

TLA I PADINSKI PROCESI, EROZIJA, DESERTIFIKACIJA (3)

Igor Felja

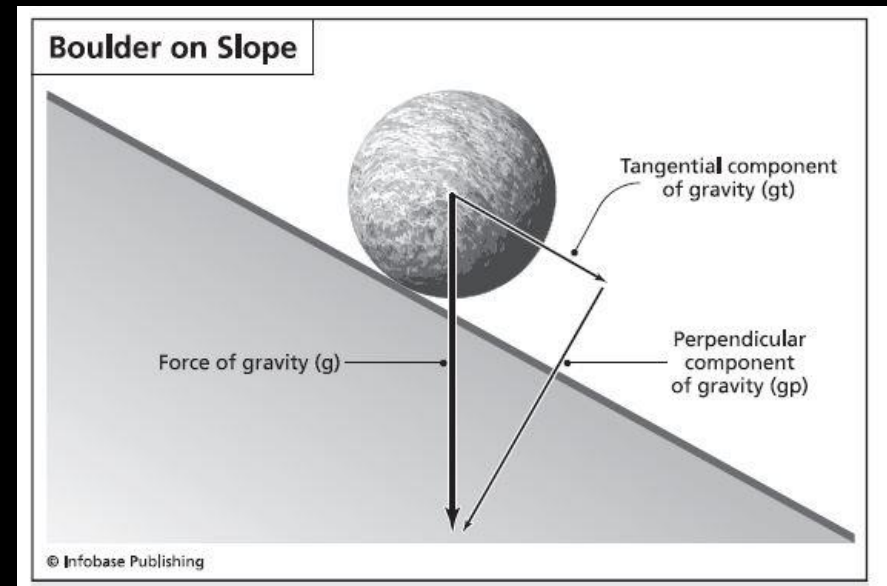
Geološki odsjek, PMF

Horvatovac 102 a

**Predavanja iz kolegija Geologija zaštite okoliša
(44087)**

PADINA I PADINSKI PROCESI

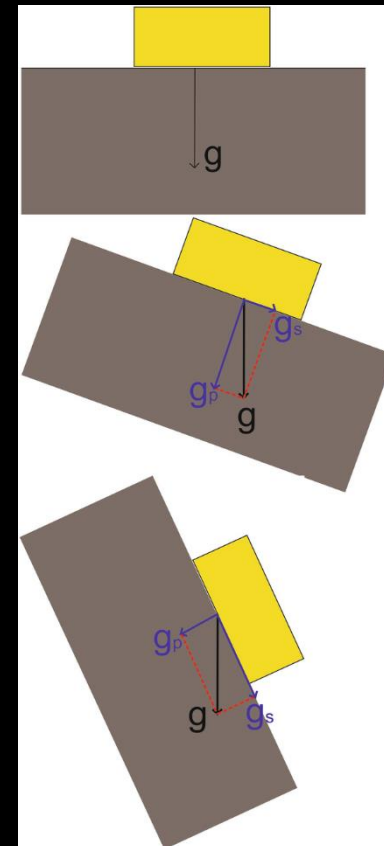
- padinski procesi javljaju se pod utjecajem **gravitacije** – „vuče” materijal niz padinu
- s obzirom da je riječ o objektu na padini, njegova gravitacija se može rastaviti u dvije komponente:
 - paralelnu s padinom (**tangencijalna**)
 - okomitu na padinu (**normalna**)



Sile koje djeluju na objekt na padini (Kusky, 2008)

PADINA I PADINSKI PROCESI

- što je padina strmija, izraženiji je utjecaj gravitacije
- kako?
- tangencijalna komponenta je pokretački dio gravitacije
- na strmijoj padini ona postaje veća od normalne komponente
- gravitacija (F_d) i nadilazi silu otpora objekta (F_r)
- **rezultat: premještanje materijala niz padinu**

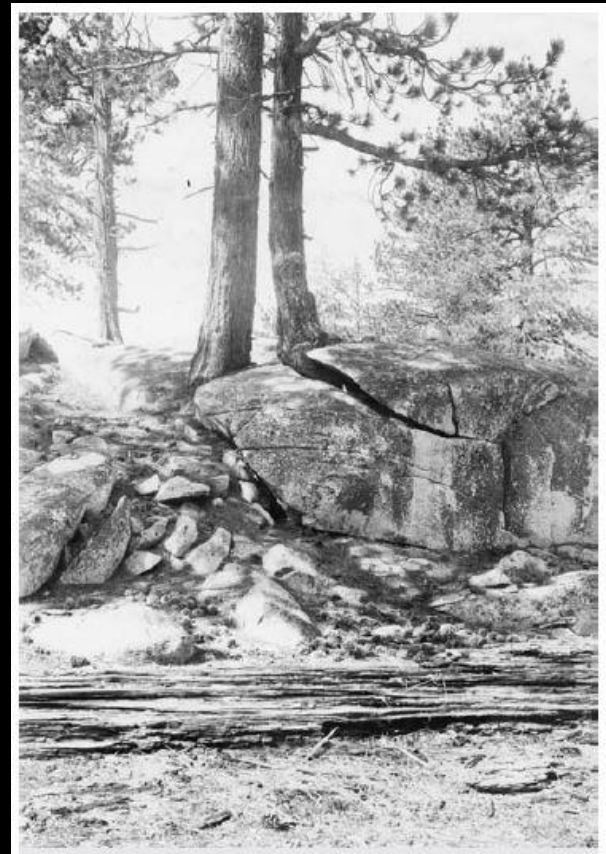


PADINA I PADINSKI PROCESI

- **padina** – (najčešće) prirodno nagnuti dio Zemljine površine
- **padinski procesi** – procesi trošenja, erozije i transporta materijala na padini i niz padinu
- **ciklus promjena na padinama:**
 - 1. stabilna ravnoteža
 - 2. destabilizirajući agent
 - 3. prilagodba
 - 4. nova stabilna ravnoteža
- **premještanje masa** (*mass wasting*) – kretanje tla, regolita ili stijena
- regolit...(?)
- ...rastresiti heterogeni površinski sloj koji prekriva stjensku podlogu
- regolit nije tlo...ali može uključivati tlo

PADINA I PADINSKI PROCESI

- premještanju masa prethodi **trošenje**
- **trošenje (weathering)** – mehanička i kemijska promjena materijala u interakciji litosfere s biosferom, atmosferom i hidrosferom
- **tri tipa trošenja:**
- kemijsko, mehaničko i biološko (?)



Biološko trošenje (Kusky, 2008)

PADINA I PADINSKI PROCESI








Kut zadržavanja (Wikipedia)

- primarni čimbenici koji utječu na pojavu padinskih procesa:
- **1. nagib padine** (različiti procesi na različitim nagibima)
- **2. trenje i kohezija (vrsta) materijala** (granit vs. lapor)
- **3. kut zadržavanja** (*angle of repose*) – maksimalan kut nagiba pri kojem materijal ostaje stabilan
- **4. količina vlage** – voda smanjuje trenje, kut zadržavanja
- **modifikatori primarnih čimbenika:**
- **tekstura i struktura stijena** (kompaktna vs. raspucana stijena)
- **klima** (humidno i toplo vs. aridno i hladno)
- **vrijeme** (potrebno za pojedinu vrstu trošenja materijala; vrijeme/brzina pojave procesa)

POKRETAČI PADINSKIH PROCESA

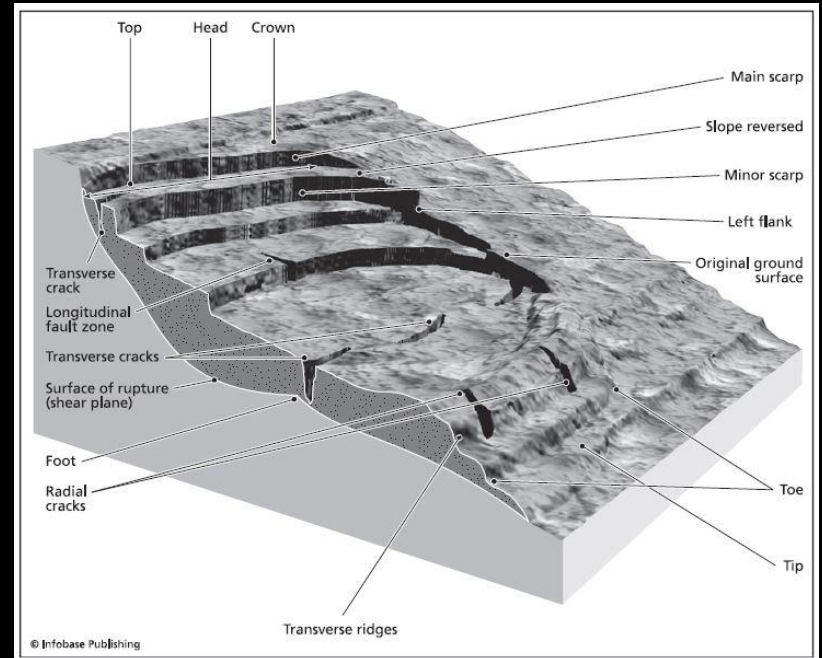
- tri osnovna načina premještanja masa (podjela i kategorizacija može biti različita ovisno o autorima i literaturi)
- **KLIZANJEM** (*slides*) – pokretanje masa preko i u kontaktu s podlogom
- **TEČENJEM** (*flows*) – kaotično pomicanje regolita s vodom i zrakom pri čemu dolazi do usitnjavanja
- **ODRONJAVANJEM** (*falls*) – slobodno kretanje kroz zrak i zaustavljanje u podnožju padine

MECHANISM		MATERIAL		VELOCITY (m/sec)
		COHERENT ROCK	PARTICLE MIXTURE	
FALL		rockfall	debris fall, earth fall	extremely rapid # 10
SLIDE		slumping	debris slumping earth slumping	slow to fairly rapid (10 ⁻⁶ to 10 ⁻³)
		rock slide	debris slide earth slide	rapid (10 ⁻³)
FLOW		rock avalanche	debris avalanche, mudflow, earthflow, debris flow, grain flow	very rapid (1-10)
		creep, solifluction	creep, solifluction	extremely slow

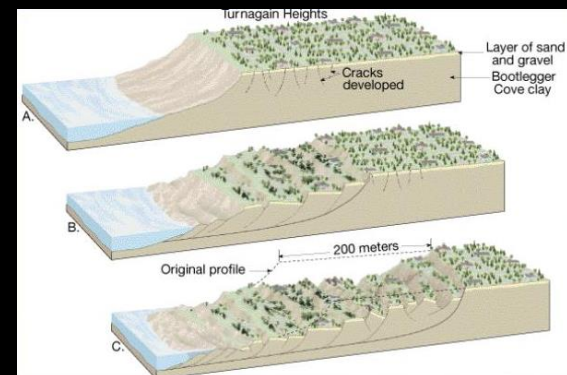
Pojednostavljen prikaz premještanja masa prema mehanizmu, brzini i vrsti materijala (Pipkin, 1994)

KLIZANJE

- **Rotacijsko klizanje**
- materijal kliže po konkavnoj podlozi prema dolje
- rezultat: nizovi rotacijskih blokova
- karakteristična pojava nakon kiša ili uslijed potresa; uslijed ustrmljivanja padina pri izgradnji

