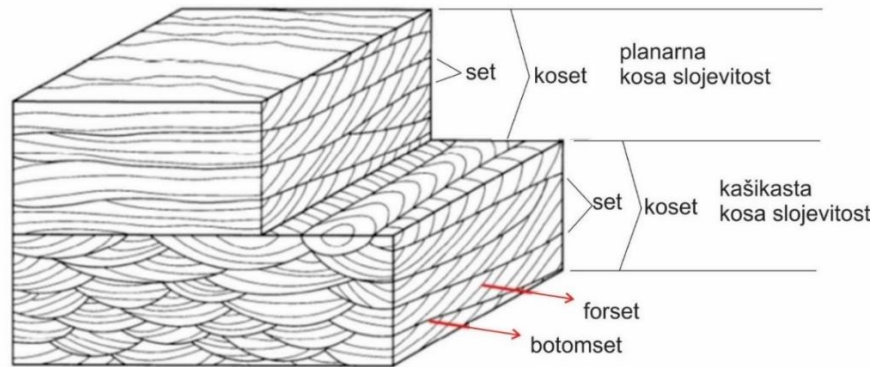


Slika 3.15. Normalna gradaciona slojevitost, krupnozrna (coarse) u donjem delu, finozrna (fine) u gornjem delu.

Kosa slojevitost (cross-bedding) i kosa laminacija (cross lamination)

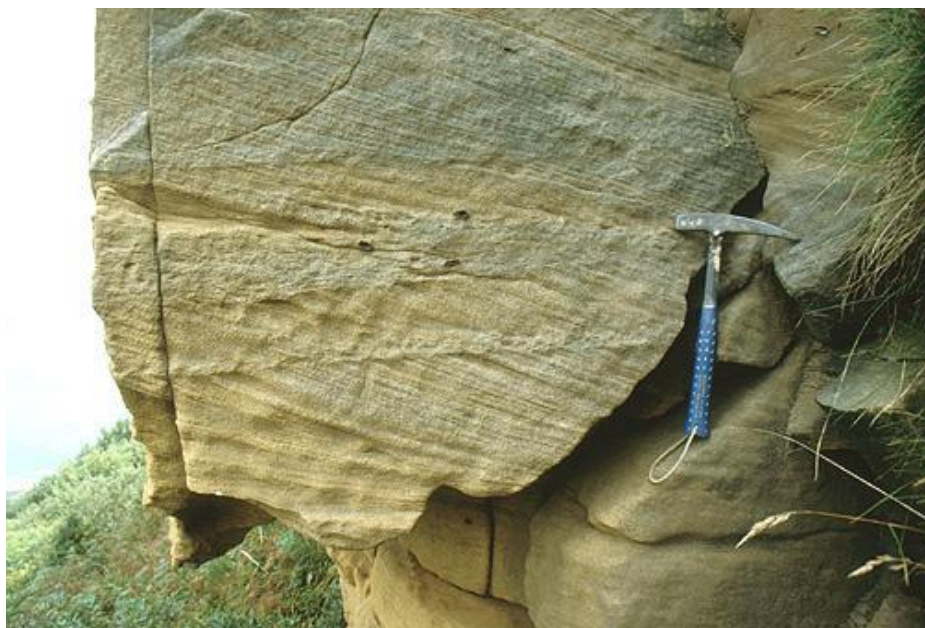
Ovo su jedne od najčešćih i najznačajnijih sedimentacionih struktura. Sastoje se od nagnutih slojeva koji su okruženi subhorizontalnim površinama. Svaka od ovih jedinica se naziva set, a vertikalni uporedni setovi se nazivaju koset (slika 3.16.).

Nagnuta slojevitost se naziva i forset (*foreset*). Forset može gradirati naniže sa padom padnog ugla u botom ili toset (*bottomset* ili *toeset*) (slika 3.16.). Kosa slojevitost se obično nalazi u arenitima, oolitičnim krečnjacima i nekim tipovima klastičnih krečnjaka.



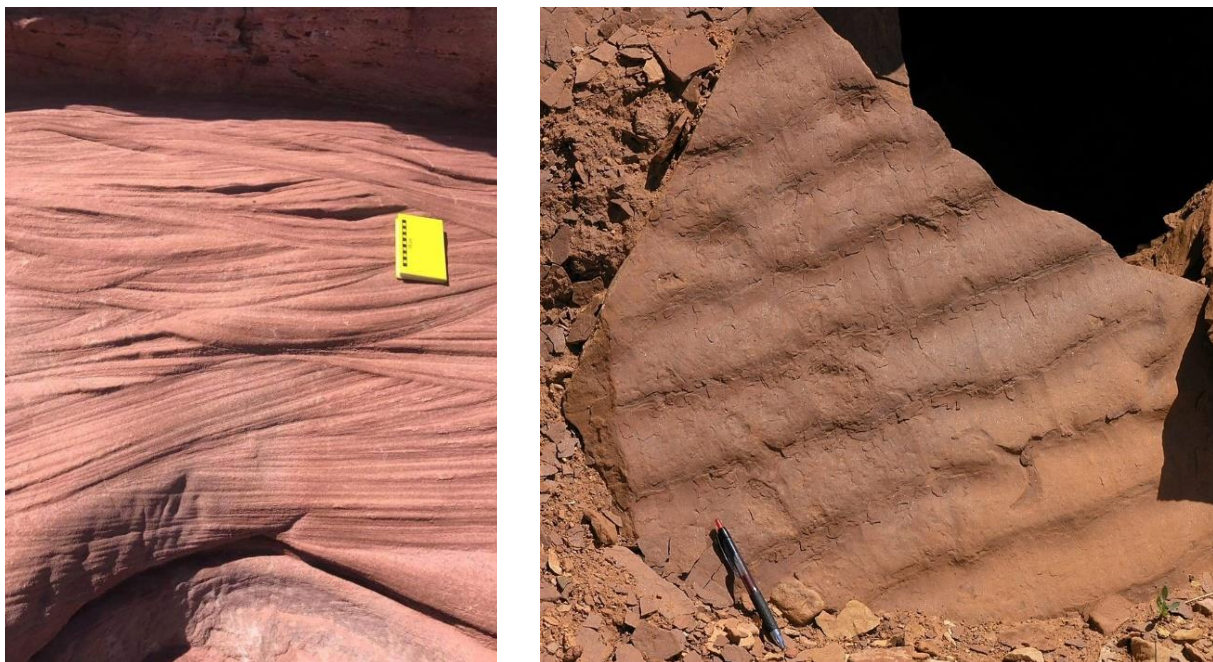
Slika 3.16. Planarna (tabularna) i koritasta (trog) kosa slojevitost.

U osnovi, dva glavna tipa kose slojevitosti mogu se definisati na osnovu geometrije forseta i njihovih graničnih površina – planarna ili tabularna kosa slojevitost (*planar cross-bedding*) i koritasta-kašikasta kosa slojevitost (*trough cross-bedding*). U planarnoj kosoj slojevitosti, planarni forseti su iznad i ispod ograničeni subparalelnim subhorizontalnim setom granica (slika 3.17.).



Slika 3.17. Planarna kosa slojevitost, Navajo peščari.

U koritastoj kosoj slojevitosti granične površine setova kosih lamina su povijene, koritaste i imaju konkavni oblik (slika 3.18.). U odnosu na debljinu kosa slojevitost može biti malih dimenzija (*small-scale cross-bedding*) sa veličinom pojedinih jedinica od nekoliko mm do najviše 5 cm i velikih dimenzija (*large-scale cross-bedding*) sa debljinom od 5 cm do više od 1-2 m. Kosa slojevitost malih dimenzija obično pripada koritastom, ali i planarnom tipu kose slojevitosti.



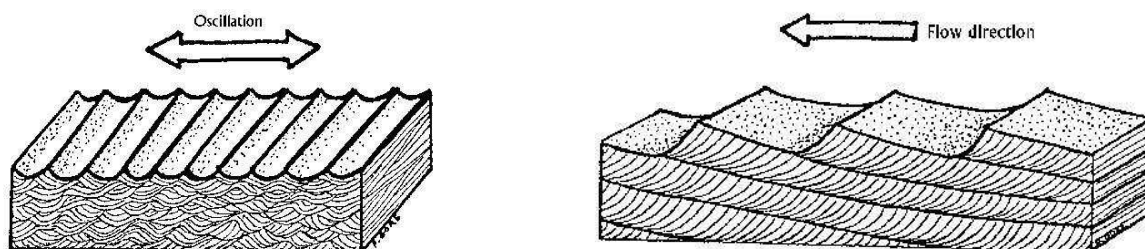
Slika 3.18. Koritasta kosa slojevitost u Cala Viola crvenim slojevima u SZ Sardiniji, Costamagna, 2011, (levo), strukture riplova u pešćarima Moenkopi formacije, Capitol Reef nacionalni park, Juta, SAD (desno).

Migrirajući riplovi formiraju kososlojevite sedimente (kosa laminacija). Pojedinačni dostižu debljinu od 2-3 cm za razliku od kose slojevitosti koja obično ima debljinu veću od 50 cm.

Riplovi (ripple marks)

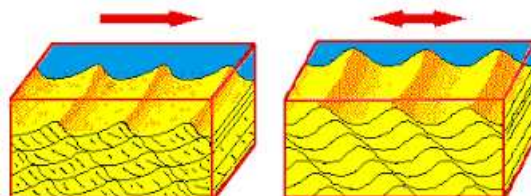
Riplovi su talasasti slojevi (slika 3.18.) koji se pojavljuju u fino-zrnim peskovima usled nežnih tracionih struja. Za razliku od većine prethodnih oni su vezani za gornju površinu slojevitosti. Pojavljuju se u grupama i zauzimaju velike površine.

U poprečnom preseku riplovi se mogu podeliti na simetrične i asimetrične. Simetrični riplovi (slika 3.19. a) koji se nazivaju i vrtložni (*vortex*) riplovi obično nastaju u plitkoj vodi kružnim kretanjem talasa. Asimetrični riplovi (slika 3.19. b) za razliku od simetričnih pokazuju jasnu naznačenu stranu sa malim padnim uglom i onu sa strmim padnim uglom. Interno su koso laminirani sa kosim konkordantnim laminama na zavetrenoj strani. Ovi riplovi su dobar pokazatelj smera paleotransporta obzirom da se strmija padina ripla uvek nalazi na zaklonjenoj strani.



Slika 3.19. Simetrične ripl teksture nastale uticajem talasa (a) i asimetrične ripl teksture koje ukazuju na pravac toka (b).

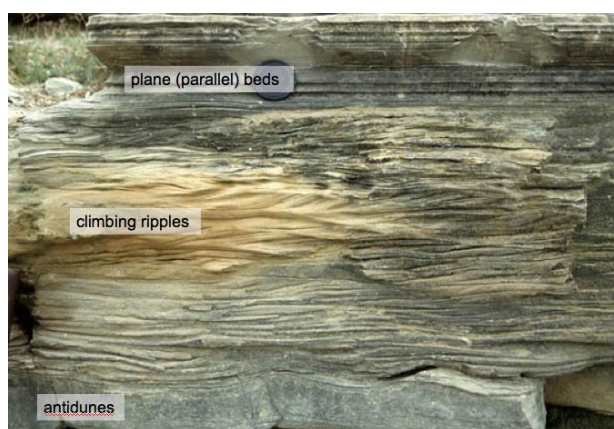
Karakteristični oblici riplova zavise od brzine struja, veličine čestica, očuvanja (perzistentnosti) pravca struje i da li je fluid vazduh ili voda. Po mestu postanka riplovi se dele na talasaste (*wave ripple marks*) i strujne (*current ripple marks*), (slika 3.20.).



Slika 3.20. Riplovi nastali strujama (levo) i talasima (talasima).

Talasasti riplovi (*wave-ripple marks*) najčešće se nalaze u plimatskim ravninama (*tidal flats*), prednjem žalu (*foreshore*) ili plimatskoj zoni (*intertidal*). Takođe, česti su na jezerskim plažama, lagunama, potopljenom žalu (*shoreface*) ili potplimnoj zoni (*subtidal*) i jezerima, a ređe se javljaju na muljevitoj i peščanom šelfu, morskim humcima (*seamounts*) i rečnim sredinama. Strujni riplovi (*current-ripple marks*) nastaju premeštanjem peska jednosmernim vodenim strujama ili tokovima, odnosno strujama koje se duže kreću samo u jednom smeru kao recimo plima i oseka.

Prema dimenzijama i morfologiji strujni riplovi se dele na: male (*small-current ripples*) do 30 cm, megariplove (*megacurrent ripples*) od 30 cm do 30 m, džinovske (*giant-current ripples*) dužine veće od 30 m sve do 1000 m i antidine (*antidunes*). Mali strujni riplovi se nalaze u rečnim sredinama, plimatskim ravninama, plimatskim kanalima i rukavcima (*tidal channel and inlet*), jezerskim plažama, u gornjem delu potopljenog žala, na zadnjem i prednjem žalu (*backshore, foreshore*), peščanom šelfu, morskim humcima, u dubokom moru i turbiditima. Megariplovi nastaju u sredinama nešto više energije – najčešće rečne sredine, plimni kanali i rukavci, često plimatske ravnice, zadnje i prednje žalo, gornji deo potopljenog žala i peščani šelf. Džinovski riplovi se nalaze u dubljim sredinama plitkih mora i velikih reka. Antidine (slika 3.21.) se uglavnom nalaze samo na zadnjem i prednjem žalu, a znatno ređe u plimatskim ravninama, jezerskim plažama i rečnim sredinama i turbiditima.

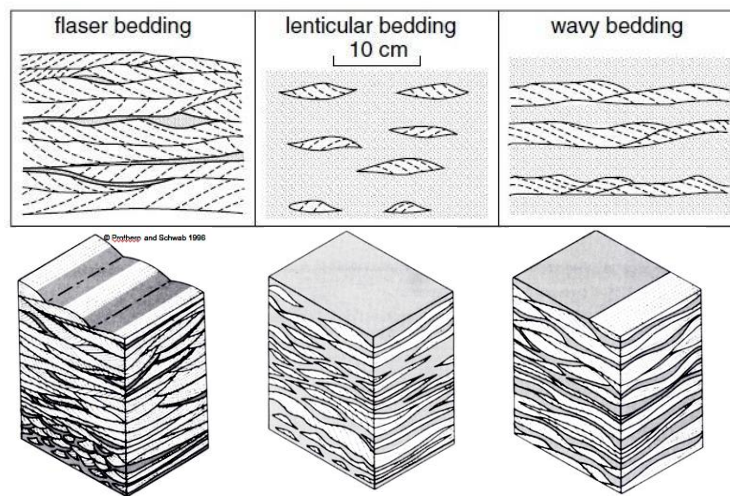


Slika 3.21. Profil na kome se u donjem delu nalaze antidine (*antidunes*) prekrivene uzlaznim riplovima (*climbing ripples*). Ovi sedimenti su u gornjem delu pokriveni paralelnim slojevima (*plane parallel beds*).

U plitkovodnoj sredini mogu nastati riplovi koji su kombinacija jednosmerne (plima, oseke) i oscilatorne struje (talasi). Među njima razlikujemo dva tipa – uzdužne kombinovane (*longitudinal combined current/wave ripples*) i poprečne kombinovane (*transverse combined current/wave ripples*) riplove.

Flazer, sočivasta i talasasta slojevitost (*flaser, lenticular and wavy bedding*)

Ovi tipovi slojevitosti imaju veliki značaj za rekonstrukciju i interpretaciju uslova i hidrodinamičkog režima depozicione sredine (slika 3.22.). Postepeni prelazi iz flazer u talasastu i sočivastu slojevitost ukazuju na opadanje energije vode dok obrnut slučaj ukazuje na povećanje energije.



Slika 3.22. Skica flazer (*flaser bedding*), sočivaste (*lenticular bedding*) i talasaste slojevitosti (*wave bedding*).

Flazer slojevitost (flaser bedding)

Flazer slojevitost se javlja na mestima gde koso laminirani peščari imaju uplive muljca obično na mestima uvale (udoline) ripla (slika 3.23.). Ovo su uobičajene forme u sredinama relativno velike energije (peskovite ravnice – *sand flats*) i imaju dobro sačuvana sočiva peska utisnuta u muljevite slojeve. Nastali su tako što se tokom jačeg strujanja vode pesak deponuje u obliku talasastih i strujnih riplova, a u vreme niske energije vode u udolinama riplova taloži se mulj.



Slika 3.23. Flazer slojevitost, dominantno peščari sa izolovanim tankim muljcima, Martin, 2000.

Talasasta slojevitost (wavy bedding)

Ova slojevitost je povezana sa flazer laminacijom i osobena po izmenama proslojaka peščanih sedimenata sa riplovima i glinovito pelitskih sedimenata. Za razliku od flazer laminacije, glinovito pelitski sedimenti iznad peska su kontinuirani, a peščarski talasasti slojevi su međusobno odvojeni glinovitim ili pelitskim slojem (slika 3.24.). Oblici talasaste slojevitosti su uobičajeni u sredinama gde dolazi do česte izmene jake i slabe energije (mešane ravnice).



Slika 3.24. Talasasta slojevitost, izmena kontinuiranih muljaca i riplova, Pebble Beach formacija, Novi Južni Vels.

Sočivasta slojevitost (lenticular bedding)

Ovaj tip slojevitosti je osoben po pojedinačnim, međusobno bočno i vertikalno nepovezanim sočivima peščara unutar glinovito-alevrolitskih sedimenata (slika 3.25.). Predstavljaju česte forme u relativno nisko energetskim sredinama.

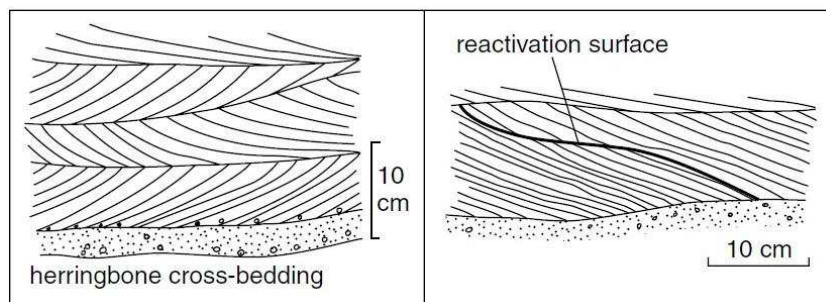


Slika 3.25. Sočivasta slojevitost, dominantno muljci sa izolovanim riplovima u pensilvanijskim sedimentima u Kentakiju.

Reaktivirane površine (reactivation surface)

Na nekim setovima kososlojevitih slojeva pažljivim posmatranjem može se uočiti prisustvo erozionih površina koje dužno seku kose slojeve (slika 3.26.). Ove reaktivirane površine predstavljaju kratkotrajne promene u uslovima tečenja što je

dovelo do promene u obliku izgleda slojeva. Najznačajnije reaktivirane površine su one koje formiraju plimatsku kosu slojevitost i slojevitosti koje nastaju delovanjem oluje (najznačajnije su brežuljkasta i dolinasta kosa slojevitost).



Slika 3.26. Kosa slojevitost riblje kosti (levo) i reaktivirana površina (desno).

Plimatska kosa slojevitost (Tidal cross-bedding)

Postoji nekoliko oblika kose slojevitosti koji ukazuju na depoziciju plimatskim strujama. Kosa slojevitost riblje kosti (*herringbone cross stratification*) ukazuje na bipolarnu slojevitost gde je tonjenje susednih setova kosih slojeva orijentisano u različitim pravcima (slika 3.27. i 3.28.). Kosa slojevitost riblje kosti je nastala promenama struja i formira dine i peskovite talase koji menjaju smer migracije.

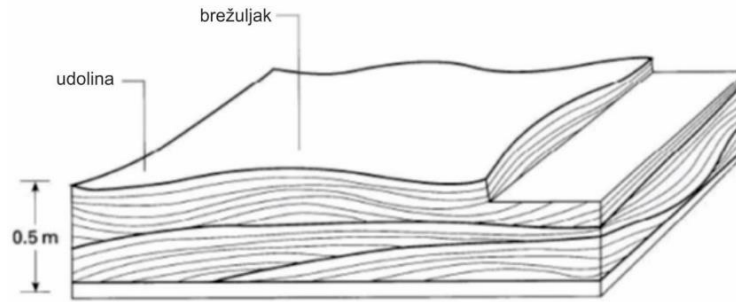


Slika 3.27. Kosa slojevitost riblje kosti u kvarcnim peščarima Mazomanie Formacije, gornji kambrijum, Lookout Point, Minesota, SAD.

Slojevitost oluja (Storm bedding)

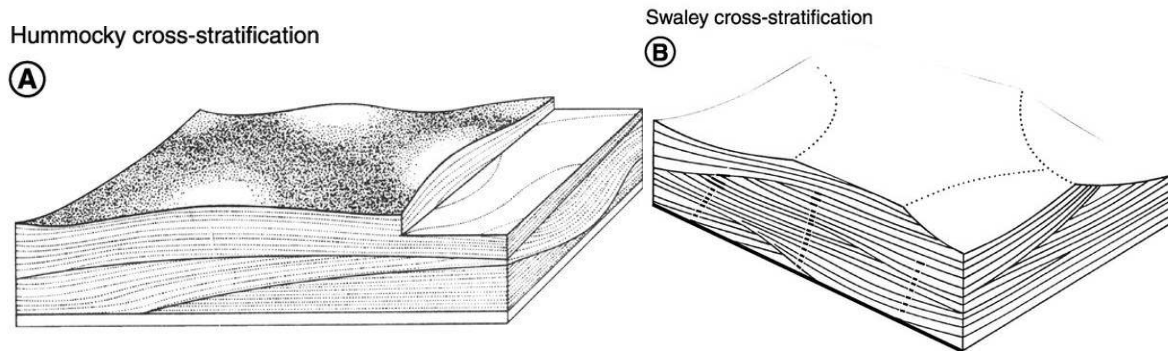
Brežuljkasta kosa stratifikacija (*hummocky cross-stratification*, HCS) i dolinasta kosa slojevitost (*swaley cross-stratification*, SCS) su dva posebna tipa kose slojevitosti u peskovitim sedimentima za koje se smatra da nastaju olujnim talasima i depozicijom na otvorenoj obali (*outer shoreface*) i prelaznoj zoni između zone umerenih talasa i zone olujnih talasa.

HCS je obeležena blago talasastom kosom laminacijom pod malim uglom (<10–15°) sa konveksnim gornjim delom brega i konkavnim donjim delom udoline (*swale*) (slika 3.28.). Razmak između brežuljaka je nekoliko desetina centimetara do 1 m ili više i u planu ima izgled dome.



Slika 3.28. Brežuljkasta kosa stratifikacija.

HCS nastaje u plitkomorskim šelfnim peskovima ispod nivoa talasa tokom lepog vremena (dubina 5-20 m, slika 3.29. A). Kod SCS očuvani su uglavnom konkavni ili dolinasti oblici dok su konveksni erodovani morskim strujama (slika 3.29. B). Ovakva tekstura se nalazi u morskim pešćanim i krečnjačkim sedimentima obala/plaža ili potopljenog žala odnosno potplimnoj zoni.



Slika 3.29. Brežuljkasta kosa slojevitost (hummocky cross-stratification - HCS) A, dolinasta kosa slojevitost (swaley cross-stratification - SCS) B.

3.2.1.3. Postdepozicione sedimentacione tekture

Treća glavna grupa sedimentacionih struktura predstavlja rezultat deformacija prvobitnih struktura. One se mogu nazvati i postdepozicione zato što su nastale nakon deponovanja sedimenata. Na osnovu pravca pojavljivanja dele se na uglavnom vertikalne i uglavnom horizontalne strukture (tabela 3.4.).

Tabela 3.4. Podela postdepozicionih sedimentacionih tekstura.

Pravac pojavljivanja	Struktura	Priroda deformacija
Uglavnom vertikalnan	Tragovi utiskivanja (<i>load casts</i>) Tanjiraste (<i>dish</i>) strukture Loptaste i jastučaste strukture (<i>ball and pillow structures</i>) Konvolutna slojevitost i konvolutna laminacija (<i>convolute bedding and convolute lamination</i>) Zavaljeni nagnuti slojevi (<i>recumbent foresets</i>)	Plastična (<i>ductile</i>) - sedimentima nedostaje sposobnost smicanja

Uglavnom horizontalna	Padine/Klizišta <i>Slides</i> Olistoliti i olistostrome	<i>Slumps and</i> Krta (<i>brittle</i>) - sedimenti imaju sposobnost smicanja
-----------------------	---	--

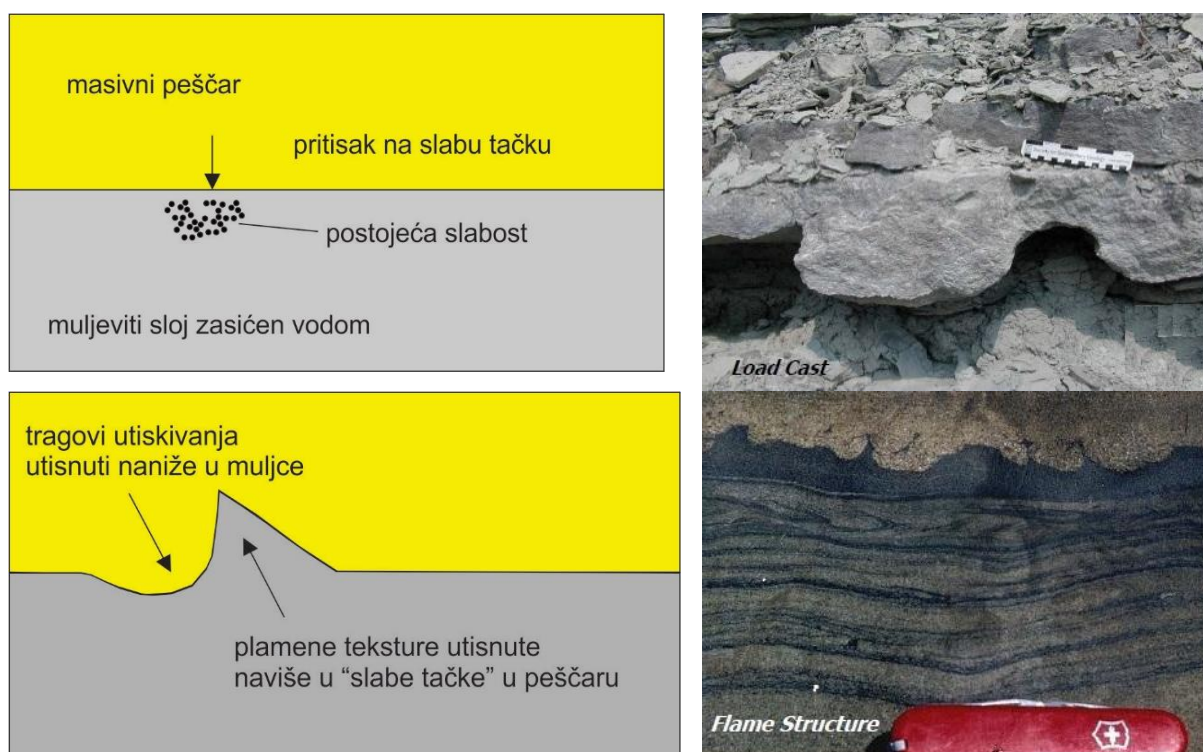
Vertikalne plastične deformacije strukture

Deformacije strukture koje uključuju vertikalna plastična kretanja sedimenata se dele na dva glavna tipa. Jedan se pojavljuje unutar pešarskih slojeva i može se relativno povezati sa strukturama „živog“ peska, dok se strukture druge grupe razvijaju na međuslojnim površinama peska koji prekriva mulj.

Površina kontakta mulj-pesak je često deformisana na različite načine. Najčešće su to nepravilno zaobljene kugle peska u koje spadaju tragovi utiskivanja (*load casts*), zdelaste strukture (*dish structures*), loptaste i jastučaste strukture (*ball and pillow structures*) itd. One predstavljaju različite oblike velike grupe struktura koje se nazivaju podinski otisci (*sole markings*) ili strukture vezane za donju površ slojevitosti (*bottom structures*).

Tragovi utiskivanja – *load casts*

Tragovi utiskivanja predstavljaju grudvasta i kvrgava, ispuččenja očuvana na donjoj strani peskovitog sloja koji pokrivaju muljeve (slika 3.30.). Nastaju nejednakim utiskivanjem delova povlatnog peskovitog delimično očvrsllog sedimenta u vodom natopljeni mekani glinoviti i muljeviti sloj. Ovaj tip strukture je često povezan sa turbiditima i predstavljen tankim slojem krupnozrnijih sedimenata u gornjem delu.



Slika 3.30. Tragovi utiskivanja (*load cast*) i plamene teksture (*flame structure*).

Zdelaste teksture (dish structures)

Ove teksture se sastoje od lamina koje su blago konkavne naviše, generalno dužine nekoliko centimetara i mogu biti odvojene bezstrukturnim zonama – stubovima (*pillars*) (slika 3.31.). Zdelaste ili zdelaste i stubaste teksture formiraju se kretanjem vode bočno i naviše (*water escape structures*) kroz sedimente pod uticajem pornog pritiska. Zdelaste strukture su uobičajene u turbiditima koji su nastali strujama velike gustine. Kod zdelaste teksture rubovi prvobitno horizontalne lamine usled strujanja istisnute vode se povijaju u smeru strujanja tako da se formira konkavni – zdelasti oblik.



Slika 3.31. Zdelasta tekstura i stubasta tekstura deltnih sedimenata kredne starosti u Vajomingu, SAD, Carvajal i Steel, 2006.

Loptaste i jastučaste teksture (ball and pillow structures)

Kao rezultat težine sedimenata, slojevi, obično peskovi mogu potonuti u podinske muljeve i formirati diskretne oblike takozvane loptaste i jastučaste teksture (slika 3.32.). One nastaju kada peščani sloj pri utiskivanju u podinski muljeviti sloj biva raskinut u više jastučastih elipsoidnih tela veličine od nekoliko cm do nekoliko m. Ove teksture se mogu pronaći i u plitkomorskim (plimatskim) i dubokomorskim (turbiditnim) sedimentima.



Slika 3.32. Loptaste i jastučaste strukture, Graafwater formacija, Cape Town, Južno Afrička republika.

Konvolutna – vijugava slojevitost i konvolutna laminacija (convolute bedding and convolute lamination)

Teksture „živog“ peska uključuju deformacije svih slojeva peska sve do više od metra debljine (slika 3.33.). Ovakve teksture se kolokvijalno nazivaju konvoluciona slojevitost. Konvolucija je najbolje i najčešće razvijena u sitnozrnim peskovitim i alevrolitičnim sedimentima, posebno u intervalu Tc Boumine turbiditne sekvence. Odlika ove teksture su vijugave, ubrane lamine unutar sloja.



Slika 3.33. Konvoluciona slojevitost nastala istiskivanjem porne vode iz slabo vezanog peska, Halifax.

Laminacije finog peska i alevrolita mogu pokazati vertikalne deformacione strukture koje se nazivaju konvoluciona laminacija. Ona ima sličnu geometriju kao konvoluciona slojevitost, ali se pojavljuje u fino-zrnijim sedimentima i u manjoj razmeri, uglavnom u slojevima koji imaju visinu od jednog decimetra. Konvoluciona laminacija je posebno karakteristična za turbidite uključujući laminirane i kosolaminirane Bouma jedinice.

Zavaljeni nagnuti slojevi (recumbent foresets)


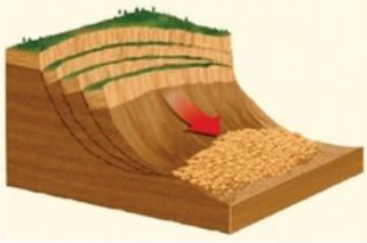
Ove teksture nastaju vertikalnim kretanjem vode kroz slabovezane peskove (slika 3.34.). Voda može biti hidrostatski vođena kao što je slučaj u aluvijalnim lepezama (e.g., Williams and Selley, 1970), a njeno poreklo može biti i iz samih sedimenata. Pesak se neće značajno kompaktovati (zbiti) blizu površine, ali njegova zrna mogu dovesti do zbijenijeg pakovanja što dovodi do smanjenja poroziteta.



Slika 3.34. Deformacije zavaljenih nagnutih slojeva, Millook Haven, Engleska.

Horizontalne krte deformacione teksture

Ova grupa uključuje teksture kao što su različita klizišta. Razlika između dva osnovna tipa klizanja (*slide and slump*) zasnovana je na površini po kojoj se stene kreću, načinu i brzini kretanja (slika 3.35.).

<p>ravna površ rupture <i>Slide</i></p> 	<p>odron stena</p> <p>veoma sporo do ekstremno brzo</p>	<p>debris odrona</p> <p>veoma sporo do veoma brzo</p>
<p>zakrivljena površ rupture <i>Slump</i></p> 	<p>klizanje stena</p> <p>ekstremno sporo do srednjeg</p>	<p>debris klizanja</p> <p>veoma sporo do veoma brzo</p>

Slika 3.35. Mehanizmi horizontalnih deformacionih tekstura.

Ovim strukturama obuhvaćene su deformacione teksture koje predstavljaju rezultat kretanja i premeštanja. Najznačajniji predstavnici ovih tekstura su tekstura podvodnog klizanja (*slump*) i olistoliti i olistostrome.

Podvodno klizanje i klizišta (slump)

Strukture podvodnog klizanja (*slump*) uključuju plastične deformacije peskova i muljeva (slika 3.36.). Nabori podvodnog klizanja, obično pokazuju jasan dokaz ekstenzivnog lateralnog kretanja sa doslednim pravcem. Nabori podvodnog klizanja su često povezani sa kasnijim rasedanjem i glavnim dekolmanom niskog padnog ugla koje se nazivaju "klizne površine" (*slide plains*).



Slika 3.36. Struktura podvodnog klizanja, Waitemata, Novi Zeland.

Olistoliti i olistostrome

U ovu grupu spadaju naslage i blokovi sedimenata (olistostrome i olistoliti) različitih dimenzija i materijala nastali kliženjem (slika 3.37.). Olistoliti su delovi i blokovi razorenih slojeva unutar jedne olistostrome. Poreklo imena olistostroma potiče od grčkih reči „olistomai“ – klizati i „stroma“ – sloj.



Slika 3.37. Olistostroma zapadno Vardarske ofiolitske zone.

3.2.1.4. Ostale teksture

Među brojim sedimentacionim strukturama koje su posmatrane mnoge se ne uklapaju u konvencionalno jednostavnu trodelnu šemu koja je prethodno prikazana. Ove različite teksture uključuju tragove kišnih kapi, sone pseudomorfe i razne

vertikalne dajkolike strukture različite morfologije i porekla kao što su pukotine isušivanja, sinerijske (*syneresis*) pukotine, sedimentni budinaž i neptunski i peskoviti dajkovi.

Tragovi kišnih kapi (rain prints)

Tragovi kišnih kapi se pojavljuju unutar alevrolita i glinaca i tamo gde su ovi slojevi pokriveni peščarima (slika 3.38.). U planu kapi imaju okrugli ili ovalni oblik usled olujne kiše. One su obično grupisane i zbijene jedne uz drugu. Izdignuti grebeni su prisutni oko svake kapi, a pojedinačni krateri imaju od 2-10 mm u prečniku.



Slika 3.38. Kišne kapi na površini misisipijanskih pešćara Horton Bluff formacije, Nova Škotska, Kanada.

Kišne kapi su dobar pokazatelj kopnenog uticaja, ali nisu isključivo vezani za aridnu klimu iako imaju mnogo veće šanse da budu očuvane u ovakvim sredinama. Pored toga mogu se javiti i na muljevitom supratajalu.

Sone pseudomorfe, gliptomorfoze (salt pseudomorphs)

Pojavljaju se u sličnim sedimentima kao i kišne kapi. One se tipično nalaze u glincima i alevrolitima koji su pokriveni alevrolitima i veoma fino-zrnim peščarima (slika 3.39.).



Slika 3.39. Donjokredna sone pseudomorfa, Lulworth Cove, Dorset, Engleska.

Obično se formiraju u semiaridnim klimatskim uslovima kada isparavanjem slane vode ostanu kocke kristala soli. Ovi soni kristali su kasnije rastvoreni i kockice njihovih otisaka (pseudomorfe) povremeno ostaju očuvane.

Pukotine stezanja (shrinkage cracks)

Postoje dva tipa pukotina stezanja one koje se formiraju subaerski – pukotine isušivanja ili desikacijske pukotine (*mud cracks, desiccation cracks*) koje nastaju u kopnenim uslovima i sinerijske pukotine (*syneresis cracks*) koje se formiraju subakvatično.

Pukotine isušivanja (desiccation cracks, mud cracks)

Subaerske pukotine - isušivanja (slika 3.40.) koje su poznate i kao pukotine nastale suncem (*sun cracks*) su pukotine koje idu naniže u muljevitom sedimentu i zapunjene su peskom. U planu one su poligonalne, pojedinačne pukotine široke oko centimetar dok se poligoni obično prostiru oko 0,5 m. Ove pukotine su vezane za gornje slojne površine u glinovitim, alevrolitičnim, muljevitim, glinovito-peskovitim sedimentima kao i muljevitim ili mikritskim krečnjacima i ranodijagenetskim dolomitima. Pukotine nastaju prilikom isušivanja taloga nakon oticanja ili isparavanja vode. Često mogu biti povezane sa tragovima kišnih kapi, tragovima kičmenjaka i pojavljuju se u estuarima, lagunama, plimatskim ravninama, plavnim ravninama, plajama i drugim sredinama gde je mulj izložen kopnenom uticaju.



Slika 3.40. Pukotine isušivanja.

Sinerijske pukotine (syneresis cracks)

Sinerijske pukotine formiraju se u muljevima spontanim gubljenjem vode iz glina ispod nivoa vode (White, 1961; Plummer and Gostin, 1981). One se razlikuju od subaerskih pukotina isušivanja zato što su zapunjene muljem sličnim ili samo malo dubljim od sredine u kojoj je nastao (slika 3.41.). Pored toga, sinerijske pukotine su nepovezane, variraju u obliku od poligonalnih, preko vretenastih do sinusoidnih i generalno su mnogo manje od suaberskih pukotina isušivanja – obično 1-2 mm.



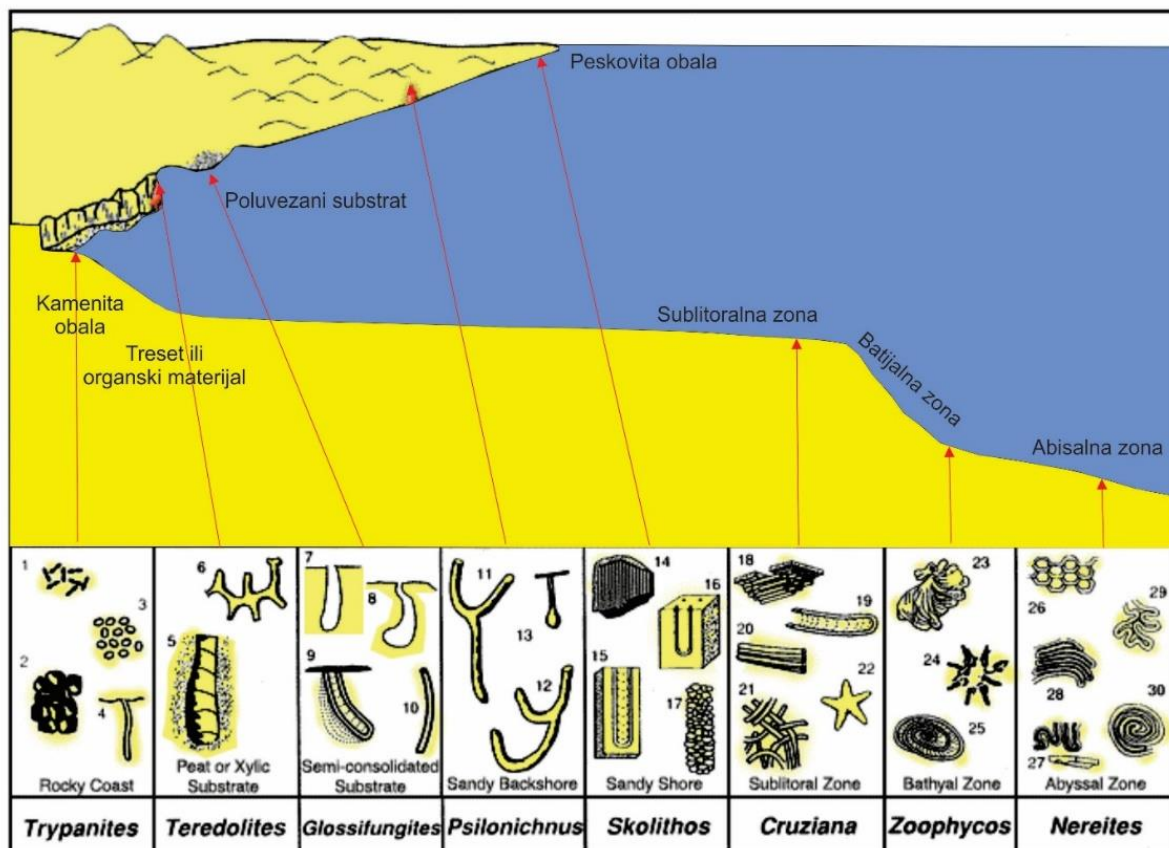
Slika 3. 41. Sinerijske pukotine gornjoordovicijumske Drake formacije, Ohajo, SAD (levo), peščani dajk, jezero Boneville, SAD (desno).

Peščani dajkovi i neptunski dajkovi (sand dykes and neptunean dykes)

Ove teksture odgovaraju vertikalnim peskovitim telima utisnutim u povlatne muljevite stene iz peskovitog sloja koji leži ispod njih. Dužina peskovitih dajkova može da se kreće od decimetarskih veličina do nekoliko kilometara, dok je širina od decimetarskih veličina do nekoliko metara (slika 3. 41.). Za razliku od ovih dajkova postoje i neptunski dajkovi kod kojih se peskovi utiskuju naniže. Sličan oblik ovome je i sedimentni budinaž koji je morfološki sličan tektonskom budinažu.

3.2.2. Primarne biogene sedimentacione teksture

Biogene sedimentacione teksture nastale delovanjem živih organizama (biljaka ili životinja) koje ostaju iza njih u sedimentima nazivaju se tragovi životne delatnosti ili ihnofosili (*trace fossils, ichnofossils*). Ove teksture su značajne za određivanje sredine u kojoj su živeli organizmi i ostavljali tragove aktivnosti. S obzirom da je reč o autohtonim teksturama one predstavljaju odličan indikator sedimentnih facija (ihnofacija) i dubine vode (slika 3.42.), kao i brzine sedimentacije i toksičnosti voda na dnu basena.



Slika 3.42. Tipični fosilni tragovi (na osnovu Seilacher, 1967). 1) *Caulostrepsis*, 2) *Entobia*, 3) bušenje ježeva, 4) *Trypanites*, 5) *Teredolitees*, 6) *Thalassinoides*, 7), 8) *Gastrochaenolites* ili sli;ni rodovi, 9) *Diplocraterion* (*Glossifungites*), 10) *Skolithos*, 11, 12) *Psilonichnus*, 13) *Macanopsis*, 14) *Diplocraterion*, 16) *Arenicolites*, 17) *Ophiomorpha*, 18) *Phycodes*, 19) *Rhizocorallium*, 20) *Teichichnus*, 21) *Planolites*, 22) *Astericolites*, 23) *Zoophycos*, 24) *Lorezinia*, 25) *Zoophycos*, 26) *Paleodictyon*, 27) *Taphrhelminthopsis* 28) *Helminthoida*, 29) *Cosmorhaphe*, 30) *Spirorhaphe*.

Najznačajnije biogene strukture su bioturbacije (kopanje, tragove kretanja i puzanja, ostatke korena biljaka), biostratifikacije (algalni stromatoliti), bioerozije (bušenje, grebanje, griženje) i ekskrementi (koproliti – ostaci izmeta).

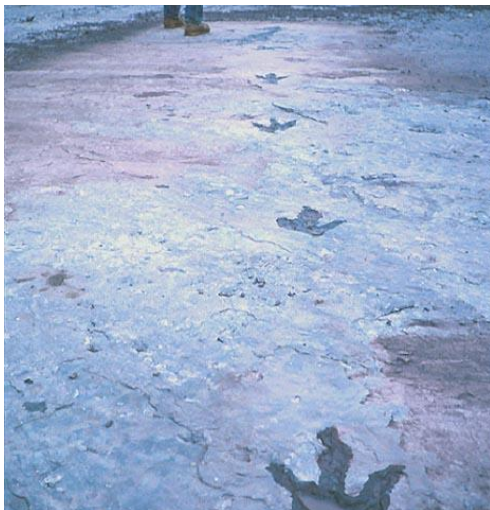
Bioturbacije

Najznačajnija i najuočljivija biogena sedimentaciona struktura je bioturbacija. Ona se odnosi na sve vrste promena u sedimentima i na tlu nastale aktivnošću organizama koje se očuvaju u sedimentnim stenama, a kojima su uništene primarne strukture i teksture sedimenata. Aktivnošću bentoskih organizama deformišu i prekidaju se slojevi, lamine i druge unutrašnje teksture usled promene položaja, rasporeda i sleda sedimenata i nastanka novih biogenih tekstura. Po Reineck (1963) postoji šest različitih stepena bioturbacije: bez bioturbacije, sporadično bioturbatno (1-5%), slabo bioturbatno (6-30%), srednje bioturbatno (31-60%), izrazito bioturbatno (61-90%), vrlo jako bioturbatno (91-99%) i potpuno bioturbatno.

Usled velikog broja oblika, varijacija i međusobnih prelaza ne postoji klasifikacija ihnofosila koja bi napravila odgovarajuću sistematizaciju. Najznačajnije i najčešće bioturbatne sedimentacione teksture su tragovi kretanja, puzanja, bušenja i ukopavanja.

Tragovi kretanja (tracks)

Tragovi kretanja (slika 3.43.) ili otisci stopala su otisci na površini sloja nastali stopalima životinja. Oni uključuju i otiske stopala dinosaurusa i ptica. U nekim slučajevima tragovi se mogu naći kao *sole marks* na dnu sloja (u podini) gde su sedimenti zapunili ove tragove i sačuvali ih kao kalupe.



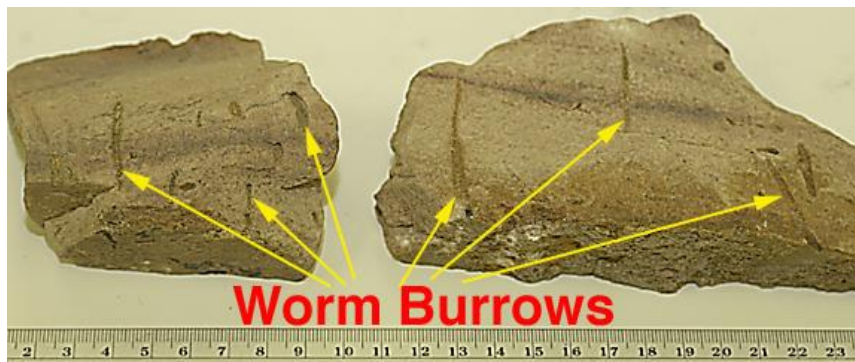
Slika 3.43. Tragovi kretanja dinosaurusa na površini sedimenta Morrison formacija, SAD (levo), tragovi puzanja na površini sloja (desno).

Tragovi puzanja (trails)

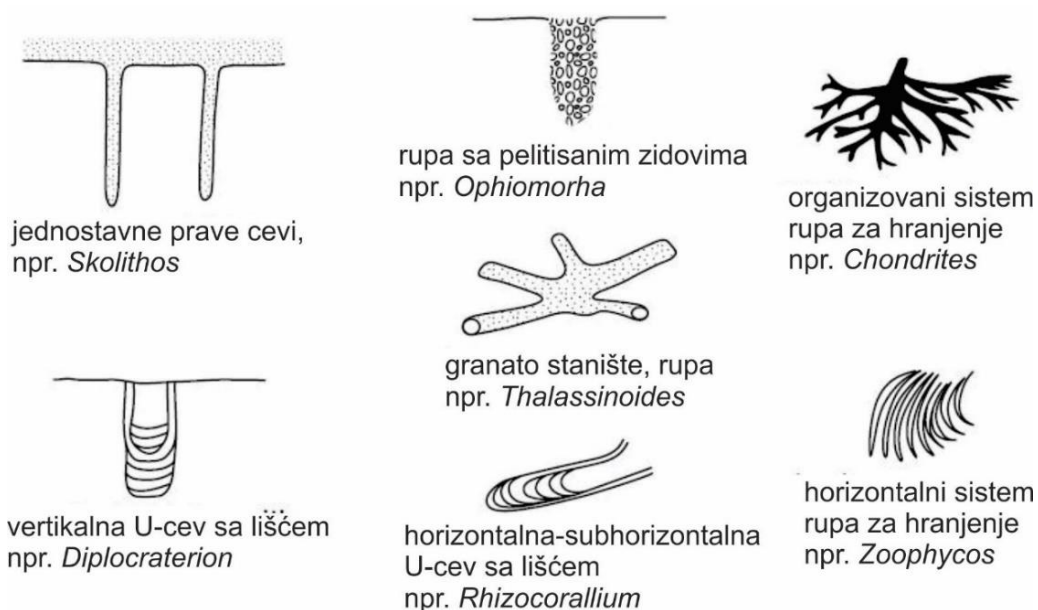
Tragovi puzanja (slika 3.43.) koji liče na tragove vučenja su otisci na površini sloja koja nastaju organizmima koji puze ili vuku deo tela. Tragovi mogu biti pravi ili krivi.

Tragovi ukopavanja i bušenja (*burrows and borings*)

Tragovi ukopavanja su rupe koje su napravljene od strane životinja u mekim sedimentima (slike 3.44. i 3.45.), dok su tragovi bušenja napravljeni u čvrstim stenama. Oni mogu biti korišćeni od strane organizama kao stanište ili mogu nastati kretanjem organizama ispod zemlje u potrazi za hranom. Obično su zapunjeni sedimentima različite boje ili teksture od okolnih sedimenata, a u nekim slučajevima tragovi ukopavanja mogu imati u potpunosti laminiranu ispunu.



Slika 3.44. Tragovi ukopavanja crva (*worm burrows*).



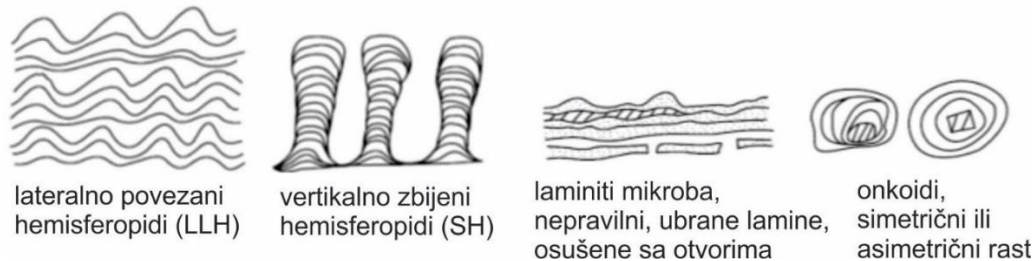
Slika 3.45. Tipovi uobičajenih tragova ukopavanja koji služe kao mesta stanovanja ili hranjenja.

Tragovi bušenja su rupe koje su napravile životinje u čvrstim materijalima kao što su drvo, ljuštura, stene ili tvrdi sedimenti. Obično imaju okrugli poprečni presek.

Biostratifikacija

Najznačajnija biostratifikacija je predstavljena stromatolitima - biogenim laminiranim teksturama koje se pojavljuju u velikom broju različitih oblika (slika 3.46.). Nastaju

zarobljavanjem i vezivanjem oko karbonatnih delova površinskih mikrobioloških prevlaka (algalnih prevlaka) sačinjenih uglavnom od cijanobakterija (plavo-zelenih algi) i drugih mikroba i biohemijskim obaranjem karbonata. Stromatoliti su veoma česti u sukcesiji prekambrijumskih karbonata, ali se takođe pojavljuju u mnogim fanerozojskim krečnjacima, posebno onim peritajdalnog porekla.



Slika 3.46. Četiri uobičajene stromatolitske strukture: domasta, stubasta, planarna i onkoliti.

Bioerozija

Proces bioerozije podrazumeva uklanjanje tvrdog materijala od strane životinja i drugih organizama bušenjem, ukopavanjem i ispašom. Ovi procesi su uobičajeni, ali nekada mogu oštetiti i okolnu stenu. Dobar primer današnje bioerozije može se videti na koralnim rifovima gde organizmi i bušači "troše" i mrve skelet rifa (slika 3.47.).



Slika 3.47. Riba papagaj mrvi koralni rif na Karibima.

Ekskrementi

Ekskrementi su predstavljeni koprolitima (*coprolites*) odnosno fosilizovanim izmetom. Predstavljaju važan izvor paleontološkog i sedimentološkog materijala zato što predstavljaju direktan dokaz ishrane izumrlih organizama. Dimenzije koprolita se kreću od nekoliko milimetara do preko 60 centimetara.

3.2.3. Sekundarne strukture

Pod sekundarnim teksturnim oblicima najčešće se podrazumevaju oni koji su nastali hemijskom dijagenozom (oksidoredukcija, obaranje, evaporacija i dr.).

Ovi oblici su nastali različitim hemijskim procesima uz prisustvo porne vode, difuzije jona, rastvaranja i rekristalizacije mineralne materije. Poznato je više ovakvih teksturnih oblika od kojih su najznačajniji: konkrecije, nodule, geode, septarije, stiloliti i konus u konusu.

Konkrezione strukture (*concretionary structures*)

Konkrecije se sastoje od okruglih, jajastih, diskoidalnih ili nepravilno bubrežastih mineralnih akumulacija u steni nastalih obaranjem cementa oko materijala jezgra (obično fosili ili zrna) različite kompakcije (slika 3.48.). Od stene domaćina konkrecije se razlikuju po mineralnom sastavu, strukturi, teksturi i boji.



Slika 3.48. Sferične konkrecije u Navajo pešćarima, SAD.

Nodule, geode, septarije

Ove okruglaste, elipsoidne, diskoidalne, sočivaste i nepravilne mineralne akumulacije za razliku od konkrecija nisu nastale nakupljanjem oko jezgra već u šupljinama stene ili potiskivanjem jednog minerala drugim. U slučaju kada ove mineralne akumulacije rastu od ivice prema centru šupljine formira se geoda (slika 3.49.).



Slika 3.49. Tekstura geode.

Septarije predstavljaju pukotinama radijalno ispucale konkrecije i nodule kod kojih se širina pukotina povećava od ivice prema centru. U nodulama su ove pukotine obično ispunjene kalcitom.

Stiloliti (*stylolites*)

Formiraju se erozionom aktivnošću podzemnih voda. Kada se vode bogate ugljen-dioksidom „procede“ kroz slojeve krečnjaka, rastvorljivi delovi bivaju uklonjeni dok nerastvorljivi ostaju na mestu. Usled toga formira se nepravilna struktura označena cikcak linijom (šav) na kontaktu između njih (slika 3.50.).



Slika 3.50. Struktura stilolita u misisipijanskom krečnjaku, Montana, SAD.

Struktura konus u konusu

Ova struktura nastaje smicanjem usled pritiska povlatnih slojeva, otapanja i procesa rekristalizacije u sedimentima koji imaju više od 50% kalcijum karbonata. Pojavljuje se kao serija konusa zapakovanih jednog u drugi (slika 3.51.).



Slika 3.51. Struktura konus u konusu, Arkanzas, SAD.

