

# Změny sladkovodních ekosystémů v prostoru a čase

Z8025 (učebna Z2, pondělí 14.00-15.50)

## 6. Dlouhodobé trendy ve vývoji vodních ekosystémů

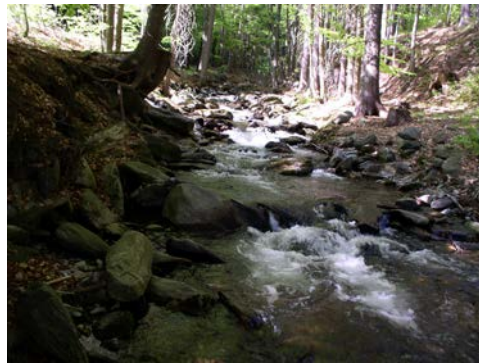
---



**GEOGRAFICKÝ ÚSTAV**  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA MU

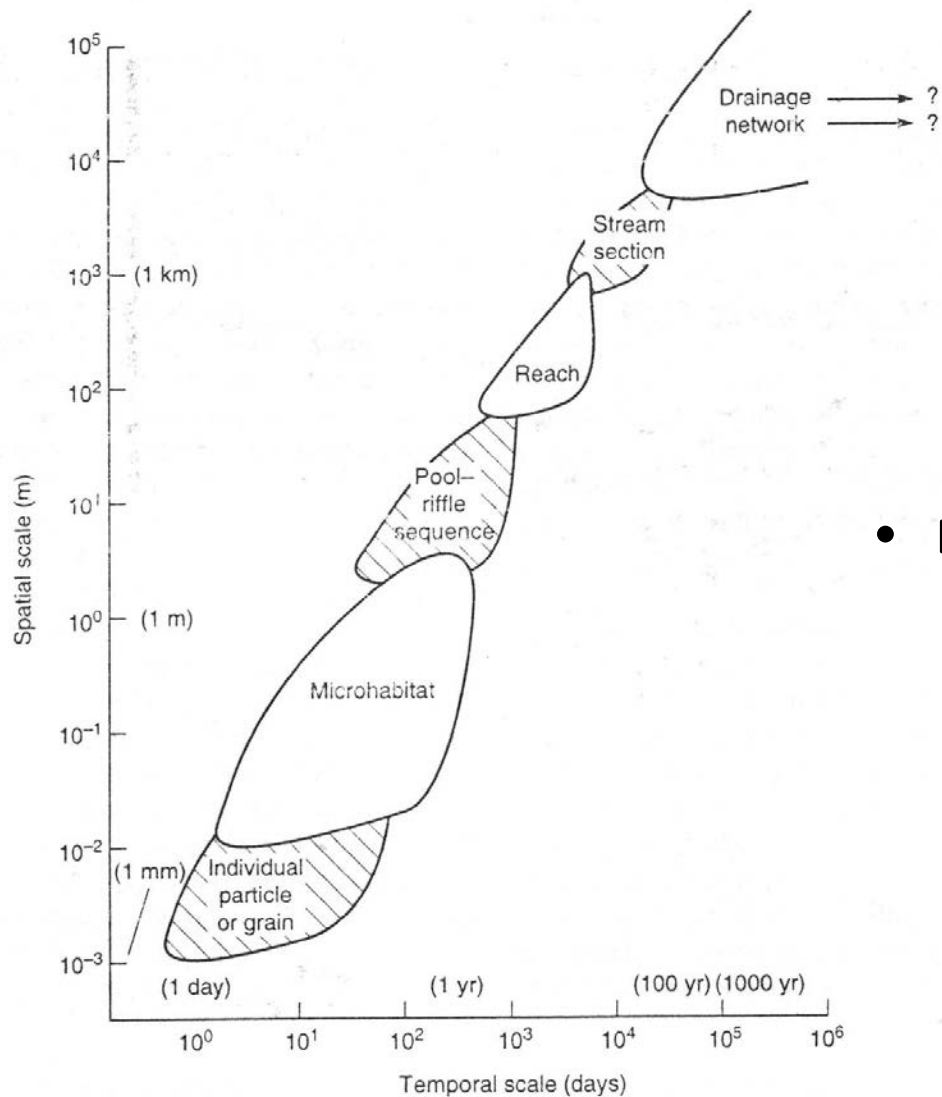
**Mgr. Karel Brabec, Ph.D.**

[brabec@sci.muni.cz](mailto:brabec@sci.muni.cz)



# SYLABUS

1. Úvod – teoretické koncepty
2. Prostorové škály říční krajiny
3. Změny vodních toků v podélném profilu
4. Laterální a vertikální interakce vodních toků s okolním prostředím
5. Stojaté vody – vztahy k povodí, procesy ve vazbě na prostorové členění
- 6. Dlouhodobé trendy ve vývoji vodních ekosystémů**
7. Sezonní dynamika faktorů prostředí a biologických společenstev
8. Teplotní režim povrchových vod
9. Ekologické aspekty průtokového režimu a hydraulických podmínek
10. Antropogenní modifikace vodních ekosystémů (se zřetelem na časoprostorové aspekty)
11. Potenciální dopady změn klimatu ve sladkovodních ekosystémech
12. Časo-prostorové aspekty adaptačních opatření a revitalizací degradovaných ekosystémů
13. Případové studie



- **BACI** (Before-After Control-Impact)