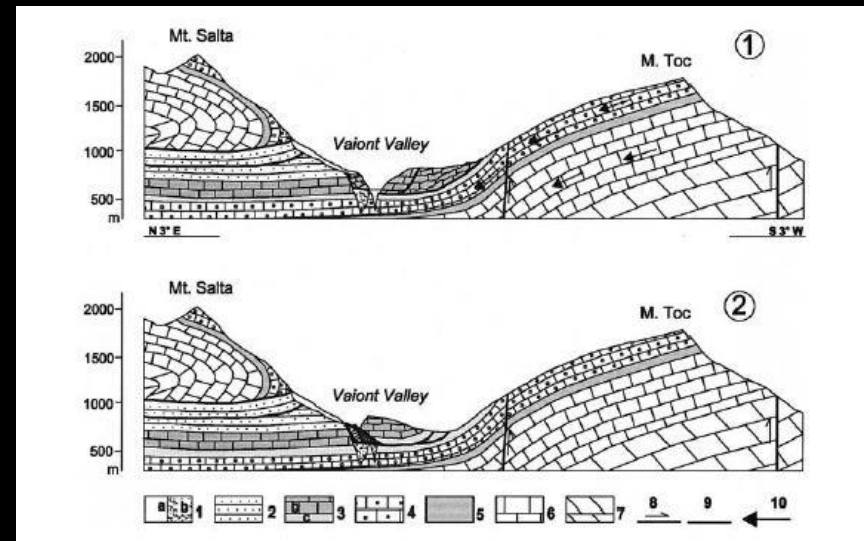
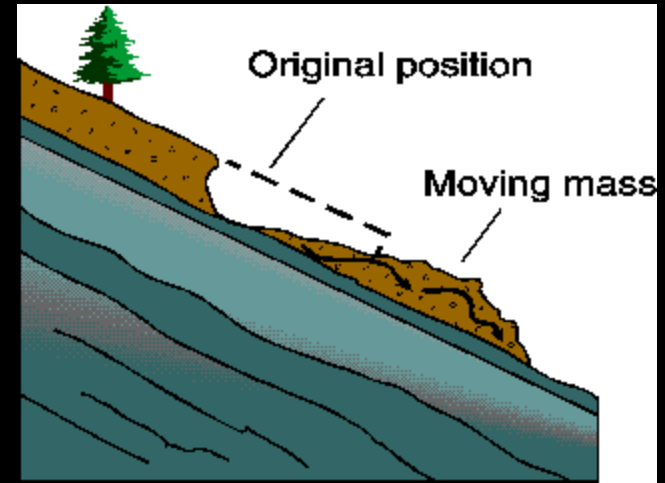


Rotacijsko klizište (Kusky, 2008)



KLIZANJE

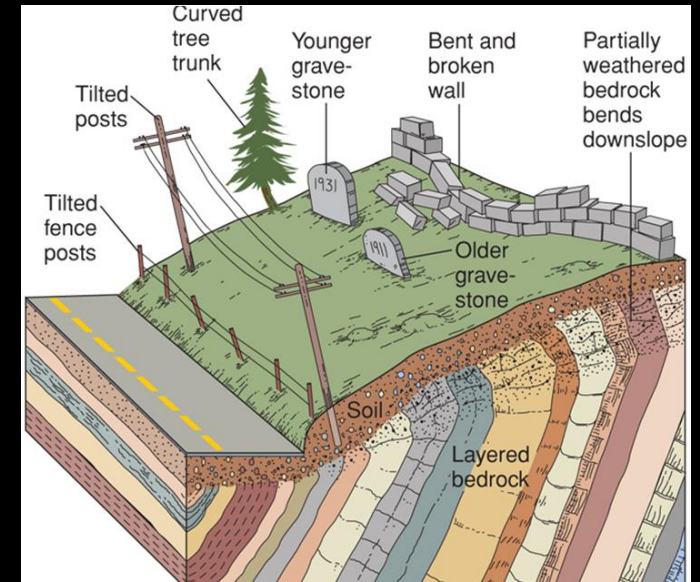
- **Translacijsko klizanje**
- klizanje se ne odvija po konkavnoj podlozi, već po predisponiranoj ravnini (pr. po slojnoj plohi)
- često na kontaktu različitih vrsta stijena; blokovi koji klizu mogu puknuti i usitniti se
- **primjer:** pucanje brane Vaiont u Italiji 1963. – posljedica najubojitijeg translacijskog klizišta



Klizište u slučaju brane Vaiont (Semenza i Ghirotti, 2000)

TEČENJE

- **Puzanje**
- neprimjetno i sporo kretanje regolita s posljedicama plastične deformacije i nastanka mikropukotina podloge koja puže
- često puzanje tla
- nastanak valovitog tla; nagnute ograde, stupovi i drveće
- **primjer:** deformacija pruge u Kanadi uslijed puzanja tla (Kusky, 2008)



Puzanje tla (Studyblue.com)



TEČENJE

- **Debritni tokovi**
- brzi tokovi nevezanog krupno-zrnastog regolita
- u obliku jezika koji se spuštaju niz padinu različitim brzinama (30 cm/god – x100 km/h)
- posljedica deforestacije i zasićenja vodom u planinskim predjelima
- mogu početi kao odroni ili lavine
- debritne lavine - vrsta brzog zrnskog toka bez vode
- **primjer:** debritni tok na Novom Zelandu (Kusky, 2008)



TEČENJE

- **Muljni tokovi**
- slični debritnim tokovima, ali sadrže više vode (do 30%)
- obično kreću kao muljevite rijeke u predisponiranim depresijama/kanjonima
- **primjer:** muljni tok u okolini Los Angelesa (ABC7 News)



TEČENJE

- **Zrnski tokovi i tečenje regolita**
- težina toka je potpomognuta kontaktom zrno-zrno
- u pravilu suhi i brzi tokovi
- **primjer:** zrnski tok na pješčanim dinama (Wikipedia)



ODRONJAVANJE

- **Odron stijena**
- slobodan pad otkinutih dijelova stijena ili drugog materijala
- na strmim padinama
- pojedinačan komad stijene ili odron cijelog klifa
- prevrtanje stijena – prevrtanje uslijed odlamanja od vertikalnih pukotina
- bočno razlamanje – na blagim padinama uslijed nestabilne podloge
- **primjer:** odron stijena na cesti Makarska-Vrgorac 2010. god.



UBLAŽAVANJE I SPRJEČAVANJE

- **obrazac kao kod ostalih geoloških opasnosti:**
- poznavanje geoloških karakteristika područja
- poznavanje povijesnih događaja
- mjerenje i praćenje promjena (?)
- izrada kartografske dokumentacije
- saniranje aktivnih padina (?)
- aktivna zaštita cesta, pruga i naselja (?)

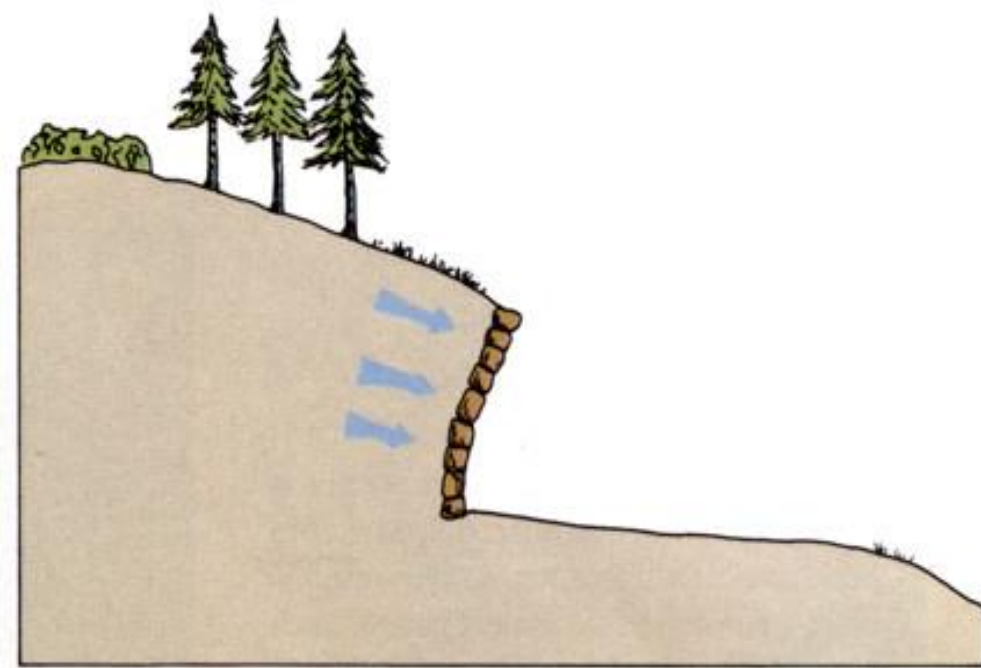
Grad Omiš i okolica – prostor česte pojave padinskih procesa



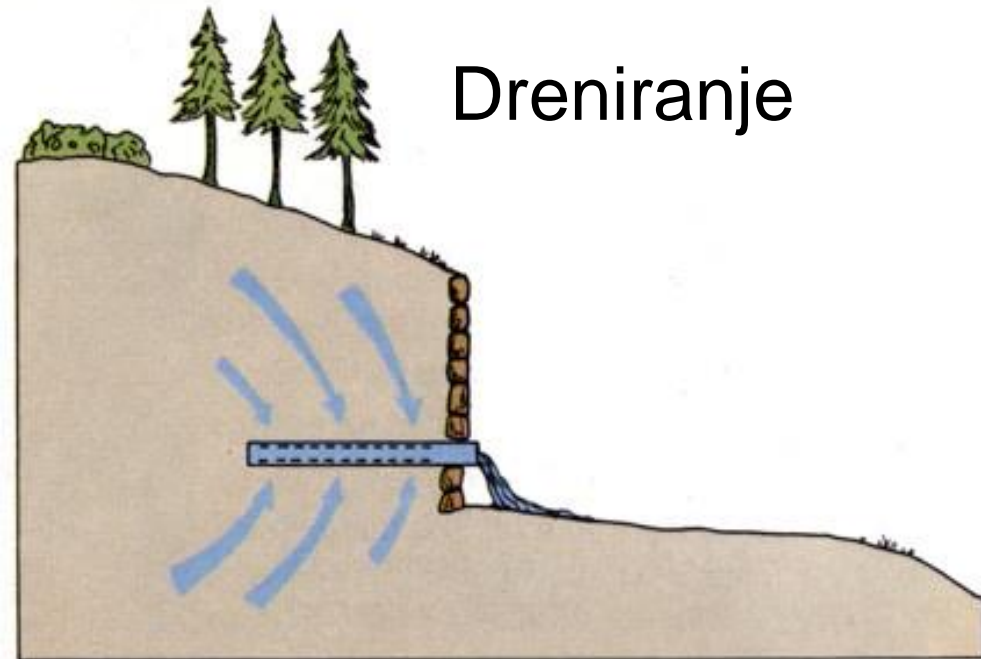
KLIZIŠTA / SANACIJA

- **Sanacija** klizišta skup je i dugotrajan proces. Bolje ga je izbjegavati nego sanirati:
- *dreniranje* (uklanjanje viška vode, jer voda je važan element u aktiviranju klizišta),
- *uklanjanje* nestabilnih dijelova terena.
- *sidrenje* nestabilnih slojeva (*torkretiranje* / cementiranje raspucanih stijena u usjecima da ne dođe do obrušavanja,