Literatura

- Carvajal, C.R. and Steel, R.J., 2006. [Thick turbidite successions from supply-dominated shelves during sea-level highstand](#). *Geology*, 34, p. 665-668.
- Collns, D. S., Johnson, H. D. Allison, P. A., Guilpain, P., and A. R. Damit, 2017. Coupled 'storm-flood' depositional model: Application to the Miocene-Modern Baram Delta Province, north-west Borneo. *Sedimentology* 64 (5), p. 1203-1235.
- Collinson, J. D., and D. B. Thompson, 1982. Sedimentary structures. *Allen and Unwin*, Boston, 194 pp.
- Costamagna, L. G. 2011. Facies analysis, stratigraphy and petrographic data from the Permian -Middle Triassic Cala Bona - Il Cantaro Rock sections (Alghero , NW Sardinia , Italy): contribution to the post -Variscan Nurra basin evolution, *Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie A*, 116 (2011) p. 67-84, figg. 10; doi: 10.2424/ASTSN.M.2011.07
- Covault, J. A., Sylvester, Z., Hubbard, S. M., Jobe, Z. R. And R. Sech, 2016. The stratigraphic record of submarine-channel evolution. *Sediment Rec.*, 14 (3), p. 4-11. DOI: [10.2110/sedred.2016.3](#)
- Dzudyński, S. and E.K. Walton, 1965. Sedimentary Features of Flysch and Greywackes, *Developments in Sedimentology*, 7, p. 37-141.
- Enos, P., 1969. Cloridorme Formation, Middle Ordovician flysch, northern Gaspé Peninsula, Quebec: *Geological Society of America Special Paper*, 117, p. 66.
- Graham, J. ,1988. Collection and analysis of field data. In: Techniques in Sedimentology (Ed. M. E. Tucker), *Blackwell Science*, Oxford, p. 5-62.
- Gajić, V., 2014. Sedimentologija gornje krede centralnog dela Vardarske zone, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, *Rudarsko-geološki fakultet*, pp. 265
- Martin, A. J., 2000. Flaser and wavy bedding in ephemeral streams: a modern and an ancient example, [Sedimentary Geology](#). 136 (1–2): p. 1–5. doi:[10.1016/S0037-0738\(00\)00085-3](#)
- McKee, E. and Weir, G.W., 1953. Terminology for Stratification and Cross-Stratification in Sedimentary Rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 64, p. 381-390.
- Plummer P. S. and Gostin V. A., 1981. "Shrinkage Cracks: Desiccation or Synaeresis?". *SEPM Journal of Sedimentary Research*. doi:[10.1306/212f7e4b-2b24-11d7-8648000102c1865d](#)
- Reineck, H.-E., 1963. Sedimentgefüge im Bereich der südliche Nordsee. *Abhandlungen Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, 505, pp. 138.
- Seilacher, A., 1967. Bathymetry of trace fossils, *Marine Geology*, v. 5, p. 413-428.

Slootman, A., Simpson G., Castellort S. and De Boer P. L. 2018. Geological record of marine tsunami backwash: The role of the hydraulic jump. *The Depositional Record*, v.4, i. 1, p. 59-77.

Tucker, M.E. and Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology. *Blackwell*, Oxford, pp. 482.

Vaziri, S.H., 2011. Sedimentary structures and depositional environment of the Ashin Formation in Nakhlak area, Central Iran: *Iranian Journal of Earth Sciences (IJES)*, Islamic Azad University, Mashhad Branch, 3, p. 253-263.

Williams, G. E. and Selley, R.C., 1970. Origin of disturbed bedding in Torridon Group sandstones, *Scottish Journal of Geology*,6(4):p. 409, <http://dx.doi.org/10.1144/sjg06040409>

White, W. A., 1961. "Colloid Phenomena in Sedimentation of Argillaceous Rocks". *SEPM Journal of Sedimentary Research*. 31. [doi:10.1306/74D70BE6-2B21-11D7-8648000102C1865D](https://doi.org/10.1306/74D70BE6-2B21-11D7-8648000102C1865D)

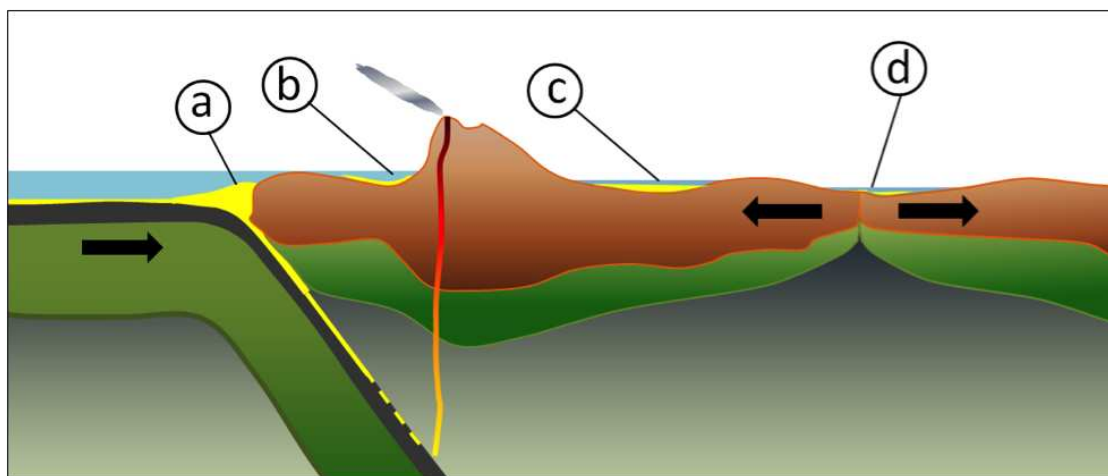
4. SREDINE SEDIMENTACIJE

Sredina sedimentacije (*sedimentary environment*) je definisana kao “deo Zemljine površine, jezerskog ili morskog dna u kome dolazi do taloženja sedimenata pri čemu se taj deo razlikuje od susednog po fizičkim, hemijskim i biološkim karakteristikama” (Selley, 1970).

Fizičke, hemijske i biološke karakteristike (parametri) se menjaju od mesta do mesta i tako utiču na depoziciju sedimenata. **Fizičke karakteristike** uključuju brzinu, smer i promene jačine vetra i vodenih struja, energiju vode, klimu i vremenski uticaj sa promenama dnevnih i godišnjih temperatura i padavina, suše i vlažnosti vazduha. **Hemijske karakteristike** uključuju salinitet, stepen zasićenosti, jonsku i pH koncentraciju, oksido-redukcioni potencijal vode u rečnim, jezerskim i morskim sredinama. **Biološke karakteristike** uključuju kompletnu floru i faunu koja ima veliki značaj kod procesa sedimentacije akumulacijom skeleta, rastom organogenih grebena, izlučivanjem karbonata, bioerozijom itd.

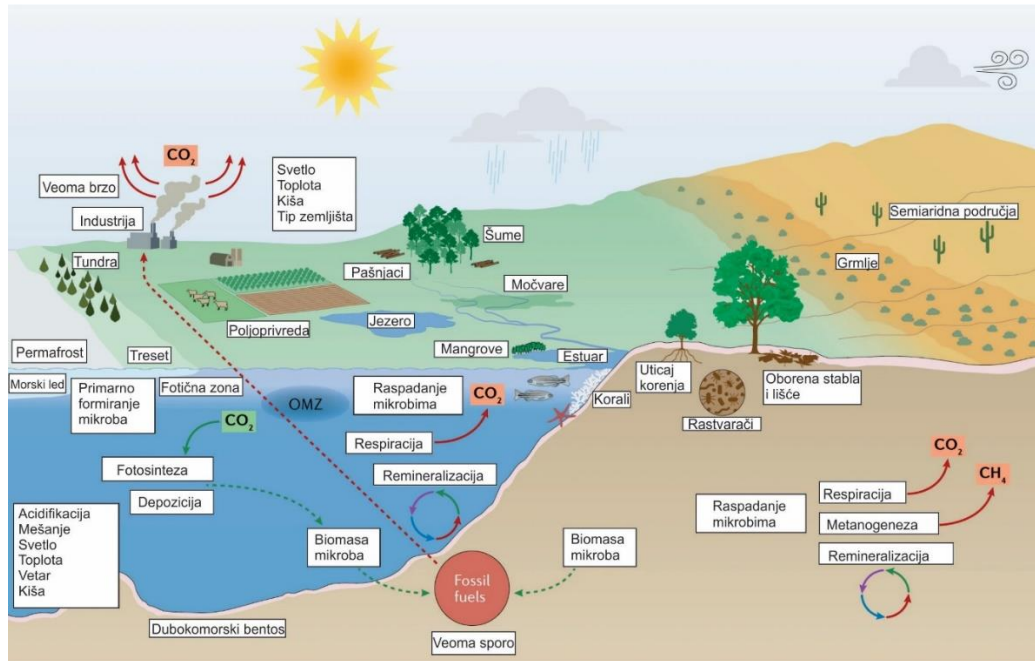
Najvažniji faktor koji utiče na prirodu i distribuciju sedimentacionih sredina je sveukupni **strukturni sklop ili tektonika područja**. Tektonika određuje glavne geološke strukture ili model sredine depozicije uključujući i lokaciju i prirodu glavnih područja koja su pretrpela izdizanje ili tonjenje. Područja visokog reljefa, kao što su planine i vulkani trpe brzu eroziju i donose mnogo više sedimenata u basen za depoziciju od velikih područja koja imaju niski reljef.

Većina basena nastala je procesima vezanim za tektoniku ploča od kojih su najvažniji prikazani na slici 4.1. Relativno dugački i uski baseni – trenč (*trench*) se javljaju na mestima gde okeanska kora tone (subdukuje) ispod kontinentalne ili okeanske kore. Ovi baseni mogu biti nekoliko kilometara duboki i često imaju debele sedimentne naslage erodovane sa susednih planina. Predlučni (*forearc*) basen se nalazi između zone subdukcije i vulkanskog luka i delimično može biti formiran trenjem subdukovane i povlatne ploče. Izalučni - forland (*foreland*) basen je nastao usled težine vulkanskog venca koji spušta koru sa obe strane. Oni ne moraju biti isključivo vezani za vulkanske pojaseve već i za pojaseve navlačenja. Riftni baseni nastaju na mestima razvlačenja kontinentalne kore gde kora tone na obe strane rifta. U slučaju nastavka riftogeneze ovaj prostor postaje uzano more, a nakon toga i okeanski basen.



Slika 4.1. Neki od najvažnijih tipova basena nastali tektonskom aktivnošću: a) trenč, b) forearc, c) foreland, d) riftni basen, Earle, 2019.

U novijim istraživanjima prilikom interpretacija depozicionih sredina pored tektonskog uticaja velika pažnja se posvećuje uticaju klime na deponovane sedimente. Klima na različite načine utiče na proces nastanka, litifikacije i sekundarnih promena sedimentata. Njen uticaj se ogleda u količini padavina, insolaciji, temperaturi i uticaju vetra na biljni i životinjski svet (slika 4.2).



Slika 4.2. Uticaj klimatskih faktora (vetra, sunca, kiše i temperature) na depozicione sredine, Cavicchioli et al., 2019.

Literatura

Earle, S. 2019. Physical Geology, *BC Campus*, Victoria B.C, pp. 824.

Cavicchioli, R., Ripple, W.J., Timmis, K.N. et al., 2019. Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change, *Nat. Rev. Microbiol.* 17, 569–586. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0222-5>

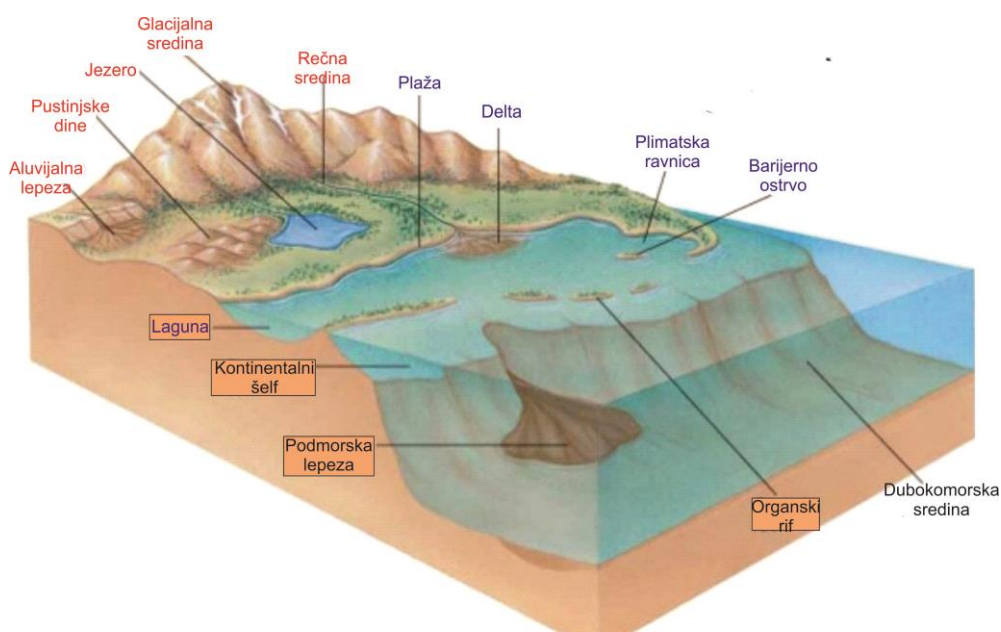
Selley, R. C., 1970. Ancient Sedimentary Environments, *Chapman & Hall Ltd.* London, pp. 237.

5. TIPOVI DEPOZICIONIH SISTEMA

Iako je značaj tektonike i klime kao faktora koji kontrolišu sedimentacione sredine široko prepoznat većina klasifikacija je uglavnom zasnovana na topografiji. Depozicioni sistemi se mogu klasifikovati u tri kategorije: kopnene (kontinentalne), mešovite (prelazne) i morske (tabela 5.1., slika 5.1.). Kopnena sredina uključuje rečne depozicione sisteme, jezerska, močvarna, pustinjska i glacijalna (lednička) područja. Mešovite/prelazne (vezane za obalu) sredine uključuju delte, estuare, komplekse plaža/barijernih ostrva, plimatskih ravnica i glacio-marinske sredine. Morske, uključuju terigene šelfove ili plitka mora, karbonatne šelfove ili platforme, kontinentalne padine i podnožja, basenske ravnice, okeanske grebene i trenčove. Kopnenom sredinom dominiraju procesi erozije, transporta i depozicije, dok u druga dva dominiraju procesi transporta i depozicije.

Tabela 5. 1. Jedna od klasifikacija depozicionih sistema

Primarni depozicioni sistem	Glavni depozicioni sistem (podsistem)
Kontinentalni	Fluvijal (reka)
	Močvara
	Jezero
	Pustinja
	Glacijal (lednik)
Prelazni – morski	Delta
	Estuar
	Plimatska ravnica
	Plaža (žalo)/barijerno ostrvo
	Laguna
Morski	Plitkomorski klasični
	Plitkomorski karbonatni
	Dubokomorski (okeanski)



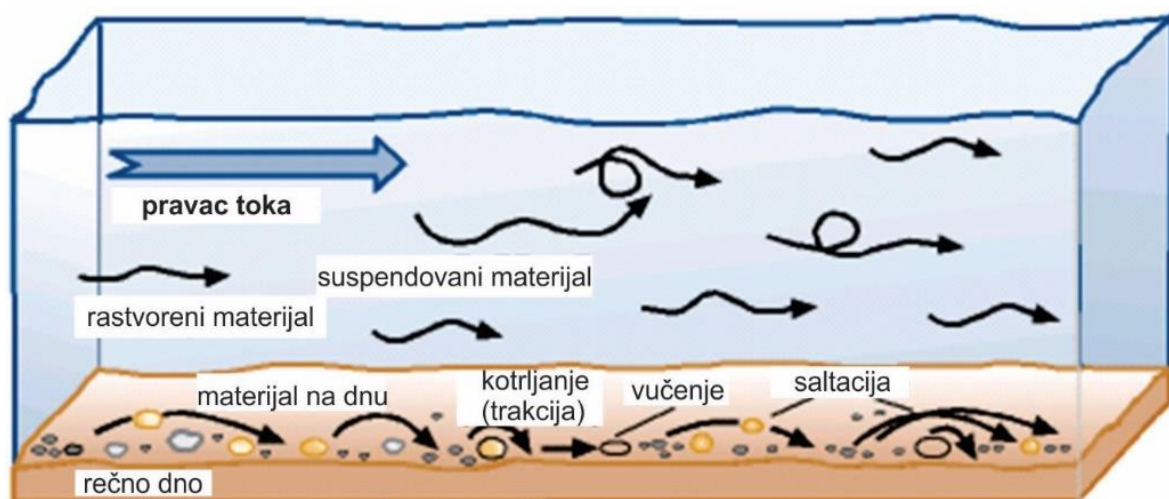
Slika 5.1. Neki najvažniji depozicioni sistemi - kontinentalni (obeleženi crvenom bojom), prelazni (obeleženi plavom bojom), morski podsistemi (obeleženi crnom bojom).

5.1. Kontinentalni depozicioni sistemi

U kontinentalne sedimentacione sredine spadaju sve kopnene (terestičke) i vodene (akvatične) sredine na kontinentu u kojima nema nikakvog uticaja morske vode, čak ni prilikom najviših plima i olujnih talasa. Najznačajniji kontinentalni sistemi su rečni (fluvijalni), močvarni, jezerski, pustinjski i lednički koji imaju svoje osobenosti (tabela 2 u apendiksu). Pored toga često mogu postojati sistemi sa mešovitim karakteristikama, kao npr. rečno-jezerski, glacio-fluvijalni itd.

5.1.1. Fluvijalni depozicioni sistem

Fluvijal je termin koji se koristi u geografiji i geonaukama i odnosi se na proces povezan sa rekama, vodotocima i sedimentima i oblicima reljefa koji njima nastaju. Fluvijalni depozicioni sistem koji čine stalni i povremeni kopneni tokovi (potoci, rečice i reke) određuju klima, geologija regiona i morfologija koje utiču na dimenzije vodotoka, nagib i uzdužni profil njegovog korita, priliv i gubljenje vode, kolebanje nivoa i sedimentacija. Fluvijalni proces uključuje transport sedimenata i eroziju i depoziciju na rečnom dnu. Sedimenti u rekama su transportovani ili kao sedimenti korita (*load*) (krupniji fragmenti koji se kreću bliže sloju) ili kao sedimenti u suspenziji (*suspended load*) (finiji fragmenti koje nosi voda). Takođe prisutan je i deo koji je nošen kao rastvoreni materijal (slika 5.2.).

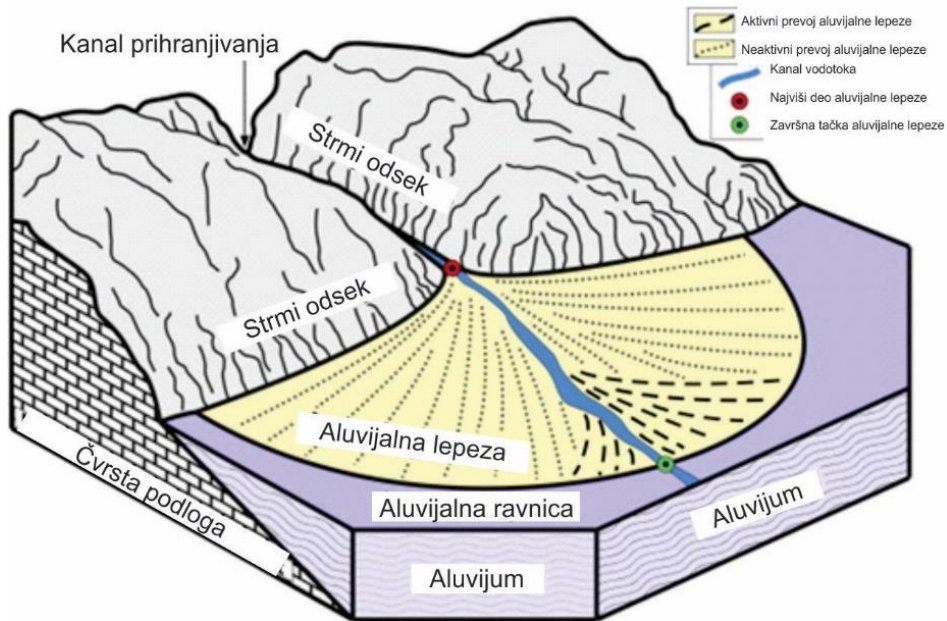


Slika 5.2. Načini transporta u rekama u odnosu na smer toka – vučenjem (*pull*) i kotrljanjem (*roll, traction*) po dnu i u suspenziji (*suspended load*). Jedan deo materijala je rastvoren u vodi (*dissolved load*).

Na osnovu svojih karakteristika izdvajaju se podsistemi – humidne plavine (*alluvial fans*), upletene, meandrirajuće i anastomozne reke. Kada su potoci ili reke povezani sa glečerima ili ledenim kapama koristi se termin glaciofluvijalni ili fluvio-glacijalni.

Humidna plavina (*alluvial fan*)

Humidne (aluvijalne) lepeze nastaju akumulacijom klastičnog materijala na izlazima rečnih tokova iz uskih dolina planinskih predela u ravničarska područja (slika 5.3.). Na tim mestima usled naglog pada prenosne energije vodotoka dolazi do obilne i brze sedimentacije materijala u vidu pljosnatih lepeza ili konusa.



Slika 5.3. Proluvijalna lepeza (alluvial fan) okružena strmim padinama i kanalom koji donosi materijal koja se „uliva“ u aluvijalnu ravnicu.

Humidne lepeze su uglavnom vezane za semiaridna područja sa retkim, naglim i obilnim padavinama i snažnom erozijom gde su i najbolje razvijene. Na tim mestima obično se pojavljuju pijedmontski fanglomerati. Fanglomerat je termin koji se vezuje za zone podnožja planinskih masiva i odnosi se na oblik i litologiju sedimentnog tela (slika 5.4.).

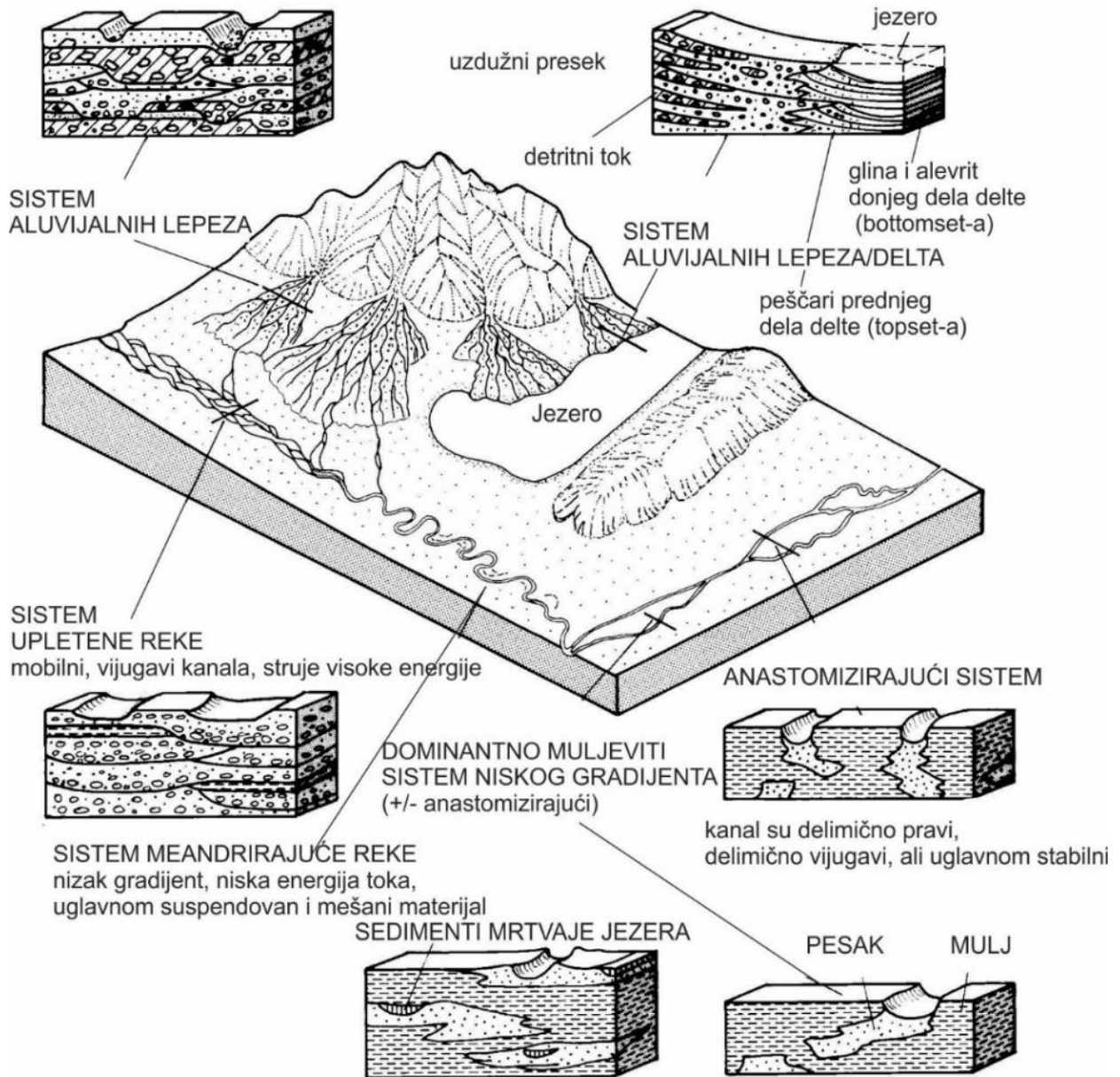


Slika 5.4. Srednjedeovski fanglomerat, Kluckensteine pored Vicht-a.

Humidne lepeze imaju različite dimenzije u zavisnosti od geografskih i klimatskih uslova u kojima se stvaraju i imaju površinu od nekoliko desetina metara do nekoliko kilometara. U njoj postoje tri facije - grubozrni šljunak (gornji – proksimalni deo lepeze), šljunak i pesak (srednji) i pesak (donji distalni deo lepeze).

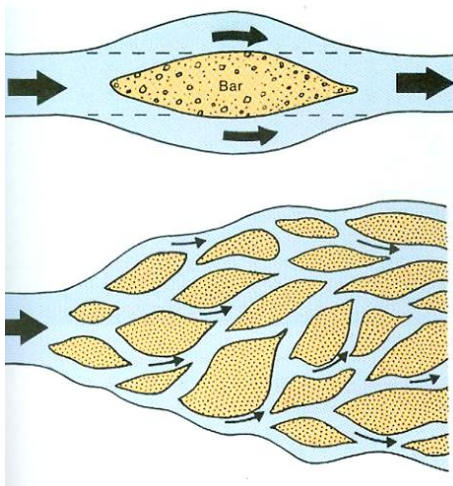
Upletena reka (Braided river)

Pod ovim sistemom podrazumevaju se rečni sistemi u kojima reka pri normalnom i niskom vodostaju u svom koritu ima više međusobno prepletenih manjih, povremenih korita, kanala i tokova koji su međusobno odvojeni šljunkovito-peščanim prudovima (slika 5.5.).



Slika 5.5. Šematski prikaz taloženja proluvijalnih lepeza, meandrirajućih, upletenih i anastomoznih reka (Einsle, 1992).

Povremena korita i tokovi neprestano menjaju svoj položaj, oblik, brzinu toka i količinu vode i međusobno se prepliću. Uplitanje kanala, potiče od toga što posle povodnja prenosna snaga vode u kanalu opadne dotle da više nije u stanju da vuče grubozrne čestice, pa se preko tako zaostalog materijala taloži finiji materijal i formira kanalski prud (slike 5.6.).

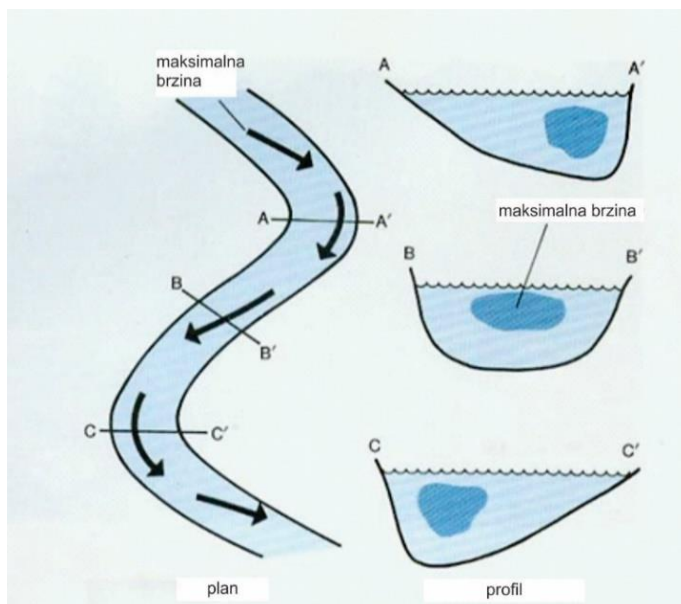
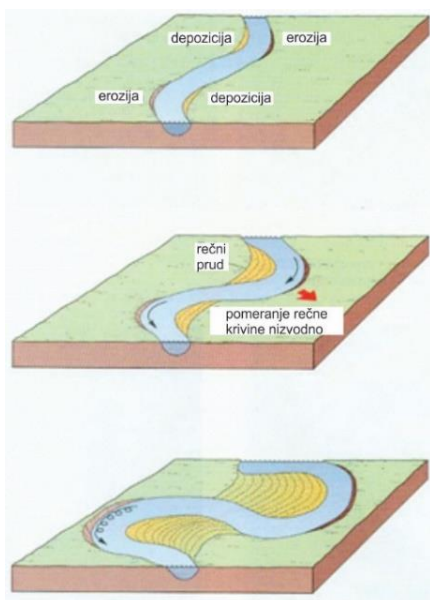


Slika 5.6. Način formiranja upletenih reka sa prudovima (bar) (levo), Rakaia upletena reka na Novom Zelandu (desno).

Tvorenine ovog podsistema su neuređene i imaju nepravilnu horizontalnu i vertikalnu smenu sedimenata raznih delova prudova i kanala. Po Miall (1977) u okviru sistema upletenih reka može se razlikovati deset litofacija okupljenih u tri grupe – šljunkovita, srednjozrna do krupnozrna peskovita i sitnozrna.

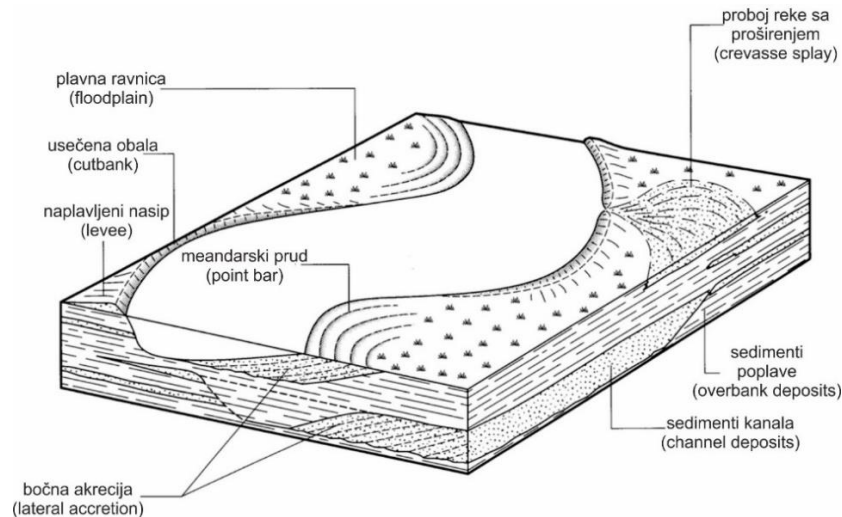
Meandrirajuća reka (Meandering river)

Reke sa meandrirajućim tokom imaju jedno izrazito vijugavo korito u kojem su spoljašnji delovi izloženi eroziji, a unutrašnji akumulaciji sedimenata (slika 5.7.).



Slika 5.7. Način erozije i depozicije meandarskih reka sa pomeranjem pruda (point bar) i rečne krivine nizvodno (levo) i profil maksimalne brzine kroz meandrirajuće rečno korito u planu i profilu (desno).

Podsistem meandrirajuće reke se javlja nizvodno od upletenih reka sa kojim je vezan postepenim prelazom i predstavlja tipične ravničarske tokove. Uzrok nastanka meandra su promene u ujednačenom protoku vode kroz korito usled njegovog nagiba i neravnina u njemu, nagomilavanja sedimenata ili usled promena u intenzitetu spiralnog kretanja sekundarnih strujnica na profilu toka.



Slika 5.8. Depozicione sredine meandrirajuće reke.

Sedimentacija u dolini meandrirajuće reke se odvija u tri glavne sredine sa svojim litofacijama. U sredini rečnog korita razvijene su litofacije laga i meandarskog pruda, u sredini aluvijalne ravnice litofacije nasipa, prolomske lepeze i posleповodanjske lokve i sredina mrtvaja (starača) (slika 5.5. i 5.8.).

Anastomozna reka (Anastomosing river)

Ovo su reke sa račvanjem korita koje se razlikuju od upletenih i meandarskih po stalnom, vrlo stabilnom položaju korita koje se račva u više pojedinačnih manjih korita koja su odvojena stalnim, izduženim rečnim ostrvima da bi se zatim postepeno spojili u jedno široko korito (slika 5.5. i 5.9.).



Slika 5.9. Različiti modeli reka – odozgo na dole: prave (linearne), zavojite (sinusoidalne), meandrirajuće, upletene i anastomozne (levo); anastomozna Kolumbijska reka, Kanada.

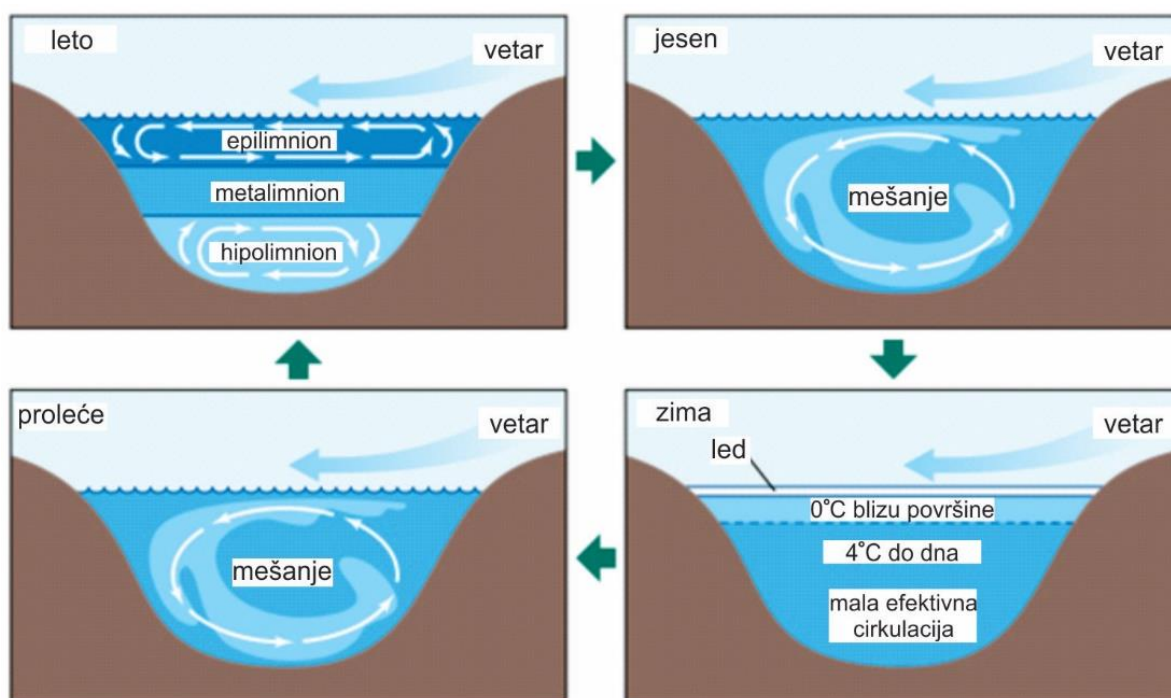
Ove reke imaju dugačka korita ispunjena šljunčanim i peskovitim sedimentima koji se nalaze unutar sitnozrnih sedimenata obale, rečnih ostrva, jezera ili močvara.

5.1.2. Jezerski depozicioni sistem

Jezero je telo relativno stajaće vode, značajnih dimenzija, smešteno u basenu koji je okružen kopnom - osim u odnosu na reke koji služe kao prihrana jezera. Jezera se nalaze na kopnu i nisu delovi okeana i tako se razlikuju od laguna, a takođe su veće i dublje od bara. Na sedimentne procese u jezerima utiču klimatske promene, površinski i podzemni prиток vode, kretanja jezerske vode, evaporacija i organski svet.

U odnosu na prиток vode jezera se dele na otvorena sa stalnim površinskim prитokama i otokama, i zatvorena – nemaju stalnih pritoka, prihranjuju se atmosferilijama i podzemnom vodom. Zatvorena jezera mogu biti stalna – u humidnim regionima i povremena – u aridnim.

Na osnovu sezonskih konvencionih kretanja (slika 5.10) jezera se dele na amiktna (hladna, bez mešanja vode), dimiktna (u umerenoj klimi, mešanje dva puta godišnje - proleće i jesen, izdvajaju se gornji deo sa toplijom vodom – epilimnion i donji sa hladnijom – hipolimnion, između njih – metalimnion), monomiktna (mešanje vode jednom godišnje), oligomiktna (mešanje vode samo u pojedinim delovima), polimiktna (nisu stratifikovana) i meromiktna (jasno stratifikovano mešanje vode, dole slana).



Slika 5.10. Dubinske zone u jezeru i njihovo mešanje tokom promene godišnjih doba.

Po geometriji i genezi jezera mogu biti: mala, velika, plitka, duboka, tektonska, vulkanska, karstna, deflaciona, lednička, rečna i druga, a prema količini CO₂ i H₂S dele se na oligotrofična, eutrofična i distrofična. Nekadašnji jezerski sistemi se prepoznaju po ograničenom rasprostranjenju, maloj debljini, uglavnom slatkovodnoj fauni, zonalnom rasporedu facija, preovlađivanju laporaca, laporovitih gлина i gлина, evaporitskim mineralima, prisustvu tanke horizontalne slojevitosti sa laminacijom i pojava pukotina isušivanja i fosilnih zemljišta.

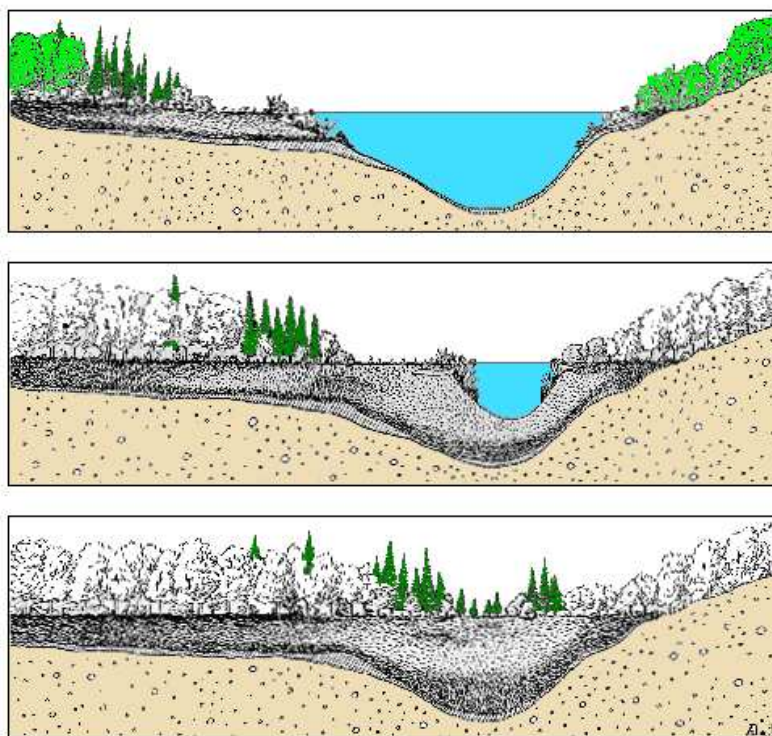
5.1.3. Močvarni (paludalni) depozicioni sistem

Ova sredina je predstavljena različitim močvarama (*swamps and marshes*) (slika 5.11.) u kojima se deponuju šejlovi bogati organskom materijom, peščari i sedimenti uglja sa tankim slojevima alevrolita i šejla. Prema uslovima ishrane biljaka močvare se dele na: niske (eutrofne) močvare, prelazne (mezotrofne) močvare i visoke (oligotrofne) močvare. Pored toga močvare se dele i prema morfologiji (ravne, neravne, ispupčene), položaju u reljefu (kotlinske, dolinske, padinske), makroreljefu (nizijske, visijske), preovlađujućim biljkama (travnate, džbunaste, mahovinske i šumske) i dr.



Slika 5.11. Paludalni depozicioni sistem močvara – marshes (levo), swamp (desno).

Močvarni sistemi se razvijaju zapunjavanjem i vegetacijskim zarašćivanjem zatvorenih jezerskih sistema (slika 5.12.), ali i na deltnim ravnicama, napuštenim rečnim meandrima, a mogu se formirati i brakične močvare na niskim morskim obalama.

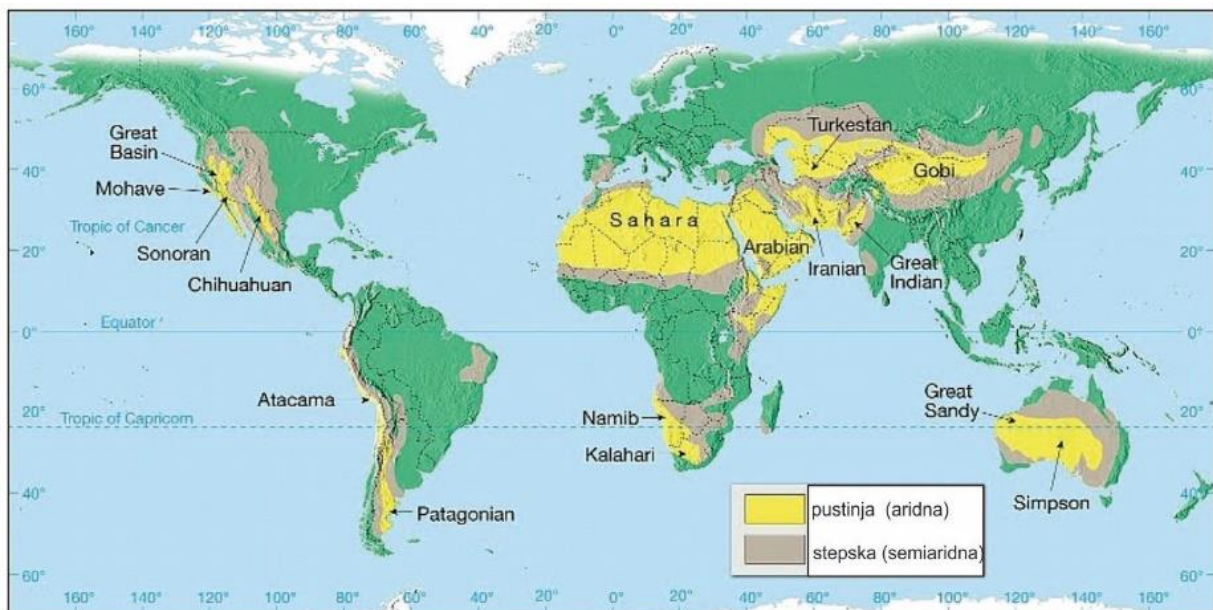


Slika 5.12. Transformacija jezerskog u močvarni depozicioni sistem.

Pri formiranju močvare prvo se formira terigeni materijal sa izumrlim planktonskim organizmima i nanetim biljnim ostacima. U anoksičnim uslovima od tog materijala nastaje sapropel - mulj izmešan sa nepotpuno raspadnutim ostacima zelenih i modrozelenih algi i dijatomeja. U tom trenutku je vegetacija niske močvare raspoređena samo po periferiji jezera po tačno određenom redosledu. Tokom vremena biljke postepeno osvajaju jezerski basen prema središnjim delovima. U završnoj fazi formiranja oplićali jezerski basen biva postepeno zahvaćen močvarnom vegetacijom i u celini se pretvara u nisku močvaru obraslu zeljastom vegetacijom. Zbog karakterističnih sedimenata sa terigenim glinama (kaolinitom), slojevima uglja i sa dosta biljnih ostataka u vidu detritusa ili celih biljaka ovaj sistem se lako raspoznaje. U slatkovodnim močvarama talože se ostaci kičmenjaka, puževa, školjki, ostrakoda, a u morskim je prisutan morski plankton.

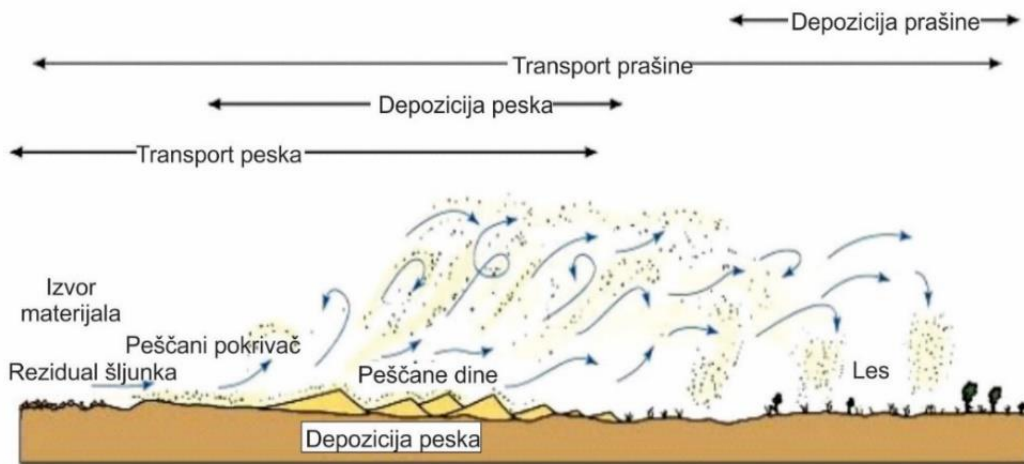
5.1.4. Pustinjski depozicioni sistem

Pustinjski sistem se vezuje za eolski proces koji je naziv dobio po grčkom Bogu čuvaru vetra *Æolus*-u u kome se talože pesak i prah nakon transporta vetrom. Eolski procesi se odnose na aktivnosti vetra i njegovu sposobnost da oblikuje površinu Zemlje i drugih planeta. Pustinjski sistem obuhvata neplodni region sa aridnom klimom u kojima usled visoke temperature i jako male količine padavina, potencijalni iznos isparavanja dvostruko premašuje atmosferilije (slika 5.13.).



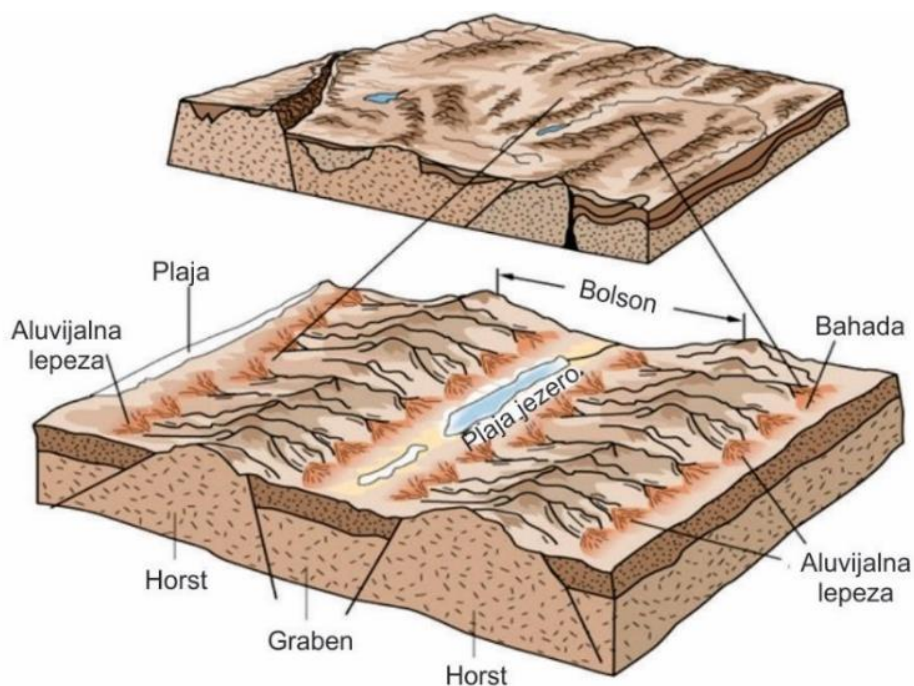
Slika 5.13. Pustinjska i stepska područja.

Vetar može erodovati, transportovati i deponovati materijal i predstavlja efektivni činilac u područjima retke vegetacije i velikog snabdevača nezvanim sedimentima (slika 5.14.). Eolski sedimenti (pustinje i plaže u blizini) – prepoznatljivi su po deponatima dina.



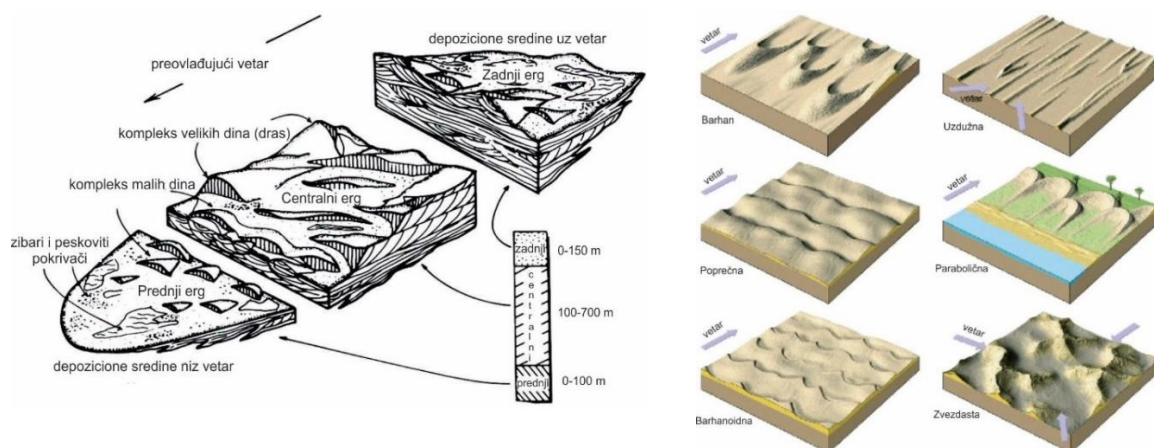
Slika 5.14. Transport i depozicija peska i prašine u pustinjskom depozicionom sistemu.

Pustinjski sistem čine tri podsistema - velike pustinje, bolsoni (slika 5.15.) i primorske pustinje. Glavne sedimentacione sredine i facije u pustinjama su suve (plavinske) lepeze, vadi, ergovi (slika 5.16.) i sabke i plaje.



Slika 5.15. Glavne sedimentacione sredine severnoameričkih bolsona.

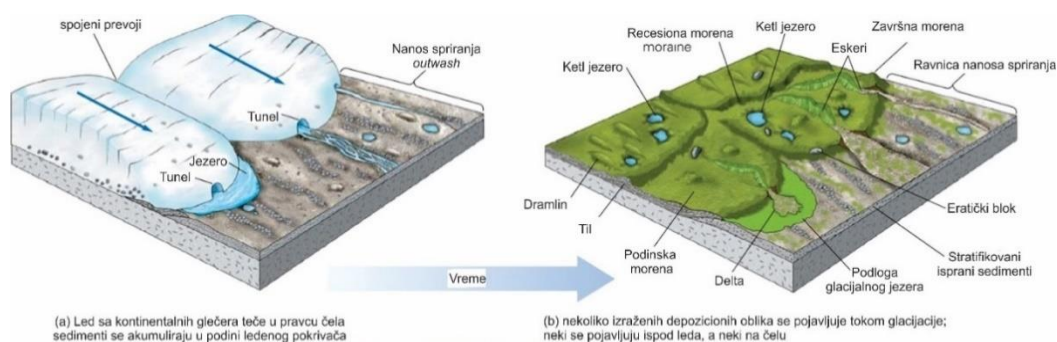
Pustinjski sistemi se prepoznaju po velikom geografskom rasprostranjenju, varijacijama u debljini od nekoliko centimetara do nekoliko stotina metara sa padovima u setovima od horizontalnih do 34° obično planarnim tabularnim laminama sa retkim talasima. Pojedine lamine su dobro sortirane, a oštrije razlike se mogu zapaziti u granulometriji susjednih lamina, veličinom zrna od alevrita do grubnozrnog peska (alevrita i glina ima ispod 5% u sedimentu), krupnim dobro zaobljenim zrnima peska sa matiranim kvarcnim zrnima, generalno bez liskuna, a zrna peska su često posledepoziciono presvučena žutim do crvenim skramama oksida gvožđa (getit ili hematit).



Slika 5.16. Model facije erga (levo), morfologija eolskih dina u odnosu na smer vetra (desno).

5.1.5. Lednički (glacijalni) depozicioni sistem

Period glacijacije je vremenski interval (hiljade godina) unutar koga je ledeno doba obeleženo hladnijim temperaturama i napredovanjem glečera, dok interglacijal predstavlja toplije vreme između vremena glacijacije. Lednici su prirodna nagomilanja leda nastalih kompaktijom i rekristalizacijom čvrstih atmosferilija koji se kreće (subglacijalno, englacijalno, supraglacijalno i proglacijalno) pod uticajem gravitacije. Ograničeni su klimatskim uslovima i nalaze se u područjima na velikim geografskim širinama i visokim planinskim predelima. U ledničke depozicione sisteme ubrajaju se sva područja koja su direktno povezana sa ledom i delovanjem glečera. Najznačajniji tip sedimentata ovog sistema su til (stari naziv morene) i stratifikovani drift, a oblici kami, kamske terase, drumlini, eskeri, sandr, eratički blok (slika 5.17.).

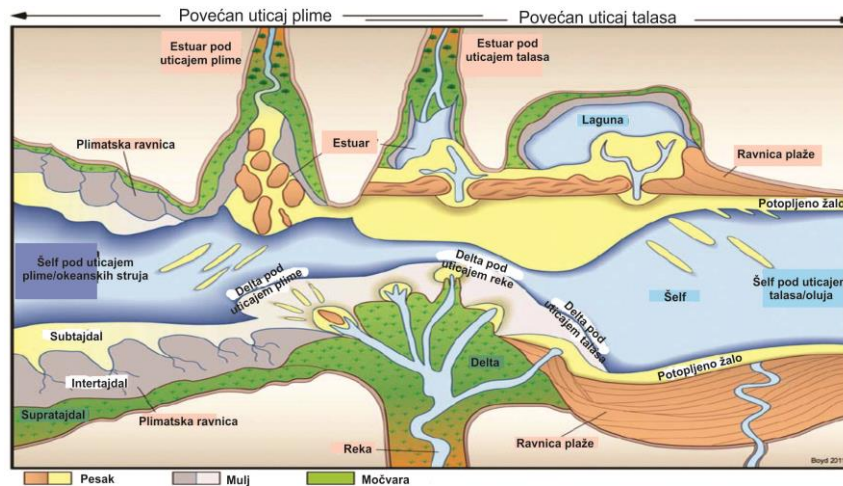


Slika 5.17. Glacijalni depozicioni oblici.

Postoji nekoliko podsistema koji se razlikuju po dimenzijama i glavnim sedimentnim sredinama. To su: dolinski, inlandajski, glacio-lakustrijski, glacio-marinski i lesni. Najpouzdaniji indikator glacijalne sredine je pojava tilita koji obično leže preko uglačane površine sa strijama i imaju specifičnu granulometriju, sortiranje, oblik fragmenata, strukturu, petrološki sastav, geometriju i dimenzije jedinica. Glacio-marinski sedimenti se mogu utvrditi prisustvom tilita, morskih fosila i *dropstone* blokova.

5.2. Prelazni depozicioni sistemi

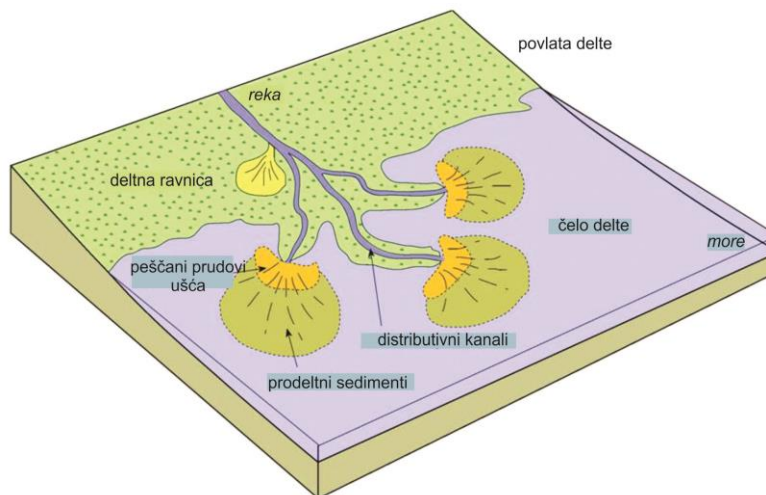
Prelazne sedimentacione sredine se nalaze između kontinentalnih i morskih i odgovaraju litoralnom regionu – prostoru najvišeg nivoa plime i najnižeg nivoa oseke. Sedimentni se mogu javiti i nešto iznad ove zone usled dejstva olujnih i uraganskih talasa kao i nešto ispod nje. U ove sisteme spadaju delte, estuari, plimatske ravnice, žala, barijerna ostrva i lagune (slika 5.18., tabela 3 u apendiksu).



