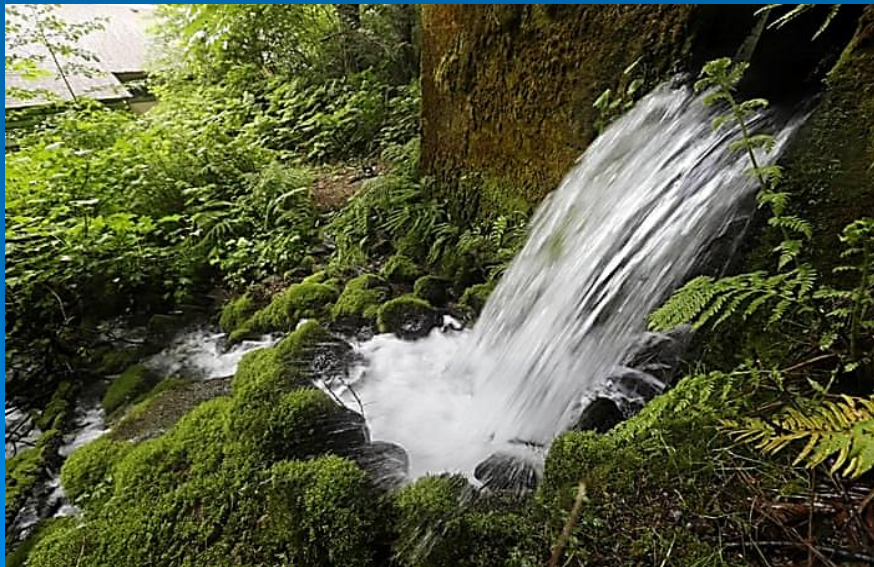




KOPNENE VODE



KOPNENE VODE - opšte karakteristike

- Izolovane jedne od drugih (*prostorni diskontinuitet*)
- Nastajale u različitim vremenskim periodima (*vremenski diskontinuitet*)
- **Malih su dimenzija** (zapremina površinskih kopnenih voda iznosi manje od 0,02% ukupne vode), izuzetak je Kaspijsko jezero (438.000 km², ostatak nekadašnjeg mora)
- Kopnene vode su **malih dubina** (obično do 100 m); samo su dva jezera dublja od 1.000 m (Bajkalsko - 1.741m i Tanganjika - 1.470m)

Podjela kopnenih voda

1) Stajaće vode (lentički sistemi) – jezera, bare i močvare

- vrijeme zadržavanja vode - prosječno 10 godina
- brzina kretanja vode: 0.001 - 0.01 m/s
- kretanje vode - promjenljivo - pod uticajem vjetra i struja
- vertikalna promjena fiz-hem. parametara

2) Tekuće vode (lotički sistemi) – izvori, potoci i rijeke

- vrijeme zadržavanja vode - prosječno 2 sedmice
- brzina kretanja vode: 0.1 - 1 m/s
- kretanje vode - jednosmjernan konstantan tok - pod uticajem gravitacije
- horizontalna (longitudinalna) promjena fiz-hem. parametara

Stajaće vode - JEZERA



JEZERA

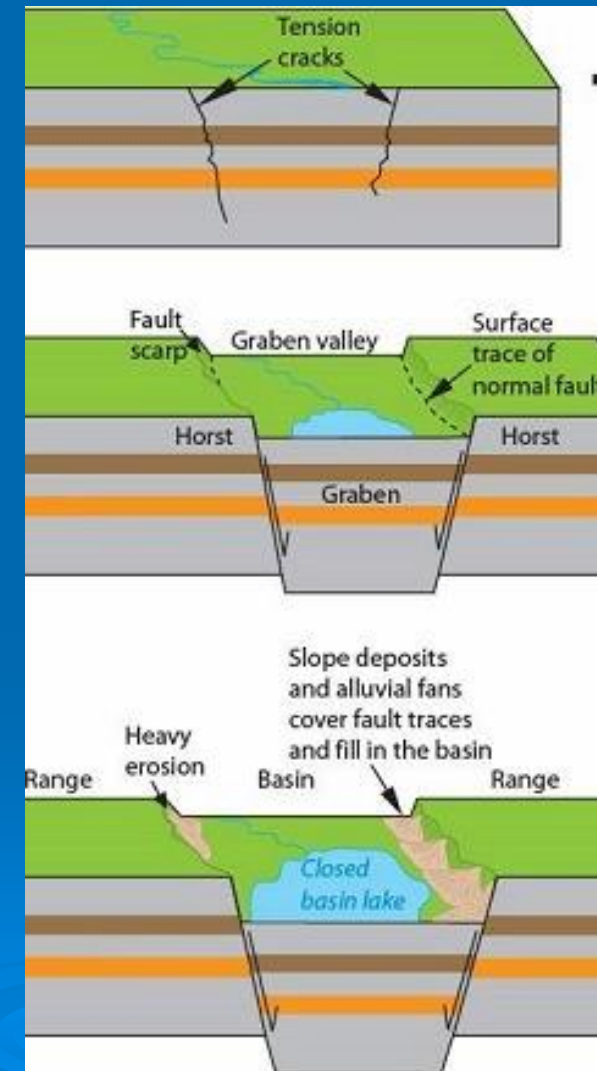
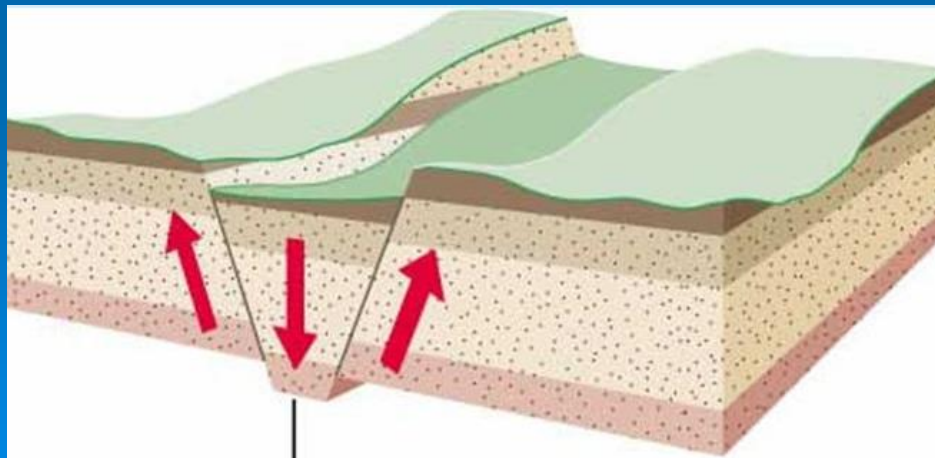
Postanak jezera:

- Tektonska aktivnost
- Vulkanska aktivnost
- Klizanjem zemljišta
- Erozijom
- Glacijalnom aktivnošću
- Riječnim aktivnostima
- Aktivnostima vjetra
- Obalskim aktivnostima
- Aktivnošću živih bića



1) Jezera nastala tektonskom aktivnošću

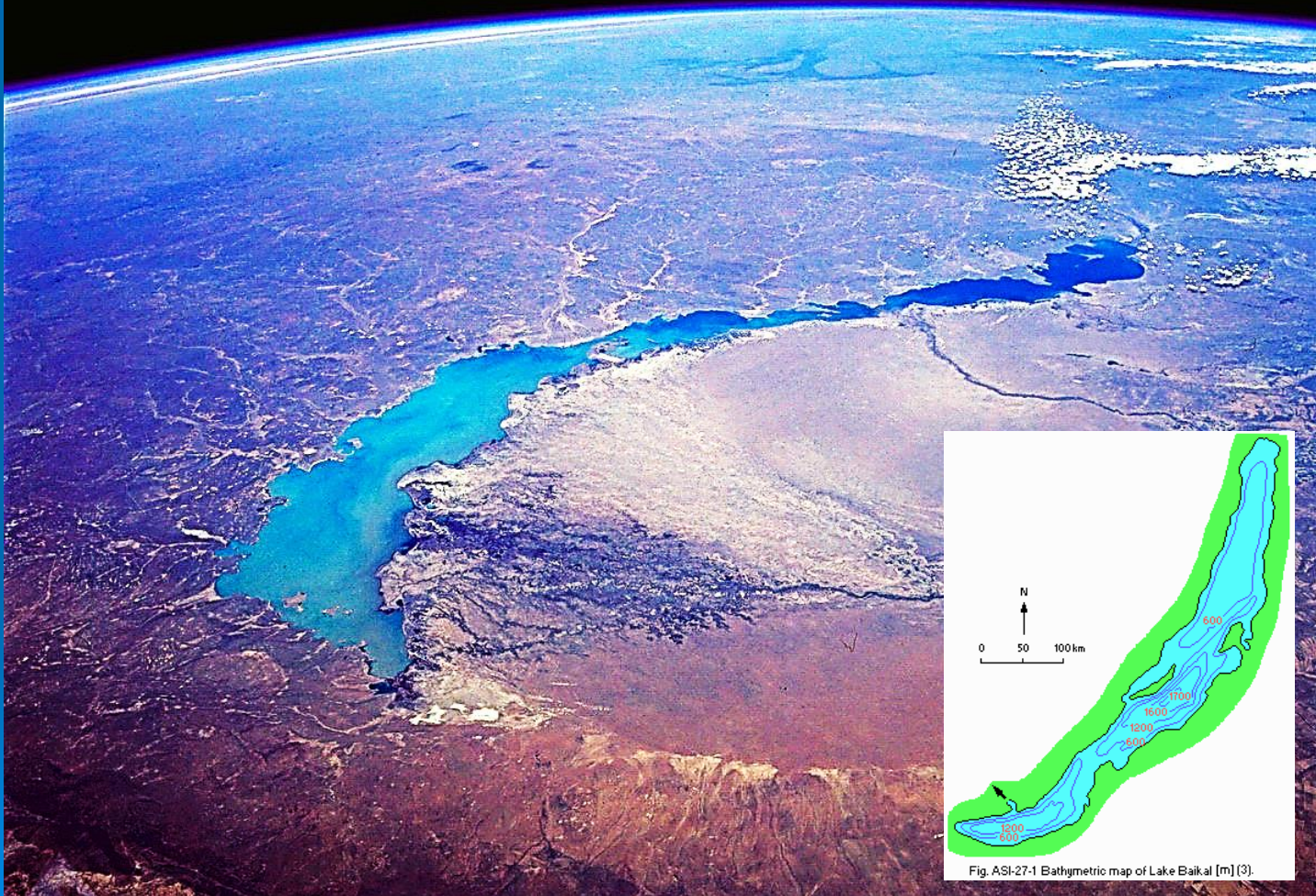
- Spuštanjem zemljine kore duž velikih tektonskih rasjeda formirani su **tektonski baseni**, u kojima se zatim akumulirala voda
- Ovako su nastala najveća i najdublja jezera na svijetu



Najveće tektonsko jezero je **Kaspijsko jezero**
(400.000 km²)



U tektonska jezera spada i **Bajkalsko jezero** u Rusiji (**najdublje** jezero na svijetu - 1.740m)



Tanganjika (1.470m) u Africi drugo po dubini u svijetu

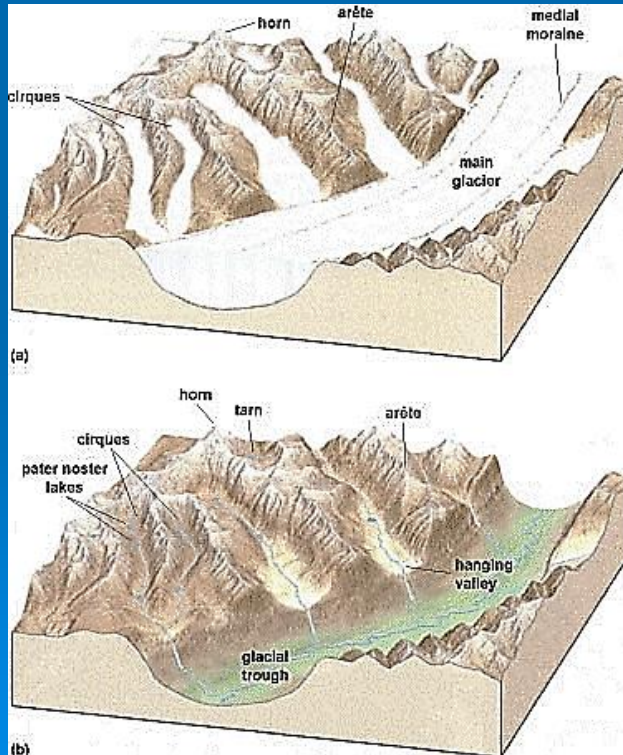


Ohridsko (358 km², 288 m)