SANACIJE KLIZIŠTA

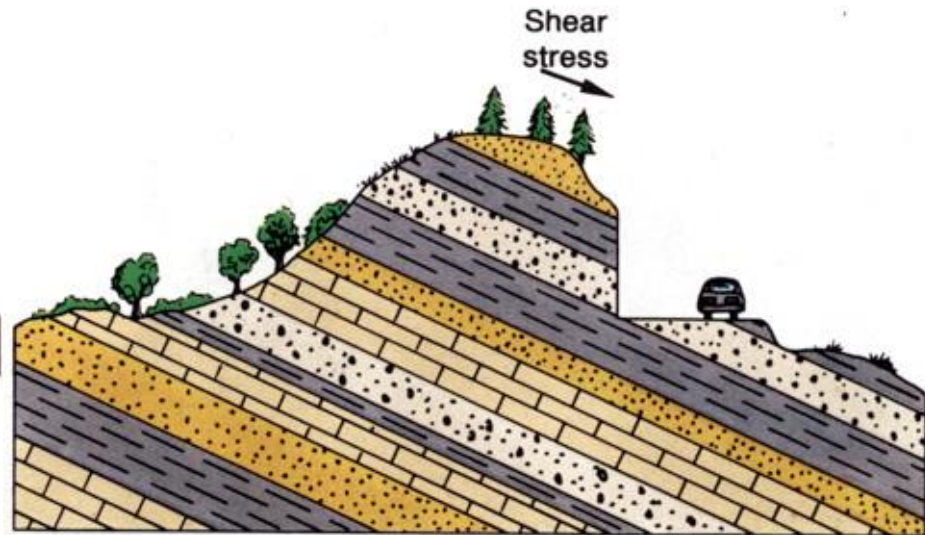


A



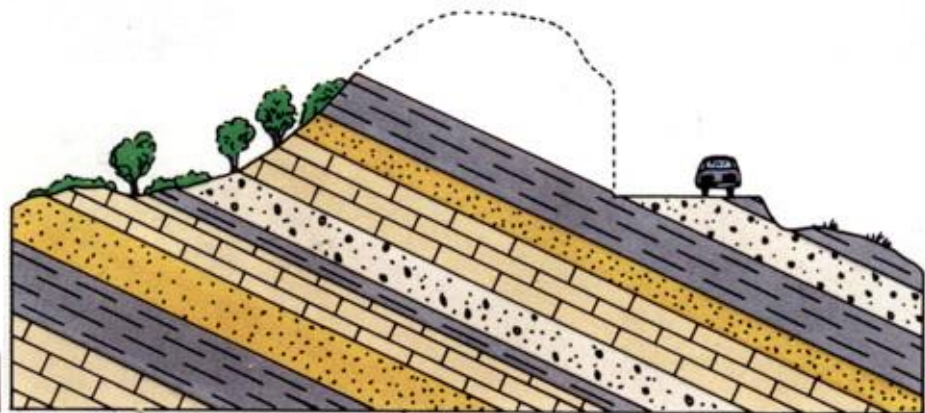
Dreniranje

B



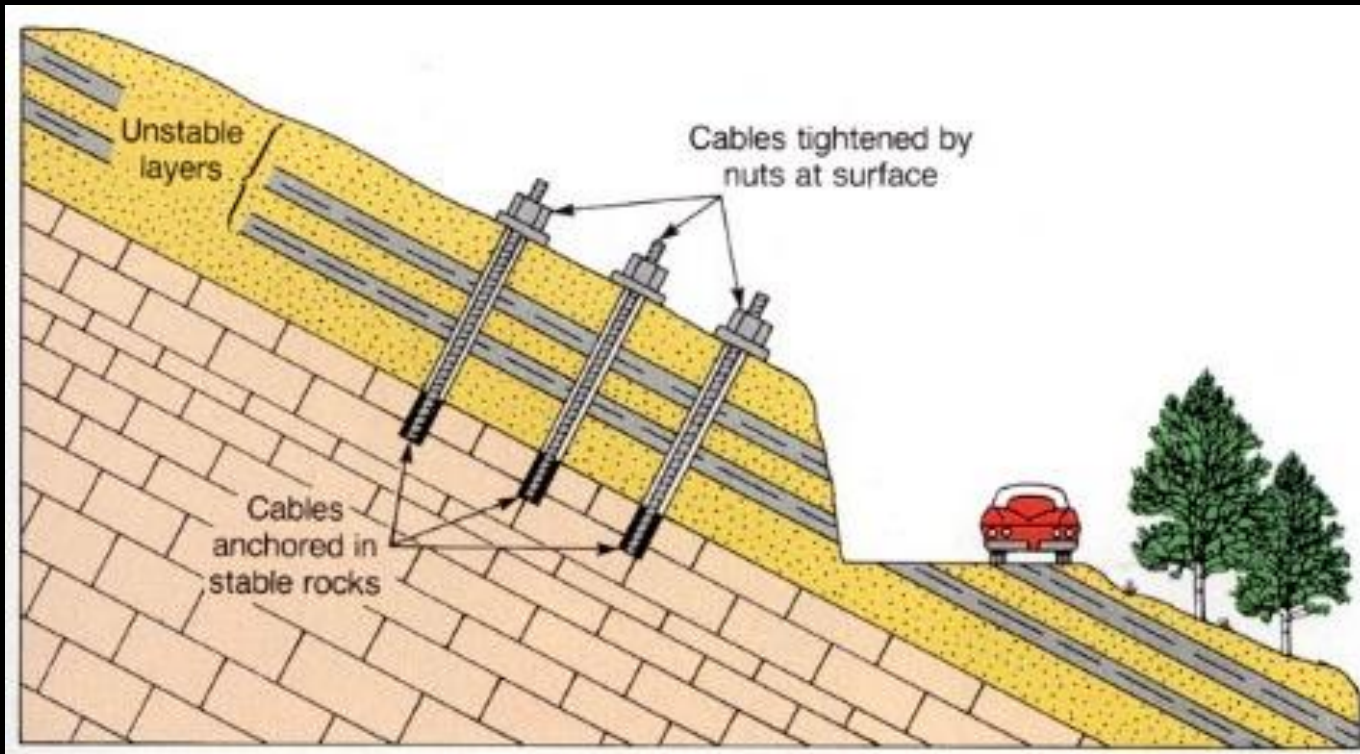
A

Uklanjanje



B

SANACIJE KLIZIŠTA



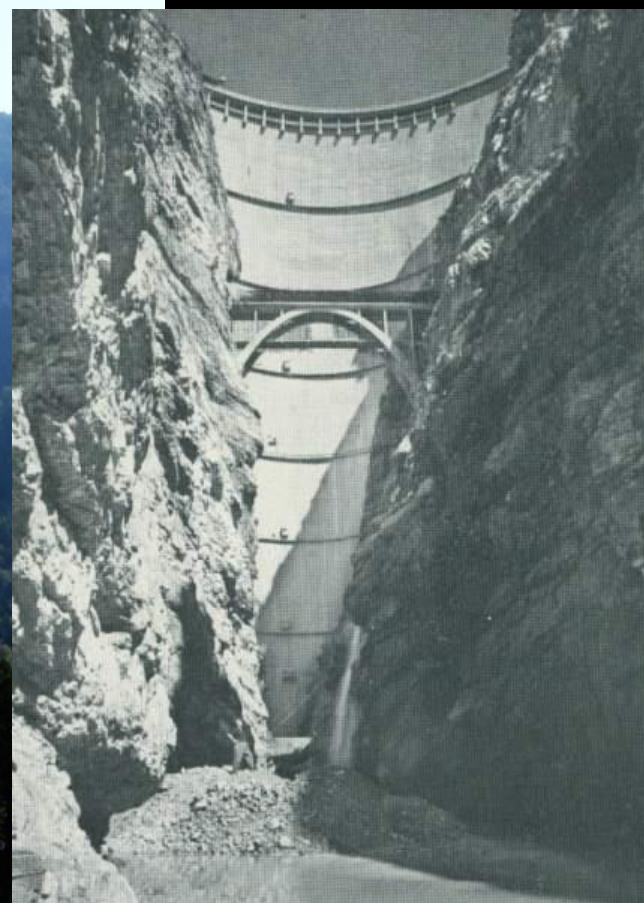
KLIZIŠTA / SANACIJA

- U Hrvatskoj su geotehnički problemi posebno istaknuti u neogenskim stijenama unutrašnje Hrvatske i u flišu jer lapori bitno mijenjaju svojstva nakon dolaska u kontakt s atmosferom (trošivi i klizavi). Primjera klizišta ima mnogo u Hrvatskoj, Zalesina/Kupjak, Bajer/Fužine (700.000 m³) Grohovo u dolini Rječine, Grmošćica/Zagreb.

KLASIČAN PRIMJER: VAJONT

- Poseban, važan i poučan primjer međudjelovanja čovjeka i prirodnih procesa a vezano uz stabilnost padina, je **klizanje i odron u dolini Vajont**.
- Ako ne najgora, onda svakako vrlo poučna nesreća vezana uz klizišta dogodila se na akumulaciji brane Vajont u sjevernoj Italiji i to 9.10.1963. godine. Poginulo je oko 2000 ljudi.

1) Nesreća se dogodila u hidroakumulaciji iza tada druge najviše brane na svijetu (265,5 m visoke).



2) To je najviša lučna brana, koja se pokazala građevinski izvanrednom: nije srušena iako je bila izložena pritisku od 4 milijuna tona - uslijed odronjavanja i time stvorenog vodnog vala. Izdržala je daleko veći pritisak od onoga za koji je bila projektirana.



- 3) Katastrofa bila je uzrokovana klizanjem i odronom (naglim obrušavanjem terena dugačkog 1,8 x 1,6 km).
- 4) Volumen odronjenog materijala bio je oko 260 milijuna m³ pretežno stijenske mase.