Slika 5.18. Sredine prelaznog depozicionog sistema.

5.2.1. Delti depozicioni sistem

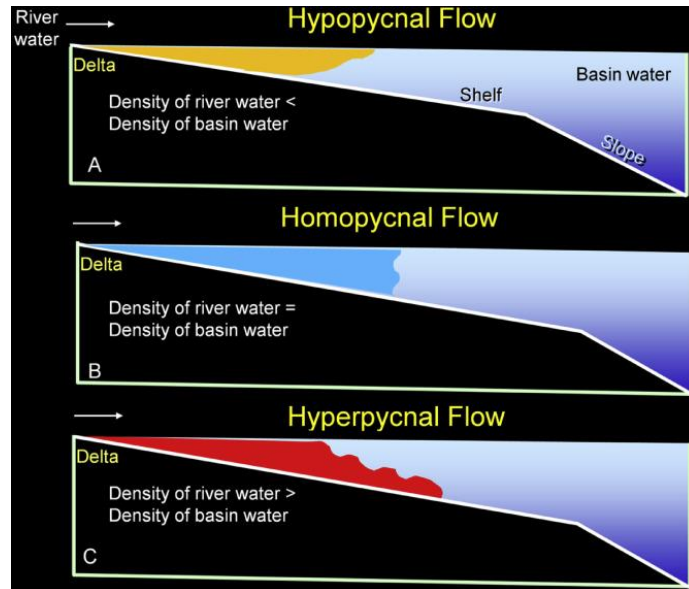
Rečna delta je oblik reljefa koji se formira na ušću reke u okean, more, jezero ili veštački rezervoar. Delte se formiraju depozicijom sedimenata koje nosi reka i koji tokom dugog vremenskog perioda formiraju karakteristične geomorfološke oblike (slika 5.19.).



Slika 5.19. Delti depozicioni sistem.

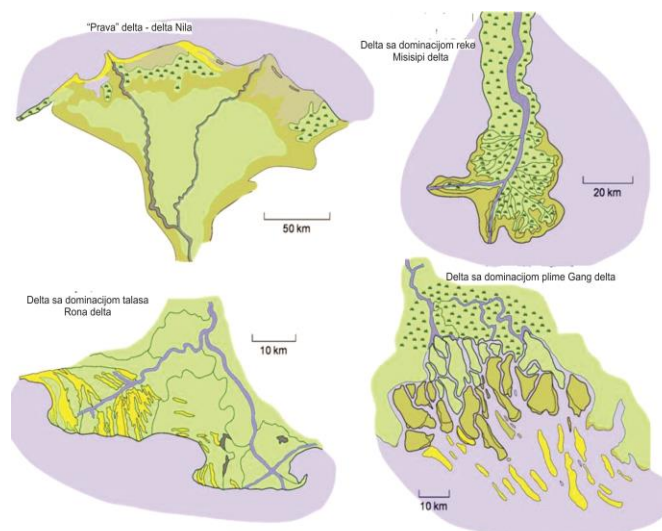
Prinos materijala je veći i brži od transporta, delte mogu biti malih dimenzija (jezerske), ali mogu zahvatati i hiljade km i imati debljinu od nekoliko km (Gang, Bramaputra, Niger). Velike svetske delte se ne pojavljuju na kolizionim granicama

velikih ploča, usled nedostatka većih drenažnih sistema i širokog i plitkog šelfa. Prinos sedimenata zavisi od klime i količine vode u drenažnom basenu. Kod deltnih sistema postoji tri tipa mešanja vode (Bates, 1953), hiperpiknalno – mutni tokovi, homopiknalno – Gilbert delta, jezerske delte, hipopiknalno – morske delte (slika 5.20.).



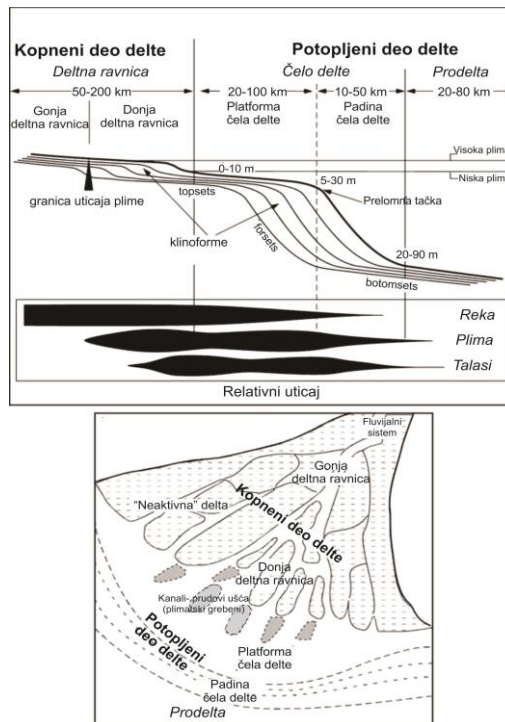
Slika 5.20. Različiti tipovi mešanja vode u deltnoj sredini. Hiperpiknalni tok (A) gde je gustina vode u basenu veća od one u rečnom toku, homopiknalni (B) gde je gustina u basenu i rečnom toku ista i hiperpiknalni (C) gde je gustina rečnog toka veća od one u basenu.

U zavisnosti od uticaja reka, talasa i plime razlikuju se tri podsistema - delte sa dominacijom reka, delte sa dominacijom talasa, delte sa dominacijom plima (slika 5.21.).



Slika 5.21. Deltne podsistemi u zavisnosti od uticaja reke, talasa i plime.

Deltne sistem je najkomplikovaniji od svih depozicionih sistema i podeljen je na tri dela: deltnu ravnicu, čelo delte i prodeltu (slika 5.22.).

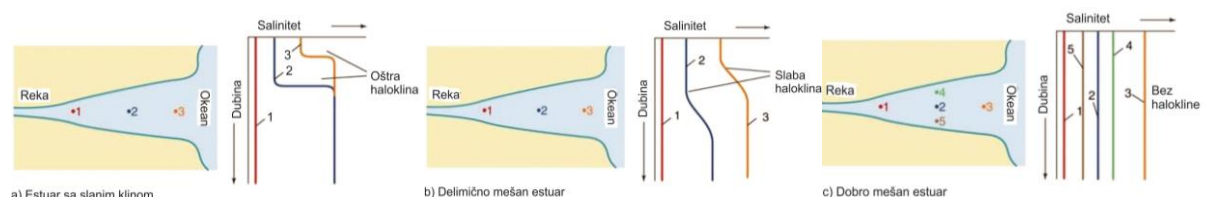


Slika 5.22. Elementi delte prikazani u profilu (gore) i planu (dole).

Delti sistem se prepoznaje na osnovu horizontalnog i vertikalnog odnosa facija i može se odrediti geološkim kartiranjem i snimanjem geoloških stubova na izdancima, jezgrima bušotina i metodom seizmike i geofizičkog karotaža. Opšti oblik delte je sigmoidalni klin ili sočivo ili razuđen sistem klinova. Delti sedimenti su veoma debeli i sadrže velike količine peščara/alevrolita i imaju sekvence koje ogrubljavaju naviše. Grubi klastiti su plitkovodni i transportovani trakcijom, a u manjoj meri su taloženi u dubljoj sredini gde su doneti mutnim tokovima. Paleotransport je generalno lepezast, a peščana tela su raspoređena prstasto ili lučno. U pelitskom donjem delu nalazi se morska, a u gornjem delu brakična i slatkovodna fauna i kopnena flora. Karakteristična osobina je velika količina biljnog detritusa, a javljaju se i pojedinačni slojevi i paketi slojeva uglja.

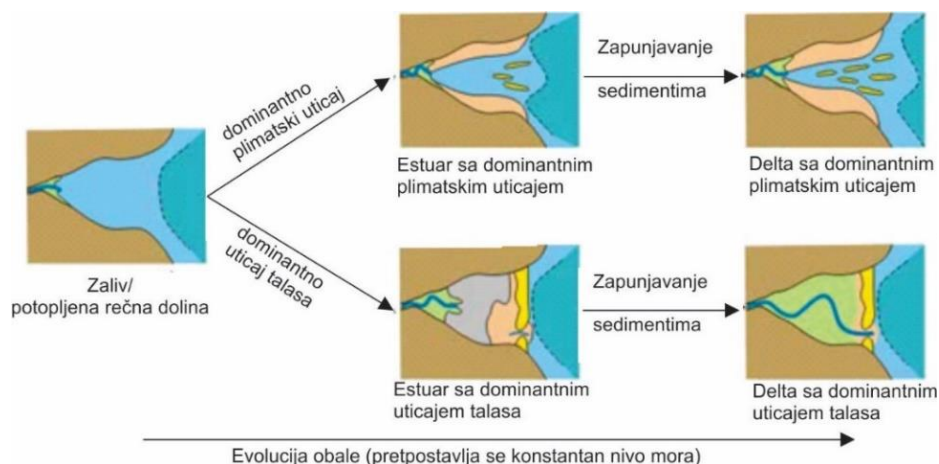
5.2.2. Estuarski depozicioni sistem

Predstavljaju rečna ušća u kojima morska voda ima promenljivi uticaj. Naziv su dobili od latinske reči *aestus* što znači plima i oseka. Pored tipičnih levkastih estuara ovom sistemu pripadaju fjordovi i limani. Estuari se po načinu mešanja slatke i slane vode mogu podeliti na dobro stratifikovane, delimično mešane i homogene (slika 5.23.).



Slika 5.23. Tipovi mešanja estuara sa profilom saliniteta.

Estuari kao i jezera imaju kratak geološki život i mnogi su usled faza razvića (slika 5.24.) pripisani drugim sistemima – posebno deltnim.

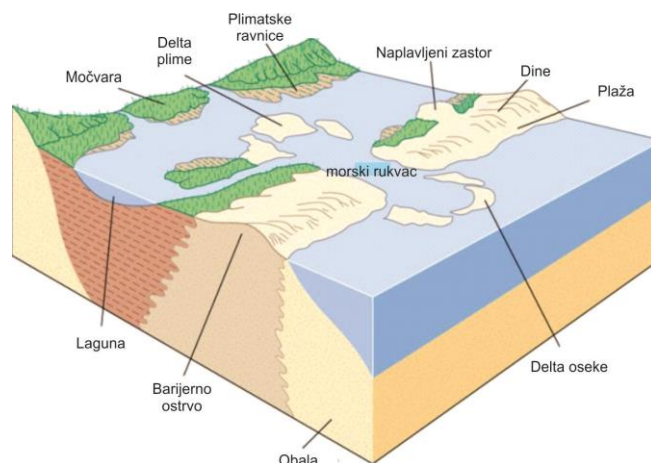


Slika 5.24. Faze razvića estuara.

Estuarske tvorevine imaju visok stepen očuvanja, prepoznatljivu opštu geometriju i mogu se odrediti uz pomoć izrade litofacijalne i geološke karte. Drugi važni kriterijumi su bimodalne direkcione teksture paleotokova, mnogobrojne reaktivacione površine koso slojevitih paketa, sekvence malih dimenzija (od dm do m) sa smenjivanjem sedimenata nastalih u različitim uslovima paleotransporta, ostaci morske, brakične i slatkovodne faune i njihova mešavina.

5.2.3. Depozicioni sistem plimatske ravnice (tidal flats, intertidal flats)

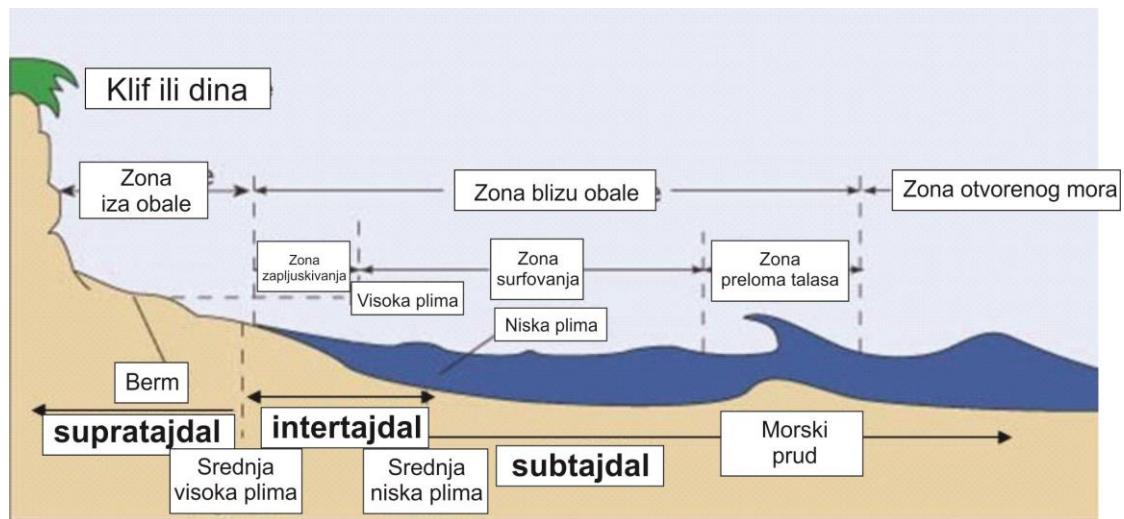
Ovi depozicioni sistemi zauzimaju područja sa niskim morskim obalama koja su za vreme plima poplavljena morem, a u vreme oseka uglavnom iznad mora (slika 5.25.). Neke obalske linije doživljavaju dve gotovo jednake plime i oseke svakoga dana i nazivaju se poludnevni. Druge lokacije imaju samo jednu plimu i oseku svakog dana i nazivaju se dnevne. Postoje i lokacije koje imaju dve nejednake plime u toku dana ili čak jednu plimu i jednu oseku u toku dana i nazivaju se mešovite plime.



Slika 5.25. Depozicione sredine plimatske ravnice, barijernog ostrva i lagune.

Raspon između nivoa najviše plime i najniže oseke utiče na širinu plimatske ravnice na kojoj se talože sitnozrni sedimenti: muljevi (gline, alevriti), sitnozrni peskovi. Postoje tri tipa savremenih plimatskih ravnica one zaštićene barijernim ostrvima (slika 5.25.), zatim u zaleđu zaliva i nezaštićene – otvorene prema moru. Glavni agensi u plimatskoj ravnici su plimatska kretanja morske vode, talasi i aktivnost organizama.

Glavne sedimentacione sredine plimatske ravnice su plimatski kanali i ravnice između kanala. U plimatskoj ravnici postoje tri zone visoki, srednji i niski pojas (slika 5.26.)



Slika 5.26. Zone priobalja, plimatske ravnice (intertidal) i plitkog mora.

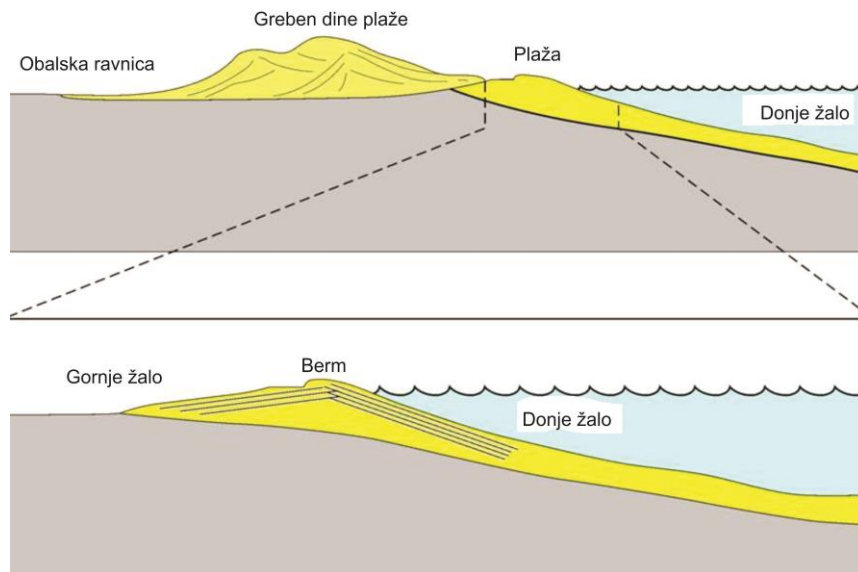
Sistem plimatske ravnice se može prepoznati po progradacionom (retki su retrogradacioni) karakteru sa smanjenjem veličine zrna nagore. Deponuju se pločasta do klinolika tela do nekoliko metara debljine koja su izdužena paralelno sa obalom, imaju lokalno rasprostranjenje i sastavljena su od glina, alevrita i sitnozrnih peskova siliciklastičnog porekla (karbonati su retki i vezani za ljuštore organizama). Karakteristične teksture su asimetrična kosa laminacija malih dimenzija, flazer, sočivasta i talasasta slojevitost, pukotine isušivanja i razni tipovi bioturbacija.

5.2.4. Depozicioni sistem žala (plaže) i barijernog ostrva (barrier island)

Žala i barijerna ostrva su dva najvažnija sistema linearnih klastičnih morskih obala, koja se međusobno razlikuju po tome što su žala uvek direktno naslonjena na kopno, dok su barijerna ostrva odvojena od kopna plitkim lagunama i po pružanju izdvojena poprečnim plimatskim rukavcima (slika 5.25). Ovi sistemi nastaju tamo gde je uspostavljen stalni prinos peska, gde talasi prenose pesak u pravcu obale, stvaraju priobalske struje koje transportuju pesak i menjaju svoj režim pod uticajem oluja. U plažama i barijernim ostrvima klastiti su dobro sortirani tako da peščane plaže imaju samo malo alevrita i šljunka, a šljunkovite malo peska. Klastiti vode poreklo iz susednih reka, sa lokalnih klifova i rtova, iz priobalja i od karbonatnih ljuštura životinja koje naseljavaju obalu.

Žalo predstavlja područje duž obale koje je karakteristično po peskovima ili sitnom šljunku. Idući od kopna ka moru ono je sastavljeno od gornjeg žala (*backshore*) i

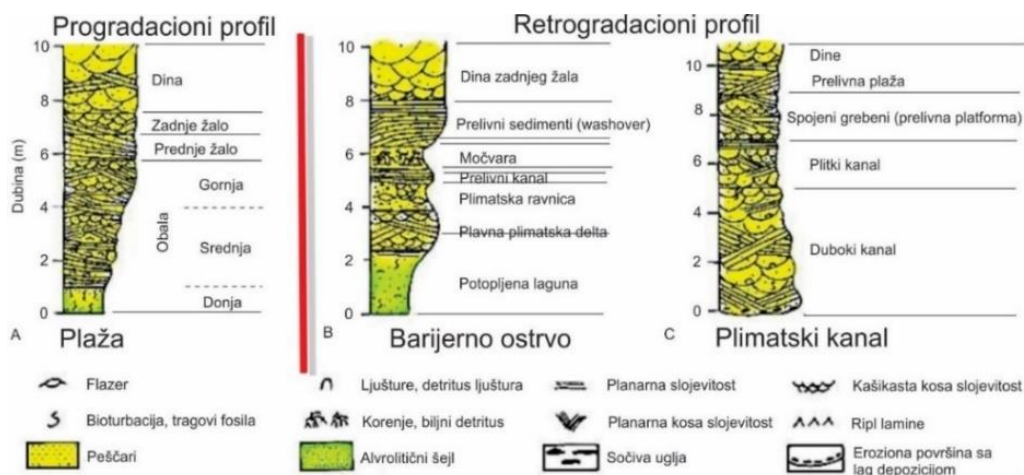
donjeg žala (*foreshore*) koje su odvojeni niskim grebenom - bermom (slika 5.27), potopljenog žala i prelazne zone.



Slika 5.27. Žalo i njegovi delovi.

Barijerna ostrva su linearna peščana tela velikih dimenzija (dužina preko 100 km, širina do 20 km, visina do 50 m) koja su paralelna sa obalom od koje su odvojena lagunama, estuarima, plimatskim ravninama i močvarama. U okviru barijernih ostrva razlikuju se zadnji deo barijernih ostrva, eolske dine i žalo, plimatski rukavci sa plimskom i osečnom deltom i podnožja barijernih ostrva (slika 5.25.).

Po Davis-u (1994) barijerna ostrva mogu biti transgresivna i regresivna gde regresivna i imaju sledeći redosled: glina i alevrit sa proslojcima finog peska bogatog bioturbacijama, finozrni pesak, laminiran ili masivan usled bioturbacija, sa fragmentima ljuštura (srednje potopljeno žalo), sitnozrni pesak sa blago nagnutom planarnom slojevitošću i ređim pojavama kose laminacije (gornje potopljeno žalo-donje žalo), eolski sitnozrni pesak sa kosom slojevitošću kašikastog tipa i dosta tragova korenja (slika 5.28.). Transgresivne sekvence imaju obrnut redosled facija.



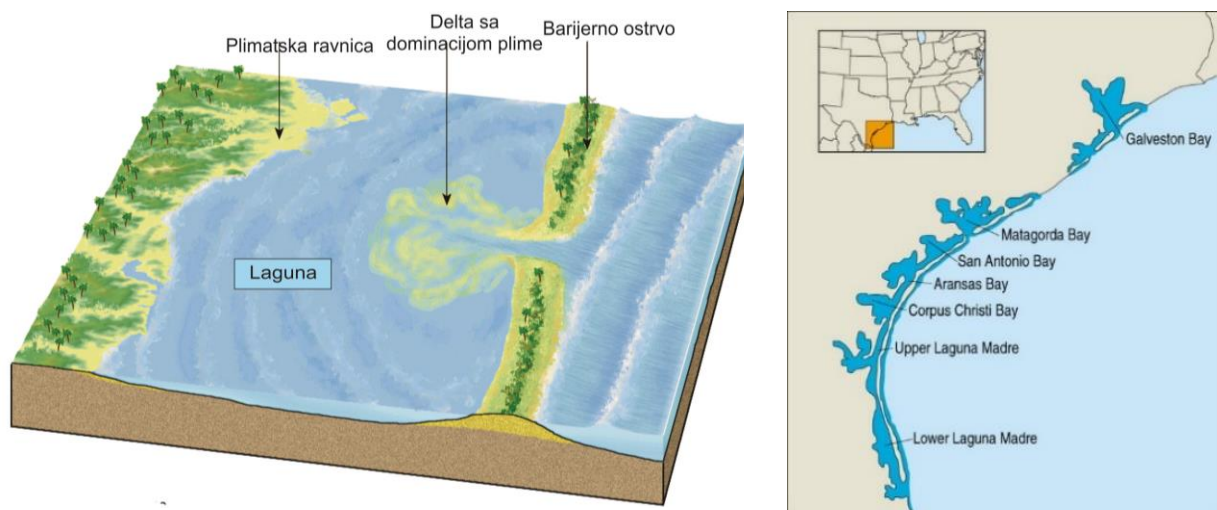
Slika 5.28. Progradacioni profil plaže/žala (*beach*) i retrogradacioni profili barijernog ostrva (*barrier island*) i plimatskog kanala (*tidal inlet*).

Nekadašnja žala pored toga što se uvek u geološkom stubu nalaze između kontinentalnih i morskih sredina mogu se raspoznati po sitno do srednjozrnom dobro sortiranom kvarcnom pesku koji može imati primese šljunkova i detritus ljuštura, sedimentima koji često imaju povećane koncentracije teških minerala, kosu slojevitost i teksture specifične za žala (talasni tragovi, tragovi zapljuskivanja i slivanja), ostruganim ostacima morskih organizama i biljnog detritusa i tragovima različitih organizama bušača.

Prepoznavanje barijernih ostrva je relativno lako usled njegovog specifičnog izduženog oblika velikih dimenzija paralelnog obali, mada je prepoznavanje njegovih pojedinačnih delova dosta složeno. Generalno su u pitanju klastiti sa pogrubljanjem zrna nagore, preovlađuju kvarcni peskovi, ali i biogeni karbonatni detritus može biti bogat kao i mnogobrojni i raznovrsni fosilni ostaci (tragovi bušenja).

5.2.5. Lagunski depozicioni sistem

Lagune su plitka, često izdužena vodena tela koja su odvojena od većeg vodenog tela (mora, okeana) barijernim ostrvom, grebenima, prevlakama, rtovima, ostrvima, koralnim grebenom ili sličnim oblikom (slika 5.25. i 5.29.). Usled izolovanosti, voda u laguni se razlikuje od vode u otvorenom moru, mada su one često sa morem povezane moreuzima, plimatskim rukavcima ili prelivanjem vode talasima za vreme olujnih vetrova.



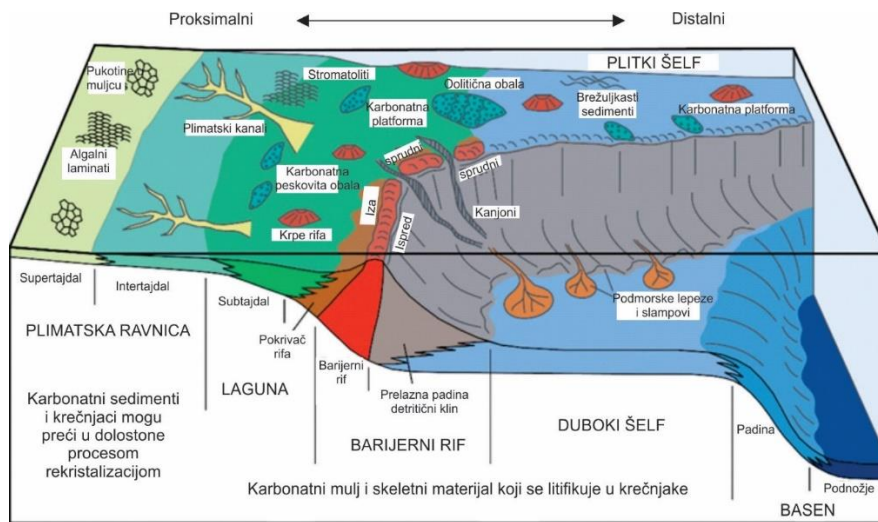
Slika 5.29. Laguna i susedni depozicioni sistemi (levo), laguna Madre, Texas (desno).

U lagunama se deponuju sitnozrni, muljeviti ili karbonatni sedimenti. Usled male energije depozicione sredine dolazi do sporog taloženja tankolaminirane smene glina, muljeva i alevrolita. Pored toga u njima se često deponuju i anhidrit, so, gips naročito u hiperslanim lagunama.

Najlakše prepoznavanje lagunskih sedimenata je kada se oni posmatraju kao deo velikog sistema gde su povezane sa transgresivnim barijernim ostrvima, plimatskim ravnicama i primorskim močvarama. Pored toga one su prepoznatljivije po evaporitskim mineralima, preovladavanju sitnozrnih klastita sa finom paralelnom laminacijom i slojevitošću, retkim tragovima talasa i struja, bogatoj jednoličnoj fauni i relativno maloj debljini geološkog stuba (do 10 m).

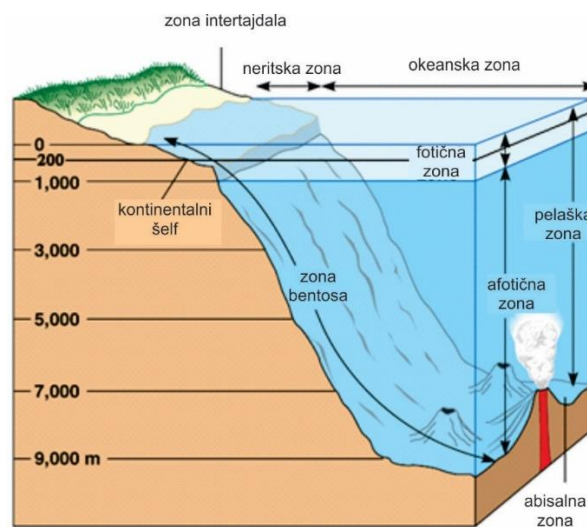
5.3. Morski depozicioni sistemi

Morske depozicione sredine se nalaze ispod najnižeg nivoa oseke i uvek se nalaze pod uticajem submarinskih uslova (tabela 4, apendiks). Najznačajniji sistemi su plitkomorski (sublitoralni) i dubokomorski (okeanski) (slika 5.30.). Plitkomorski sistemi se dele na siliciklastične i karbonatne sisteme kontinentalnog šelfa, dok se dubokomorski sistemi dele na sisteme kontinentalne padine (podnožja) i abisalne ravnice.



Slika 5.30. Geološki model prelaznog, plitkomorskog (shallow shelf) i dubokomorskog (deep shelf) sistema.

Plitkomorski sistemi se nalaze u sublitoralu odnosno između donjeg kraja potopljenog žala (oko 5 m) i oboda kontinentalnog praga (oko 200 m), (slika 5.31.).



Slika 5.31. Profil dubine vode i podela na zone.

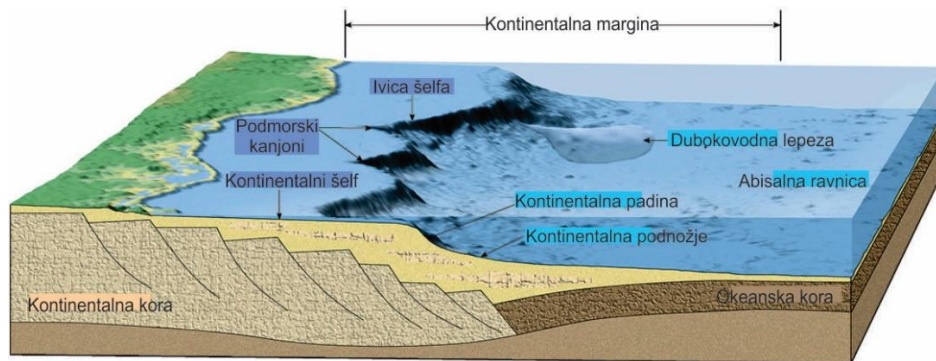
Plitkomorski šelf je po pravilu blago nagnuto područje ($0,5-1^\circ$) na dnu perikontinentalnih, ali i epikontinentalnih mora, širine od više desetina do nekoliko stotina kilometara. Ova sredina je domaćin za mnoge organizme koje ostavljaju svoj trag u vidu ooida, tragova kretanja, bušenja i mnogih drugih. Velika većina ovih

fosilnih zapisa se može naći kada se plitkomorska sredina, koja je bila bogato naseljena živim organizmima, litifikuje.

Plitkomorske sredine nisu isključivo sačinjene od siliciklastičnih ili karbonatnih stena. Iako one ne mogu uvek da koegzistiraju, moguće je imati plitku morsku sredinu sačinjenu isključivo od karbonatnih sedimenata ili onu koja je sačinjena samo od siliciklastičnih sedimenata.

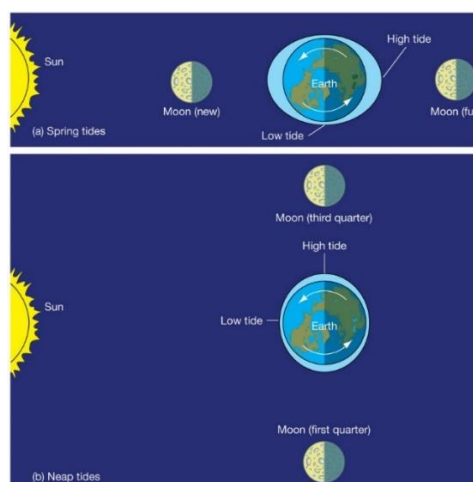
5.3.1. Plitkomorski klastični (siliciclastic shorelines) depozicioni sistemi

Plitkovodni siliciklastični sistemi koji nastaju na šelfovima (slika 5.32.) mogu se podeliti na one pod uticajem oluja, pod uticajem talasa i sa mešanim olujnim i plimatskim uticajem. Mogu se izdvojiti dva geomorfološka tipa plitkomorskih klastičnih obala – oni na obodnim (perikontinentalnim) morima i ona na epikontinentalnim (epeiričkim) morima. Prvi imaju blago, manje više ravno dno, omogućen prinos siliciklastičnog materijala sa kopna i otvorenu, stalnu i jaku vezu sa otvorenim morem (oceanom), a druga imaju omogućen prinos siliciklastita sa svih strana dok je veza sa otvorenim morem slaba ili nikakva.



Slika 5.32. Podela zona u morskom sistemu.

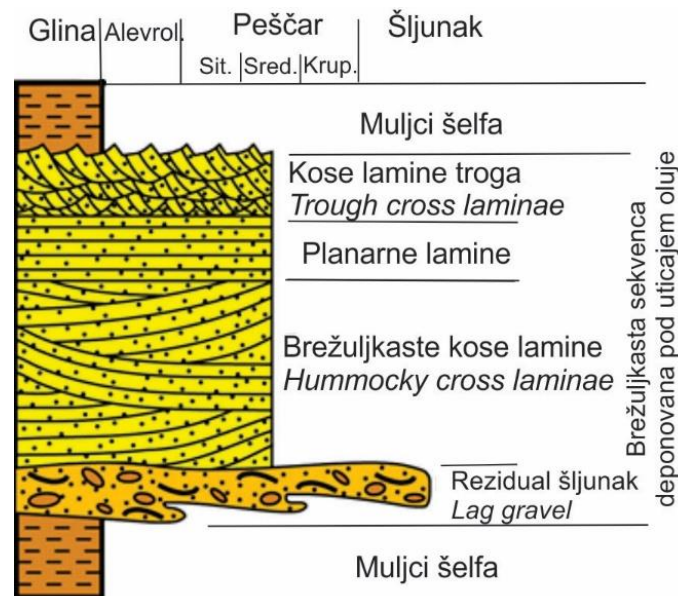
U plitkomorskim klastičnim sredinama jak uticaj imaju fizički, hemijski i biološki procesi. Svakako su najvažniji fizički sa plimom i osekom (slika 5.33.), talasima i morskim strujama.



Slika 5.33. Uticaj meseca na plimu i oseku, a. najviša plima (prolećna plima - spring tides), b. najniža plima (kvadrturna plima - neap tides).

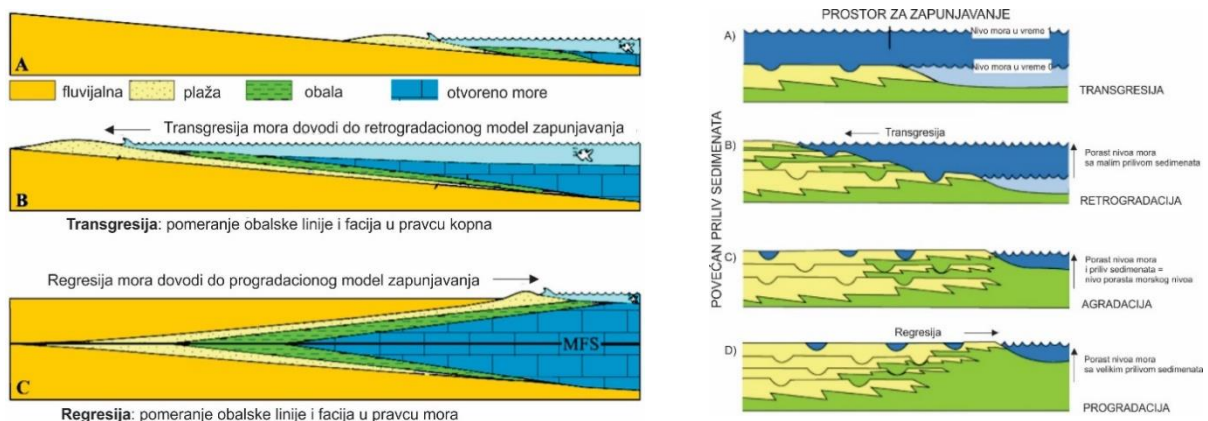
Po Johnson-u (1978) u savremenim i fosilnim siliciklastičnim sistemima razlikuju se sledeće litofacije- peščarska (90-100% peska), sa tri subfacije: kosom slojevitošću i laminacijom (Sa), paralelnom laminacijom (Sb), kosom laminacijom (Sc), Heterilitička litofacija (H) (10-90% peska), sa tri subfacije: sa preovladavanjem peska (Ha, 75-95%), mešana (Hb, 50-75% peska) i sa preovladavanjem mulja (Hc, 10-50% peska) i muljna litofacija (M) sa dve subfacije: uljevi sa tankim slojevima alevrita, peska, bioklastičnih krečnjaka (Ma) i muljevi sa raštrkanim ostacima fosila (Mb).

Plitkomorski siliciklastični šelfovi se dele na sisteme šelfova pod dominacijom oluja (slika 5.34.), sisteme šelfova pod plimatskom dominacijom i sisteme šelfova sa mešanim olujnim i plimatskim uticajima.



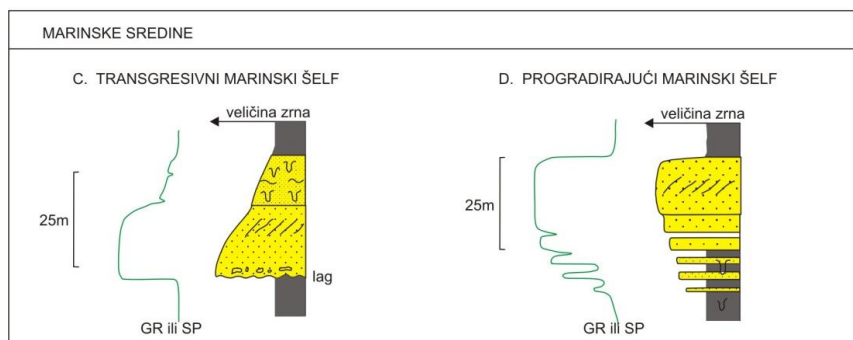
Slika 5.34. Idealna sekvenca facija kod šelfa pod dominacijom oluja, Bevis 2014.

Sukcesija sedimenata na plitkom siliciklastičnom šelfu zavisi od faze u kojoj se odvija sedimentacija i može biti transgresivna ili regresivna (progradaciona ili agradaciona), (slika 5.35.). U uslovima agradacije deponuju se debele sekvence čiji tip sedimenata zavisi od dubine dna i prinosa materijala – na dubljem šelfu nastaju debeli muljevi, a na mestima obilnog prinosa terigenog materijala mnogo peska i alevrita.



Slika 5.35. Sukcesije sedimenata na siliciklastičnom šelfu, model po Catuneanu, 2002, MFS -maksimalna površina plavljenja (levo), i Posamentier and Allen, 1999 (desno).

Sredine plitkomorskog siliciklastičnog šelfa imaju veliko geografsko rasprostranjenje i tabularnu geometriju. Pretežno su sačinjeni od kvarcnih zrna i minerala glina, zatim fragmenata stena i feldspata i malo karbonata biogenog porekla. Sekvence imaju dva jasno izražena trenda: sa usitnjavanjem zrna na gore (transgresivni šelf), i sa ukрупnjavanjem zrna na gore (progradacioni šelf) (slika 5.36.).

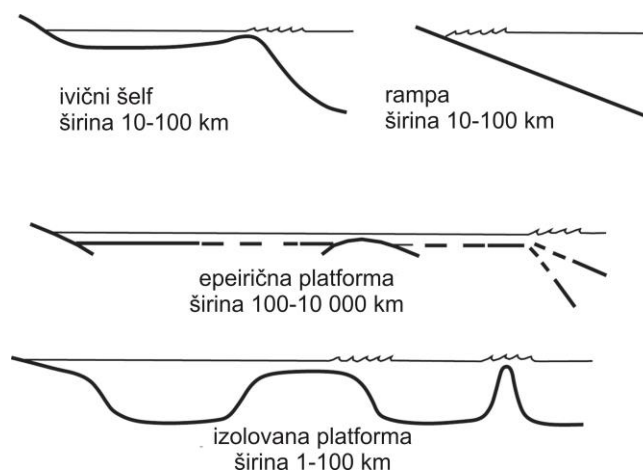


Slika 5.36. Facije određene na osnovu oblika krive GR ili SP, Rider 1996.

Ovi sedimenti su bogati fizičkim strukturama (pločasta slojevitost, talasasta i druge vrste kose slojevitosti), bioglifima (*Cruzina*, *Zoophycus*, delimično *Scolithos*, *Nereites* i dr.) i bioturbacijama. Različiti minerali glina se javljaju na određenim delovima šelfa u zavisnosti od dubine - šamozit (sublitoral), glaukonit (ispod sublitorala) i fosforit (ispod i iznad). Karakteristična brežuljkasta kosa slojevitost nastaje između normalne i olujne talasne baze. Najbolji indikatori sublitoralnih sedimenata su fosili – biljni ostaci, korali, briozoe. Stenohalinski beskičmenjaci – bentoski foraminiferi, sunđer, brahiopodi, većina školjaka i puževa, zglavkari, bodljokošci i dr.

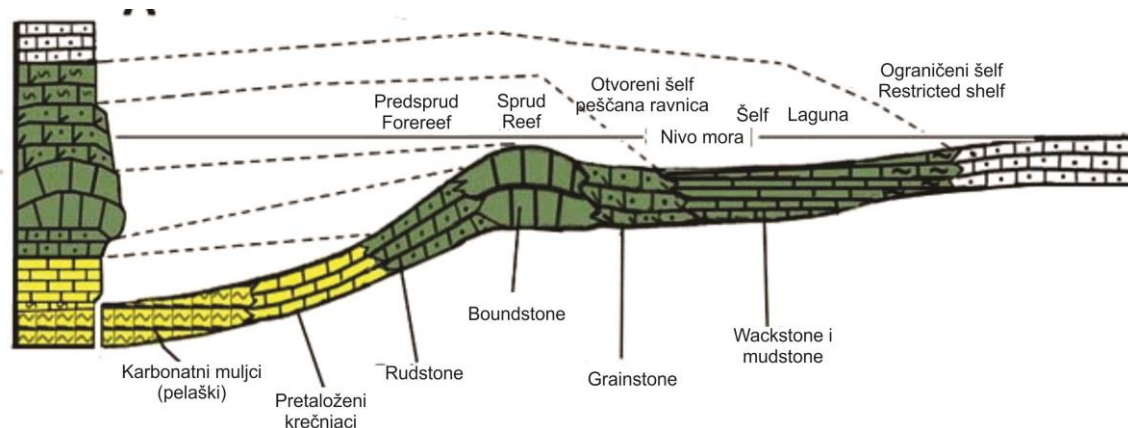
5.3.2. Plitkomorski karbonatni depozicioni sistemi

Karbonatni plitkovodni sistemi se razlikuju od siliciklastičnih pre svega po tome što su autohotni. Na osnovu geotektonskih karakteristika razlikuje se pet različitih kategorija karbonatnih platformi: obod (ivica) šelfa (*rimmed shelf*), rampa (*carbonate ramp*), epeirička platforma (*epeiric platform*), izolovana platforma i potopljena platforma (*drowned platform*) (slika 5.37. i 5.38.).



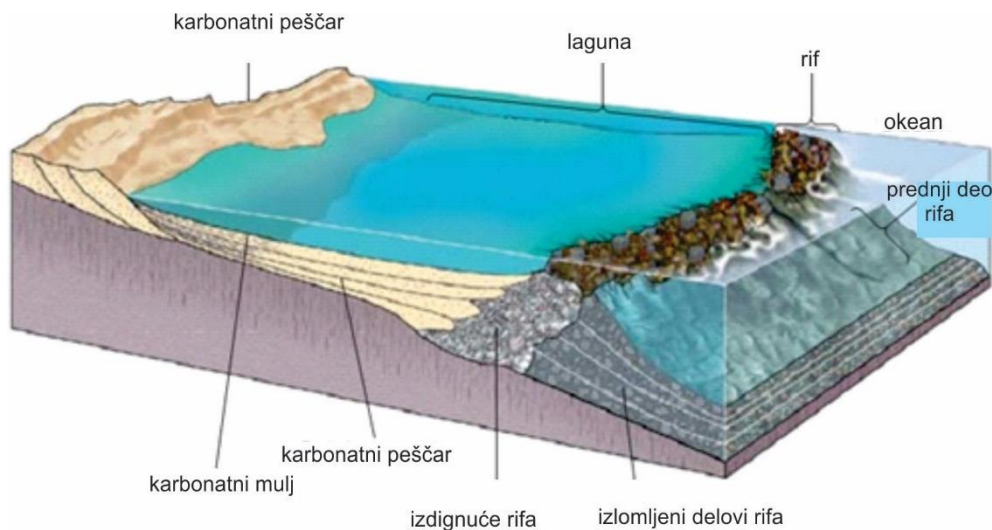
Slika 5.37. Skica glavnih kategorija karbonatnih platformi, Tucker and Wright, 1990.

Najveći deo karbonatnih sedimenata nastao je u sredinama karbonatne platforme pod kojom se podrazumeva prostrano područje na kome su dugotrajno vladali uslovi taloženja plitkovodnih karbonatnih sedimenata što dovodi do velike debljine sedimenata. Najveći uticaj na njihovo razviće imaju tektonika i klima.



Slika 5.38. Delovi Arapske platforme.

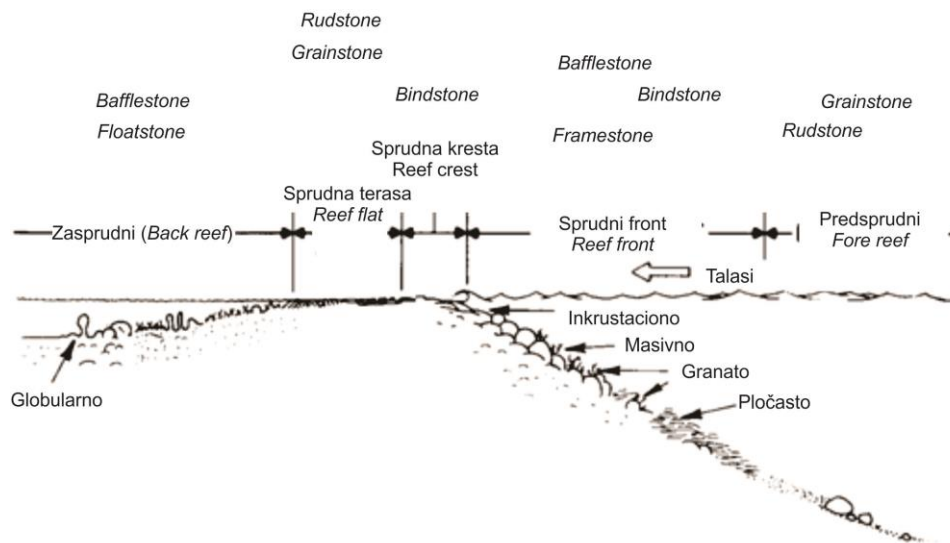
Glavne sredine plitkovodne karbonatne sedimentacije su predstavljene organogenim sprudovima (rifovima), organogenim humovima, skeletnim i neskeletnim peskovima i krečnjačkim muljevima i peloidima (slika 5.39.).



Slika 5.39. Karbonatni plitkovodni sistem.

Organogeni sprud je krečnjački deponat nastao na mestu od sesilnih organizama koji je istaknut u reljefu, tvrd i otporan na rad talasa (slika 5.40.). Bioherm predstavlja nagomilanje organogene materije u vidu nepravilnih sočiva, dok je biostroma nagomilanje u vidu slojeva. Sprudovi se razvijaju u toploj, bistroj, plitkoj i ustalanoj morskoj vodi. Najpotpunije su razvijeni na obodnim stranama šelfa, otvorenim prema okeanu i karbonatnih platformi, gde su vetar i talasi postojani i upravljani prema kopnu. Različiti organizmi su tokom geološke istorije stvarali sprudno jezgro – briezoe, stromatoporidi i tabularni korali (srednji i gornji ordovicijum), korali i stromatoporidi (gornji trijas i gornja jura), rudisti (gornja kreda) i skleraktinijski korali (neogen). Materijal sprudova čine (Embry and Klovan, 1971) biolititi - *bafflestone* –

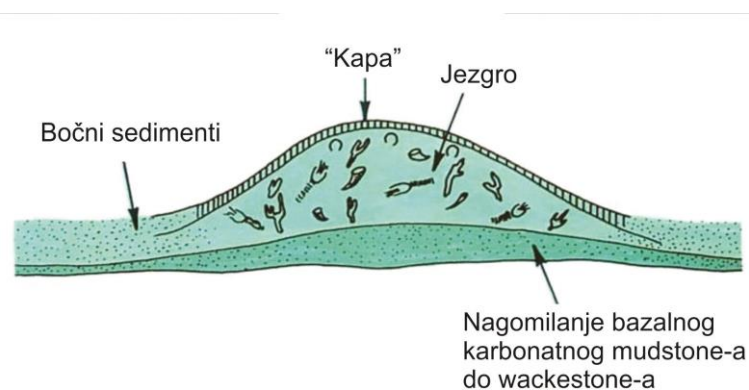
stabilno pričvršćeni vertikalni i razgranati skeletni organizmi (hermatipski koralni), *bindstone* – organogene inkrustacije (koralne alge), *framestone* – jako masivni skeleti (neki koralni) i biogeni detritus – talasima i organizmima lomljeni i mrvljeni organogeni skeleti. Sprudovi u odnosu na kopno mogu biti obodni, barijerni i atoli.



Slika 5.40. Profil hipotetičkog spruda na kome su prikazani različiti morfološki oblici sprudotvoraca, James 1981.

Organogeni hum (*reef mounds*) nastaje u mirnim vodama iza barijernih sprudova ili na šelfu sve do njihovih margina pa čak i u dubljim basenima. Čini ga loše sortiran bioklastični krečnjački mulj sa manjom količinom *boundstone*-a. Preovlađuju ostaci algi, briozoa, sunđer, crva i koralni, a ranije su značajnu ulogu imali i ehinodermati. Razlikuju se od organogenih sprudova po tome što nemaju jasno organizovan karkas. U fosilnom stanju imaju izgled sočiva i nepravilnih nejasno slojevitih ili neslojevitih krečnjačkih tela metarskih dimenzija. Mogu biti: algalni, briozojski, krinoidni, stromatoporodni itd.

Po James-u (1981) organogeni humovi se sastoje iz četiri dela bazalno nagomilanje bioklastičnog karbonatnog materijala i *wackestone*-a, debelog masivnog krečnjačkog jezgra od *mudstone*-a i *bafflestone*-a, padinskih uslojenih bioklastičnih krečnjaka i tankog pokrivača huma od inkrustacionih ili lamelarnih oblika i ispranog krečnjačkog peska („kapa“) (slika 5.41.)



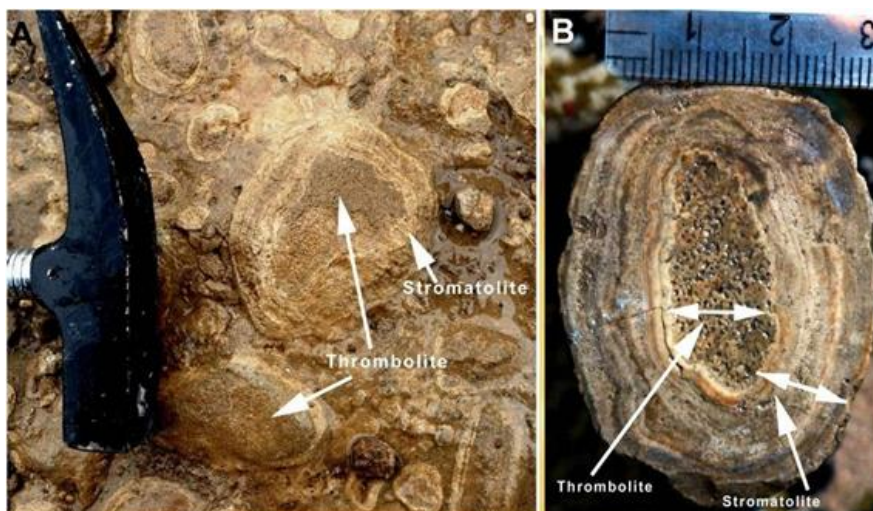
Slika 5.41. Profil kroz hipotetički organogeni hum sa geometrijom raznih facija (James, 1981).

Skeletne peskove čine zrna arenitskih dimenzija nastala od karbonatnih skeleta organizama (slika 5.42.). Ona vode poreklo od algi, foraminifera, koralala, mekušaca, briozoa i ehinodermata. Javljaju se u vidu peščanih pojaseva u gornjim delovima otvorenog šelfa i uz marginalne barijerne sprudove. Formiraju se direktnim taloženjem ljušturica ili drobljenjem krupnijih skeleta. U priobalnim pojasevima peskovi se nagomilavaju talasima i olujama u vidu priobalskih grebena raznih tipova. Transport skeletnih peskova nije veliki, a sortiranost, zaobljavanje i promena oblika zrna nije dobro izražena. Mogu biti rasprostranjene bioturbacije i nema mnogo tekstura fizičkog porekla.



Slika 5.42. Skeletni pesak sačinjen od ljušturica organizama i njihovih delova.

Neskeletnim peskovima pripadaju ooidi, onkoidi (slika 5.43.), peloidi, agregati i krečnjački klastiti. Savremeni ooidi se formiraju u veoma pokretnoj vodi plićoj od 5 m. Glavni fizički agens su plimatske struje. Radijalna građa ooida ukazuje na sredine niske energije dok se tangencijalni formiraju u visoko hidrodinamičkim sredinama.



Slika 5.43. Onkoidi (levo) i ooidi (desno) spadaju u obavijena zrna.

Ooidi su nastali ili čistim obaranjem CaCO_3 iz vode ili biološkim procesima. Nastaju obaranjem aragonitskih zrna koje sledi obavijanje ooida sluzavom organskom materijom, najverovatnije algalnog porekla. Ooidi, njihovi agregati i peloidi mogu da

nastanu i opstanu samo u vodi koja ima temperaturu višu od 15 C°. Onkoidi predstavljaju obavijena zrna sa nepravilnim karbonatnim mikrocentrima koja imaju biogeno poreklo i nastaju obavijanjem briozoa, korala, foraminifera, serpulida i algi. Krečnjačke muljeve i peloide (slika 5.44.) čine igličasta i prtkasta mikritska zrna aragonita. Većinom se nalaze u sredinama zaštićenim od jakih talasa i olujnih udara na dubini do 4 m. Mikriti mogu voditi poreklo od usitnjavanja detritusa ljuštura, nedovoljno učvršćenih igličastih zrna iz oklopa zelenih krečnjačkih algi i obaranjem iz morskih zasićenih rastvora. Krečnjački muljevi su obično jako prerađeni infaunom i korenima morskih trava i dominiraju u zaštićenim lagunama i dubljim spoljašnjim marginama otvorenih šelfova. Peletizovani karbonatni mulj ukazuje na plitku vodu i veoma nisku energiju sredine.



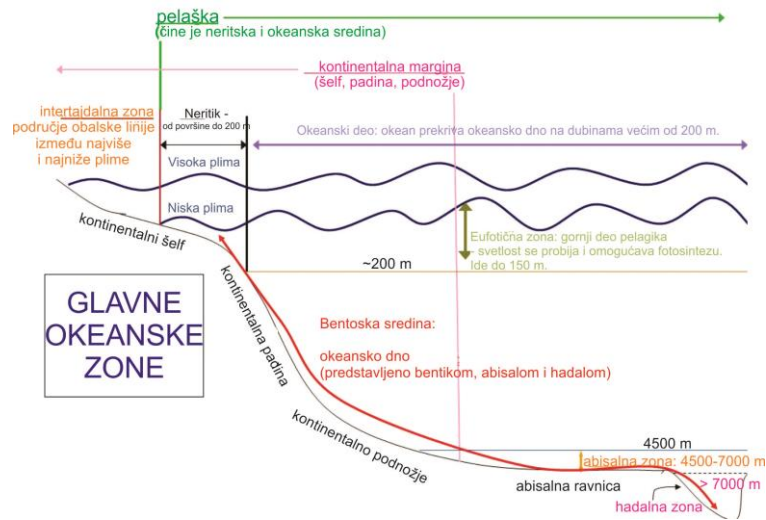
Slika 5.44. Mikrit (levo) i peloidni mulj (desno).

Sedimenti otvorenog šelfa su predstavljeni uslojenim skeletnim i neskeletnim krečnjacima bez ili sa organogenim humovima. U zavisnosti od klimatskih uslova mogu se deponovati dolomiti i evaporiti – suva klima, i siliciklastiti – humidna klima. Ovaj sistem pokazuje fini postepeni bočni prelaz priobalskih, plitkovodnih i basenskih karbonata. Sedimenti organogenih sprudova i humova se izdvajaju po tome što sadrže tri dela. Primarno koso slojevite predsprudne bioklastične sedimente relativno duboke vode, masivno sprudno jezgro sa karakterističnom sprudnom rešetkom (karkasom) i zasprudni deo dobro uslojenih fino-zrnih krečnjaka iz pliče, mirnije sredine. Karbonatne platforme su prepoznatljivije po tabularnim geološkim telima jako velikih dimenzija (hiljade km) koje je moguće konstatovati samo uz pomoć geološkog kartiranja velikih prostora.