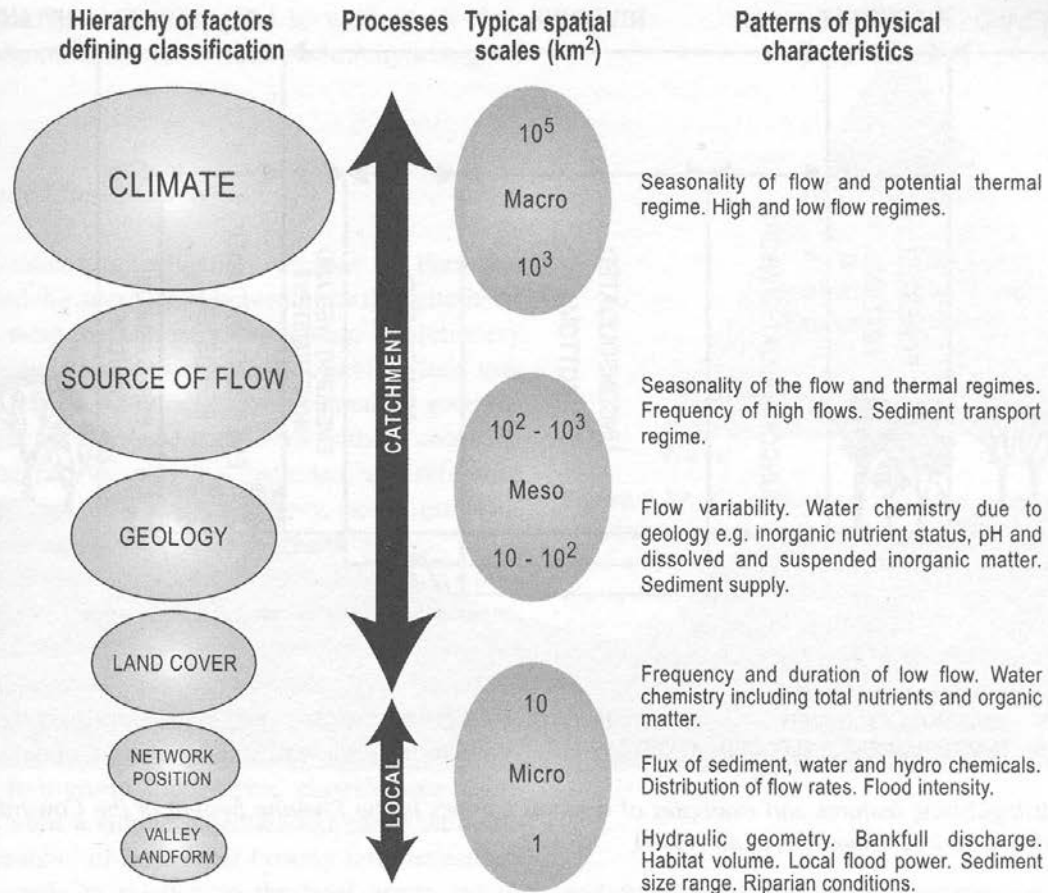
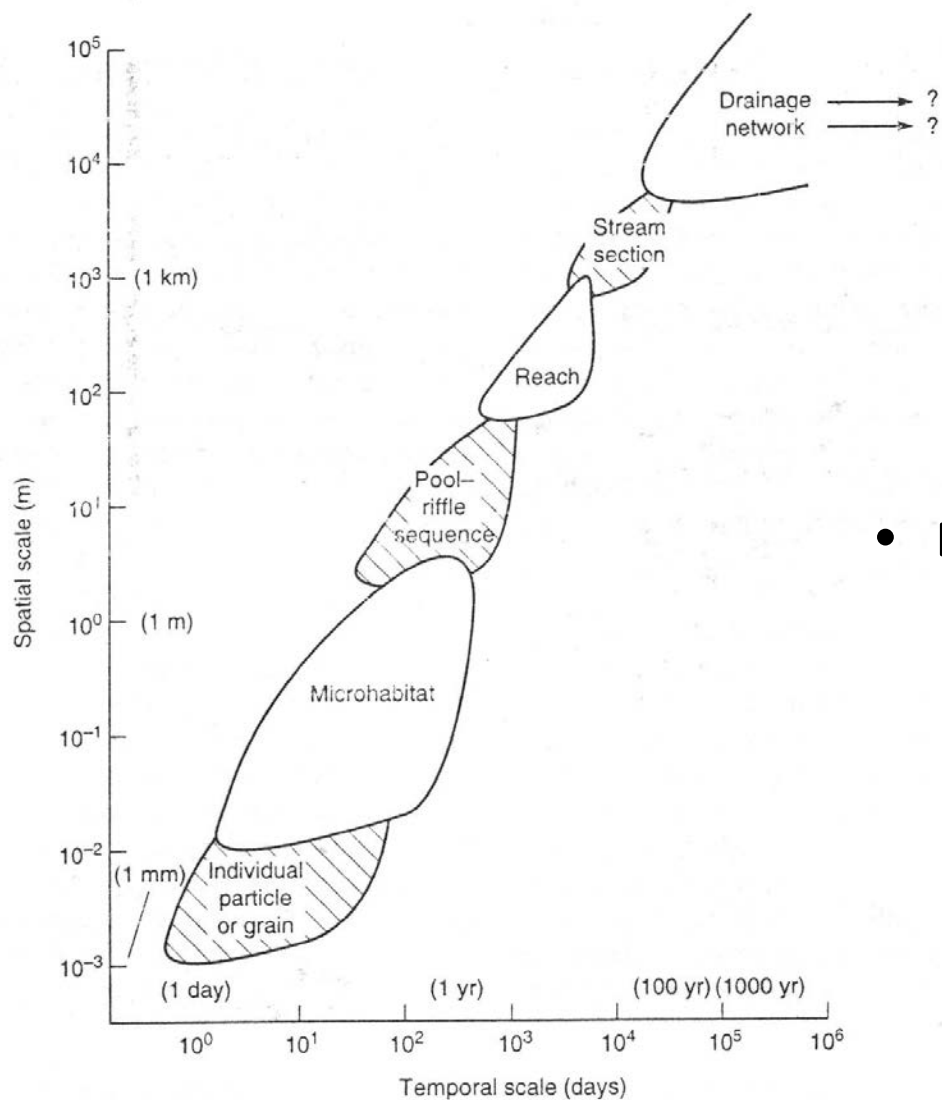
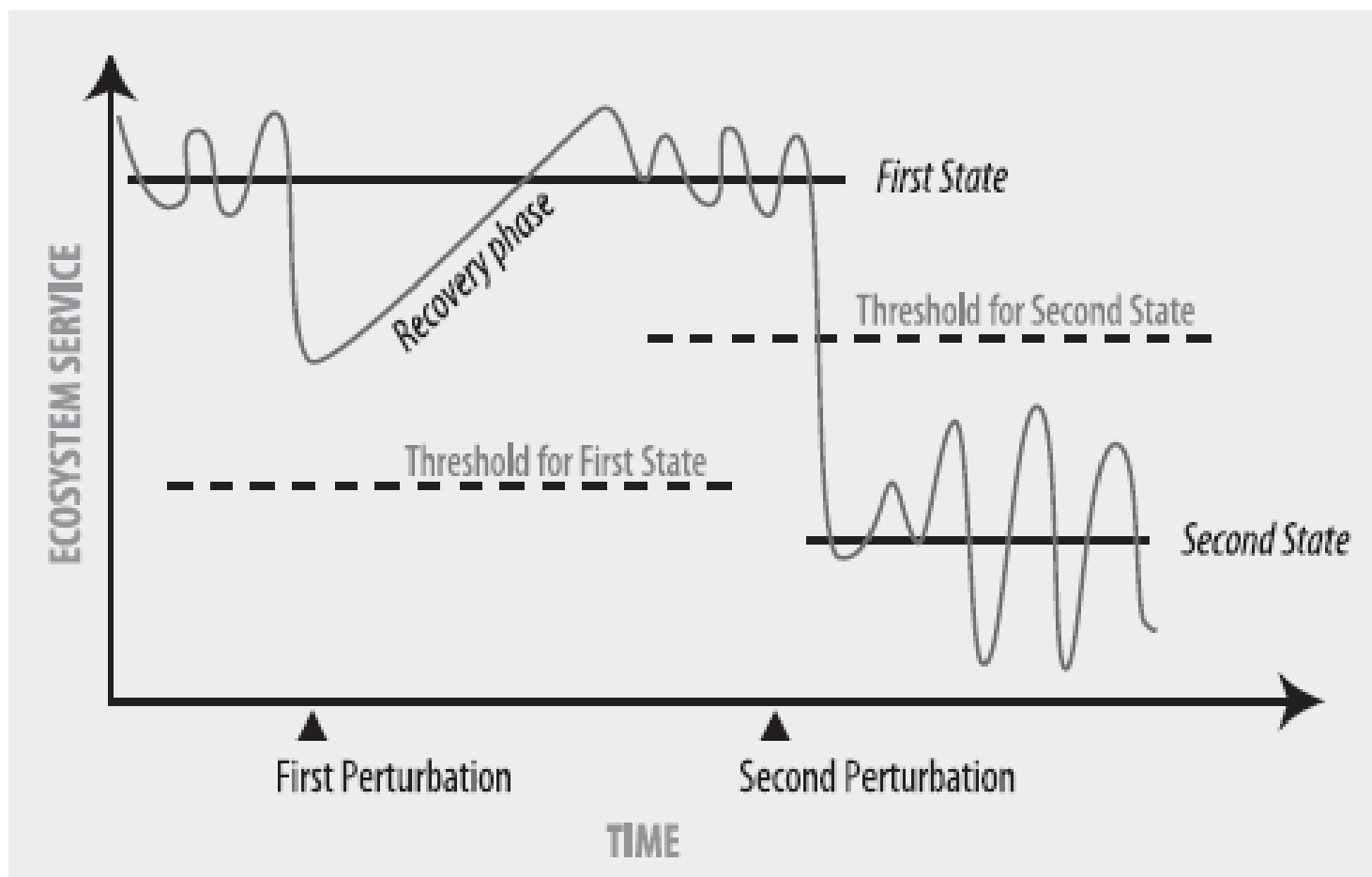


Figure 9.14. Schematic diagram representing River Environment Classification (REC) levels based on controlling factors and the patterns of physical characteristics at typical spatial scales. Source: Snelder et al. (2003). Reproduced by permission of American Water Resources Association



- **BACI** (Before-After Control-Impact)

# ČASOVÁNÍ NARUŠENÍ EKOSYSTÉMŮ



- studium změn klimatu
- historie vodohospodářských úprav
- rybníkářství

**1. Analýzy dlouhodobých dat (Analysis of long-term data-sets)**

**2. Paleoekologické metody (Palaeoecological methods)**

**3. Substitute času prostorem (Space-for-time substitution)**

**4. Experimenty (Experiments)**

**5. Modelování (Models)**

## 1. Analýzy dlouhodobých dat

- dostupnost záznamů příslušné kvality (přesnost, pravidelnost) zahrnující časovou variabilitu (epizody, sezónní a dlouhodobé trendy)
- rozvoj zařízení pro vysokofrekvenční dlouhodobá měření parametrů (čidla, datalogery)
- analýza dat s využitím tradičních metod (např. analýza časových řad, regresní analýza) a nových metod (neuronové sítě, fraktální analýza)



## 2. Paleoekologické metody

- pokročilé metody jsou využívány pro vývoj tzv. „transfer functions“ a „analogue matching“
- analýzy hydro-chemických a ekologických podmínek ve vztahu k variabilitě klimatu (využití tradičních metod a vývoj nových)

Through knowledge of the present-day ecology of species, inferences about past environmental conditions can be made via analogy to that same set of conditions existing where those species are found living today. This is known as space-for-time substitution, or more commonly as the modern **analogue technique (MAT)**

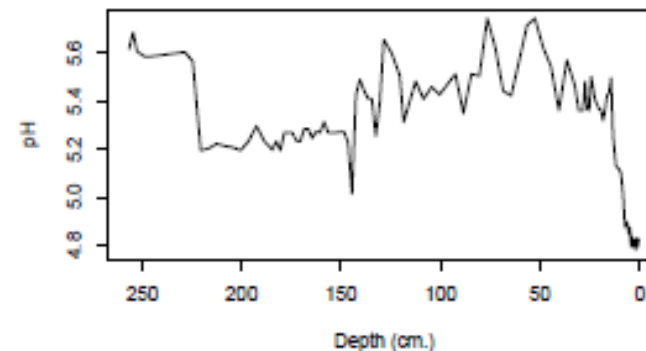
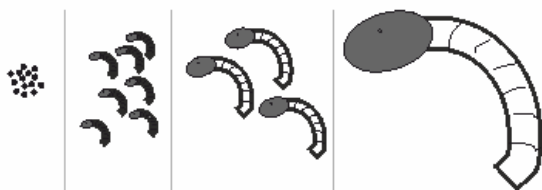


Figure 2: Time series plot of the pH reconstruction for the RLGH core. Depth is a surrogate for time, with 0 being the most recent period represented by the core.

