

# Kvarterní prostředí (podzimní semestr 2019)

Jezera a říční ústí

**MUNI**

*Daniel Nývlt ([daniel.nyvt@sci.muni.cz](mailto:daniel.nyvt@sci.muni.cz))*

# JEZERA

- vnitrokontinentální vodní nádrže, které nekomunikují přímo s oceány
- zaujímají ~1 % zemského povrchu

*Typy jezer:*

- dočasná
- stálá
- průtočná
- neprůtočná

## Sladkovodní jezera

- nízký obsah solí
- výskyt v oblastech se středně vysokými až vysokými srážkami, kde dotace vodou značně převyšuje výpar

## Slaná jezera

- více než 5 g/l rozpuštěných solí (často ale větší koncentrace než moře)
- výskyt v aridních a semiaridních oblastech  $\Rightarrow$  rychlost evaporace je výrazně vyšší než přísun vody řekami a srážkami

# Velikost a hloubka jezer souvisí s původem jejich vzniku

*Původ jezer:*

- extenzní pánve (rifty, strikeslipové pánve)
- intrakratonické pánve (pomalá subsidence)
- ledovcová
- kráterová (impakt, sopečný původ)
- hrazená jezera (sesuvy, lávové proudy apod.)

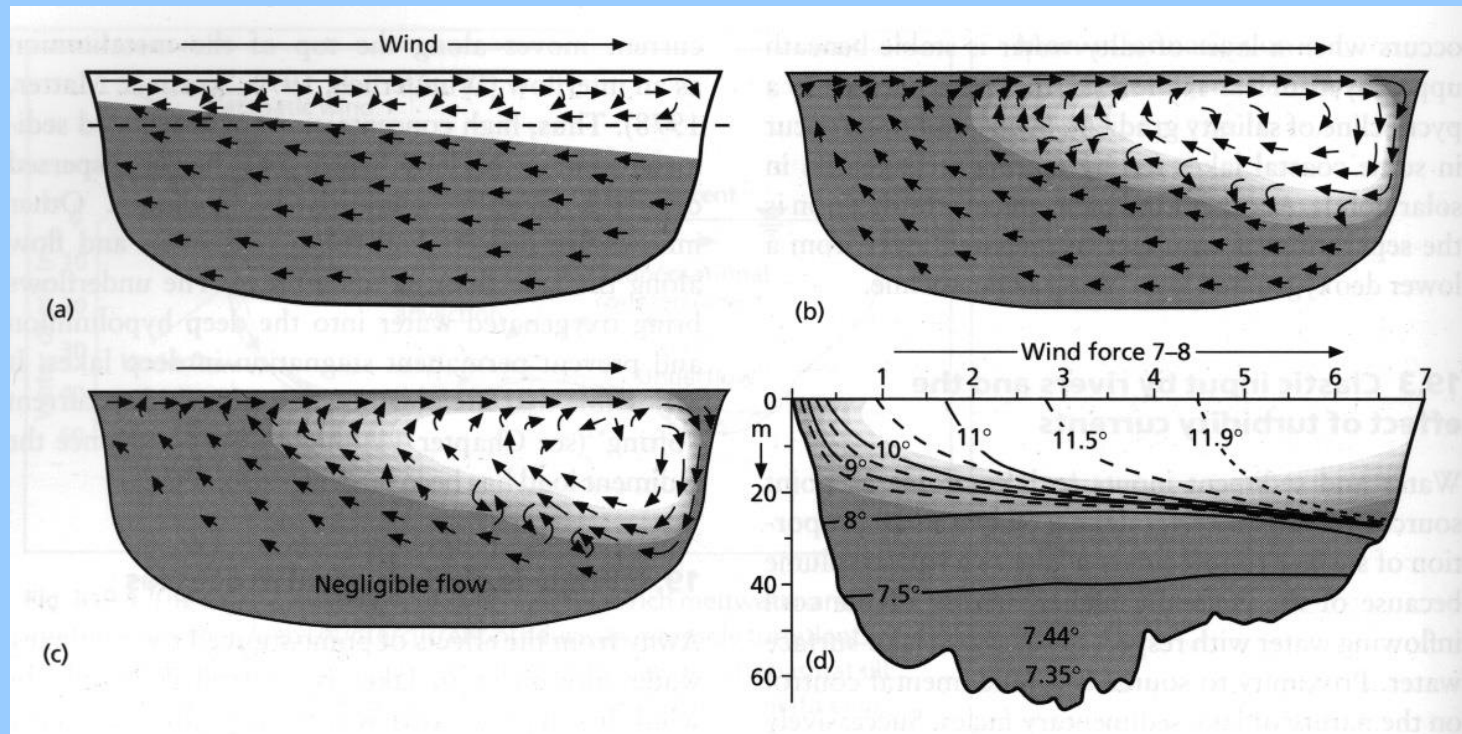
# FYZIKÁLNÍ PROCESY V JEZERECH

## ▪ PROUDĚNÍ

V jezerech nedochází k permanentním proudům (jako je např. tidální proud)

**Hlavním zdrojem proudění je účinek větru**

- rychlost až  $30 \text{ cm.s}^{-1}$
- schopnost transportovat částice velikosti prachu až jím. písku



## ▪ HUSTOTNÍ STRATIFIKACE

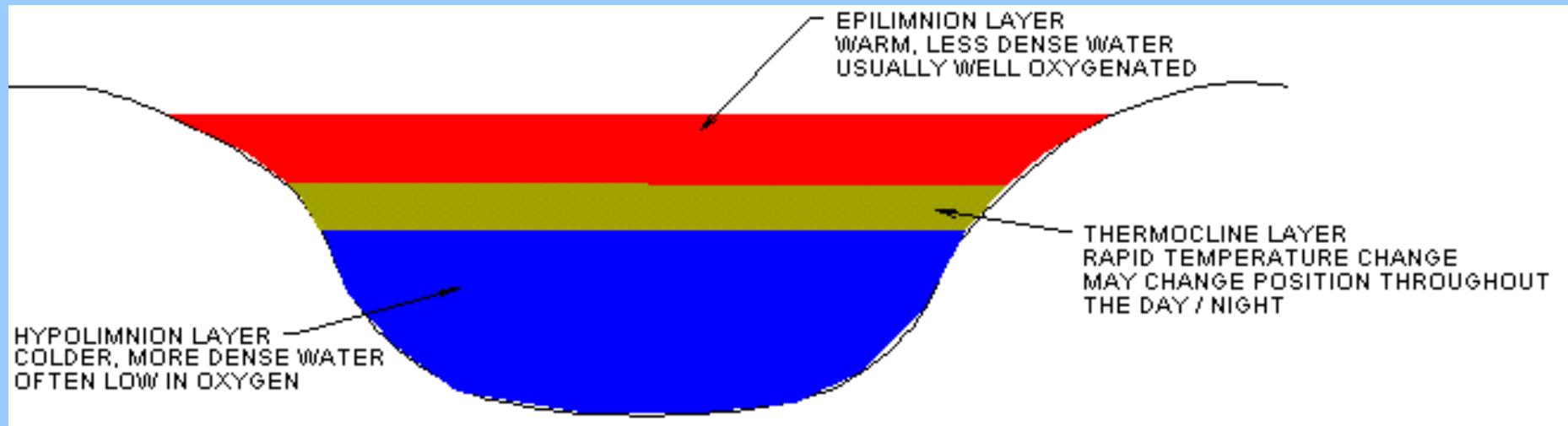
- souvisí s teplotní stratifikací vodního sloupce jezera

**epilimnion** – svrchní vrstva vodního sloupce prohřátá od slunce a promíchaná vlněním

**hypolimnion** – spodní studená vrstva (c. 4°C); mimo dosah vlnění ⇒ **anoxie**

**termoklína** – hranice oddělující epilimnion a hypolimnion, její poloha závisí na bázi vlnění

Teplotní vrstevnatost je stálá díky hustotním rozdílům obou vrstev.



## ▪ ZMĚNY HLOUBKY

Neprůtočná jezera jsou velmi citlivá na změny klimatu.

**snížení přísunu vody (srážky, přítok) + zvýšení evaporace ⇒ pokles hladiny**

**zvýšení přísunu vody ⇒ vzestup hladiny**

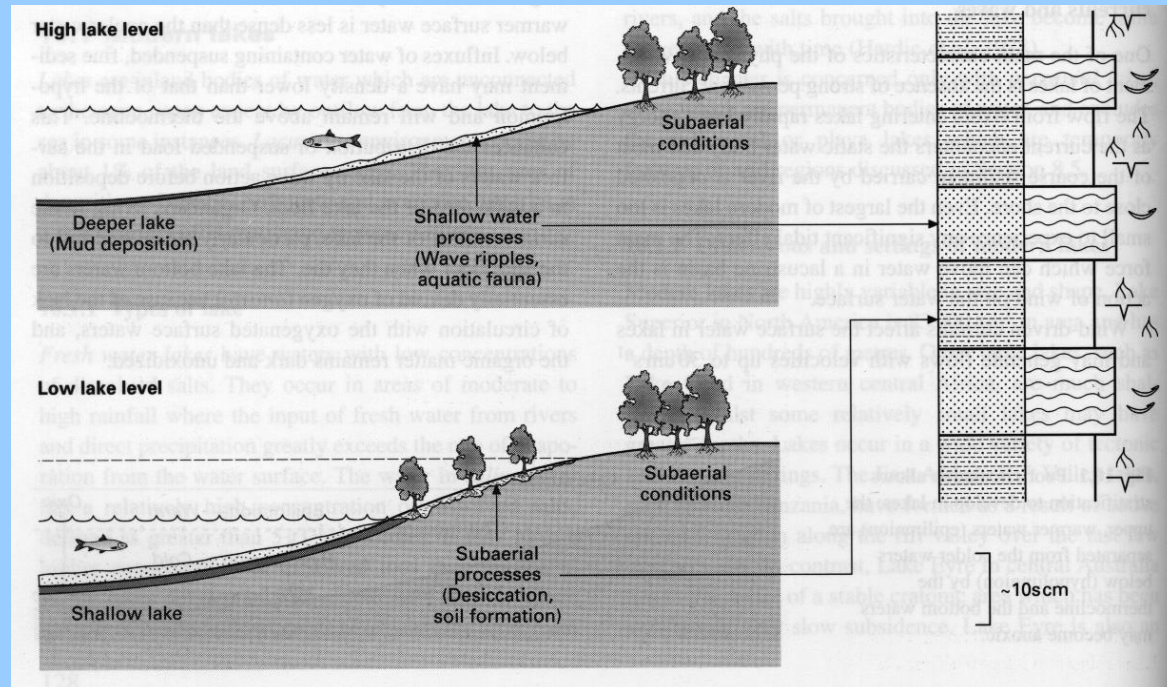
Průtočná jezera reagují na změny v dotaci vodou snížením/zvýšením odtoku.

Další příčiny změn hloubky:

- subsidence
- agradace sedimentu (platí jen pro průtočná jezera)

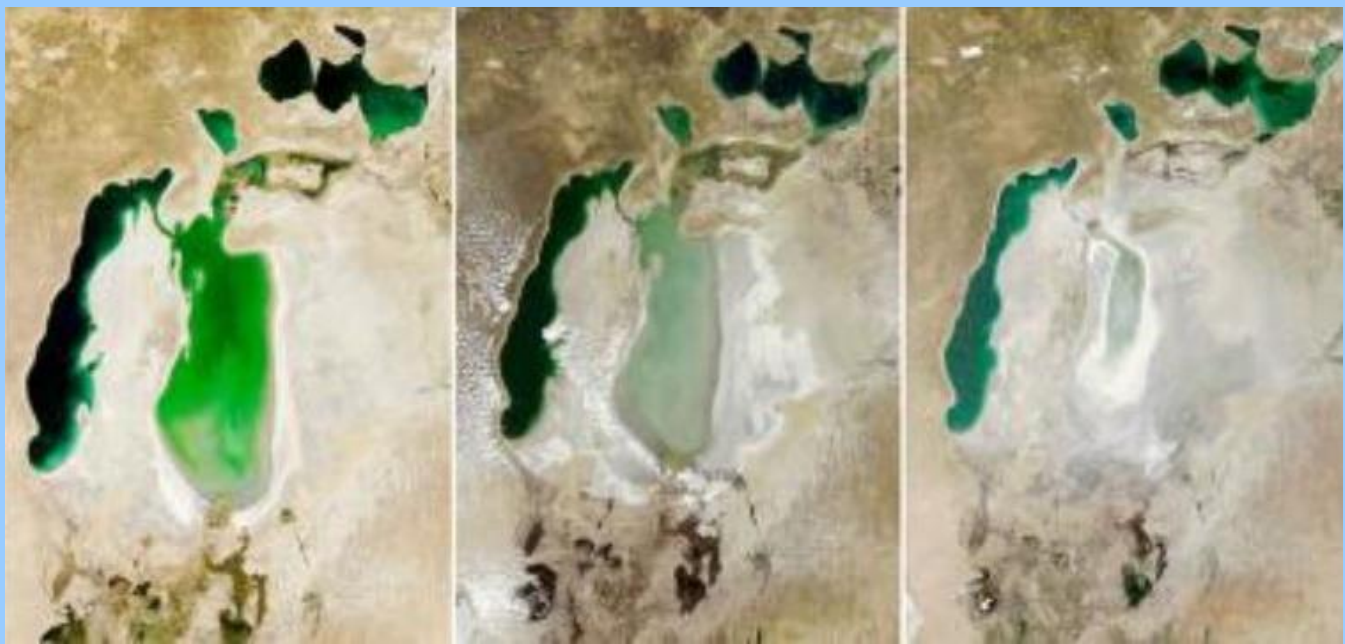
## PROJEVY ZMĚN HLOUBKY V SEDIMENTÁRNÍM ZÁZNAMU

- střídání jezerních sedimentů s polohami půd nebo horizonty s bahenními prasklinami
- střídání poloh s vlnovými čeřinami a bez vlnových čeřin



# ▪ STABILITA A ČASOVÉ ZMĚNY JEZER

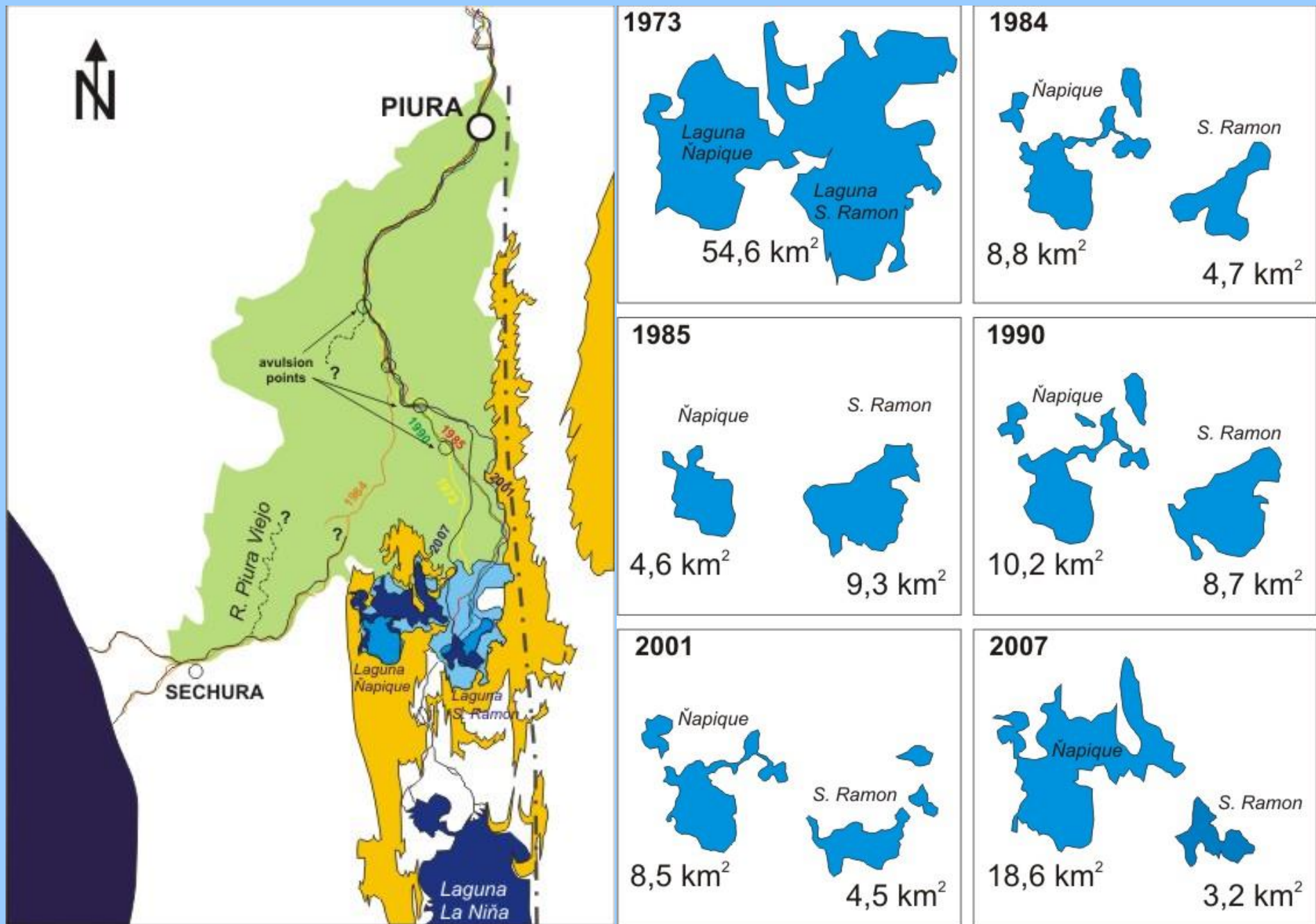
## Aralské jezero (1957 – 2017)