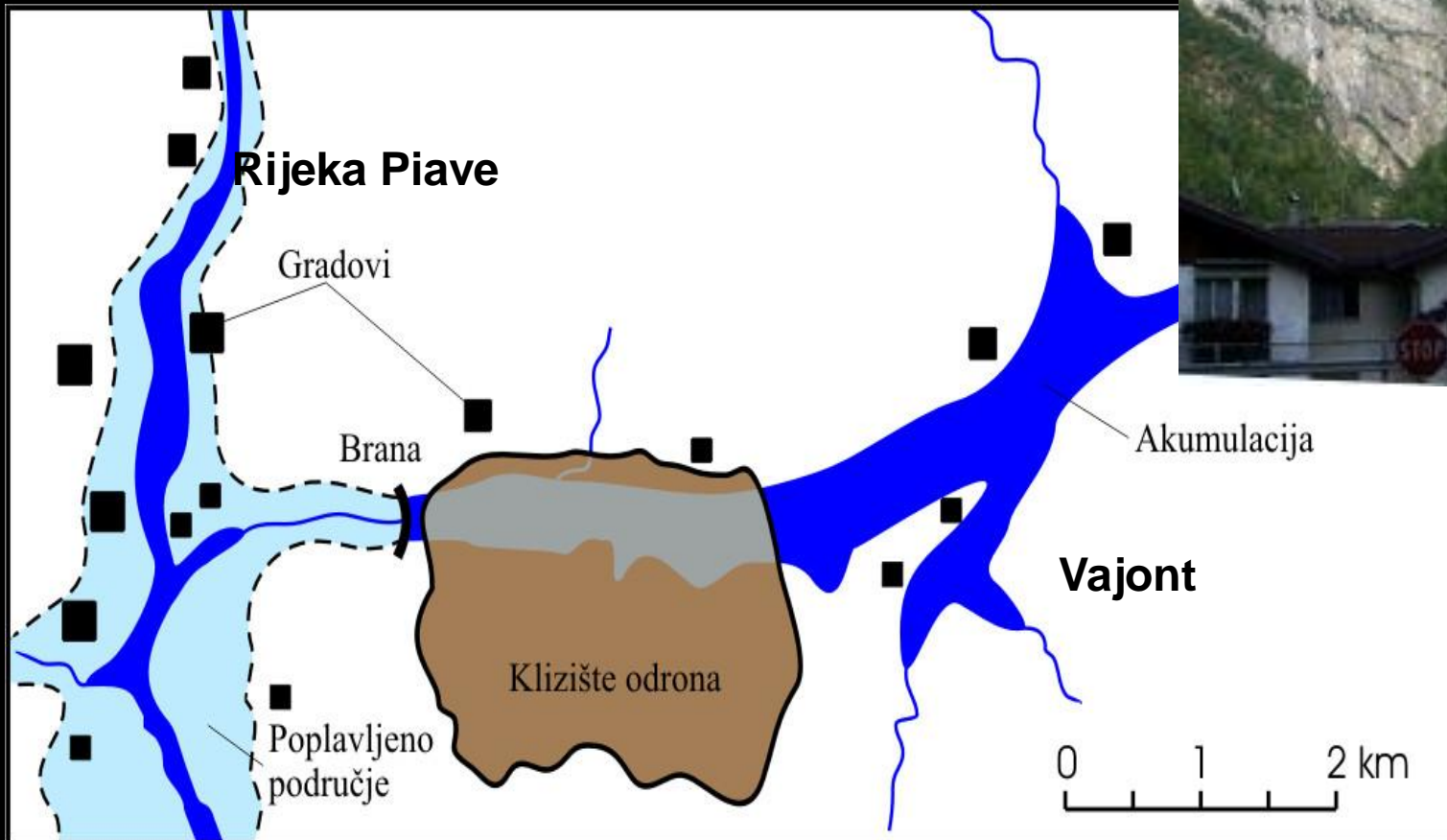
5) Rezervoar je bio kompletno zapunjen u dužini od 1,8 km i visini do 150 m iznad razine akumulacije u vremenu između 30-60 sekundi!



- 6) Odron je stvorio podrhtavanje tla (potres) koji se osjetio (bio registriran) u Beču i Bruxellesu.
- 7) Naglo klizanje (odronjavanje) ogromne količine stijena uzrokovalo je uzdizanje zraka s kamenjem i vodom na drugoj obali do visine od 240 m.
- 8) Vodeni val (zid) bio je visok 100 m nad krunom brane, a 1 km niže u ušću u Piave bio je visok 70 m. Val se širio *uzvodno* (2 km) i nizvodno.
- 9) Zračni udar koji je prethodio vodenom valu uzrokovao je (dekompresijski) otvaranje svih sigurnosnih pregrada pa je voda ušla i uništila sve instalacije od krune do temeljnog ispusta.
- 10) Cijela katastrofa dogodila se u ukupno 7 minuta, od početka obrušavanja/odronjavanja do totalnog uništenja svega uzvodno i nizvodno u dolini rijeke Piave.



VAJONT: GEOLOŠKE POSEBNOSTI



Geološki preduvjeti:

1. Uslojeni vapnenci s proslojcima lapora, glina i čertova



Geološki preduvjeti:

2. Konformna struktura - glacijalna dolina u sinklinali



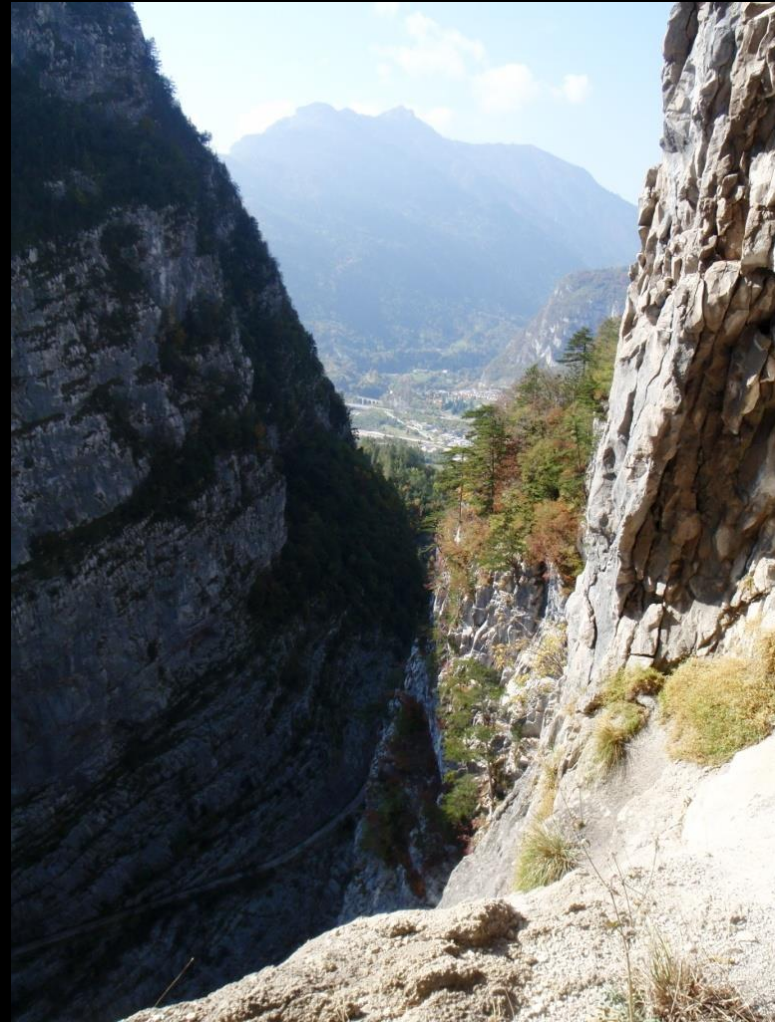
Geološki preduvjeti:

3. Površinski dio (~150 m) oslabljen relaksacijom nakon otapanja ledenjaka



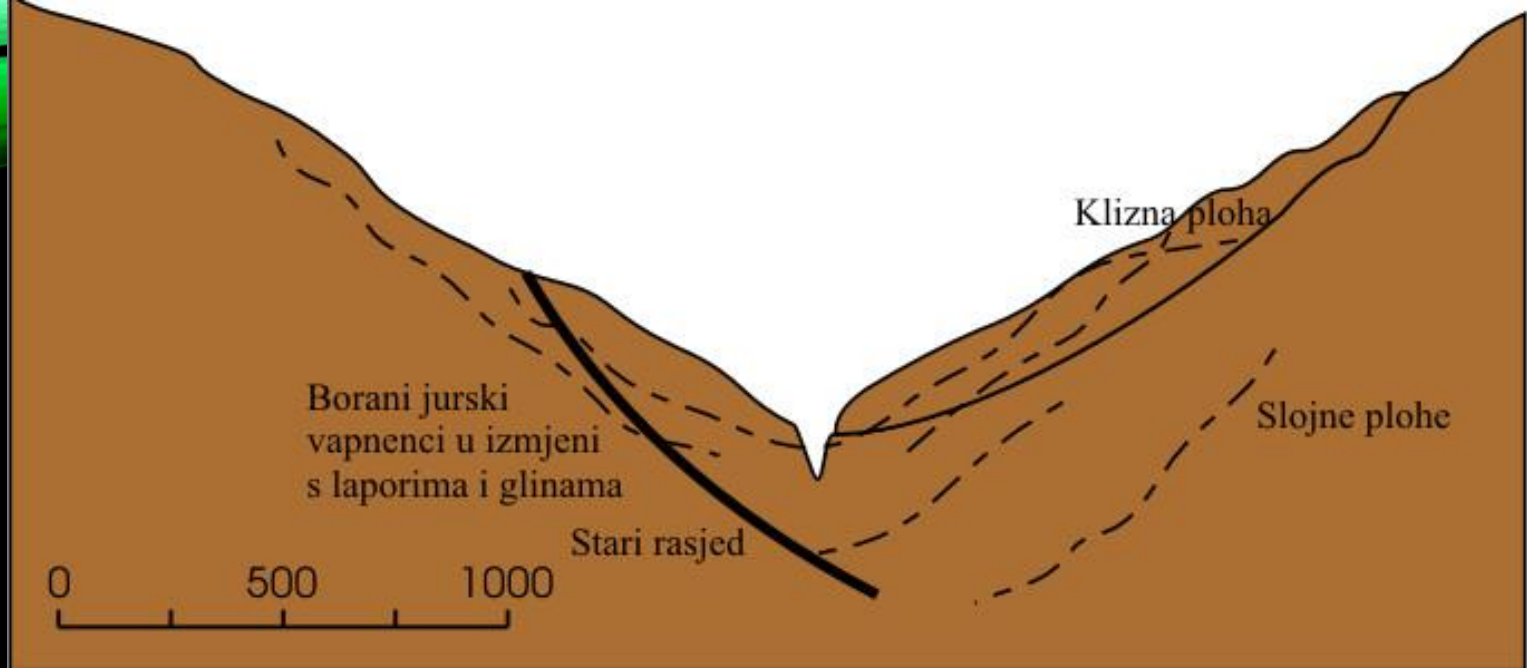
Geološki preduvjeti:

4. Riječni kanjon se naknadno usjekao pa slojevi “vise” prema kanjonu

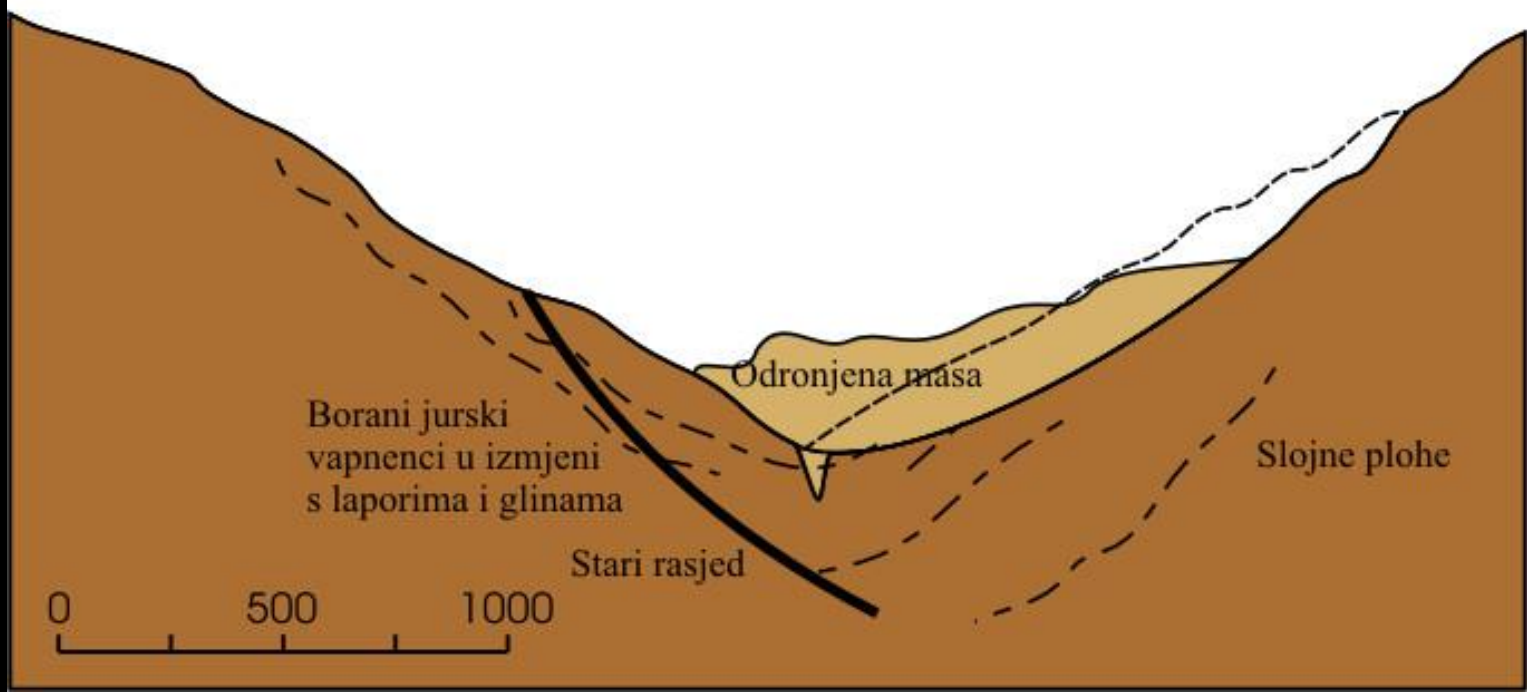


VAJONT:

PRIJE



POSILIJE



VAJONT:

PRIJE

POSILIJE



Vajont: zaključak

- Katastrofa se dogodila zbog kombinacije nepovoljnih prirodnih geoloških karakteristika terena u području akumulacije i intervencije čovjeka.
- Podizanje razine vode temeljnice u i uz akumulaciju je uvjetovalo promjene u krhkoj stabilnosti stijena u strmim bokovima akumulacije.
- Oba faktora (prirodni i umjetni/antropogeni) uzrokovali su progresivno oslabljivanje unutrašnje čvrstoće stijenske mase s vremenom, koje je pak bilo znatno ubrzano znatnim podizanjem razine podzemne vode uslijed jakih kiša.



Prema:

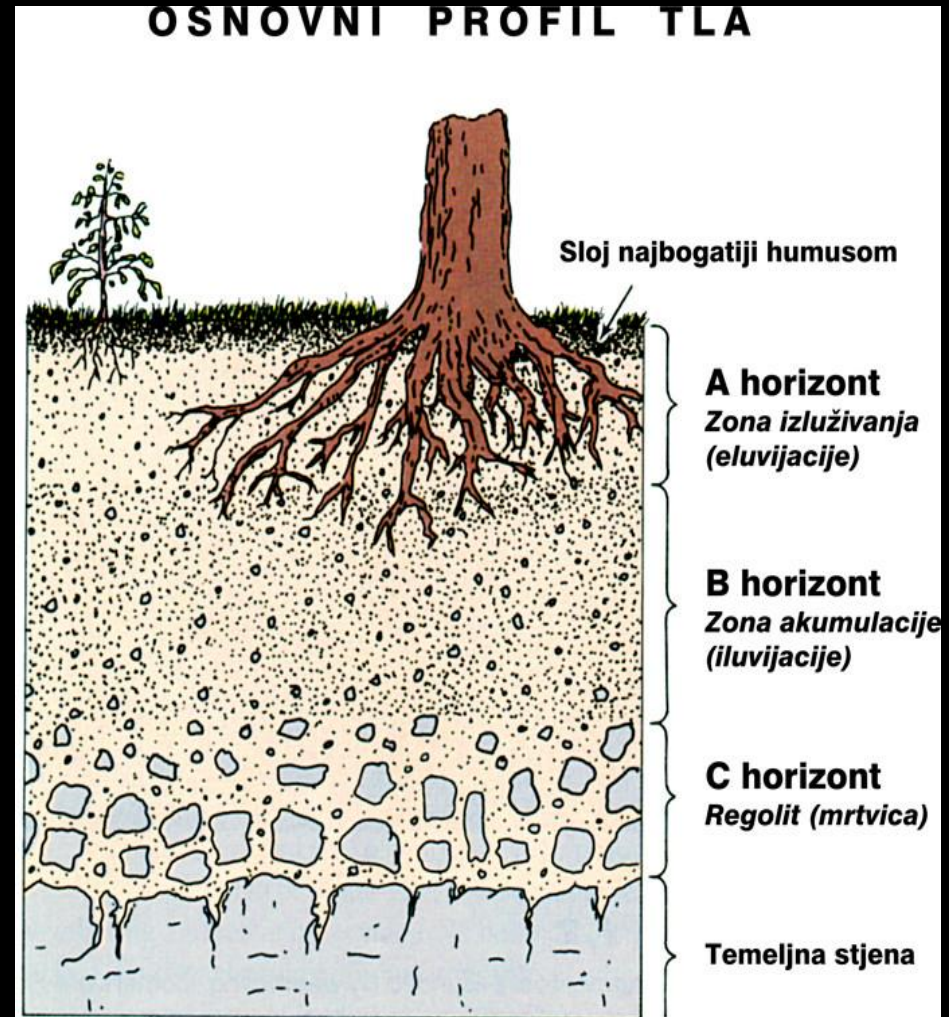
Kiersch, G.A. (1973): 17 The Vaiont Reservoir Disaster. u: Tank, R. (ur.) - Focus on Environmental Geology. A Collection of Case Histories and Readings from Original Sources. Oxford Univ. Press New York. 153-164.

Više i kvalitetno o Vajontu na: <http://blogs.agu.org/landslideblog/2008/12/11/the-vaiont-vaiont-landslide-of-1963/>

Fotografije Vajonta: Č. Benac, 2008.

TLO

- Uz zrak i vodu **tlo** je jedan od najvažnijih/najvrjednijih prirodnih **resursa** (izvora, sirovina) za život i čovjeka na Zemlji.
- Što je tlo? Inženjerski **geolozi** definiraju ga široko, kao neočvršli/ nevezani materijal (trošinu) koji se nalazi nad matičnom stijenom.
- **Pedolozi** ograničavaju tlo na onaj rastresiti materijal koji dozvoljava rast biljaka, i razlikuju ga od **regolita**, koji nije fertilan

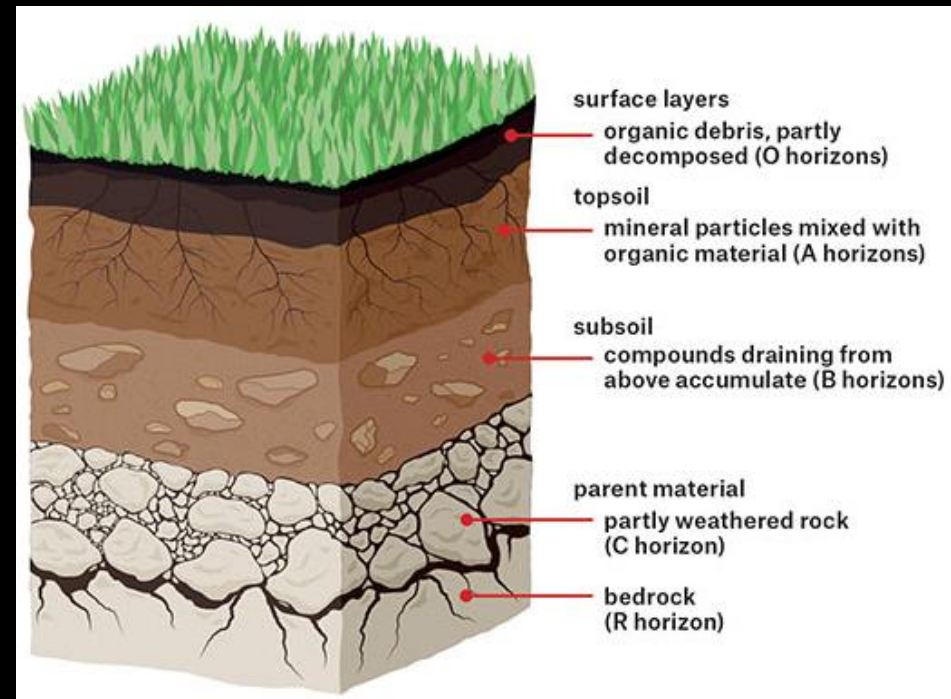


TLO

- U načelu, *tlo* podrazumijeva da materijal nije značajnije prenošen od mjesta nastanka, dok *sediment* indicira materijal koji je bio erodiran (fizički odnešen s mjesta nastanka), prenošen vjetrom, vodom ili ledom pa taložen.
- Tlo nastaje **trošenjem** (weathering) kemijskim, fizičkim ili biološkim procesima koji drobe stijenu. *Tlo je prirodna tvar sastavljena od čestica minerala i stijena i organskih čestica, na kojoj rastu biljke ili rahli površinski sloj koji pokriva veći dio kontinenata.*
- Tlo je “most” između živog i neživog svijeta (lito- i biosfere).
- Tip osnovne stijene, topografija (nagib), klima i vrijeme uvjetovat će sastav tla, ali njegovu eventualnu eroziju (odnošenje).

TLO – OSNOVNI POJMOVI

- Tlo...(?)
- definira se različito, ovisno o namjeri, ovisno tko definira:
- ...**nekonsolidirani materijal iznad stijene** (geolozi)
- ...**medij koji podržava uzgoj biljaka** (pedolozi)
- ...rastresiti sloj na površini Zemlje, sastavljen od krute, tekuće i plinovite faze...
- ...smješten između litosfere, atmosfere...
- ...nastao procesima u atmosferi, biosferi, hidrosferi i litosferi
- kompleksan sustav



Opći profil tla (qknowbooks.gitbooks.io)

TLO – OSNOVNI POJMOVI

- Slojevi tla – horizonti:
- **O** – površinski sloj, organska tvar
- **A** – **topsoil**, organska tvar s mineralima i fragmentima stijene
- **E** – zona izluživanja: otopljena i suspendirana tvar se izlužuje i prenosi u horizont B
- **B** – **subsoil**, zona akumulacije: Fe, Al, gline iz sloja E; sadrži topljive minerale, pr. kalcit
- **C** – djelomično potrošena osnovna stijena, izvorišni materijal
- **R** – osnovna stijena



TLO – OSNOVNE KARAKTERISTIKE

- **Boja**
- ovisi o udjelu organske tvari, vode, gline i željezovitih oksida, klimatskih prilika, biljnog pokrova...
- od žuto-smeđe do tamno crne

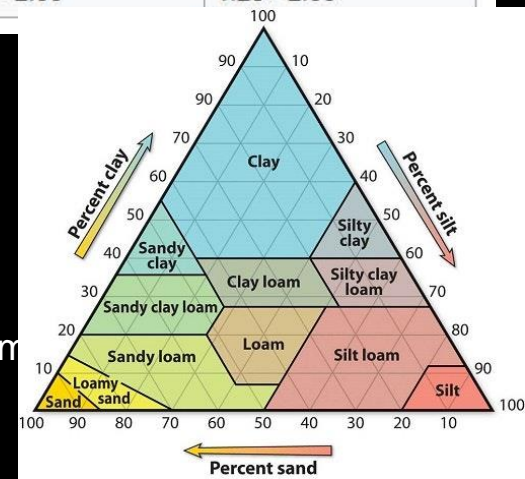
- **Tekstura**
- udio čestica pijeska, silta i gline