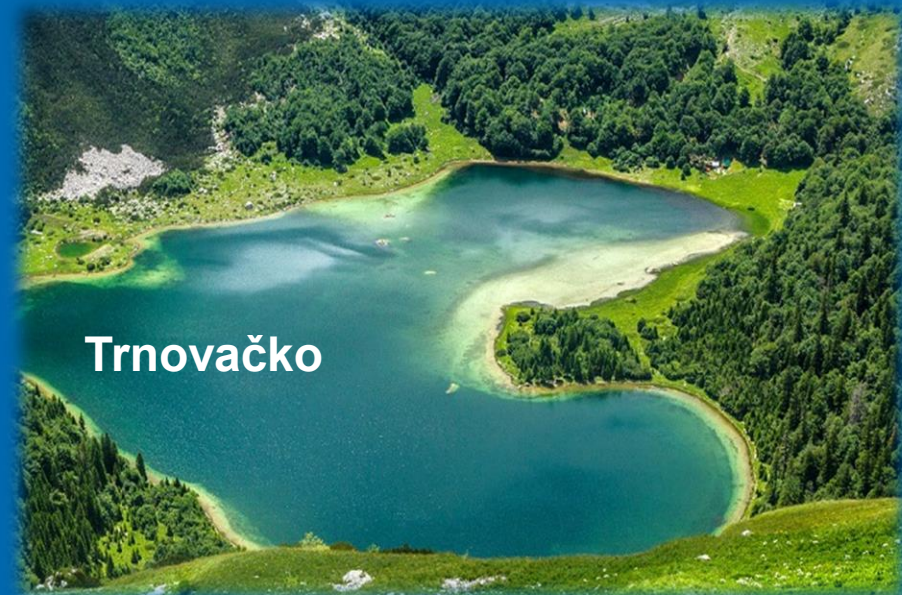
Prespansko (254 km², 48 m)

2) Jezera formirana glacijalnom aktivnošću

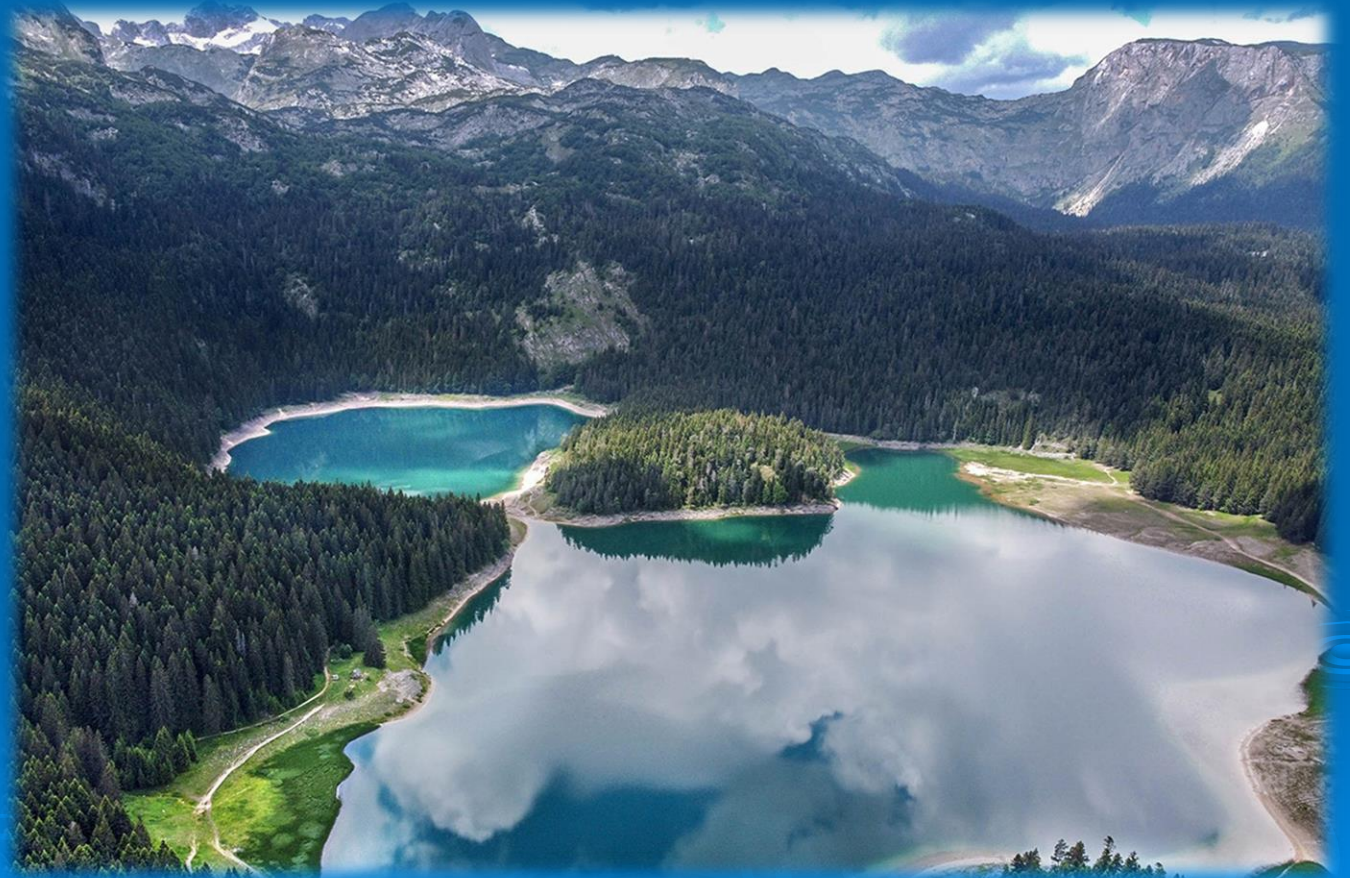
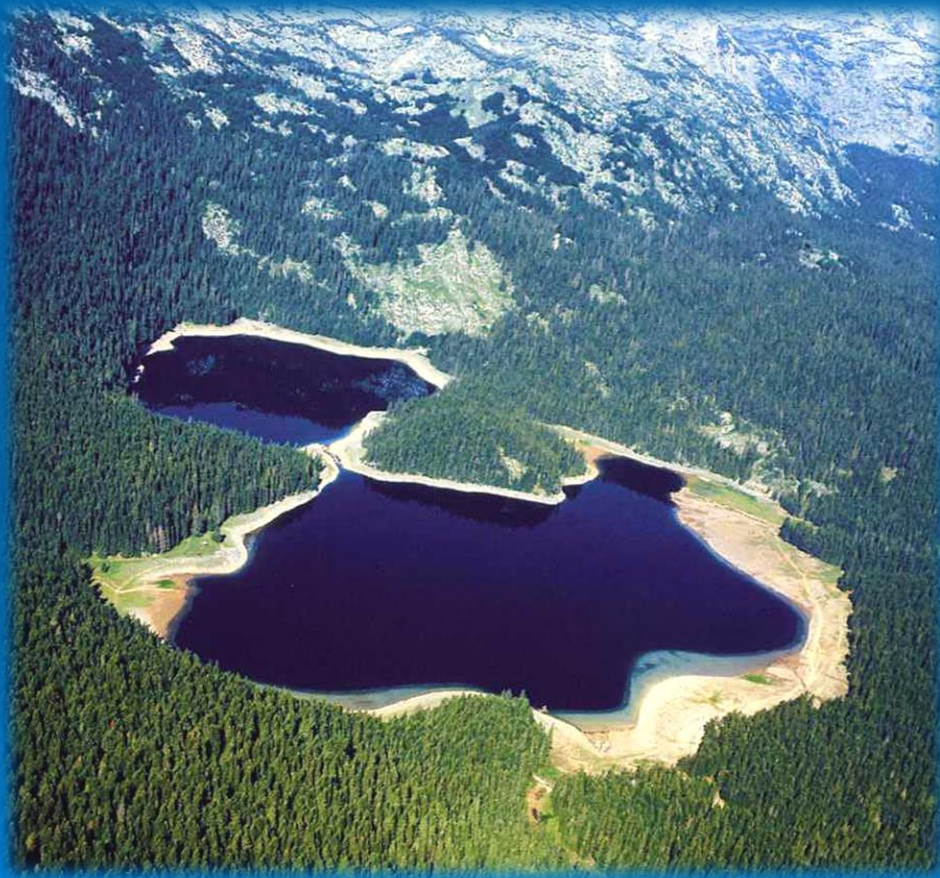
- Pokretima glečera (u pleistocenu) nastala su **udubljenja** u zemljinoj kori, koja su nakon otapanja lednika pretvorena u glacijalna jezera
- Primjer: Great Lakes (Velika Sjevernoamerička jezera) – grupa od pet najvećih slatkovodnih jezera na planeti (ukupne površine 244.106 km²) – sadrže 21% od ukupne slatke vode



Većina **planinskih jezera Crne Gore** su glacijalnog porijekla - nastala u manjim glacijalnim udubljenjima – **cirkovima** (do 50 m dubine)



U formiranju nekih jezera je učestovalo više faktora (uz glacijaciju, erozija i tektonski pokreti) - **poligeno porijeklo**. Npr. Crno jezero na Durmitoru.

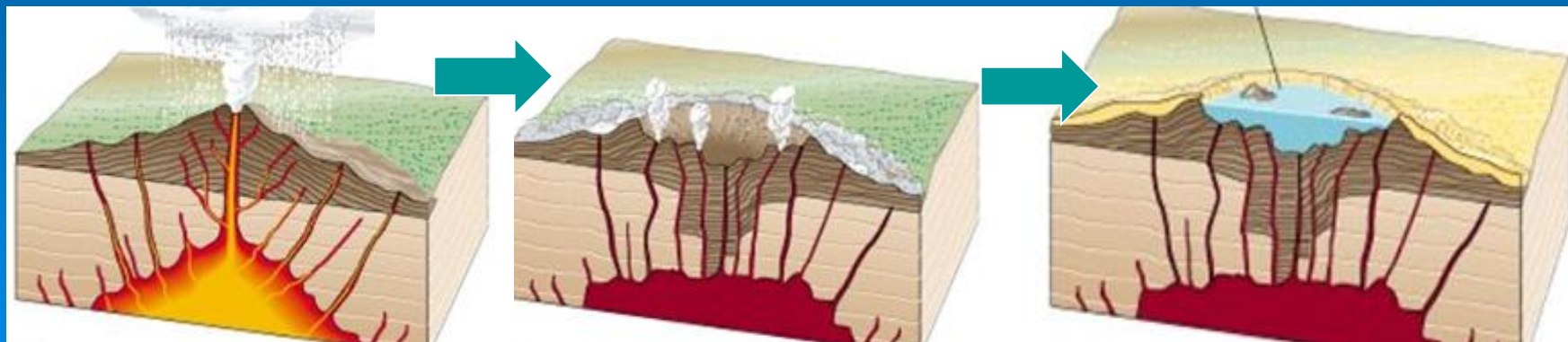


3. Jezera formirana vulkanskom aktivnošću

- Nastala su u **vulkanskim kraterima** (tzv. kaldere) kojima se urušila kupola
- Veoma su rijetka (nema ih kod nas), a česta su u Japanu, Njemačkoj, Francuskoj, Italiji...