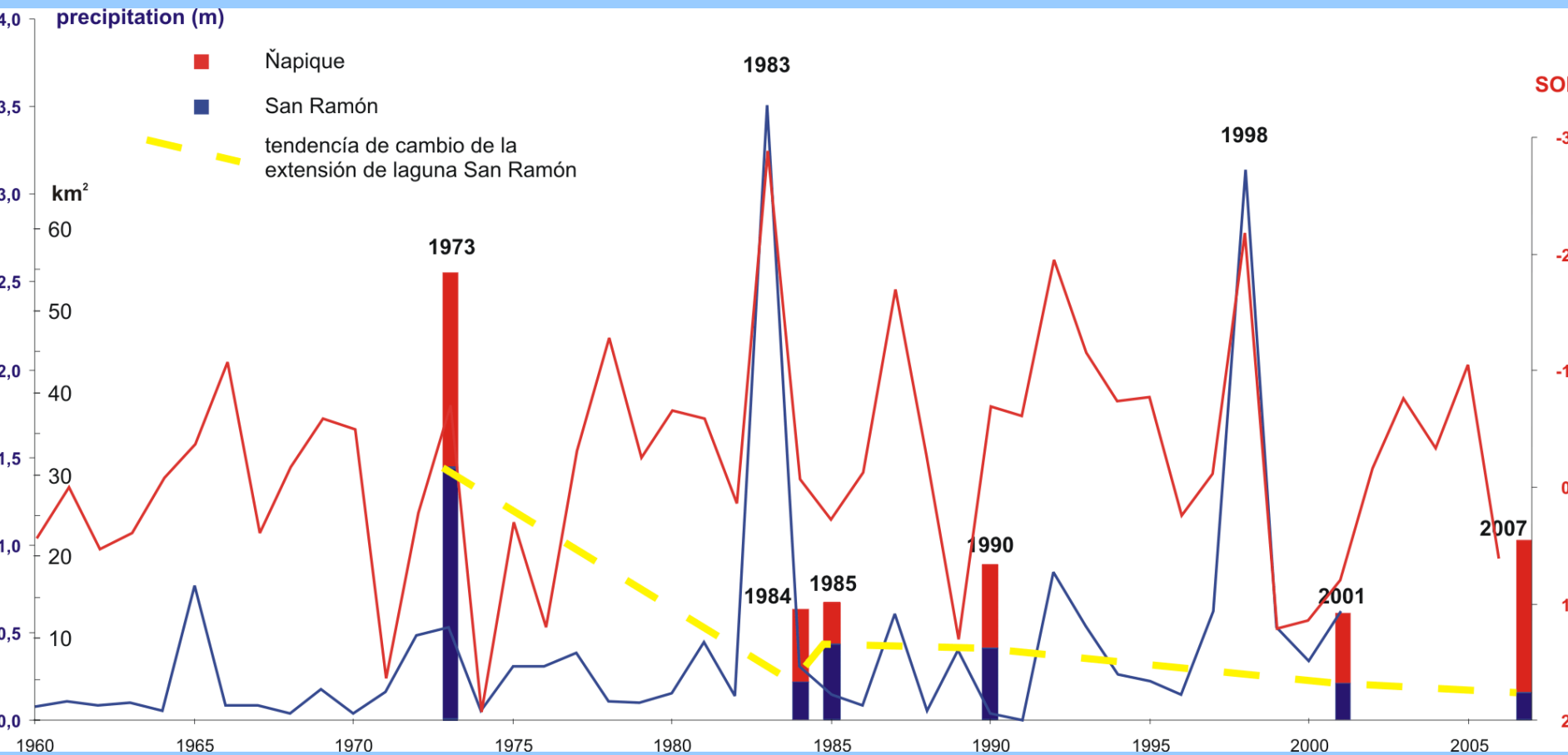
**jezerní systém dolního  
povodí řeky Piury**

# Časové změny jezerního systému dolního povodí řeky Piury





# Srovnání srážek a indexu jižní oscilace (SOI) s plošným rozsahem lagun Ľapique a San Ramón



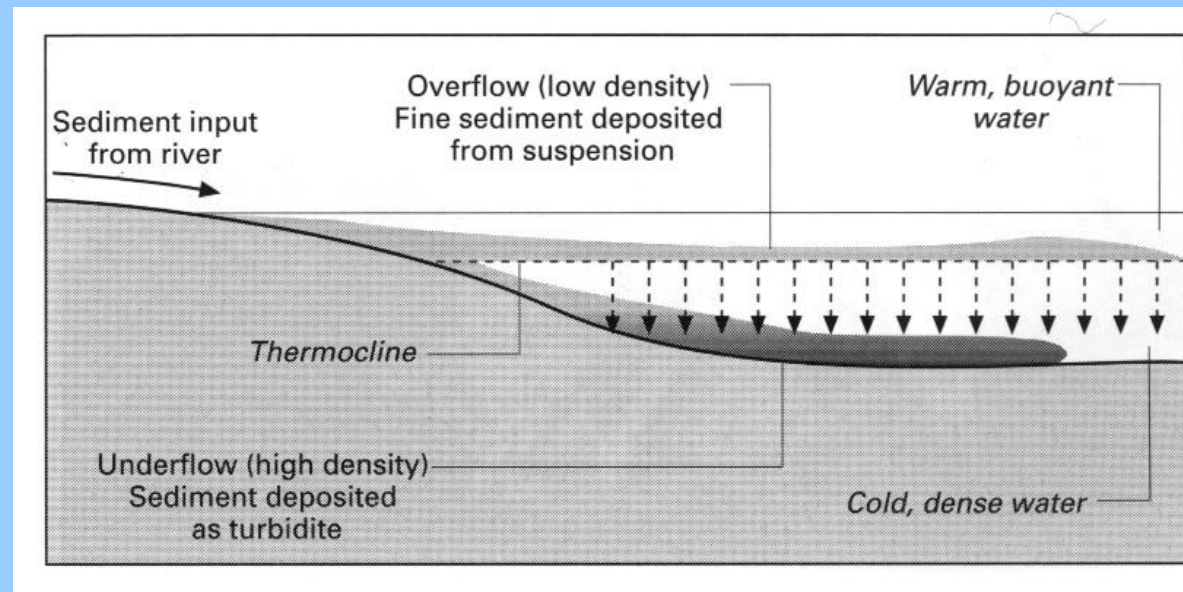
# SEDIMENTACE V JEZERECH

- je kontrolována hloubkou, přínosem sedimentu a chemickým složením vody.

## TRANSPORT MATERIÁLU V JEZERECH

### Transport v suspenzi

- oblak suspenze se šíří nad termoklínou a transportované částice z něho postupně vypadávají
- prachové částice vypadávají blízko ústí, jílové jsou distribuovány vlněním na velké vzdálenosti



### Transport hustotními proudy

Hustotní proudy bývají generovány seismickými otřesy, bouřkovým vlněním, přívalovými dešti.

- **úlomkotoky** a **bahnotoky** se vyskytují v okrajových částech s vysokým gradientem
- **turbiditní proudy** transportují hrubší materiál dále do jezera

# JEZERNÍ SEDIMENTY

## ▪ PŘÍBŘEŽNÍ FACIE

Hrubozrnný materiál se ukládá v ústí řek v podobě delt.

Mimo říční ústí záleží složení sedimentu na energii vln a proudů generovaných větrem.

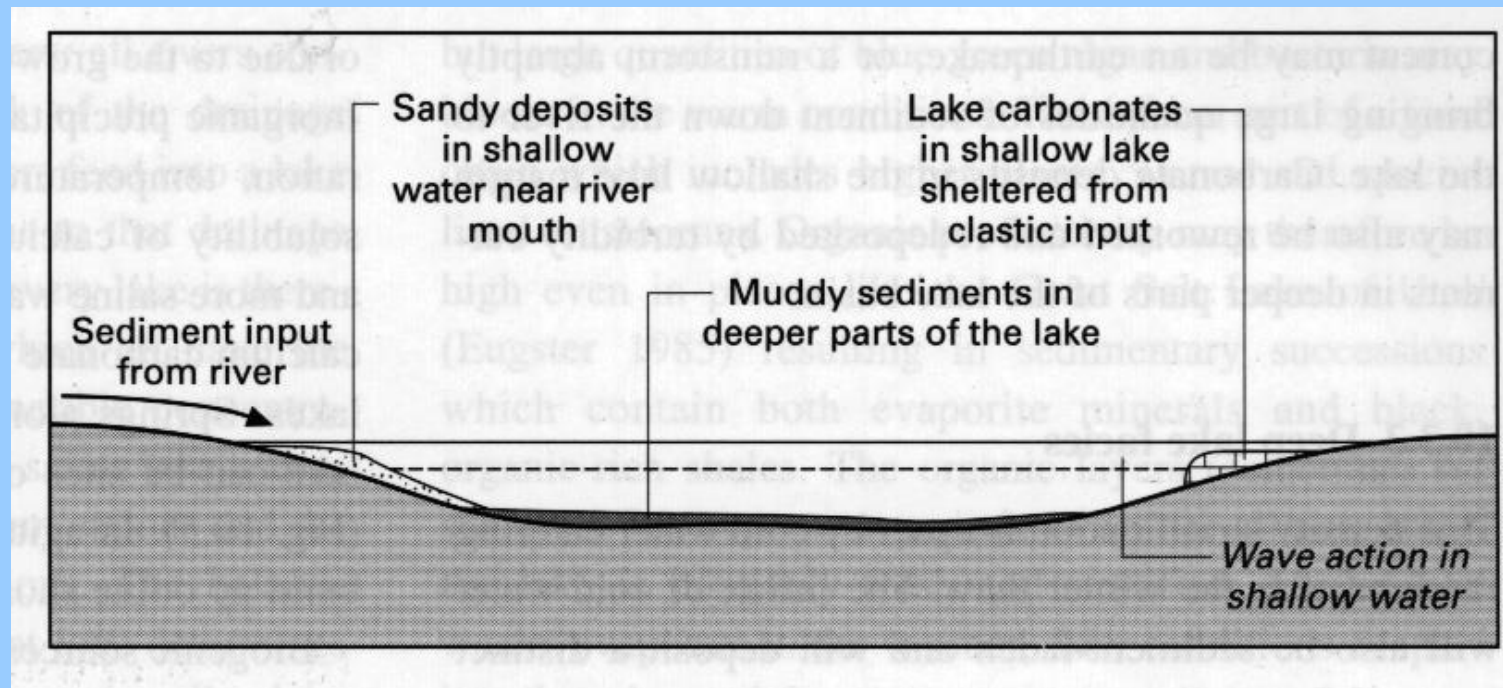
**malá energie** – jemnější materiál v příbřežních oblastech

**velká energie** – vznik písečných pláží

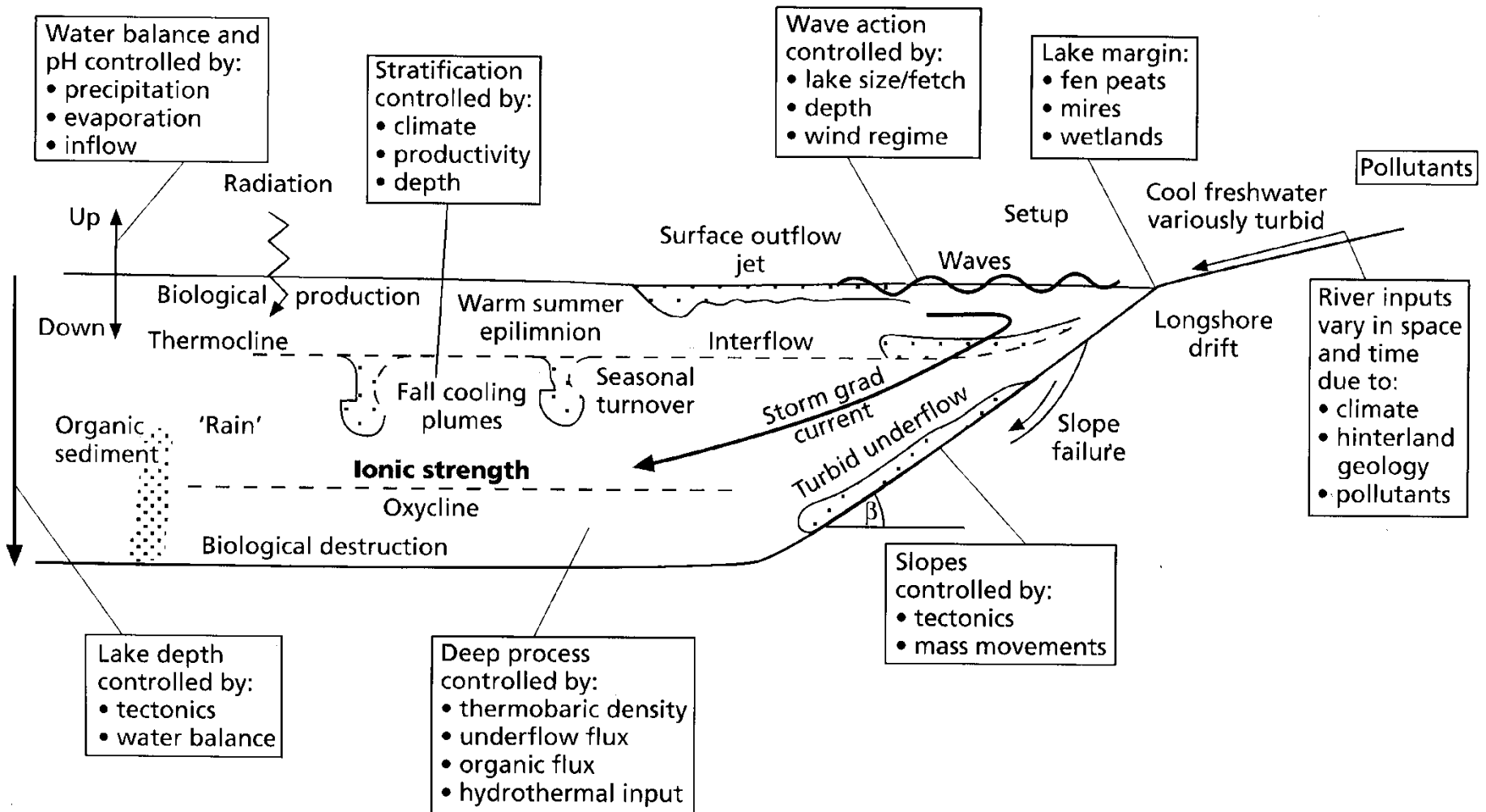
## ▪ HLUBOKOVODNÍ FACIE

Nejjemnější materiál (jílová frakce) s dobře vyvinutou laminací

*varvity*



# PŘEHLED SEDIMENTÁRNÍCH PROCESŮ



## ▪ **KARBONÁTY**

Vznikají ve sladkovodních jezerech nebo jejich částech s omezeným přínosem klastického materiálu.

Vznik anorganickým srážením nebo produkcí organismů.

### **SRÁŽENÍ**

- **evaporace**
- **teplotní změny** vody redukující rozpustnost  $\text{CaCO}_3$
- **míšení** sladké a slané vody (**tufa** – vznik na kontaktu slané vody s mineralizovanými sladkými prameny)

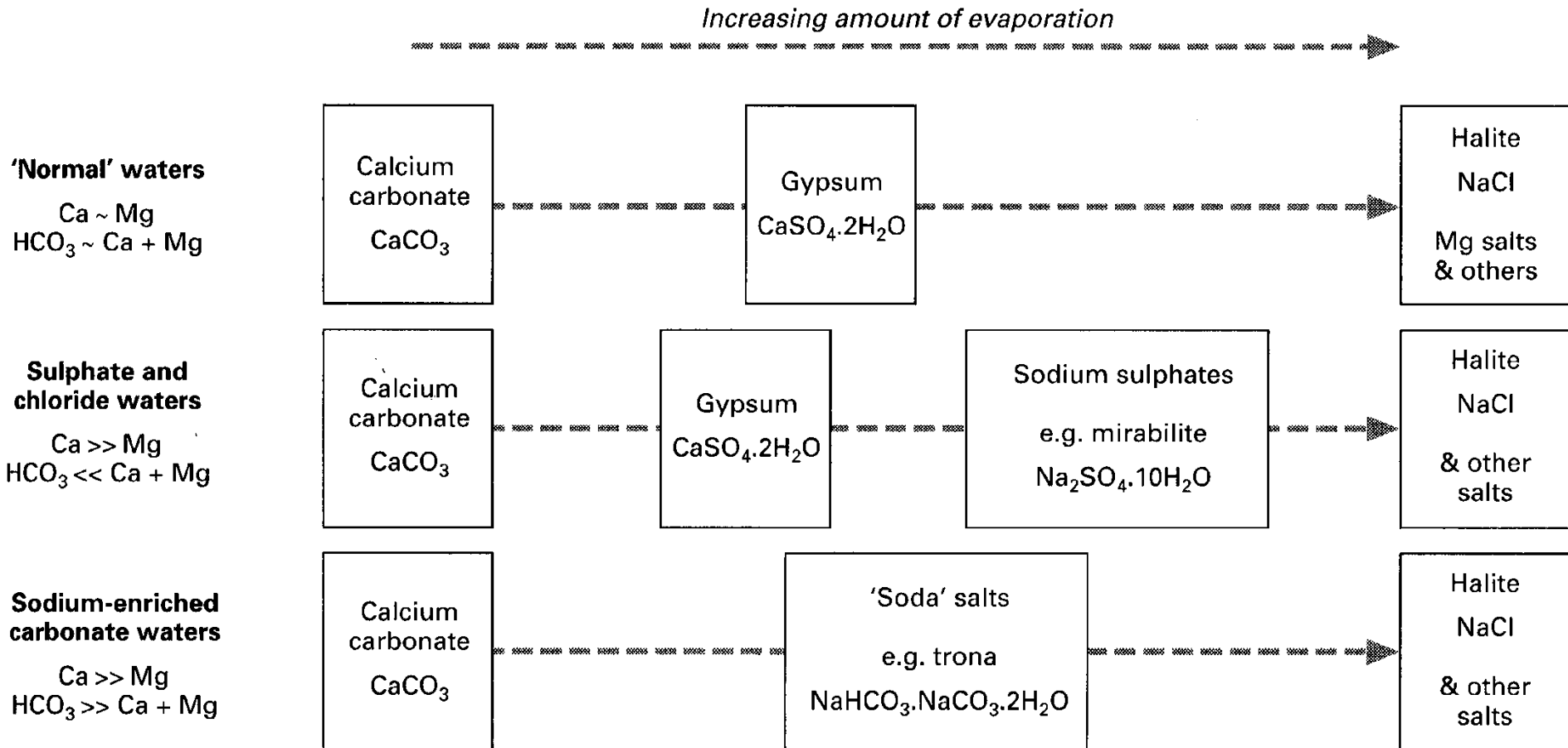
### **ORGANICKÁ PRODUKCE**

- akumulace **bioklastů** (plži, mlži, řasy); rozpad Ca řas – hlavní zdroj karbonátového bahna
- **ooidy** – oolitické mělčiny
- **stromatolity**