5.3.3. Dubokomorski depozicioni sistemi

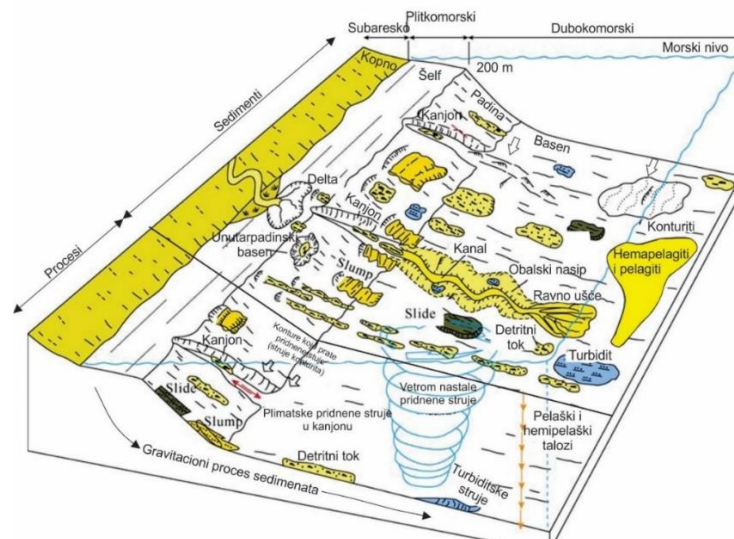
Pod dubokomorskim sistemima se uglavnom podrazumevaju okeanski regioni s obzirom da se samo u njima mogu naći svi elementi ovog sistema. Područje kontinentalne padine i podnožja se nalazi na dubinama 200 – 4500 m, abisalno dno na 4500-7000 m, a hadalni trogovi ispod 7000 m (slika 5.45.). Svaki od ovih delova ima svoje specifične osobenosti. U okviru kontinentalne padine i podnožja mogu se izdvojiti otvorena padina, podmorski kanjoni, dubokomorske lepeze i padinski zastori. Na abisalnoj ravnici se nalaze aseizmički grebeni, platoi, gijoi i vulkani. Svi delovi dubokomorskog sistema su prisutni samo u velikim okeanima, a njegovi sedimenti imaju veću geografsku rasprostranjenost od ostalih. Veći deo sedimenata

dospeva sa strane a ne vučenjem po dnu, a organogeni talozi iz sistema su široko rasprostranjeni.



Slika 5.45. Glavne okeanske zone.

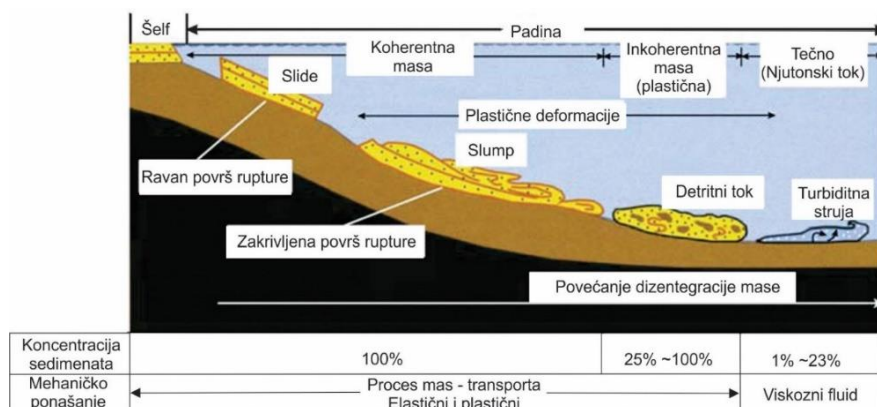
Kao i u plitkomorskim i u dubokovodnim sredinama glavni procesi su fizički (okeanske struje i gravitacija – odroni, kliženje, gravitaciono tečenje), hemijski (rastvaranje kalcijum karbonata, oksidacija, obogaćivanje iz hidrotermalnih rastvora vulkana) i biološki (produkcija, degradacija i preraspodela čestica i učešće u produktima raspadanja i poluraspadanja). Glavne facije dubokomorske sredine su odroni, klizišta (*slide and slump*), tokovi drobine (*debris flow*), turbiditi, konturiti, pelagiti (karbonatni, silicijski, glinoviti pelaški mulj), crvena dubokomorska glina i melanž (hemipelagiti, feromanganske konkrecije) (slika 5.46.).



Slika 5.46. Facije dubokomorske sredine.

Odroni su veliki blokovi starijih stena poreklom sa obale ili iz sedimenata kontinentalnog praga i padine koje obično prate tokovi drobine. Naročito su česti i dobro izraženi odroni krečnjaka – olistoliti.

Klizišta se formiraju od polukonsolidovanih taloga u podmorskim kanjonima i lepezama, a posebno u gornjim delovima kontinentalnih padina. U njima se razlikuje - glava sa depresijom nastala istežanjem, neporemećeno telo i stopalo (rep) sa kompresionim strukturama koja prema načinu deformisanja mogu biti koherentna i nekoherentna (slika 5.47.).



Slika 5.47. Gravitacioni procesi u dubokomorskim sredinama.

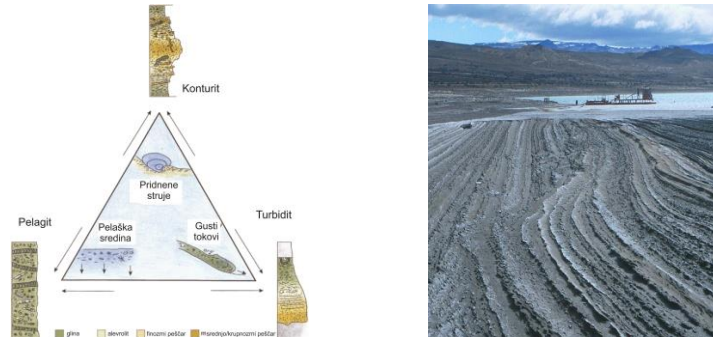
Tokovi drobine nastaju mehanizmom tečenja drobine koja vodi poreklo sa šelfa, sačinjeni su od drobine koja u velikoj meri učestvuje u gradnji podmorskih lepeza, ali se javlja i van njih. Može se transportovati nekoliko stotina km i prekrivati prostore od mnogo hiljada km². Sastoji se od haotično razmeštenih klastita (fragmenti, blokovi, olistoliti) i matriksa (mulj, alevrit i pesak). U krajnjim slučajevima ova facija može biti sačinjena isključivo od klastita ili (jako retko) matriksa mulja. Drobina je krečnjačka u prednjim padinama i podnožjima karbonatnih platformi, velikih barijera i atola. Turbiditi nastaju sedimentacijom iz mutnih (turbiditnih) tokova (slika 5.48.) Ovakav tok nastaje kao posledica iznenadnog događaja, većinom se usmereno kreće kroz podmorski kanjon da bi se kasnije proširio u podnožje padine i abisalnu ravninu.



Slika 5.48. Idealizovana Boumina sekvenca (levo), devonski Becke-Oes turbiditi, Nemačka (desno).

Delovi turbidita su - 1. glava koja ima najveću gustinu i pri kretanju eroduje prethodno nastale taloge, kreće se brže od tela, 2. telo koje ima dosta miran tok, prekriva neravnine na morskom dnu i 3. rep, razređeni deo turbiditnog toka. Po mestu nastanka dele se na proksimalne (bliži izvoru) koje imaju deblje slojeve, krupnozrniji su, imaju visok pesak/glina odnos, erozione kanale i distalne (dalje od izvora) koji imaju tanje slojeve i fino zrniji su. Turbiditi mogu ostati očuvani samo u

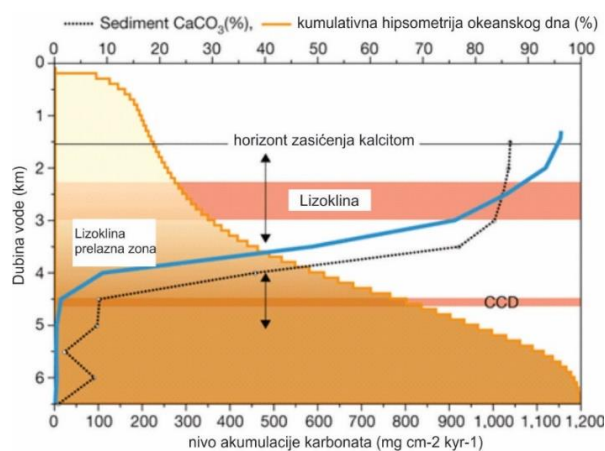
relativno mirnoj okeanskoj sredini ispod donje granice uticaja talasa. Bouma (1962) je konstruisao model kompletne turbiditne sekvence. Konturiti (slika 5.49.) nastaju uticajem zapadne konturne potpovršinske struje nastale termohalinskim spuštanjem arktičkih voda prema ekvatoru koje se kreću postojano i horizontalno (paralelno sa izobatama).



Slika 5.49. Trokomponentni dijagram sa prikazom depozicione sredine i sedimenta koji u njima nastaju (levo), konturiti Cardiel, Argentina (desno).

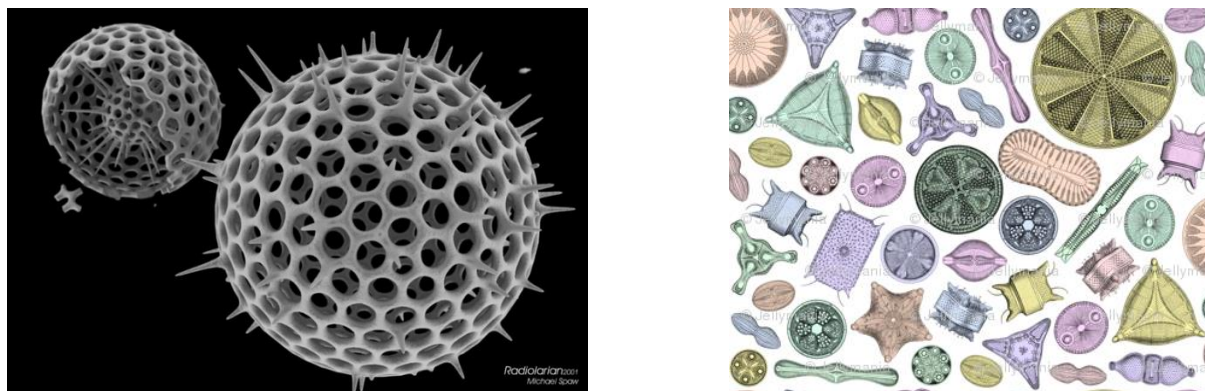
Na uzvišenjima kontinentalnog podnožja struje dostižu brzinu dovoljnu da eroduju rastresiti materijal i transportuju suspenziju. Oni se sastoje od sitnozrnih siliciklastita koji imaju jako malo matriksa, dobro sortiranje, tanke slojeve sa oštrim graničnim površinama, kosu laminaciju (istaknuta teškim mineralima) i normalno ili inverzno gradiranje.

Karbonatni pelaški muljevi nastaju isključivo polaganim obaranjem čestica (spora akumulacija 2-50 mm za 1000 godina) iz vodenog stuba. Materijal je litogenog, biogenog (karbonatnog i silicijskog), hidrogenog (autigenog) i kosmičkog porekla. Prisutne su mnogobrojne biogene strukture: *Chondrites*, *Planulites*, *Zoophycus* i dr.. Karbonatni pelaški mulj je sačinjen od ljušturica foraminifera (najrasprostranjeniji), kokolitoforida, pteropoda (samo u plićim delovima tropskih regiona zbog ACD) i nekarbonatnog materijala. Rasprostranjenje karbonatnog pelaškog mulja je određeno geografskom širinom (60° severno i južno od ekvatora) i položajem CCD (slika 5.50.). Danas se deponuju na srednjookeanskim grebenima, aseizmičkim grebenima, padinama karbonatnih platformi i malim okeanskim basenima.



Slika 5.50. Dijagram kalcitske kompenzacijske dubine (CCD) sa prikazanom pozicijom horizonta zasićenja kalcitom (calcite saturation horizon) i lizoklinom. Isprekidana crna linija predstavlja kalcijum karbonatne sedimente, plava nivo akumulacije karbonata.

Silicijski pelaški mulj sadrži više od 30% silicijskih ljušturica, ali može da ima i do 30% karbonatnih. Sastoji se od dijatomeja (tipičnih za visoke geografske širine), dinoflagelata, radiolarija i spikula od silicispongija (slika 5.51.). Njegovo rasprostranjenje zavisi od visine organske produktivnosti, stepena razblaženja silicijskih taloga terigenim i karbonatnim tvorevinama i stepena rastvaranja silicijskih skeleta. Silikoflagelate i dijatomeje se brže rastvaraju od radiolarija koje se brže rastvaraju od spikula silicispongija.



Slika 5.51. Radiolarije (levo), dijatomeje (desno).

Crvene dubokomorske gline nastaju isključivo u abisalnim dubinama, ispod CCD, daleko od kopna i samo u regionima niske fertilnosti. U severnom Atlantiku ima crvenu boju, ali je uglavnom braon boje zbog finih primesa manganovog dioksida. Čine ga glinene ili koloidne čestice ilita, smektita, kaolinita i hlorita, alevritske čestice detritičnog (kvarc, feldspat, liskun, amfibol i piroksen), autigenog (palagonit, zeoliti, barit, manganit) i vulkanskog porekla.

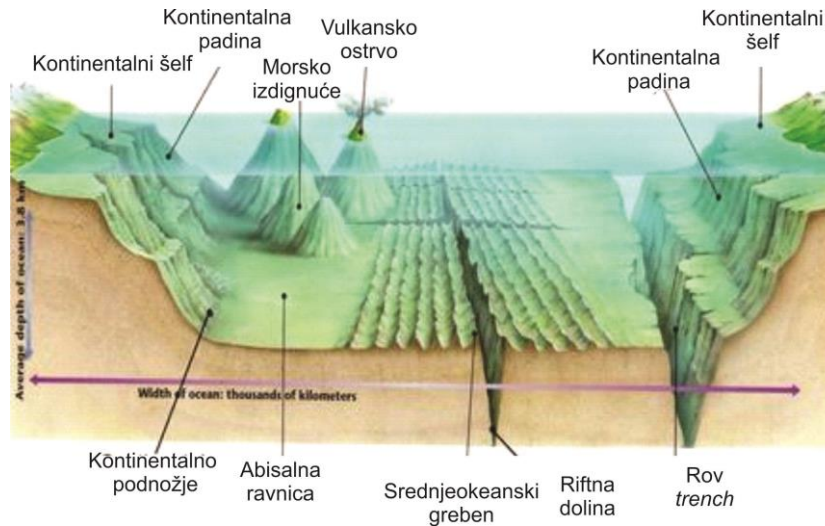
Crvena glina je u suštini rezidijum zaostao od rastvaranja materijala kontinentalnog, atmosferskog, vulkanogenog i biogenog porekla. Taloženje ove gline je veoma sporo 1m/1milion godina (najviše 7,5 m/milion godina). Upadljivi element ovih gline su široko rasute kuglice (često magnetične) čiji se hemijski sastav poklapa sa sastavom metaličnih i stenskih meteorita.

Crvena dubokomorska glina postepeno prelazi u karbonatne i silicijske pelaške muljeve. U tim prelaznim zonama biogena komponenta učestvuje sa 25-75%, tako da nastaju dve dubokomorske facije – glinoviti karbonatni pelaški mulj i glinoviti silicijski pelaški mulj. Matriks čini fina crvena glina, a alevritske i arenitske čestice su predstavljene foraminiferima i radiolarijama.

Hemipelagiti nastaju mešanjem čestica terigenog i pelaškog porekla na kontinentalnoj padini i u njenom podnožju. Uvek sadrže više od 25% terigenog, sublitoralnog i vulkanogenog materijala. Pelaški materijal čine razni mikroorganizmi sa krečnjačkim kućicama. Od autigenih minerala nalaze se glaukonit, fosforit, feromagnezijske konkrecije i dr. Murray i Renard (1891) hemipelagite dele na plavi mulj (dominira mineral glina ilit) – najrasprostranjeniji, čija boja potiče od formiranja sulfida i oksida gvožđa, crveni mulj – ispred ušća velikih reka (Amazon), od crvenog lateritskog materijala i zeleni mulj (dominira mineral glina glaukonit) nastao u zonama izuzetno spore sedimentacije. Pored ovih javljaju se i glacio-marinski mulj, kao i crni mulj koji se formira u euksinskoj faciji Crnog mora.

Feromanganske konkrecije se javljaju na morskom dnu gde se odvija jako mala akumulacija (npr. crvene gline) i imaju veličinu do nekoliko cm u prečniku. Sastoje se od loše iskristalisanih hidratiziranih oksida mangana i gvožđa sa približno istom

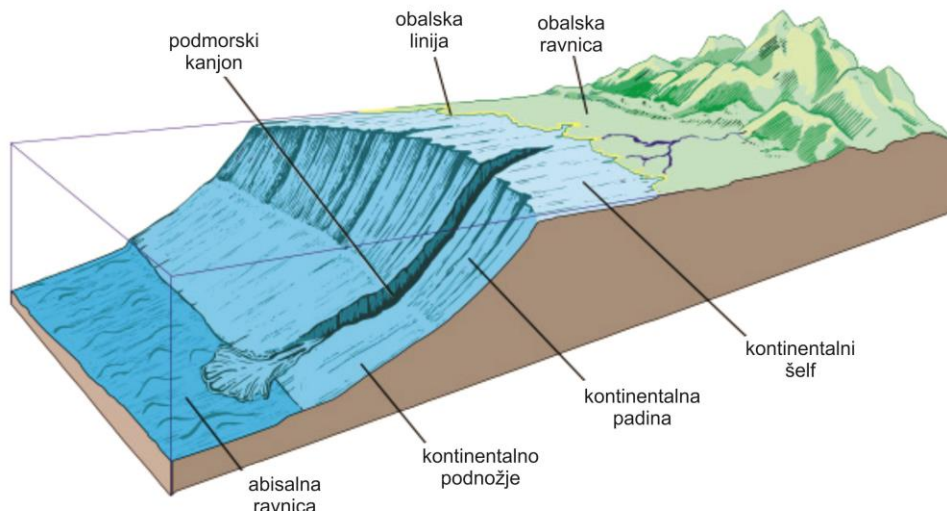
količinom (po 16% svaki) čiji odnos nije stalan već varira u zavisnosti od dela okeana. Pored toga prisutne su relativno visoke proporcije Co, Ni, Cu, kao i Zn, Zr, Ti. Brzina narastanja ovih konkrecija je neznatna – nekoliko cm/milon godina. Najvažniji depozicioni sistemi dubokovodne morske sredine su otvorena kontinentalna padina, kanjoni i podmorska lepeza, padinski zastor, akrecioni okeanski greben, abisalno dno, hadalni trog i mali okeanski baseni (slika 5.52.).



Slika 5.52. Sredine okeanskog dna.

Sistem kontinentalne padine se nalazi između spoljašnjeg oboda šelfa i kontinentalnog podnožja (200-4000 m). Većinom je široka 20 do 100 km sa padnim uglom 2 do 6°. Najblaže padine su ispred fronta rečnih delti zbog deponovanja mekih sedimenata, a najstrmije su ispod dobrocementovanih karbonatnih platformi. Pod otvorenim kontinentalnom padinom podrazumevaju se delovi otkriveni prema okeanu, a između podmorskih kanjona (slika 5.53.).

Glavni transport je gravitacioni, zbog čega su česti odroni, klizišta i tokovi drobine, a u manjoj meri turbiditi i konturiti. Pored facija nastalih gravitacijom u ovom sistemu izrazito prevlađuju hemipelagiti. Glavni i najrasprostranjeniji siliciklastični sediment je plavi mulj.

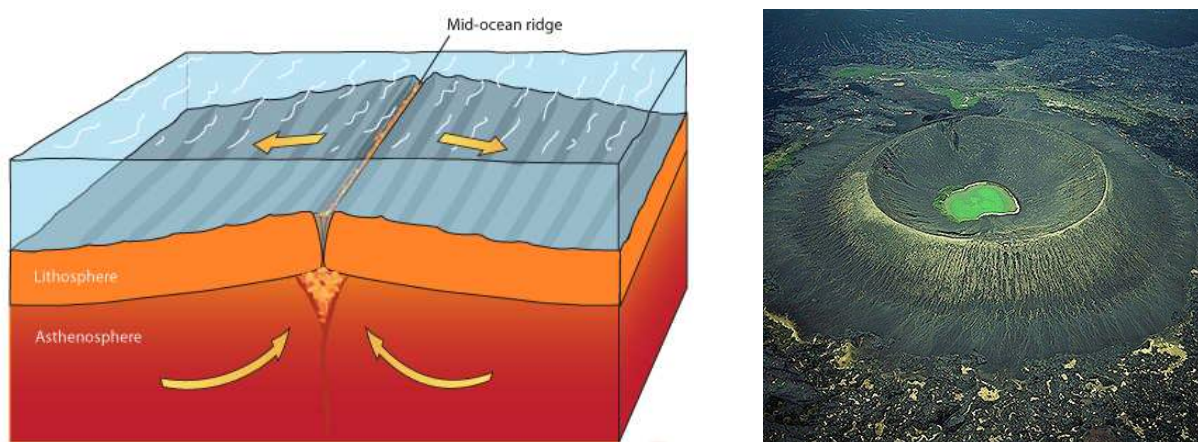


Slika 5.53. Delovi morskog sistema.

Sistemi podmorskih lepeza i kanjona se često nalaze u podnožju kontinentalnih padina (delte Misisipija, Konga, Ganga, Inda, Amazona, Rone, Nila itd.). Prečnici se kreću od 300 km (ronska) do 30 000 km (bengalska), dok se njihova maksimalna debljina kreće i do 10 km. Lepeze su povezane podvodnim kanjonima duboko usečenim u kontinentalnu padinu kojima se materijal sa šelfa transportuje do lepeze. Glavni transport se odvijao putem odronjavanja, klizanja, tokova drobine i turbiditnih tokova.

Sistem padinskog zastora pokriva kontinentalnu padinu svuda gde nisu prisutne podmorske lepeze i sadrži mnogo više sedimenata od njih. Glavni transport odvija se kliženjem, tokovima drobine, tokovima zrna, malim mutnim tokovima i geostrofičnim konturnim strujama. Padinski zastori mogu biti izgrađeni od kombinacije klizišta, olistostroma i turbidita.

Srednjeokeanski grebeni (slika 5.54.) predstavljaju najmarkantnije strukture okeanskog dna, širine nekoliko stotina km, sa krestom na dubini od 2,5-4 km.



Slika 5.54. Strukture okeanskog dna - srednjeokeanski greben mid-ocean ridge (levo), gijoa (desno).

U njima nastaje nova okeanska kora i praćeni su rasedanjem, seizmičnošću, vulkanizmom, hidrotermalnim pojavama i visokim toplotnim tokom. Akrecioni grebeni mogu biti sa riftovima na kresti (veoma izražen reljef, izdignuti i spušteni blokovi, vulkani, mafiti i ultramafiti) i bez njih (blaži reljef, ekstruzivne pojave). Karakteristična sekvenca akrecionog grebena ima bazalni horizont bogat gvožđem i manganom, nastaje u osnom delu grebena. Širenjem grebena ovi segmenti se premeštaju na njegove bokove, a preko njih se talože karbonatni pelaški muljevi. Nastavak procesa formiranja srednjeokeanskog grebena dovodi ove sedimente ispod CCD nivoa pa se preko njih talože crvene dubokomorske gline.

Sistem abisalnog dna se sastoji od abisalnih ravnica i abisalnih uzvišenja - aseizmičkih grebena, platoa, gijoa i vulkana. Dno ravnice se nalazi ispod CCD tako da se taloži crvena okeanska glina i silicijski muljevi, često sa feromanganskim konkrecijama. Radiolarijski mulj je najbolje razvijen u ekvatorijalnim delovima Pacifika i Indijskog okeana, a dijatomejski u globalnom pojasu visokih širina i severnom Pacifiku. Aseizmički grebeni većinom imaju debela nagomilanja vulkanskih stena. Grebeni se izdižu oko 1 km iznad okeanskog dna, a platoi 2-3 km zbog čega se na njima nalaze karbonatni pelaški muljevi. Gijoi (slika 5.54.) su kupasta brda sa zaravnjenim temenom vulkanskog porekla. Nastala su na srednjeokeanskom grebenu, a kasnije su širenjem okeanskog dna dospela u veće

dubine. Karbonatni sedimenti na njihovom vrhu mogu biti pravi plitkovodni, čak i sprudni. Spuštanjem abisalnih uzvišenja dolazi do promene u tipu sedimentata (plitkovodnih u pelaške), praćene hijatusima, ranom cementacijom karbonata, pojavama tvrdog dna (*hardground*), feromanganskih kora itd.

Dugački i relativno uski hadalni trogovi velike dubine (7000-10 000 m) redovno se nalaze uz aktivne obode kontinenata i ostrvskih lukova. Spoljašnju stranu čini abisalno dno nagnuto pod uglom 2-6°. Unutrašnja strana je mnogo strmija (25-35°) ima raščlanjeni reljef i na njemu se nalazi akrecioni klin u kome su nagomilani stariji sedimenti usled subdukcije. Ka okeanu trog je ograničen spoljašnjim uzvišenjem, a od ostrvskog luka je odvojen terasom ili predlučnom terasom. Iz pravca okeana u hadalni trog ulaze karakteristični sedimenti akrecionog grebena i abisalnog dna, preko kojih na spoljašnjem uzvišenju leže pelagiti. Uz unutrašnju stranu troga deponuju se sekvence koje ogrubljavaju idući naviše, od donjeg pelaškog intervala, preko distalnih sve do proksimalnih facija podmorskih lepeza. Debljina ovih sedimentata je od nekoliko stotina metara, pa do 1-2 km. U hadalnim trogovima nema mladih sedimentata, zato što se na njihovoj unutrašnjoj strani nalaze veći viseći baseni koji zadržavaju klastite. U predlučnom basenu razvijene su debele serije nezrelog vulkanogenog ili terigenog klastičnog materijala, koji vodi poreklo sa vulkanskog luka u zaleđu ili sa susednog planinskog venca. Preko okeanske kore leže pelagiti, a zatim piroklastiti i montmorioniti. Piroklastiti se smenjuju sa lavama i tokovima piroklastita, dok se prema obodu hadalnog troga formiraju podmorske lepeze, koje mogu imati turbiditne sekvence.

Sistemi malih okeanskih basena se po dimenzijama razlikuju od pravih velikih okeana. Neki imaju srednjeokeanski greben i rift (Crveno more), drugi su marginalna mora iza ostrvskih lukova (severni delovi Zapadnog Pacifika), treći su složena mora opkoljena kopnom (Mediterranski basen, slika 5.55.), ili imaju jako ograničenu vezu sa svetskim okeanom (Crno more).



Slika 5.55. Baseni Mediterana, Crnog i Crvenog mora.

U Sredozemnom i Crvenom moru talože se krečnjački muljevi, ali oni generalno imaju slabu organsku produkciju (slaba cirkulacija). Kvartarni slojevi Mediterana imaju više crnih sapropelskih slojeva, nastalih u vreme izolacije. Kalifornijski zaliv ima dobro razvijene dijatomejske muljeve.

Crnomorski basen ima jak terigeni priliv, oslađeni gornji deo vodenog stuba i postojanu raslojenost. Ispod 210 m voda je bogata sa H_2S tako da dolazi do euksinske sedimentacije sa taloženjem sapropela.

Najvažnije zajedničke osobine za izdvajanje svih dubokovodnih sistema su značajno primarno rasprostranjenje i sterilnost (ne sadrže nikakve fosile ili samo retke ostatke pelaških i nektonskih organizama). U podmorskim lepezama mogu imati pretaložene fosile. Od fosilnih tragova može biti prisutan samo *Nereites ihno*. Ovi sedimenti sadrže veću ili manju količinu feromanganskih konkreција.

Sedimenti kontinentalne padine i njenog podnožja imaju formu klina ili debelog sočiva, sadrže raznovrsne klastite i pelaške karbonate i silikate. U dubokomorskim lepezama imaju generalne sekvence ogrublјavanja nagore, a u turbiditima širok spektar sedimentnih struktura (Bouma sekvence).

Sedimenti abisalnog dna imaju najveće rasprostranjenje, tabularni ili pokrovni izgled, jako finozrne sedimente u obliku nekoliko tipova glina i pelagita, finu horizontalnu laminaciju, i uvek leže preko bazalnog feromanganskog horizonta, jastučastih lava i ofiolita.

Literatura

Bates, C.C., 1953. Rational theory of delta formation, *AAPG Bulletin* 37 (9): p. 2119–2162.

Bevis, K., 2014. Sedimentary Rock Formations of the Grand Canyon. <http://intheplaygroundofgiants.com/geology-of-the-grand-canyon-region/sedimentary-rock-formations-of-the-grand-canyon-region/>

Bouma, A. H., 1962. Sedimentology of some flysh deposits. *Elsevier publ.*, Amsterdam, pp. 168.

Catuneanu, O., 2002. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls, *Journal of African Earth Sciences*, Volume 35, Issue 1, p. 1-43.

Davis, R. E. 1994. Geology of Holocene Barrier Island Systems, *Springer Verlag*, p. 233-304.

Einsele, G. 1992. Sedimentary Basins, *Springer*, pp. 575.

Embry A. F., and Klovan, J. E., 1971. Alate Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T, *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 19(4), p. 730-781.

James, N. P., 1981. Reefs. In: Facies Models. R. G. Walker (ed.) *Geosc. Canada*, Hamilton. Reprint series, 1, p. 121-132.

Johnson, H. D. 1978. Shallow siliciclastic seas. In: Sedimentary environments and facies. H. G. Reading (ed.), *Blackwell*, p. 207-258.

Miall, A. 1977. Lithofacies Types and Vertical Profile Models in Braided River Deposits: A Summary, *AAPG Fluvial Sedimentology* — Memoir 5, p. 597-604.

Murray, J. and Renard, A. F., 1891. Manganese deposits from the HMS Challenger stations. *PANGAEA*, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.849073>,

Posamentier, H.W., Allen, G.P., 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 7, pp. 210.

Rider, M. H. 1996. The geological interpretation of well logs. *Blackie*, pp. 175.

Tucker, M. E. and Wright, V. P., 1990. Carbonate Sedimentology. *Blackwell pub.*, Oxford, pp. 496.

6. SEDLOG - SOFTVER ZA CRTANJE SEDIMENTOLOŠKIH STUBOVA

SedLog je multiplatformni softverski paket za grafičku izradu sedimentoloških stubova. On predstavlja jednostavan grafički pristup koji svim korisnicima omogućava veoma laku upotrebu uz minimalne napore. Grafički sedimenti stub SedLog može se izvesti (eksportovati) kao PDF, SVG (Scalable Vector Graphics), ili JPEG u razne druge aplikacije za crtanje ili publikovanje. Podaci o stubu mogu biti uvezeni ili izvezeni u CSV (comma separated variables) formatu.

Stubovi mogu biti štampani na veličini papira koju korisnik želi. Pored toga postoje opcije Zoom In, Zoom Out, Fit page, Fit Height i Fit Width koje korisnicima omogućavaju veličinu radnog prostora koja im je najpogodnija. Datoteke sedimentog stuba koje su napravljene SedLog-om imaju SLG ekstenziju dok obrasci (*template*) napravljeni SedLog-om imaju TEM ekstenziju. SLG i TEM datoteke se mogu otvoriti i menjati samo pomoću SedLog-a.

U subfolderu primeri SedLog-a koji se nalazi u folderu u kojem se nalazi SedLog instalacija postoje uzorci datoteka. Ovaj subfolder se nalazi u C:\Program Files\SedLog-2.1.4\examples\ ukoliko ste koristili MS Windows default folder. Datoteke sa *.SLG ekstenzijom su grafički stubovi i napravljeni su pomoću SedLog-a. Datoteke sa *.CSV ekstenzijom su datoteke sa podacima o stubu i mogu se napraviti i otvoriti pomoću bilo koje spreadsheet aplikacije kao što su Microsoft Excel, Corel Quattro Pro, itd.

SedLog softver je besplatan i može se koristiti u istraživanju i podučavanja bez finansijske nadoknade.

Download i instalacija

Za sve operativne sisteme je neophodno instalirati program Java pre instalacije SedLog-a, obzirom da je on neophodan za njegovo pokretanje. Program možete downloadovati sa sledećeg linka <http://www.java.com/en/download/manual.jsp> Odaberite adekvatnu verziju Java-e za vaš operativni sistem i uradite instalaciju.

Download-ujte SedLog uz pomoć sledećeg linka [sedlog-3.1-setup.exe](#) Instalirajte SedLog dvostrukim klikom na exe datoteku. Napravite sebi pune administrativne privilegije. Video uputstvo za korišćenje softvera može se naći na sledećem linku [YouTube video \(opens in new window\)](#)

Različiti načini crtanja sedimentnih stubova

Postoje dva načina crtanja stuba. Prvi je crtanje stuba „od nule“ dok je drugi uvoženjem (importovanjem) CSV datoteke.

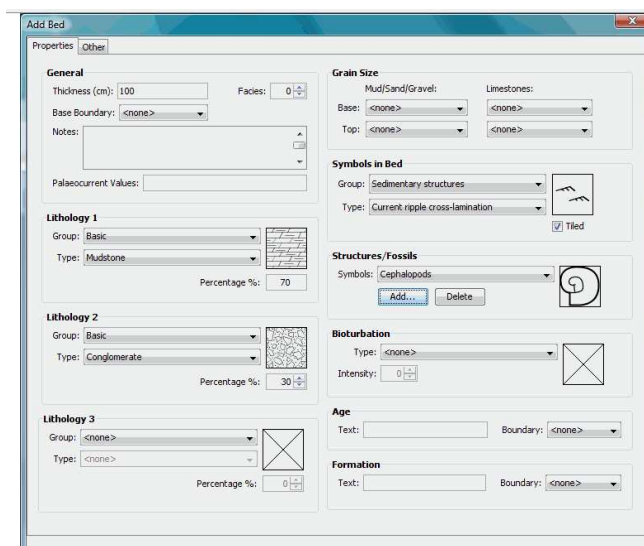
a. Crtanje stuba od nule

Sedimentološki stub se može nacrtati „od nule“ korišćenjem prozora (slika 6.1.), tako što ćete uneti podatke o stubu biranjem opcije **Add Bed** iz **Edit** menija ili klikom na **Add Bed** na toolbaru.

Meni **Edit** može se pozvati i desnim klikom miša. Otvorena kartica omogućava unošenje terenskih zapažanja. Jedini podatak koji se mora uneti za svaki sloj je njegova debljina, a mogu se uneti i sva preostala željena zapažanja. Mogućnost menjanja (editovanja) podataka može se obaviti i kasnije. U okviru prozora za unos

podataka postoji serija padajućih menija koji omogućavaju unos mnogih opcija i opservacija zabeleženih prilikom snimanja stuba/sloja kao što su:

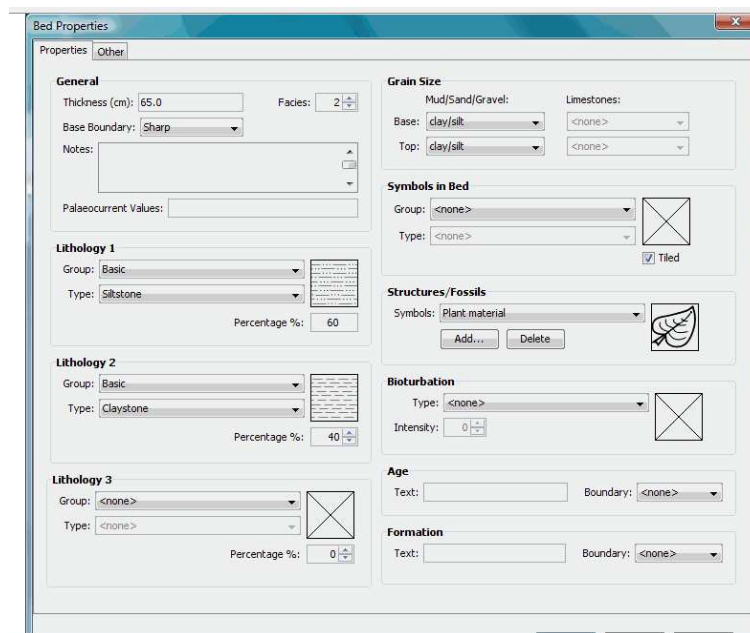
- (a) Litologija - ima mogućnost beleženja odnosa do tri različite vrste litologije u jednom sloju. Po pravilu (default-u) unos prve litologije ima vrednost 100%. U okviru padajućeg menija postoji set šrafura za većinu uobičajenih tipova litologije.
- (b) Vrste kontakta, gradacioni (postepeni), oštri ili erozioni.
- (c) Veličina zrna u podini i povlati sloja (veličina zrna iz podine je pretpostavljena za ceo sloj, osim ukoliko veličina zrna nije uneta i za povlatu). U okviru menija nalaze se opisne odredbe kao što je „krupnozrni pesak“, „srednjofinozrni pesak“ itd. Pored toga postoji i mogućnost unošenja veličine prečnika zrna. Na grafičkom prikazu veličina zrna je predstavljena korišćenjem razmernika koji ima veće vrednosti na desnoj strani.
- (d) Za prikazivanje sedimentnih struktura „unutar sloja“, na raspolaganju su različiti simboli koji predstavljaju najčešće strukture (kosa slojevitost, simetrični tragovi talasanja i drugi). Oni mogu biti predstavljeni kao jedan simbol ili kao serija simbola koji ispunjavaju prostor krive veličine zrna. Šrafure litologije takođe mogu biti unete u kolonu veličine zrna kako bi se spojila litologija i veličina zrna (što je čest način prikaza).
- (e) Simboli „pored sloja“ - 'beside the bed': predstavljaju sedimentne strukture, fosile i bioturbacije koji takođe mogu da budu prikazani bilo pojedinačno ili u kombinaciji sa stubom.
- (f) Kolona Napomene - 'Notes' omogućava unos različitih tekstualnih i numeričkih informacija.



Slika 6. 1. Prozor za dodavanje novog sloja.

Jednom „napravljeni“ sloj se može menjati korišćenjem prozora svojstva (*properties*), (slika 6.2.) nakon biranja opcije osobine sloja - **Bed Properties** iz menija **Edit**.

Alternativno može se kliknuti i na opciju Bed Properties na toolbaru ili upotrebiti dvostruki levi klik miša na odabrani sloj.



Slika 6. 2. Prozor za menjanje određenih delova sloja.

Slojevi se mogu i brisati, kopirati ili umetati u određene delove stuba pomoću menija. Da bi obrisali određeni sloj kliknite na opciju **Delete Bed** u okviru menija **Edit**. Takođe, možete kliknuti i na opciju **Delete Bed** na toolbaru. Da bi umetnuli sloj u određeni deo stuba kliknite na **Insert Bed Under Selected Bed** u okviru menija **Edit** ili kliknite na opciju **Insert Bed Under Selected Bed** na toolbaru.

b. Kreiranje stuba korišćenjem csv formata

Sedlog za izradu grafičkog sedimentološkog stuba može iskoristiti podatke unete u CSV formatu. Format CSV (ili vrednosti odvojene tačkama - comma-separated values, poznate i kao comma-separated liste ili comma-separated promenljive - variables) je tip datoteke koji sadrži tabelarne podatke. To je datoteka sa formatiranim tekst podacima gde su polja/kolone odvojene tačkama dok je svaki zapis/red odvojen novom linijom (novim redom). Polja koja sadrže posebne oznake (tačke, novi red ili znake navoda) moraju biti obuhvaćene znacima navoda. Da bi ovakav način unosa nezavisno funkcionisao formatu CSV datoteke nije neophodno nikakvo posebno kodiranje, redosled bajta ili završetak formatiranja. U nastavku je prikazan jedan jednostavan prikaz CSV datoteke otvorene u tekst editoru:

```
"THICKNESS (CM)","BASE BOUNDARY","LITHOLOGY","LITHOLOGY %","GRAIN
SIZE      BASE","GRAIN      SIZE      TOP","SYMBOLS      IN      BED"
100,"","Limestone",100,"vf","vf","Intense      bioturbation"
45,"Sharp","Shale",100,"clay","clay",""
45,"Erosion","Conglomerate",100,"pebble","granule","Cephalopods"
135,"Gradational","Sandstone",100,"vc","m","Trough      cross      bedding"
65,"","Sandstone",100,"m","m","Planar      cross      bedding"
50,"","Sandstone",100,"f","f","Current      ripple      cross-lamination"
```

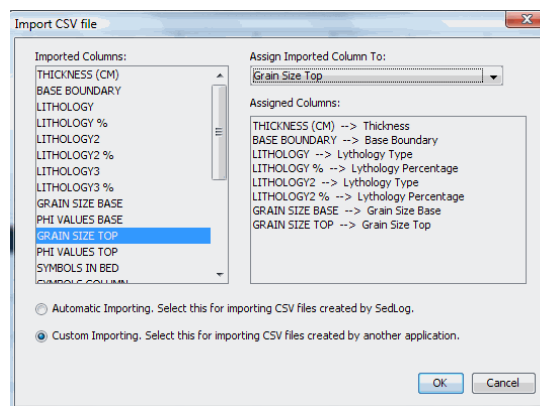
60,"Sharp","Siltstone",100,"silt","silt", "" 35,"","Coal",100,"","", ""
 65,"Sharp","Siltstone",60,"clay/silt","clay/silt","Moderate bioturbation"

CSV datoteka može biti napravljena ili otvorena bilo kojom spreadsheet aplikacijom kao što su Microsoft Excel, OpenOffice.org Calc, Corel Quattro Pro, itd. Prilikom pravljenja ulaznih podataka (*input data*) za SedLog korišćenjem aplikacije MS Excel (ili neke slične) datoteka se mora sačuvati u CSV formatu korišćenjem opcije sačuvaj kao (Save As), a ne one koja je ponuđena po defaultu. CSV format ne čuva informacije o veličini kolone, boji itd., tako da ćete u trenutku kada pokušavate da sačuvate fajl u CSV formatu biti upozoreni da ćete izgubiti neke informacije. Ignorišite obaveštenje, nastavite dalje i sačuvajte fajl kao CSV. Ispod je dat prikaz (slika 6.3.) - *screenshot* CSV datoteke otvorene u Microsoft Excelu.

1	THICKNESS	BASE BOUNDARY	LITHOLOGY	LITHOLOGY %	LITHOLOGY2	LIT
2	100	<none>	Limestone	100	<none>	
3	45	Sharp	Shale	100	<none>	
4	45	Erosion	Conglomerate	100	<none>	
5	135	Gradational	Sandstone	100	<none>	
6	65	Gradational	Sandstone	100	<none>	
7	50	Gradational	Sandstone	100	<none>	
8	60	Sharp	Siltstone	100	<none>	
9	35	<none>	Coal	100	<none>	
10	65	Sharp	Siltstone	60	Claystone	
11						
12						
13						
14						
15						

Slika 6. 3. Sedlog datoteka u excel formatu.

Da bi uvezli (importovali) CSV datoteku, potrebno je odabrati meni uvezi stub iz CSV datoteke, nakon čega će se otvoriti prozor za uvoz podataka – **Import CSV file** (slika 6. 4.). Ukoliko je CSV datoteka koju želite da uvezete generisana korišćenjem SedLog-a izaberite opciju automotskog uvoza - **Automatic Importing**. Automatski uvoz će uvesti sve kolone iz vaše CSV datoteke. Ukoliko je CSV datoteka kreirana nekom drugom aplikacijom, kao što je recimo MS Excel, ili želite da odaberete jedan određeni stub koji želite da uvezete odaberite opciju **Custom Importing**. Korišćenjem opcije **Custom Importing** možete odabrati koje kolone želite da uvezete tako da ove kolone kasnije možete povezati sa odgovarajućim stubovima.

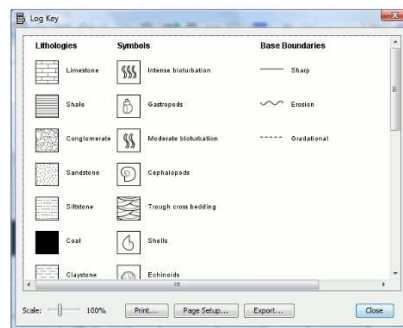


Slika 6.4. Prozor za uvoženje CSV podataka.

U listi uvezene kolone - **Imported Columns** na levoj strani nalazi se zaglavlje kolona koje su uvezene CSV-om. Kliknite na opciju **Imported Columns** da bi odabrali koje kolone iz CSV datoteke želite da uvezete. Nakon toga korišćenjem opcije **Assign Imported Column To** u gornjem desnom uglu možete dati nazive uvezenim kolonama tako da one odgovaraju SedLog kolonama. Biće uvežene samo kolone koje se nalaze u okviru **Assigned Columns** u donjem desnom uglu.

Prikaz legende

Svaka litologija i simbol korišćena prilikom izrade stuba je sačuvana u posebnoj datoteci koja sadrži uklopljeno ime i šrafuru/simbol koji je korišćen na stubu. U meniju **View** klikom na opciju **Log Key** ili na opciju **Log Key** na toolbaru pojavljuje se prozor (slika 6.5.) na kojem se vidi legenda. Ona može biti jednostavno odštampana kao legenda ili izvezena kao PDF, SVG, ili JPEG da bi se koristila u nekoj drugoj aplikaciji za crtanje ili štampanje.



Slika 6.5. Legenda SedLog stuba.

Menjanje grafičkog stuba

SedLog omogućava menjanje jednom napravljenog sedimentološkog stuba. Ukoliko želite da promenite širinu stuba, postavite miš na ivicu kolone koju želite da izmenite i pokazivač (*pointer*) će se promeniti u liniju sa dve strelice. Držanjem levog dugmeta miša i njegovim povlačenjem možete promeniti veličinu kolone. Uz pomoć prozora sa slike 6. 6., korisnik može promeniti izgled i format svoje tabele stuba kako bi on odgovarao njegovim potrebama. Ovaj prozor se može aktivirati pozivom na opciju **Preferences** u okviru menija **Tools** ili klikom na opciju **Preferences** na toolbaru. SedLog pruža mogućnost drugačijeg rasporeda kolona, kada se koriste sve ili neke od kolona ili koriste neke od sledećih dodatnih kolona:

- (a) Bioturbacija: ova kolona može da se koristi za prikaz simbola različitih tipova ihnofaune kao i vrednosti koje pokazuju intenzitet bioturbacije.
- (b) Facije se mogu na efikasan način prikazati u okviru uzane kolone i postaviti pored odgovarajućih slojeva. Ovaj format predstavljanja facija može omogućiti brz, vizuelni uvid u distribuciju facija unutar sukcesije. Ukoliko se kolone poređaju na pravi način, (na primer najpliće depozicione sredine na levoj strani, a najdublje na desnoj) lako se može uočiti trend oplićavanja ili produbljanja.
- (c) Podaci o paleostrujama se beleže sloj po sloj sa višestrukim unosima za pojedinačni sloj. Sedlog čuva numeričke podatke, ali paleostruje se mogu i grafički prikazati kao strelica sa brojem i odgovarajućom orijentacijom.

(d) Kolone sa stratigrafskim informacijama. Predviđeno je da kolone „starost“ i „formacija“ stoje sa leve strane stuba, na odgovarajuće postavljanim granicama između stratigrafskih jedinica i vertikalno postavljenim nazivima.

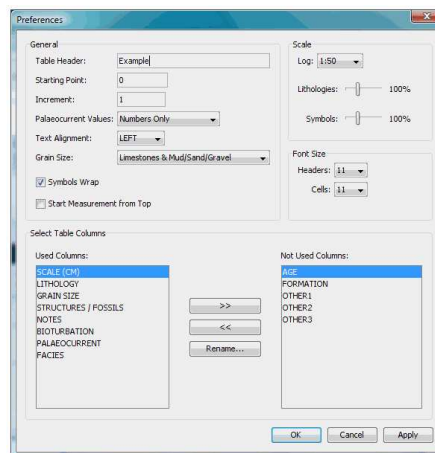
(e) Tri sledeće kolone mogu služiti za unos bilo teksta ili numeričkih podataka. U njih se mogu postaviti podaci o boji, poziciji uzorka ili fotografije kao i podaci o geohemijskim i drugim analizama.

Naziv svakog stuba se može promeniti u okviru prozora sa rasporedom (vidi sliku 6. 6.), a on se može koristiti i za menjanje drugih delova stuba. Postoji nekoliko različitih razmera stuba od 1:10 do 1:1000. Takođe, postoji mogućnost da se na intervalima prikaže razmernik sa brojevima. Razmernik se može postaviti od vrha do dna, ako je u pitanju izdanak ili naniže do konačne dubine, ako je u pitanju bušotina. Veličina simbola, šrafure litologija i fonta može se podesiti tako da odgovara različitim razmerama stuba. Pored toga može se menjati i pozicija kolona i naziv samog stuba.

Uobičajena (*default*) oznaka na vrhu skale za veličinu zrna je dvojnja - klastična i karbonatna, ali može biti korišćen i samo jedna oznaka u zavisnosti od litologije. U okviru ovog prozora moguće je i promeniti naziv stuba.

Softver SedLog je pokušao da korisnicima omogući maksimalnu fleksibilnost iako postoje određena ograničenja. Neka od njih su na primer fiksna broja kolona kao i to da određeni simboli mogu biti uneti samo u neke kolone.

Širinu kolona je moguće menjati i na monitoru uz pomoć opcije klikni i vuci (*click-and-drag*) na krajevima stuba. Jednom kada je napravljen izgled stuba koji želimo možemo ga sačuvati kao model (*template*) za višestruke grupe podataka.



Slika 6. 6. Prozor za izmenu izgleda sedimentološkog stuba.

Kako napraviti nove litologije/simbole

SedLog omogućava korisnicima da uvezu (importuju) nove litologije i simbole u SVG/SVGZ formatu (pogledajte u delu dodavanje novih litologija/simbola u SedLog). SVG (*Scalable Vector Graphics*) je XML specifikacija i format datoteke za dvodimenzionalnu vektorsku grafiku, bilo statičku ili animacionu. On predstavlja standard napravljen pod strane World Wide Web Consortium's SVG Working Group. Pored toga postoji i SVGZ koji predstavlja kompresovanu SVG datoteku.

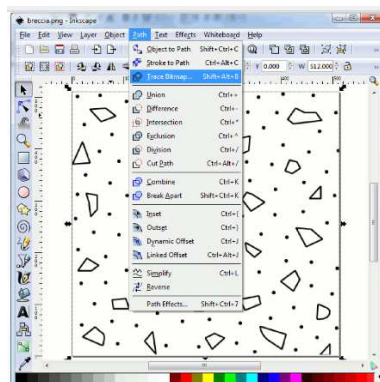
Korišćenjem softvera za vektorsku grafiku kao što su Inkscape, CorelDraw, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop itd., moguće je napraviti sopstvenu SVG/SVGZ datoteku.

Računari mogu da čuvaju slike u različitim formatima a) raster grafika ili bitmap ili b) vektorska grafika. Bitmap su matrice piksela koje su uglavne kada se preklapaju ili štampaju.

Vektorska grafika koristi geometrijske elemente kao što su tačke, linije, krive i poligoni da bi predstavili slike i izgledaju identično kada se preklapaju ili štampaju. SVG/SVGZ format je vektorski grafički format slike za razliku od raster grafike. Primeri raster grafičkih slika su formati: JPEG, GIF, BMP i PNG. Primeri vektorskih grafičkih slika formata su: SVG/SVGZ, PDF, EPS/PS, AI(Adobe Illustrator) i CorelDraw.

Inkscape je besplatna vektorska grafička aplikacija koja se može naći na slobodnom tržištu, čiji je cilj da postane efikasno grafičko oružje koje će biti potpuno kompatibilno sa XML, SVG i CSS standardima. Inkscape je prevashodno namenjen za korisnike Linux operativnog sistema, ali se može se koristiti i na Mac OS X (pod X11), drugim sličnim Unix operativnim sistemima i Microsoft Windows. Inkscape ima višejezičku podršku, posebno za komplikovane zapise što predstavlja njegovu prednost u odnosu na većinu komercijalnih vektorskih grafičkih aplikacija. Inkscape je moguće download-ovati pomoću linka: www.inkscape.org.

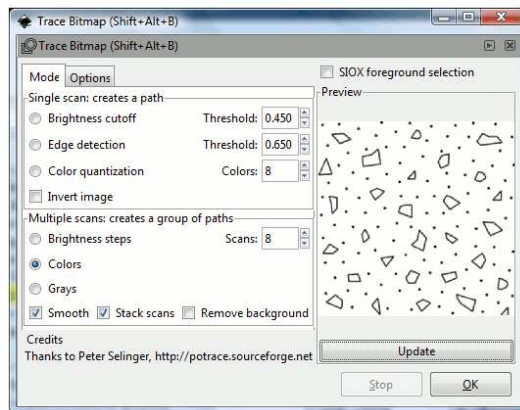
Inkscape se može koristiti i za konverziju šrafura ili simbola koji su sačuvani u drugim formatima kao što su AI, PDF, JPEG, GIF, BMP, PNG, i drugi u SVG ili SVGZ format. Ukoliko je datoteka koju želite da konvertujete bitmap (raster slika) prvo morate upotrebiti Inkscape da ga prebacite (konvertujete) u vektorski format, a zatim ga sačuvati kao SVG. Da bi ovo uradili prvo otvorite bitmap uz pomoć Inkscape aplikacije. Nakon toga odaberite bitmap koji želite da sačuvate klikom na opciju **Select All** iz menija **Edit**. Iz menija **Path** odaberite opciju **Trace Bitmap** (slika 6. 7.).



Slika 6. 7. Inkscape meni za konverziju u vektorski format.

Otvoriće se prozor sa različitim opcijama (slika 6. 8.). Odaberite opciju **Colors** (ukoliko ne odaberete ovu opciju slika koju ćete sačuvati biće crno bela) i pritisnite **OK**. Vektorska verzija slike će biti sačuvana povrh originalne bitmap slike. Odaberite vektorsku verziju i pomerite je malo kako bi videli originalnu datoteku (bitmap). Izaberite bitmap i uklonite ga, nakon čega bi trebali da sačuvate sliku kao SVG. Pre nego što dobijete zadovoljavajući rezultat možda ćete morati da isprobate različite opcije.

Napomena: imajte u vidu da veličina bitmapa koji želite da konvertujete nije premala. Što veći bitmap to su bolji rezultati. Da bi promenili veličinu ili izmenili sam bitmap možete koristiti **GIMP** (GNU Image Manipulation Program) besplatni softver za menjanje i pravljenje raster slika koji možete downloadovati na: www.gimp.org

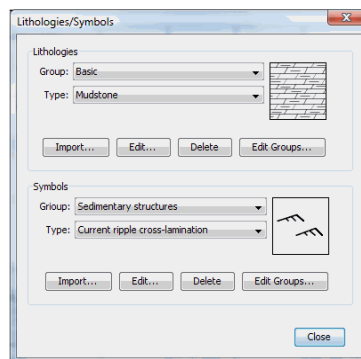


Slika 6. 8. InscAPE meni za podešavanje boje šrafure.

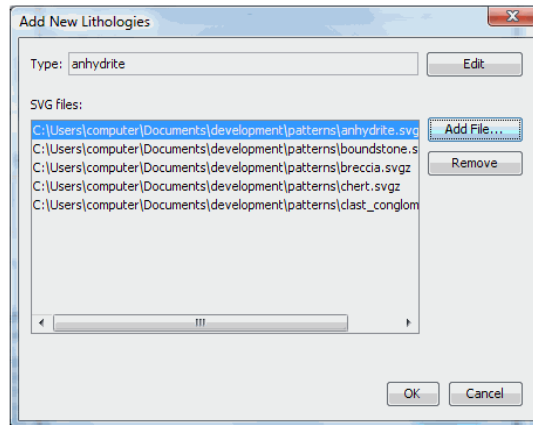
Dodavanje nove litologije/simbola

SedLog omogućava korisnicima uvoženje novih i izmenu postojećih litologija i simbola u SVG/SVGZ formatu.