Name of soil separate	Diameter limits (mm) (USDA classification)	Diameter limits (mm) (WRB classification)
Clay	less than 0.002	less than 0.002
Silt	0.002 - 0.05	0.002 - 0.063
Very fine sand	0.05 - 0.10	0.063 - 0.125
Fine sand	0.10 - 0.25	0.125 - 0.20
Medium sand	0.25 - 0.50	0.20 - 0.63
Coarse sand	0.50 - 1.00	0.63 - 1.25
Very coarse sand	1.00 - 2.00	1.25 - 2.00



Prema USA (USDA) i svjetskoj (WRB) klasifikaciji

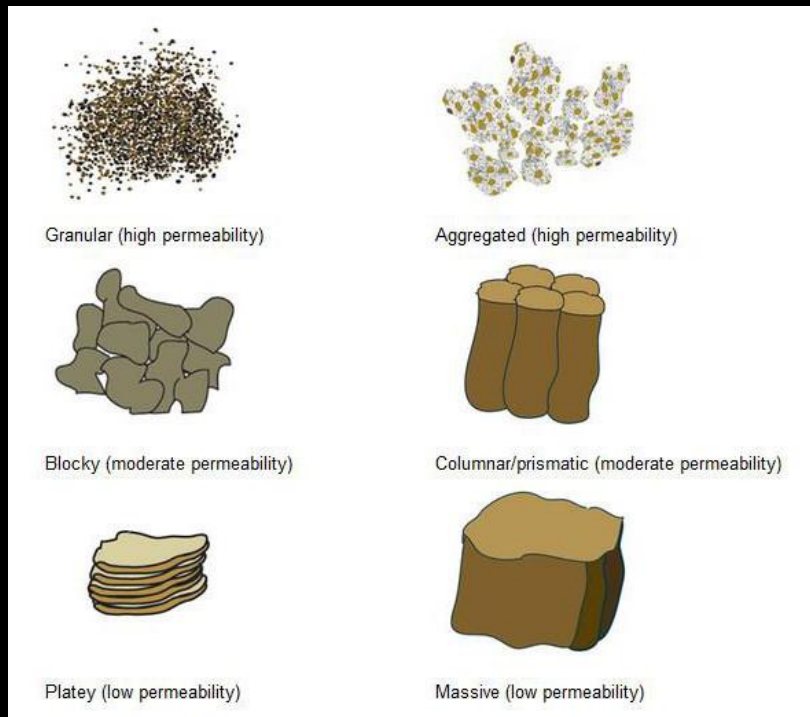
Trokomponentni dijagram veličine zrna za tlo (imgbin.com)



TLO – OSNOVNE KARAKTERISTIKE

- **Struktura**
- čestice tla stvaraju agregate (*peds*); ovisno o „pakiranju” agregati mogu biti zrnati, kugličasti, prizmatski, listićavi...ovisno o starosti, tj udjelu gline

- **Plodnost**
- kapacitet tla da snabdijeva biljke nutrijentima



Lijevo: Struktura tla (www.deeprooot.com)
Gore: ovisnost plodnosti tla o strukturi
(www.youtube.com)

TLO – OSNOVNI POJMOVI

- jedan od važnijih svjetskih resursa
- **potencijalni limitirajući faktor**
- 97% hrane na Zemlji dolazi iz tla, a samo je 22% površine kopna obradivo
- do početka 20 st. – samo kontekst proizvodnje hrane
- od 20 st. – šire značenje tla u funkcioniranju okoliša
- **usluge ekosustava (*ecosystem services*)*: prepoznato 16 funkcija tla u uslugama ekosustava**



Tlo kao resurs (www.agriorbit.com)

*usluge ekosustava su vrste usluga koje priroda pruža besplatno, a čovjek ih koristi

ULOGA TLA U USLUGAMA EKOSUSTAVA

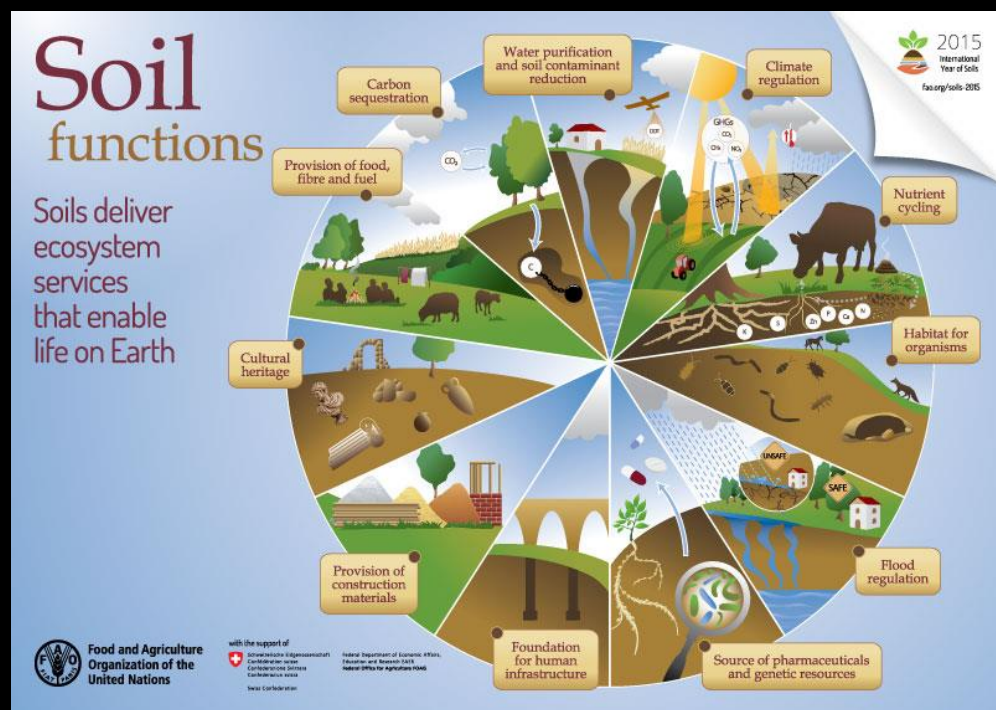
- **Stvaranje tla:**
 - troši primarni materijal, transformira i nakuplja organsku tvar, stvara strukturu za prolaz vode i rast korijenja, stvara uvjete za izmjenu i zadržavanje iona
- **Primarna produkcija:**
 - medij za klijanje i rast korijenja, pruža vodu i nutrijente biljkama
- **Kruženje nutrijenata:**
 - transformira organske tvari, izmjenjuje nutrijente
- **Reguliranje kvalitete vode:**
 - filtrira i puferira tvari, transformira zagađivala
- **Reguliranje snabdijevanja vodom:**
 - upija vode s površine i omogućuje joj prolazak, drenira višak vode
- **Reguliranje klime:**
 - regulira emisiju stakleničkih plinova
- **Reguliranje erozije:**
 - zadržava čestice na površini

ULOGA TLA U USLUGAMA EKOSUSTAVA

- **Snabdijevanje hranom:**
 - daje vodu, nutrijente i medij za rast konzumnih biljaka
- **Snabdijevanje vodom:**
 - zadržava i pročišćava vodu
- **Snabdijevanje sirovinama:**
 - daje vodu, nutrijente i medij za rast biljkama za industriju i gorivo
- **Snabdijevanje zemljanim materijalima:**
 - daje agregate, humus...
- **Stabilizacija površine:**
 - podržava antropogenu infrastrukturu i naselja
- **Refugij:**
 - stanište kukaca i drugih organizama
- **Genetički resursi:**
 - izvor jedinstvenih bioloških materijala
- **Estetski element:**
 - čuva različitost kulturnih i prirodnih pejzaža
- **Nasljeđe:**
 - čuva arheološka nalazišta

OSTALE ULOGE TLA

- **Odlaganje otpada** – međudjelovanje tla, vode igra ključnu ulogu u odabira lokacije odlagališta otpada
- pr. glinovita tla ili pjeskovita tla
- **Karakteristike tla** definiraju i određuju način pojave i manifestacije prirodnih opasnosti, pr. poplave, klizišta, potresa
- pr. pjeskovita tla i likvefakcija
- pr. glinovita tla i klizišta
- **Klimatski signal** – mnoga tla nisu recentna i nose zapis biogeokemijskih procesa u prošlosti i njihovih rezultata
- pr. tla u Africi nastala za humidnijih razdoblja
- pr. crvenica u Hrvatskoj



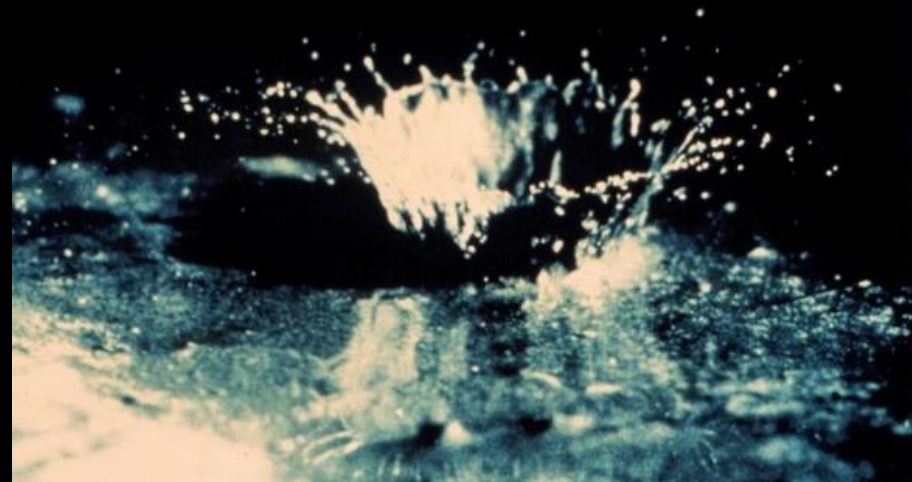
Funkcije tla (www.fao.org)

PROBLEMI S TLOM

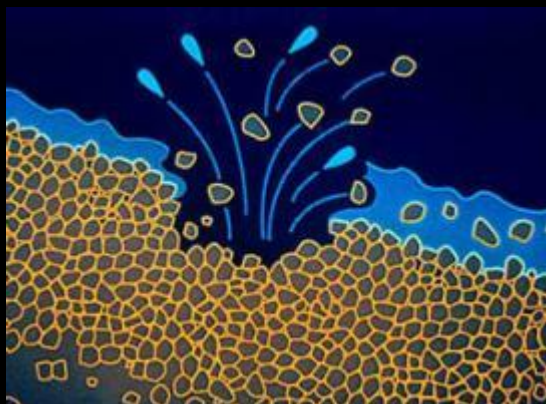
- Glavni problemi s tlom javljaju se paralelno s drugim procesima:
- deforestacija
- intenzivna poljoprivredna proizvodnja
- širenje poljoprivrednih površina
- porast broja stanovnika
- **Glavni problemi degradacije i nestanka tla:**
- **PRIRODNI** – pojačani ljudskim djelovanjem:
- erozija vodom
- erozija vjetrom
- **ANTROPOGENI**
- navodnjavanje
- obrada tla
- pre-eksploatacija
- unos umjetnih gnojiva i pesticida
- zakiseljavanje
- *on-site* – na licu mjesta (prethodno navedeni)
- *off-site* – događaju se na drugim mjestima, nakon degradacije tla