**Redistribuce karbonátového materiálu do větších hloubek.**

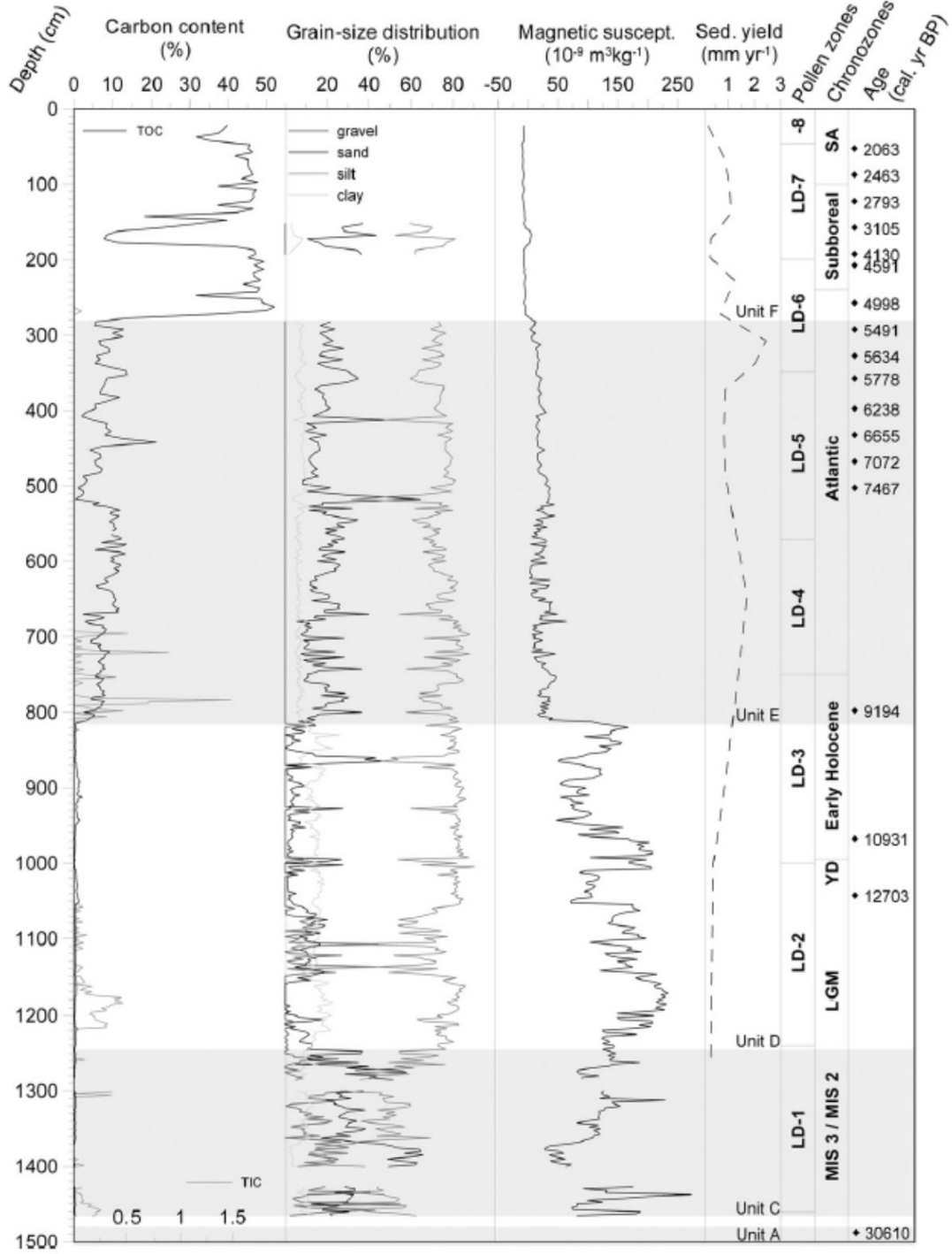
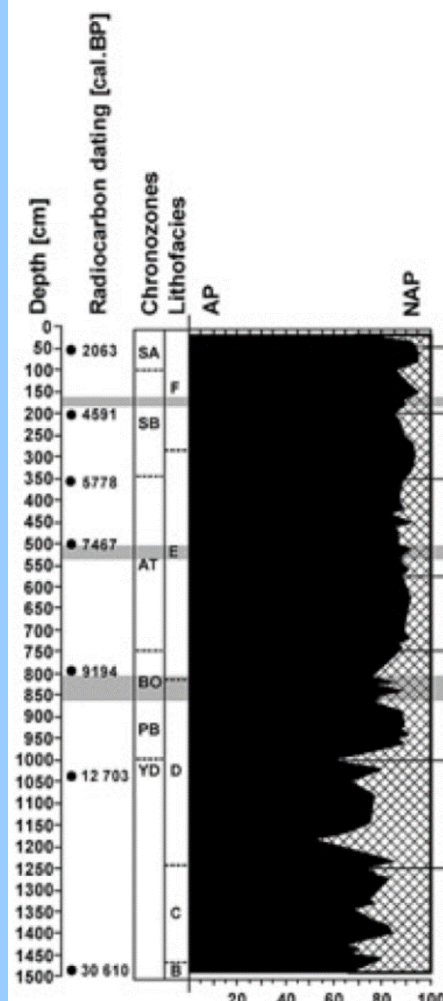
# SLANÁ JEZERA

- vznikají v tropických a subtropických oblastech s nízkými srážkami
- jsou hydrologicky uzavřena
- složení vody závisí na složení vody přitékající řekami – sůl pochází z hornin ve zdrojové oblasti  
⇒ **různá jezera mají různá složení** (moře – stejná složení, ale různé koncentrace)

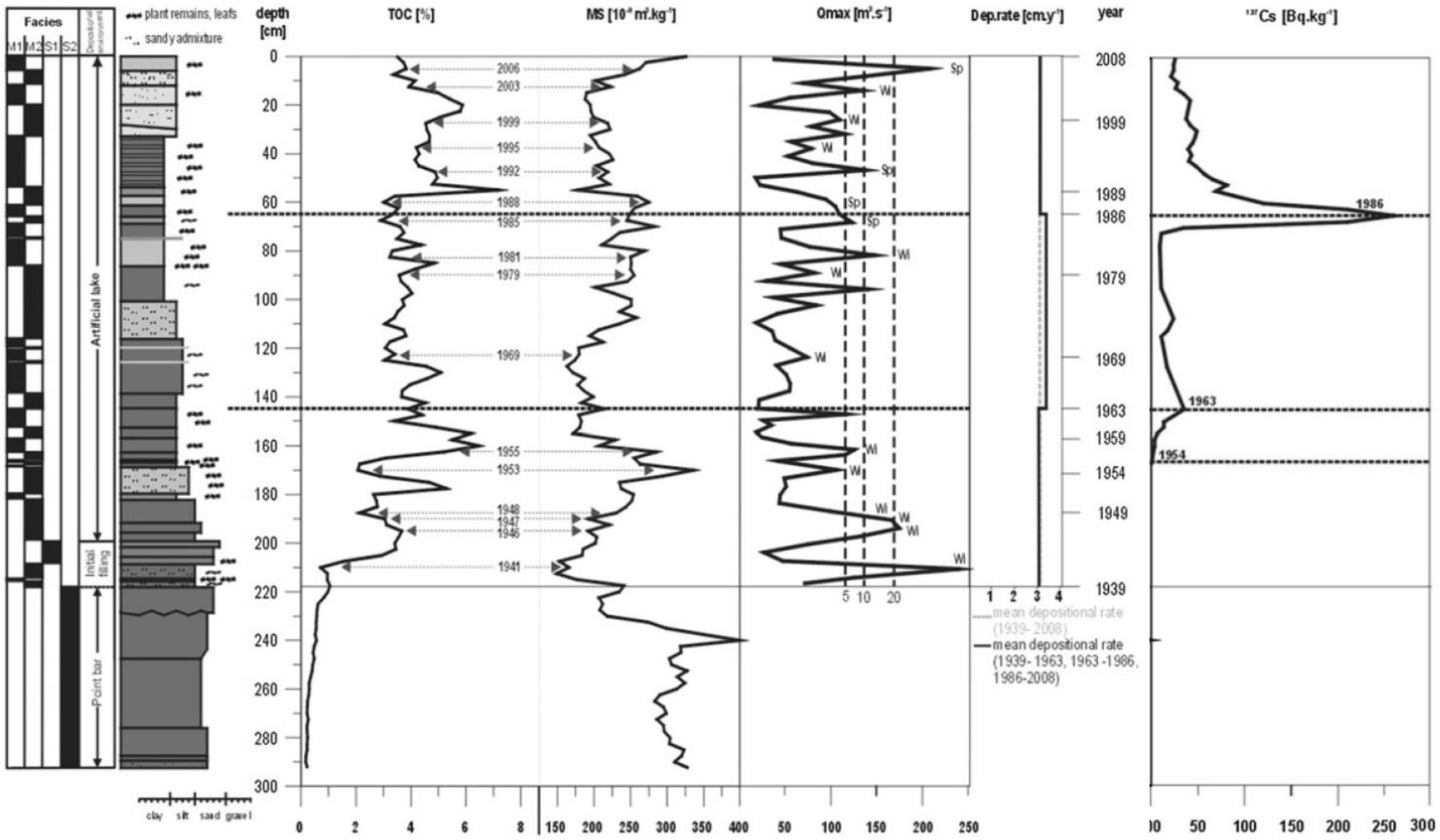


# Jezerní sedimenty

zrnitost, magnetická susceptibilita, organický uhlík, rychlost sedimentace, palynologie – přínos materiálu z povodí, klimatická podmíněnost, paleoprostředí

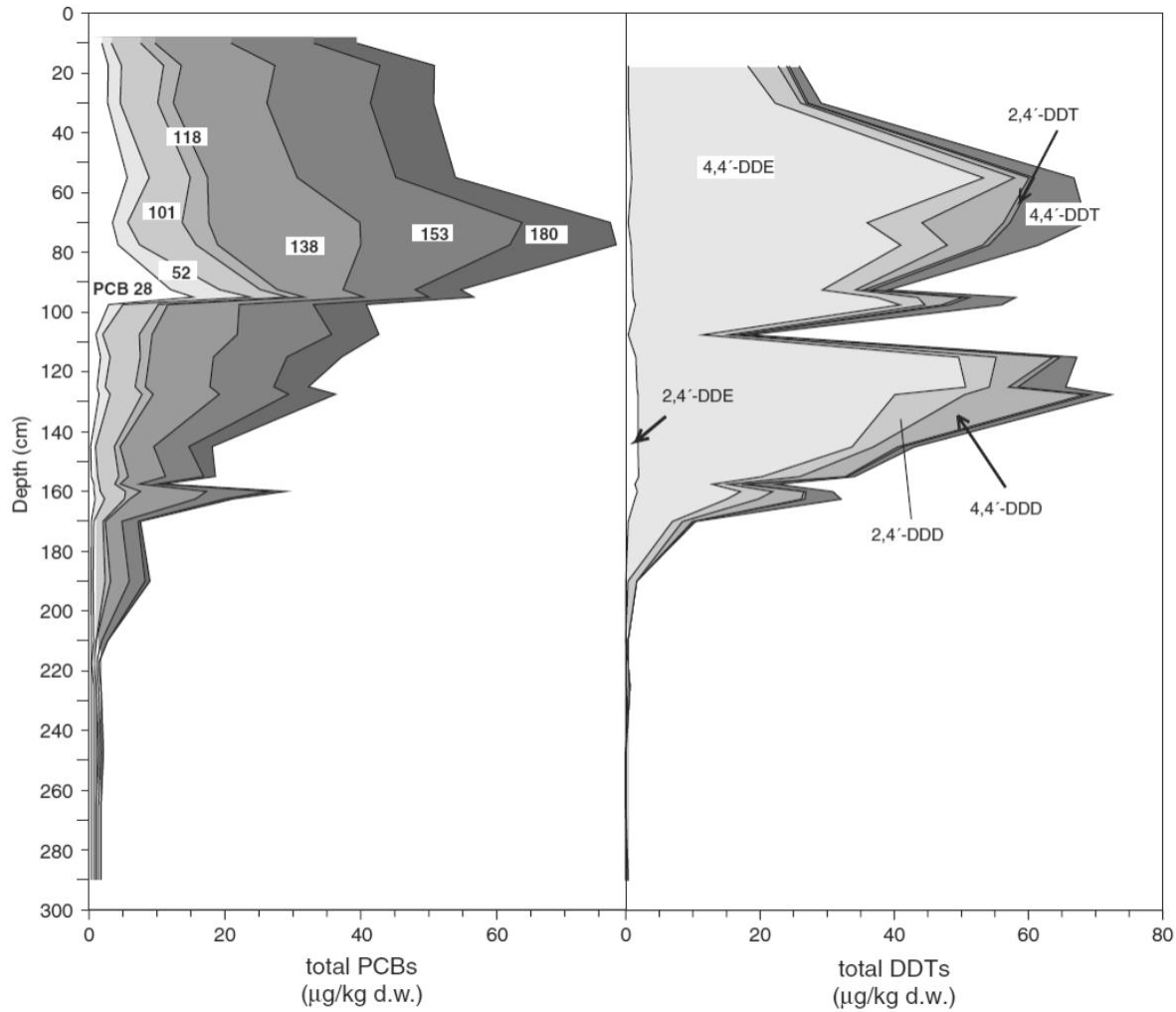
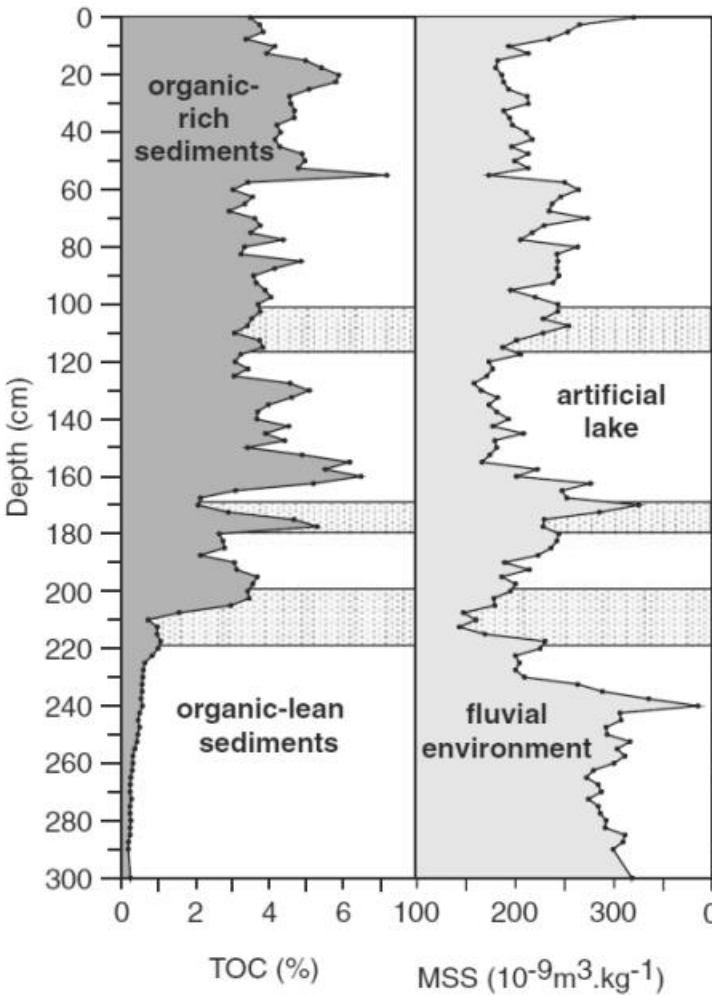


# Jezerní sedimenty – organický C, MS, rychlost sedimentace, chronologie na základě <sup>137</sup>Cs a korelace s povodněmi