4. Postanak vulkanskog jezera.mp4



Primjer je **Kratersko jezero** u Oregonu (prečnika 8 km), sa veoma velikom dubinom (608 m) – po dubini sedmo jezero na svijetu



4. Jezera nastala klizanjem zemljišta

- Pokretanjem neučvršćenog materijala (klizanjem zemljišta zbog jakih padavina, zemljotresa itd) na padinama riječnih dolina, nastaju **barijere** koje pregrađuju rijeke i stvaraju jezera
- Obično su kratkotrajna - zavisno od materijala od kojeg se sastoji pregrada na rijeci
- Najveće takvo jezero je Sareško jezero (88 km², 500 m) na Pamiru (Tadžikistan) - nastalo 1911. tokom snažnog zemljotresa



5. Jezera nastala erozijom

- Jezerske depresije mogu nastati u onim područjima u kojima je nataložen lako rastvorljivi materijal - procesom **erozije** i **otapanja** rastvornih naslaga stijena
- Najveći broj erozionih jezera nastala su u krečnjaku (CaCO_3), uz slabo zakiseljenu vodu koja sadrži ugljenu kiselinu i otapa krečnjak
- Poznatija jezera ovog tipa (uz učešće tektonskih pokreta) su Skadarsko jezero i Vransko jezero na Cresu



6. Jezera nastala radom rijeka

- **Ravničarske rijeke**, krivudajući kroz meke terene, često mijenjaju pravac kretanja i djelimično **zatrpavaju** djelove starog korita, odnosno samo njegov početak i kraj
- Na ovaj način, nastala su Paličko jezero i Obedska Bara. U Vojvodini su poznata pod imenom mrtvaje
- Najveći broj jezera ovog tipa, stvoren je na ušćima velikih rijeka (npr. u delti Misisipija, Lene, Volge, Ganga, Nila)
- Obično su malih dubina, ali mogu viti vrlo velike površine



a - 2015
ar map.



delta Volge



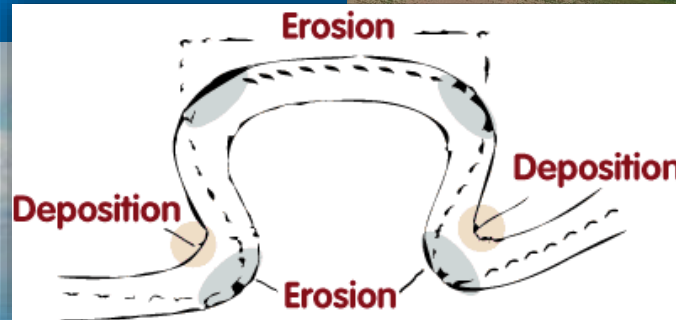
delta Lene



delta Misisipija



Oxbow lake (lučno jezero) nastalo od rječnog meandra (plitka i kratkotrajna)



5. Postanak jezera radom rijeka Oxbow lakes.mp4

7. Jezerski baseni formirani vjetrom

- Ova se jezera formiraju u **stepskim i pustinjским** regionima
- Obično su trouglastog oblika, većinom prolazna - sezonskog karaktera, tj. samo u kišnim periodima ispunjena vodom
- Ova su jezera poznata u Ruskim stepama, Teksasu, Južnoj Africi (pustinja Kalahari), Australiji i dr.



8. Jezera organskog porijekla

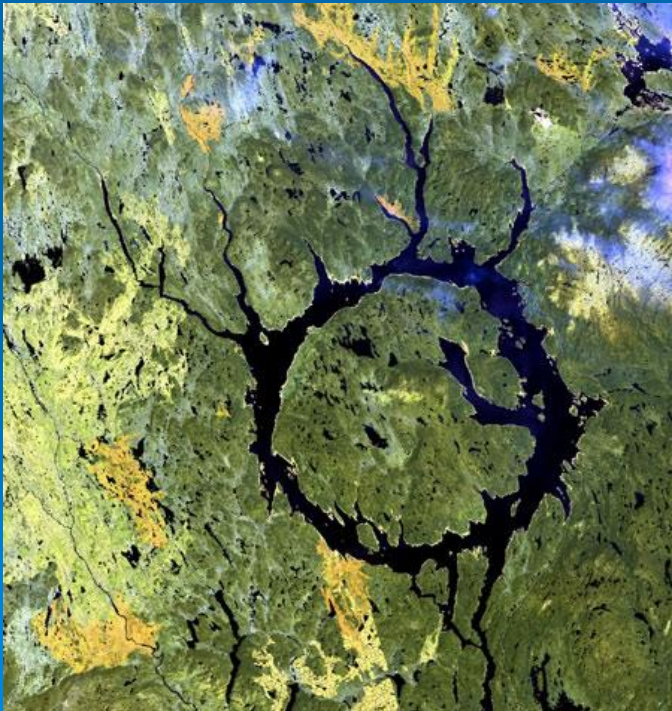
- Nastaju raznim **biološkim procesima**, odnosno radom živih bića
- Najpoznatija nastaju pregrađivanjem rijeka od strane dabrova (npr. Silver Horn jezero na Aljasci)
- Ovako stvorena jezera su mala i plitka, jer su barijere obično propusne i imaju ograničen vijek trajanja, pa se ova jezera vremenom izgube



Silver Horn



- Postoje i jezera čiji je basen nastao **udarom asteroida** o Zemlju
- Primjer u Kanadi - jezero prstenastog oblika u krateru Manicouagan (70 km u prečniku), nastalom usled udara asteroida (prečnika 5 km) o Zemljinu površinu, prije 210 miliona godina (mezozoik). Najveći i njastariji krater na planeti.
- Podizanjem sistema brana, jezero je dobilo svoj današnji nivo i koristi se kao hidroakumulacija za proizvodnju električne energije



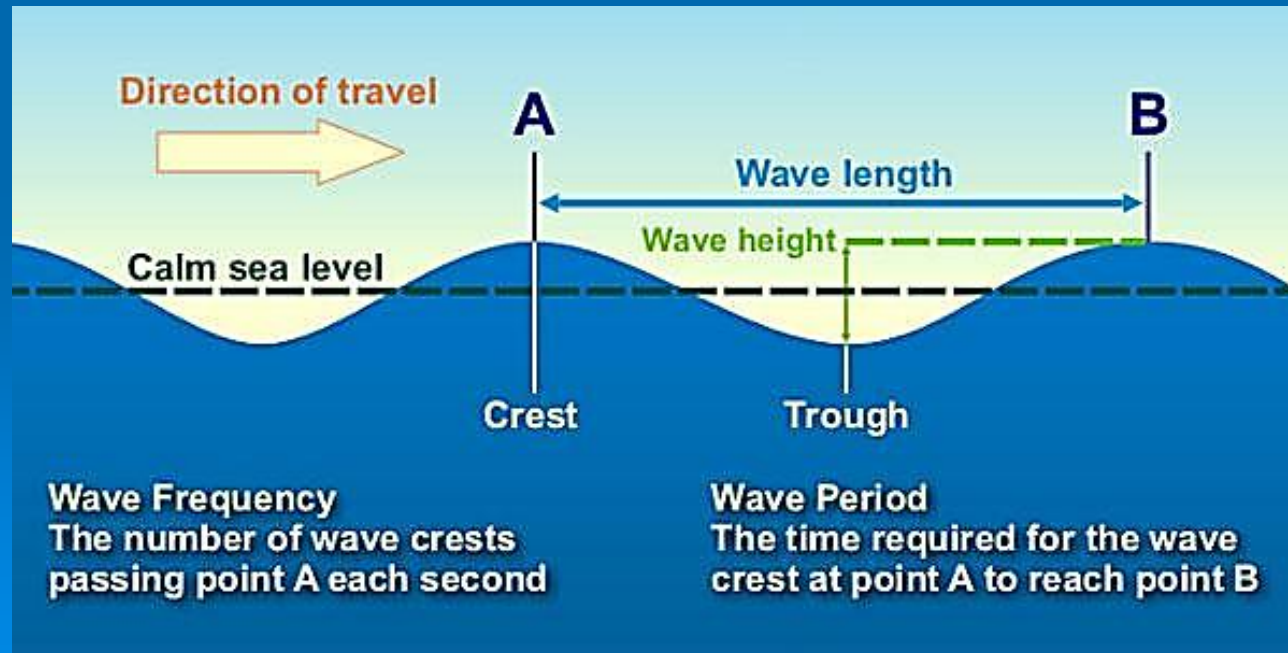
Abiotska sredina jezera

- Kretanje vode u jezerima
- Termika jezera
- Hemizam jezerske vode

1) Kretanje vode u jezerima

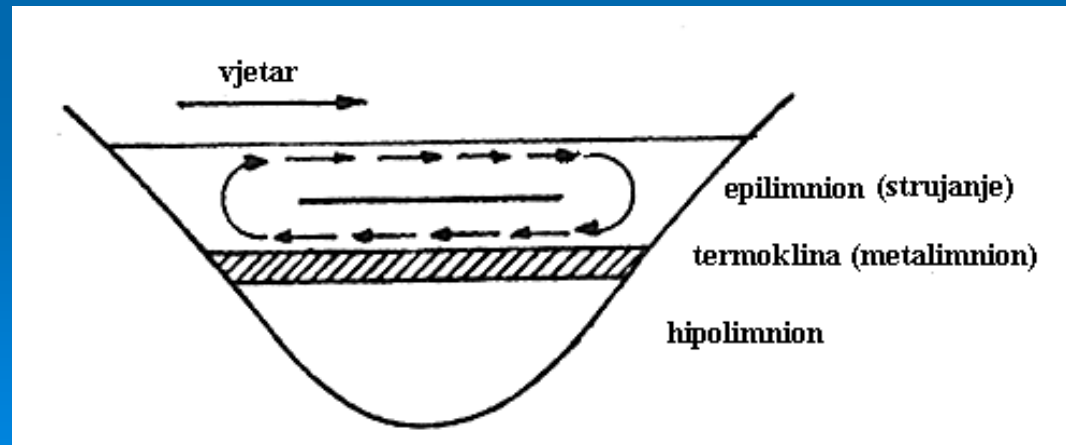
Osnovni oblici kretanja vode u jezerima su talasi, struje i seš

- 1. Talasi** su vertikalni periodični poremećaji na površini jezera uzrokovani vjetrom. Veličina i snaga talasa su zavisni od: brzine i trajanja *vjetra* kao i od *kontaktne površine* između vjetra i površine jezera



Kretanje vode u jezerima

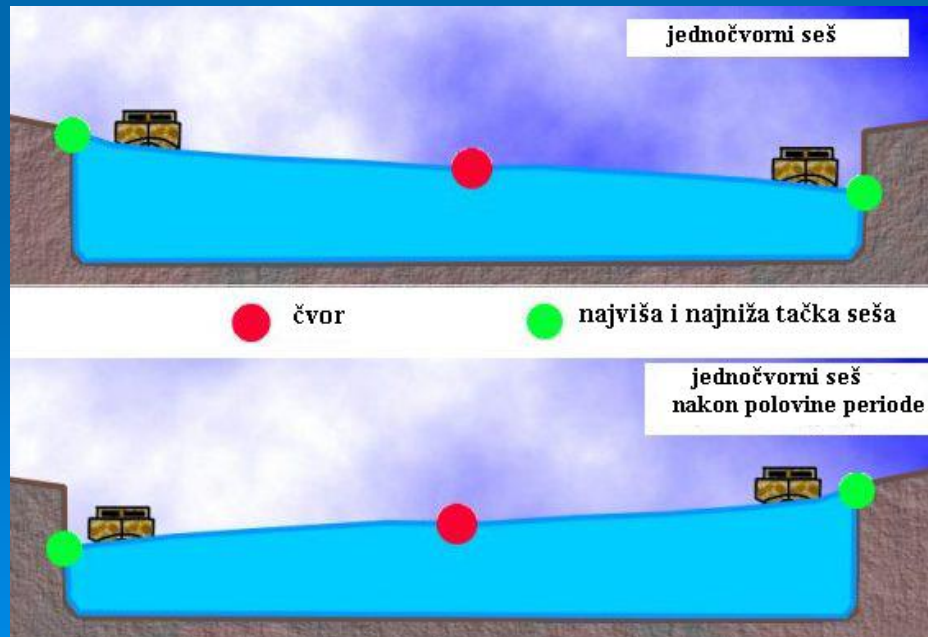
2. **Površinske horizontalne struje** – prouzrokovane su dejstvom vjetra - sa porastom dubine, smanjuje se brzina horizontalnog strujanja
- Pri jačem vjetru, koji duva po nekoliko časova, pojavom površinske struje, javlja se i **povratna struja** u sloju vode ispod (horizontalno kretanje donjeg sloja vode u suprotnom smjeru)
 - Ovo povratno strujanje obično se prostire do nivoa termokline i omogućava ravnomjerno miješanje površinskih slojeva vode