Nakon što ste napravili šrafuru ili simbol u SVG/SVGZ formatu potrebno je da ga uvezete u SedLog. U okviru kartice **Tools** odaberite opciju **Lithologies/Symbols**. Otvoriće se prozor na kome će se videti litologije i simboli (slika 6. 9.). Odaberite kojoj grupi hoćete da dodate novu litologiju ili simbol korišćenjem prozora **Group**. Postoje dva prozora **Group**, jedan za litologiju, a drugi za simbole. Odaberite grupu kojoj želite da dodate litologiju ili simbol kliknite na opciju **Import** (postoje dva dugmeta **Import**, jedno za litologiju, drugo za simbole), nakon čega će se otvoriti novi prozor (slika 6. 10.). Kliknite na opciju **Add File** i otvoriće se prozor **Open file**. Odaberite datoteku koju želite da uvezete i kliknite OK. Moguće je odabrati više od jedne SVG/SVGZ datoteke držeći dugme <SHIFT> ili <CONTROL> i klikanjem na željene datoteke. Datoteke koje želite da uvezete će se pojaviti u prozoru **SVG files** (slika 6. 10.). Možete dodati više ili ukloniti datoteke sa liste, dok u prozoru **Type** (slika 6. 10.) možete promeniti naziv litologije odabrane datoteke. Uobičajeno (*default*) ime je ime datoteke minus ekstenzija. Nakon što unesete novo ime kliknite na dugme **Edit** (slika 6. 10.) za promenu tipa litologije u novu koju ste uneli. Pritisnite OK.

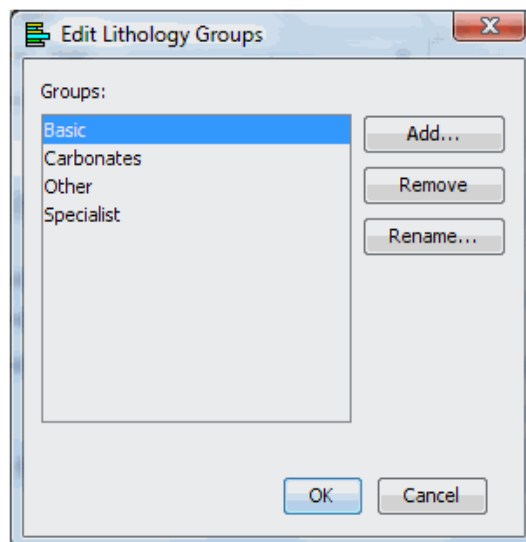


Slika 6. 9. Litologije i simboli.



Slika 6. 10. Izgled prozora za dodavanje nove litologije.

Da bi promenili naziv, uklonili ili dodali nove grupe kliknite na dugme **Edit Groups** (postoje dva dugmeta **Edit Groups**, jedno za litologiju, drugo za simbole) u okviru prozora **Lithologies/Symbols** (slika 6. 9.). Pojaviće se prozor (slika 6. 11.) sa opcijama za preimenovanje, dodavanje i uklanjanje grupe.



Slika 6. 11. Prozor za menjanje litološke grupe.

Šabloni

Datoteke šablona omogućavaju korisnicima da naprave izgled i format zaglavlja jednom i ponovo ga koriste kasnije. SedLog šablon datoteke imaju *.TEM ekstenziju. TEM datoteke su uobičajene za aplikaciju i mogu se uneti i modifikovati samo pomoću SedLog-a.

Da bi napravili šablon idite na meni **File** i kliknite na opciju **Save Template**. Da bi uneli šablon idite na **File** i kliknite na opciju **Open Template**. Nakon što ste uneli šablon postojeći izgled će se promeniti u onaj iz vašeg šablona. Ukoliko unesete datoteku izgled će se promeniti u novi izgled datoteke. Kako bi izmenili trenutni raspored kolona prvo je potrebno uneti datoteku, a nakon toga šablon.

Izvoženje podataka u druge programe

Sve informacije koje su unete preko **Input** menija mogu se izvesti u vidu datoteke CSV formata koja može biti otvorena kao spreadsheet. Podaci o svakom sloju su prezentovani u vidu reda, sa kolonama za svaki parametar koji se odnosi na određeni sloj (veličina zrna, litologija, simboli i drugi). Na ovaj način omogućena je analiza podataka radi određivanja modela i trendova debljine slojeva, veličine zrna, facija, intenziteta bioturbacija itd. Podaci o paleostrujama se čuvaju u nizovima odvojenim tačkama koji mogu biti izvezeni u programe za štampanje dijagrama rozeta. Kada se podaci čuvaju kao opisni tekstovi onda se mogu koristiti makroi za konvertovanje informacija u numeričke vrednosti za analizu odnosa litologija, pojavljivanja sedimentacionih struktura, fosila i tako dalje. Zajedno sa litološkim informacijama sa stuba mogu biti uključeni i geohemijski ili drugi analitički podaci. Podaci izvezeni iz SedLog-a mogu biti uveženi u bilo koji program koji koristi ASCII format.

Grafički prikaz sedimentnog stuba napravljenog SedLog-om može biti izvezen kao PDF, SVG, ili JPEG za korišćenje u drugim aplikacijama za crtanje ili za štampanje. Da bi izvezli stub kao CSV, PDF, SVG ili JPEG odaberite opciju **Export** iz menija **File**.

O softveru

SedLog Version 3.1

<http://www.sedlog.com>

Produced by Dimitrios Zervas, Robert Hall, Fionn Murtagh, Gary Nichols, Peter Burgess SE Asia Research Group, Department of Earth Sciences, Royal Holloway University of London <http://searg.rhul.ac.uk/>

Department of Computer Science, Royal Holloway University of London

<http://www.cs.rhul.ac.uk/>

Copyright (c) 2005-2015 Dimitrios Zervas, Robert Hall, Fionn Murtagh, Gary Nichols, Peter Burgess. All rights reserved.

iText free Java-PDF library - Copyright (c) 1999-2008 Bruno Lowagie and Paulo Soares. All rights reserved.

<http://www.lowagie.com/iText>

Batik free Java library used to render, generate, and manipulate SVG graphics

<http://xmlgraphics.apache.org/batik>

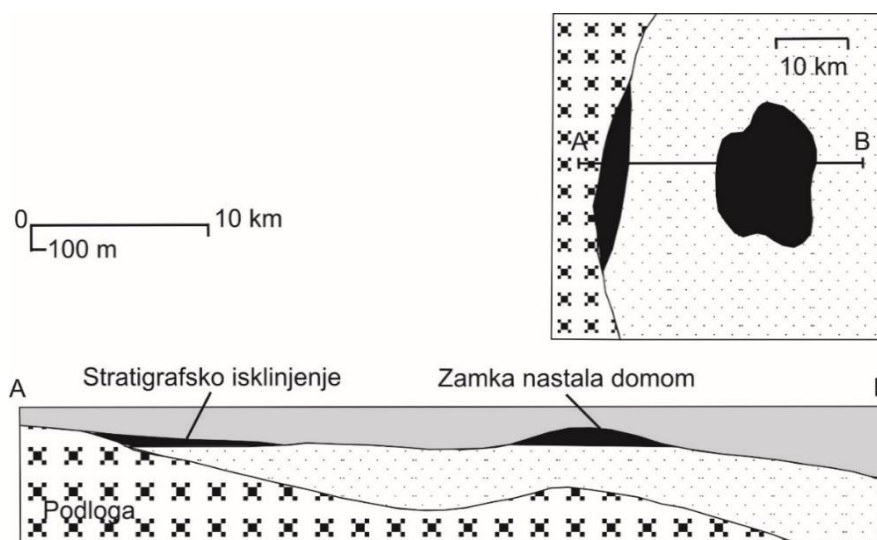
Zervas, D., Nichols, G.J., Hall, R., Smyth, H.R., Lüthje, C., and F. Murtagh, 2009. "SedLog: a shareware program for drawing graphic logs and log data manipulation", Computers & Geosciences, 35, 2151-2159.

7. EKONOMSKI ZNAČAJ SEDIMENTNIH STENA

Sedimentne stene predstavljaju značajan resurs za mnoge proizvode koji se koriste u industriji. One su najznačajniji rezervoar ugljovodonika i podzemnih voda, mogu sadržati rude i minerale, služiti kao građevinski kamen, a pored toga mogu predstavljati i turističke atrakcije.

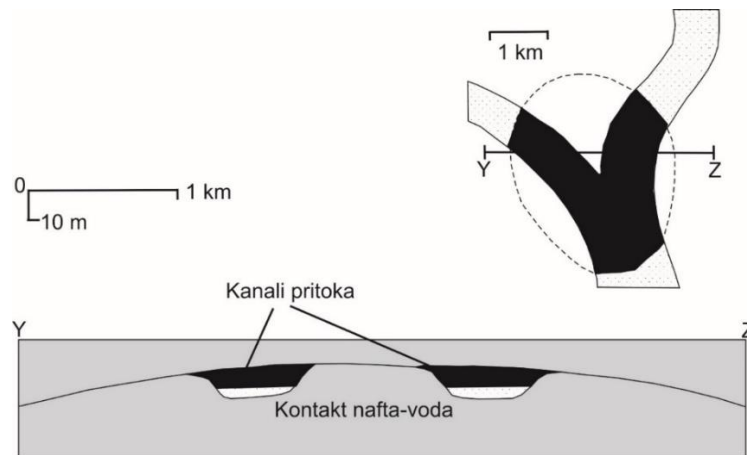
7.1. Ekonomski značaj rečnih sedimentata

Fluvijalni (rečni) sedimenti imaju veliki ekonomski značaj iz više razloga - mogu biti akviferi, naftni rezervoari, a u njima se mogu naći i naslage uglja, uranijuma i građevinskog materijala. Aluvijum može biti akvifer ili naftni rezervoar zahvaljujući svojoj poroznosti i permeabilnosti. Jasno je da kapacitet rezervoara i karakteristike protoka aluvijalnih sedimentata zavise od sortiranosti i vezanosti peska i sveukupnog odnosa šejl/pesak. Iz tih razloga pokrovni peskovi plavnih ravnica upletenih reka imaju bolji kontinuitet od izolovanih prudnih peskova aluviona meandrirajućih reka. Akviferi aluviona se kreću u rasponu od malih holocenskih dolina zapunjenih sedimentima do velikih aluvijalnih pokrova ranokrednih „nubijskih peščara“ koji je prostiru preko sedimentacionih basena Sahare (Pallas, 1980). Isti princip se može primeniti i na rezervoare ugljovodonika. Rezervoari upletenih reka u strukturnim zamkama mogu formirati ogromna polja nafte i gasa kao što su Hassi Messaoud, Alžir (Balducci and Pommier, 1970), Prudhoe Bay, Aljaska (Melvin and Knight, 1984; Atkinson *et al.*, 1990), i Sarir i Messla, Libija (Clifford *et al.*, 1980). Ova polja imaju rezervoare debljine preko 100 m sa rasprostranjenjem od više stotina km² (slika 7.1.).



Slika 7.1. Karta i profil sa zamkom za ugljovodonike u aluvionu upletene reke. Velike strukturne zamke se pojavljuju u debelim rezervoar peščarima sistema upletenih reka.

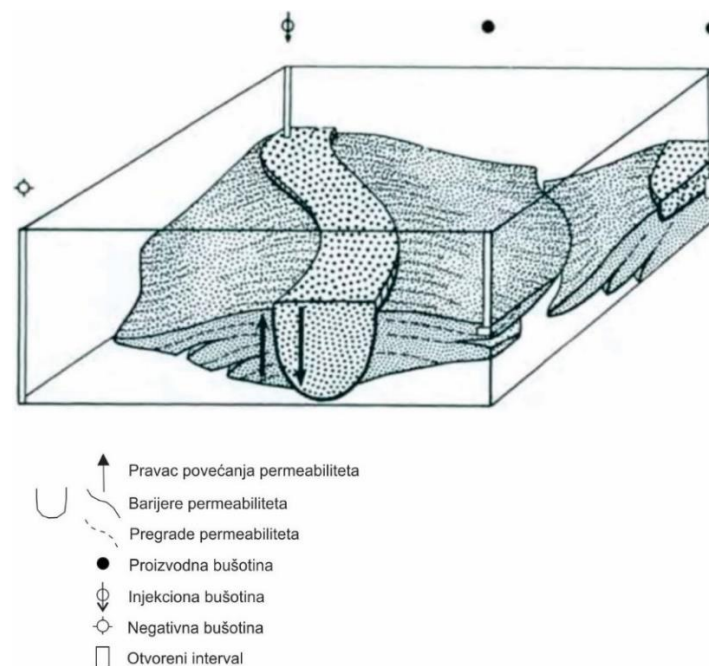
Ovakve akumulacije ugljovodonika se značajno razlikuju od onih koje se nalaze u aluvionima meandrirajućih reka. U pitanju su obično male stratigrafske zamke gde su rezervoar stene debele samo nekoliko metara i imaju rasprostranjenje od nekoliko km² (slika 7.2). Gornjokredno polje Little Creek, Tuscaloosa iz Misisipija je odlično dokumentovan primer malog polja sa stratigrafskom zamkom rečnog pruda (Werren *et al.*, 1990).



Slika 7.2. Karta i profil sa zamkom u sistemu meandrirajuće reke. Male stratigrafske zamke se pojavljuju u diskretnim peskovima prudova meandrirajućih rečnih kanala.

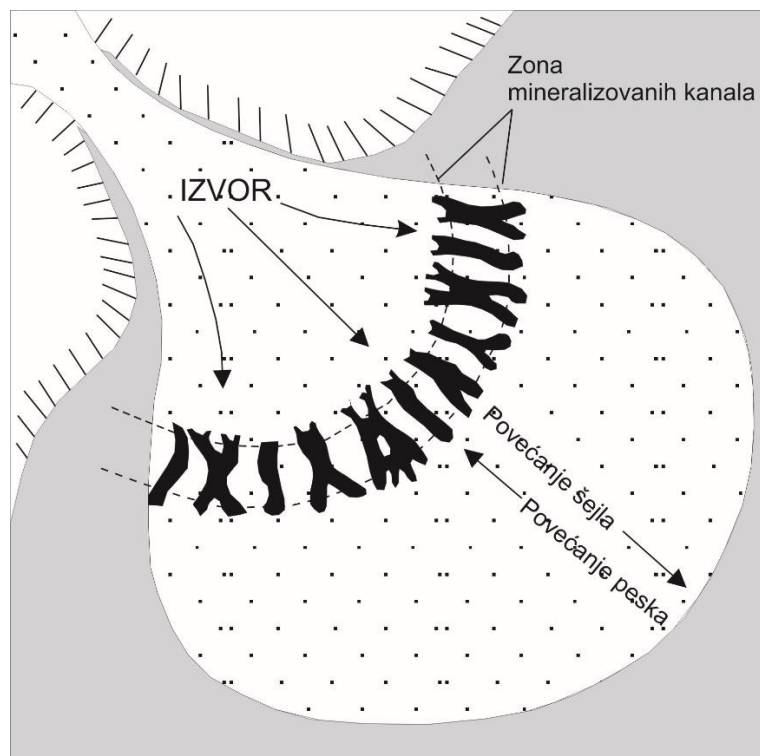
Pored toga, jednom kada se pronađe naftno polje koje ima fluvijalni rezervoar njegova proizvodnja može biti veoma zahtevna. Mora se obratiti pažnja na veličinu i pojavljivanje kanala da bi se uspostavila njihova međusobna komunikacija. U idealnom slučaju očekuje se korišćenje depozicionog modela za korelaciju kanala, ali u mnogim slučajevima ovaj problem je previše složen i neophodno je preći sa determinističkog na probabilistički metod - stohastički model (Martin, 1993) u kome rezervoar jedinice moraju biti definisane i određene za kompjutersku simulaciju.

Kanali obično imaju finiju frakciju idući naviše u stubu sa istovremenim smanjenjem rezervoar karakteristika (permeabilnosti) u gornjem delu. Za razliku od njih prolomske lepeze (*crevasse-splays*) pokazuju suprotan trend, tako da se ove razlike moraju razmatrati prilikom modeliranja fluvijalnih rezervoara male razmere (slika 7.3.).



Slika 7.3. Prikaz različitih vertikalnih promena permeabiliteta koji se često uočava u kanalima i sa njima povezanim peskovima nasipa. Ova situacija se sreće i u fluvijalnim i u deltnim rezervoarima ugljovodonika (iz Tyler and Finley, 1991).

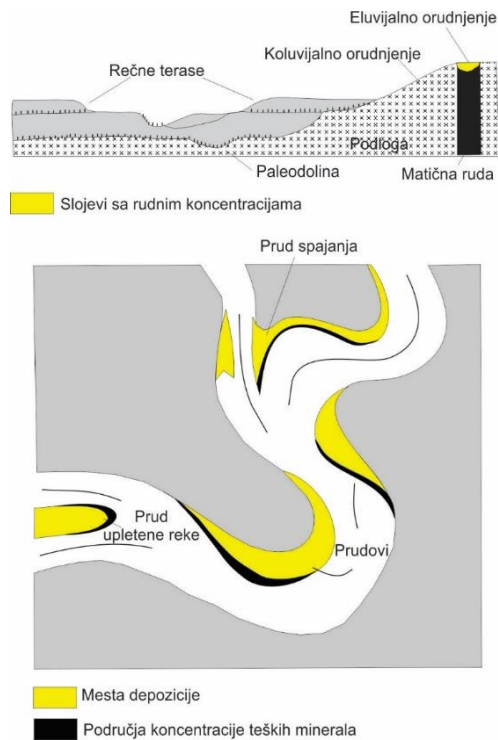
U određenim okolnostima nepermeabilne barijere unutar aluviona su u stvari ekonomski značajnije zato što se u njima odlažu (obaraju) vredni minerali kao što uranijumska ruda karnotit koji je povezan sa savremenim tokovima meteorske vode. Međutim, često raspored facija određuje mesto deponovanja minerala, tako da se u regionalnom smislu mineralizacije nekada pojavljuju u donjoj polovini aluvijalnih lepeza (slika 7.4.)



Slika 7.4. Dijagram na kome se vidi facijalna kontrola mineralizacije uranijuma kakav se sreće u nekim aluvijalnim lepezama. Izvor se odnosi i na poreklo detritusa lepeze i na mineralizaciju fluida koja generalno vodi poreklo iz "natopljenih" vulkanskih stena.

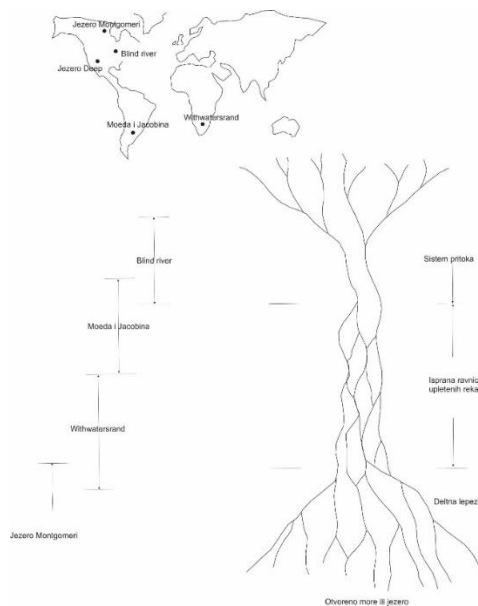
Ovaj fenomen se uočava u tercijarnom aluvionu Vajominga kao i u trijaskom aluvionu Jute (Galloway and Hobday, 1983). Obaranje karnotita se događa na mestima gde se meteorska voda bogata uranijumom susreće sa konatnom vodom. Zona mešanja se pojavljuje kada permeabilitet dostiže kritični nivo odnosa pesak-šejl.

Aluvijalni sedimenti su takođe značajni resurs ruda detritičnih teških minerala od kojih je najznačajnije zlato (Bache, 1987). Ležišta se nazivaju eluvijalna, koluvijalna i aluvijalna. Eluvijalne koncentracije se pojavljuju na mestima iznad matične rude (*mother lode*). Ona su transportovana na kratka rastojanja duž padine, dok su aluvijalna ležišta pretrpela fluvijalni transport. Proces koji dovede do formiranja ležišta su i dalje slabo proučeni, ali više podataka ima u studiji od Macdonalda (1983). Pojavljivanje rudnih ležišta je često povezano sa šljunčanim lagom na dnu kanala, a ona mogu biti sačuvana i u pukotinama i rupama na rečnom dnu. Ležišta se pojavljuju i na dnu savremenih kanala kao i duž bazalnih erozionih površina rečnih terasa i zapunjenih rečnih dolina. Izdvajanje teških minerala se pojavljuje na dubljim delovima prudova u donjem delu toka, na padinama prudova upletenih reka u gornjem delu toka i neposredno uz ušća potoka (slika 7.5.)



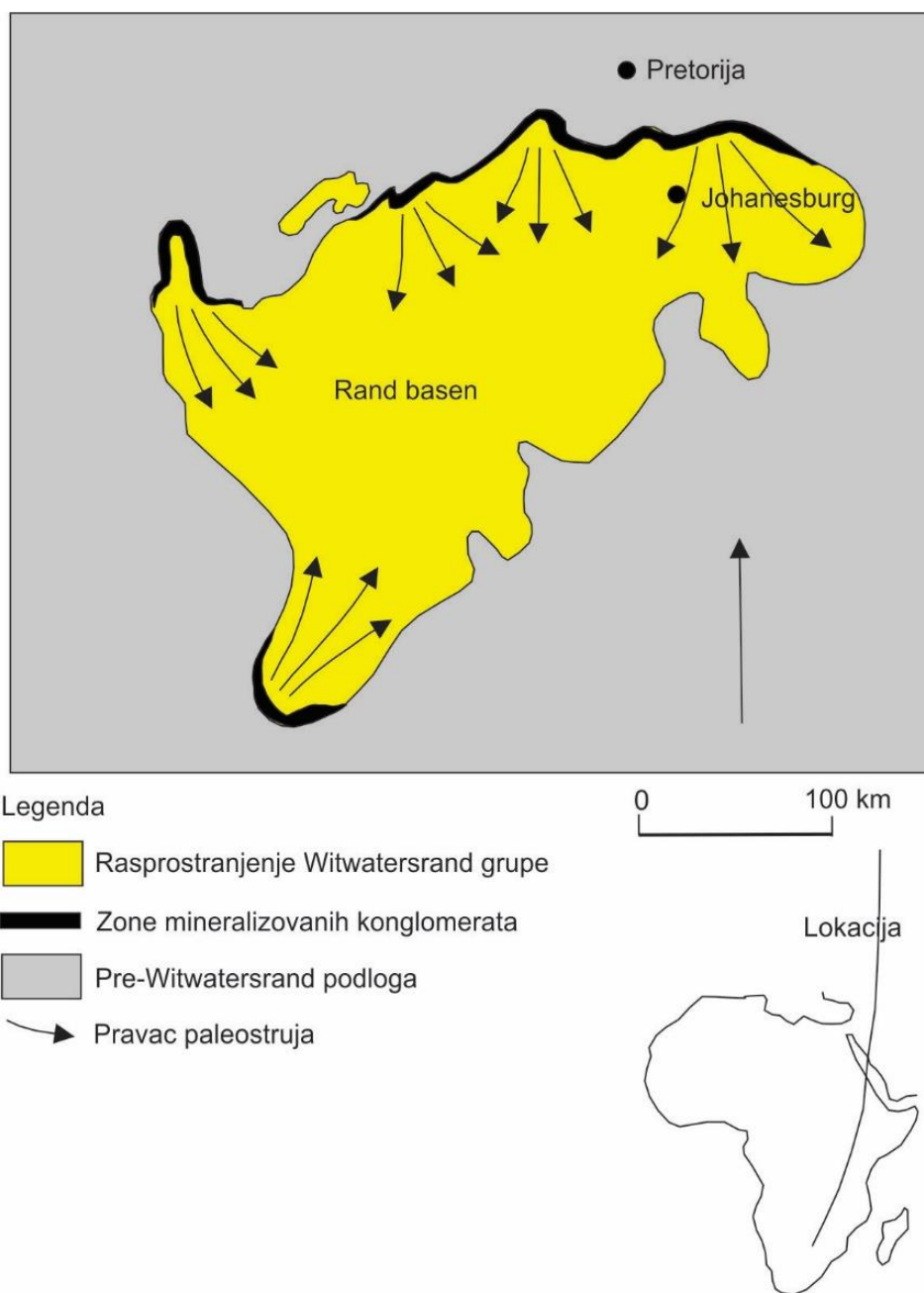
Slika 7.5. Geološki profil i plan na kome se vidi aluvijalna ravnica i sa njom povezana nanosna ležišta mineralnih deponata.

Postoji nekoliko proterozojskih aluvijalnih ležišta u kojima se nalaze zlato i uranijum. Oni su nepravilno raspoređeni (rasuti) po planeti, ali imaju sličnu sedimentologiju i starost. Sastoje se od konglomerata koji su deponovani u sistemima fluvijalnih kanala. Detaljne studije ukazuju da se one nalaze u rasponu od pritoka koje su zapunjavale dolinu, preko upletenih aluvijalnih plavnih ravnica, sve do deltnih lepeza (slika 7.6.).



Slika 7.6. Različiti modeli prekambrijumskih konglomerata sa zlatom i uranijumom koji se pojavljuju po celom svetu (od Skinner, 1981.)

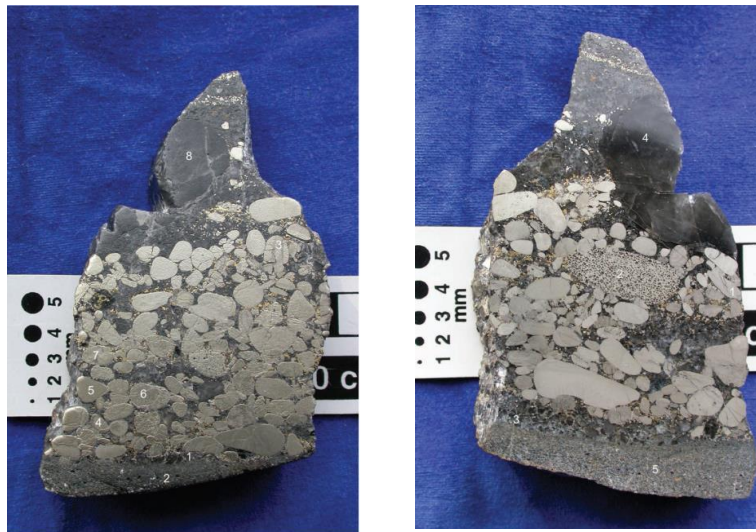
Napoznatiji primer ovih nanosnih ležišta je rif Witwatersrand grupe u istoimenom basenu u Južnoj Africi (slika 7.7.)



Slika 7.7. Karta prekambrijumskog Witwatersrand basena u Južnoj Africi na kojoj su prikazane lokacije aluvijalnih lepeza sa zlatom i uranijumom (na osnovu Pretorius, 1979, Brock and Pretorius, 1964).

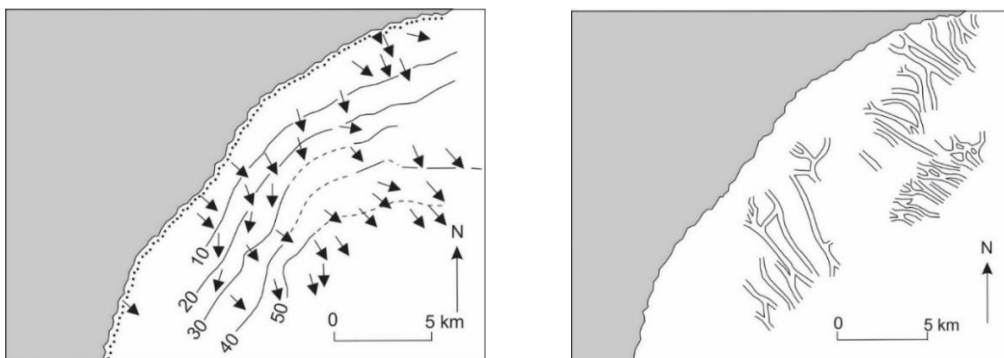
Drugi primeri se nalaze na reci Blind i jezeru Montgomeri, Kanada, kao i Moeda i Jacobina sedimentima u Brazilu i jezeru Deep, SAD (Armstrong, 1981, Cox, 1986). Radiometrijsko datovanje pokazuje da su ovi sedimenti formirani između 2 i 2,8 milijardi godina. Uraninit, česti rudni mineral je nestabilan na površini Zemlje. Pretpostavlja se da je formiran pre nego što su alge fotosintezom smanjile nivo ugljen dioksida u atmosferi i formirale savremenu atmosferu sa dosta kiseonika.

Sedimenti su predstavljeni kvarcom i kvarcnim konglomeratom i šljunkovitim peskom (slika 7.8.)



Slika 7.8. Kvarc pirit konglomerat, dobro zaobljena zrna konglomerata su povezana sa asocijacijama zlata, Witwatersrand grupa, prekambrijumske starosti, Witwatersrand basen, Južna Afrika, Horscroft et al., 2012.

Analize paleotokova često pokazuju subparalelnu ili radijalnu orijentaciju konglomeratičnih kanala koji su nosioci nanosnih ležišta (slika 7.9.).



Slika 7.9. Karta izopaha i paleostruja (levo) Vaal Reef na severozapadnoj strani Witwatersrand basena (ekvidistanca 10 m). Kanali konglomerata sa nanosima minerala (desno) (na osnovu podataka iz Minter, 1981, and Minter and Loen, 1991.)

Matriks ovih konglomerata predstavlja slabo sortirani karbonatni mulj koje uključuje detritična zrna zlata i uraninite. Veruje se da je karbonatni materijal bakterijskog ili algalnog porekla. Prisustvo dijagenskog piritu ukazuje na redukcione uslove, iako su neki od uraninita autigeni.

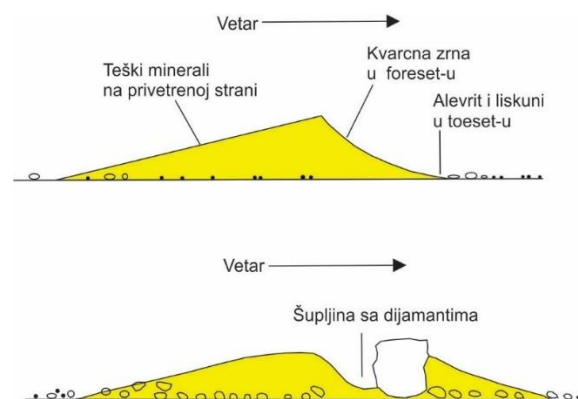
7.2. Ekonomski značaj eolskih peskova

Usled dobrog sortiranja i odsustva glinovitog matriksa, eolski peskovi imaju odličan primarni porozitet i permeabilitet. Ovo je odlična karakteristika za akvifere i rezervoare ugljovodonika ukoliko nisu pretrpeli snažnu dijagenezu. Kao i aluvioni upletenih reka i oni obično nemaju proslojke šejla koji predstavljaju permeabilne

barijere. Međutim, primećeno je da se permeabilitet vertikalno menja kroz koso slojevite jedinice dine. Finozrni donji delovi (*toeset*) su često slabo permeabilni posebno ukoliko su pretrpeli rano evaporitsku cementaciju na mestima prelaza u međudinske sabkhe.

Eolski rezervoari ugljovodonika su utvrđeni u trijasko-jurskim slojevima ubranog pojasa Stenovitih planina u Koloradu i Juti (Lundquist, 1983) gde su naročito dobro dokumentovani Norphlet (jurski) peskovi (Barwis *et al.*, 1990). Eolski peskovi donjeg perma – rotligenda severozapadne Evrope su rezervoar stene mnogih velikih gasnih polja kako u plićem delu južnog Severnog mora tako i na pučini. Da bi se locirala povoljna mesta ovih rezervoara neophodno je uraditi detaljno paleogeografsko kartiranje. Razlog je što su samo eolski peskovi dovoljno permeabilni da bi mogli imati komercijalnu proizvodnju dok su fluvijalni i sedimenti sabkhe sa kojima se proslojavaju suviše kompaktni (*tight*) (Glennie, 1987; Sweet, 1999).

Savremeni eolski sedimenti takođe predstavljaju “domaćine” za nanosna ležišta. Uticaj vetra na razdvajanje minerala različite gustine nije tako efikasan kao uticaj vode, usled toga što razlika specifične težine minerala u vazduhu nije tako velika kao u vodi. Odvajanje teških minerala se odvija u dve sredine. Finozrni teški minerali se nalaze na izduvnoj strani dine, dok se velika zrna teških minerala odvajaju u malim deflacionim rupama (slika 7.10). Eolska nanosna ležišta se nalaze u mnogim pustinjama, ali su retko dovoljno bogata da bi bila komercijalna. Izuzetak predstavljaju ležišta dijamantata u Namibiji (Smirnov, 1976).



Slika 7.10. Načini formiranja eolskih nanosnih ležišta (modifikovano od Smirnov, 1976).

7.3. Ekonomski značaj jezerskih sedimenata

Jezerski sedimenti imaju veliki ekonomski značaj. Oni sadrže uljne škrljce (*oil shales*) i druge matične stene bogate organskom materijom koje generišu ugljovodonike. Jezera u umerenim klimatskim uslovima mogu biti zapunjena tresetom i formirati naslage uglja, dok hiperslana jezera mogu sadržati komercijalne količine evaporita.

Mnoge vode jezera su stratifikovane sa manje gustim slojem (epilimnion) koji pokriva hladniji gušći sloj (hipolimnion). Fotosinteza algi u osunčanim gornjim slojevima stvara kiseonik. Kombinacija biljne hrane i kiseonika omogućava razvoj bogatog živog sveta u epilimnionu. Međutim, kiseonik se brzo potroši u hipolimnionu te usled nedostatka sunčeve svetlosti ne može biti nadomešćen procesom fotosinteze. Iz tih razloga slojevi u jezerima često postaju anoksični i “ustajali” tako da organogeni detritus koji tone u hipolimnion može biti očuvan od uobičajenog procesa raspadanja. Na ovaj način dolazi do deponovanja muljeva bogatih organskom

materijom. Nakon zatrpavanja organski deo može evoluirati u kerogen od kojeg nastaju ugljovodonici.

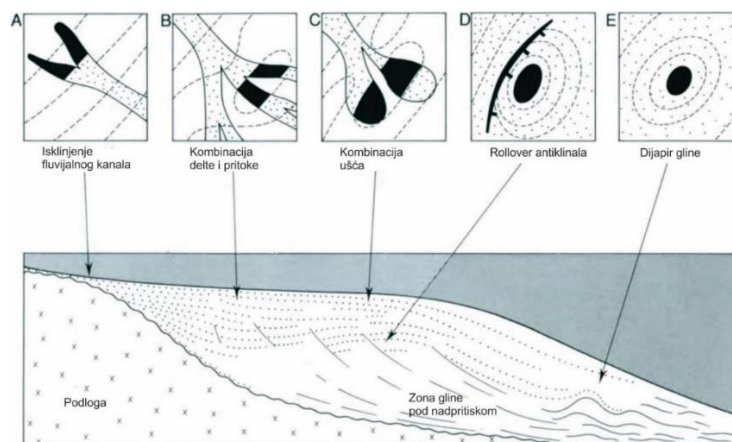
Šejlovi Green Riveer formacije (eocen) su deponovani u terciarnom jezerskom basenu u Juti i Vajomingu. Oni ne samo da sadrže komercijalne rezerve uljnog škrljca (*oil shale*) (Yen and Chilingarian, 1976), već generišu ugljovodonike koji su migrirali u rezervoar stene predstavljene obodnim peskovima kao i u starije formacije (Ray, 1982). Većina proizvodnje iz kineskih naftnih polja na kopnu je iz jezerskih basena i povezana je sa terciarnim matičnim stenama iz naftnih provincija dalekog istoka (Grunau and Gruner, 1978). Pored nafte, uljnog škrljca (*oil shale*) i uglja, jezera često sadrže i evaporite, dijatomejske muljeve (dijatomit ili dijatomejska zemlja), rude gvožđa i porcelanske gline.

7.4. Ekonomski značaj deltnih sedimenata

Stari deltni sedimenti imaju izuzetno veliki ekonomski značaj. Oni su “domaćin” većine svetskih nalazišta uglja i mnogih najznačajnijih naftnih provincija. Sredine formiranja ugljeva nisu ovde diskutovane, već je akcenat stavljen na sisteme ugljovodonika. Delte predstavljaju odlične naftne provincije zato što ispunjavaju sve neophodne uslove za deponovanje matičnih stena, generisanje ugljovodonika i formiranje zamki (Selley, 1977).

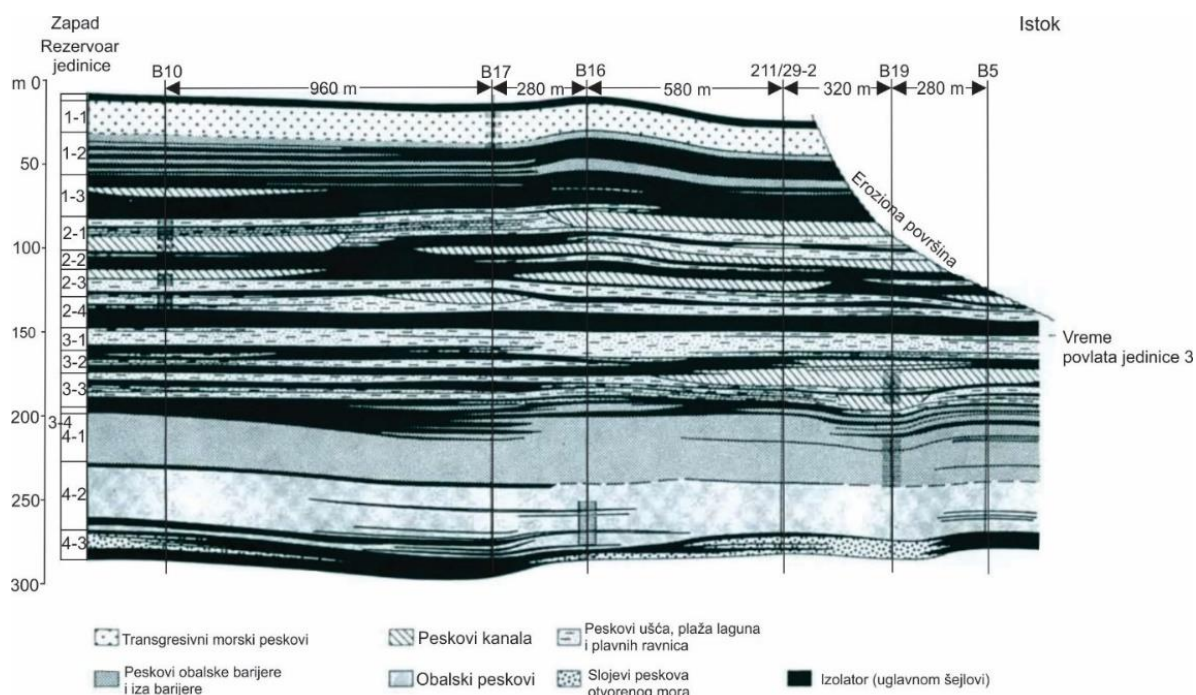
Deltni proces predstavlja način depozicije peščanih režnjeva (*sand lobe*) (potencijalnih rezervoara) u okviru morskih muljeva bogatih organskom materijom (potencijalni slojevi matičnih stena). Sedimenti deltnih sredina imaju veliki potencijal za formiranje stratigrafskih zamki, uključujući prudove ušća, barijerne prudove i kanale. Brza depozicija često dovodi do pojave nadpritiska, što može dovesti do formiranja dijapirskih zamki i *roll-over* antiklinala. Pre formiranja delte neophodno je postojanje basena ili bar nekakvo tonjenje. Tonjenje ukazuje na istežanje kore i povećanje toplotnog toka što ubrzava maturaciju matičnih stena, što predstavlja razlog što su stare delte glavne naftne provincije. Tercijarna delta Nigera i tercijarna oblast Meksičkog zaliva u SAD su dva klasična primera (vidi Reijers *et al.*, 1997, i Dow, 1978).

Na slici 7.11. prikazani su neki od načina na koji ugljovodonici mogu da budu zarobljeni u deltnim sedimentima.



Slika 7.11. Profili i ilustracije modela zamki ugljovodonika u deltama. Obratiti pažnju na isklinjenje (*pinch-out*) (A) kao jednostavnu stratigrafsku zamku. Tipovi (B) i (C) su kombinovane stratigrafsko strukturne zamke. Tipovi (D) i (E) su zavisne od prisustva muljeva sa nad pritiskom u distalnim delovima delte.

Na delu slike koje je označeno slovom A prikazano je isklinjenje aluvijalnih sedimenata naviše (*up-dip*) Clareton i Fiddler Creek polja Powder River basena, Vajoming (Woncik, 1972), i zamka distributivnih kanala (slika 7.11. B) Pensilvanijske Booch delte u Oklahomi (Busch, 1971). Zamke prudova ušća (slika 7.11. C) su prikazane na West Tuscola polju u Teksasu (Shannon and Dahl, 1971). Roll-over antiklinale (slika 7.11. D) su glavne produktivne zamke provincija Nigera i Misisipija, dok se dubokovodni peščari zasvođeni preko dijapirskih muljevitih izdignuća (*lumps*) (slika 7.11. E) pojavljuju se u Beaufort moru Arktičke Kanade (Hubbard *et al.*, 1985). Jednom kada su potvrđene akumulacije u deltnom sistemu neophodno je primeniti znanja iz sedimentologije radi uspešnije razrade i proizvodnje ležišta. Ranije su prikazani problemi fluvijalnih rezervoara sa kartiranjem kanala gde se prvo pokušava determinističko određivanje njihovog rasprostranjenja, nakon čega se često pribegava statističkom modeliranju rezervoara. Slična je situacija i sa deltnim rezervoarima. Ovde je situacija još komplikovanija pošto pored kanala koji se kreću naniže postoje i plitkovodni morski peščari koji se pružaju upravno na pritoke. Ovakva situacija je potvrđena u deltnim Brent rezervoarima u severnom delu Severnog mora (slika 7.12.).



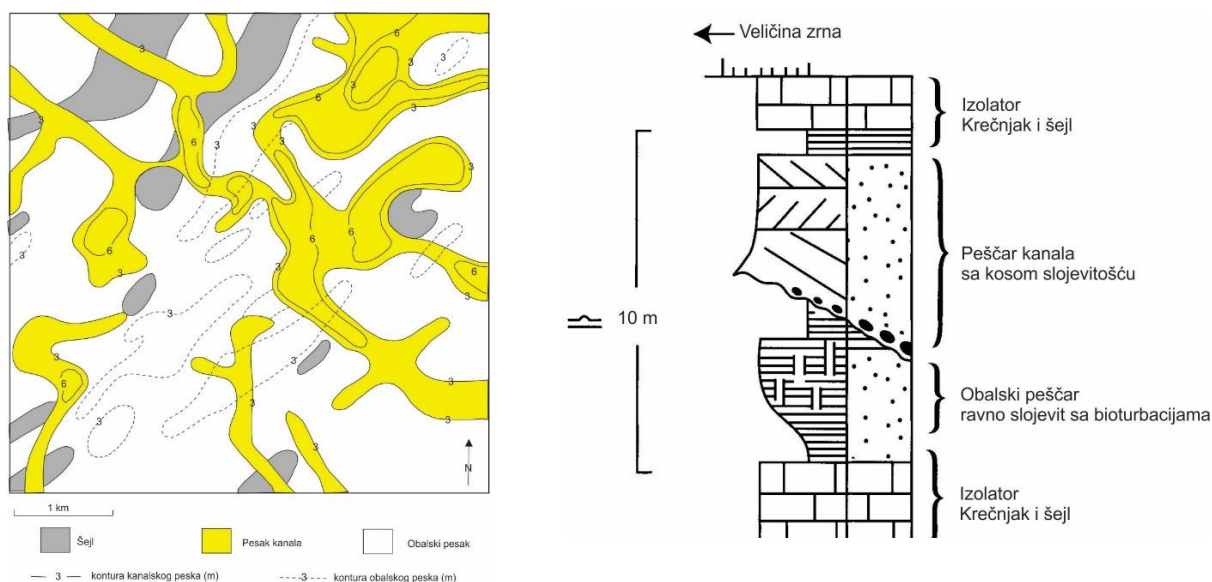
Slika 7.12. Seizmički profil pružanja zapad – istok (paleopružanje) kroz deo Brent grupe korelisan bušotinama na međusobnom rastojanju 960 do 280 m. Obratiti pažnju na dobar kontinuitet transgresivnih morskih peskova Tarbert formacije u gornjem delu u pravcu zapad-istok. Uočava se razlika od sočivastih peskova kanala Ness formacije ispod njih (iz Johnson and Stewart, 1985).

7.5. Ekonomski značaj barijernih prudova i peskova plaža

Očigledno je da usled dobre sortiranosti barijerni prudovi i peskovi plaža imaju odličan porozitet i permeabilitet. Stari peskovi barijernih prudova mogu stoga biti značajni rezervoari ugljovodonika ukoliko ne dođe do smanjenja poroziteta procesom dijageneze. Ispod površine postoje mnogi pokrovni peskovi (*blanket*

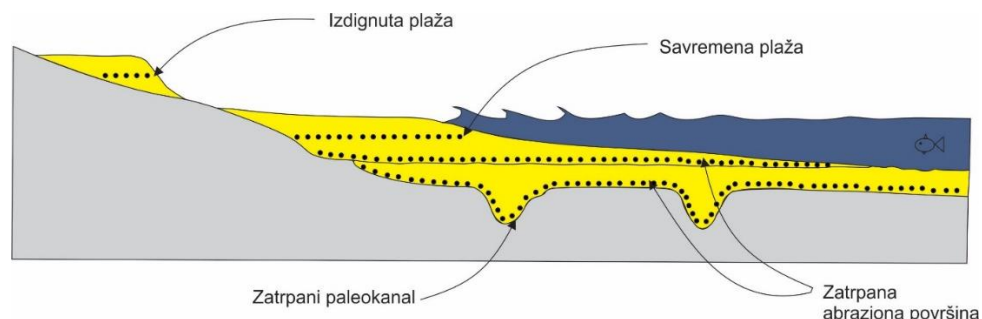
sands) koji očigledno imaju plitkovodno morsko poreklo iz sredine velike energije. Međutim, često je veoma teško dokazati da li su ovi peščari deponovani u sredinama talasa otvorenog morskog šelfa ili su možda nastali lateralnim nagomilavanjem sedimenata plaža ili barijernih ostrva. Samo na mestima gde su prisutni i očuvani lagunski sedimenti može se dokazati barijerno ostrvsko poreklo peščara.

Slika 7.13. ukazuje na probleme u proizvodnji ugljovodonika iz rezervoara sačinjenih od peskova barijernih prudova u koje su usečeni upravno orijentisani peskovi kanala. Ova dva tipa rezervoara imaju proslojke nepermeabilnih šejlova.



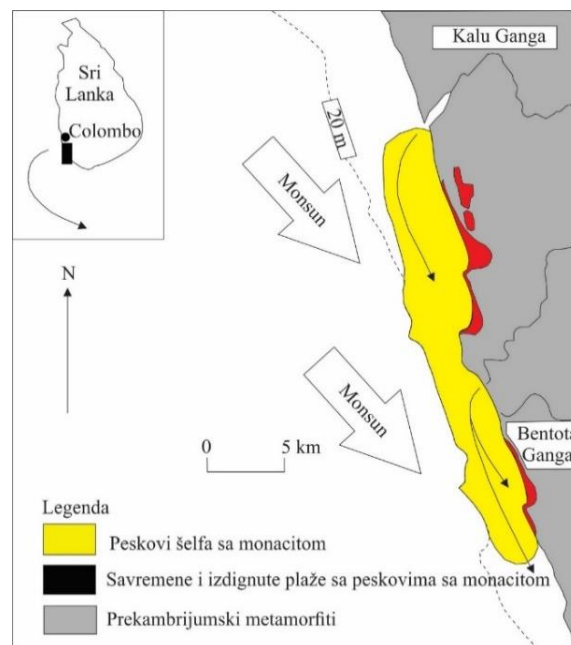
Slika 7.13. Primer složenog ugljovodoničnog rezervoara u obalskim peskovima. Mapa izopaha gornjomisisipijanske Aux Vases formacije peščara Rural Hill polja, Illinois, SAD. Lokacije bušotina nisu prikazane, ali polje je izbušeno bušotinama koje imaju međusobni razmak od 300 m, tako da su konture prilično precizne. Peščari obalske linije imaju trend paleopružanja SI-JZ i presečeni su pod pravim uglom peskovima kanala uređenim duž paleopada (po Weimer et al., 1982).

Procesi na obalskim linijama podstiču i izdvajanje teških minerala kako bi formirali njihova nanosna ležišta (Macdonald, 1983). Savremena nanosna ležišta plaža se sastoje od akumulacija zlata, monacita, sfena, ilmenita i kasiterita. Slika 7.14. pokazuje generalnu poziciju odvajanja nanosnih ležišta na liniji žala.



Slika 7.14. Skica profila na kojoj su prikazane zone koncentracije teških minerala u obalskim i priobalskim morskim sedimentima. Nanosna ležišta su prikazana tačkama.

Komercijalna nanosna ležišta plaža se pojavljuju u Šri Lanci, Indiji, Novom Zelandu, Novom Južnom Velsu i duž obala Floride i Nju Džersija, SAD (Force, 1986). Kao i aluvijalna nanosna ležišta i nanosna ležišta plaža zahtevaju intenzivan uticaj atmosferilija na podlogu terena koje dovode do obimnog pretaložavanja detritičnog reziduala. Slika 7.15. pokazuje ilmenitska i monacitska nanosna ležišta obale u Šri Lanci. Ovi peščari su nastali od prekambrijskih magmatskih i metamornih stena koje su snažno erodovane uticajem tropske klime, a rezidual je rekama transportovan u more. Obalski procesi su nakupili teške minerale duž plaža i u manjem obimu dalje na šelfu. Glavne koncentracije se pojavljuju u obalskim zalivima koji se nalaze u pravcu obalske struje (*longshore drift*). Na ovim mestima je do 14% peskova je sačinjeno od ilmenita, monacita, rutila i garneta koji se eksploatišu od 1918. godine (Wickremeratne, 1986). Takođe, pojavljuju se i stara nanosna ležišta (*paleoplacer*) plaža, ali ona imaju sporadičan komercijalni značaj osim kada su peskovi i dalje blizu površine i nekonsolidovani. Ovakva je većina komercijalnih starih nanosnih ležišta koja se nalaze u terciarnim i pleistocenskim formacijama (Peterson *et al.*, 1987). Na primer stara nanosna ležišta zlata se pojavljuju u pleistocenskim plažama Jukona, Aljaske.



Slika 7.15. Karta na kojoj je prikazan način pojavljivanja nanosnih ležišta monacita i ilmenita na zapadnoj obali Šri Lanke. Većina koncentracija teških minerala pojavljuje se u zalivima koji su otvoreni u pravcu preovlađujućeg pravca struja duž obale (*longshore drift*). Pojednostavljeno od Wickremeratne, W. S. 1986.

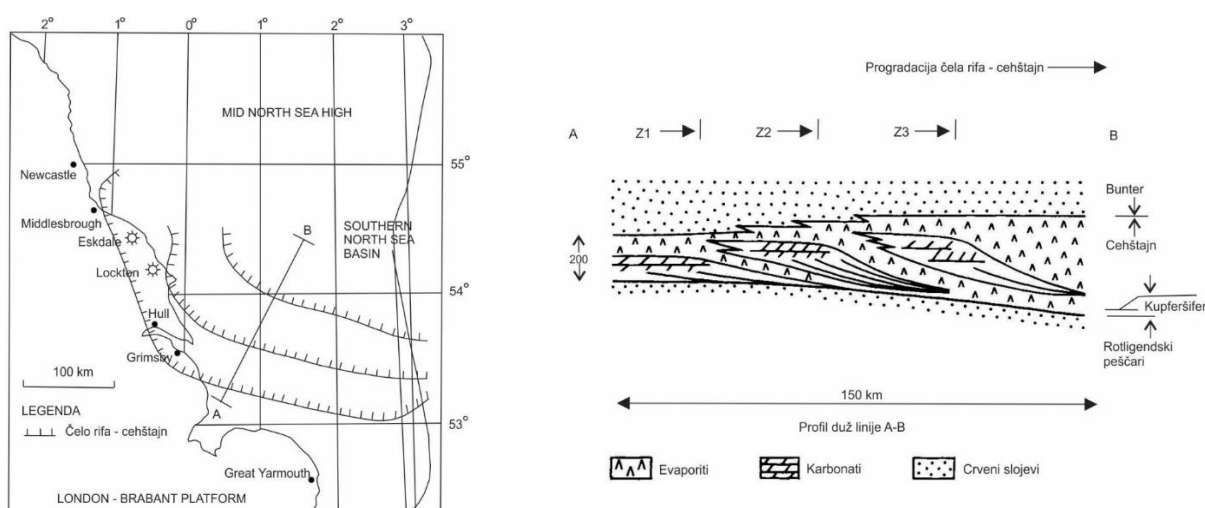
7.6. Ekonomski značaj terigenih šelfova

Savremeni i stari šelfni sedimenti imaju priličan ekonomski značaj. Savremeni šelfovi su detaljno istraživani ne samo zbog navigacije već i zbog toga što sadrže ekonomski značajne sedimente kao što su fosfati i teški minerali. Teški minerali uključuju kasiterit Malezijskog šelfa, gvožđe iz peskova nastalih talasima na severozapadnoj obali Novog Zelanda i monacite šelfova Novog Južnog Velsa i Južne Australije (Macdonald, 1983; Glasby, 1986). Mnoga od ovih nanosnih ležišta su reliktni sedimenti, pretaloženi sa potopljenih pleistocenskih plaža i aluviona.

Šelfni peskovi su obično dobro sortirani i ne sadrže gline, zbog čega imaju odličan porozitet i permeabilitet. Nekada su pojedinačni peskovi plima pomešani sa muljevima, ali često se peskovi kontinentalnih šelfova javljaju kao lateralno ekstenzivni pokrovi. Lateralni permeabilitet ovih formacija ih čini odličnim akviferima i ugljovodoničnim rezervoarima. Primer ovih šelfova uključuje Simpson Sand u Oklahomi i Haouaz i Um Sahm formacije u Sahari i Arabiji (Bennacef *et al.*, 1971; Selley, 1972; al-Laboun, 1986) ordovicijumske starosti. Širom planete rasprostranjeni su veoma zreli ortokvarciti ordovicijumsko-silurske starosti koji ukazuju na globalni porast nivoa mora i potapanje mnogih kontinentalnih šelfova.

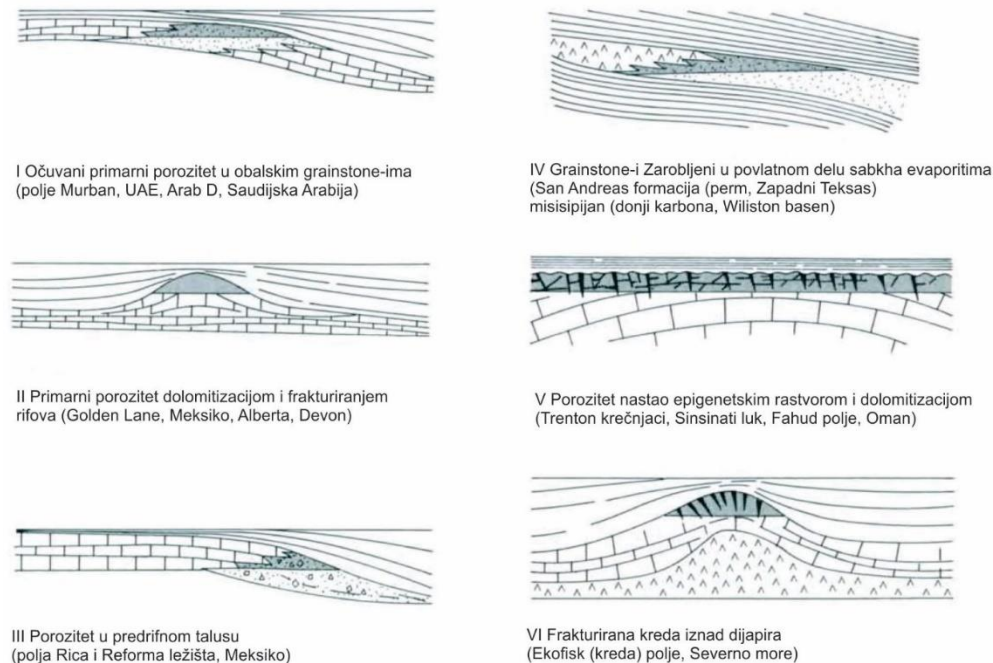
7.7. Ekonomski značaj karbonata (generalno) i posebno rifova

Karbonatne stene, posebno rifovi imaju izuzetan ekonomski značaj. Oni mogu biti eksploatisani kao građevinski kamen ili agregat, mogu služiti kao akvifer, a mogu biti i “domaćin” za mnoge druge rude i za gotovo 50% svetske nafte. U karbonatima kao i u pešćarima količina i distribucija poroziteta i permeabiliteta kontroliše njihovu sposobnost da budu dobri akviferi, rezervoari za ugljovodonike i mineralizacije. Međutim, postoji velika razlika između distribucije poroziteta i permeabiliteta u karbonatima u poređenju sa pešćarima. U pešćarima efekat dijageneze obično nije previše ekstremna, porozitet je prevashodno primaran i vezan za facije. Sa druge strane porozitet u karbonatima je uglavnom sekundaran usled ekstenzivne dijageneze. Porozitet i permeabilitet starih karbonata je stoga često nevezan za primarni porozitet njihovih originalnih facija. Stoga mnogi akviferi krečnjaka duguju svoj potencijal tektonski kontrolisanom frakturiranom sistemu pora ili “curenju” horizonata paleokarsta u kojima diskordancije seku facije i stratigrafske članove. Krečnjaci i dolomiti često predstavljaju odlične rezervoare ugljovodonika. Razlog tome je što se obično razvijaju duž oboda basena, čineći prirodne zamke za migrirane ugljovodonike koji dolaze iz dubljih basenskih matičnih stena. Rifovi se nazivaju i “sedimentacionim antiklinalama”. Oni su često pokriveni muljevima bogatim organskom materijom koji mogu služiti i kao matična i kao zaštitna stena (slika 7.16.).