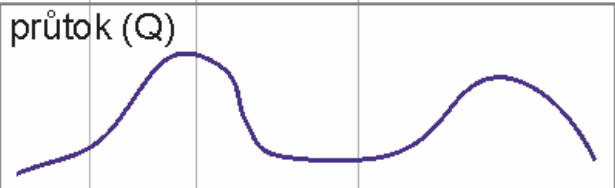
# BIOLOGICKÉ INDIKÁTORY

## recentní

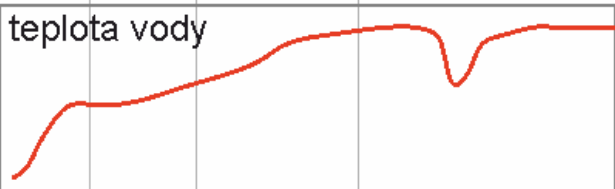
populace indikátorového taxonu



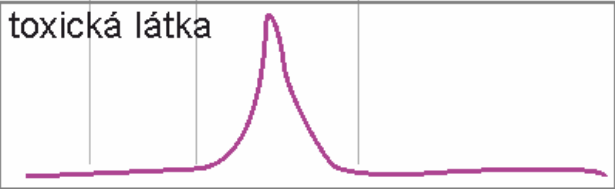
průtok (Q)