Površinske horizontalne struje u epilimnionu

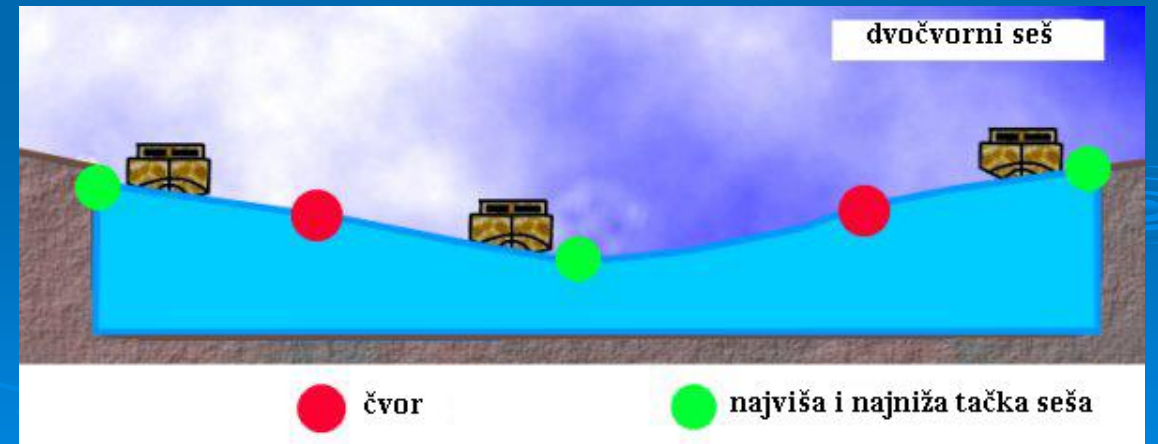
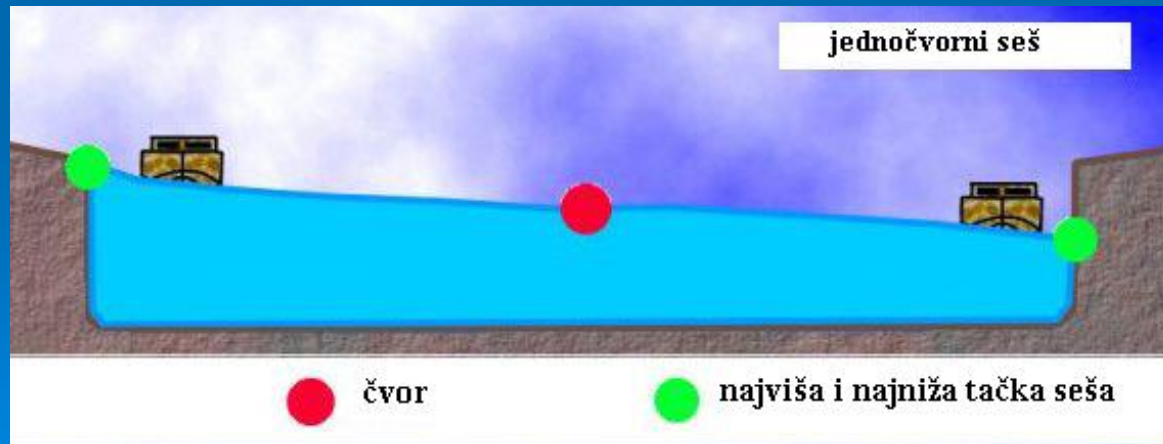
Kretanje vode u jezerima

3. **Seš** - ritmičko izdizanje i spuštanje jezerske površine, pri čemu se nivo jezerske vode na jednoj strani basena izdiže, a na drugoj spušta i obratno, usled naglih promjena vazdušnog pritiska nad pojedinim djelovima jezera
- Nivo jezera oscilira duž jedne linije, odnosno površine, na kojoj nema promjena nivoa, već postoji ravnoteža - **čvor seša**



Po prestanku dejstva uzročnika seša (promjena vazdušnog pritiska), površina jezerske vode se prividno umiri i uspostavlja se ravnoteža koja je postojala prije seša

- Ako se balansiranje jezerske vode vrši oko jedne površine (jednog čvora) - **jednočvorni** ili **uninodalni seš**
- Kada je visok vazdušni pritisak iznad centralnog dijela jezera, pa se taj dio spušta, a nizak iznad suprotnih priobalnih djelova, pa se tu nivo vode izdiže – **dvočvorni (binodalni) seš**
- Slično tome, dvočvorni seš je i kada je visok vazdušni pritisak iznad suprotnih krajeva jezera (pa se tu nivo vode spušta), a nizak u centralnom dijelu (pa se u centru nivo izdiže)

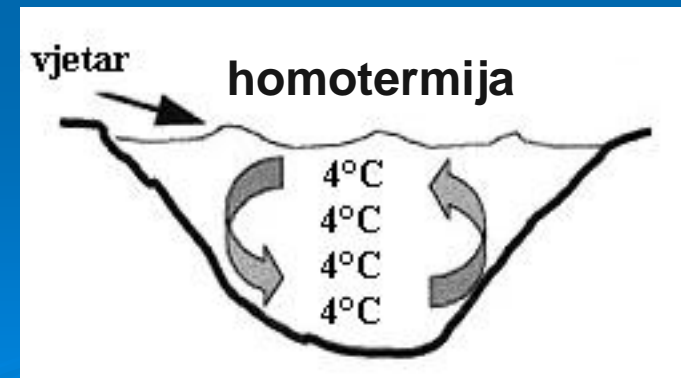
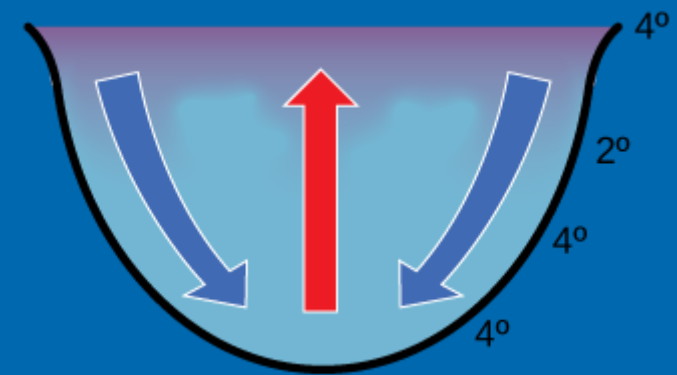


2. Termika jezera

U skladu sa dnevnim i sezonskim promjenama temperature vazduha, u jezerima postoje odgovarajuća temperaturna kolebanja kao posledica specifičnih karakteristika vode

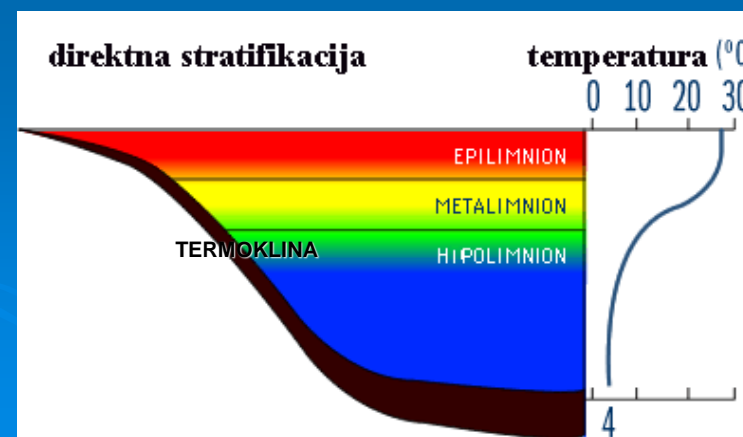
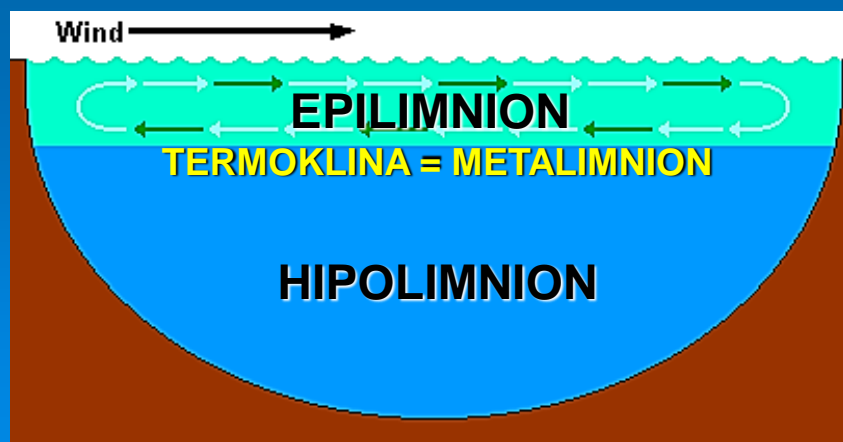
1. Period prolječne cirkulacije – homotermija

- U proljeće, po topljenju leda, temperatura površinskih slojeva počinje da raste. Na 4°C, površinski slojevi postaju teži, jer su gušći od onih hladnijih ispod njih, pa tonu ka dnu
- Donji hladniji slojevi (1 - 3°C) su lakši od gornjih toplijih (4°C), pa zato teže da izbiju na površinu, gdje se opet ubrzo zagriju na 4°C, i tada opet, kao teži, tonu ka dnu
- To se produžava sve dotle dok se čitava vodena masa od površine do dna ne izjednači u pogledu temperature (a time i gustine), tj. dok ne postane homotermna - **potpuna prolječna cirkulacija**