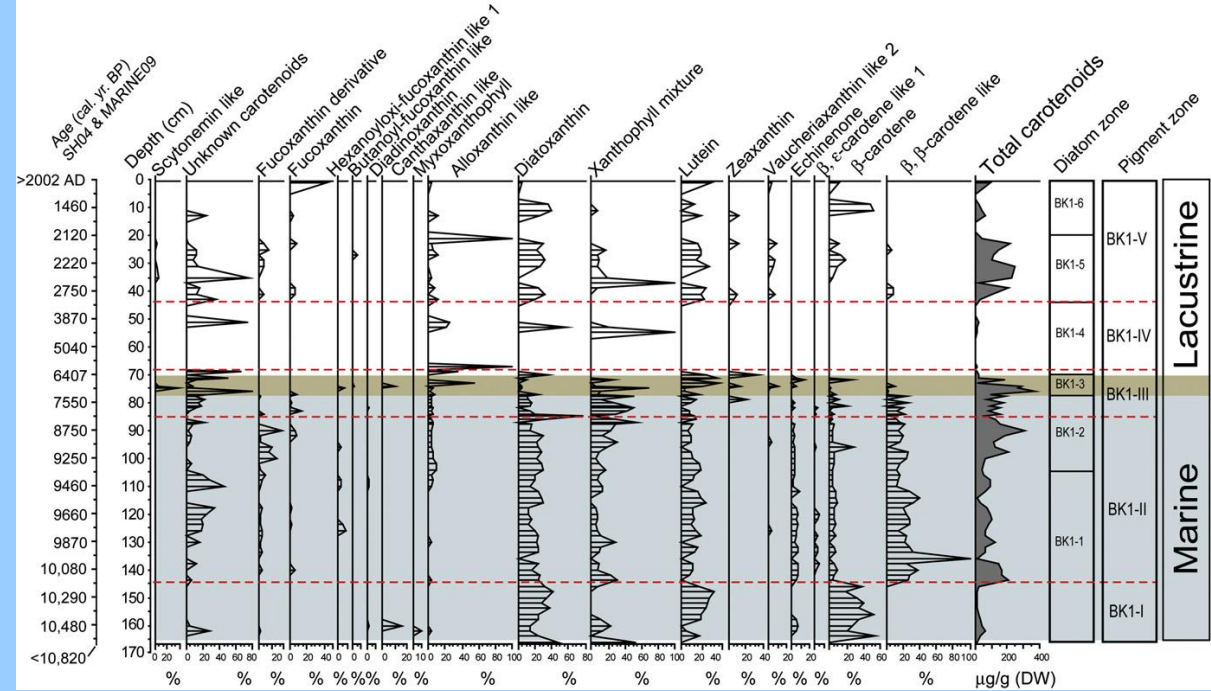
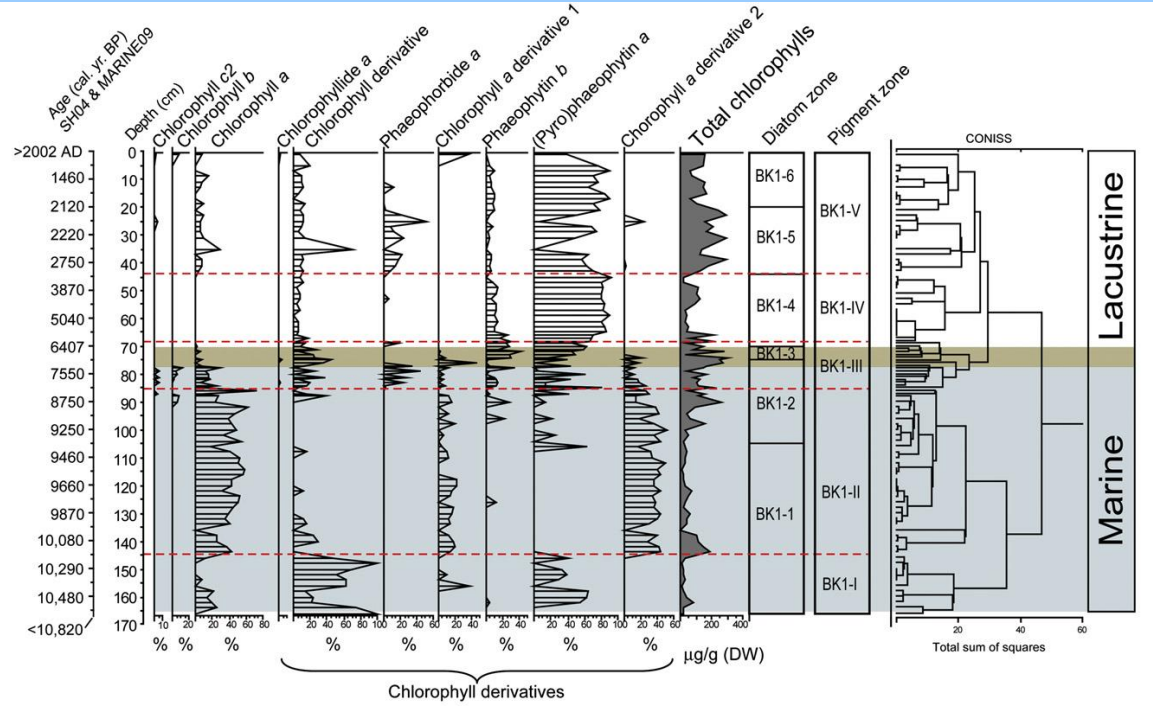




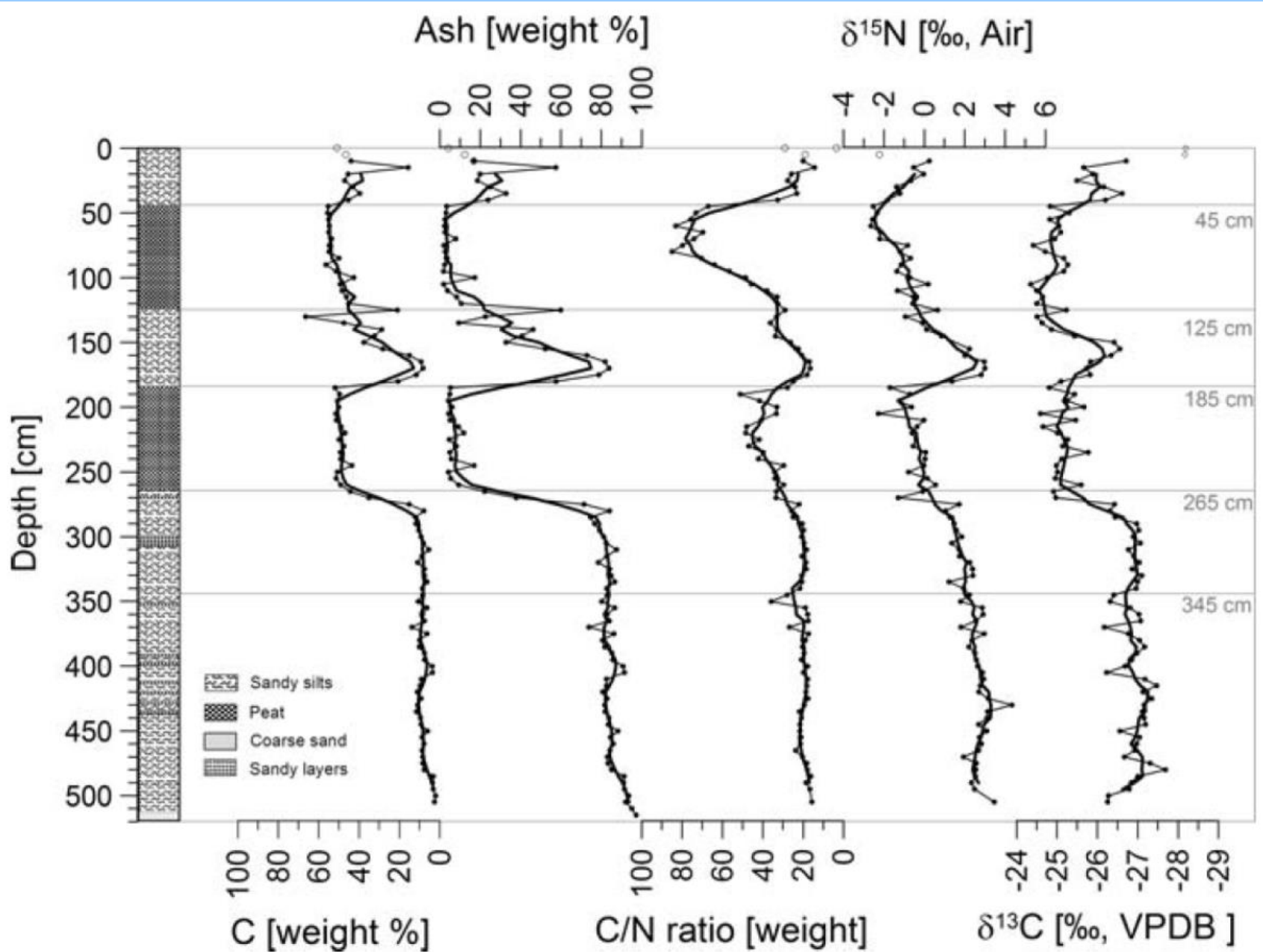
# Jezerní sedimenty – organické polutanty (PCBs, HCB, DDTs, PAHs)



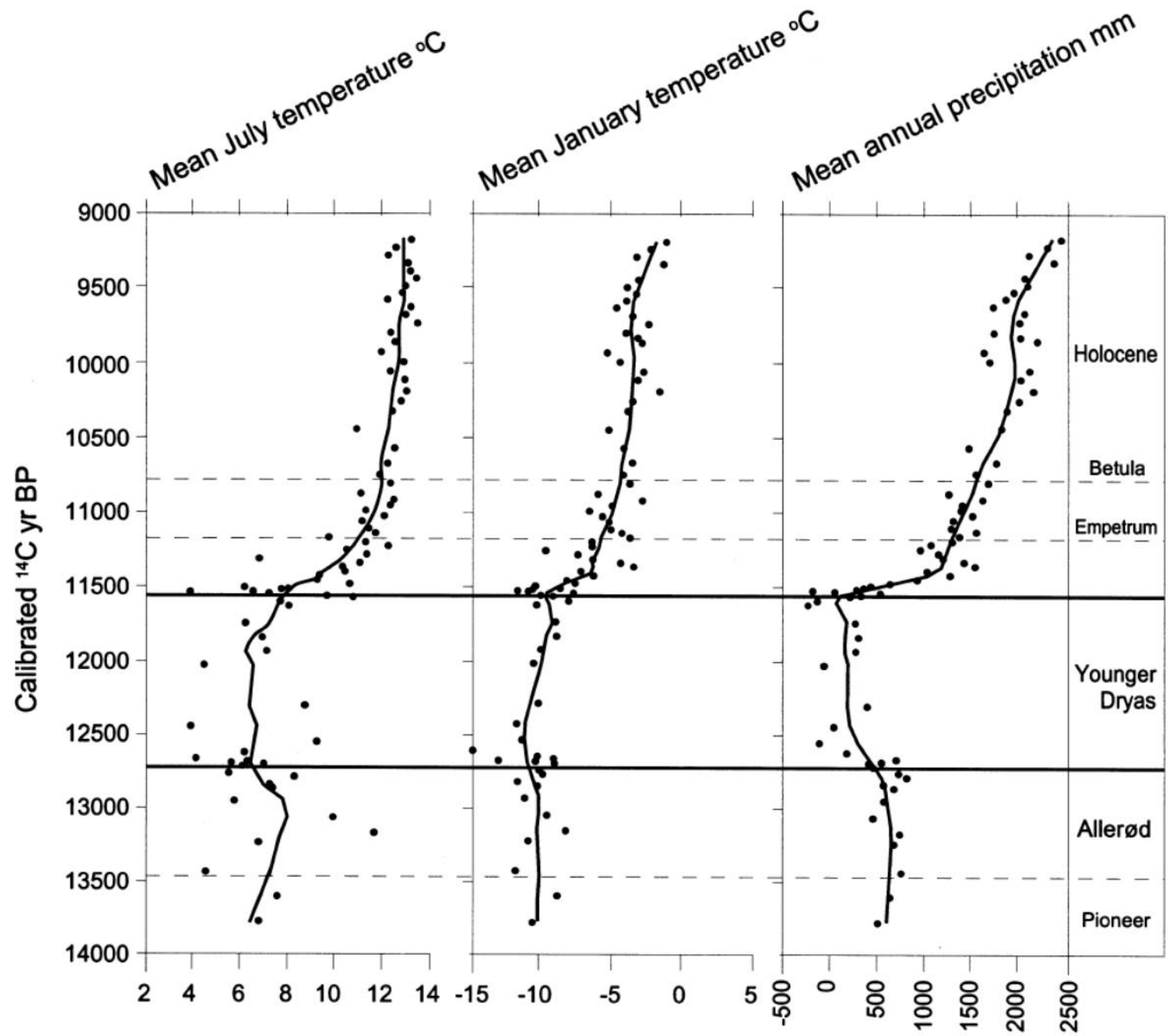
# Jezerní sedimenty – pigmenty



# Jezerní sedimenty (stabilní izotopy) – $\delta^{13}\text{C}$ změny v trofických podmínkách v povodí, ale i použitelnost pro rekonstrukci klimatu

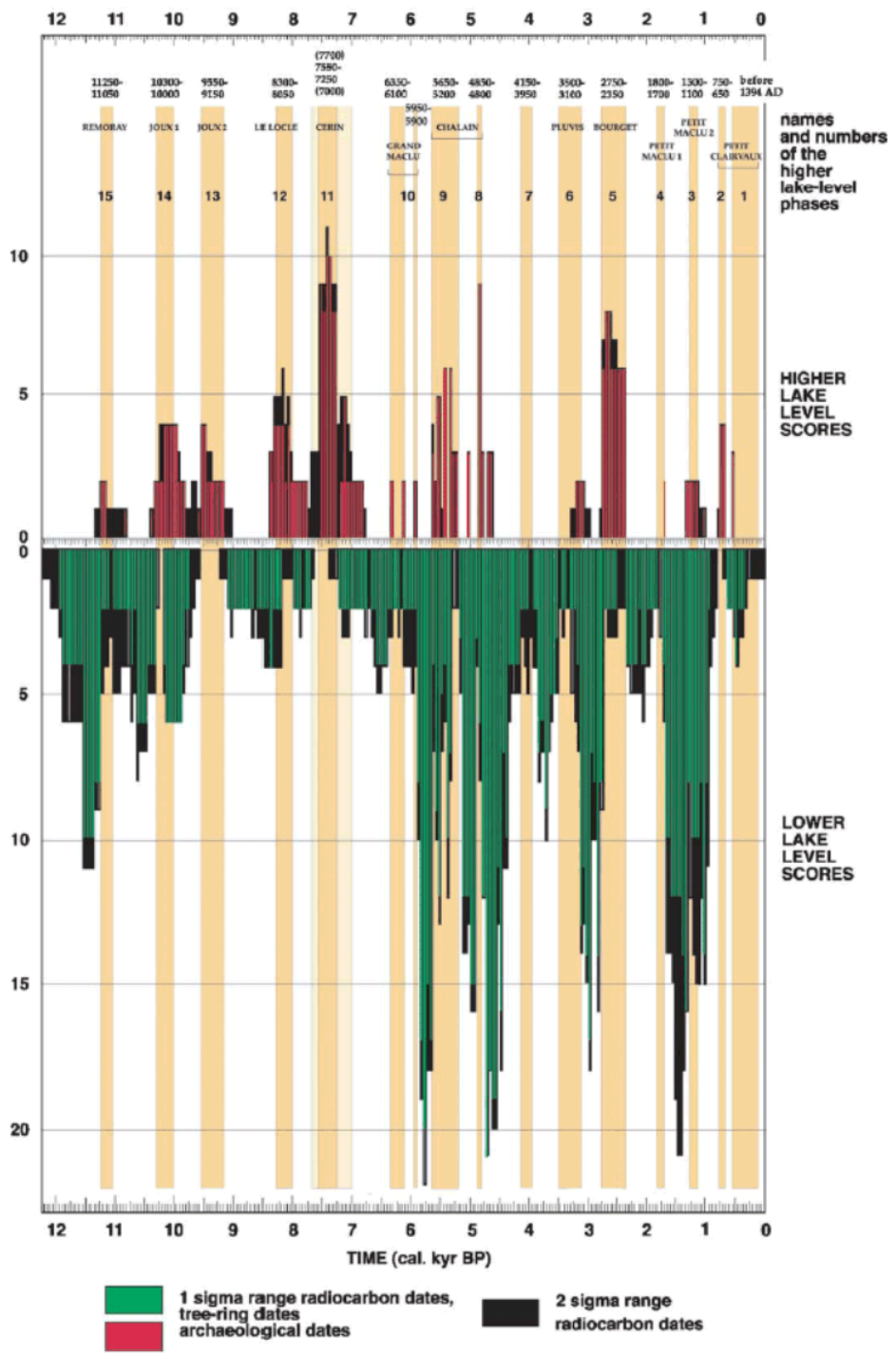
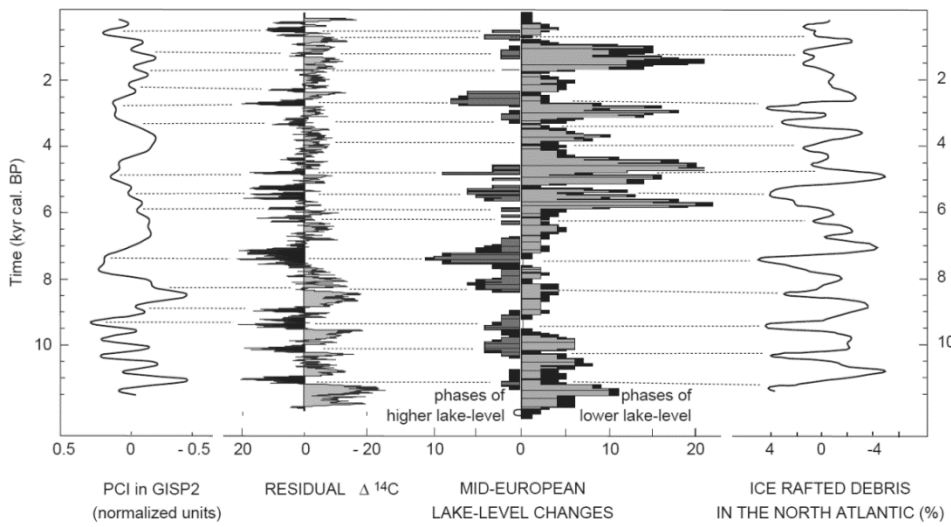