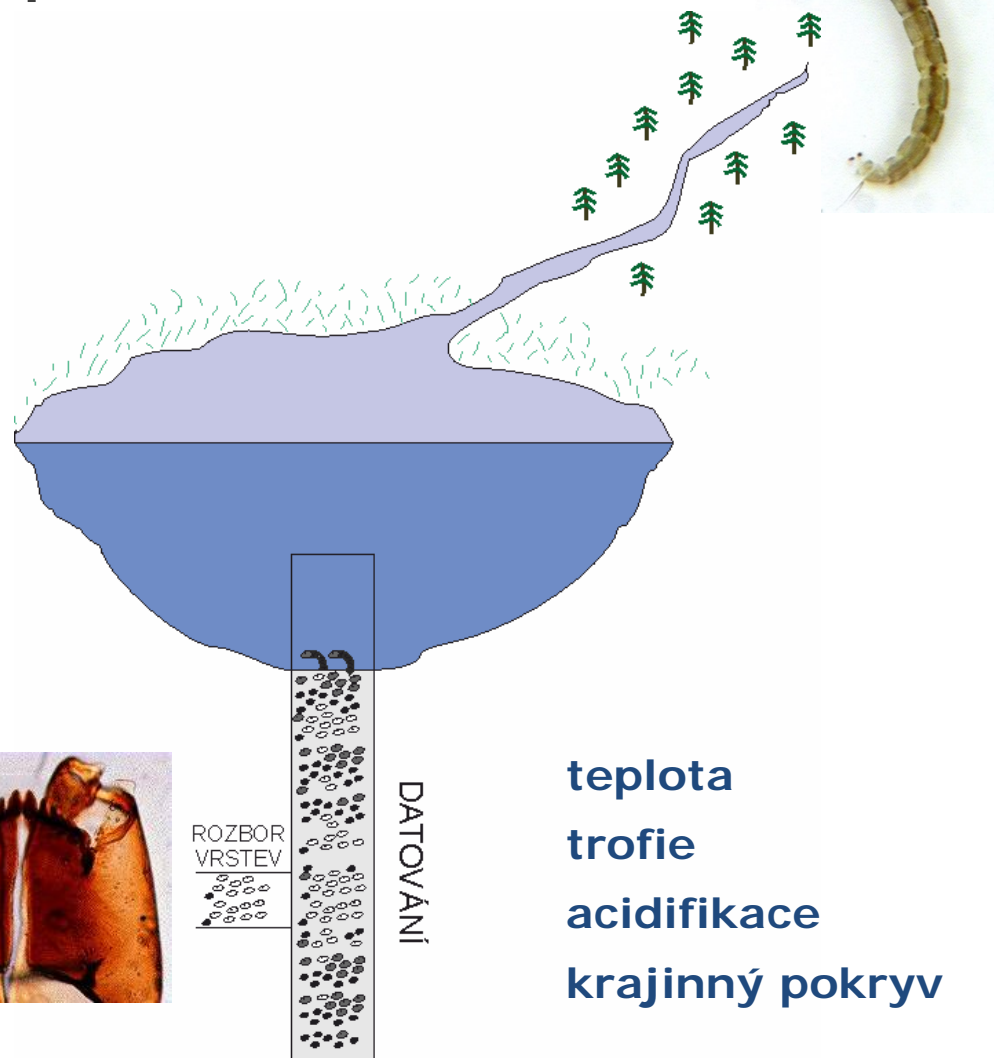
teplota vody



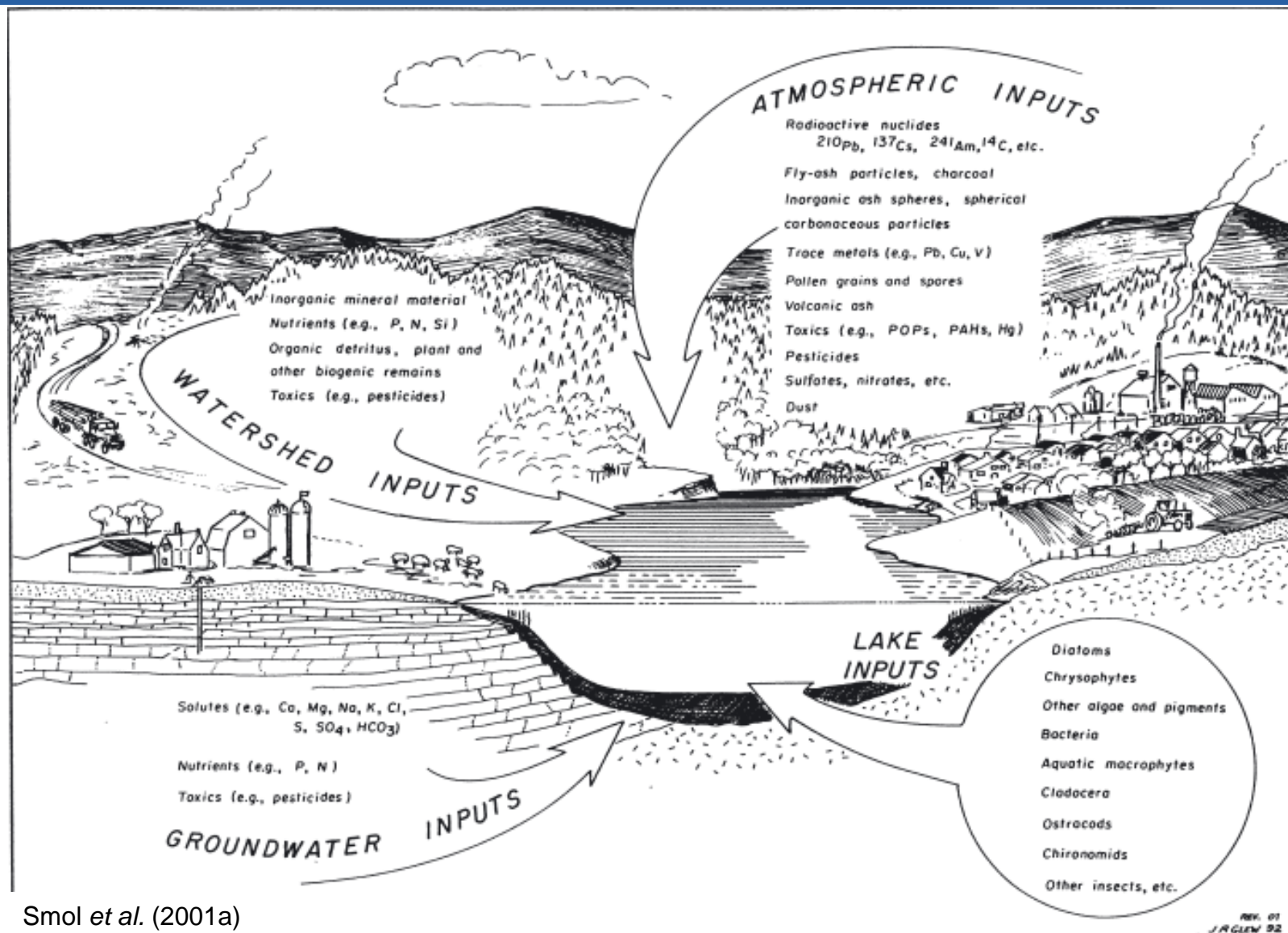
toxická látka

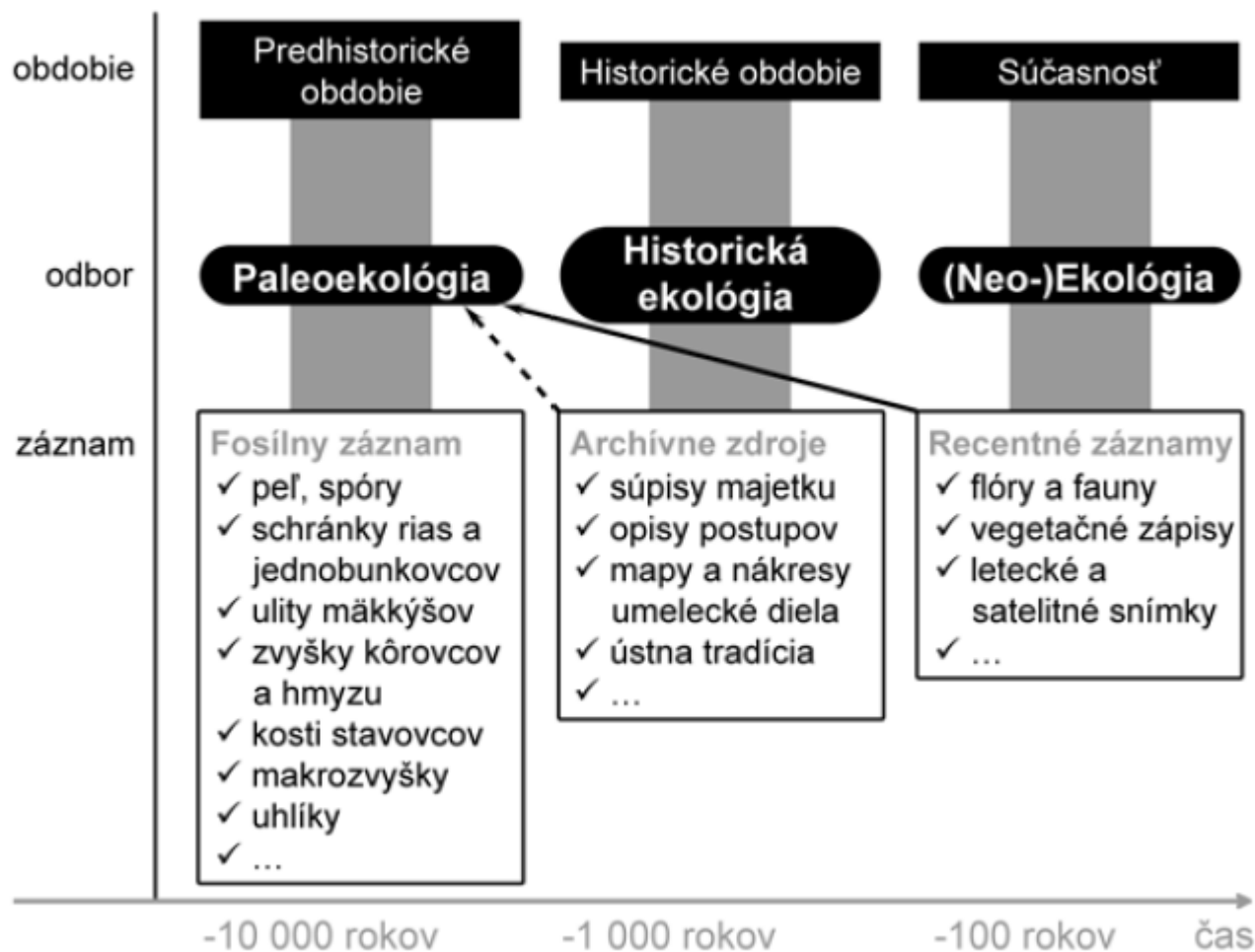


## paleo-rekonstrukce



# SEDIMENT – ECOLOGICKÁ PAMĚŤ



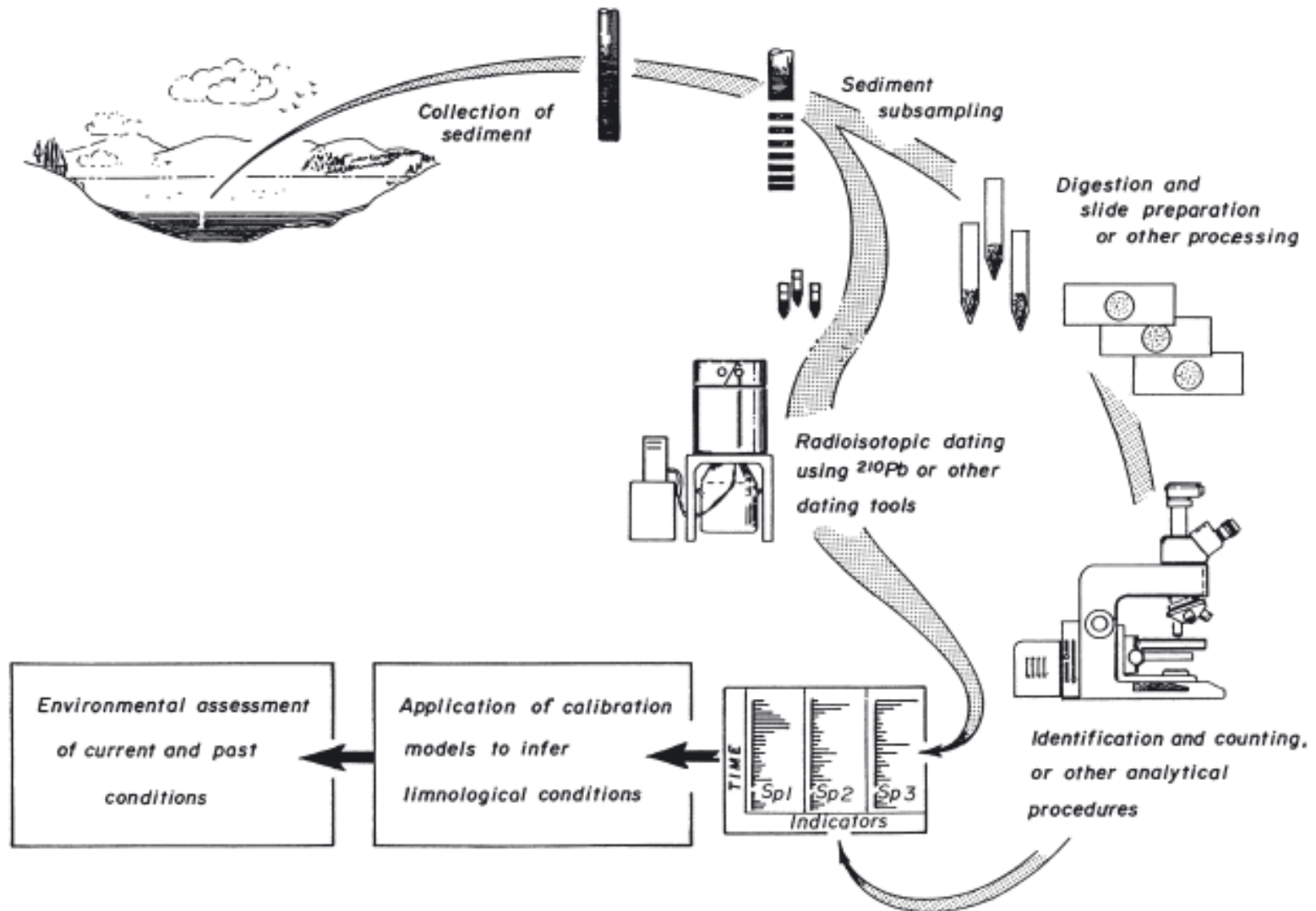


## Paleoekológia

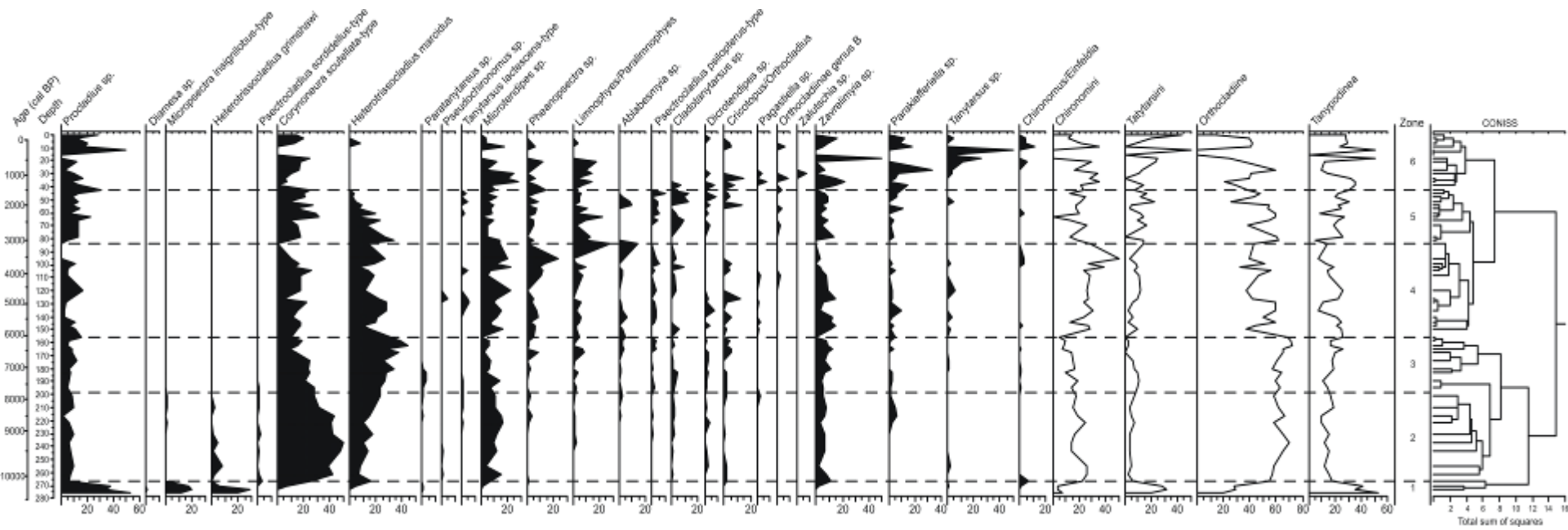
Vladimír Kubovčík

(upraveno podle HÉDL et SZABÓ, 2008).

# PALEOEKOLOGICKÉ REKONSTRUKCE

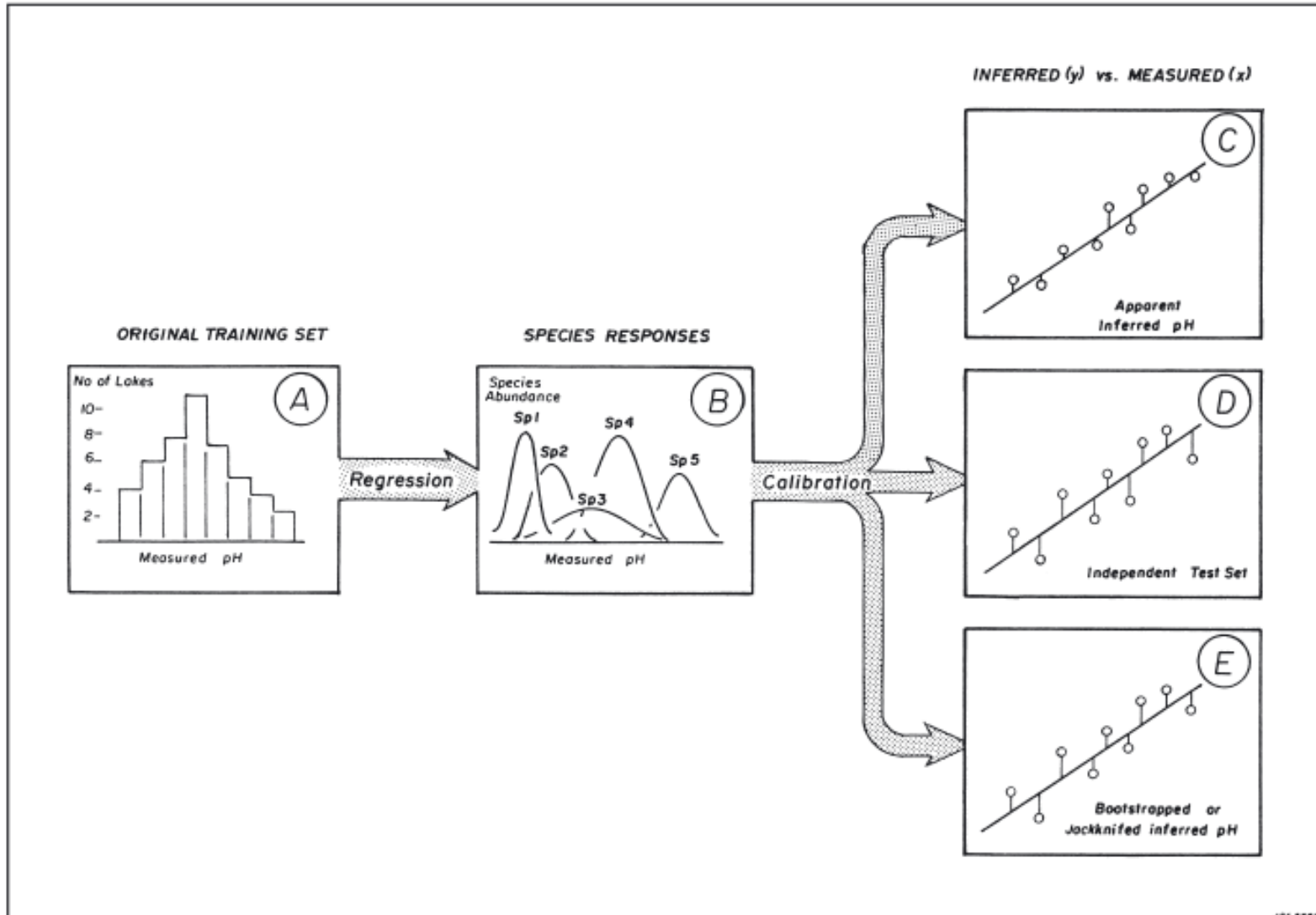