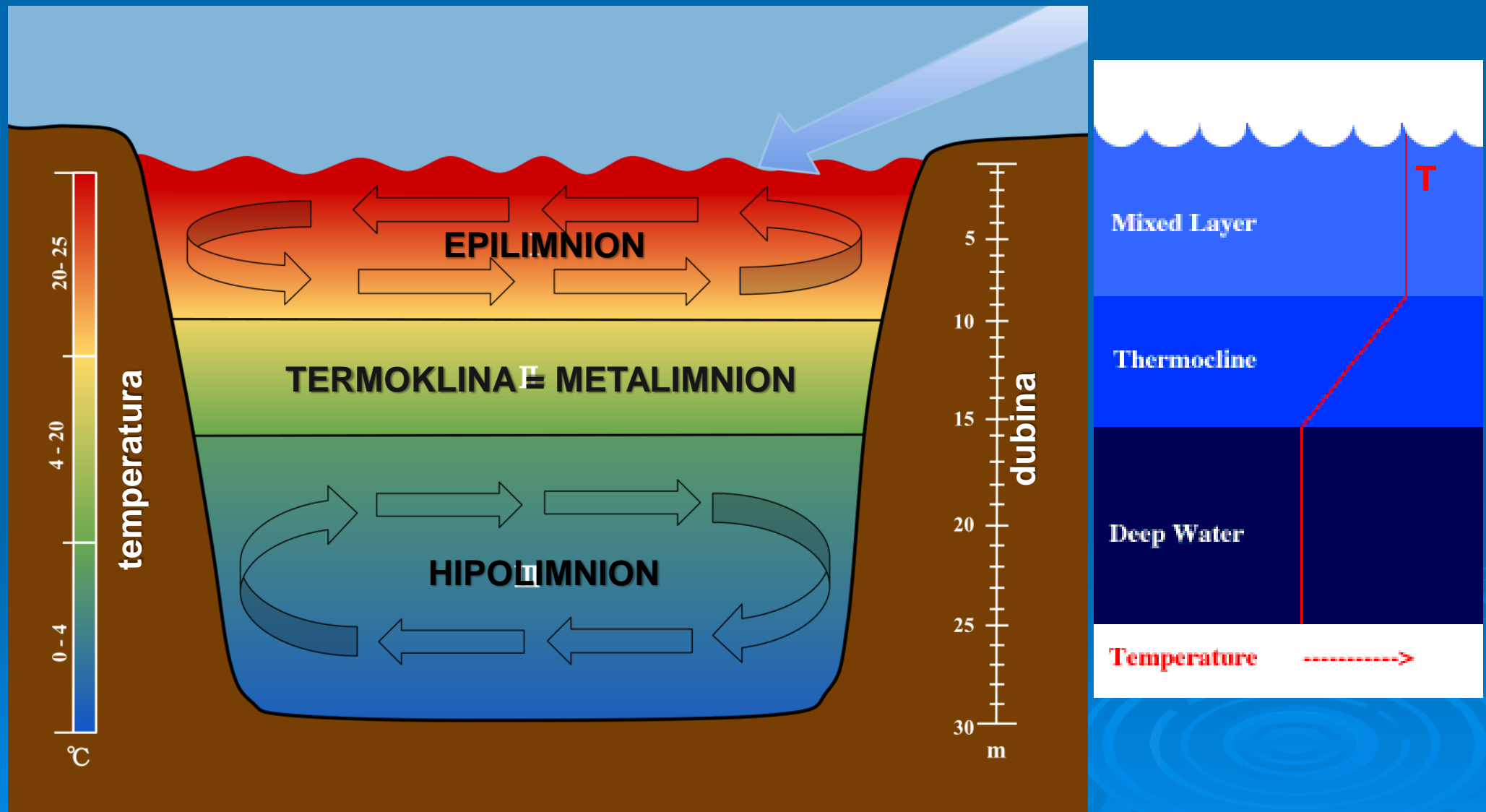


2) Period ljetnjeg zagrijavanja – direktna termička stratifikacija

- Porastom temperature vazduha, površinski slojevi vode počinju da se zagrijevaju i preko 4°C, gustina im postaje manja (lakši su), pa zato više nemaju tendenciju da tonu – površina se sve više zagrijava
- Dejstvom vjetrova i turbulentnih struja, vrši se neprekidno miješanje vodenih slojeva u ovom površinskom dijelu jezera – nastaje topli **homotermni površinski sloj** (10-20m) – **EPILIMNION**
- Ispod tog sloja, dejstvo turbulentnih struja jako slabi i nije u stanju da savlada otpor dubljih hladnijih slojeva – nastaje **heterotermni sloj** gdje T naglo opada sa dubinom – **TERMOKLINA (METALIMNION)** - odvaja toplu homotermnu vodu epilimniona od hladne homotermne duboke vode hipolimniona
- Ispod ovog heterotermnog sloja dolazi **homotermna dubinska zona** - **HIPOLIMNION**, ali sa konstantno niskom temperaturom (oko 4°C), koja se proteže do dna

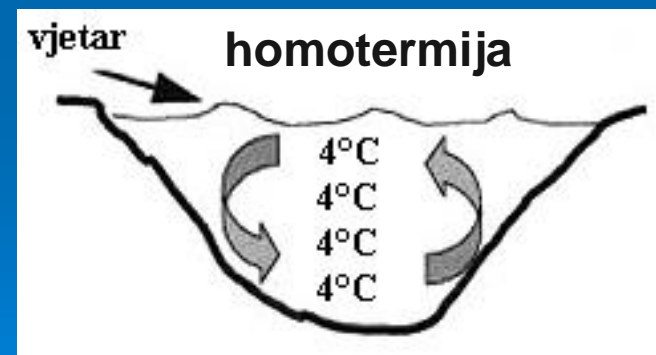
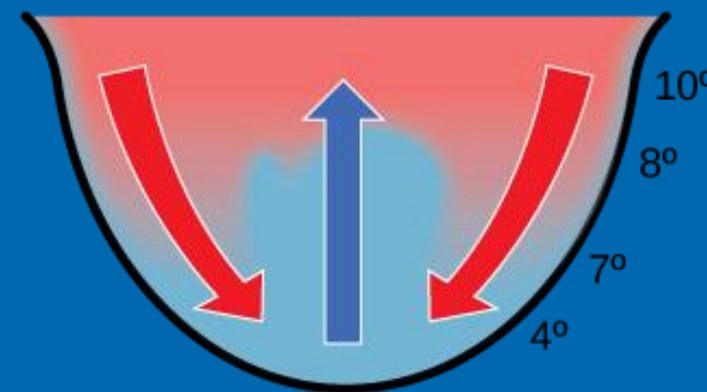


LJETO - Direktna termička stratifikacija



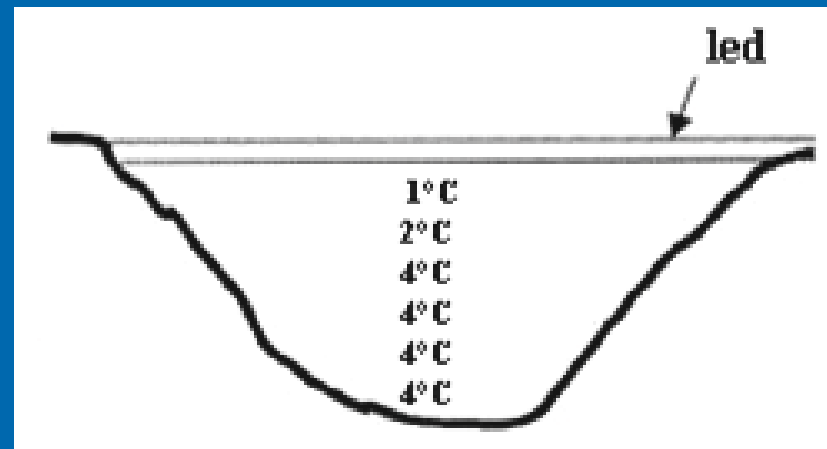
3) Period jesenje cirkulacije – homotermija

- Temperatura vazduha opada, površinski slojevi vode se hlade i postaju gušći i teži - tonu kroz slojeve koji su još topli i mješajući se sa njima hlade ih
- Vjetrovi uslovljavaju veću cirkulaciju vodene mase - počinje razgrađivanje ljetnje termičke stratifikacije i voda se hladi, pa se temperatura površinskih slojeva postepeno približava temperaturi dubinskih slojeva
- U trenutku kada se površina jezera ohladi do temperature velikih dubina, sloj termokline je potpuno iščezao i od površine do dna, mogući su nesmetani procesi miješanja i cirkulacije vodene mase. Tada se temperatura vode u cijelom vodenom stubu smanji na 4°C - period **potpune jesenje cirkulacije** okarakterisan **homotermijom** od površine do dna jezera

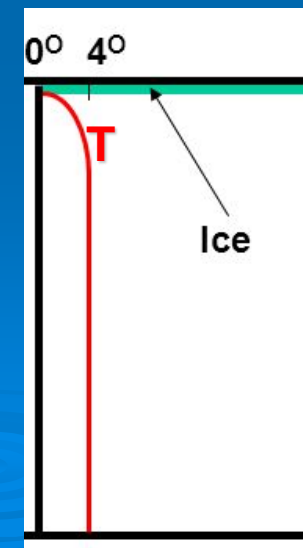


4) Period zimskog hlađenja – obrnuta termička stratifikacija

- U zimskom periodu, površinski slojevi jezera se hlade i ispod 4°C , ali su tada ti slojevi lakši od donjih, pa zato ostaju na površini
- Daljim padom temperature do 0°C , površina jezera se zamrzava i ispod leda se nalazi sloj vode sa temperaturom od 0 do $+4^{\circ}\text{C}$, a idući ka dnu temperatura vode je blizu temperature maksimalne gustine vode (4°C)
- To znači da se i u zimskom periodu formira termička stratifikacija, ali u obrnutom smislu, jer **temperatura vode sada raste sa dubinom**, pa se zato i naziva **obrnuta** ili **inverzna stratifikacija**. Sve dok traje led, takva termička stratifikacija je stabilna

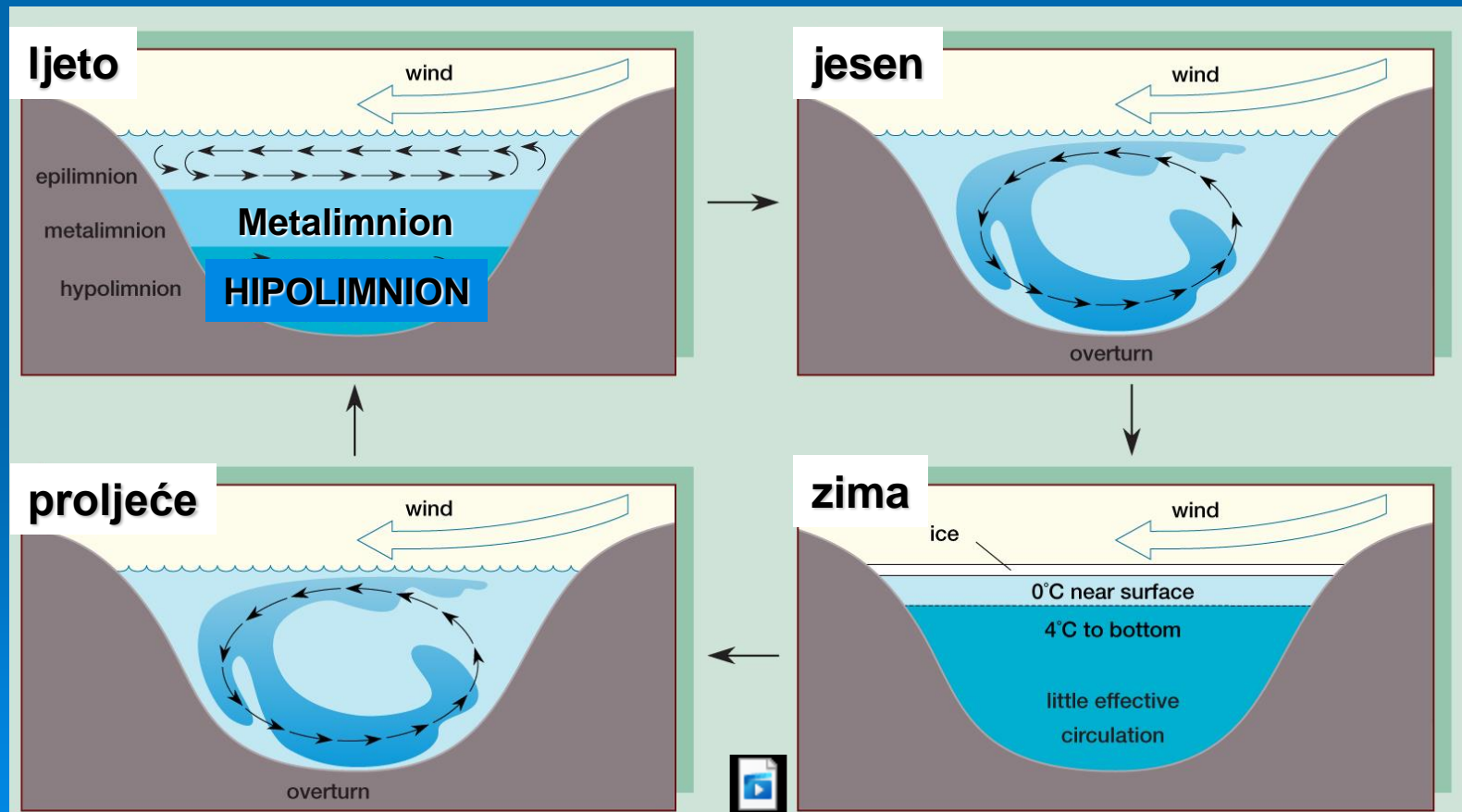


Zimska obrnuta stratifikacija
temperatura vode raste sa dubinom (do 4°C)