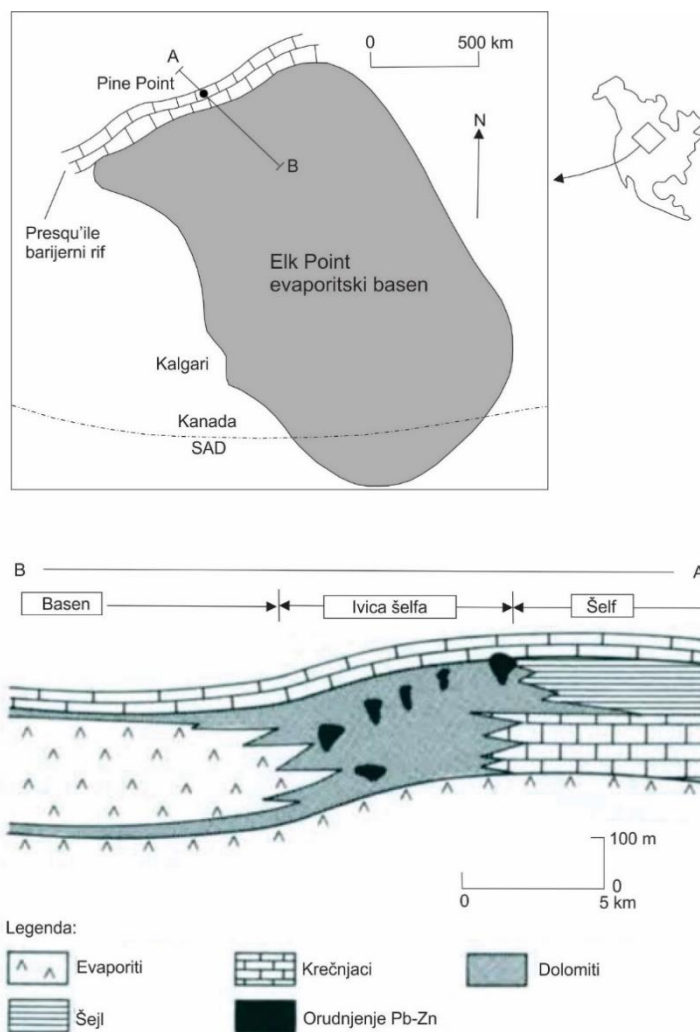
Slika 7.16. Karta i geološki profil na kome je prikazana ciklična progradacija cehštajnskog (gornjopermskog) barijernog “rifa” u južnom delu Severno morskog basena.

Naravno, postoje i problemi usled osobene distribucije poroziteta i permeabiliteta u karbonatnim rezervoarima ugljovodonika koji su zbunjivali geologe i inženjere dugo godina. Mnoge odlične studije, uglavnom nepublikovane, veoma detaljno opisuju dijagenezu i evoluciju poroziteta karbonatnih rezervoara (e.g., Reeckman and Friedman, 1982). Nažalost, većina ovih studija ima ograničenu „predskazujuću“ vrednost i nije sposobna da služi kao vodič prilikom bušenja i programa razrade polja. U mnogim karbonatnim provincijama distribucija ugljovodonika je nepravilna i unutar polja porozitet nije povezan sa depozicionim sredinama. Međutim, Wilson (1975, 1981) je opisao seriju karakterističnih modela ugljovodoničnih rezervoara (slika 7.17).



Slika 7.17. Različiti modeli karbonatnih ugljovodoničnih rezervoara definisanih od Wilson (1975, 1981).

Generalno karbonati, a posebno rifovi, predstavljaju „domaćine“ za rudna tela. Najkarakterističnije su različite mineralizacije sulfida olovo-cinka. Najpoznatija ovakva ležišta se nalaze u dolini Misisipija čiji region je poznat po ovim rudama (Brown, 1968; Ohle, 1980; Gustafson and Williams, 1981; Wolf, 1981; Anderson and McQueen, 1982; Briskey, 1982; Clemmey, 1985). Rudni distrikt doline Misisipija se proteže preko Oklahome, Kanzasa i Misurija. Drugi sličan primer iz Severne Amerike se nalazi u Viskonsinu u Pine Point i severozapadnim teritorijama Kanade (slika 7.18.). Postoje i brojni primeri karbonskih krečnjaka u Evropi od Poljske, preko bivše Jugoslavije, Engleske i Irske (Hitzman and Large, 1986). Studije utiskivanja fluida ovih olovo-cink sulfida ukazuju na obaranje minerala iz hiperslanih fluida sa temperaturama do 225°C. Često se uočava povezanost karbonatnih ruda olovo-cinka sa evaporitima i ugljovodonicima (neretko degradovanim u bitumen). Trenutno aktuelno mišljenje je da mineralizacija nastaje karbonatnim fluidima obogaćenim metalničnim jonima koji migriraju iz basenskih muljaca. Uočava se regionalni trend mineralizacije, ali kao i sa ugljovodonicima tačno mesto pojavljivanja ruda je osobeno pojavljujući se u sedimentima ispred rifa (*fore-reef*), jezgru rifa (*reef core*) i iza rifa (*back-reef*).



Slika 7.18. Karta i profil na kojima je prikazan devonski olovo-cink sulfidni rudni pojas Pine Point, severne Kanade. Mineralizacija se nalazi na dolomitizovanoj ivici šelfa evaporitskog basena. Bez obzira na precizan način mineralizacije, očigledno je da je lokacija ruda povezana sa facijalnim razvićem (na osnovu Skall, 1975 i Kyle, 1981).

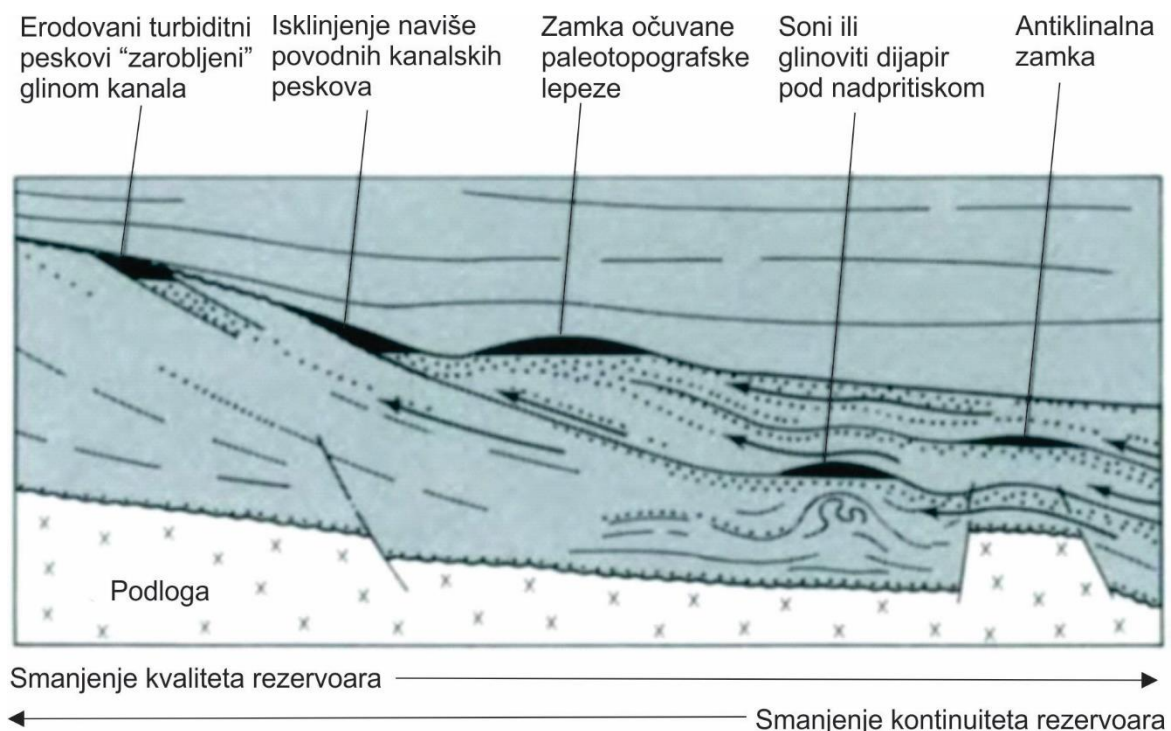
7.8. Ekonomski značaj dubokomorskih pešćara

Dubokovodni pešćari su jako interesantne rezervoar stene za ugljovodonike. Razlog tome je što distalni dubokovodni pešćari mogu biti proslojeni sa basenskim muljcima bogatim organskom materijom koji mogu biti matične stene za ugljovodonike. Ugljovodonici mogu migrirati iz matičnih šejlova u proslojene distalne pešćare lepeza i dalje naviše u pravcu margina basena dolazeći do postepeno debljih, grubozrnijih (samim tim i permeabilnijih) pešćara. Međutim, kontinuitet rezervoar stena se može smanjiti sa povećanjem kvaliteta rezervoara, zato što pokrovni (*sheet*) basenski pešćari naviše prelaze u jedinice kanala.

Ugljovodonici mogu biti zarobljeni u dubokovodnim pešarskim rezervoar stenama na više načina, od strukturnih do stratigrafskih. Konvencionalna antiklinalna zamka konstatovana je na Long Beach-Wilmington polju u Kaliforniji i Forties polju u Severnom moru. U prvom slučaju se radi o formiranju antiklinala kompresijom, dok je u drugom u pitanju formiranje pokrova (*drape*) i kompakcije preko dubokog horsta (Mayuga, 1970, Walmsley, 1975). Zamka može biti formirana dijapirima ili

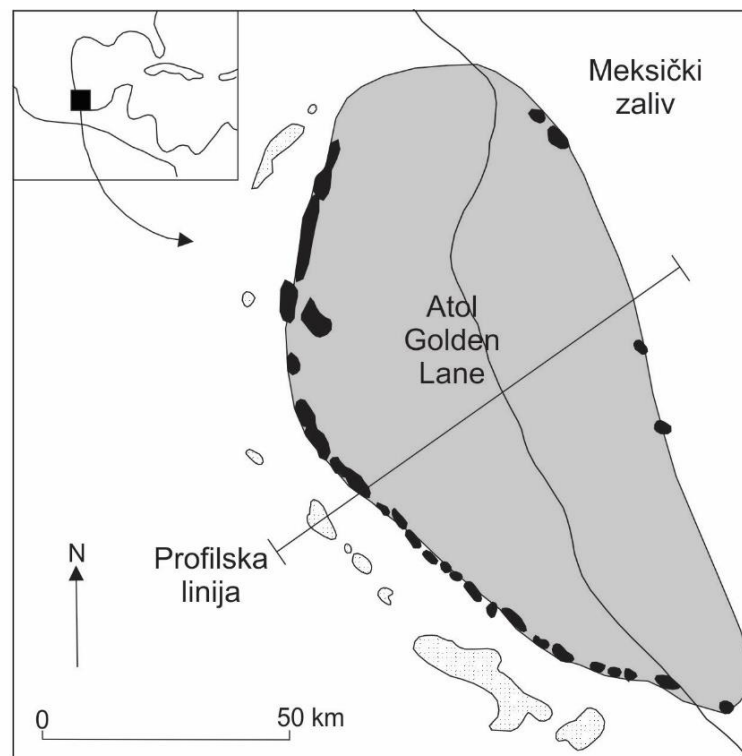
nagomilanjima (*lump*) muljca kao što je u Beaufort moru ili sonim domama - polje Cod u Severnom moru (Kessler *et al.*, 1980).

U svim ovim primerima pomenuti rezervoari su u suštini predstavljeni lateralno široko rasprostranjenim sedimentima basenske ravnice sačinjenim od prosljaka spoljašnjih lepeza turbidita (*outer fan turbidites*) i šejlova. Heterogenost rezervoara usled kanala je zanemarljiva. Zamke ugljovodonika u dubokovodnim peskovima duž oboda basena su nešto drugačije i ponekad su stratigrafske. Zamka može biti formirana očuvanom paleotopografijom podmorskih lepeza kao što je polje Frigg u Severnom moru (Heritier *et al.*, 1981). Specifične stratigrafske zamke mogu nastati usled usecanja podmorskih kanala u padine. Nekada peskovi kanala mogu biti rezervoar stene. Međutim, postoje polja u kojima su turbiditni rezervoari zarobljeni (*sealed*) glinama kanala (na primer Rosedale polje u Kaliforniji, Martin, 1963). Slika 7.19. prikazuje različite vrste zamki ugljovodonika u terigenim dubokovodnim peskovima.



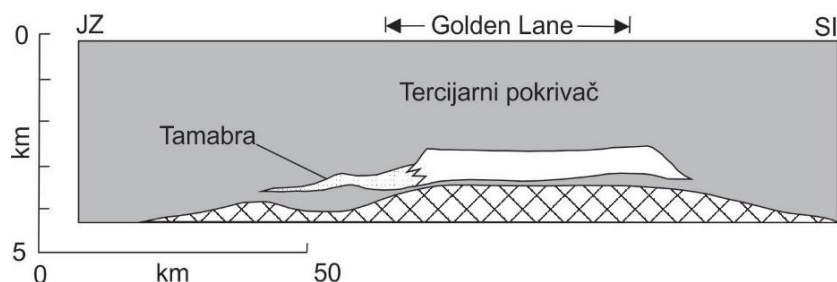
Slika 7.19. Regionalni geološki profil na kome su prikazani načini formiranja zamki u dubokovodnim pešćarima. Strelice ukazuju na pravac migracije ugljovodonika.

Alodapski (*allogenic*) karbonati takođe mogu biti ugljovodonični rezervoari. Kvalitet krečnjačkih rezervoara je često nezavisan od facijama kontrolisanog primarnog poroziteta već je za njega odgovoran dijagenski izazvan sekundarni porozitet. Jedan od najboljih primera alodapskih krečnjačkih rezervoara je Tamabra formacija u Meksiku (Guzman, 1967; Enos, 1977). Ona se sastoji od *grainstone*-a, *packstone*-a i tokova krečnjačkog detritusa koji su zatrpali Golden Lane atol – karbonatnu platformu sačinjenu od krednih El Abra krečnjaka. Prsten sa poljima je otkriven duž oboda platforme, ali drugačiji trend se pojavljuje u alodapskim Tamabra krečnjacima. Ovaj „put“ je očigledno ograničen na jugozapadni obod atola (slika 7.20.). Pretpostavlja se da su alodapski krečnjaci zatrpali samo zavetrinski deo platforme i da su odsutni na vetrovitoj strani gde bi ih struje pomerile prema nasipu (*bank*) (Mullins and Cook, 1986).



Legenda

- Polja koja proizvode iz El Abra krečnjaka na ivici šelfa
- Polja koja proizvode iz Tamabra alodapijskih krečnjaka



Slika 7.20. Karta i geološki profil preko krednog atola Golden Lane u Meksiku. Naftna polja se pojavljuju u rudistnom rifu oko prstena platforme i kao alodapski krečnjaci u podnožju zavetrene ivice (na osnovu Guzman, 1967 i Enos, 1977.) Geološki profil je rekonstruisan i vraćen u vreme gornje krede. Atol Golden Lane trenutno tone ka severoistoku.

Kao druga krajnost, kredni krečnjaci Severnog mora uključuju i pelašku i redeponovanu kredu. Oni sadrže naftna polja gde je kreda (sediment) izdignuta i frakturirana preko sonih doma (slika 7.17., VI) što ukazuje na to da je permeabilitet jako zavisao od distribucije fraktura, dok je sa druge strane porozitet povezan sa facijama. Redeponovana kreda ima veći porozitet od pelaških sedimenata (Kennedy, 1987).

7.9. Ekonomski značaj pelaških sedimenata

Pelaški sedimenti imaju određeni ekonomski značaj kao matične stene za ugljovodonike kao i zbog toga što sadrže fosfate, barite i različite metalne rude. Savremeni okeanski slojevi nisu anoksični, ali postoji anoksična zona između 180-

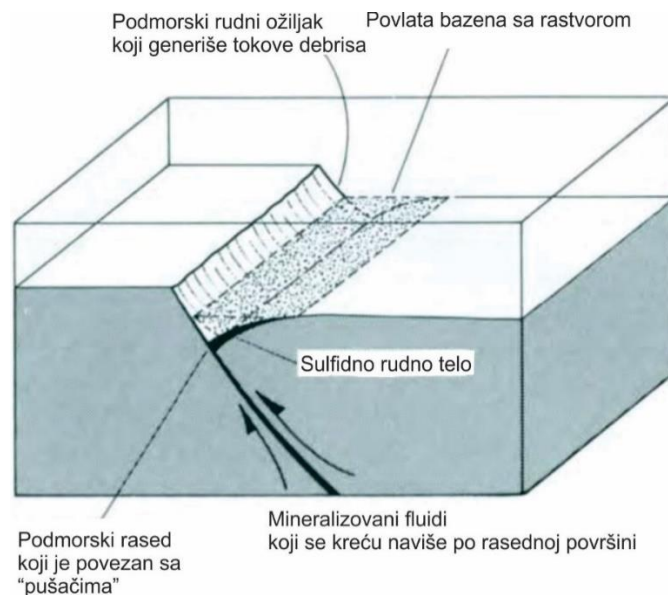
220 m koja odgovara savremenom obodu kontinentalnog šelfa. Savremeni duboki okeani imaju relativno umeren sadržaj kiseonika zbog konstantnog protoka hladnih polarnih voda bogatih kiseonikom naniže. Ovakva situacija se obično ne očekuje u starim pelaškim sedimentima koji bi mogli biti matične stene bogate organskom materijom. Postoje dva načina na koji pelaške sredine mogu da generišu matične stene za ugljovodonike (Katz, 1995). Neki geolozi su uočili da je generisanje matičnih stena bilo široko rasprostranjeno tokom gornje jure i donje krede i povezivali ga sa ravnomernom globalnom klimom. Bez prisustva polarnih kapa ne postoje hladne vode koje bi ponirale u duboke okeanske basene i donosile kiseonik tako da su anoksični uslovi na taj način mogli favorizovati formiranje matičnih stena (Schlanger and Cita, 1982; Stein, 1986). Ova ideja nije univerzalno prihvaćena. Posebno se uočava da se većina matičnih stena gornje jure i donje krede nalazi u oblasti sadašnjeg Atlanskog okeana što može ukazivati na oblasti ograničene cirkulacije okeana pošto su američke ploče bile odvojene od Evrope i Azije.

Postoji i drugi način formiranja dubokovodnih slojeva bogatih organskom materijom. Tokom miocena Mediteran se isušio i širom basena deponovani su evaporiti (mesinijanska kriza saliniteta). Današnji muljci bogati organskom materijom se nalaze u dubljim delovima Mediterana kao što su Strabo trenč i Bacino i Bannock baseni. Do njihovog pojavljivanja dolazi usled prisustva anoksičnog rastvora na dubinama većim od 3000-3200 m. Mesinijanski evaporiti imaju svoje izdanke na susednom morskom dnu koji su „natopljeni“ morskom vodom. Gusti rastvor nastao ovim procesom teče u niže delove basena gde nema dovoljno aktivnosti struja da ih ponovo obradi vodom normalnog saliniteta tako da na ovaj način organska materija ostaje očuvana.

Izveštaji različitih pelaških deponata minerala dati su od strane Cronan-a (1980, 1986). Od nemetalnih minerala, bariti (BaSO_4) su jedan od najčešćih koji se povezuju sa pelaškim sedimentima iako se pojavljuju u različitim geološkim okruženjima kako magmatskim tako i sedimentnim. Uslojeni sedimenti barita se nalaze povezani sa pelaškim šejlovima, krečnjacima i rožnacima u Irskoj, Kanadi, SAD, Australiji, Tajlandu i Indiji (Orris, 1986). Smatra se da je barit nastao iz rastvora biogenog detritusa (Scholle *et al.*, 1983), i neka uslojena ležišta barita su povezana sa Pb-Zn ekshalativnim centrima (sedimentary exhalative - SedEx deponati).

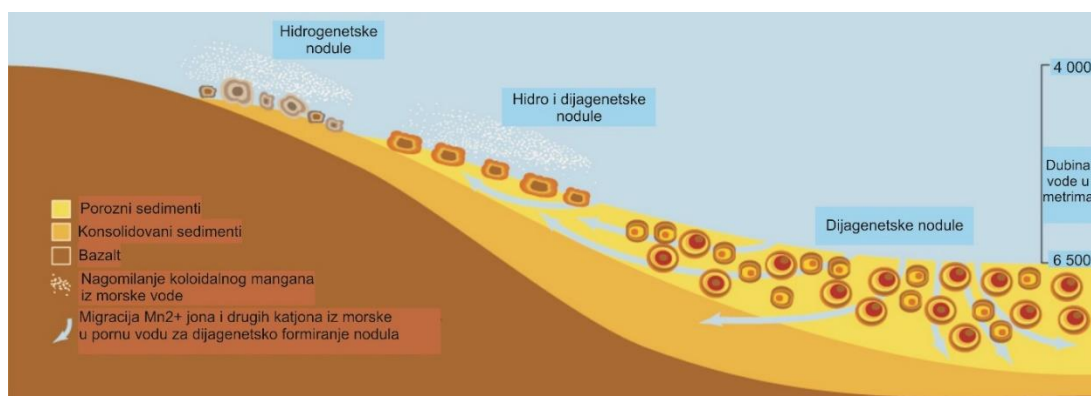
Ispitivanja savremenih srednjookeanskih grebena su dovela do otkrivanja izvora rastvora čije su vode obogaćene mnogim metalnim jonima pre svega Cu, Mn, Fe, i Pb. Nastali fluidi smanjuju kiselost (pH ispod 4) i imaju temperature sve do 350°C. Ovi izvori rastvora su prvi put konstatovani u Crvenom moru (Degens and Ross, 1969), ali su nakon toga nađeni u mnogim drugim srednjookeanskim grebenima. Reakcija između rastvora i morske vode dovodi do obaranja minerala. Amorfnе mineralne čestice dovode do toga da nastali rastvor izgleda kao oblak i da se taloži kao „dimnjak“ koji je nekada visok nekoliko metara oko mesta izvora. Oni imaju naziv „pušači“. Beli i crni „pušači“ se moraju razlikovati. Crni pušači emituju crne oblake pirotita i započinju obaranjem anhidritskog „dimnjaka“, koji sledi faza zamene originalnog anhidrita i direktno obaranje sulfida. Glavne mineralne forme su bornit, halkopirit i halkolit (Haymon, 1983). Beli „pušači“ su hladniji sa temperaturama manjim od 300°C. Oni emituju bele oblake amorfnih silikata, barita i pirita. Nastali „dimnjaci“ su skoreni čekinjastim crvima i imaju periferalni ekosistem prilagođen na visoke temperature i salinitete. Na morskom dnu, unutar nekoliko metara od izlaznog ventila, formira se manganska oksihidroksidna kora (Haymon and Kastner, 1981). Ovi savremeni „pušači“ su od velikog značaja pošto služe za analogiju značajnih grupa mineralnih deponata koji imaju različite termine „vulkanogeni“, „vulkano

eksalativi”, “sediment eksalativ” ili jednostavno *sedex* deponati (Briskey, 1986; Guilbert and Park, 1986, pp. 572-603). Oni predstavljaju masivna sulfidna rudna tela uglavnom cinka, bakra i gvožđa, a ponekad su povezana i sa uslojenim ležištima barita. Često se nalaze u proslojavanju sa vulkanskim i vulkanoklastičnim stenama zajedno sa pelaškim šejlovima, krečnjacima i rožnacima. Najpoznatiji primeri su Rammelsberg (Nemačka), Mount Isa (Australija), Broken Hill (Australija i Južna Afrika) i Silver mines (Irska). Andrews *et al.* (1986) su prikazali fascinantan broj analogija savremenih “pušača” u masivnim nanosnim ležištima sulfida u Irskoj. Ove sličnosti uključuju otkriće celih “paleopušača” sa skorenom fosilizovanom cevi crva (Fig. 7.21.).



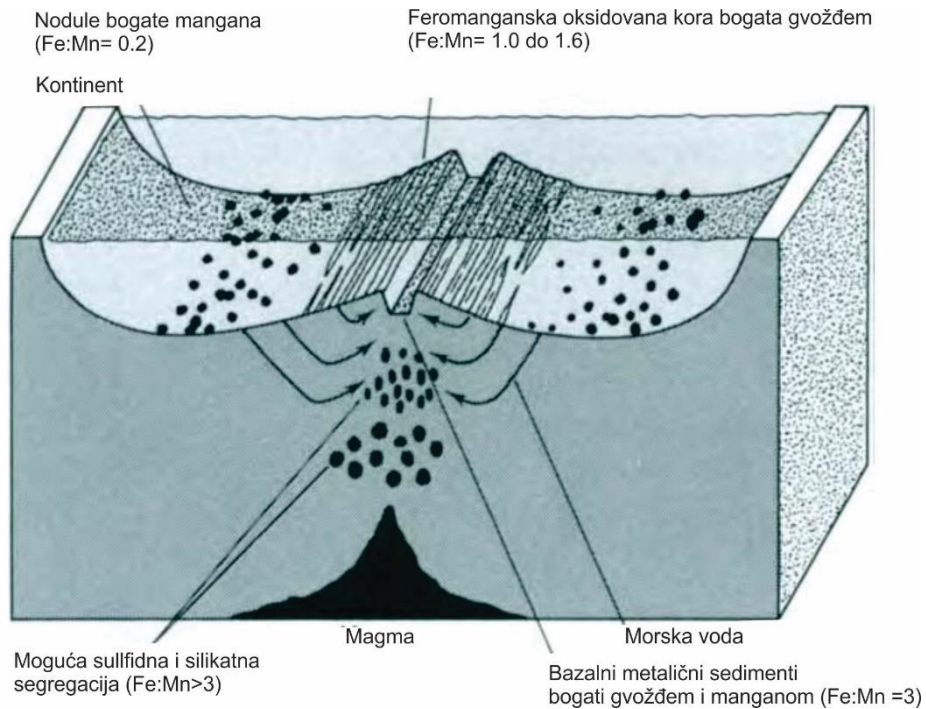
Slika 7.21. Skica koja pokazuje formiranje "sedex" (sedimentno-eksalativ) masivnog sulfidnog rudnog tela. Regionalni model srednjookeanskog grebena sa tanjenjem kore, riftovanjem i velikim toplotnim tokom. Metalima obogaćeni rastvori izbijaju iz ventila duž rasednih površi formirajući "pušače". Rastvori bogati metalima se pojavljuju uz bazene rastvora zarobljene u rollover udubljenjima na spuštenoj strani raseda.

Udaljavanjem od ose srednjeeokanskih grebena, otkriveno je da su velika područja njihovih bokova i većina okeanskih basena pokriveni manganskim nodulama (slika 7.22).



Slika 7.22. Sredina formiranja manganskih nodula.

Postoji postepena promena odnosa feromangana ovih nodula udaljavanjem od ose grebena (slika 7.23).



Slika 7.23. Dijagram na kome su prikazane asocijacije manganskih nodula u srednjookeanskom grebenu (Iz Cronan, 1980).

Manganske nodule se veoma sporo formiraju iz okeanske morske vode normalnog saliniteta (Cronan, 1980).

Literatura

- al-Laboun, A. A., 1986. Stratigraphy and hydrocarbon potential of the Paleozoic succession in both the Tabuk and Windayan basins, Arabia. *Mem. m Am. Assoc. Pet. Geol.* 40, p. 373-398.
- Anderson, G. M., and McQueen, R. W., 1982. Ore deposit models 6. Mississippi Valley-Type lead-zinc deposits. *Geosci. Can.* 9, p. 108-117.
- Andrews, C. J., Crowe, R. W., Finlay, S., Pennell, W. M., and Payne, J. F., eds. , 1986. "Geology and Genesis of Mineral Deposits in Ireland." *Irish Association for Economic Geology*, Dublin. Pp. 704.
- Armstrong, F. C., ed., 1981. "Genesis of Uranium and Gold-bearing Precambrian Quartzpebble Conglomerates," Prof. Pap. 1161-A-BB. *U.S. Geol. Surv.*, Washington, DC.
- Atkinson, C. D., McGowen, J. H., Bloch, S., Lundell, L. L., and Trumbly, P. N., 1990. Braidplain and Deltaic reservoir, Prudhoe bay Field, Alaska. In "Sandstone Petroleum Reservoirs" (J. H. Barwis, J. G. McPherson, and J. R. J. Studlick, eds.), *Springer-Verlag*, Berlin, p. 7-30.
- Bache, J. J., 1987. World Gold Deposits.. *North Oxford Academic*, London. Pp. 192.
- Balducci, A., and Pommier, A., 1970. Cambrian oil field of Hassi Messaoud, Algeria. *Mem.- Am. Assoc. Pet. Geol.* 14, p. 477-488.
- Bennacef, A., Beuf, S., Biju-Duval, B., de Charpal, O., Gariel, O., and Rognon, P., 1971. Example of cratonic sedimentation: Lower Paleozoic of Algerian Sahara. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull* 55, p. 2225-2245.
- Briskey, J. A., 1982. Descriptive model of southeast Missouri Pb-Zn. *Geol. Surv. Bull (US.)* 1693, p. 220-221.
- Briskey, J. A., 1986. Descriptive model of sedimentary exhalative Zn-Pb. *Geol. Surv. Bull (US.)* 1693, p. 211-212.
- Brock, B. B., and Pretorius, D. A., 1964. Rand basin sedimentation and tectonics. In "The Geology of some Ore Deposits of Southern Africa," (S.H. Houghton, ed.), *Geol. Soc. South Africa*, Johannesburg ,Vol. 1, p. 549-559.
- Brown, J. S., 1968. "Genesis of Stratiform Lead-Zinc-Barite Fluorite Deposits," Monogr. No. 3. *Econ. Geol.*, Blacksberg, VA. 443pp. Busch, D. A. (1971). Genetic units in delta prospecting. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 55, p. 1137-1154.
- Clemmey, H., 1985. Sedimentary ore deposits. In "Sedimentology: Recent Developments and Applied Aspects" (P. J. Brenchley and B. P. J. Williams, eds.), *Blackwell, Oxford*, pp. 229-248.

- Clifford, H. G., Grund, R., and Musrati, H., 1980. Geology of a stratigraphic giant: Messla oil field, Libya. *Mere.- Am. Assoc. Pet. Geol.* 30, p. 507-522.
- Cox, D. R., 1986. Descriptive model of quartz-pebble conglomerate Au-U. *Geol. Surv. Bull (US.)* 1693, pp. 379.
- Cronan, D. S., 1980. Underwater Minerals. *Academic Press*, London. pp. 362.
- Cronan, D. S., ed., 1986. Sedimentation and Mineral Deposits in the Southwestern Pacific Ocean. *Academic Press*, London. pp. 344.
- Degens, E. T., and Ross, D. A., eds., 1969. Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea. *Springer-Verlag*, Berlin. pp. 600.
- Dow, W. C., 1978. Petroleum source beds on continental slopes and rises. *AAPG Bull* 62, p.1584- 1606.
- Enos, P, 1977. Tamabra limestone of the Poza Rica trend, Cretaceous, Mexico. *Spec. Publ.-Soc. Econ. Paleontol. Mineral* 25, p. 273-314.
- Force, E. R., 1986. Descriptive model of shoreline placer Ti. *Geol. Surv. Bull. (US.)* 1693, pp. 270.
- Galloway, E. E., and Hobday, D. K., 1983. Terrigenous Clastic Depositional Systems. *Springer- Verlag*, Berlin. pp. 433.
- Glasby, G. P., 1986. Nearshore mineral deposits in the SW Pacific. *In: Sedimentation and Mineral Deposits in the Southwestern Pacific Ocean'* (D. S. Cronan, ed.), *Academic Press*, London, p. 149-182.
- Glennie, K. W., 1987. Desert sedimentary environments, present and past -- A summary. *Earth Sci. Rev.* 50, p. 135-166.
- Grunau, H. R., and Gruner, U., 1978. "Source rock and origin of natural gas in the Far East." *J. Pet. Geol.* 1, p. 3-56.
- Guilbert, J. M., and Park, C. E., 1986. The Geology of Ore Deposits. *Freeman*, New York, pp. 985.
- Guilcher, Gustafson, L. B., and Williams, N., 1981. Sediment-hosted stratiform deposits of copper, lead and zinc. *Econ. Geol., 75th Anniv. Vol.*, p. 179-213.
- Guzman, E. J., 1967. Reef type stratigraphic traps in Mexico. *Proc.- World Petrol Congr.* 7 (2), p. 461-470.
- Haymon R. M., 1983. Growth history of hydrothermal black smoker chimneys. *Nature (London)* 301, p. 695-698.
- Haymon, R. M., and Kastner, M., 1981. Hot spring deposits on the East Pacific Rise at 21~ preliminary description of mineralogy and genesis. *Earth Planet. Sci. Lett.* 53, p. 363-381.

Heritier, E E., Lossel, P., and Wathne, E., 1981. The Frigg Gas Field. In "Petroleum Geology on the Continental Shelf of Northwest Europe" (L. V. Illing and G. D. Hobson, eds.), *Heydon Press*, London., p. 380-394.

Hitzman, M. W., and Large, D., 1986. A review of Irish carbonate-hosted base metal deposits. In "Geology and Genesis of Mineral Deposits in Ireland" (C. J. Andrew, ed.), *Irish Association for Economic Geology*, Dublin, p. 217-238.

Horscroft, F.D.M. Mossman, D.J., Reimer, T.O and Hennign, Q., 2012. Witwatersrand metallogenesis: the case for (modified) syngensis. *SEPM Special Publication* 101; p. 75-95.

Hubbard, R. J., Pape, J., and Roberts, D. G., 1985. Depositional sequence mapping to illustrate the evolution of a passive continental margin. *Mem.--Am. Assoc. Pet. Geol.* 39, p. 79-92.

Johnson, H. D., and Stewart, D. J., 1985. Role of clastic sedimentology in the exploration and production of oil and gas in the North Sea. In "Sedimentology. Recent Developments and Applied Aspects" (P. J. Brenchley and B. P. J. Williams, eds.), *Blackwell*, Oxford, p. 249-310.

Katz, B., ed., 1995. Petroleum Source Rocks. *Springer-Verlag*, Berlin. pp. 327.

Kennedy, W. J., 1987. Late Cretaceous and Early Palaeocene sedimentation in the Greater Ekorisk Area, North Sea Central Graben. *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine* II, p. 91-130.

Kessler, L. G., Zang, R. D., Englehorn, J. A., and Eger, J. D., 1980. Stratigraphy and sedimentology of a Palaeocene submarine fan complex, Cod Field, Norwegian North Sea. In "The Sedimentation of North Sea Reservoir Rocks" (R. Hardman, ed.), *Pap. Norw. Petrol. Soc.*, Oslo., VII, p. 1-19.

Kyle, J. R., 1981. Geology of the Pine Point lead-zinc district. In "Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits" (K. H. Wolf, ed.), *Elsevier*, Amsterdam. Vol. 9, p. 643-741.

Macdonald, E. H., 1983. Alluvial Mining. *Chapman & Hall*, London. pp. 508.

Martin, D. B., 1963. Rosedale Channel: Evidence for late Miocene submarine erosion in the Great Valley of California. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* 47, p. 441-456.

Martin, J. H., 1993. A review of braided fluvial hydrocarbon reservoirs: The petroleum engineer's perspective. In "Braided Rivers," *Spec. Publ. Geol. Soc. London*, London, 75, p. 33-367.

Mayuga, M. N., 1970. California's giant--Wilmington Oil Field. *Mem.-Am. Assoc. Pet. Geol.* 14, p. 158-184.

Melvin, J., and Knight, A. S., 1984. Lithofacies, diagenesis and porosity of the Ivishak Formation. Prudhoe Bay Area, Alaska. *Mem.- Am. Assoc. Pet. Geol.* 37, p. 347-366.

Minter, W. E. L., 1981. The cross-bedded nature of Proterozoic Witwatersrand placers in distal environments and a paleocurrent analysis of the Vaal Reef placer. *Geol. Surv. Prof. Pap. (US.)* 1161-A-BB, Pap. G, p. 1-17.

Minter, W. E. L., and Loen, J. S., 1991. Palaeocurrent dispersal patterns of Witwatersrand gold placers. *S. Afr. J. Geol.* 99, p. 339-449.

Mullins, H. T., and Cook, H. E., 1986. Carbonate apron models: Alternatives to the submarine fan model for paleoenvironmental analysis and hydrocarbon exploration. *Sediment. Geol.* 48, p. 37-80.

Ohle, E. L., 1980. Some considerations in determining the origin of ore deposits of the Mississippi Valley type. *Econ. Geol.* 75, p. 161-172.

Pallas, E., 1980. Water resources of the Socialist People's Libyan Arab Jamahariya. In "The Geology of Libya" (M. J. Salem and M. T. Busrewil, eds.), *Academic Press*, London, p. 539-554.

Peterson, C. D., Gleeson, G. W., and Wetzel, N., 1987. Stratigraphic development, mineral-sources and preservation of marine placers from Pleistocene terraces in southern Oregon U.S.A. *Sediment. Geol.* 53, p. 203-209.

Pretorius, D. A., 1979. The depositional environment of the Witwatersrand goldfields: a chronological review of speculations and observations. *Spec. Pub. - Geol. Soc. S. Afr.* 6, p. 33-56.

Ray, R. R., 1982. Seismic stratigraphic interpretation of the Fort Union Formation, Western Wind River Basin: Example of subtle trap exploration in a nonmarine sequence. *Mem.- Am. Assoc. Pet. Geol.* 32, p. 169-180.

Reeckman, A., and Friedman, G. M., 1982. "Exploration for Carbonate Petroleum Reservoirs." Wiley, Chichester, pp. 213.

Reijers, T. J. A., Petters, S. W., and Nwajide, C. S., 1997. The Niger Delta Basin. In "African Basins" (R. C. Selley, ed.), *Elsevier*, Amsterdam, p. 151-172.

Schlanger, S. O., and Cita, M. B., 1982. Nature and Origin of Carbon-Rich Facies. *Academic Press*, London. pp. 224.

Scholle, P. A., Arther, M. A., and Ekdale, A. A., 1983. Pelagic. *Mem.--Am. Assoc. Pet. Geol.* 33, p. 619-692.

Selley, R. C., 1972. Diagnosis of marine and non-marine environments from the Cambro- Ordovician sandstones of Jordan. *Q. J. Geol. Soc. London* 128, p. 135-150.

Selley, R. C., 1977. Deltaic facies and petroleum geology. In "Developments in Petroleum Geology" (G. D. Hobson Shannon, J. P., and Dahl, A. R. (1971). Deltaic stratigraphic traps in west Tuscola field, Taylor County, Texas. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 55, 1194-1205., ed.), Vol. 1, p. 197-224.

Skall, H., 1975. The paleoenvironment of the Pine Point lead-zinc district. *Econ. Geol.* 70, p. 22-45.

Skinner, B. J., 1981. Thoughts about uranium-bearing quartz-pebble conglomerates: A summary of ideas presented at the workshop. *Geol. Surv. Prof. Pap. (US.)* 1161-A-BB, Pap. BB, p. 1-5.

Smirnov, V. I., 1976. Geology of Mineral Deposits. *Mir Publishers, Moscow.* p. 520.
Stein, R., 1986. Organic carbon and sedimentation rate--further evidence for anoxic deepwater conditions in the Cenomanian Turonian Atlantic Ocean. *Mar. Geol.* 72, p. 199-210.

Sweet, M. L., 1999. Interaction between eolian, fluvial and playa environments in the Permian Upper Rotliegende Group, UK southern North Sea. *Sedimentology*, 46, p. 171-187.

Taylor, J. C. M., and Colter, V. S., 1975. Zechstein in the English Sector of the Southern North Sea Basin. In "Petroleum and the Continental Shelf of North West Europe" (A. E. Woodland, ed.), *Inst. Pet.*, London, p. 249-263.

Tyler, N., and Finley, R. J., 1991. Architectural controls on the recovery of hydrocarbons from sandstone reservoirs. In "The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery" (A.D. Miall and N. Tyler, eds.), *Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*, Tulsa, OK, p. 1-5.

Walmsley, P. J., 1975. The Forties Field. In "Petroleum and the Continental Shelf of North West Europe" (A. W. Woodland, ed.), *Applied Science*, London, p. 477-486.

Weimer, R. J., Howard, J. D., and Lindsey, D. R., 1982. Tidal flats. *Mere.--Am. Assoc. Pet. Geol.* 37, p. 191-246.

Werren, E. G., Shew, R. D., Adams, E. R., and Sutcliffe, R. J., 1990. Meander-belt reservoir geology, Mid-Dip Tuscaloosa, Little Creek Field, Mississippi. In "Sandstone Petroleum Reservoirs" (J. H. Barwis, J. G. McPherson, and J. R. J. Studlick, eds.), *Springer-Verlag*, Berlin, p. 85-108.

Woncik, J., 1972. Recluse field, Campbell County, Wyoming. *Mem.--Am. Assoc. Pet. Geol.* 16, p. 376 -382.

Wickremeratne, W. S., 1986. Preliminary studies on the offshore occurrences of monazite bearing heavy mineral placers, southwestern Sri Lanka. *Mar. Geol.* 72, p. 1-10.

Wilson, J. L., 1975. Carbonate Facies in Geologic History. *Springer-Verlag*, Berlin. pp. 471.

Wilson, J. L., 1981. A review of carbonate reservoirs. *Bull. Can. Pet. Geol.* 29, p. 95-117.

Wolf, K. H., 1981. Handbook of Strata-bound Ore Deposits, 9 vols. *Elsevier*, Amsterdam.

Yen, T. E, and Chilingarian, G. V., eds., 1976. Oil Shale. *Elsevier*, Amsterdam. pp. 292.

PRAKTIKUM

Ime i prezime	Overa

Vežba I KORELACIJA

Za rekonstrukciju depozicionih sredina iz prošlosti pored pojedinačnih tačaka (izdanaka, bušotina) koje nam daju samo vertikalni presek na jednoj geografskoj tački neophodno nam je da ove tačke povežemo (korelišemo) na većem prostoru. Čak i ukoliko želimo da radimo na malom prostoru za dobijanje trodimenzionalnog modela nekog prostora neophodno je utvrditi lateralne sedimentološke odnose.

Korelacija predstavlja proces određivanja ekvivalentnosti stratigrafskih ili drugih jedinica i predstavlja osnov svih stratigrafskih ispitivanja. Ona se može izvoditi upoređivanjem biostratigrafskih obeležja, litologije stena, mineraloško-petroloških i hemostratigrafskih karakteristika i drugo. Povezivanjem jedinica na osnovu podataka sa izdanaka na površini ili iz bušotina utvrđujemo litološki i biološki kontinuitet formiranja naslaga u granicama jednog određenog geološkog razdoblja.

Sedimentološka korelacija služi za izdvajanje facija i određivanje stratigrafskog položaja sedimenata čija se starost usled nedostatka faune ne može odrediti drugim metodama. Ona se zasniva na upoređivanju sedimentoloških karakteristika serije koja se ispituje sa odgovarajućim odlikama serije sedimenata poznate starosti i može biti: litološka, granulometrijska, mineraloška i dr.

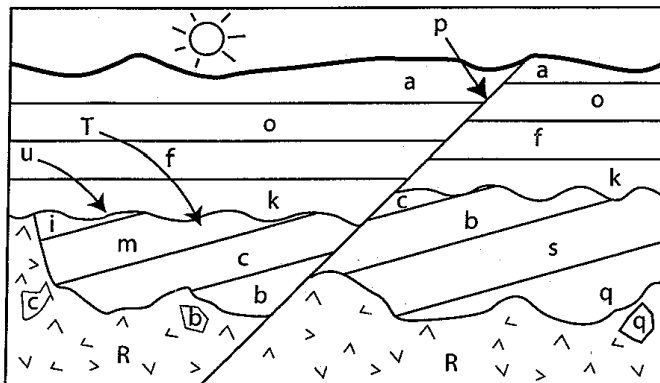
Litološka korelacija predstavlja integralni deo procesa kartiranja i jednom kada su litološke jedinice definisane jedini problem može predstavljati nedovoljan broj izdanaka ili činjenica da geolozi žele da provedu neograničeni vremenski period na terenu. Najjednostavnija metoda litološke korelacije je praćenje lateralnog prostiranja. Kao reperi pri korelaciji mogu se koristiti konkrecije, boja, kosa slojevitost i druge strukturno-teksturne karakteristike. Pored toga značajne su i metode određivanja položaja u prostoru, odnosno sekvenci i metode električnog otpora.

Granulometrijska korelacija se koristi u slučajevima kada ispitivana serija ne pokazuje jasno određene karakteristike na osnovu kojih se može izvršiti korelacija ili kada je potrebno da se što pouzdanije odredi stratigrafska pripadnost neke serije. Ovakav način korelacije je naročito pogodan za rastresite sedimente, a prilikom korelacije se uzimaju u obzir svi granulometrijski parametri.

Mineraloška korelacija koristi se prilikom povezivanja manjih geoloških jedinica i za raščlanjavanje serija sedimenata različite starosti. Ona je zasnovana na detaljnom određivanju terigenih, teških i lakih minerala. U ove korelacije spadaju i geohemijske korelacije zasnovane na hemijskim analizama koje se poslednjih godina sve više primenjuju.

Zadatak 1

Na slici 1. odredite relativnu starost odgovarajućih jedinica. U – diskordancija (*unconformity*), T – nagnuti slojevi (*tilted*), p – rased. Najmanjim brojem označite najstariju jedinicu, a najvećim najmlađu.



Slika 1. Idealizovani geološki profil.

Zadatak 2

U pešćarima su pronađeni fosili različite starosti (od A do F). Vrsta A – eocen do pleistocena, Vrsta B – pliocen, Vrsta C – miocen do pliocena, Vrsta D – miocen do danas, Vrsta E – pliocen do pleistocena, Vrsta F – paleocen do pleistocena. Popunite tabelu 1. i odgovorite na pitanja

Tabela 1. Raspostranjenje vrsta u geološkom vremenu.

	Paleocen	Eocen	Oligocen	Miocen	Pliocen	Pleistocen	Holocen
Vrsta A							
Vrsta B							
Vrsta C							
Vrsta D							
Vrsta E							
Vrsta F							

Koja je starost ovih pešćara?

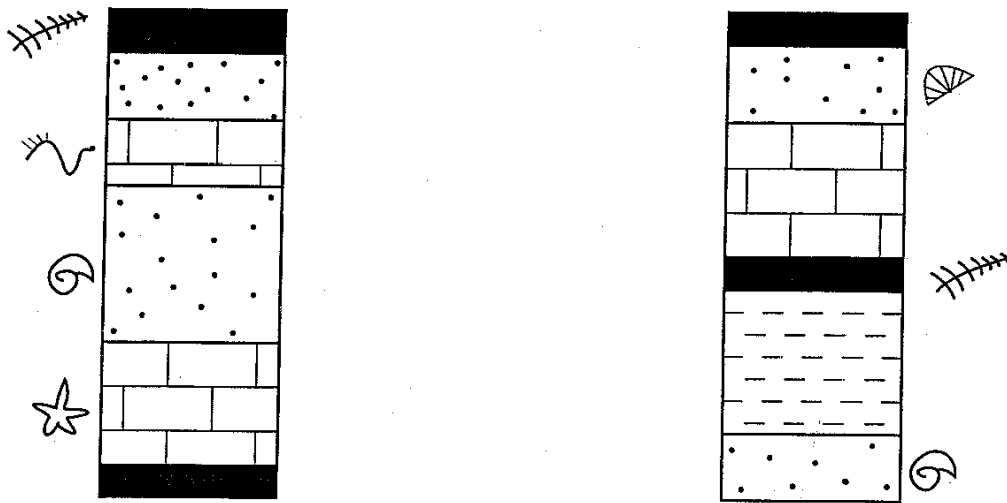
Koja vrsta je najbolji indeks fosil?

Koja vrsta je najmanje korisna za determinaciju relativnog vremena?

Kasnije je u pešćaru pronađen komad vodom veoma obrađenog krečnjačkog konglomerata misisipijanske starosti. Šta mislite koja je sada starost stene? Na osnovu čega?

Zadatak 3

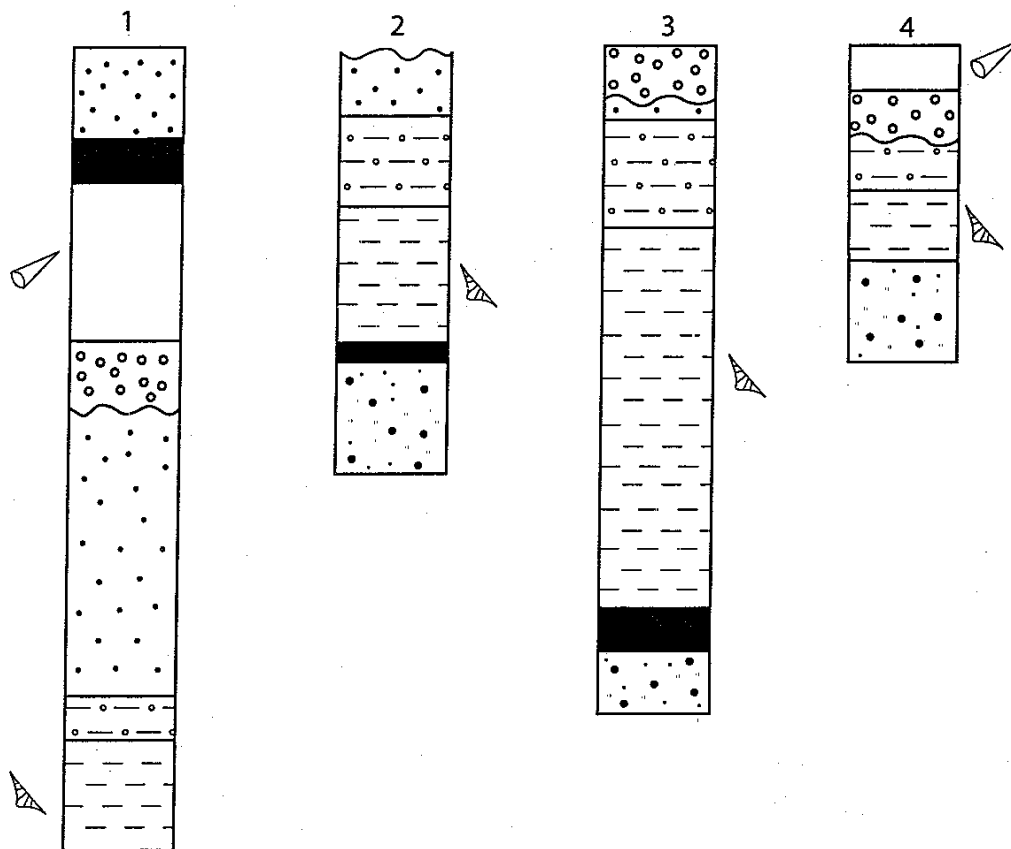
Na slici 2. uradite korelaciju.



Slika 2. Geološki stubovi nalaze se na rastojanju koje omogućava korelaciju.

Zadatak 4

Na slici 3. uradite korelaciju.



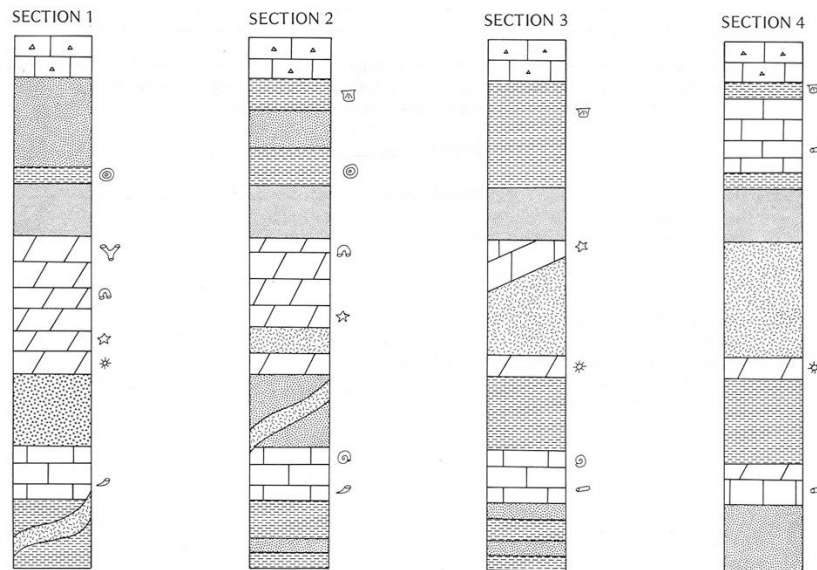
Slika 3. Geološki stubovi nalaze se na rastojanju koje omogućava korelaciju.

Ime i prezime	Overa

Vežba II KORELACIJA

Zadatak 5

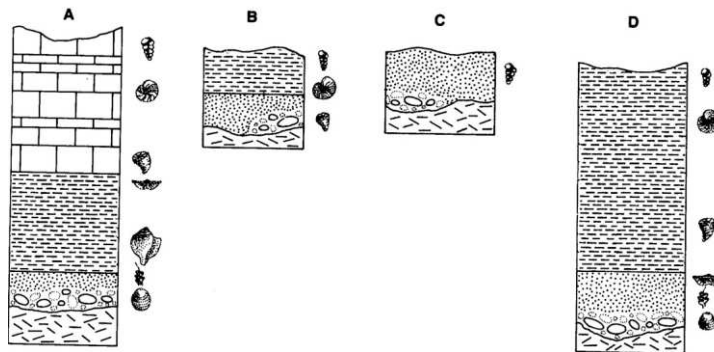
Unutar sekcije 3 postoji uglovna diskordancija između peščara i karbonata. Takođe uočava se intruzija magmatske stene na dnu stubova 1 i 2. Diskordancija i intruzija lateralno nestaju. Na slici 1. uradite korelaciju.



Slika 1. Geološki stubovi nalaze se na rastojanju koje omogućava korelaciju.

Zadatak 6

Na slici 2. uradite korelaciju.



Slika 2. Geološki stubovi nalaze se na rastojanju koje omogućava korelaciju.

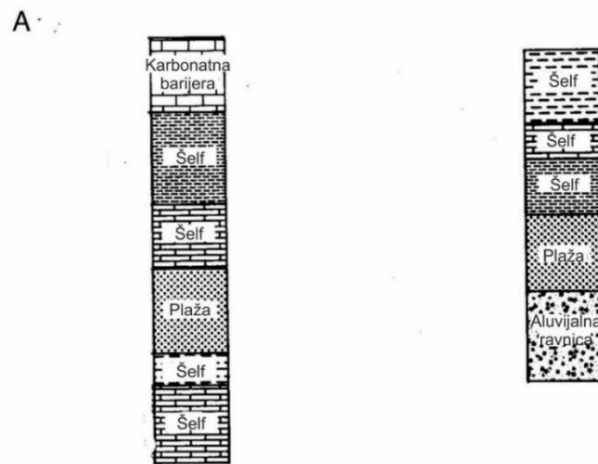
Da li je diskordancija u podlozi sedimenata iste starosti u svim stubovima? Kako znate?

Da li je kontakt između bazalnih konglomerata-peščara i povlatnih šejlova iste starosti na svim lokalitetima? Kako znate?

Da li mislite da jedinica konglomerata-peščara u stubu D predstavlja isti vremenski interval, kraći ili duži od iste jedinice u stubu A? Zašto?

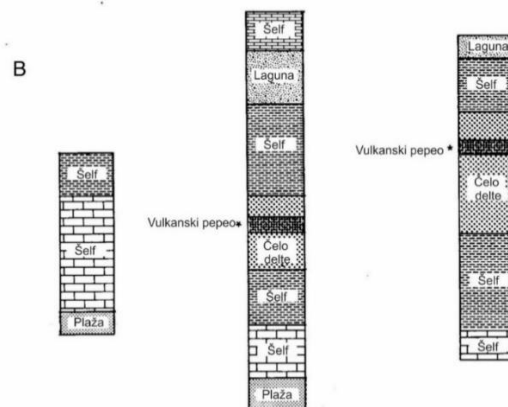
Zadatak 7

Na slikama 3. i 4. uradite korelaciju između stubova. Na stubovima su označene depozicione sredine, koje će vam dati ideju o facijalnim promenama (lateralnim promenama sredine).