# VERTIKÁLNÍ DISTRIBUCE TAXONŮ





# KALIBRACE PROXY-SYSTÉMU



Modified from Fritz *et al.* (1999).

## 3. Substitute času prostorem

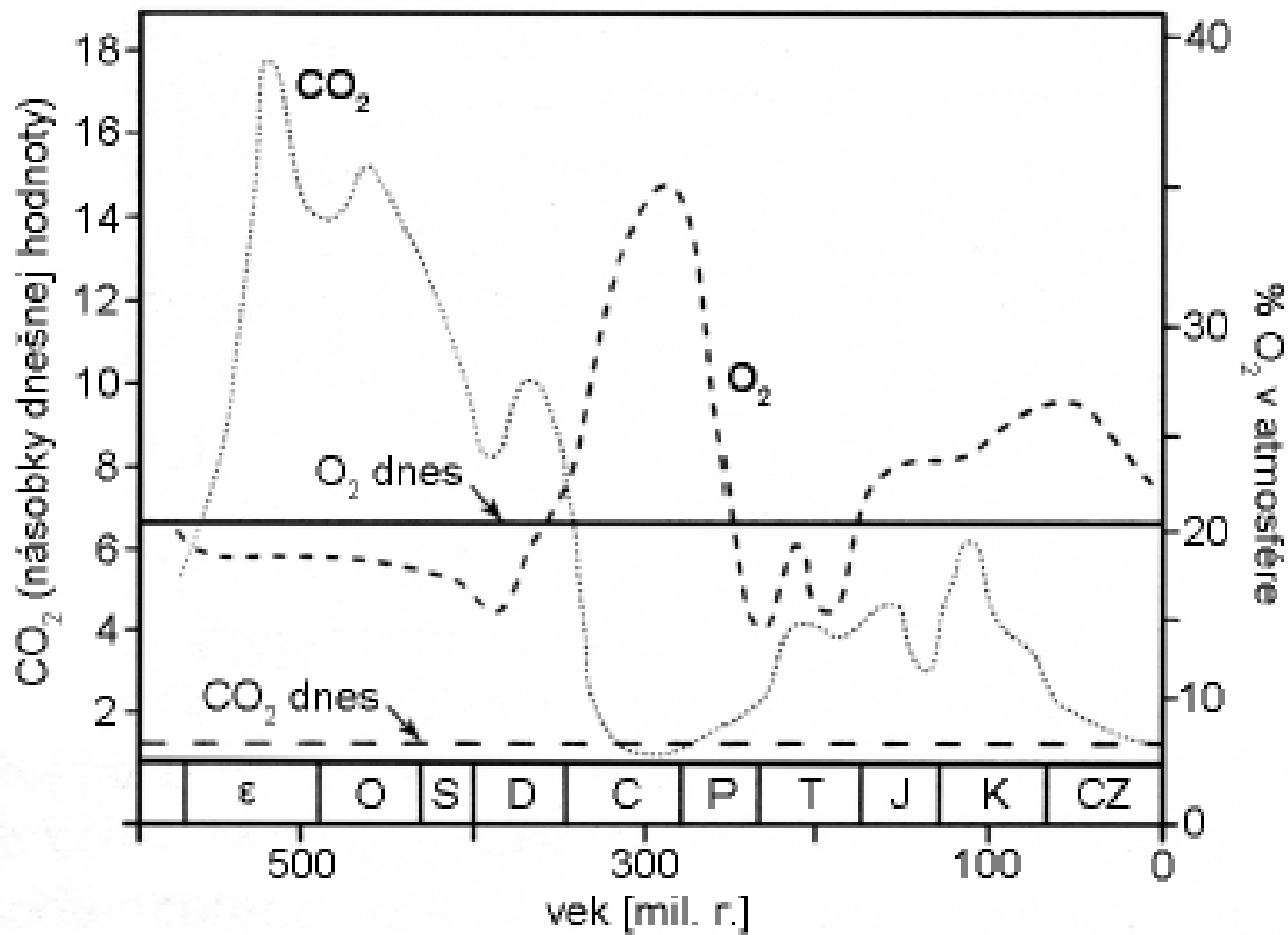
- tradiční metoda využívaná ve spojení s modely pro predikce (např. globální vegetace v podmínkách dvojnásobné koncentrace CO<sub>2</sub>)
- využití dat z rozsáhlých regionů zahrnujících gradient současných klimatických podmínek pro analýzy pomocí nově vyvinutých metod (regresní stromy, neuronové sítě)