# Jezerní sedimenty – rekonstrukce paleoteplot a paleosrážek

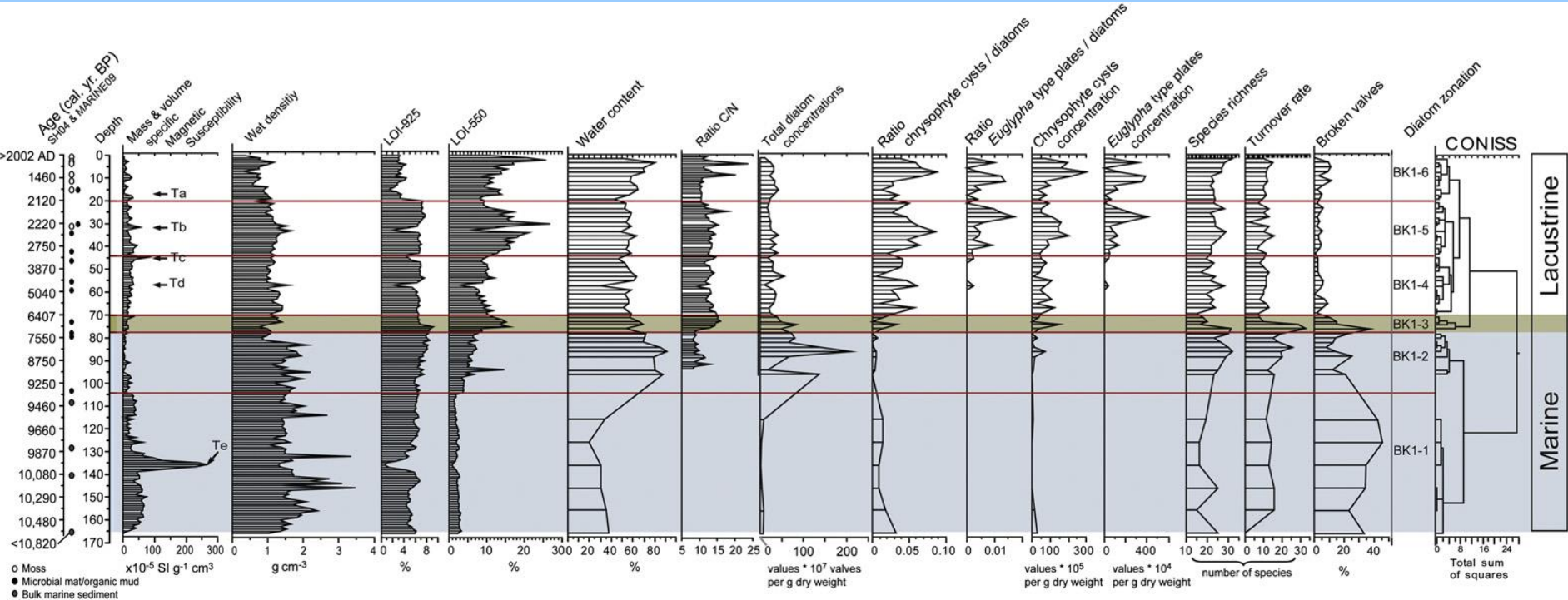


# Jezerní sedimenty

kolísání hladiny

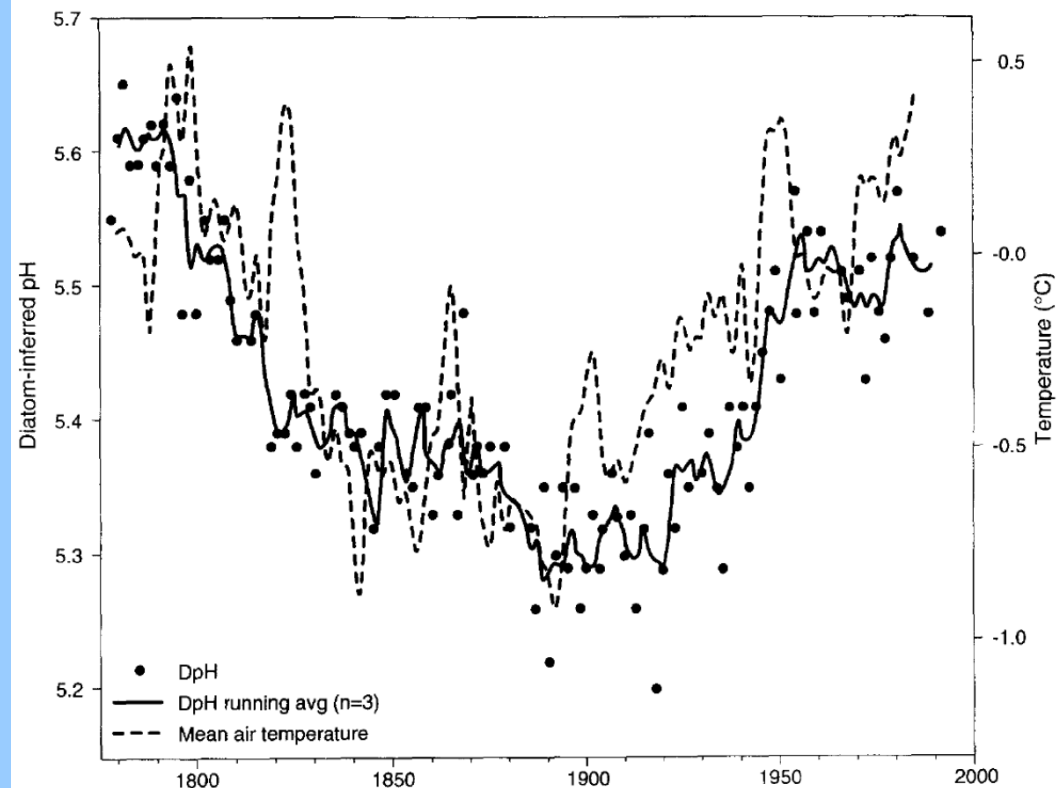
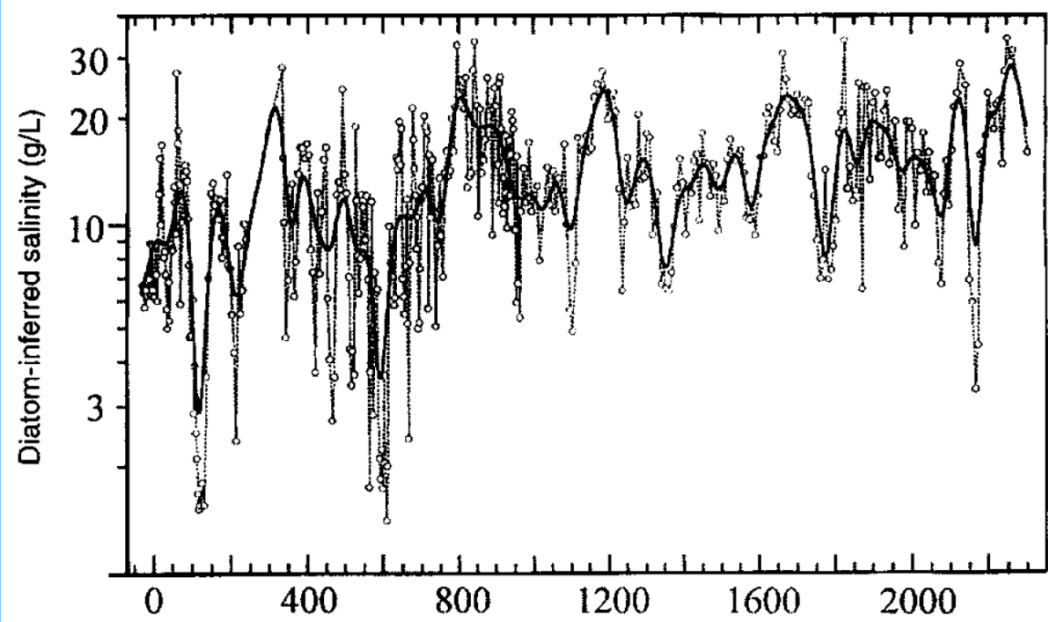


# Jezerní sedimenty – biostratigrafie



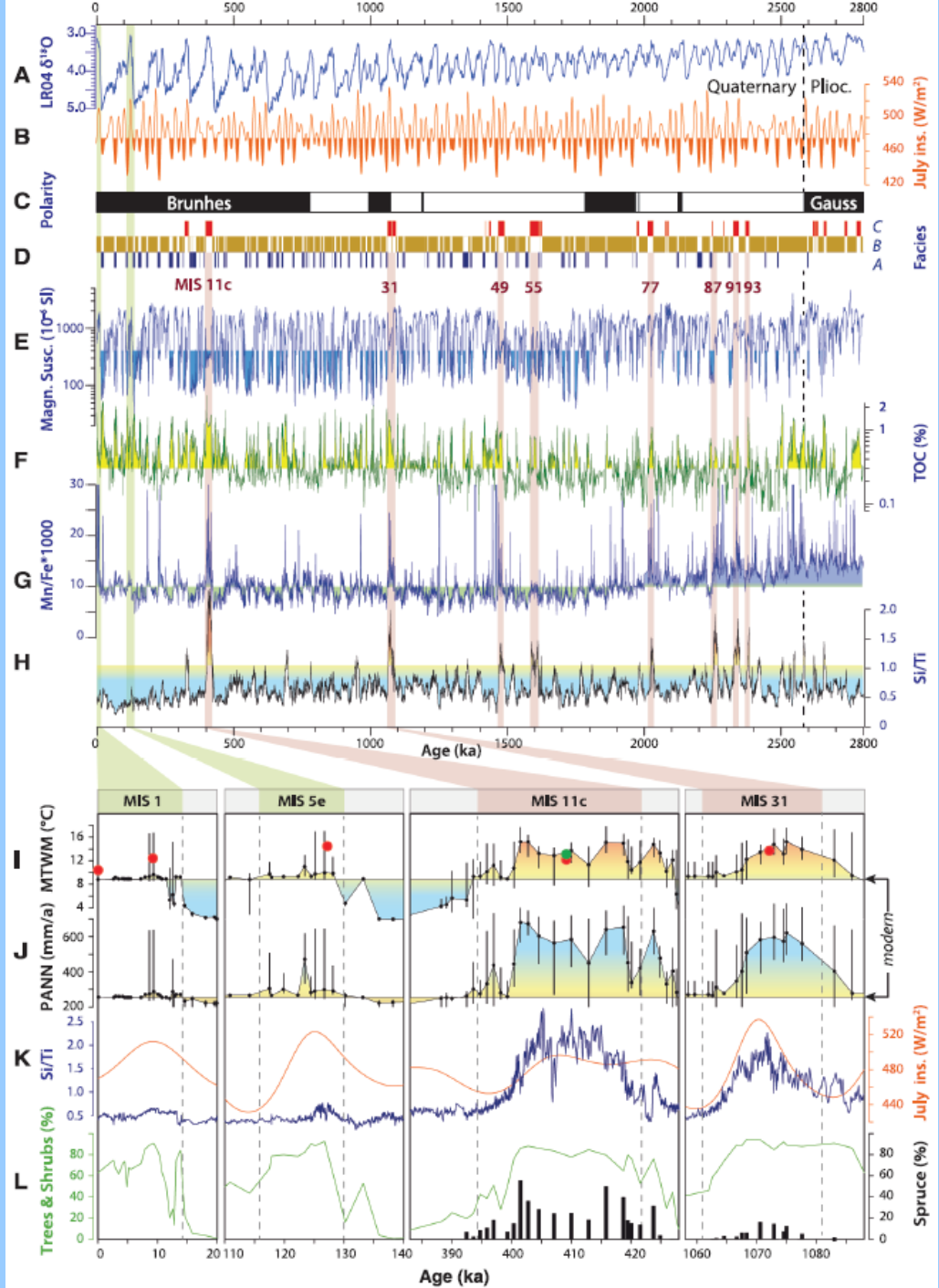
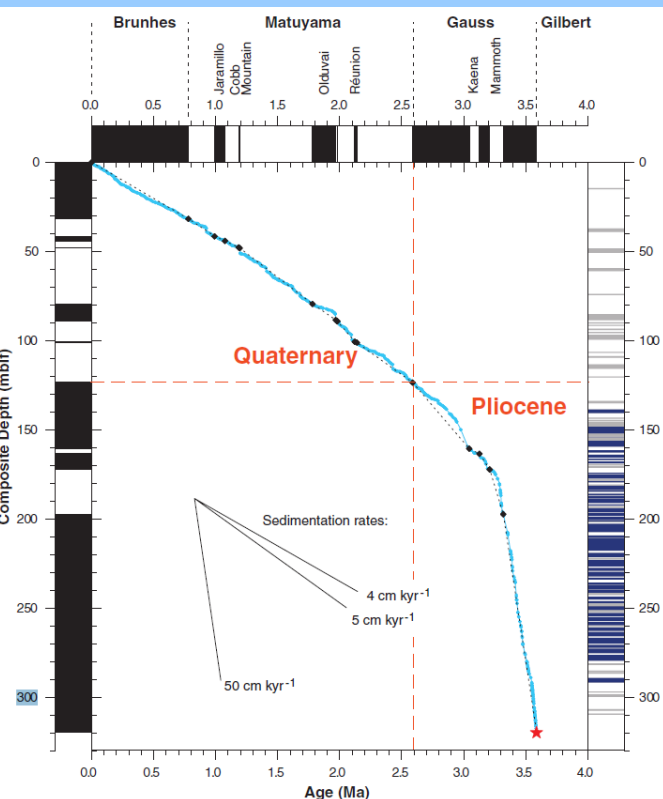
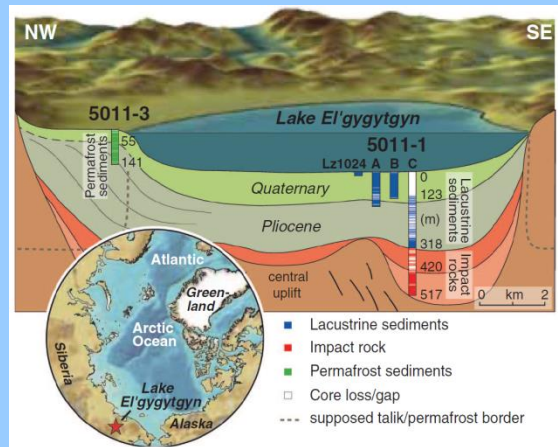
# Jezerní sedimenty

rekonstrukce salinity a pH z rozsivek



# Kvartérní záznam klimatu a prostředí v jezerních sekvencích

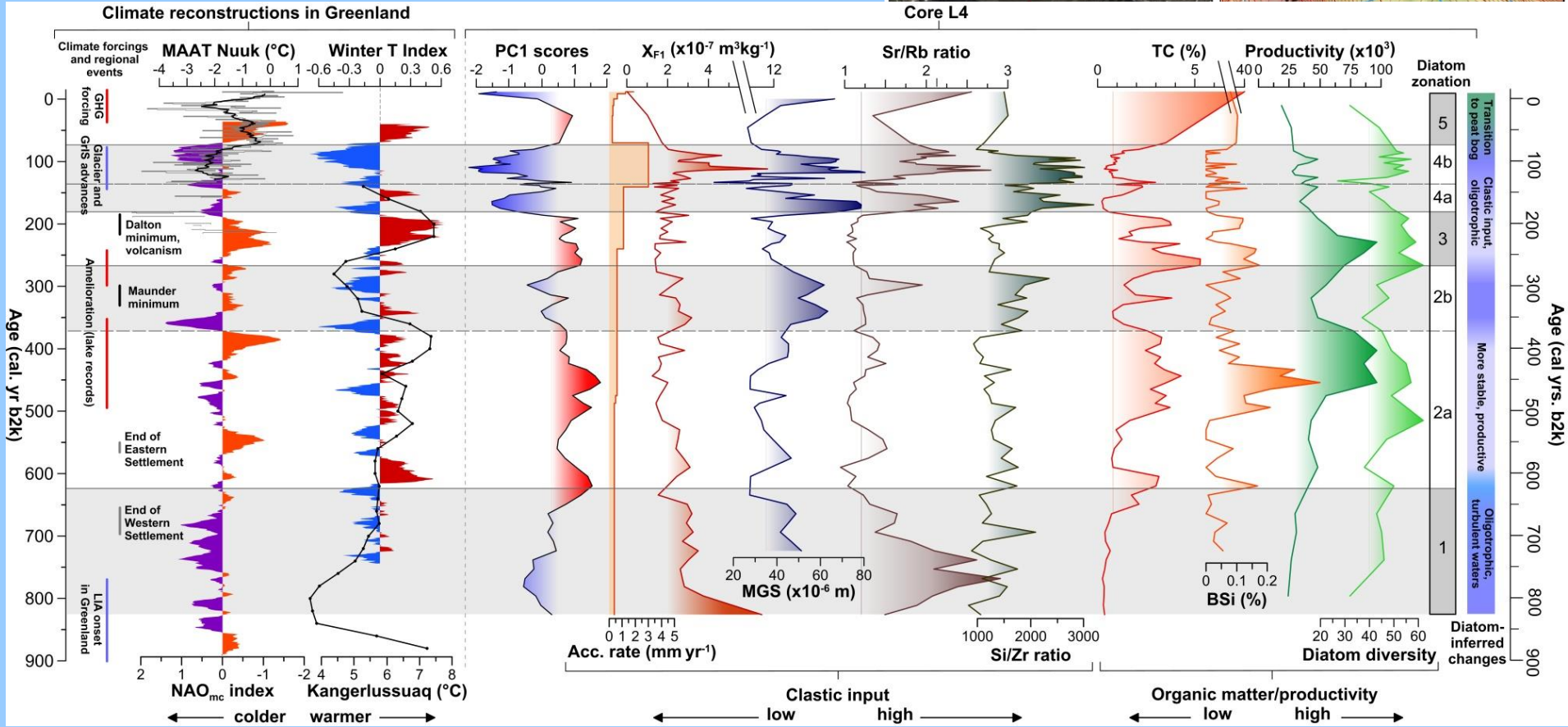
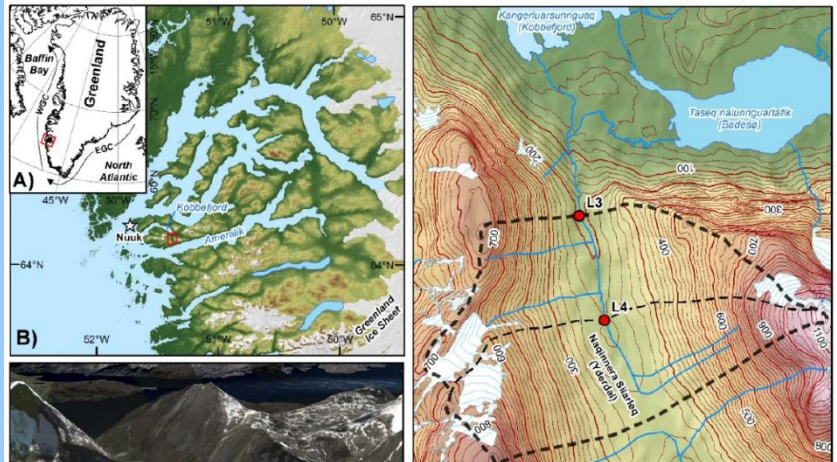
## El'gygytyn