EROZIJA TLA VODOM

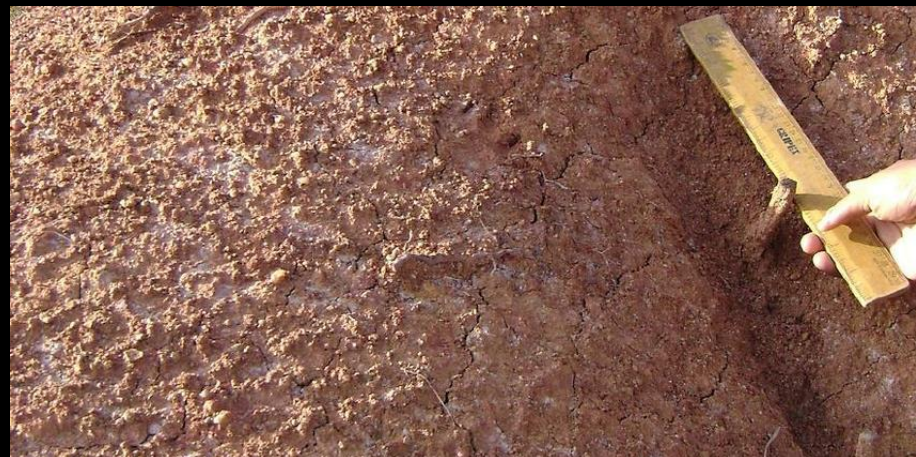
- **Erozija tla** – brzina erozije; mjeri se kao volumen ili masa tla uklonjena s nekog područja u nekom vremenskom periodu, pr. kg/god/ha ili t/god/km²
- **počinje kišom** – kišne kapi oslabljuju čestice tla
- erodirane čestice bivaju lakše odnesene vodenim tokom



Gore: Erozija počinje kišnim kapljicama (crops.extension.iastate.edu)
Dolje: Posljedica erozije kapima (Kumar i Maiti, 2014)



Lijevo: Mehanizam erozije kišnim kapljicama (offu.de)



EROZIJA TLA VODOM

- daljnja erozija vodom ovisi o nagibu i duljini padine, gustoći i vrsti biljnog pokrova
- količina vode nije jednoznačna!
- **veća precipitacija = veća erozija**
- ali!
- **veća precipitacija = razvijeniji biljni pokrov = bolja zaštita tla**

- erozija vodom može biti olakšana ljudskim utjecajem:

- deforestacijom
- smanjivanjem prirodnih neravnina tla
- obrada u paralelnim i ravnim linijama; paralelnim s nagibom padine



Erozija tla na padinama (soilerosion.net)

EROZIJA TLA VODOM

- erozija tla vodom je 2x jača od erozije vjetrom (?)
- stvaranje **vododerina** (*gullies*) - tipičan oblik u reljefu nakon erozije vodom
- **badlands** reljef (ogoline)
- **off-site efekt**: zatrpavanje korita rijeka, jezera...poplavljanje



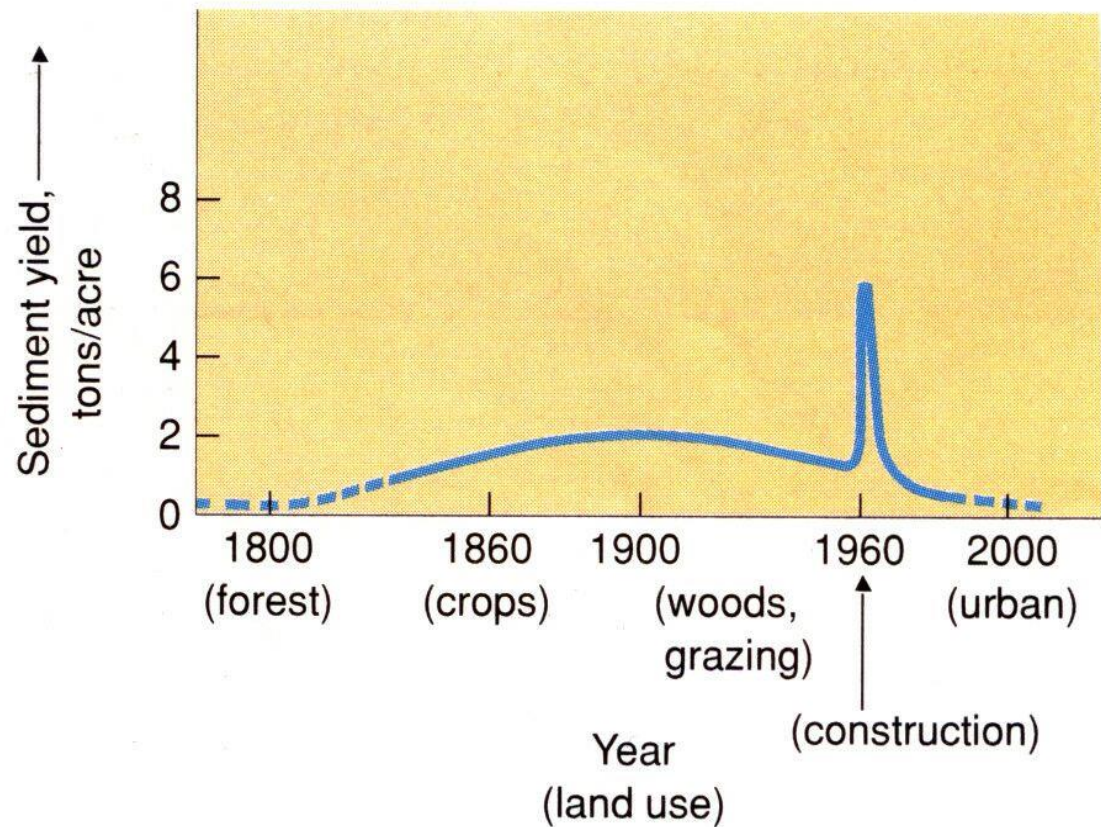
EROZIJA

Zanimljiv indikator erozije je golo korijenje stabala, koje ukazuje na debljinu tla koje je erodirano od trenutka kad je stablo počelo rasti.



ANTROPOGENI UTJECAJ

- Primjer urbanizacije

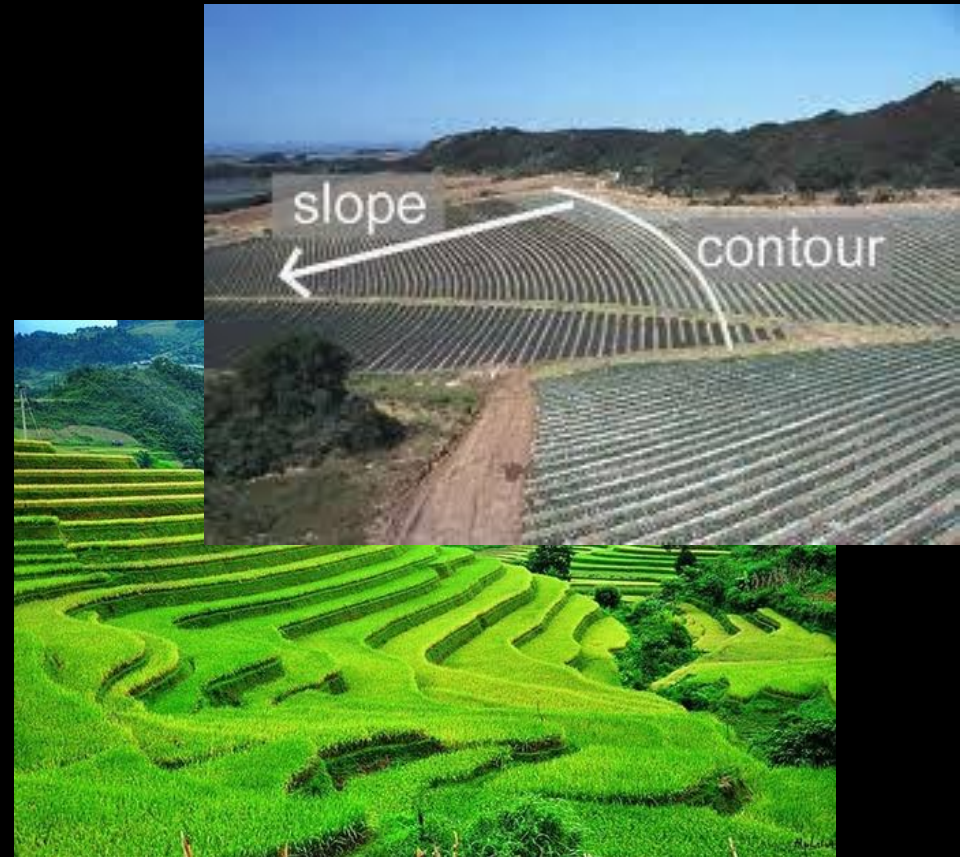


The impact of urbanization and other human activities on soil erosion rates. Construction may cause even more intensive erosion than farming, but far more land is affected by farming, and for a longer time.

Reprinted from "A Cycle of Sedimentation and Erosion in Urban River Channels," by M. G. Wolman from *Geografiska Annaler*, vol. 49, series A, figure 1, by permission of Scandinavian University Press.

EROZIJA TLA VODOM – UBLAŽAVANJE I SPREČAVANJE

- **obrada tla po konturama reljefa i izgradnja terasa** – okomito na smjer padine
- **sadnja više od jedne kulture** – rotacija
- **sanacija padina s vododerinama**
- **malčiranje** - zastiranje tla koje obrađujemo prirodnim materijalima (pr. suha trava i bilje)
- **smanjena upotreba *off-road* vozila** – Ublažavanje erozije tla: obrada tla po konturama; okomito na padinu popularno u USA



EROZIJA TLA VJETROM

- **eolska erozija**
- erozija sitnih čestica (prah)...?
- **česta na tlima bez vegetacije** – vegetacija povećava neravnine u prostoru i sprečava eroziju vjetrom
- uglavnom „nevidljiva” erozija
- **do 40 t/ha/god**
- odnošenje najplodnijeg dijela tla
- 500 Mt/god u svijetu



Oluja u Čepićkom polju 2012 (istarski.hr)



EROZIJA TLA VJETROM

- **off-site efekt**– nakupine erodiranog materijala u okolišu
- erozija vjetrom se događa na mjestima velike brzine vjetra, slabo vezanih čestica tla i nedovoljne zaštićenosti
- **obalna područja** izložena buri u Hrvatskoj
- tla s više humusa podložnija eolskoj eroziji...jer su manje gustoće
- manje vlage u tlu – jača erozija
- les



Erozija tla vjetrom
(Kisić, 2017)



EROZIJA TLA VJETROM – UBLAŽAVANJE I SPREČAVANJE

- stalni biljni pokrov – najbolja obrana
- biljni ostaci na površini tla
- vjetro-zaštitne ograde
- mrtve (suhozidi) i žive (grmlje ili drveće)
- sprečavanje isušivanja



Gore: ostavljanje ostataka bilja na zemlji (shelleysproduce.com)
Dolje: sadnja žive ograde (Wikipedia)

PROBLEM NAVODNJAVANJA

- navodnjavanje i drenaža tla
- od 19. st. intenzivnije
- **sustavno navodnjavanje i drenaža su uplitanje u površinski dio hidrološkog ciklusa!**
- pojačano navodnjavanje – pojačana evaporacija
- drenaža – pojačan efekt kapilarnog izdizanja vode i **salinizacija tla**
- slabo kontrolirano navodnjavanje ima **daljnje efekte:**
 - degradacija kvalitete tla ispiranjem
 - isušivanje u periodu bez kultura
 - veća podložnost eolskoj eroziji