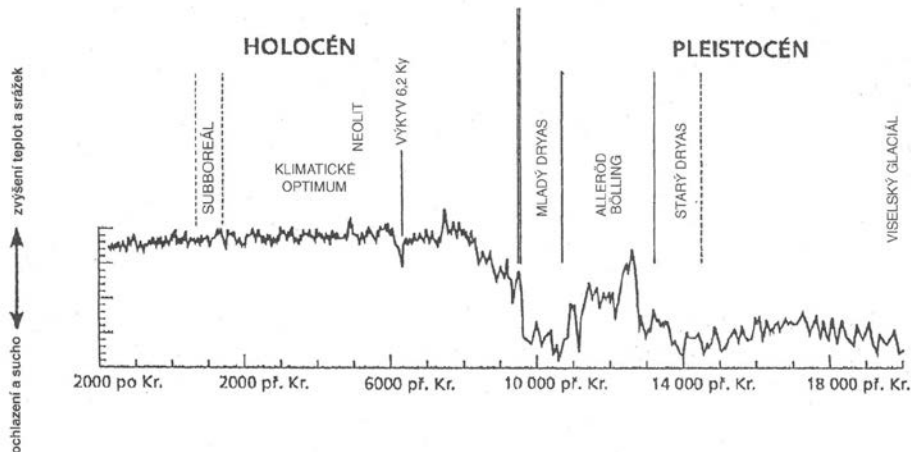
## 4. Experimenty

- experimentální techniky na různých škálách se výrazně rozvinuly během posledních dekád
- experimenty na úrovni ekosystémů nyní hrají ústřední roli v ekologickém výzkumu
- zahrnutí mezokosmových experimentů do výzkumu klimatických změn
- velkého pokroku v experimentálním bádání bylo dosaženo rozvojem systémů řízených počítači a vývojem senzorů a analytických technologií

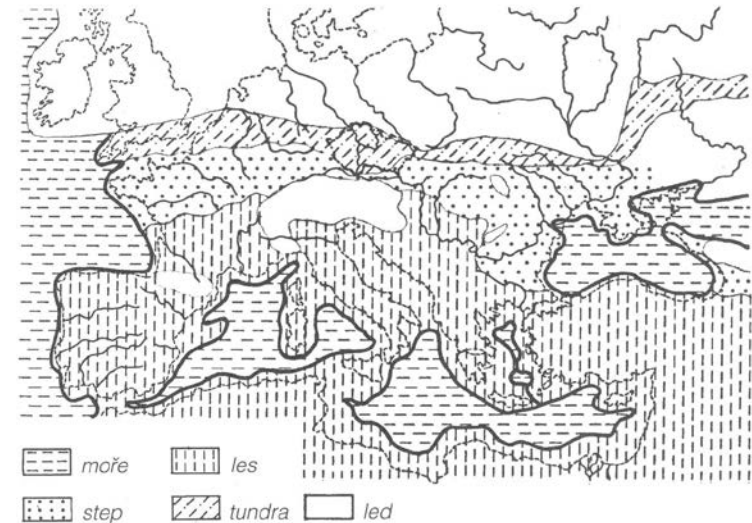
## 5. Modelování

- vývoj ekosystémových modelů je bržděno nedostatečnou znalostí kvantitativních charakteristik procesů
- nové pokroky v experimentální ekologii (např. využití stabilních izotopů pro analýzu potravních vztahů) a teoretické ekologii (stechiometrie ekosystému) jsou využívány pro vývoj a vyhodnocení modelů
- současné techniky jsou navrženy tak, aby propojovaly modely lokálního měřítka s cílem modelovat jevy na úrovni celých povodí nebo krajinných celků
- exponenciální nárůst výpočetní kapacity otevírá nové možnosti pro složitost modelů a metod. Modely mohou být snadno doplněny o analýzy nejistot

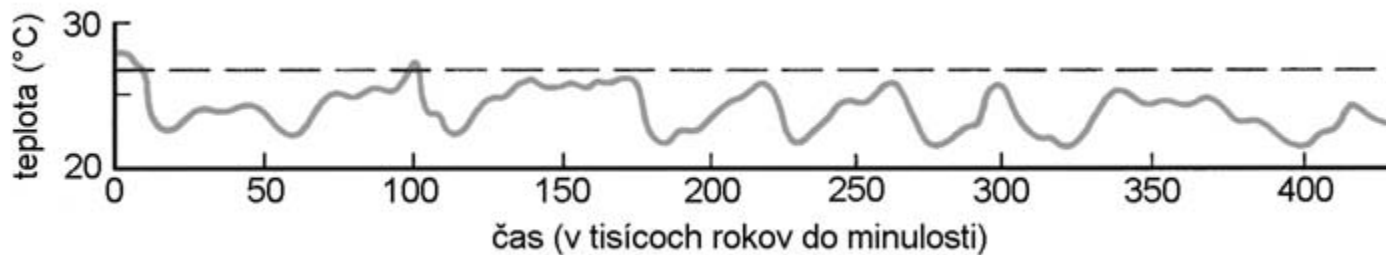




Výkyvy teploty v posledních 20 tisíciletích odvozené z poměru  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$  ve vrtných vzorcích v grónském ledovcovém štítu. Graf zachycuje stav od konce viselského pleniglaciálu přes pozdní glaciál a holocén až do současnosti. Zvláštní pozornost zasluhuje výrazné ochlazení v mladém dryasu a jeho náhlé ukončení mimořádně prudkým oteplením na přechodu do počáteční fáze holocénu – preboreálu. Dalším významným jevem je náhlé krátkodobé ochlazení na počátku klimatického optima holocénu ke konci 7. tisíciletí př. Kr. – výkyv (event) 6,2 kyr BC cal. Projevy těchto oscilací byly ve střední Evropě nepochybně značně usměrněny polohou vzhledem k moři a horským pásmům, nehledě k obecnému poklesu oceanity a vzrůstu kontinentality podnebí od severozápadu k jihovýchodu; (sestaveno z různých pramenů) – srv. obr. na str. 19, 20 a 23.



Glaciálech tvořily české země leduprostý koridor mezi severoevropským a alpským zaledněním.