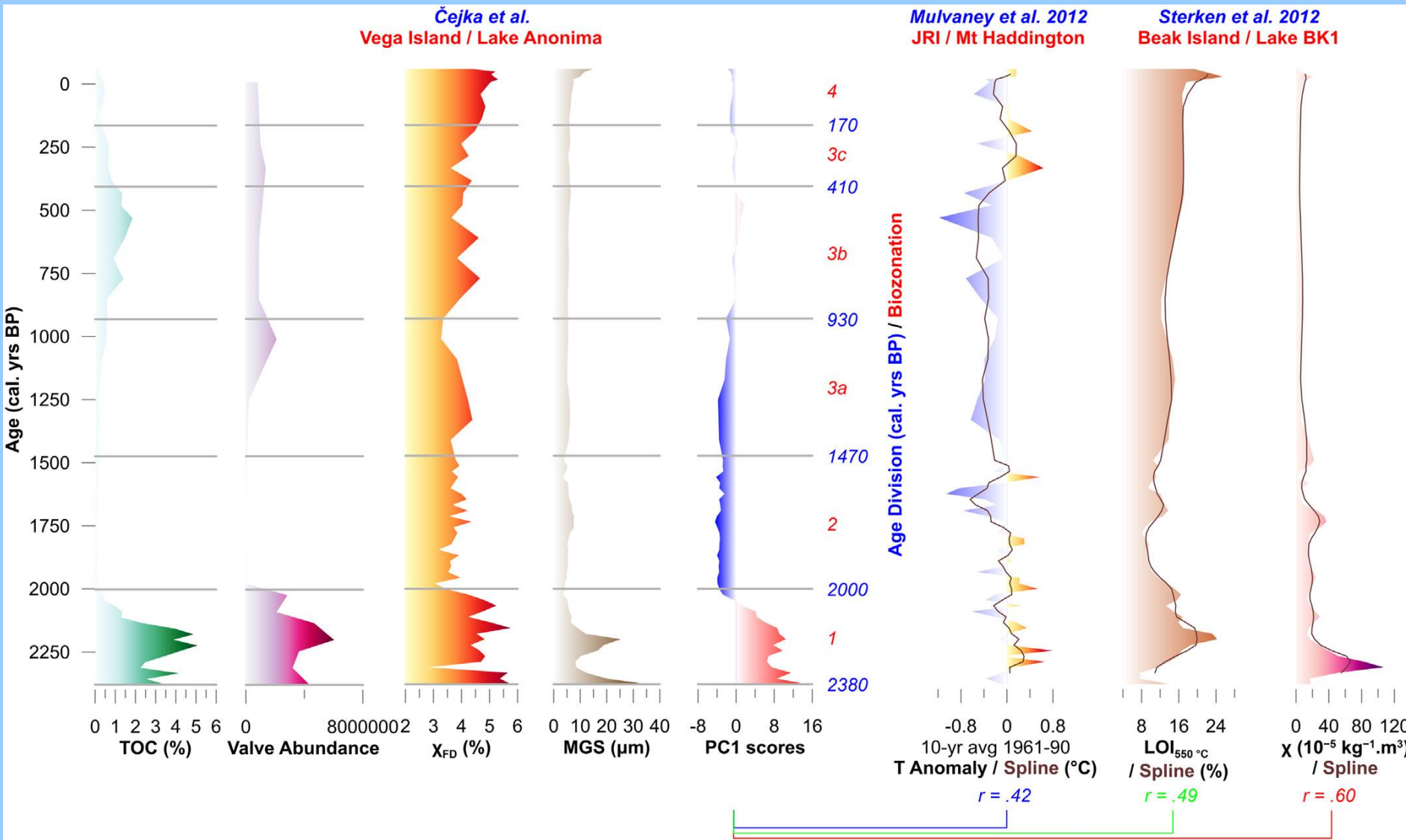
# Multi-proxy záznam změn klimatu a prostředí v jezerních sekvencích

## Zazemněná jezera v Kobbefjordu, JZ Grónsko



# Multi-proxy záznamy pro rekonstrukci regionálních klimatických změn

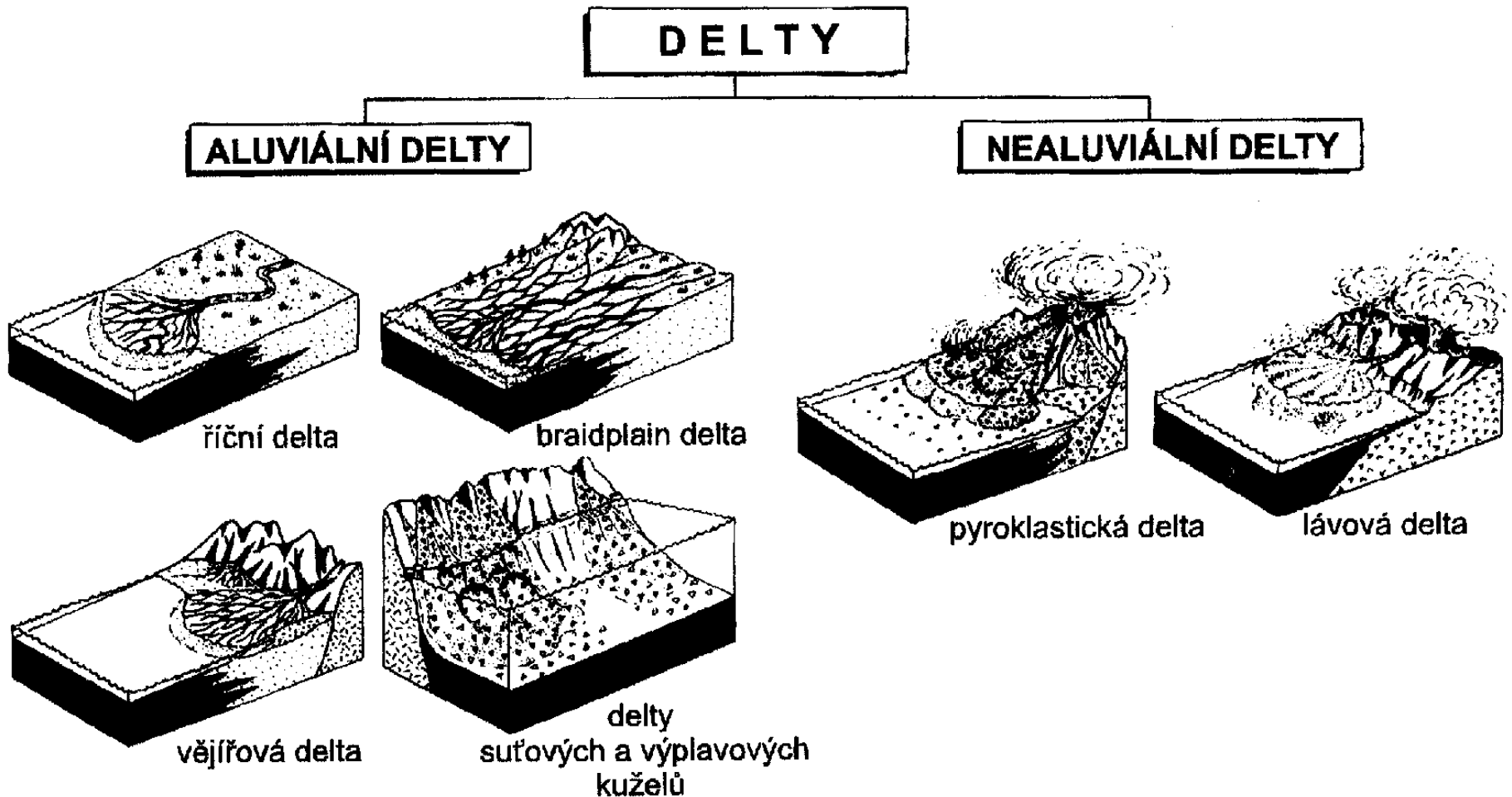
## Počátek neoglaciální fáze v oblasti SV části Antarktického poloostrova



# DELTY

**Delta** – typ ústí řeky do moře (jezera, laguny), ve kterém převažuje akumulace nad erozní činností vlnění, dmutí nebo příbřežních proudů.

Nejčastěji se vyskytují v regresních obdobích, tedy především v **glaciálech**.

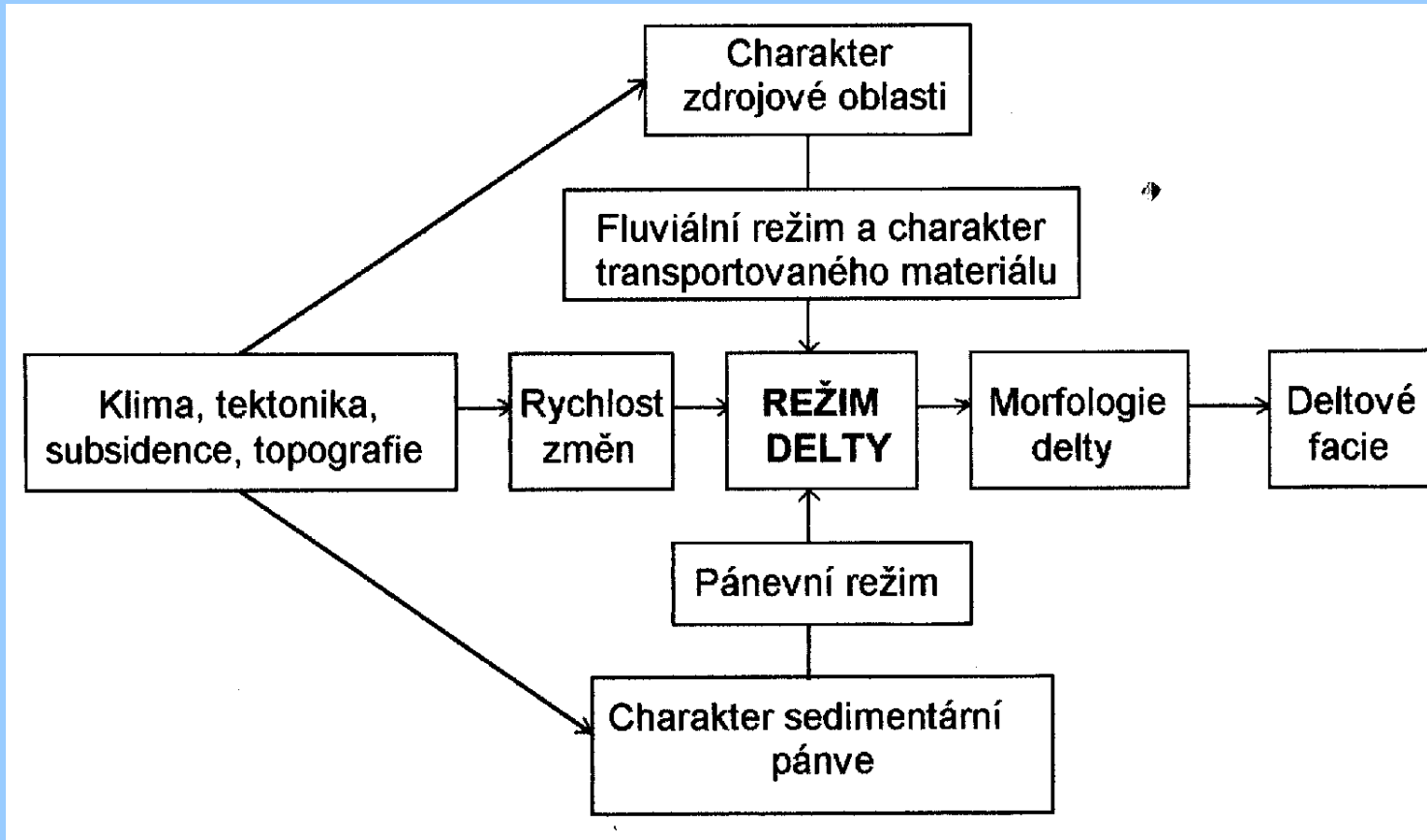


# Princip deltové sedimentace

zpomalení transportního proudu v oblasti ústí říčního přínosového systému do vodní nádrže ⇒ pokles kompetence proudu ⇒ vypadávání transportovaného materiálu z proudu

**Režim delty** soubor procesů a faktorů ovlivňujících:

- způsob distribuce a sedimentace materiálu v oblasti delty
- výslednou geomorfologii delty
- litofaciální složení



# DÍLČÍ SEDIMENTÁRNÍ PROSTŘEDÍ

## Deltová plošina (delta topset)

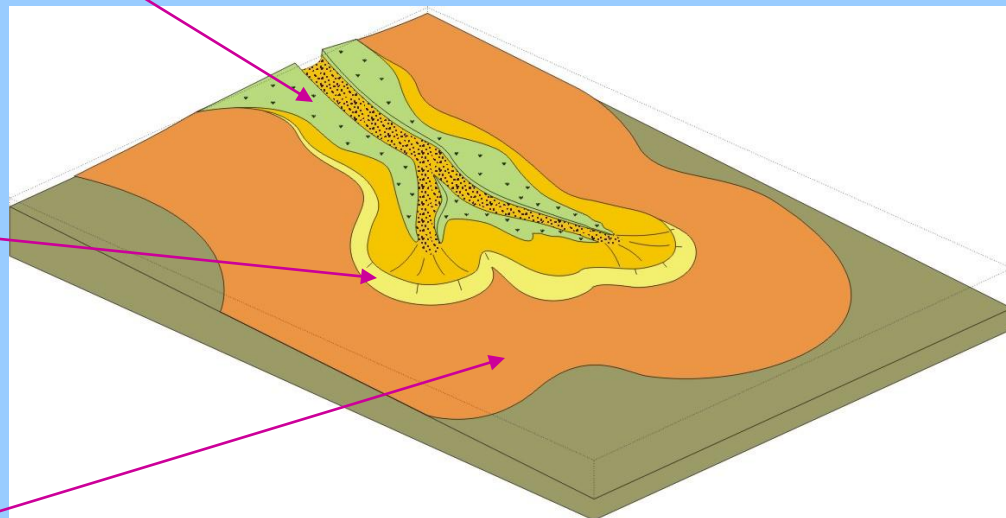
- má charakter přínosového systému
- je modifikována pánevními procesy

## Čelo delty (delta foreset)

- oblast hlavní deltové sedimentace
- oblast interakce aluviálních a pánevních procesů

## Prodelta (delta bottomset)

- sedimentace nejjemnějšího materiálu  
(sedimentace ze suspenze, gravitační proudy)
- plně pod vlivem pánevních procesů

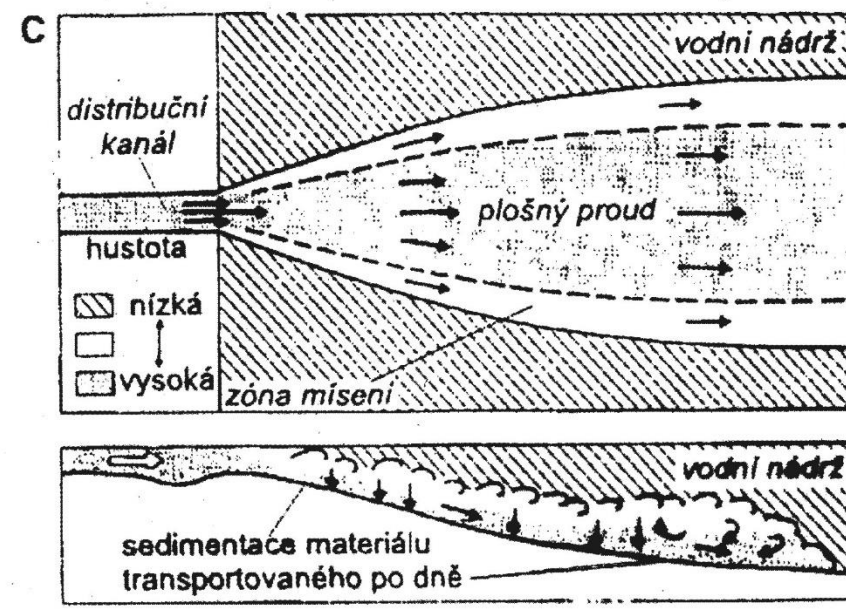
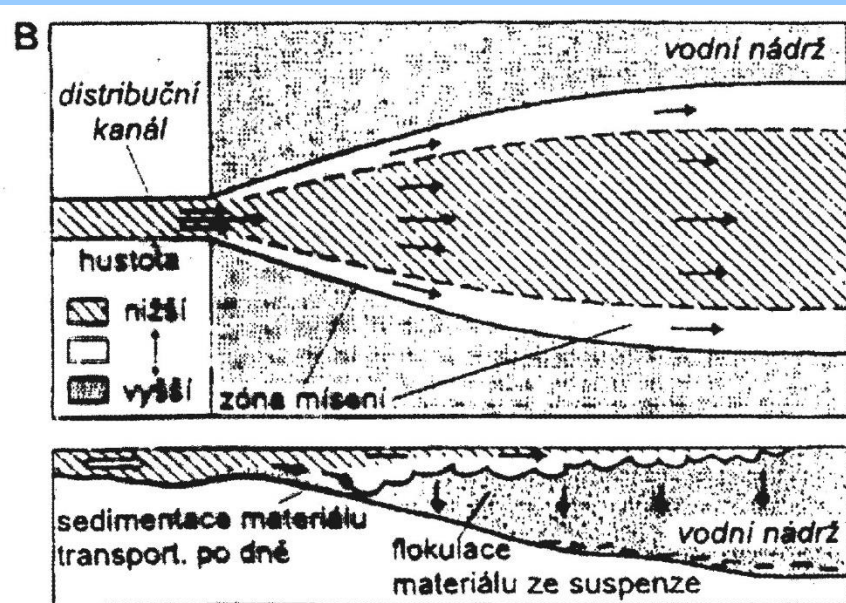
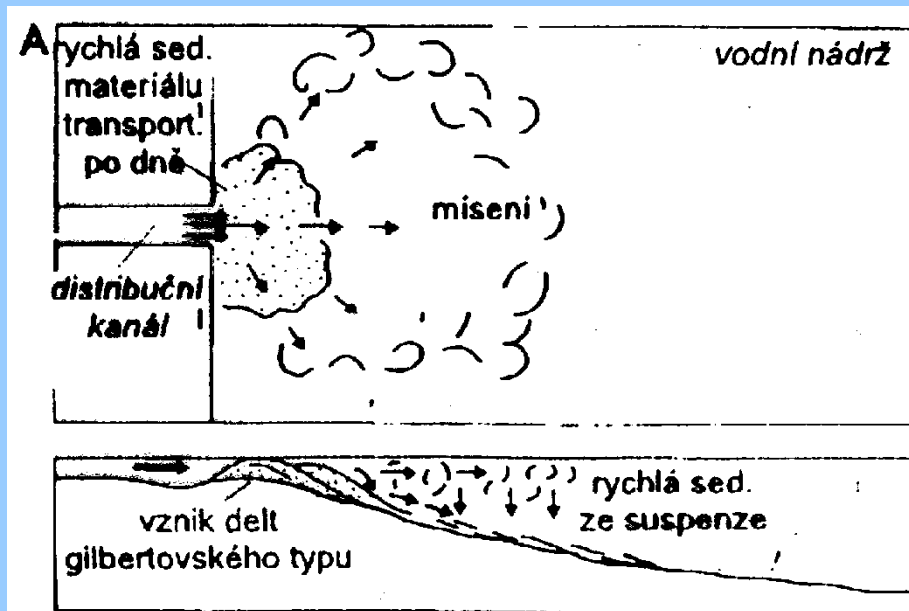