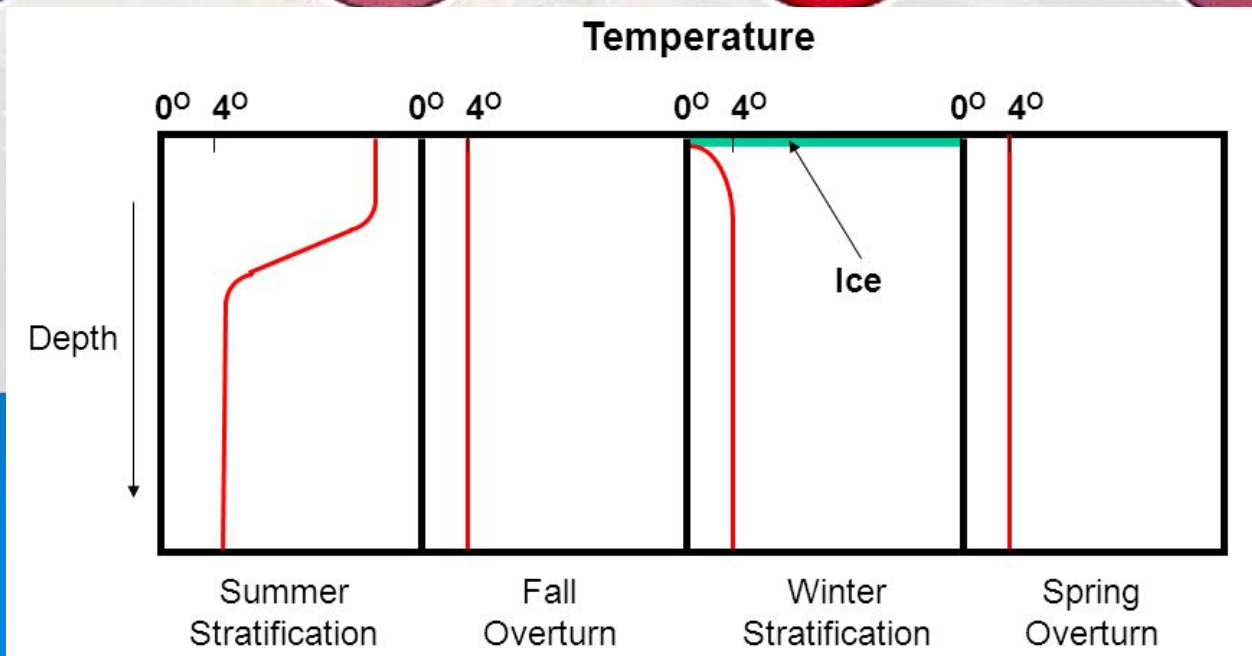
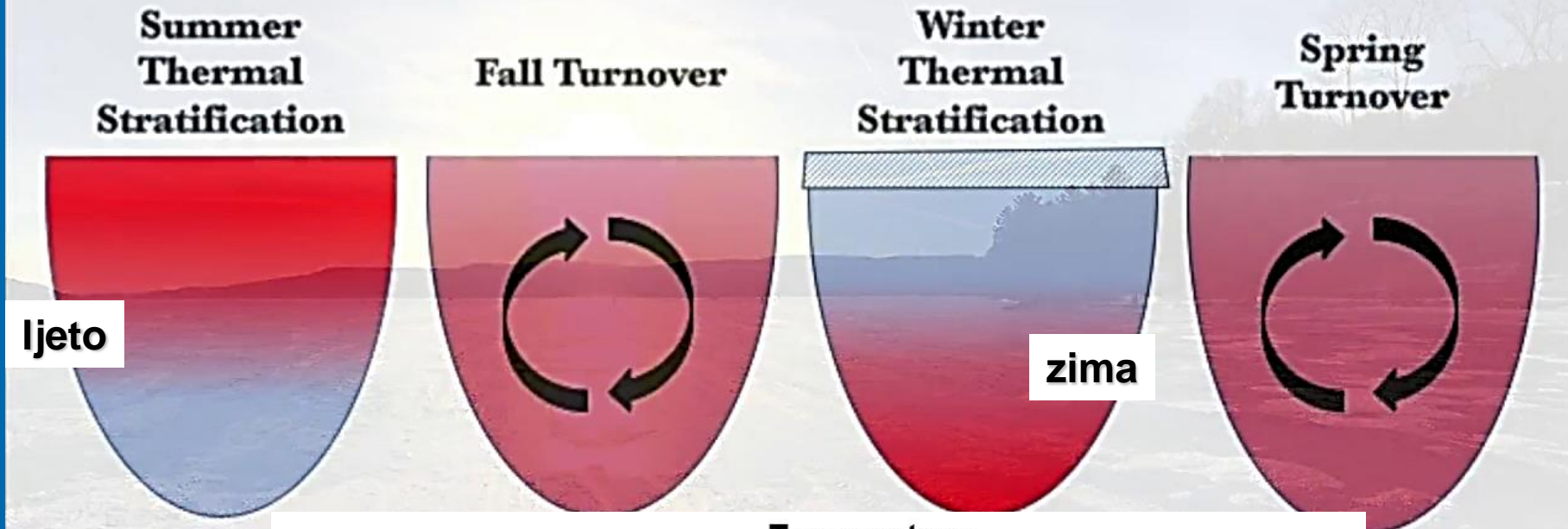


Dva glavna perioda u godišnjem termičkom režimu jezera:

- **period zagrijavanja** (proljeće i ljeto), koji počinje od topljenja leda pa do kraja ljetnje stagnacije - jezero akumulira ogromne količine toplote
- **period hlađenja** (jesen i zima), koji počinje od kraja ljetnje stagnacije i traje do topljenja leda - jezero emituje toplotu nagomilanu u periodu zagrijavanja



TERMIČKI REŽIM DIMIKTIČNOG JEZERA



Podjela jezera po učestanosti cirkulacije

1. **Amiktična jezera** - stalno pokrivena ledom - nema spoljašnjeg uticaja T na termički režim, pa su stalno inverzno stratifikovana (**nema cirkulacije**). Uglavnom na Antarktiku, Grenlandu i Arktiku



2. **Hladna monomiktična jezera** - temperatura vode je stalno manja od 4°C (tipična jezera ovog tipa su duboka jezera u Kanadi). Tokom najvećeg dijela godine imaju *zimsku stratifikaciju* (inverznu) i **jednu kratku - ljetnju cirkulaciju**



3. **Topla monomiktična jezera** - temperatura vode uvijek iznad 4°C . Tokom ljeta imaju direktnu stratifikaciju i **jednu – zimsku cirkulaciju**. Najviše jezera ovog tipa nalazi se uz obale u umjerenj zoni centralne i istočne Amerike (SAD). Takvo je i Ohridsko jezero.



4. **Dimiktična jezera** – odlikuju se *direktnom termičkom stratifikacijom ljeti*, a *obrnutom zimi* - imaju ***dva perioda cirkulacije godišnje*** - tokom proljeća i jeseni. Tipična za umjereni klimat i u ovaj tip jezera spadaju sva naša planinska jezera.



5. **Oligomiktična jezera** - imaju ***rijetke cirkulacije***, u nepravilnim razmacima od po nekoliko godina. Nalaze se u području ekvatora na manjim nadmorskim visinama i temperatura vode im je po pravilu znatno viša od 4°C i malo varira sa dubinom.



6. **Polimiktična jezera** – uglavnom plitka, temperatura vode im je stalno nešto iznad 4°C tako da *nemaju stabilnu stratifikaciju*, već se javlja ***česta cirkulacija***. Uglavnom se nalaze na višim nadmorskim visinama u području ekvatora i imaju uglavnom noćnu cirkulaciju.



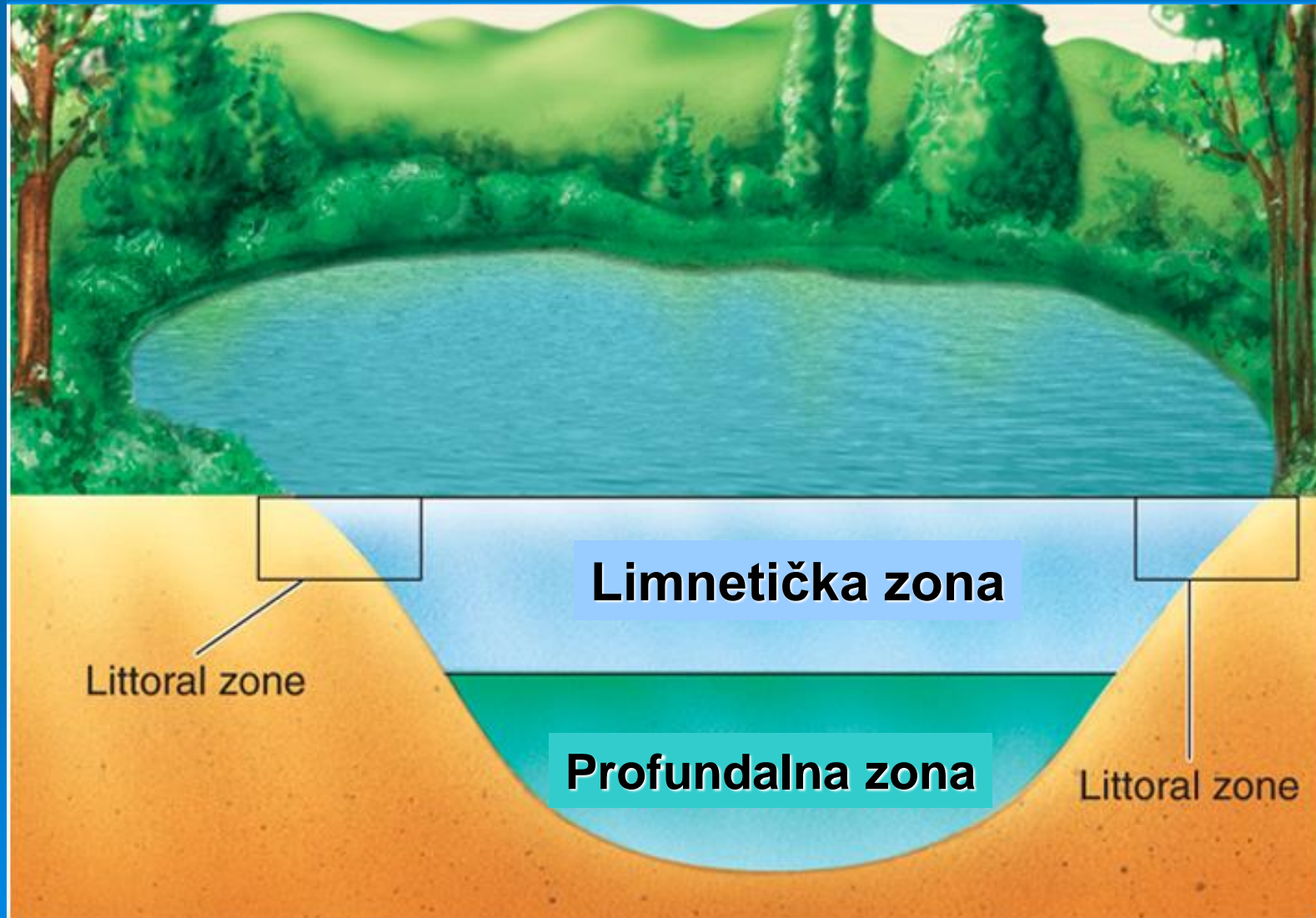
Svjetlosni režim jezera

- U jezeru se mogu izdvojiti dvije osnovne zone: **limnetička** i **profundalna** zona.
- **Limnetička zona** (eufotična zona) - gornji sloj vode u koji prodire svjetlost. U prosjeku do 30 m (do 130 m - oligotrofno jezero Tahoe u Americi). Fitoplankton izgrađuje više organske materije nego što se potroši razgradnjom - trofogena, odnosno produkciona zona.
- **Profundalna zona** - dubinska zona koja kod većine jezera počinje na dubini od oko 30 – 50 m: potpuno odsustvo svjetlosti, niska i konstantna temperatura, uglavnom nepokretna vodena masa, dno pokriveno finim dubinskim sedimentima, nema produkcije organske materije, već isključivo proces razlaganja organske materije - trofolitička, odnosno oksidaciona zona