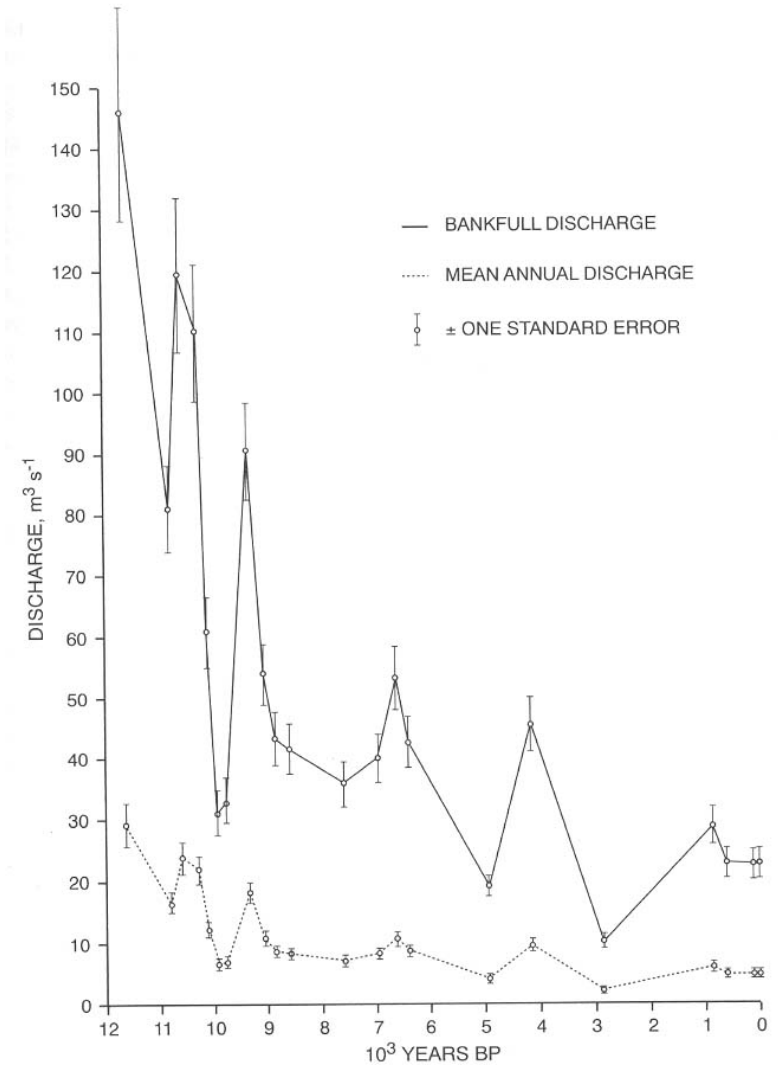
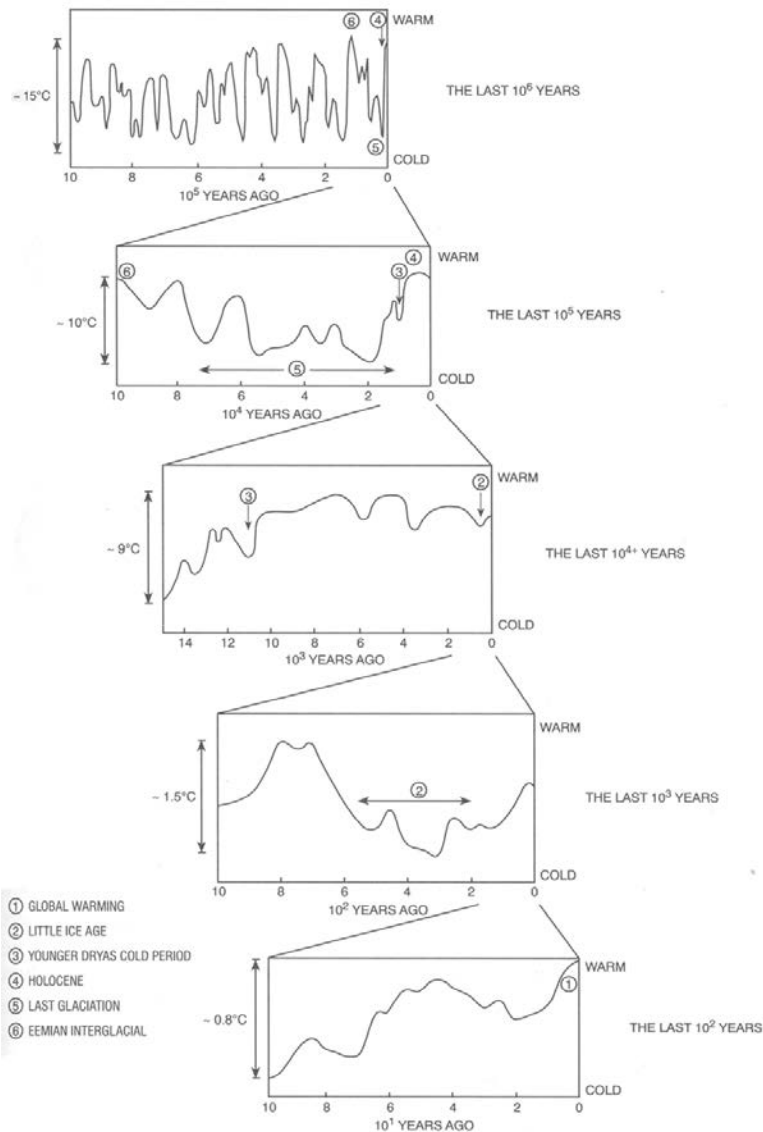
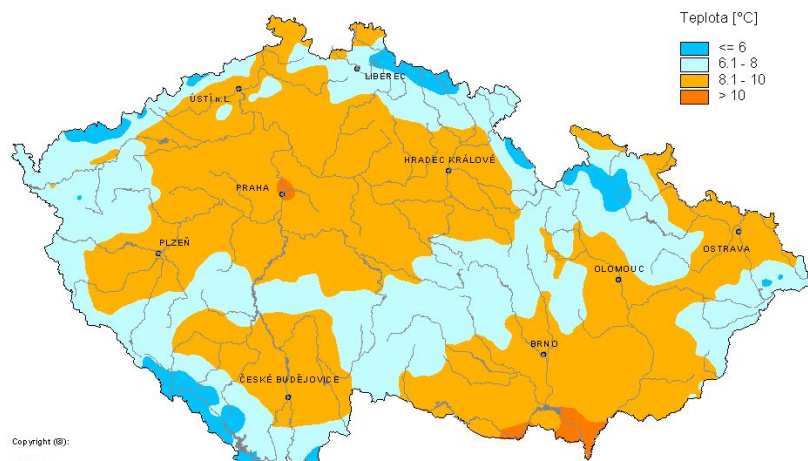
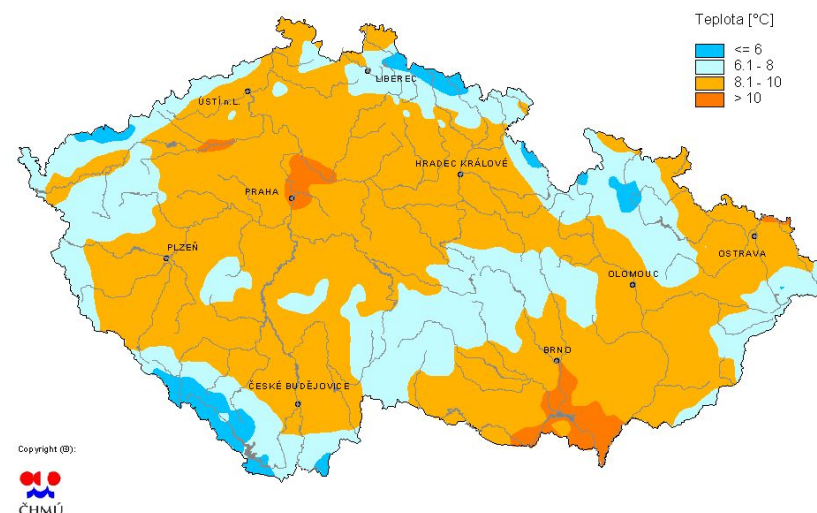


Figure 6.3 Estimated bankfull and mean annual discharges of the middle Prosna River, central Poland, over the last 12 000 years (after Rotnicki, 1991).