## Interakce mezi vodou přínosového systému a vodní nádrže

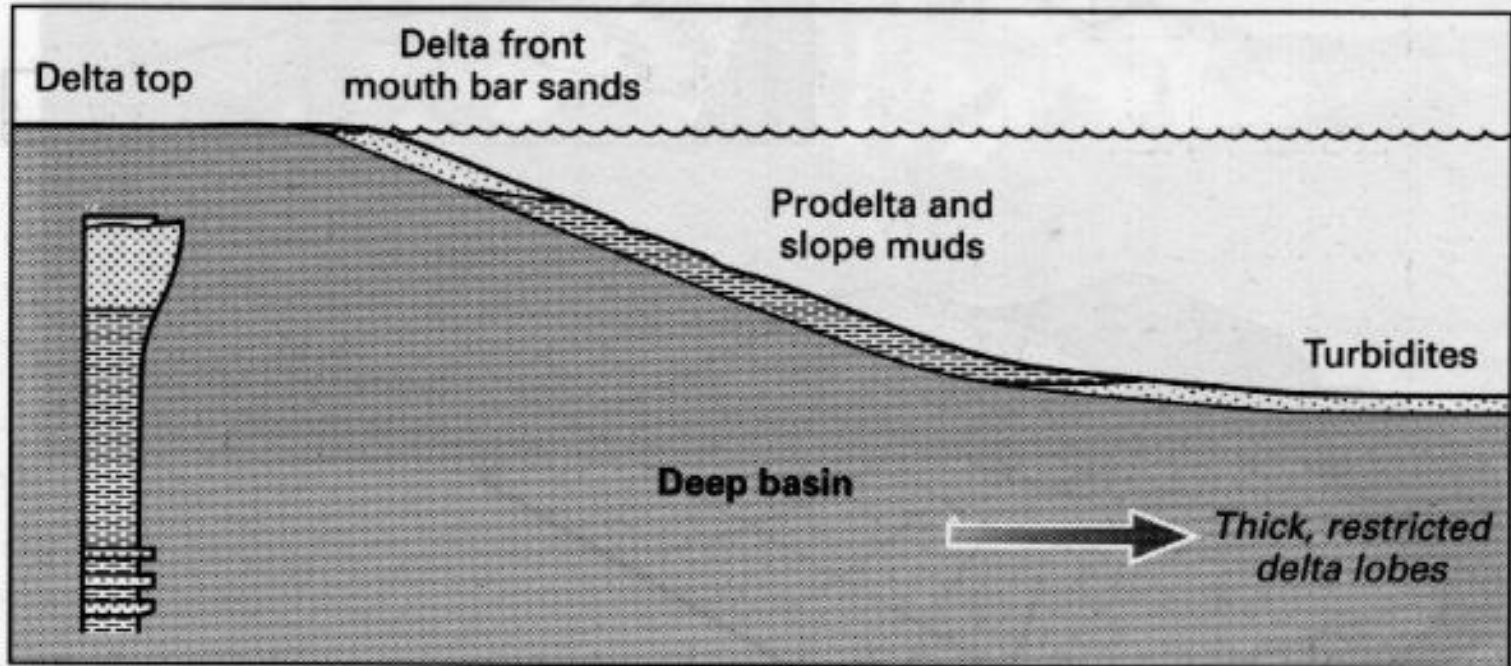
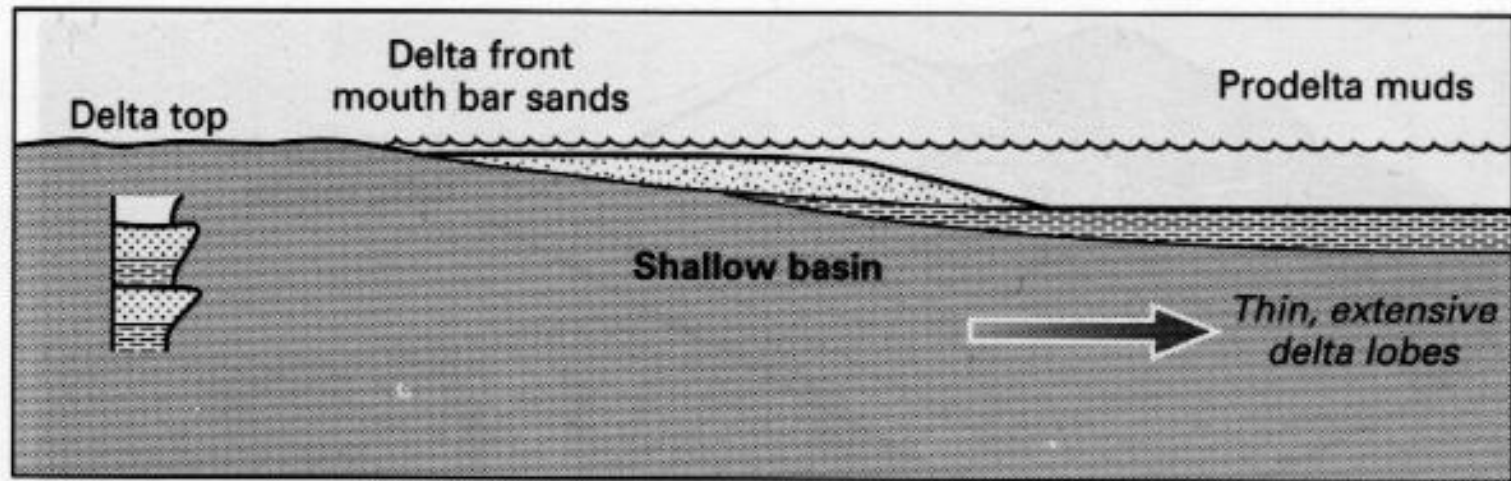
- vliv na rozptýlení a sedimentaci materiálu po vstupu do sedimentární pánve

- závisí na hustotním rozdílu mezi přitékající vodou ( $\rho_p$ ) a vodou nádrže ( $\rho_n$ )

- homopyknický vtok  $\rho_p = \rho_n$
- hypopyknický vtok  $\rho_p < \rho_n$
- hyperpyknický vtok  $\rho_p > \rho_n$



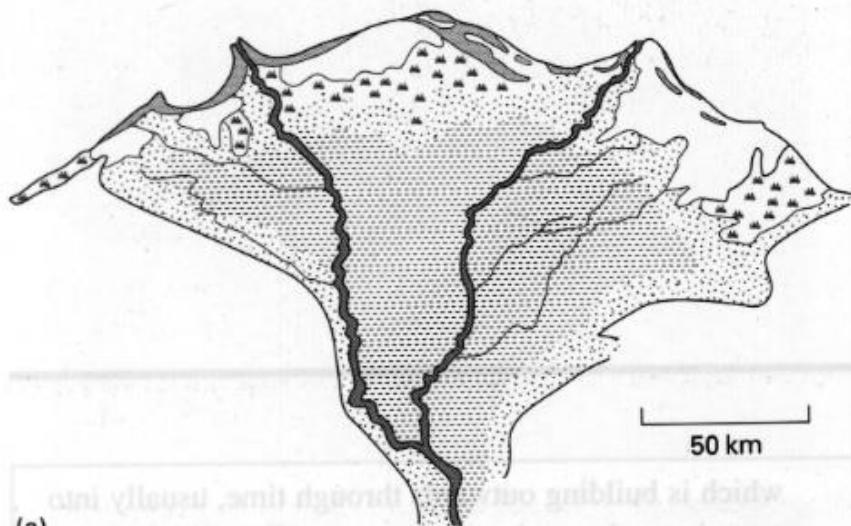
# Vliv hloubky na geometrii deltového tělesa – hloubkový poměr a/b



# GEOMORFOLOGIE DELT

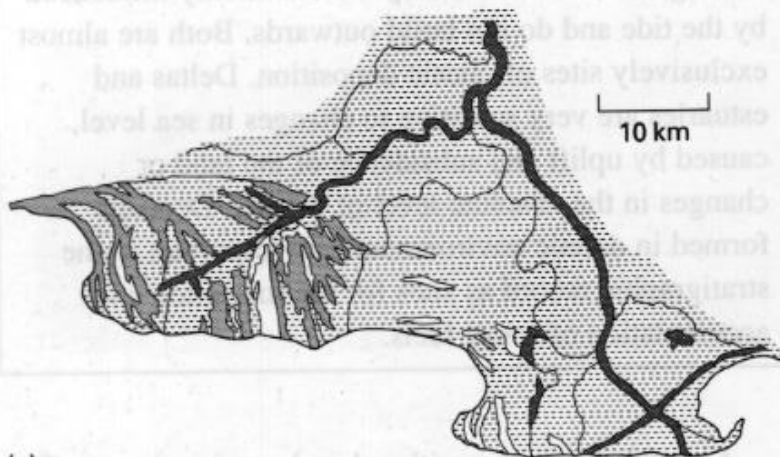
- ovlivňována vztahem mezi fluviálními procesy a procesy pánevními

Delty s dominancí říčních procesů

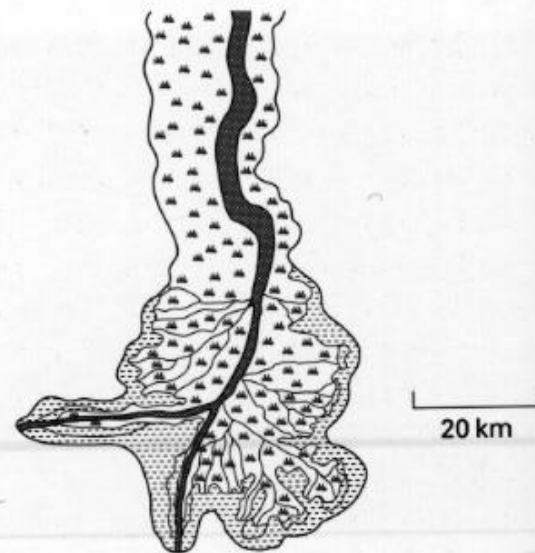


(a)

Delty s dominancí vlnění

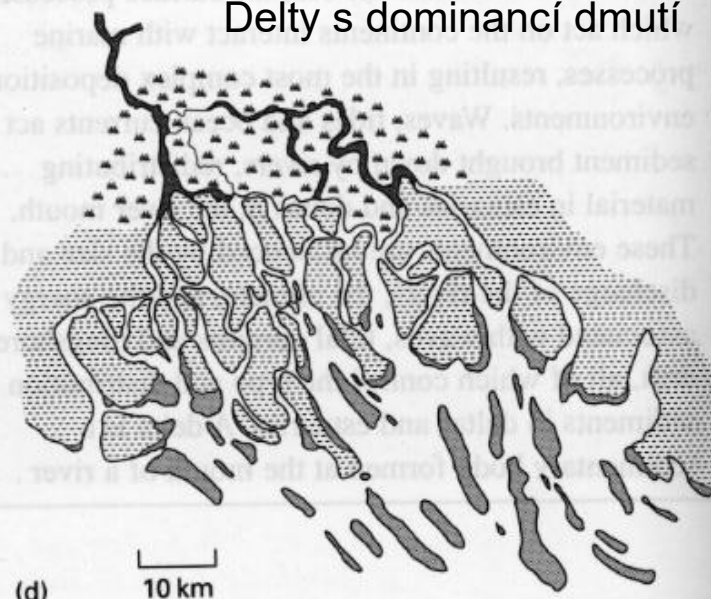


(c)



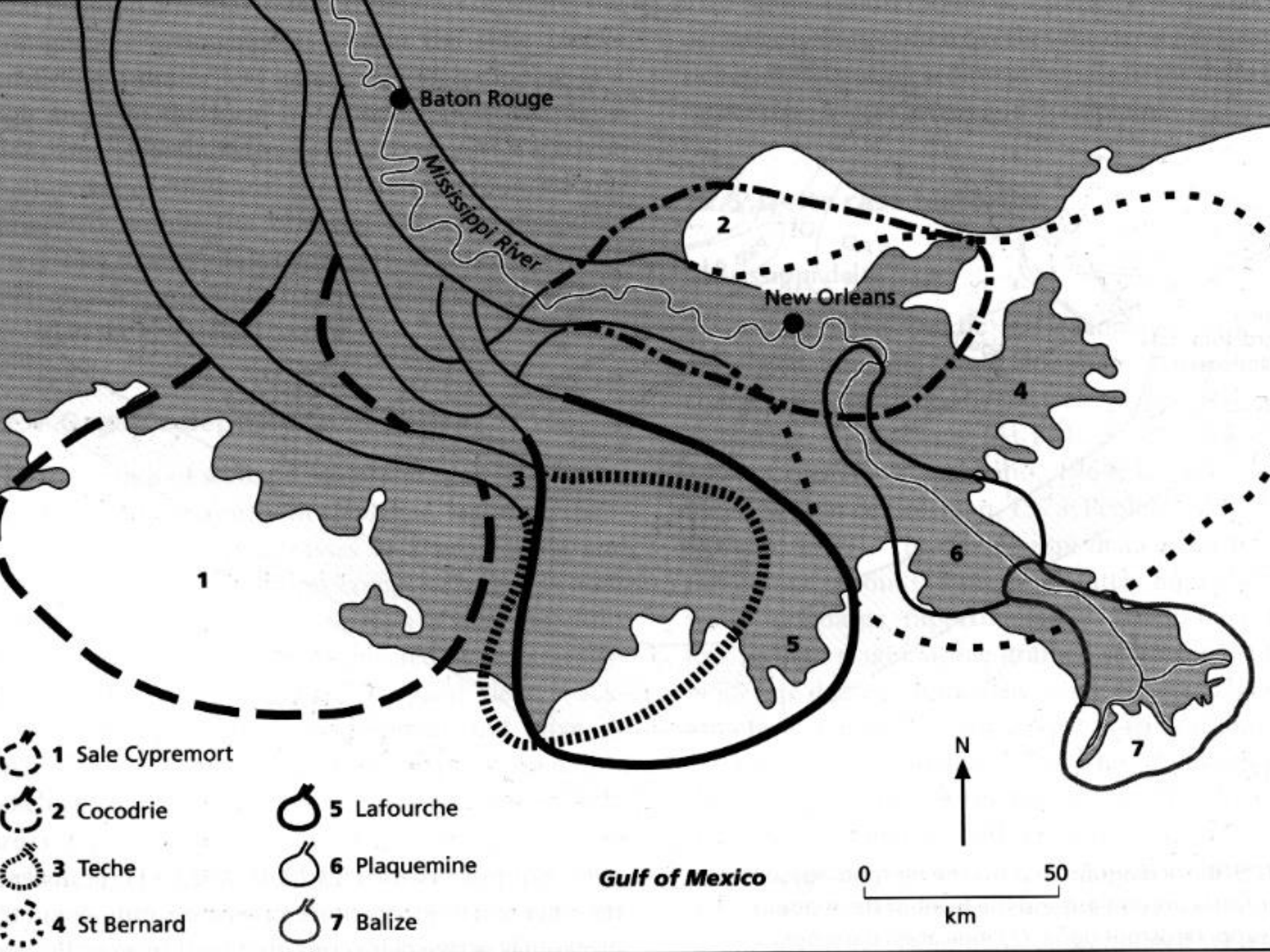
(b)

Delty s dominancí dmutí



(d)