Svjetlosni režim jezera

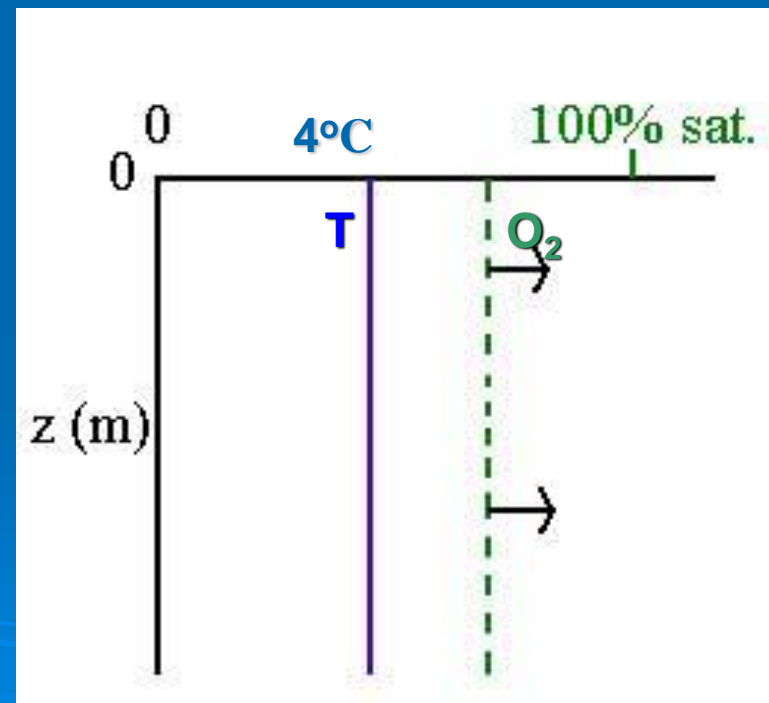
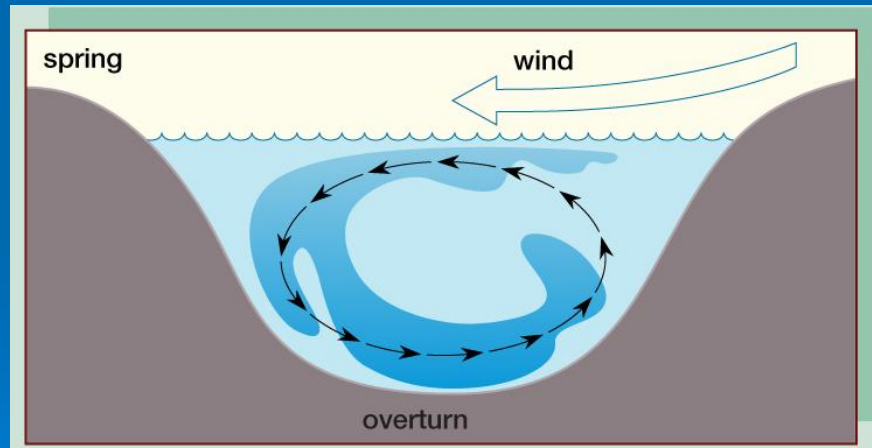
- U jezeru se mogu izdvojiti dvije osnovne zone: **limnetička** i **profundalna** zona.
- **Limnetička zona** (eufotična zona) - gornji sloj vode u koji prodire svjetlost. U prosjeku do 30 m dubine (do 130 m - oligotrofno jezero Tahoe u Americi). Fitoplankton izgrađuje više organske materije nego što se potroši razgradnjom - trofogena, odnosno produkciona zona.
- **Profundalna zona** - dubinska zona koja kod većine jezera počinje na dubini od oko 30 – 50 m: potpuno odsustvo svjetlosti, niska i konstantna temperatura, uglavnom nepokretna vodena masa, dno pokriveno finim dubinskim sedimentima, nema produkcije organske materije, već isključivo proces razlaganja organske materije - trofolitička, odnosno oksidaciona zona

Svjetlosne zone u jezeru

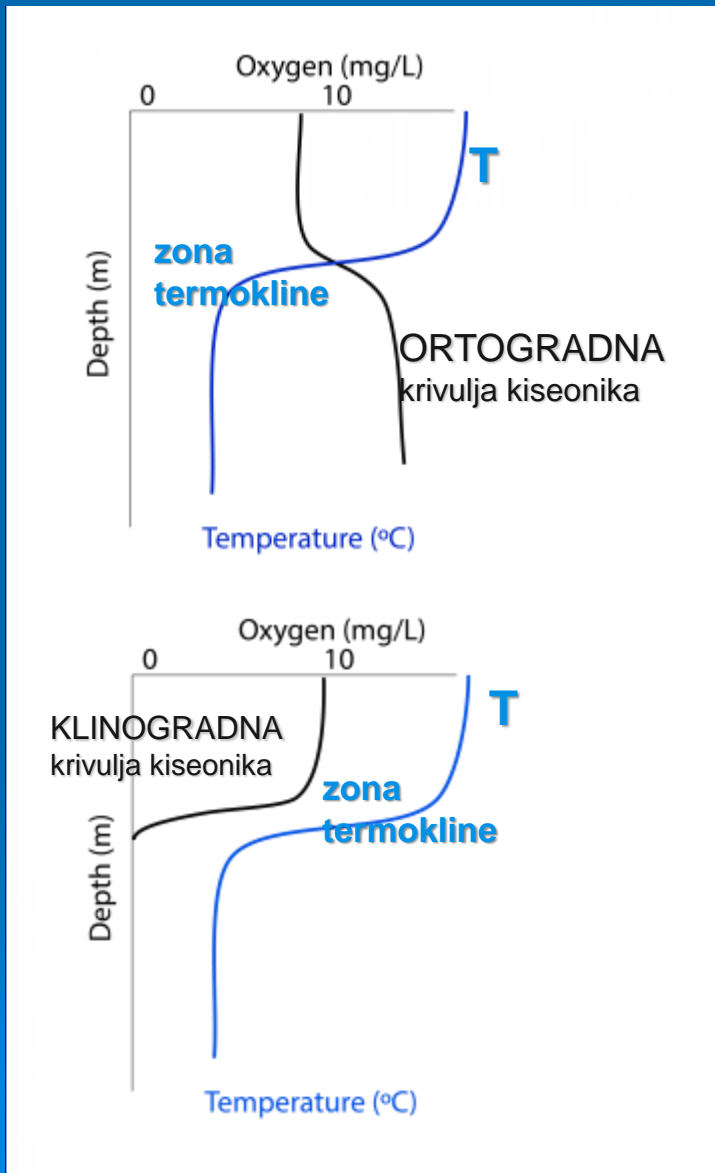


4. Kiseonik u jezerima

PROLJEĆE: potpuna cirkulacija vode, uz nisku T vode, uzrokuju **maksimum kiseonika (100% saturacija)** i ravnomjeran vertikalni raspored kiseonika od površine do dna jezera



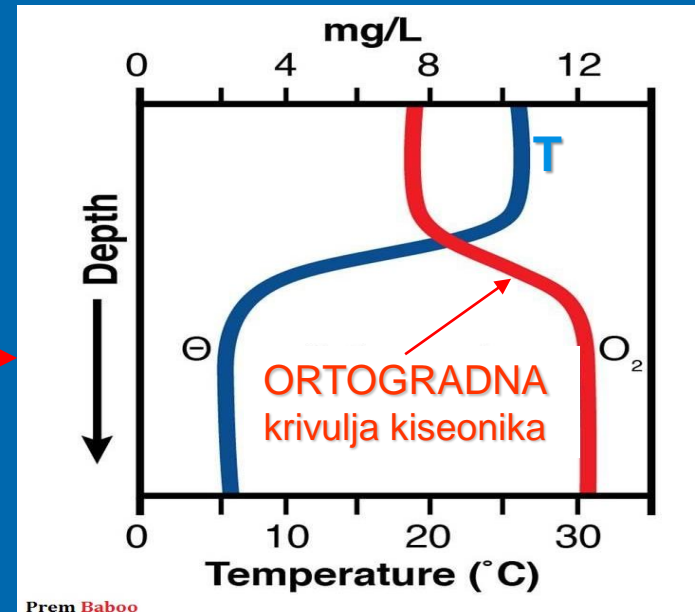
Kiseonik u jezerima



LJETO (direktna termička stratifikacija):

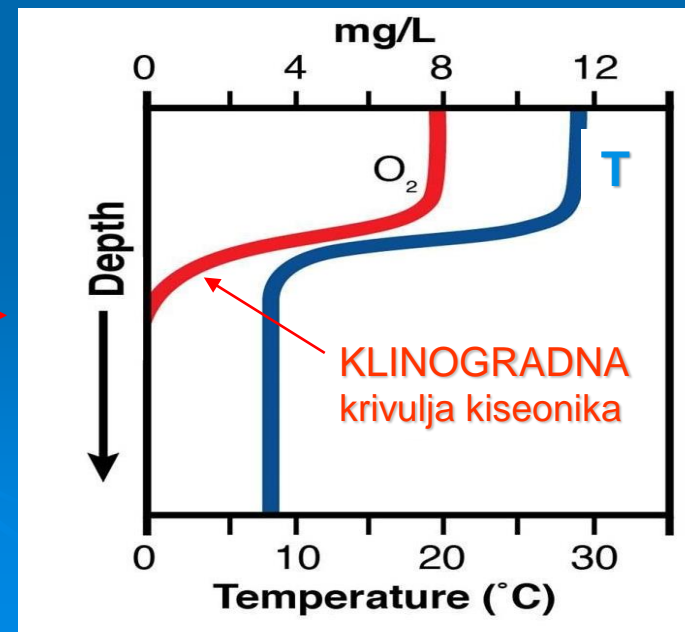
1. U jezerima sa veoma **siromašnom** organskom produkcijom (**oligotrofna jezera**), potrošnja kiseonika je minimalna, pa količina i rastvorljivost kiseonika rastu sa porastom dubine usled opadanja temperature i to je **ortogradni tip** krivulje kiseonika. U metalimnionu (zona termokline) koncentracija kiseonika kreće da raste, zbog naglog pada T.
2. U jezerima sa **bogatom** organskom produkcijom (**eutrofna jezera**), zbog intenzivne potrošnje kiseonika (usled razgradnje org. mat.), količina kiseonika opada sa dubinom, posebno u zoni metalimniona (nema miješanja vode) i vrlo često vrijednosti kiseonika pri dnu padnu na nulu. Krivulja vertikalnog rasporeda kiseonika u ovakvim jezerima naziva se **klinogradna**. **Ovo je najčeći tip krivulje kiseonika u jezerima tokom ljeta.**