Slika 3. Geološki stubovi nalaze se na rastojanju koje omogućava korelaciju.

Šta mislite koji stratigrafski stub je deponovan bliže kopnu, levi ili desni? Navedite najmanje dva razloga.



Slika 4. Geološki stubovi nalaze se na rastojanju koje omogućava korelaciju.

Ime i prezime	Overa

Vežba III IZRADA LITOSTRATIGRAFSKOG STUBA

Neizostavni i veoma važan deo terenskog rada predstavlja izrada geološkog stuba. Geološki stub je grafički prikaz vertikalnog - stratigrafski normalnog redosleda stenskih jedinica sa nekog terena i može biti: litološki, facijalni, paleontološki, paleoekološki itd. Po formi i načinu izrade geološki stubovi mogu biti generalni (sintetski) i lokalni i razlikuju se po razmeri i količini prikazanih detalja. Na preglednim stubovima prikazane su samo osobine izdvojenih homogenih paketa slojeva, dok je u detaljnim stubovima izdvojen, proučavan i prikazan svaki sloj.

Prilikom izrade detaljnog lokalnog litostratigrafskog stuba razlikuju se etape rekognosciranja i odabira profila, snimanje stuba i izrada finalne verzije stuba sa svojim fazama.

U fazi rekognosciranja biraju se najpogodniji izdanaci i profili na kojima će biti obavljeno snimanje. Na odabir utiče stepen otkrivenosti profila, međusobna udaljenost izdanaka, pristupačnost, strukturne osobine i stratigrafski nivo koji je otkriven.

Snimanje detaljnog lokalnog stuba se odvija u dve faze – pripremna i faza snimanja stuba sa oprobavanjem. Pripremna faza prilikom proučavanja kvartarnih i tercijarnih izdanaka se sastoji u opreznom čišćenju izdanaka, i ponekad rasecanju ili usecanju. U skici se pribeleže glavne osobine paketa (grupa slojeva), a zatim se detaljno pregleda izdanak i obeleže kredom sva interesantna mesta. Neophodno je utvrditi položaj slojeva na osnovu sklopa sedimenata i strukturoloških osobina stena. Numerisanje slojeva se izvodi od najstarijeg člana serije pa nadalje pri čemu treba voditi računa šta je sloj, a šta lamina. Fotografisanje izdanaka sa grafičkim razmernikom je veoma bitan deo snimanja, pri čemu treba voditi računa da se vidi veći deo stuba, a i detalji. Uglavnom se slikaju samo karakteristični delovi stuba. Opisivanje slojeva bi trebalo da se odvija po sledećem redosledu: broj sloja, debljina, tip stene, matriks, sastav cementa, čvrstina stene, interne teksture, konkrecije, organski ostaci, način raspadanja, boja, miris, struktura, osobine kontakta i teksturne osobine slojevitosti. Prilikom uzimanja uzoraka (oprobovanja) treba voditi računa da svaki primerak koji reprezentuje tipične osobine stene, ne treba da bude veći od pesnice (najbolje je uzeti što veći broj primeraka). Uzimanje primeraka po određenim intervalima je ispravno samo za stubove koji imaju homogen sastav, dok bi u uslovima ritmične i ciklične sedimentacije ovakvo uzorkovanje bilo apsurdno. Treba uzeti uzorak iz svakog sloja koji pokazuje različite osobine paleotransporta. U slučaju potrebe za proučavanjem orijentacije minerala i strukturnih elemenata neophodno je uzeti orijentisan primerak. Na uzorcima se kompasom određuje linija pružanja koja se obeleži pisaljkom ili oštrim dletom. U bazi se uzorci unose u knjigu primeraka koja sadrži celokupnu dokumentaciju o svim probama.

Finalna verzija stuba se radi u kancelariji posle svih terenskih i laboratorijskih analiza. Za njegovu izradu koriste se audio/video snimci, fotografije, skice, beleške i izveštaji iz laboratorije. Poslednjih godina za izradu sedimentoloških stubova sve više se koristi softverske aplikacije. Jedan od njih je i SedLog čiji su prikaz i instrukcije za instaliranje i upotrebu dati u poglavlju 7. U nastavku je dat prikaz jednog generalnog stuba koji ima karakteristike razvića miocena okoline Beograda,

ali je zbog potreba demonstracije potpunog potencijala softvera SedLog prilagođen. Uradite sedimentološki stub sa datim opisom uz pomoć softvera SedLog.

Zadatak 8 – Izrada stuba softverom SedLog

Jura debljina 200 cm. Serpentinisani peridotiti. Bujanj potok

Jura (kimeridž-titon) debljina 100 cm. Dve facije

Krečnjaci (*grainstone*) sa brahiopodima, krinovima i školjkama. Prelaz oštar. Straževički krečnjaci.

Glinovito-laporoviti sedimenti (*shale*) - aptiški laporci.

Kreda (urgon) debljina 400 cm. Krečnjaci sa školjkama i orbitolinama. Mašin majdan

Kreda-paleogen (mastiht-paleocen) debljina 500 cm. Oštar prelaz. Fliš, gradacija, planarana kosa slojevitost, laminacija nastala talasima. Retke školjke, foraminiferi. Ostružnički fliš.

Donji miocen debljina 50 cm. Diskordantan na podlogu. Alevroliti, tuf, ugalj. Ostrakode. Slanačka formacija.

Baden debljina 120 cm. Tri facije. Erozijska donja granica.

1. U podini konglomerati Bučvar formacija, gradacija naviše, peskovi sa ostreama, Rakovički peskovi. Kosa slojevitost nastala strujama.
2. Krečnjaci sa litotamnijumom, ceritima, briozoama, amfisteginama. Tašmajdanski – lajtovački krečnjak sa intenzivnom biotubacijom. Brežuljkasta slojevitost.
3. Glinci, Višnjičke gline.

Sarmat debljina 50 cm. Tri facije. Erozijska donja granica.

1. Glinci sa risoidima i hidrobijama. Horizontalna laminacija.
2. Peščari, alevroliti i laporovite gline sa ervilijama. Konvolucija.
3. Krečnjaci sa maktrama. Tragovi vertikalnog bušenja – intenzitet 5.

Panon debljina 60 cm. Dve facije. Postepen (gradacioni) prelaz.

1. Laporci laporovite gline sa školjkama i puževima. Karagača formacija.
2. Peskovi sa Congerijama. Korenje.

Pont debljina 80 cm. Gvožđeviti glinoviti laporci. Postepen prelaz.

Pliocen debljina 60 cm. Peskovi, konglomerati, laporovite gline. Kičmenjaci. Postepen prelaz.

Kvartar debljina 40 cm. Šljunak i pesak, jezerski. Nodule i konkrecije. Oštar prelaz.

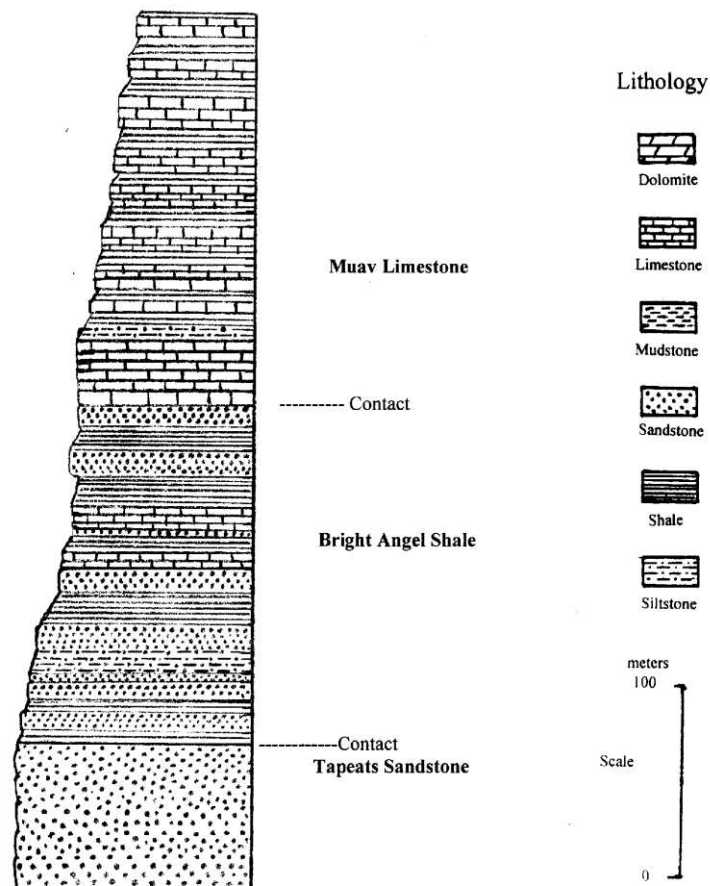
Ime i prezime	Overa

Vežba IV KORELACIJA I DEPOZICIONE SREDINE

Stenske jedinice su grupisane u formacije koje imaju slične litološke karakteristike i jasne kontakte (gornje i donje granice formacija). One su prepoznatljive i mogu biti kartirane između geografski udaljenih izdanaka. U tabeli 1. dat je prikaz kambrijumskih stena i njihovih karakteristika, dok je na slici 1. prikazan tipičan stub Bass Trail, Grand Canyon oblasti (zapadna SAD) na kome su označene formacije.

Tabela 1. Prikaz kambrijumskih stena

Tip stene	Fosili/tragovi	Depoziciona sredina	Formacija
Peščar	Tragovi talasanja, tragovi bušenja i kretanja trilobita	Obalska ravnica, plaža	Tapeast peščar
Alevrolit	Trilobiti, brahiopodi, tragovi fosila predstavljeni bušenjem i tragovima kretanja	Lagune, zalivi, estuari	Bright Angel šejl (donji deo)
Šejl	Trilobiti, brahiopodi, tragovi fosila	Veoma plitkovodna morska, morski šelf	Bright Angel šejl (gornji deo)
Krečnjak	Trilobiti, brahiopodi, algalni stromatoliti	Plitkovodna morska, platforma dalje od kopna	Muav krečnjak



Slika 1. Tipska sekcija - Bass Trail.

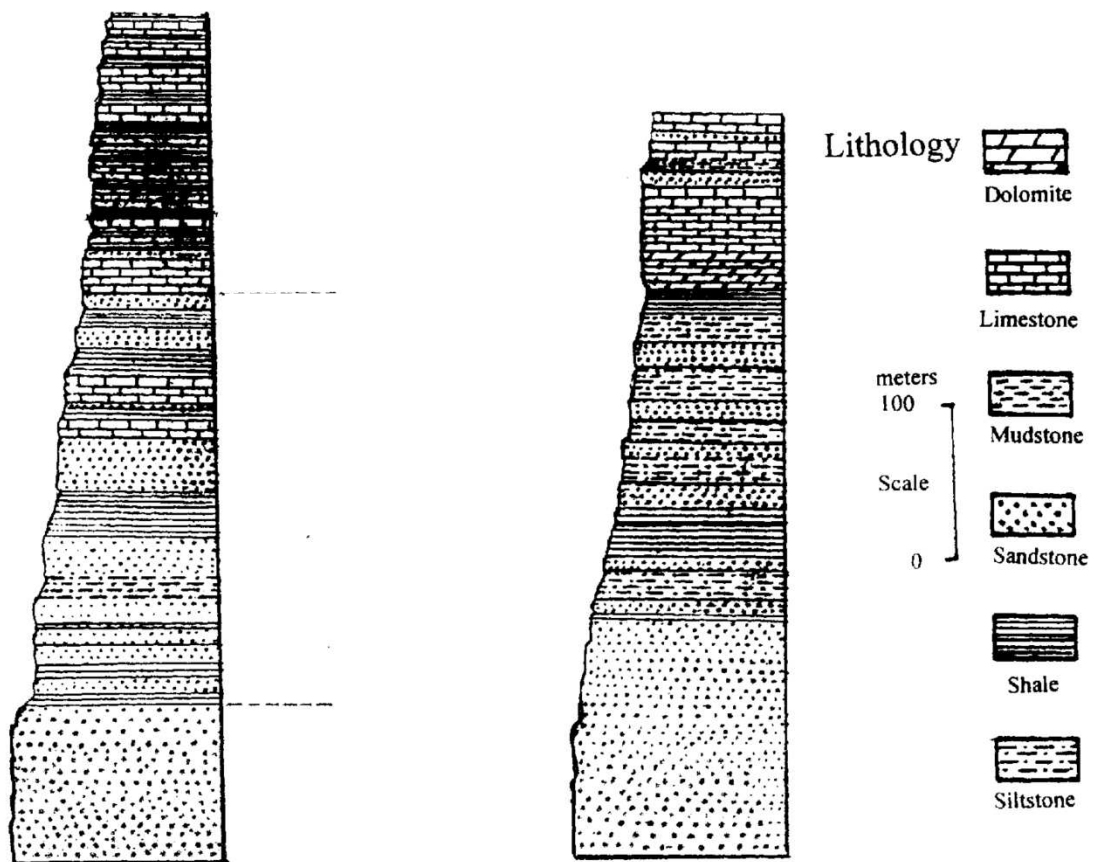
Zadatak 9

Obojite stubove na sledeći način: pešćar (*sandstone*)– žuto, alevrolit (*siltstone*) – narandžasto, šejl (*shale*) – zeleno, glinac (*mudstone*)– ljubičasto, krečnjak/dolomit (*limestone/dolomite*)– plavo.

Uz pomoć prethodne slike (Bass Trail Section) odredite granice između Tapeats pešara, Bright Angel šejlova i Muav krečnjaka u stubu Little Colorado na slici 2. Povežite kontakte ovih jedinica između ova dva stratigrafska stuba kambrijumske sekvence Grand Canyon regiona.

Bass Trail Section
(after Lochman-Balk, 1971)

Little Colorado Section
(after Lochman-Balk, 1971)

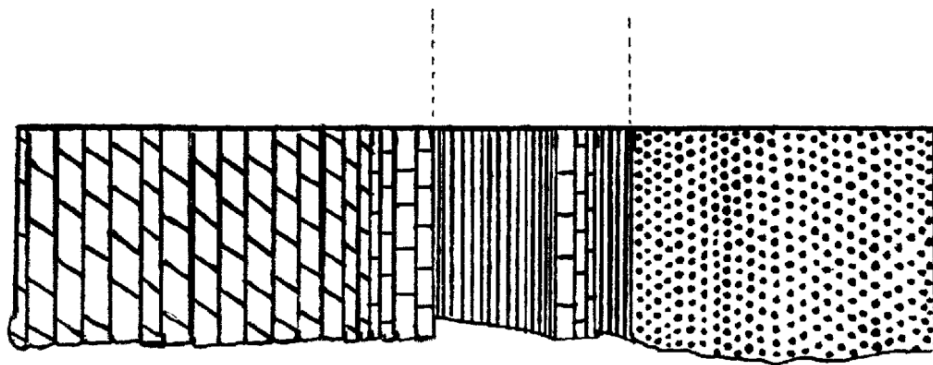


Slika 2. Dva stratigrafska stuba kambrijumske sekvence Grand Canyon regiona. Stubovi su udaljeni 16 km jedan od drugog.

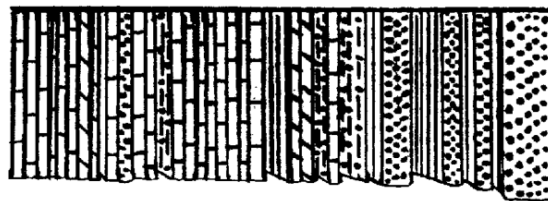
Zadatak 10

Na slici 3. prikazana su četiri stratigrafska stuba kambrijumske starosti iz zapadnog dela SAD. Obojite stubove po istom principu kao u prethodnom zadatku. Odredite granice između Tapeats pešara, Bright Angel šejlova i Muav krečnjaka. Povežite kontakte ovih jedinica.

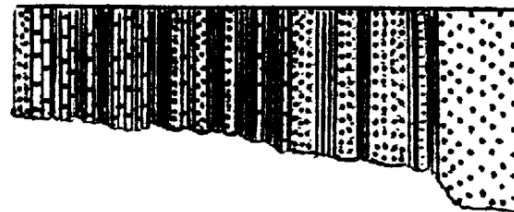
9. Marble Mountains, California
(after Palmer 1971)



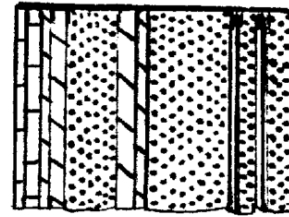
10. Grand Wash Cliff, Arizona
(after Lochman-Balk 1971)



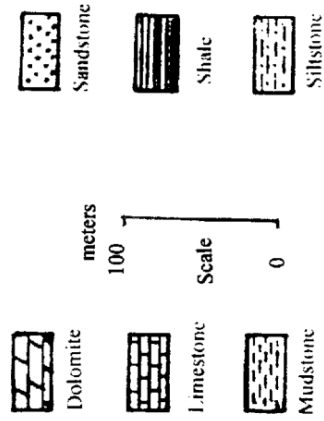
11. Bass Trail, Arizona
(after Lochman-Balk 1971)



12. Glenwood Canyon, Colorado
(after Lochman-Balk 1971)



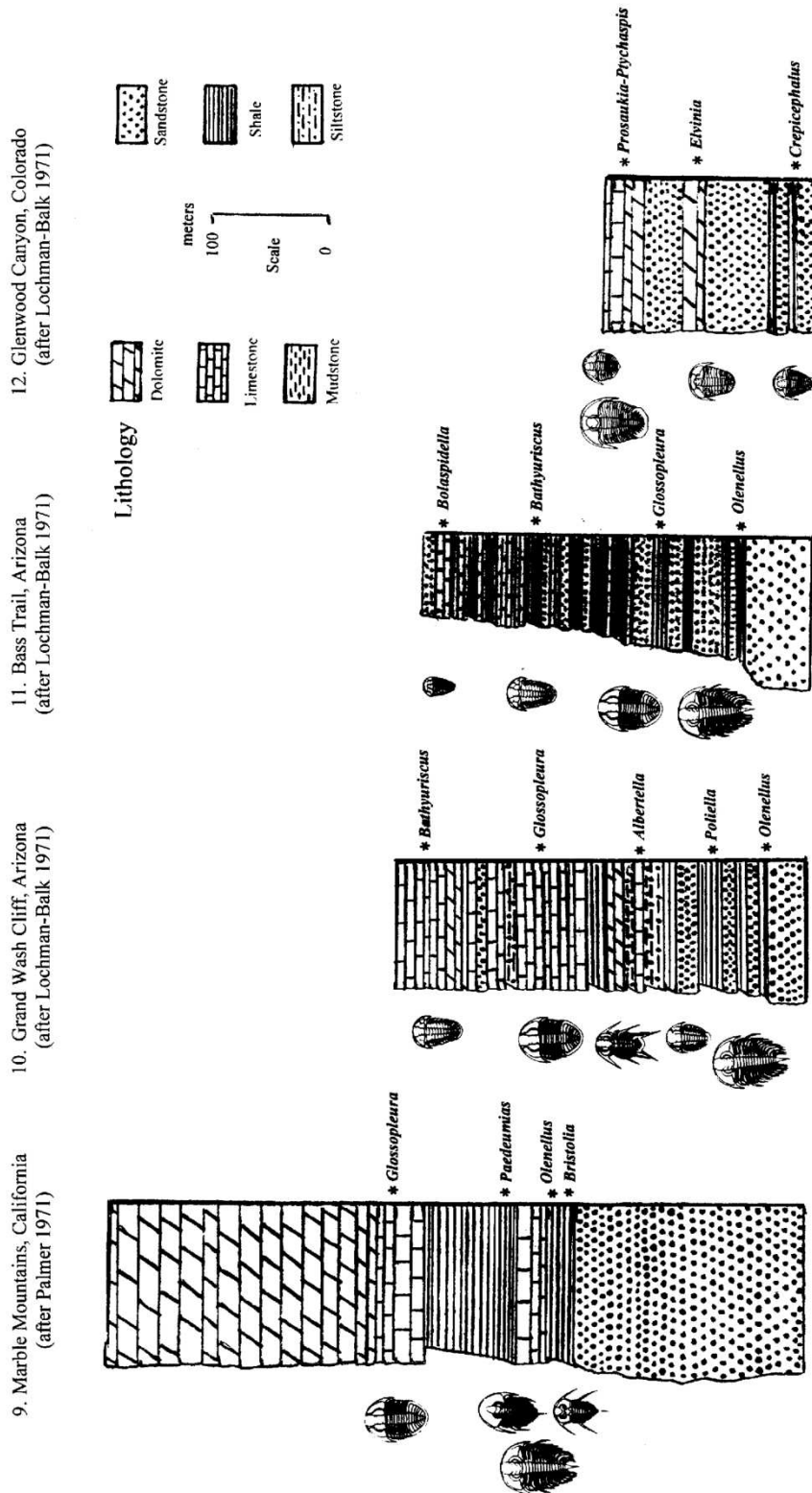
Lithology



Slika 3. Stratigrafski stubovi kambrijumske starosti iz zapadnog dela SAD.

Zadatak 11

Na slici 4. povežite intervale sa ova četiri stuba koji imaju iste fosile trilobota. Koliko se ova interpretacija slojeva iste starosti razlikuje od one zasnovane na istoj litologiji koju ste uradili u prethodnom zadatku.



Slika 4. Stratigrafski stubovi kambrijumske starosti iz zapadnog dela SAD.

Ime i prezime	Overa

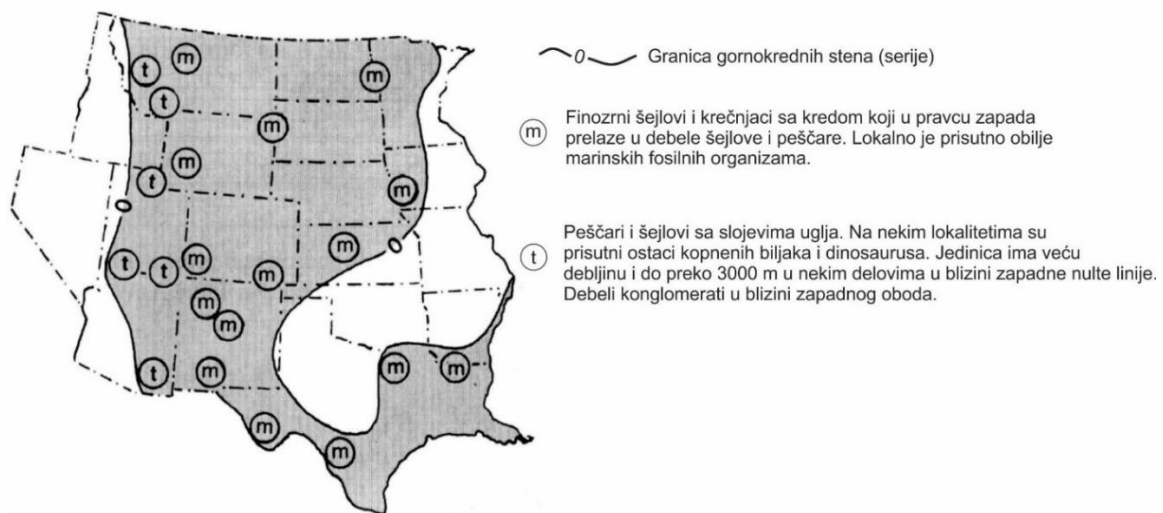
Vežba V FACIJALNI ODNOSI

Rekonstrukcija depozicionih uslova neke oblasti u određenom trenutku geološke istorije predstavlja cilj mnogih geoloških istraživanja. Ova istraživanja recimo mogu dati odgovor gde se u određenom trenutku (na primer pre 100 miliona godina) nalazila obalska linija i kakva je bila distribucija različitih kontinentalnih, priobalskih morskih i dubovodnih morskih depozicionih sredina.

Procena paleogeografskih uslova može biti urađena konstruisanjem i interpretacijom karata na kojima će se videti debljina različitih tipova sedimenata koji su taloženi u određenom vremenskom intervalu. Karte debljina (karte izopaha) pokazuju konturne linije koje povezuju tačke na kojima sedimenti imaju istu debljinu. Facijalne karte pokazuju rasprostranjenje različitih tipova stena na nekom prostoru za vreme određenog vremenskog intervala.

Zadatak 12

Pogledajte gornjokrednu facijalnu kartu zapadne SAD (Brice et al., 2001, modifikovano) i legendu na slici 1. koja pokazuje generalno rasprostranjenje gornjokrednih tipova sedimentnih stena u zapadnom delu SAD. Stene gornjokredne starosti nalaze se u osenčenom delu. Ovo područje je ograničeno i sa istoka i sa zapada nultom linijom. Gornjokredne stene nisu očuvane u neosenčenim delovima istočno i zapadno od nulte linije.



Slika 1. Generalizovana gornjokredna facijalna karta zapadne SAD (iz Petersen and Rigby, 1999, modifikovano).

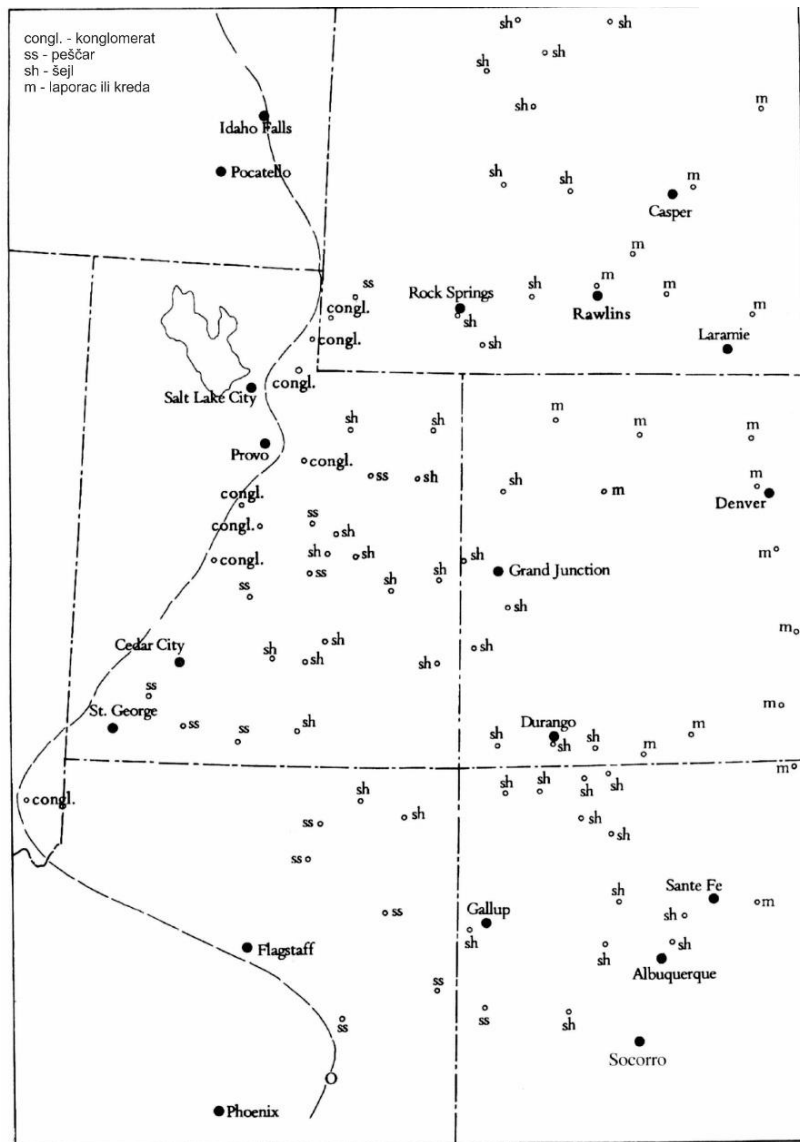
- Na slici iznad, iscrtaj liniju koja odgovara zapadnom obodu mora koje je pokrivalo veći deo zapadne SAD tokom gornje krede. Drugim rečima, nacrtajte liniju koja odvaja kopnene i morske facije.
- Nulta linija na karti odgovara bočnom rasprostranjenju gornjokrednih stena. Odsustvo gornjokrednih stena na zapadu i istoku od osenčenog područja može biti rezultat erozije. Ukoliko je to slučaj, prvobitno rasprostranjenje

gornjokrednih stena je bilo veće od prikazanog dok u drugom slučaju nulta linija odgovara stvarnim granicama depozicije u basenu. Koju litološku karakteristiku stena u blizini nulte linije treba tražiti da bi nam ona ukazala na to da nulta linija zaista predstavlja pravu ivicu basena?

- c. Na osnovu tipa stena u blizini zapadne nulte linije šta se može zaključiti o pretpostavljenoj topografiji zapadnog Ajdaha, Nevada i zapadne Arizone tokom gornje krede?

Zadatak 13

Karta na slici 2 je slična sa onom sa slike 1, ali sadrži više detalja i pravih tačaka za rekonstrukciju rasprostranjenja facija. Iscrtajte linije kojima ćete odvojiti različite tipove stena.



Slika 2. Detaljna facijalna karta sa prikazanom distribucijom tipova stena u zapadnim SAD (iz Petersen and Rigby, 1999, modifikovano).

a. Da li su "facijalni pojasevi" paralelni sa nultom linijom?

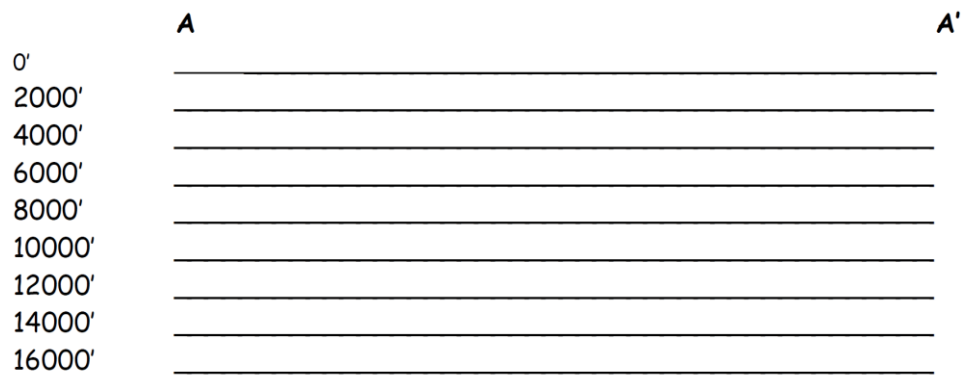
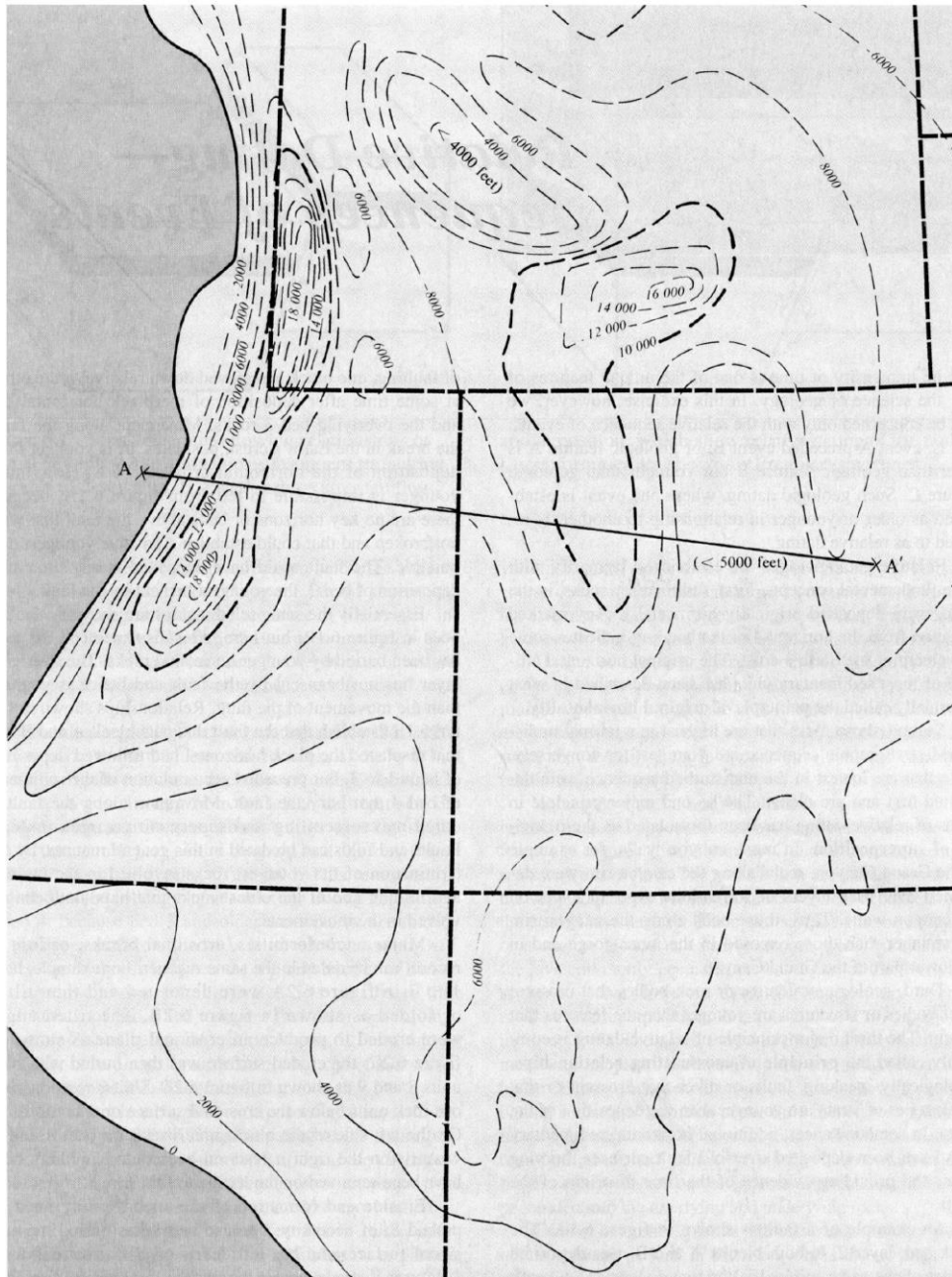
b. Koji je najverovatniji pravac transporta siliciklastičnih sedimenata? Gde je verovatni izvor krupnozrnih sedimenata duž zapadne granice?

c. Da li su Kolorado stenovite planine bile prisutne tokom gornjekrede kada su ovi sedimenti deponovani? Objasnite.

d. Gde očekujete najveću debljinu gornjokrednih sedimenata? Objasnite.

Zadatak 14

Na slici 3. prikazana je karta izopaha gornjokrednih stena u zapadnim SAD. Interval kontura = 2000 ft (iz Petersen and Rigby, 1999). Na dijagramu ispod kontruišite profil debljine duž linije A–A'.

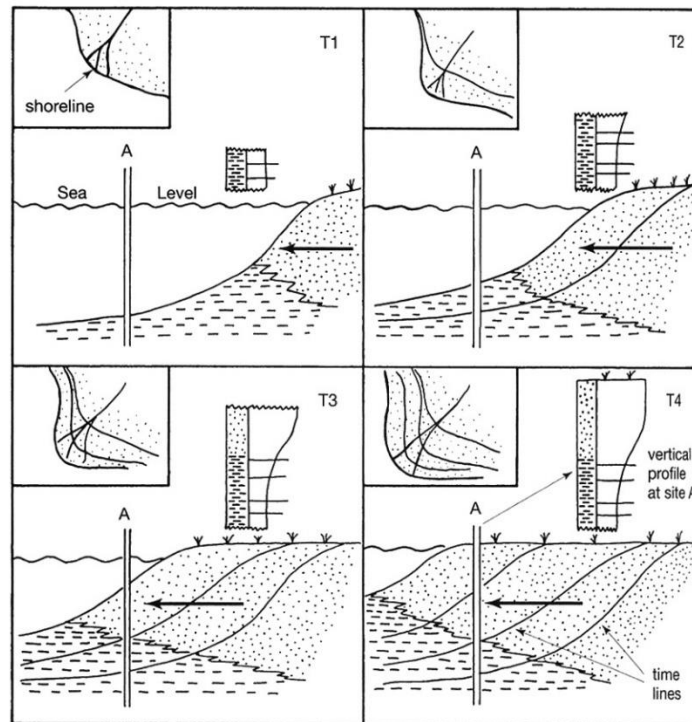


Slika 3. Karta izopaha gornjokrednih stena u zapadnim SAD. Interval kontura = 2000 ft (iz Petersen and Rigby, 1999).

Ime i prezime	Overa






Vežba VI VOLTEROV ZAKON I KORELACIJA

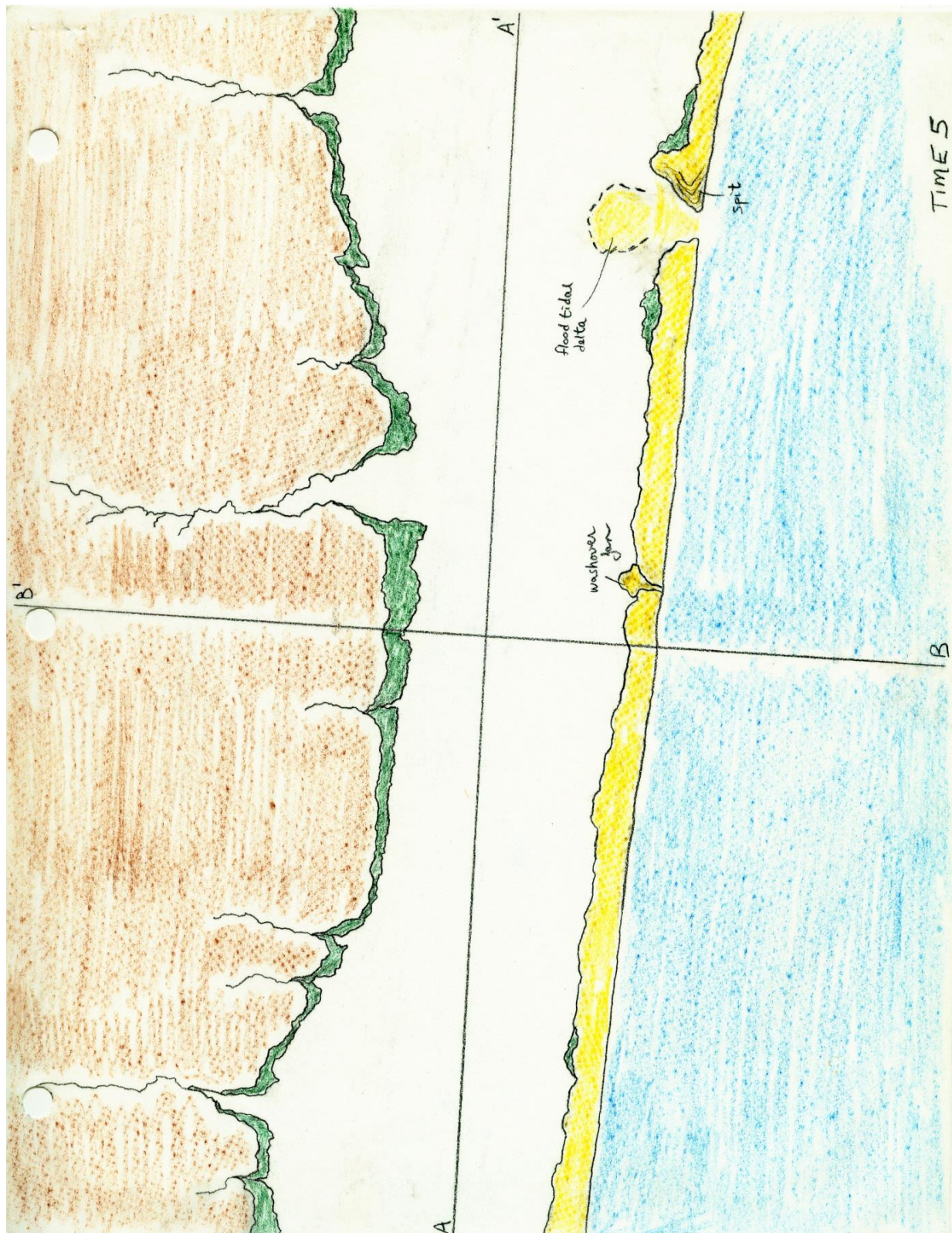
Ova vežba predstavlja primenu Volterovog zakona (slika 1) prilikom litostratigrafske korelacije. Po Volterovom zakonu vertikalna sukcesija depozicionih facija odražava bočne (lateralne) promene depozicionih sredina.



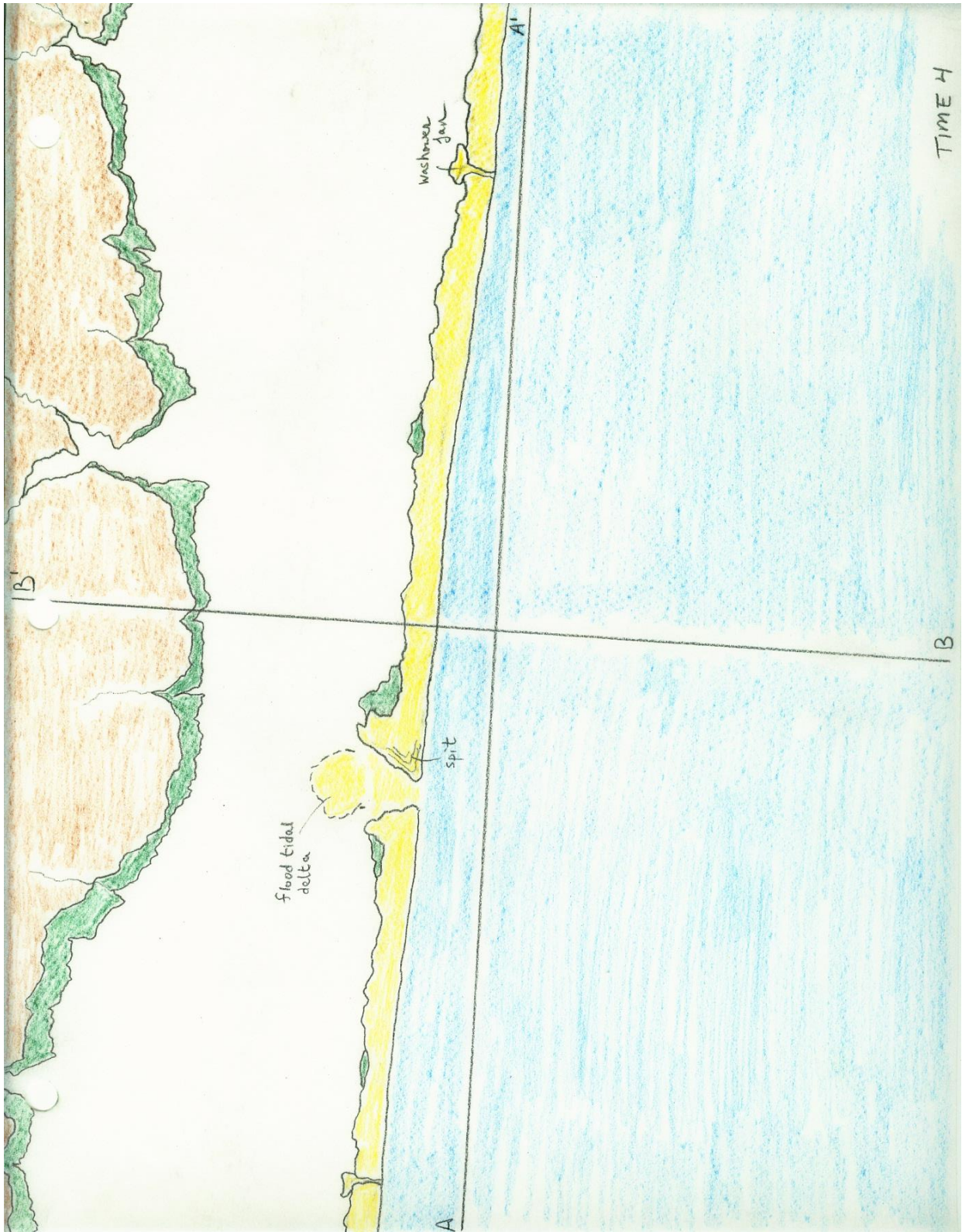
Slika 1. Vertikalna sukcesija depozicionih facija odražava bočne promene depozicionih sredina.

Pet priloženih karata u nastavku (slike 2-6) predstavljaju rasprostranjenje pet depozicionih sredina u toku određenog vremenskog perioda. Vreme 5 je najstarije, dok je Vreme 1 najmlađe. Legenda depozicionih sredina je prikazana ispod.

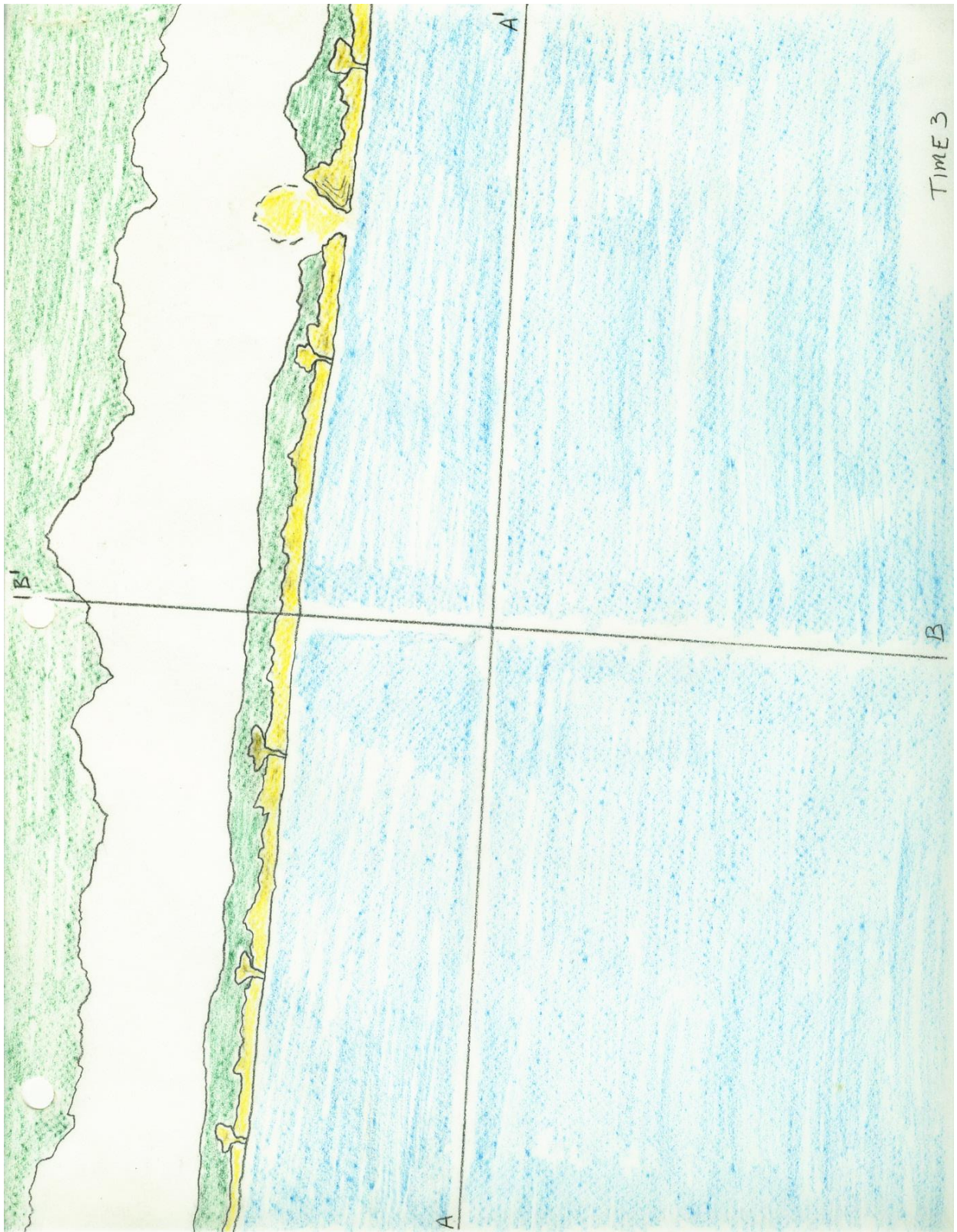
Legenda	
	obalska ravnica (reke + plavna ravnica)
	plimatske močvare
	laguna
	kompleks barijernog ostrva
	kontinentalni šelf (otvoreno more)



Slika 2. Karta depozicionih sredina u vreme 5.



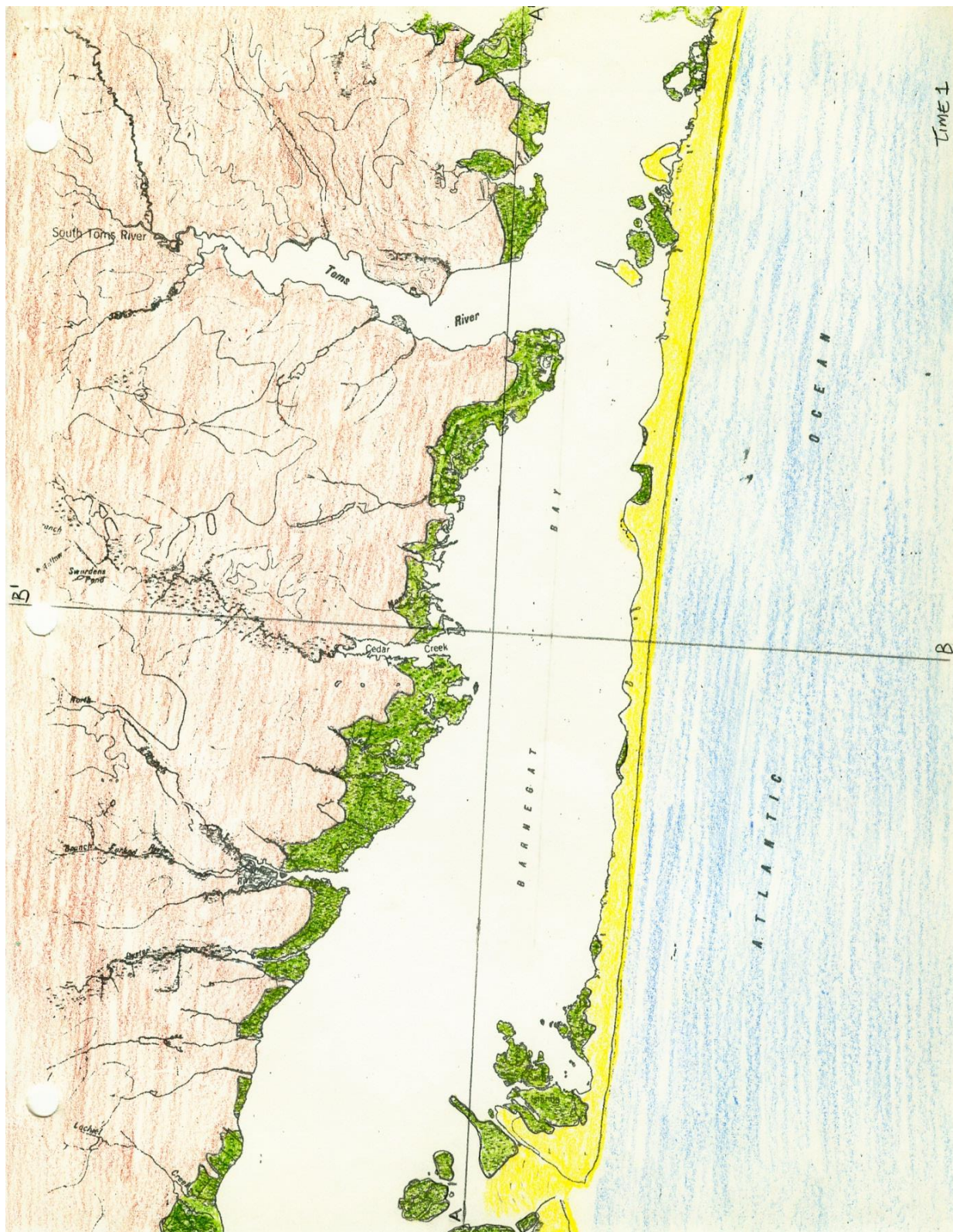
Slika 3. Karta depozicionih sredina u vreme 4.



Slika 4. Karta depozicionih sredina u vreme 3.



Slika 5. Karta depozicionih sredina u vreme 2.



Slika 6. Karta depozicionih sredina u vreme 1.

Zadatak 15

1. Na svakoj vremenskoj liniji postavite marker koji označava poziciju granice svake facije koju seče profilska linija B' – B.
2. Uradite interpretaciju u skladu sa Volterovim zakonom i principima litostratigrafske korelacije.
3. Objasnite svoju interpretaciju u odnosu na progradaciju – retrogradaciju koja se uočava na geološkom profilu.

B'

Vreme 1



Vreme 2



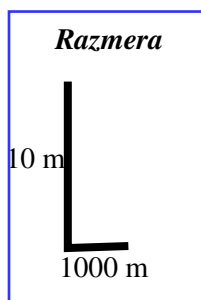
Vreme 3



Vreme 4

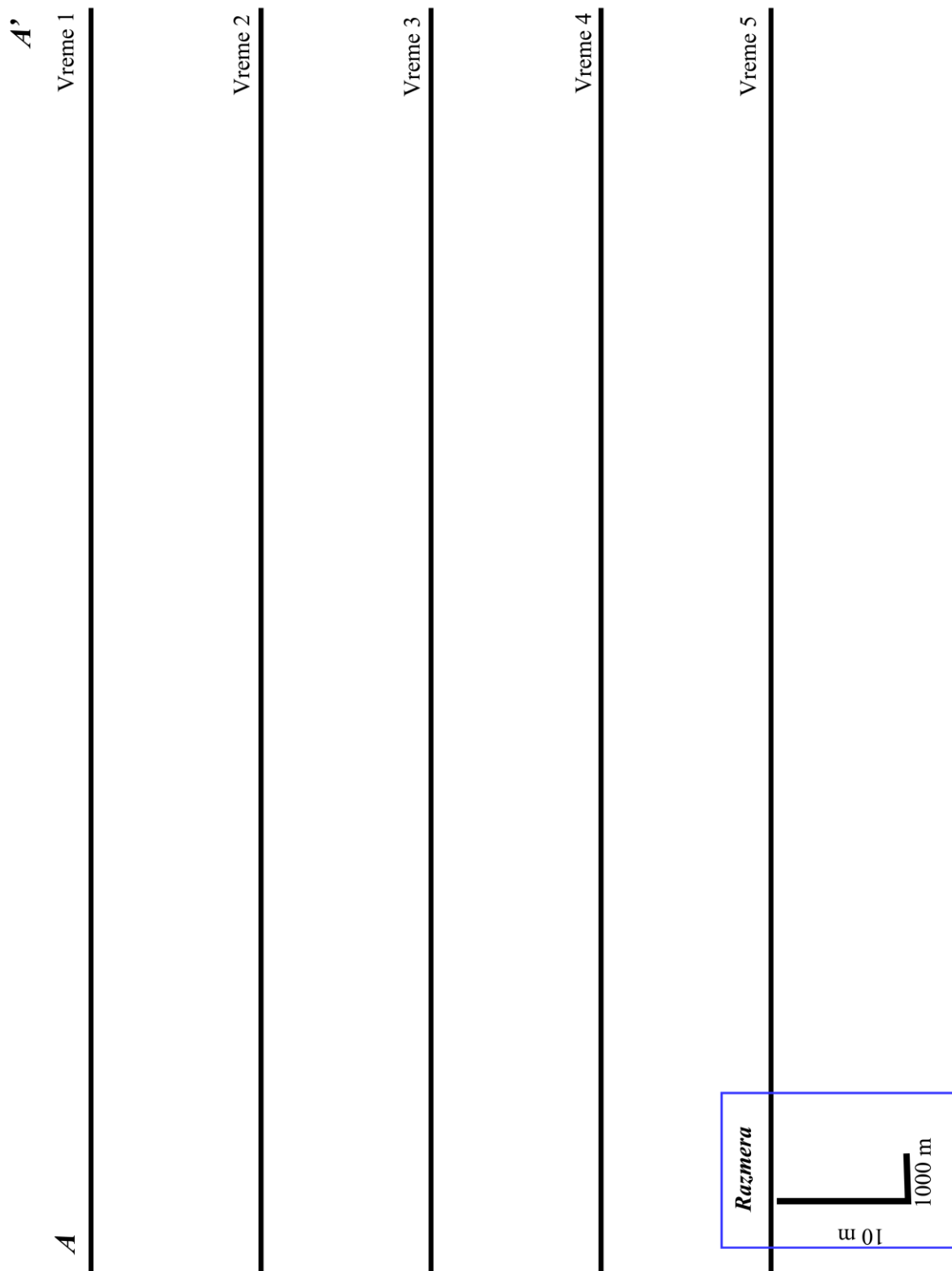


Vreme 5



Zadatak 16

Na svakoj vremenskoj liniji postavite marker koji označava poziciju granice svake facije koju seče profilna linija A – A'. Uradite interpretaciju u skladu sa Volterovim zakonom i principima litostratigrafske korelacije.