**Nejmladší část delty Mississippi**



**Lena delta**



**Ganga delta**



**Nile delta**

# Klasifikace delt podle typu přínosového systému a hloubky vody v oblasti delty

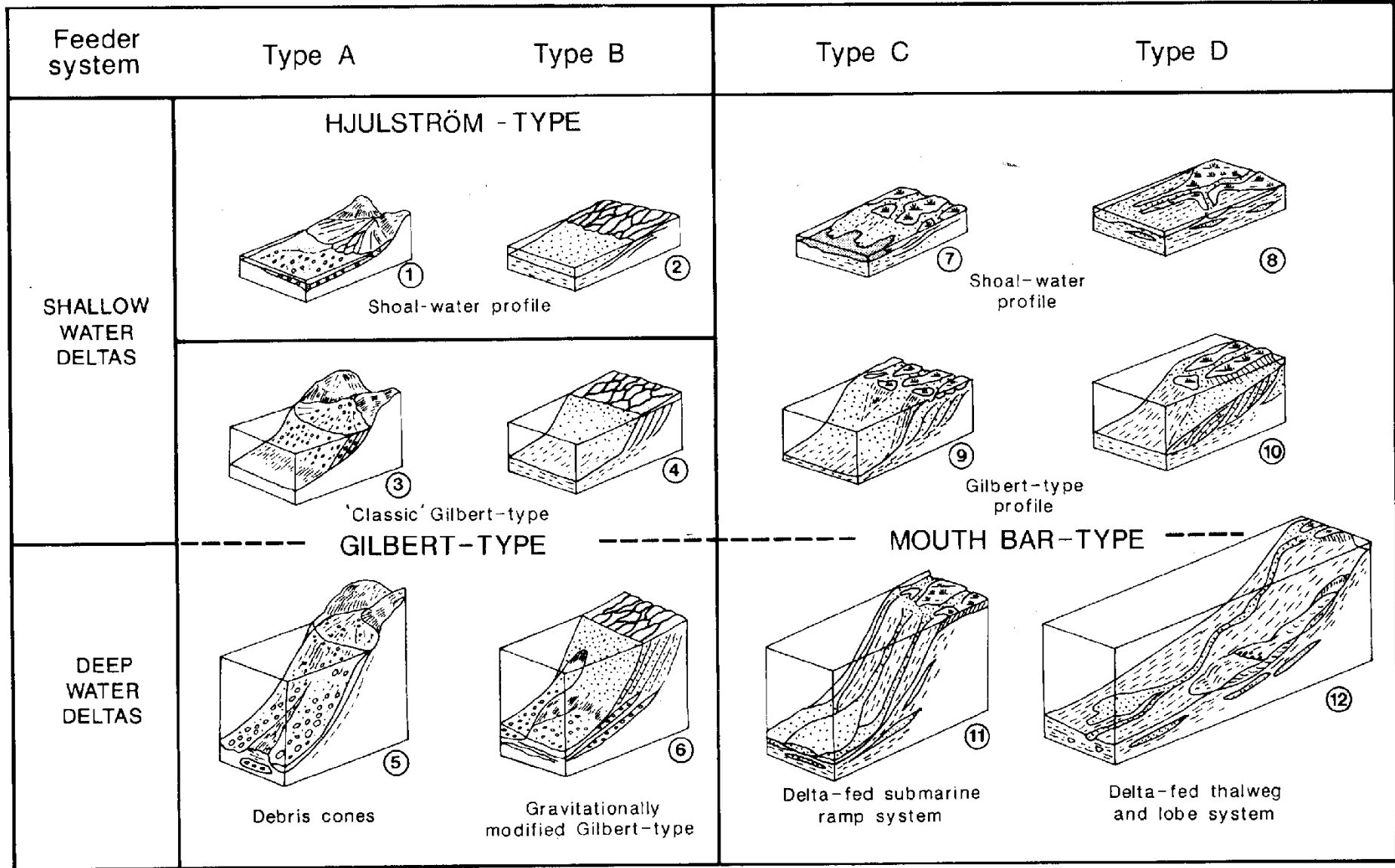


Fig. 2. Twelve major prototype deltas, pictured for simplicity as being dominated by fluvial processes. The prototypes are distinguished on the basis of a unique combination of four different types of distributary systems and two ranges of depth ratios (see text), and also take into account the variation due to inertia-, friction- and buoyancy-dominated effluent.



# ESTUÁRIA

- ústí řeky do moře nálevkovitého tvaru; záliv kde dochází k míšení říční a mořské vody a k interakci fluviálních a mořských procesů

Většina dnešních ústí řek (v tektonicky klidných oblastech) jsou v důsledku probíhajícího relativního růstu hladiny světového oceánu estuariemi!!!

Nejčastěji se vyskytují v transgresních obdobích, tedy především **interglaciálech**.

Dělení estuarií na základě dominance mořských procesů

- s dominancí dmutí
- s dominancí vlnění

# ESTUÁRIA S DOMINANCÍ DMUTÍ

- vznikají v oblastech makrotidálu
- vytvoření dílčích podprostředí

## ▪ Tidální kanály

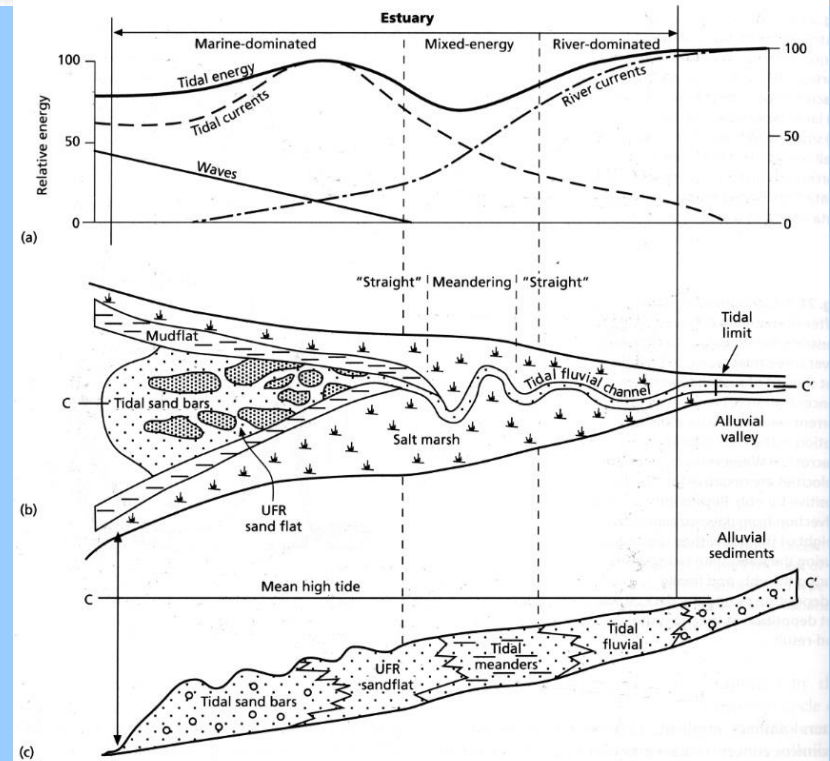
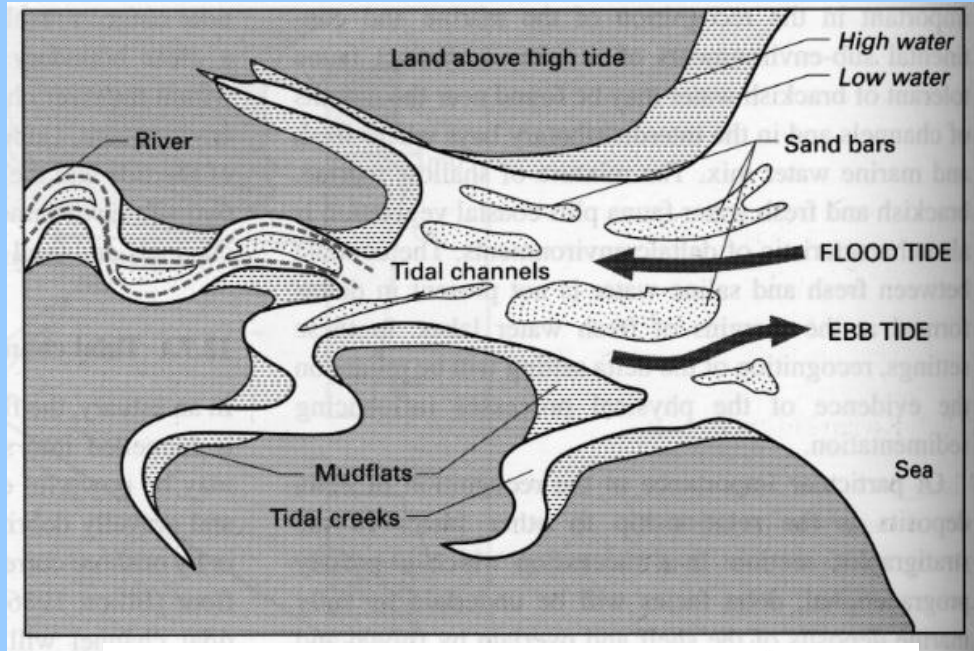
- jeden či více kanálů
- bioklastický štěrk na bázi kanálu
- písek transportován jako “bedload”

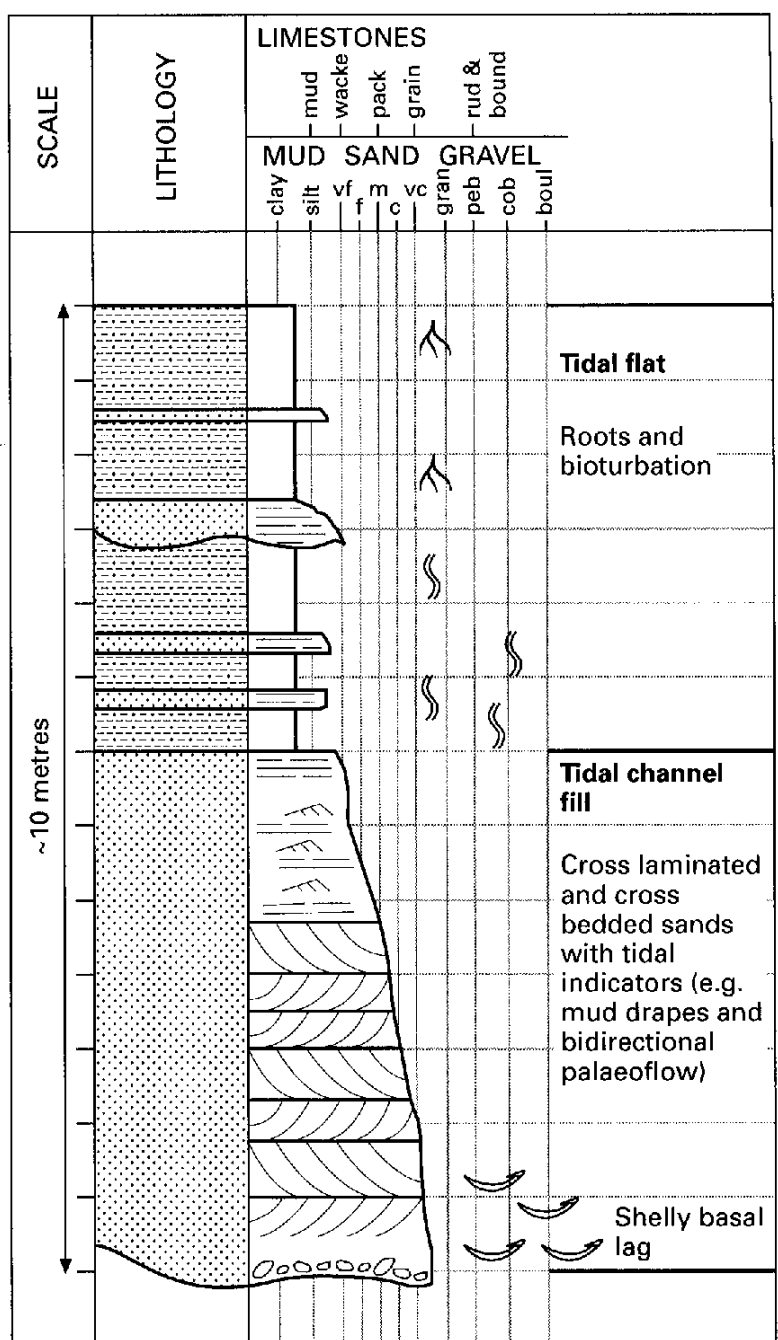
⇒ písečné bary, často s “mud drapes”

- laterální akrece na jesepech – střídání písku a jílu
- kanály nejsou stálé – avulze, laterální migrace
- často nejsou stejné kanály využívány oběma proudy (příliv, odliv)

## “Mud flats” – bahenní plošiny

- oblasti mimo silné tidální proudy, zaplavované během přílivu
- sedimentace jemného materiálu ze suspenze
- písčité materiálu je ukládán za skočného přílivu a bouřek





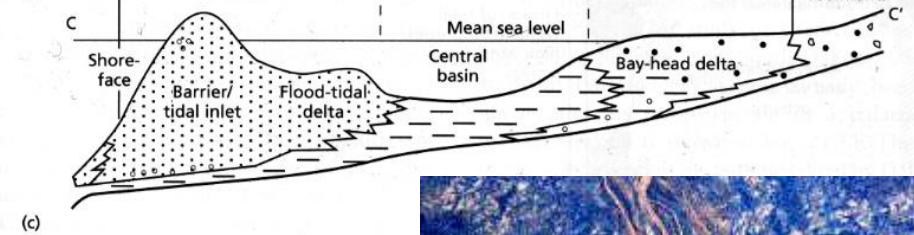
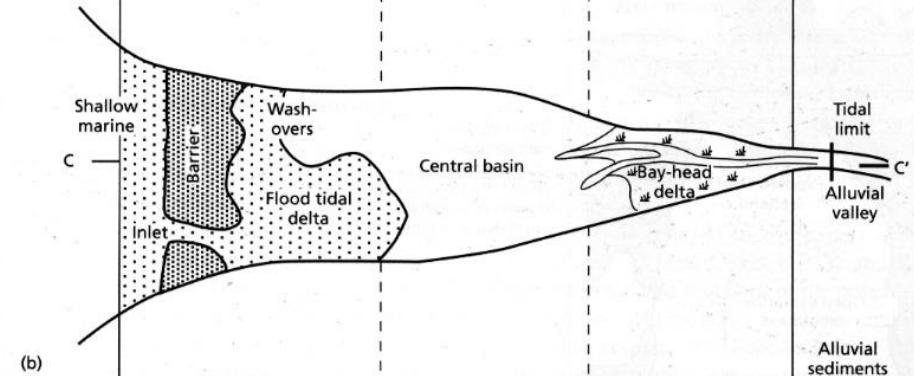
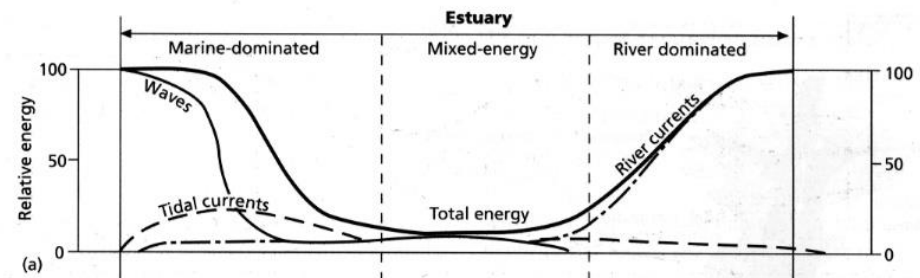
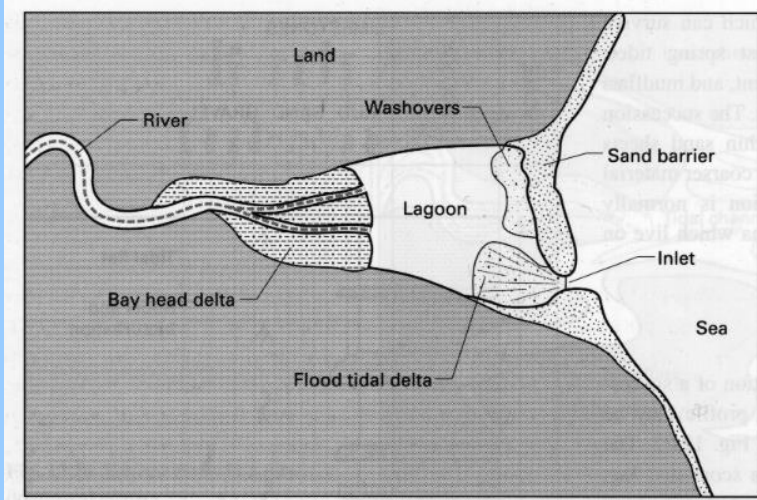
Moruya River, Austrálie



Barwon River, Austrálie

# ESTUÁRIA S DOMINANCÍ VLNĚNÍ

- vznikají v oblastech s nízkým dmutím
- částečné uzavření bariérovými komplexy





## K dalšímu čtení:

- Battarbee R.W. (2000): Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quat. Sci. Rev.* 19, 107–124.
- Birks H.H. *et al.* (2000): The development of the aquatic ecosystem at Kråkenes Lake, western Norway, during the late-glacial and early-Holocene – a synthesis. *J. Paleolimnol.* 23, 91 –114.
- Bradley R.S. (1999): *Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary*. Second Edition. International Geophysics Series, 64, Academic Press.
- Cohen A.S. (2003): *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*. Oxford University Press.
- Čejka T. *et al.* (2020): Timing of the Neoglacial onset on the North-Eastern Antarctic Peninsula based on lacustrine archive from Lake Anónima, Vega Island. *Glob. Planet. Chan.* 184, 103050.
- Elias S.A. (2007): *Encyclopedia of Quaternary Science*. 4 volume set. Elsevier.
- Engel Z., Nývlt D., Křížek M., Treml V., Jankovská V., Lisá L. (2010): Sedimentary evidence of landscape and climate history since the end of MIS 3 in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Quat. Sci. Rev.* 29, 913–927.
- Franců E. *et al.* (2010): Historical Changes in Levels of Organic Pollutants in Sediment Cores from Brno Reservoir, Czech Republic. *Water Air Soil Poll.*, 209, 81–91.
- Gornitz V., Ed. (2009): *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer.
- Melles M. *et al.* (2012): 2.8 Million Years of Arctic Climate Change from Lake El'gygytgyn, NE Russia. *Science*, 337, 315–320.
- Nehyba S. *et al.* (2011): Depositional rates and dating techniques of modern deposits in the Brno reservoir (Czech Republic) during the last 70 years. *J. Paleolimnol.* 45, 41–55.
- Roman M. *et al.* (in review): Integrated multi-proxy study of Late Holocene environmental changes from two infilled lakes in the Kobbefjord area, Southwestern Greenland. *J. Paleolimnol.* in review.