Slaba produkcija u jezeru

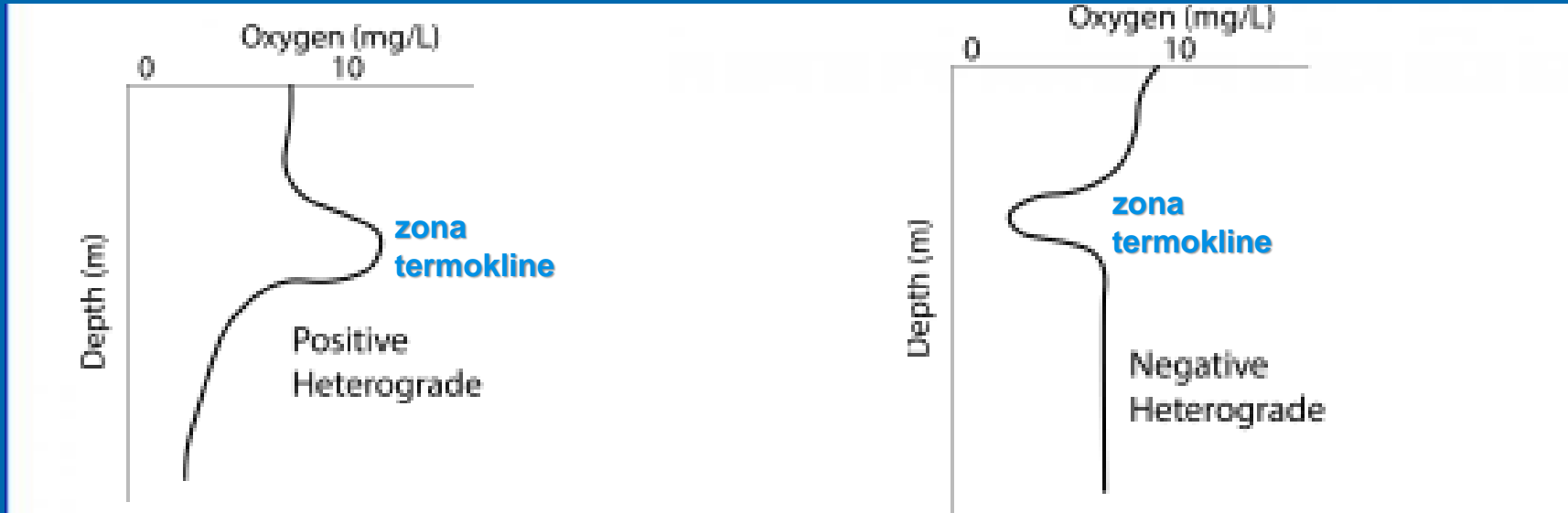


LJETO:

Velika produkcija u jezeru



Ljeto – specijalni slučajevi (kiseonik):



Pozitivna heterogradna kriva kiseonika

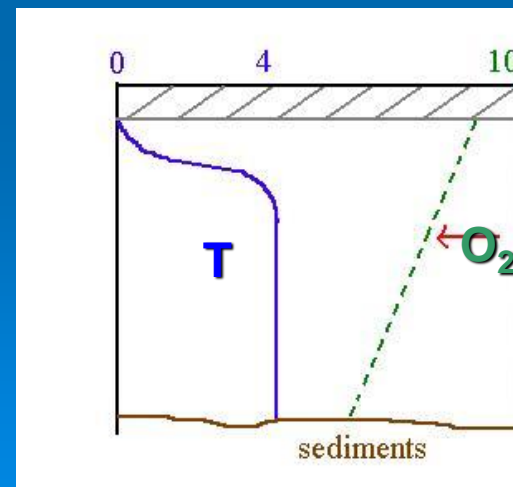
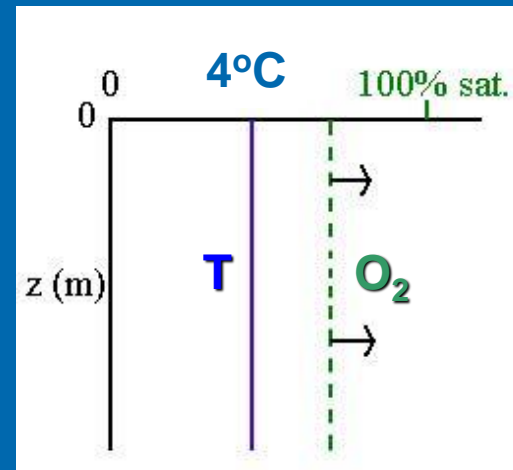
U slučaju intenzivne fotosinteze u metalimnionu (zbog gušće vode nagomilavaju se nutrijenti i alge prilagodjene na nisku T - dubinski maksimum hlorofila), produkovani O_2 se nagomilava zbog odsustva miješanja vode - nagli porast O_2 u metalimnionu

Negativna heterogradna kriva kiseonika

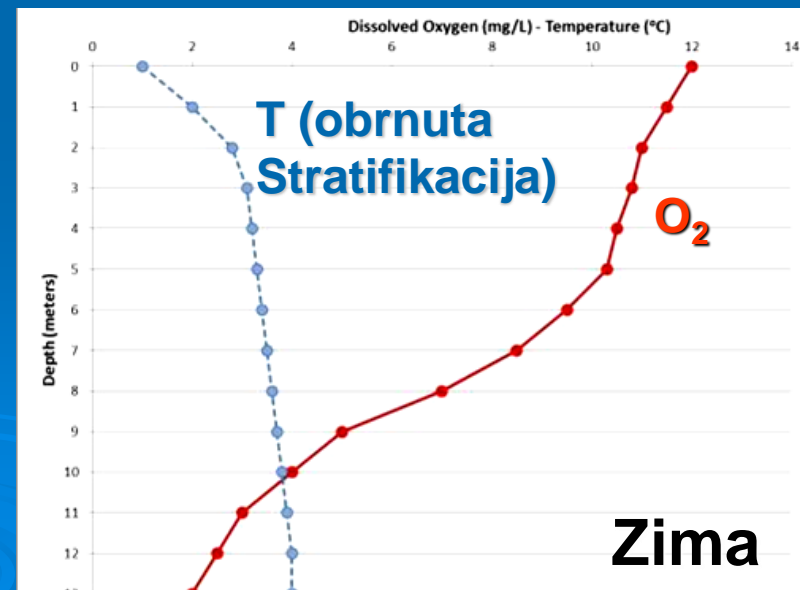
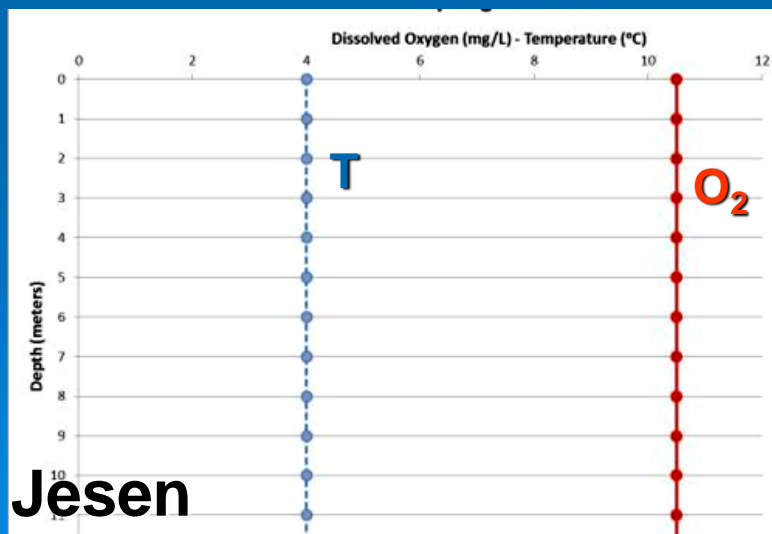
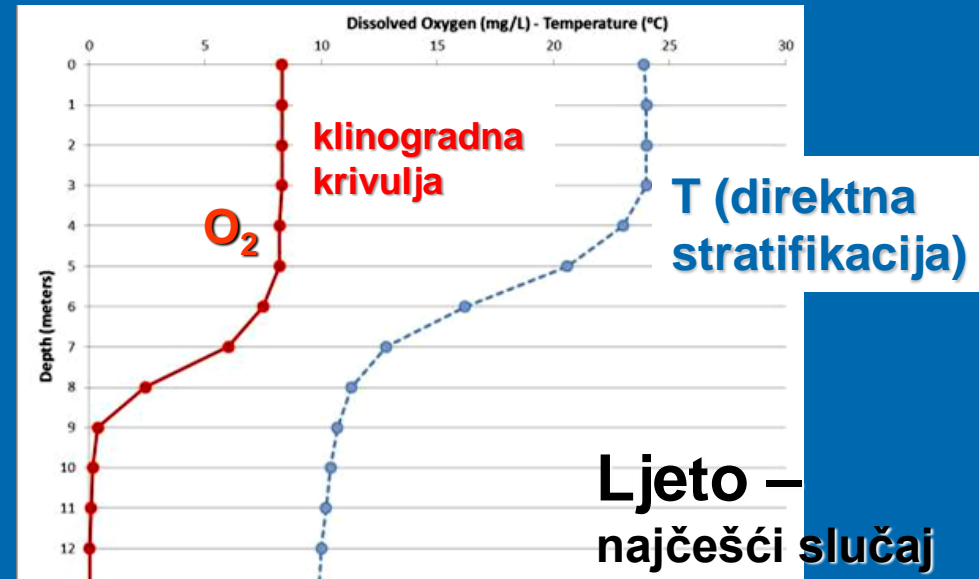
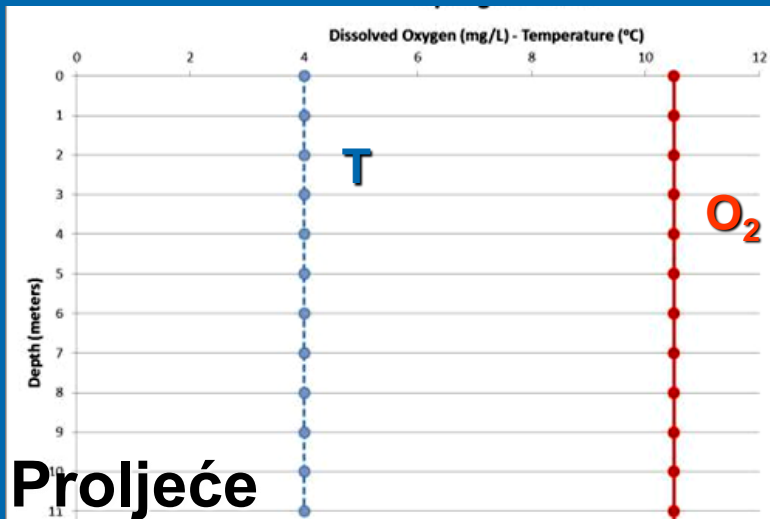
U slučaju intenzivne respiracije u metalimnionu (nagomilan zooplankton) ili intenzivne razgradnje organskih materija u metalimnionu (nagomilan detritus zbog gušće vode u metalimnionu), kiseonik se povećano troši - nagli pad O_2 u metalimnionu.

Kiseonik u jezerima

- **Jesen:** totalna jesenja cirkulacija – sva voda je potpuno zasićena **kiseonikom (100% saturacija)**, koji je ravnomjerno raspoređen od površine do dna
- **Zima:** zimska stagnacija - kod jezera pod ledom, neposredno ispod leda količina kiseonika je najveća (100%). **Sa porastom dubine količina kiseonika konstantno opada** zbog potrošnje disanjem i razgradnjom organske materije na dnu



Kiseonik u jezerima – godišnji režim



5. Ugljendioksid, bikarbonati, nitrati i fosfati u jezeru

- **Tokom proljećne cirkulacije** - CO_2 , HCO_3^- i nutrijenti su ravnomjerno raspoređeni od površine do dna jezera
- **Za vrijeme ljetnje stagnacije**, situacija sa njima je **obrnuta** u odnosu na raspodjelu kiseonika - raste im količina sa dubinom (jer se na dnu vrši mineralizacija organskih materija i oslobađaju CO_2 i min. soli)
- **Jesenja cirkulacija** - ravnomjerno su raspoređeni od površine do dna
- **Za vrijeme zimske stagnacije**, stanje CO_2 i nutrijenata je takođe u suprotnosti sa stanjem kiseonika - koncentracija im se povećava sa porastom dubine