Ime i prezime	Overa

Vežba VII SKLOP SEDIMENATA I DEPOZICIONE SREDINE

Sedimentne stene se stvaraju pod različitim uslovima i zavise od više faktora. Da li će se formirati arkoza, grauvaka, peščar ili krečnjak zavisi isključivo od materijala koji je deponovan, dužine transporta kao i sredine u kojoj je material deponovan. Razumevanje kako pojedini faktori utiču na stvaranje sedimentnih stena pomaže u određivanju geološke istorije Zemlje.

Kada ispituje formiranje sedimentnih stena, možemo podeliti Zemlju na dva područja:

1. **izvor materijala**, područja trenutne erozije i snabdevanja sedimentima
2. **depozicioni basen**, područja u koja se deponuje erodovani material.

Oba područja su podjednako važna prilikom istraživanja depozicionih uslova, iako su geolozi uglavnom orijentisani na ispitivanje depozicionih basena. Iako ove depozicione sredine mogu biti podeljene i kategorisane (tabela 1.), one su međusobno povezane: svaka sredina postoji zbog određenih uslova. Kao što je diskutovano u delu o sedimentnim stenama, generalno je poznato da se sedimenti menjaju tako što se udaljavaju od mesta izvora. Na primer u područjima koja su blizu izvora sedimentata, kao što su aluvijalne lepeze ili upletene reke, deponovani materijal će imati mnogo veću veličinu fragmenata od onih koji su deponovani daleko od izvora materijala u okeanski basen.

Tabela 1. Osnovne depozicione sredine

	Depoziciona sredina	
Kopnena	Aluvijalna lepeza	
	Upletena reka	
	Jezero	
	Meandrirajuća reka	
	Pustinja	
	Lednik	
Prelazna	Delta	
	Barijerno ostrvo	
	Plaža (priobalska)	
	Laguna	
	Plimatska ravnica	
Morska	Kontinentalni šelf – barijerni rif	Karbonati
	Kontinentalna padina – podmorska lepeza	
	Basen	

Sekvenca depozicionih sredina koja se pojavljuje između izvora materijala na kopnu, ili planinskih regiona, i okeanskog basena zove se sistem. U područjima gde su rastojanja između izvora materijala i okeanskog basena velika, sistem se smatra dugačkim. Kada su rastojanja relativno mala, sistem se smatra kratkim.

U dugačkom sistemu sedimenti na početku (bliže izvoru) su mehanički i hemijski nestabilni po sastavu. Pored toga, način na koji su sedimenti deponovani će često dovesti do razvića slabosortiranih, nezrelih šljunkova. Međutim, s obzirom da je u dugačkom sistemu rastojanje između izvora sedimenata i okeanskog basena veliko, sedimenti transportovani u okean su pretrpeli veliki uticaj atmosferilija i sortiranja. Stoga, ovaj sistem se obično sastoji od hemijski i mehanički stabilnih dobrosortiranih peskova i glina.

Zadatak 17

Odgovorite na pitanja.

Na osnovu sastava i veličine zrna, opišite kako se plaža koja se nalazi uz planinu sa koje se eroduje materijal razlikuje od one koja se nalazi stotinama kilometara od najbliže planine.

Opišite različite depozicione sredine u kojima se može naći stenski uzorak koji putuje od izvora materijala do konačnog deponovanja u okeanskom basenu udaljenom stotinama kilometara.

Opišite situaciju koja je rezultat kratkog sistema.

SEDIMENTNI SKLOP

Lako je prepoznati savremene depozicione sredine. Ukoliko živite u umerenom klimatskom pojasu možete videti jezera, plaže, reke, ali kako prepoznati stare depozicione sisteme koji su se očuvali u stenskom zapisu?

Da bi ovo uradili moramo interpretirati procese koji su odgovorni za stvaranje sedimentne stene. Prethodnih godina ste učili o ovome i trebalo bi da ste upoznati sa nekima od njih kao što su veličina, sortiranost i sastav. Međutim, postoje i druge stvari u mnogo većoj razmeri od one koju dobijete samo stenskim uzorkom koji vam stane u šaku.

Sedimentne teksture su modeli koji se formiraju prilikom depozicije materijala. Modeli mogu omogućiti značajan uvid u određenu sredinu koja je postojala u vreme njihove depozicije. Neke od značajnijih tipova sedimentnih struktura su povezani sa tečenjem ili strujom. Isto kao i danas, lagani tok reke ili pomeranje talasa napred nazad duž obalske linije može formirati tragove talasanja ili kosu slojevitost. Tokom vremena ove teksture mogu biti sačuvane i pružiti direktan dokaz o položaju obalske linije, starim rečnim slojevima pa čak i o pravcu strujanja. Na slici ispod prikazane su neke češće strukture i dato je kratko objašnjenje njihovog nastanka. Za više informacija pogledati poglavlje Sklop sedimentnih stena.

Uobičajene sedimentne strukture		
<p>Riplovi struja se mogu formirati u bilo kojoj sredini gde se vetar ili voda kreću u jednom pravcu u toku određenog vremena.</p>	<p>Oscilirajući riplovi formirani u bilo kom vodenom telu gde nežni talasi jedva dosežu dno ili gde se struje pomeraju napred nazad u plitkoj vodi.</p>	<p>Kosa slojevitost se pojavljuje u svakoj sredini gde vetar ili voda teku u jednom pravcu. Bimodalna kosa slojevitost kao što je ona prikazana iznad se često razvija u plimatskim regionima.</p>
<p>Gradirani slojevi se javljaju kada se turbulentna voda koja je puna sedimentata iznenada izgubi energiju i sedimenti se istalože; delte ili obalske linije pod uticajem talasa.</p>	<p>Muljevite pukotine se formiraju u područjima koja su nekada vlažna, a nekada suva; plimatske ravnice i kopna izložena kiši.</p>	<p>Kalupi nastaju u bilo kom području gde vetar ili voda mogu derati materijal sa kopna ili potopljenih područja - neophodne su jake struje.</p>

Slika 1. Uobičajene sedimentne strukture.

SEDIMENTACIONE SEKVENCE

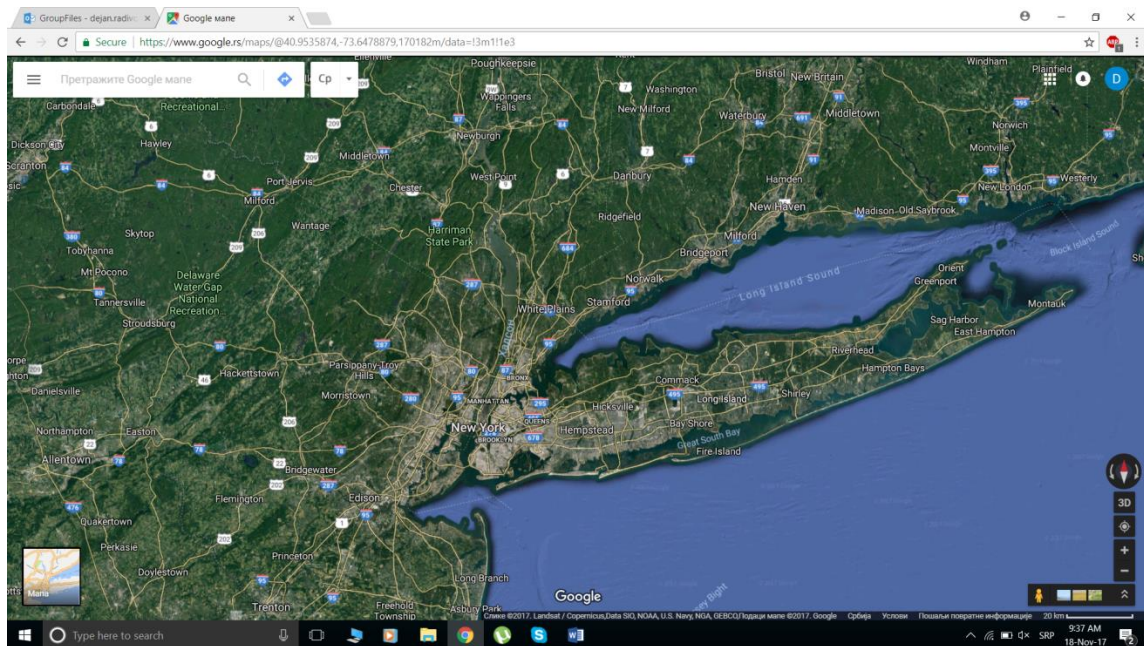
Sekvenca je vertikalna sukcesija sedimentne teksture koja predstavlja promenu depozicionih uslova tokom određenog vremena. Virtualno svaka depoziciona sredina može biti određena na osnovu karakteristične depozicije sekvenci i sedimentacionih struktura. Proučavanjem ovih sekvenci, možemo polako početi da rekonstruišemo geološku istoriju određenog područja. Neke od češćih stratigrafskih sekvenci su: L-prud/T-prud (uzdužni/poprečni prud) sekvenca koja je povezana sa upletenim rekama; zatim sekvenca pruda povezana sa meandrirajućim rekama; brežuljkasta sekvenca povezana sa šelfnim tvorevinama; odnosno Bouma sekvenca vezana za turbidite (podmorske lepeze) (slika 2.).

	<p>Sekvenca L- prud/T-prud</p> <p>Upletene reke su nastale promenama nivoa pražnjenja reka. U vreme visokog vodostaja reka je sposobna da nosi mnogo veće sedimente. Ovi sedimenti su deponovani kao L-prudovi u rečnim kanalima. Tokom niskog vodostaja ovi kanalski sedimenti dovode do izlivanja reke na obe strane tako da se talože finozniji T-prudni sedimenti. Tokom vremena ceo rečni kanal postaje upleten.</p>	
	<p>Plavna ravnica</p> <p>Prud</p> <p>Sedimenti kanala</p> <p>Plavna ravnica</p>	<p>Sekvenca pruda</p> <p>Meandrirajuće reke se nalaze u područjima relativno niskog reljefa. U ovim područjima erozioni uticaj rečnog toka se prenosi od usecanja kanala do erodovanja rečnih obala. Ovo dovodi do "uvijanja" reke duž kopna. Sekvenca koja je prikazana na levoj strani predstavlja različite delove kanala. Kako se reka pomera duž kopna, kanalski oblici se deponuju u vidu sekvenci jedni iznad drugih.</p>
	<p>Brežuljkasta sekvenca</p> <p>Brežuljkaste sekvence formiraju se duž kontinentalnog šelfa. One se formiraju kombinacijom uticaja toka (influkom i strujama) i uticajem talasa. Ova sekvenca se može merjati u zavisnosti od udaljenosti od obale. U blizini obale sekvenca je uglavnom sačinjena od peskovitih brežuljkastih jedinica. U udaljenijim područjima brežuljkasta jedinica uključuje sočiva karbonata.</p>	

Slika 2. Najčešće stratigrafske sekvence.

Zadatak 18

- Na priloženoj karti Long Island-a (slika 3 gore), označite područja koja bi odgovarala kopnenim, prelaznim i morskim depozicionim sredinama. Koristite se i google kartom (slika 3 dole).
- Kada ste označili depozicione sredine odredite područja na kojima možete naći: plaže, dine, lagune, plimatsku ravnicu, jezero, reku, aluvijalnu ravnicu, kontinentalni šelf.
- Da li na području Long Island-a postoje delovi koji bi odgovarali kratkom sistemu? Obeležite ih strelicom u pravcu kretanja sedimenata.



Slika 3. Karta Long Island-a (gore) i Google karta istog područja (dole).

Zadatak 19

Na svakoj lokaciji prikažite kakve sedimente očekujete u smislu teksture, pojavljivanja minerala, oblika i veličine zrna i sedimentnih struktura.

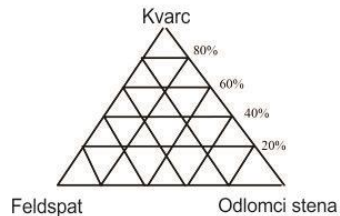
Lokacija A

Tekstura



Sedimentološki podaci

Zastupljenost minerala



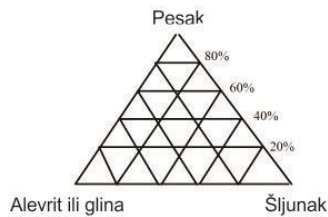
Oblik zrna

- Uglast
- Polu-uglast
- Zaobljen

Sortiranost

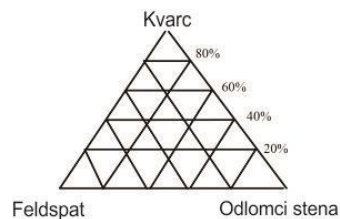
Lokacija B

Tekstura



Sedimentološki podaci

Zastupljenost minerala



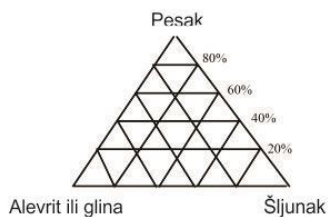
Oblik zrna

- Uglast
- Polu-uglast
- Zaobljen

Sortiranost

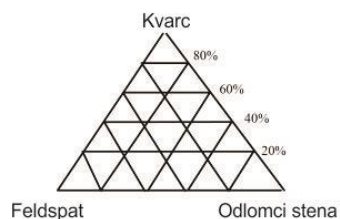
Lokacija C

Tekstura



Sedimentološki podaci

Zastupljenost minerala



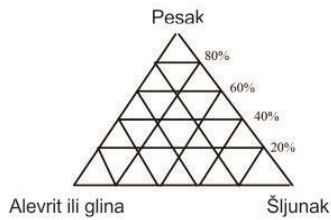
Oblik zrna

- Uglast
- Polu-uglast
- Zaobljen

Sortiranost

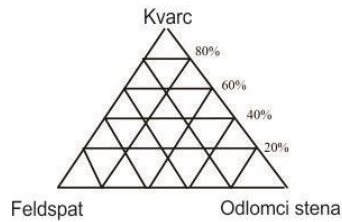
Lokacija D

Tekstura



Sedimentološki podaci

Zastupljenost minerala



Oblik zrna

- Uglast
- Polu-uglast
- Zaobljen

Sortiranost

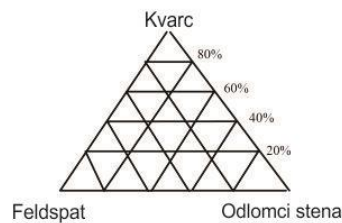
Lokacija E

Tekstura



Sedimentološki podaci

Zastupljenost minerala



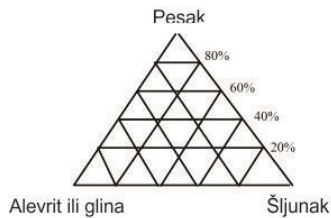
Oblik zrna

- Uglast
- Polu-uglast
- Zaobljen

Sortiranost

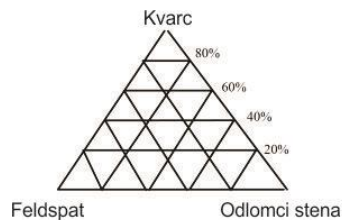
Lokacija F

Tekstura



Sedimentološki podaci

Zastupljenost minerala



Oblik zrna

- Uglast
- Polu-uglast
- Zaobljen

Sortiranost

Zadatak 20

Koristeći prethodne informacije konstruišite geološku kartu (slika 4). Na karti ucrtajte mesta gde je moguće naći tragove talasanja, gradacione slojevitosti i ukrštene slojevitosti. Zabožite litološke članove sledećim bojama: krečnjaci - plava, šejlove – zelena, konglomerate – narandžasta i peščare – žuta.

Limestone	Shale	Conglomerate	Sandstone



Slika 4. Karta Long Island-a.

Ime i prezime	Overa

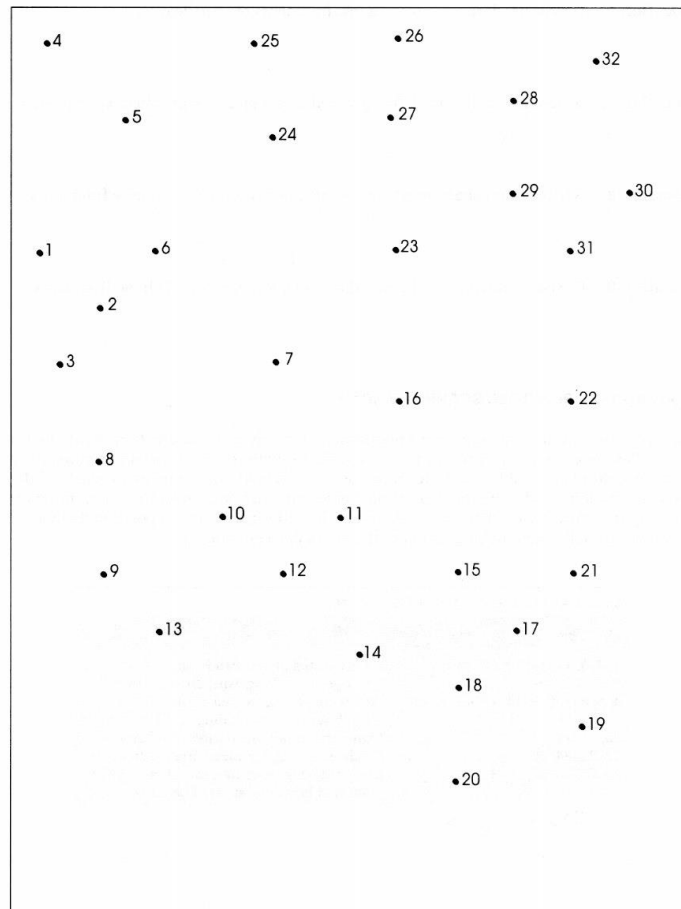
Vežba VIII KARTE IZOPAHA I DEPOZICIONE SREDINE

Zadatak 21

Odredite depozicionu sredinu za svaku od opisanih stena iz tabele 1. i napišite ime depozicione sredine pored broja na karti (slika 1). Nacrtajte granicu kojom ćete odvojiti depozicione sredine tako što ćete napraviti paleogeografska područja.

Tabela 1. Stene istražnog područja na osnovu bušotinskih podataka

Lokalitet	Opis stene
1, 2, 3, 17, 18, 19, 20	Loše sortirani uglasti arkozni pešćar, klinoliki sedimenti, kosa slojevitost
4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21	Dobro sortirani peskovi, zaobljena i polirana zrna, kosa slojevitost velike razmere
10, 11, 12, 13	Laminirani muljci, evaporiti, pukotine u mulju
22, 23, 24, 25	Peskovi, alevriti, glinci, tvorevine upletenih reka
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	Nesortirani konglomerati, boulderi



Slika 1. Paleogeografska karta depozicionih sredina.

Zadatak 22

Baza podataka prikazana u tabeli 2 je formirana na osnovu plitkih bušotina i opservacijom izdanaka. Pored baze podataka ispod tabele je priložena i karta istražnog prostora sa tačkama osmatranja.

Chinle formacija je interpretirana kao široko rasprostranjena sedimentaciona fluvijalna i plavinska jedinica sačinjena od šejla, kanalskog peščara i lokalnih naslaga konglomerata.

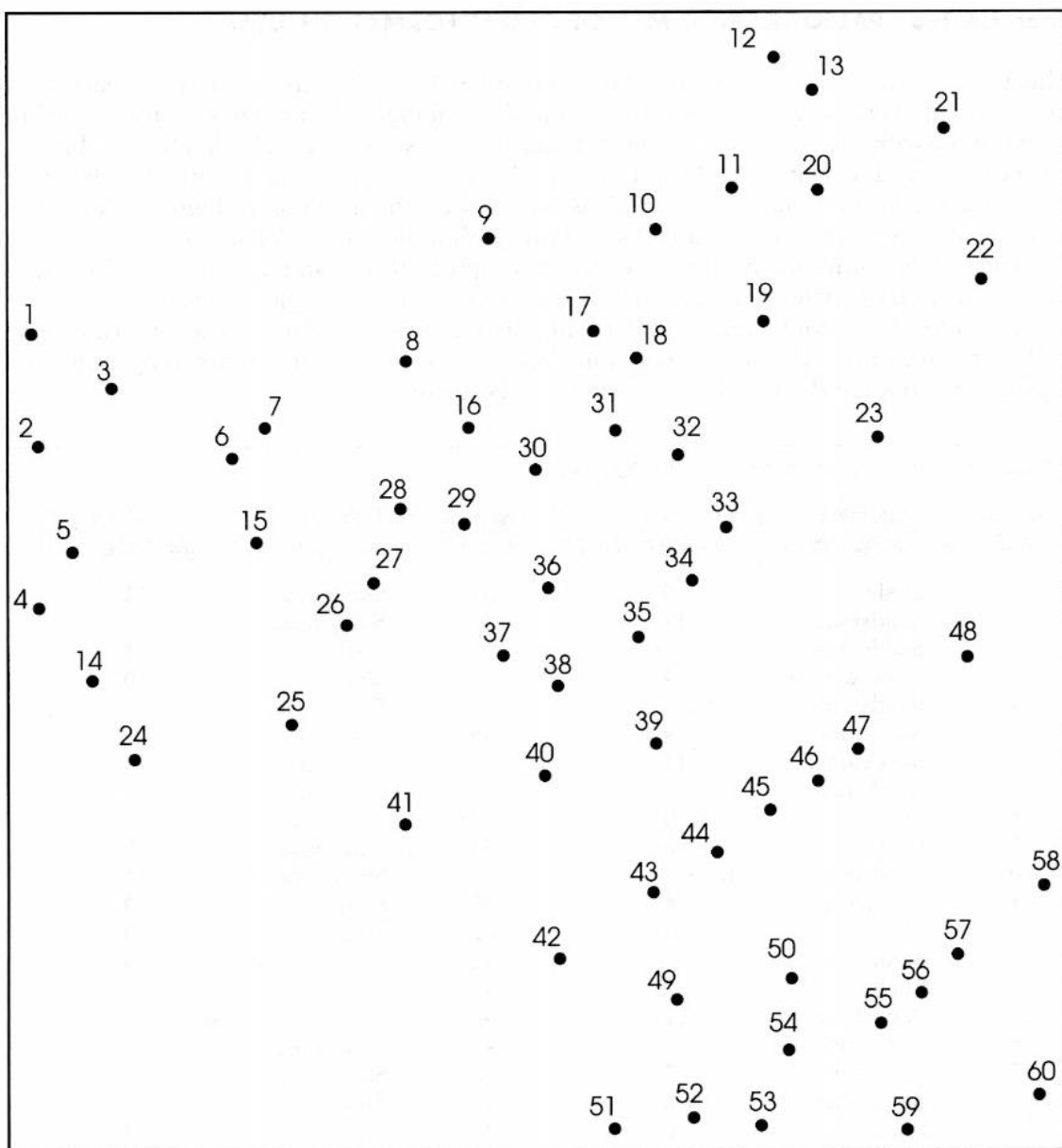
Podinska diskordantna Moenkopi formacija je predstavljena jedinicom morskih šejlova i peščara sa mestimičnim sočivima krečnjaka. Iz ovog seta podataka, napravite paleogeografsku kartu Chinle formacije ovog područja.

Tabela 2. Chinle formacija uzorci

Uzorak broj	Litološki opis	Debljina peska (m)	Uzorak broj	Litološki opis	Debljina peska (m)
1.	Šejl	0	31.	Peščar	11
2.	Peščar	11	32.	Peščar, nešto šejla	1
3.	Peščar, nešto šejla	4	33.	Šejl	0
4.	Peščar, nešto šejla	1	34.	Peščar	7
5.	Peščar	9	35.	Krupnozrni peščar	18
6.	Peščar	11	36.	Peščar	9
7.	Peščar	6	37.	Peščar	7
8.	Šejl	0	38.	Peščar	9
9.	Šejl	0	39.	Peščar	14
10.	Peščar, nešto šejla	1	40.	Šejl	0
11.	Peščar	14	41.	Šejl	0
12.	Šejl	0	42.	Šejl	0
13.	Peščar	7	43.	Peščar	4
14.	Šejl	0	44.	Krupnozrni peščar	16
15.	Peščar	12	45.	Peščar	14
16.	Peščar	9	46.	Peščar	7
17.	Peščar	7	47.	Šejl	0
18.	Peščar	8	48.	Šejl	0
19.	Šejl	0	49.	Šejl	0
20.	Peščar	6	50.	Krupnozrni peščar	18
21.	Šejl	0	51.	Šejl	0
22.	Šejl	0	52.	Šejl	0
23.	Šejl	0	53.	Peščar	4
24.	Šejl	0	54.	Peščar	11
25.	Šejl	0	55.	Krupnozrni peščar	16
26.	Peščar nešto šejla	1	56.	Peščar	8
27.	Peščar	9	57.	Peščar nešto šejla	1
28.	Peščar	13	58.	Šejl	0
29.	Krupnozrni peščar	16	59.	Peščar	20
30.	Peščar	16	60.	Šejl	0

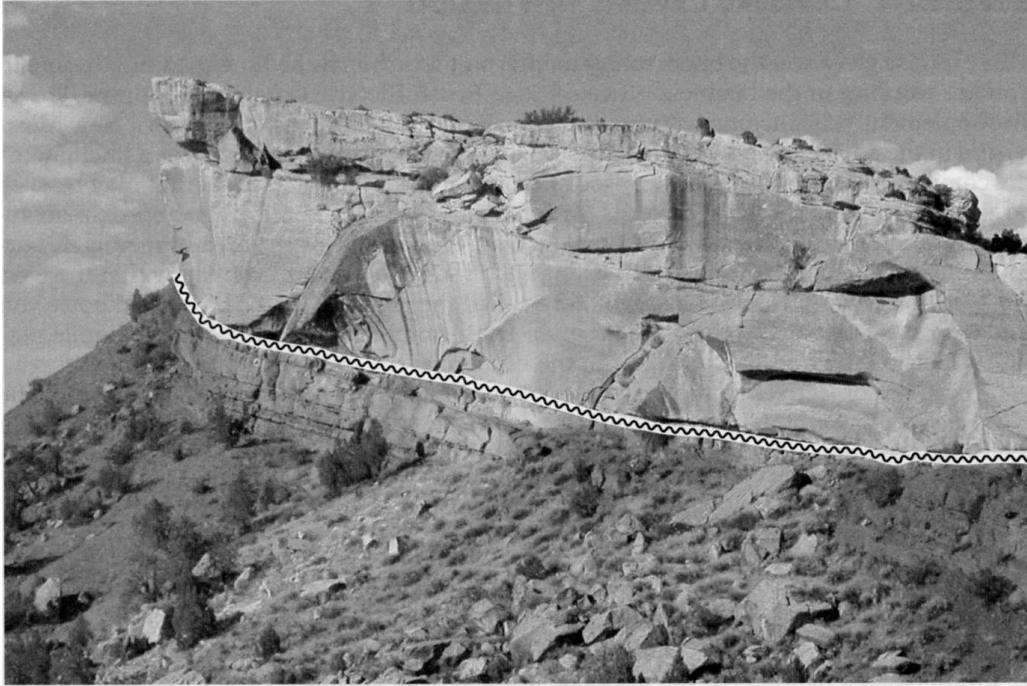
- Prebacite podatke iz tabele 2. na kartu istražnog prostora, obeležite debljinu peščara i litološki sastav uzorka.
- Iscrtajte konture (koristite ekvidistancu od 5 m) i napravite kartu izopaha Chinle formacije. Dok crtate konture imajte na umu da crtate "kanalski peščar".

c. Dobijena karta će ukazati na oblik i debljinu kanala i predstavljat će paleogeografsku kartu istražnog područja u vreme depozicije Chinle formacije.



Slika 2. Karta istražnog prostora Chinle formacije.

Diskordancija gornjetrijaskih pešćara Chinle formacije usečenih u podinsku donjotrijasku Moenkopi formaciju je prikazana na slici ispod.



Slika 3. Diskordancija gornjetrijaskih peščara Chinle formacije usečenih u podinsku donjotrijasku Moenkopi formaciju.

Zadatak 23

Kakva je depozicija Chinle peščara koju ste dobili na osnovu karte izopaha.

Kakva površina postoji između Chinle i Moenkopi formacije? Navedite razloge za takav zaključak.

Označite strelicom pravac vodenog toka na osnovu dobijene karte.

Ime i prezime	Overa

Vežba IX VALTEROV ZAKON I DEPOZICIONE SREDINE

Zadatak 24

Data su tri stratigrafska stuba sa opisom facija datim u tabeli i slici ispod. Uradite interpretaciju depozicionih sredina za svaku od facija. Odgovor upišite u kolonu „interpretacija depozicione sredine“ u tabeli. Prilikom interpretacije možete koristiti knjige, prezentacije i svu ostalu raspoloživu literaturu.

Odaberite između sledećih depozicionih sredina: morska dubokovodna, sublitoral, plimatska ravnica, estuar sa dominantnim plimatskim uticajem, upletena reka (debeli slojevi), meandarska reka (tanki slojevi), plavna ravnica. Navedite razloge (upišite ih u kolonu dokaz u tabeli) koji podržavaju Vašu interpretaciju.

Zadatak 25

„Ne Valterove“ facije su one koje se nalaze jedna uz drugu u stratigrafskom stubu, ali se ne bi nalazile jedna pored druge u prostoru (na karti).

PRIMER:

„Ne Valterove“ facije (one koje ne slede Valterov zakon)

Dubokovodni morski sedimenti iznad kojih leže fluvijalni sedimenti

Fluvijalni sedimenti iznad kojih leže dubokovodni morski sedimenti

Valterov zakon (one koje slede Valterov zakon)

Sedimenti plavne ravnice iznad kojih leže sedimenti fluvijalnog (rečnog) kanala

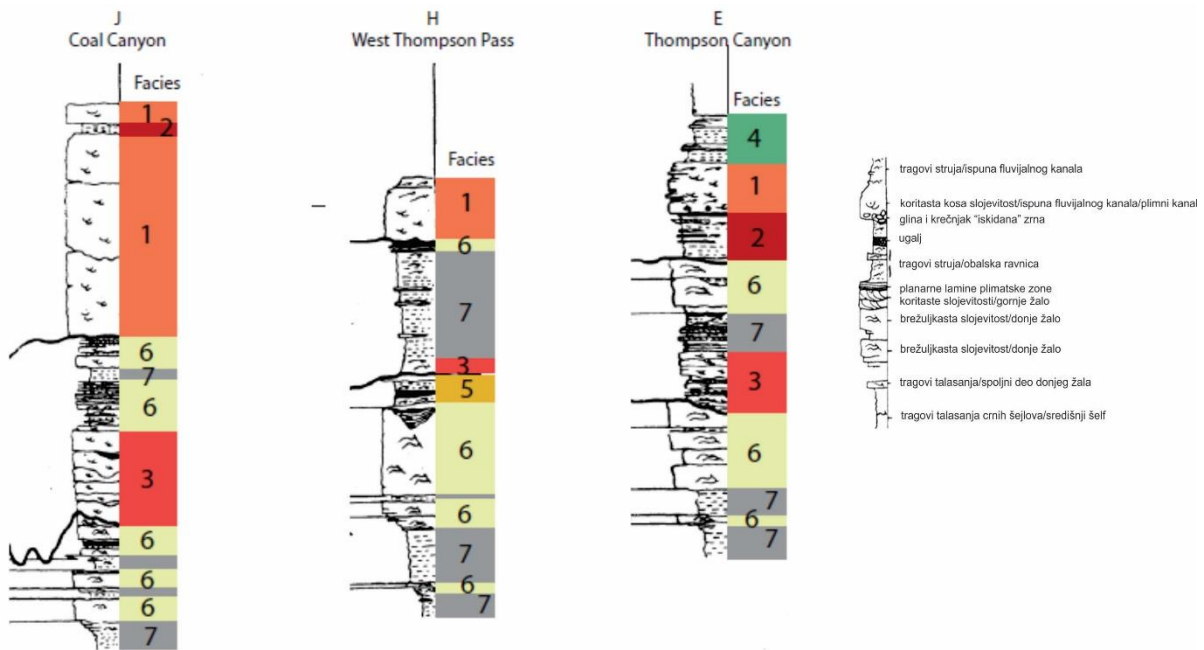
Dubokovodni morski sedimenti prekriveni sublitoralnim sedimentima

Koje su „ne Valterove“ facije na prikazanim stubovima?

Zadatak 26

„Pomeranje ka basenu“ (ili granica sekvence) se prepoznaje po tome što povlatne facije imaju proksimalnije depozicione sredine (prolomske lepeze, fluvijalne) u odnosu na podinske facije. „Pomeranje ka kopnu“ (ili površina plavljenja) je prepoznatljivo po tome što povlatne facije imaju distalnije depozicione sredine (dubokovodna morska, sublitoralna) u odnosu na podinske facije.

Na slici 1, označite pomeranje u pravcu basena u odnosu na pomeranje u pravcu kopna. Korelišite (iscrtajte linije) koje odgovaraju „ne Valterovom“ pomeranju (povežite pomeranja u pravcu basena između sebe – isto uradite i za pomeranje u pravcu kopna).



Slika 1. Geološki stubovi u Grand Canyon.

Facija	Opis	Interpretacija depozicione sredine	Dokaz
1.	Debeli, sočivasti (kanalski) slojevi, korita kososlojevitih i planarno tabularno kososlojevitih srednjo do grubozrnih peščara		
2.	Tanki, diskontinuirani slojevi masivnih muljaca sa tragovima korenja i ugljevitim materijalom		
3.	Tanki, sočivasti (kanalski) slojevi planarnih tabularnih i klinolikih kososlojevitih fino-zrnih do veoma fino-zrnih peščara.		
4.	Tanki, diskontinuirani slojevi sigmoidalno kososlojevitih i flazer slojevitih peščara sa brojnim, tankim prevlakama mulja i bimodalnom talasastom kosom slojevitošću.		
5.	Tanki, relativno kontinuirani, pločasti slojevi planarno tabularnog i brežuljkastog kososlojevitog veoma fino-zrnog do fino-zrnog peščara. Tragovi morskih fosila.		
6.	Debeli, relativno kontinuirani, pločasti slojevi brežuljkasto slojevitih veoma fino-zrnih do fino-zrnih peščara. Tragovi morskih fosila.		
7.	Crni do sivi, masivni šejlovi sa tragovima morskih fosila		

Ime i prezime	Overa

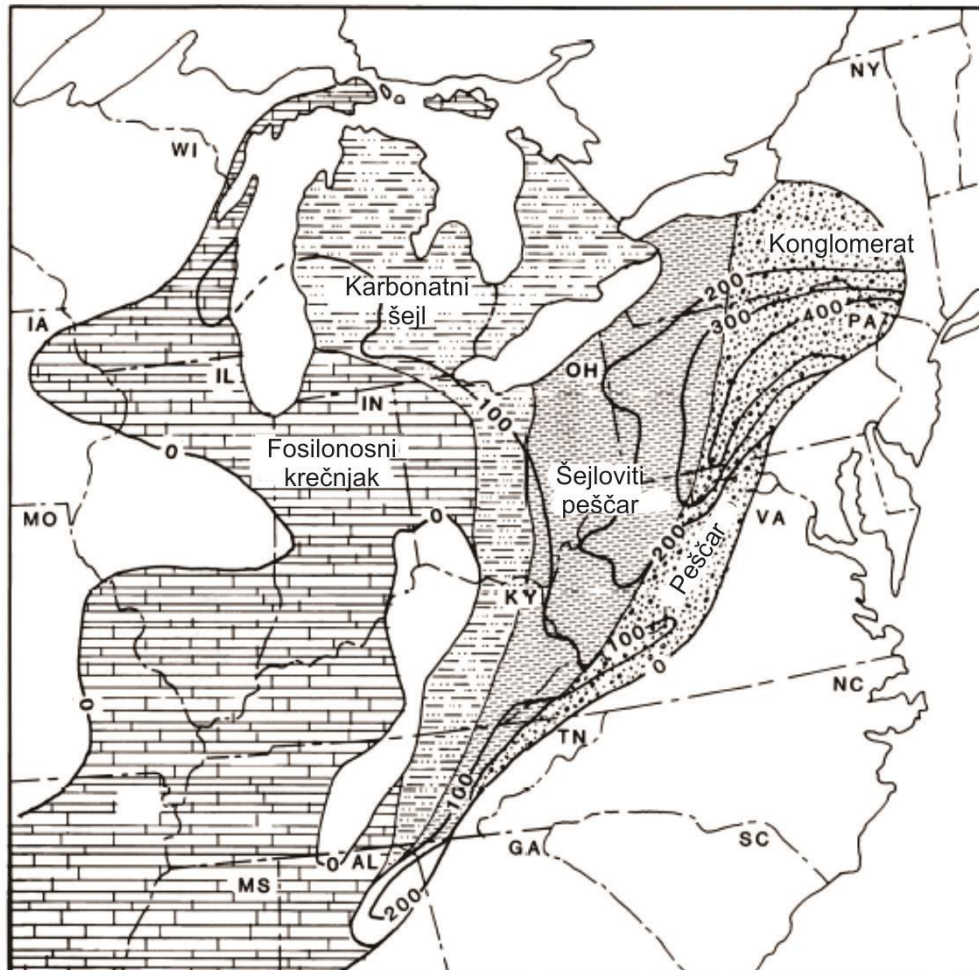
Vežba X DEPOZICIONE SREDINE

Zadatak 27

Facijalna i karta izopaha donjosilurskih stena istočne SAD na slici 1. prikazuje tipove i debljinu donjosilurskih stena u istočnom delu SAD, uključujući i istočne delove Ajove (obeležena sa IA na karti). Konture izopaha predstavljaju stene iste debljine, koja dostiže 400 ft u Pensilvaniji (PA).

Gde se nalazi najverovatniji izvor donjosilurskih siliciklastičnih sedimenata na slici?

Kakva je bila pretpostavljena topografija na mestu izvora sedimenata?

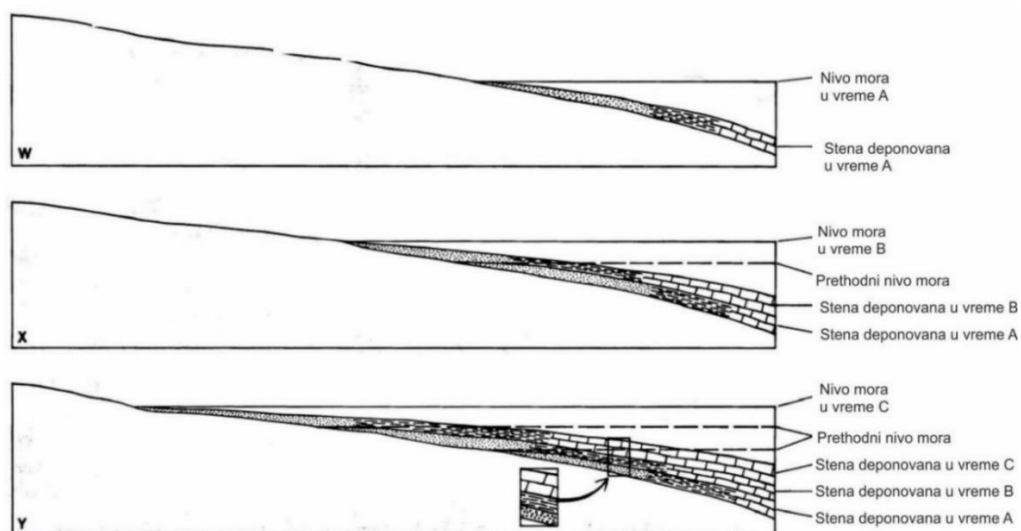


Slika 1. Facijalna i karta izopaha donjosilurskih stena istočne SAD. Konture izopaha predstavljaju stene iste debljine, koja dostiže 400 ft u Pensilvaniji (PA) (iz iz Petersen and Rigby, 1999, modifikovano).

Koja su dva moguća objašnjenja odsustva donjosilurskih stena duž izduženog područja koje se proteže preko Tenesija (TN), Kentakija (KY) sve do južne Indijane (IN) i Ohaja (OH). Koja od ove dve mogućnosti je verovatnija. Objasni.

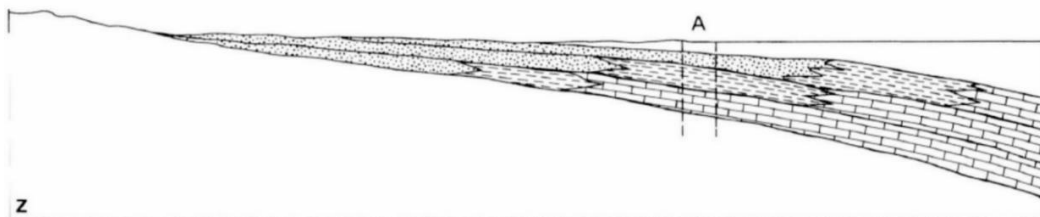
Zadatak 28

Pogledajte profile sa slike 2 gde je prikazan geološki zapis migracije sedimentacionih sredina (od vremena A do vremena C; starije ka mlađem), obratite pažnju na relativni pravac u kome sedimentacione sredine migriraju tokom vremena. Da li ova sekvenca prikazuje transgresiju ili regresiju? Objasni.



Slika 2. Profili W, X, i Y prikazuju geološki zapis migracije sedimentacionih sredina (od vremena A do vremena C; starije ka mlađem) (iz Petersen and Rigby, 1999).

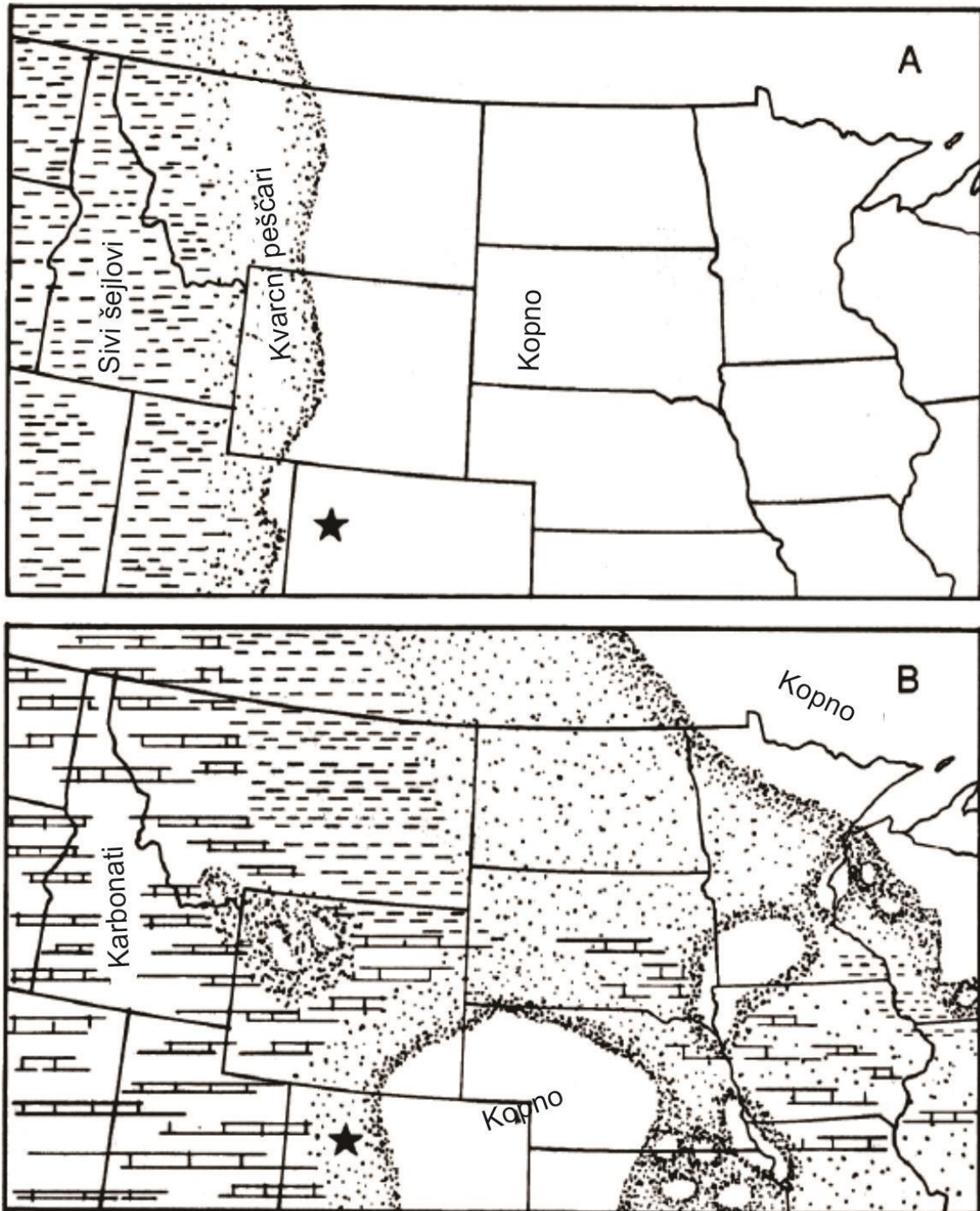
Geološki profil (slika 3) koji prikazuje migraciju sedimentacionih sredina dat je na slici ispod. Da li vertikalna sukcesija litofacija u tački A na geološkom profilu predstavlja transgresiju ili regresiju? Objasni.



Slika 3. Geološki profil koji prikazuje migraciju sedimentacionih sredina (iz Petersen and Rigby, 1999).

Zadatak 29

Na slici 4. prikazane su litofacijalne karte srednjeg kambrijuma (A) i gornjeg kambrijuma (B) u severnim-centralnim delovima SAD i južne Kanade. Zvezdicom je obeležen zapadni Kolorado.



Slika 4. Litofacijalne karte srednjeg kambrijuma (A) i gornjeg kambrijuma (B) u severnim-centralnim delovima SAD i južne Kanade (iz Petersen and Rigby, 1999).

Koji tip sedimenata je bio deponovan duž obale kambrijumskih mora?

Koji tip sedimenata je deponovan dalje u pravcu mora?

Tokom vremenskog intervala između srednjeg i gornjeg kambrijuma da li se odigrala transgresija ili regresija. Objasni.

Kada je more pokrilo zapadni Kolorado, u vreme srednjeg ili gornjeg kambrijuma?

Koji dokazi sugerišu na prisustvo ostrva u gornjokambrijumskom moru?

Literatura

Lochman-Balk, Christina, 1971. The Cambrian of the Craton of the United States. In Cambrian of the New World, ed. C. H. Holland,. New York: *Wiley-Interscience*, p. 79-167.

Petersen, M. S. and Rigby, J. K., 1999. Interpreting earth history: a manual in historical geology, *WCB McGraw-Hill*, 6th Ed., pp.228.

APENDIKS

Tabela 1. Tipovi sedimentnih tekstura i depozicione sredine

Klastične i bioklastične teksture							
Tekstura	Veličina	Sastav klasta	Zaobljenost	Sortiranost	Naziv stene	Komentari	Depoziciona sredina
Klastična	> 2 mm, šljunak	Različit	Uglast	Slab	Sedimentna breča	Veliki uglasti klasti – manji transport	Aluvijalna lepeza
	> 2 mm šljunak	različit	Zaobljen	Slab	Konglomerat	Veliki zaobljeni klasti – veći transport	Aluvijalna lepeza, vodotoci, plaža
	2-1/16 mm pesak	kvarc	Zaobljen	Dobar	Kvarcni pešćar	„čist“ pešćar- veći transport	Dine, vodotoci
	2 -1/16 mm pesak	Feldspat, kvarc, itd.	Uglast	Srednji-slab	Arkoze	„prljavi“ pešćar – manji transport	Aluvijalna lepeza, vodotoci
	< 1/16 mm mulj	-	-	Dobro	Glinac, muljac	Može se „prelivati“ duž sloja,	Plavna ravnica, delta, plitki i dubokomorski
Bioklastična	> 2 mm šljunak	Ljuštore	slaba	slaba	Kokina	Slabo cementovani fragmenti ljuštura	Plaža
	< 1/16 mm mulj	Ljuštore		Dobra	Kreda	Mikroskopske ljuštore	Plitki-dubokomorski
Hemijske i biohemijske teksture							
Tekstura	Sastav	Tvrdoća	Boja		Naziv stene	Komentari	Depoziciona sredina
Hemijske	Kalcit/CaCO ₃	H=3	Promenljiva		Krečnjak	Reaguje na kiselinu, može se grebati noktom	Plitkomorski, jezero
	Dolomit/CaMg(CO ₃) ₂	H=3	Promenljiva		Dolomit	Nereaguje sa kiselinom osim ako se izgrebe, može se grebati noktom	Morski blizu obale
	Silicijski SiO ₂	H=7	Promenljivi		Rožnac	Nereaguje sa kiselinom, ne može se grebati noktom	Dubokomorski
	Halit/NaCl Gips/CaSO ₄ *2H ₂ O	H=2,5 H=2	Proziran-promenljiva Bela-promenljiva		Evaporiti	Meki, nematalični minerali, halit je slan	Plaje
Biološka	Izmenjeni organski ostaci	Mekan	Braon-crni		ugalj	lagani	močvare

Tabela 2. Kontinentalni sistemi depozicije

	Proluvijalna lepeza	Fluvijalna (rečna)	Paludalna (močvarna)	Jezerska	Pustinjska/eolska	Glacijalni (lednički)
Tip stene	Breča, konglomerat, arkoza	Konglomerat, pešćar, alevrit, šejl	Ugalj, crni šejl, glina, alevrit	Laporac, alevrit, šejl, krečnjak, ili evaporiti (gips)	Kvarc arenit (pešćar) ili gips	Drobina, breča, krupnozrni pesak, les
Sastav	Terigeni	Terigeni	Terigeni	Terigeni, karbonatni ili evaporitski	Terigeni ili evaporitski	Terigeni
Boja	Braon ili crvena	Braon ili crvena	Crna, siva ili braon	Crna, braon, siva, zelena, crvena	Žuta, zelena, svetlo braon, bela	Bela, žuta
Veličina zrna	Glina do šljunak	Glina, alevrit, pesak, šljunak (ofinjavanje zrna naviše)	Glina do alevrit	Glina do alevrit ili pesak (okrupnjavanje zrna naviše)	Pesak	Od vrlo grubozrni (til) do veoma finoizrne (les)
Oblik zrna	Uglast	Zaobljen do uglast	-	-	Zaobljen, poliran	Uglast
Sortiranost	Slaba	Različita	Različita	Različita	Dobra	Od vrlo slabe (til) do odlično sortirane (les)
Neorganske sedimentne strukture	Ukrštena slojevitost, gradaciona slojevitost	Ukrštena slojevitost, Asimetrični talasanja, slojevitost, predmeta	Laminirana do masivan	Laminacija, simetrični tragovi talasanja, ukrštena slojevitost, gradaciona slojevitost, pukotine	Ukrštena slojevitost	Korenje biljaka u lesu, inače bez.
Organske ili biogene sedimentne strukture	-	Tragovi kretanja, puzanja, bušenja	Tragovi korenja, tragovi bušenja	Tragovi kretanja, puzanja, bušenja, retki stromatoliti	Tragovi kretanja, puzanja	Karbonatne konkrecije u lesu, inače bez.
Fosili	-	Retke slatkovodne ljuštore, kosti, delovi biljaka	Fosili slatkovodne kosti, ribe	Slatkovodne ljuštore, ribe, kosti, delovi biljaka	-	-

Tabela 3. Prelazni sistemi depozicije

	Delta	Estuar	Plimatska ravnica	Plaža i barijerna ostrva	Laguna	Plimatska ravnica
Tip stene	Peščar, alevrit, šejl, ugalj	Peščar, alevrit, šejl	Alevrit, šejl, kalklunit, doloston ili gips	Kvarc arenit, coquina	Alevrit, šejl, krečnjak, oolitični krečnjak ili gips	Alevrit, šejl, kalklunit, doloston ili gips
Sastav	Terigeni organskog nešto	Terigeni, malo organskog	Terigeni, karbonatni ili evaporitski	Terigeni ili karbonatni	Terigeni, karbonatni ili evaporitski	Terigeni, karbonatni ili evaporitski
Boja	Braon, crna, siva, zelena, crvena	Braon, crna, siva, zelena, crvena	Siva, braon, tan	Bela do svetlo braon	Tamosiva do crna, braon	Siva, braon, tan
Veličina zrna	Glina do pesak (ogrubljavanje naviše)	Glina do pesak	Glina do alevrit	Pesak	Glina do alevrit	Glina do alevrit
Oblik zrna	-	-	-	Zaobljen do uglast	-	-
Sortiranost	Različita	Različita	Različita	Dobra	Loša	Različita
Neorganske sedimentne strukture	Ukrštena slojevitost, gradaciona slojevitost	Bimodalna direkcionalna, reaktivacione površine	Laminacija, pukotine isušivanja, tragovi talasanja, ukrštena slojevitost	Ukrštena slojevitost, simetrični tragovi talasanja	Laminacija, tragovi talasanja, ukršena slojevitost	Laminacija, pukotine isušivanja, tragovi talasanja, ukrštena slojevitost
Organske ili biogene sedimentne strukture	Tragovi kretanja i bušenja		Stromatoliti, Tragovi kretanja i puzanja	Tragovi kretanja, puzanja i bušenja	Tragovi kretanja i bušenja	Stromatoliti, Tragovi kretanja i puzanja
Fosili	Delovi biljaka, ljuštore	Morski, brakični i slatkovodni	Morske ljuštore	Morske ljuštore	Morske ljuštore	Morske ljuštore

Tabela 4. Morski sistemi depozicije

	Kontinentalni šelf	Kontinentalna padina ili podnožje	Abisalna ravnica	Hadalni trog
Tip stene	Peščar, šejl, organogeni krečnjak, oolitični krečnjak	Litarenit, alevrit i šejl (ili krečnjak)	Šejl, rožnac, mikrit, kreda, dijatomit	Melanž. Alevriti, glinci.
Sastav	Terigeni ili karbonatni	Terigeni ili karbonatni	Terigeni ili karbonatni	Terigeni ili karbonatni
Boja	Siva, braon, svetlo braon, zelena	Siva, zelena, braon	Crna, bela, crvena	Tamna, braon, vrna
Veličina zrna	Glina, alevrit, pesak, šljunak	Glina do pesak	Glina	Glina
Oblik zrna	-	-	-	-
Sortiranost	Slaba do dobra	Slaba	Slaba	Slaba
Neorganske sedimentne strukture	Laminacija, ukrštena slojevitost	Gradaciona slojevitost, ukrštena slojevitost, laminacija, tragovi tečenja (jezičasti), tragovi vučenja (turbiditi)	Laminacija	-
Organske/biogene sedimentne strukture	Tragovi kretanja i bušenja	Tragovi kretanja i bušenja	Tragovi kretanja i bušenja	Feromanganske konkrecije
Fosili	Morske ljuštore, zubi ajkula	Morske ljuštore, retki delovi biljaka	Morske ljuštore (uglavnom mikroskopski)	Mikroskoski organizmi u muljevima

Autor: Dr Dejan Radivojević, docent

Naslov: Praktikum iz depozicionih sistema

Izdanje: Prvo izdanje

Glavni i odgovorni urednik: Dr Meri Ganić, vanredni profesor

Recenzent: Dr Draženko Nenadić, redovni profesor

Dizajner korica: Dejan Radivojević

Izdavač: Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

11000 Beograd, Dušina 7, telefon 011/3219-101, telefaks 011/3235-539

Za izdavača: dekan dr Zoran Gligorić, redovni profesor

Odobreno za štampu od strane Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, odlukom br. 8/41 od 17.07.2020. godine.

Tiraž: 150

Štampa: Dejan Radivojević

ISBN broj: 978-86-7352-357-6

Zabranjeno je svako neovlašćeno umnožavanje, fotokopiranje ili reprodukcija publikacije, odnosno delova teksta.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

551.3.051(075.8)(076)(0.034.2)

РАДИВОЈЕВИЋ, Дејан Н., 1971-

Praktikum iz depozicionih sistema [Elektronski izvor] / Dejan Radivojević. -
Beograd: Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2020 (Beograd : Univerzitet,
Rudarsko-geološki fakultet). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemski zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta.

- Tiraž 150. -

Bibliografija uz svako poglavlje.

ISBN 978-86-7352-357-6

a) Седиментологија -- Вежбе

COBISS.SR-ID 18233609

www.rgf.bg.ac.rs