Primjer navodnjavanje usjeva (blog.agrihomegh.com)

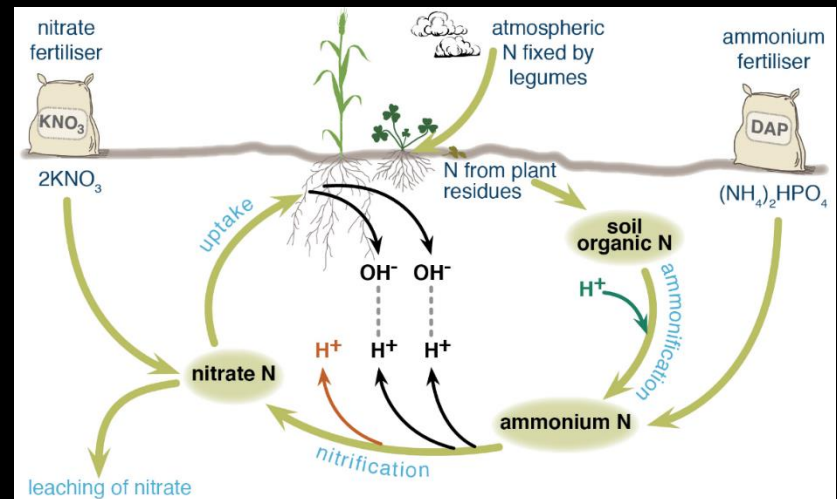
- **off-site efekti:**
- smanjenje volumena vode u rijekama ili njihovo potpuno isušivanje kod navodnjavanja
- dodavanje vode u vodotokove kod drenaže

UMJETNA GNOJIVA I PESTICIDI

- sustavno korištenje gnojiva i pesticida s navodnjavanjem omogućilo **povećanje proizvodnje** tijekom 20. st
- „prisiljavanje” prirodno neplodnih područja da postanu plodna
- dugoročan efekt: **degradacija tla**
- unos ostalih (nepoželjnih) tvari: **teški metali** – intoksikacija tla
- smanjenje plodnosti
- **pesticidi** – smanjenje prirodne sposobnosti biljke da se obrani
- neselektivna sredstva
- nakupljanje u tlu i ispiranje
- umjetna gnojiva su teško iskoristiva – mala apsorpcija u tlu – akumulacija
- lako ih se ispire i završavaju u vodama
- **off-site efekt**: eutrofikacija

ZAKISELJAVANJE TLA

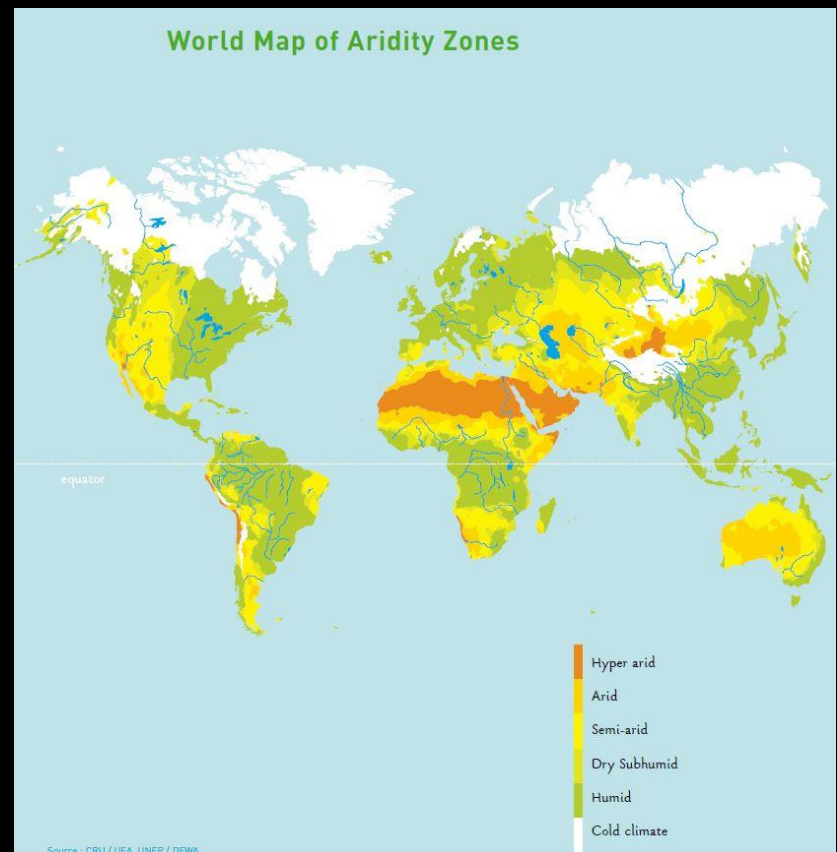
- usputni efekt
- dva načina zakiseljavanja:
- **umjetnim gnojivima** – dušikova gnojiva prelaze u nitrate i nitrite
- **kiselim kišama**
- zakiseljavanju sklonija tla sa silikatnom geološkom podlogom...?
- graniti, metamorfne stijene, kvarcni pješčenjaci...
- gdje je zapravo problem?
- kiselina tla omogućuju mobilizaciju toksičnih metala (Al, Mn) u međuzrnsku vodu
- posljedica: smanjenje proizvodnje, povećanje erozije



Mehanizam zakiseljavanja tla umjetnim gnojivima
(www.agric.wa.gov.au)

DEZERTIFIKACIJA

- širenje pustinjskih područja
- prirodni i antropogeni uzroci djeluju u istom smjeru
- degradacija biološke aktivnosti uslijed isušivanja
- **prirodan i reverzibilan proces**
- može biti pojačan ljudskim utjecajem; pogotovo od 20. st
- oko 47% kopna je **aridno područje**:
- suha, polusuha i poluvlažna područja
- 1,2 milijarde ljudi

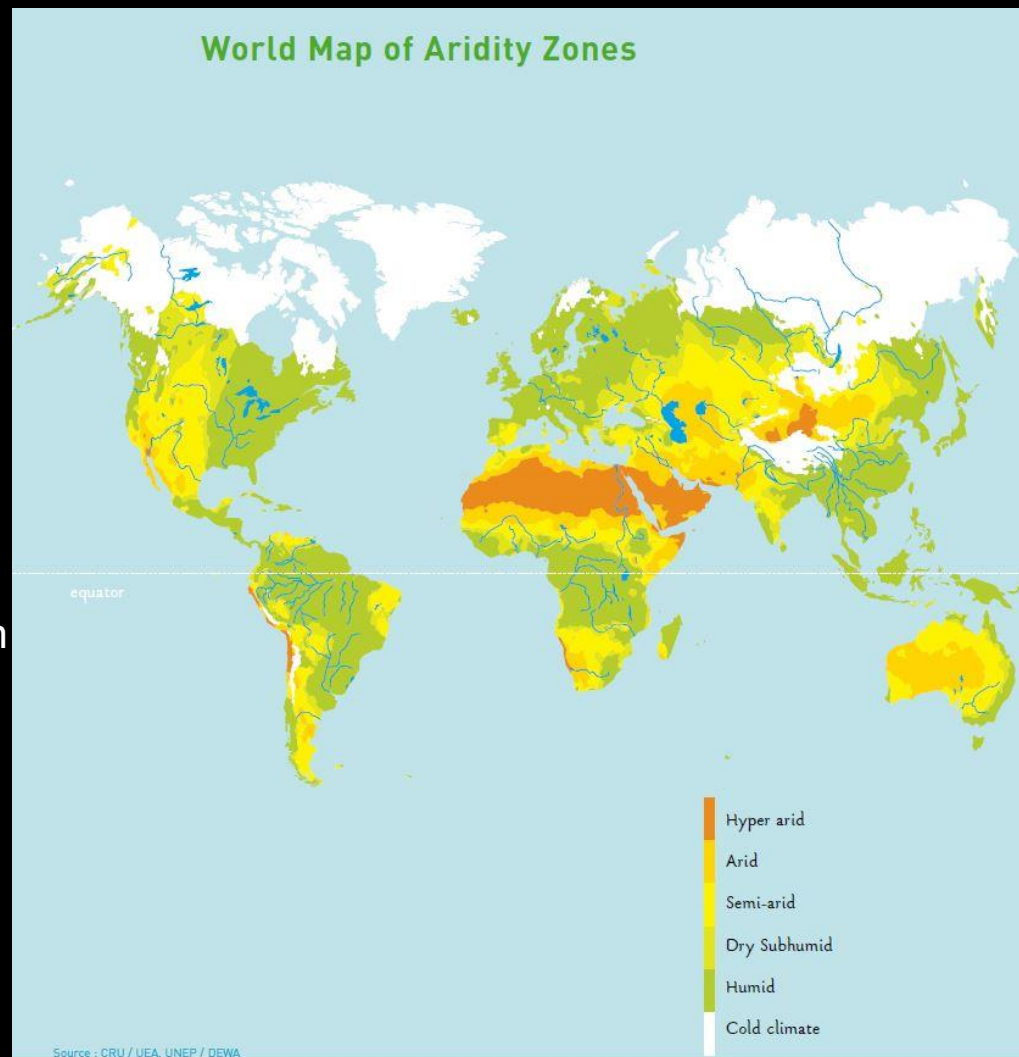


Raspodjela aridnih područja svijeta
(drylandreclamation.weebly.com)

DEZERTIFIKACIJA

- **karakteristike područja:**
- malo padalina; nejednolike i nepredvidive
- velike dnevne amplitude temperature
- malo organske tvari u tlu
- iscrpljeni akviferi
- zaslanjena voda i tlo
- površinska erozija snažna
- uništen biljni pokrov (vrlo često korišten kao izvor energije)
- 70% područja već degradirano
- dezertifikacija zahvaća **25% kopna**

Raspodjela aridnih područja svijeta
(drylandreclamation.weebly.com)



DEZERTIFIKACIJA

- najugroženija regija: **Sahel** u Africi
- prirodna sklonost područja sušama (klimatske varijacije...?)
- ...**klimatske varijacije** – klimatske nedosljednosti i anomalije
- ...**klimatske promjene** – dugotrajne promjene + ljudski utjecaj



Gore: Položaj Sahare i Sahela (www.trtworld.com)
Dolje: Suha područja Nigera (www.concernusa.org)



DEZERTIFIKACIJA

- **amplificirano antropogenim uzrocima:**
- porast stanovništva
- iscrpljivanje tla
- povećanje stočnog fonda
- prekomjerna eksploatacija drva
- iscrpljivanje akvifera navodnjavanjem
- prelazak na sjedilački način života
- politički, vjerski, etnički sukobi



Gore: Položaj Sahare i Sahela (www.trtworld.com)
Dolje: Suha područja Nigera (www.concernusa.org)



DEZERTIFIKACIJA - UBLAŽAVANJE

- recentna dezertifikacija je antropogenog porijekla
- niz modifikacija okoliša dovela do aridnosti
- **mjere ublažavanja:**
 - restauracija okoliša – pošumljavanje i sačuvanje tla, te upravljanje vodenim resursima
 - obnavljanje starih običaja i načina života
 - lokalno djelovanje
- slika desno: Sahel, Senegal



Razlike suhe i vlažne sezone u Senegalu
(Wikipedia)