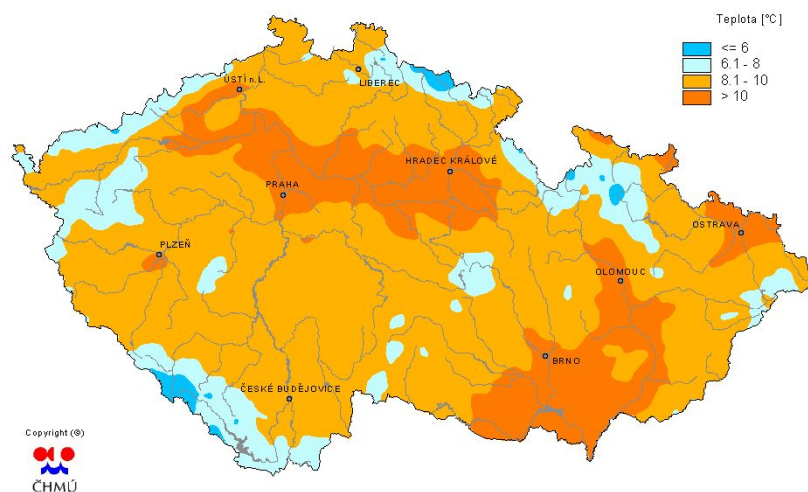
Průměrná teplota vzduchu na území ČR v roce 1998 [°C]



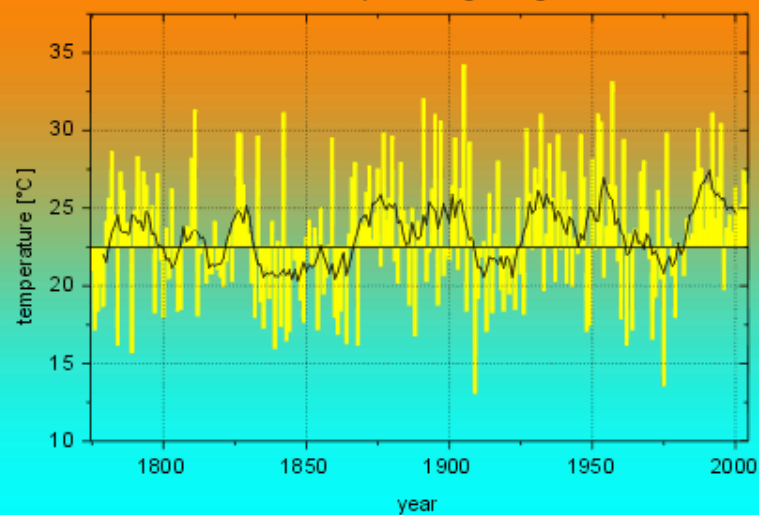
Průměrná teplota vzduchu na území ČR v roce 1999 [°C]



Průměrná teplota vzduchu na území ČR v roce 2000 [°C]

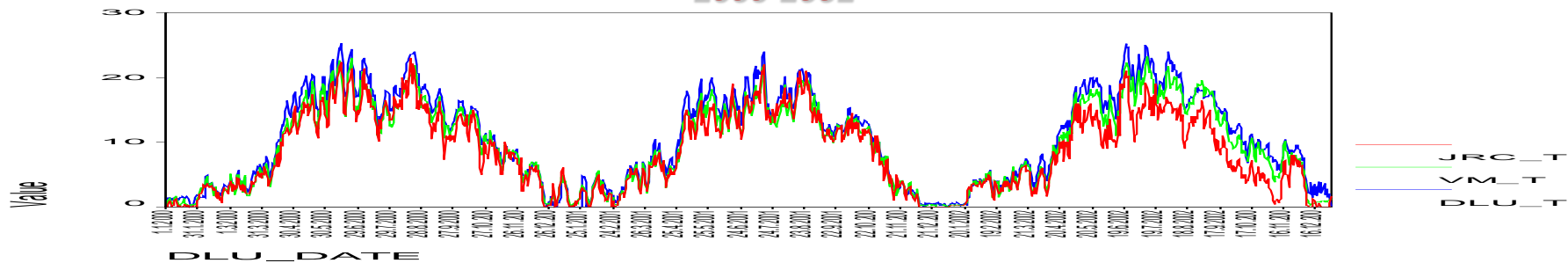


Prague Klementinum Daily Maximum Temperature on 1st July (1775 – 2004)  
— nine-year moving average

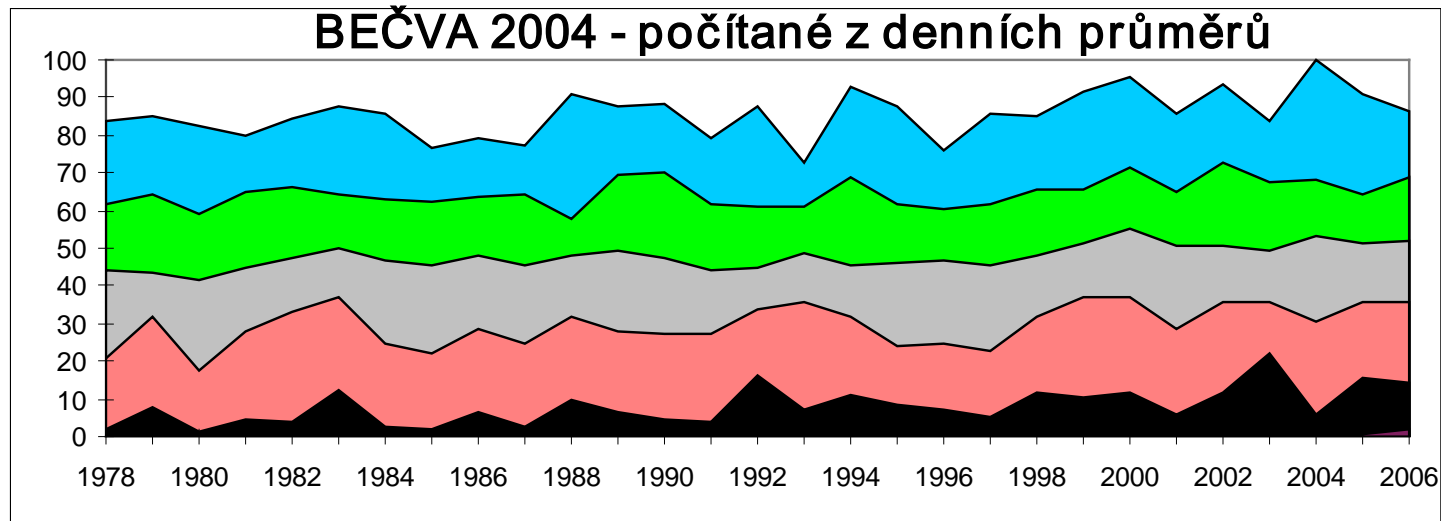


# TEPLOTA VODY - TEKOUČÍ VODY

*Bečva Jarcová, ValMez, Dluhonice*  
**2000-2002**



**BEČVA 2004 - počítané z denních průměrů**



■ L1\_>1   ■ L1\_>5   ■ L1\_>10  
■ L1\_>15   ■ L1\_>20

# Vývoj říční sítě

- Po skončení hlavních fází **variského vrásnění** se Český masiv zarovnával a materiál z variských pohoří se ukládal v nižších oblastech. Celková struktura prvotního zarovnání měla podobu mírně zvlněné plošiny, tedy podobu parovinnou. Všeobecně můžeme rozlišit několik stádií zarovnání.
- Nejstarší pozůstatky zarovnání jsou datovány do druhohor, kdy zdejší klimatické podmínky podměnily, že hlavním zarovnávacím faktorem bylo chemické zvětrávání pomocí infiltrace srážek. Došlo ke vzniku zarovnaného povrchu, jenž se vyznačoval obsahem výrazných akumulací chemickou cestou zvětralého materiálu - produktů kaolinického zvětrávání. Pozůstatky po druhohorních zarovnaných površích nalezneme v oblastech severně od Plzně, na Karlovarsku, Podbořansku a Rakovnicku, tedy tam, kde se vyskytují právě produkty kaolinického zvětrávání.
- Dále se předpokládá, že na většině území docházelo k zarovnávaní až po třetihorních tektonických událostech, kdy k zarovnávaní docházelo prostřednictvím ústupu svahů z boku a pomocí úpatních plošin (tzv. pedimentů). Takto vzniklé území mělo podobu plošiny se svědeckými vrchy neboli inselbergy, což jsou nepatrné zbytky elevací původního reliéfu. Třetihorní zarovnávaní bylo charakterizováno mírně teplým klimatem, kdy hlavní roli hrály svahové procesy za pomoci tekoucí vody; u takového typu reliéfu se nesetkáváme s výraznými akumulacemi materiálu. Zbytky třetihorních zarovnaných povrchů nalezneme kdekoli v České republice.
- V pleistocénních dobách ledových docházelo k zarovnaní svahů kryoplanačními procesy, tedy pomocí tekoucí a mrznoucí vody a svahových procesů, a docházelo ke vzniku kryopediplénu (komplexu kryopedimentů, tj. zarovnaných povrchů či plošin vzniklých kryogenní činností).
- K dotvoření dnešního reliéfu došlo během čtvrtohor, a to hlavně v důsledku působení tekoucí vody, větru a mrazu.

- v jeho průběhu vyvrcholila v Českém masívu saxonská tektonika, která se výrazně podílela na nynější tvářnosti reliéfu (záliv miocénního moře byl až na Lanškrounsku a Ústeckoorlicku)

- před saxonskou tektonikou:

v okolí České vysočiny bylo moře, Česká vysočina byla zvlněnou kotlinou s výraznými jezerními pánevemi a odvodňování území bylo tou dobou separováno do odlišných oblastí

Berounka odtékala do podkrušnohorských jezer; vody dnešní dolní Berounky, dolní Vltavy a středního Labe odtékaly přes východní Čechy do lanškrounského zálivu předkarpatského moře. Sem taktéž odtékalo dnešní horní Labe;

hlavní řekou moravské části České vysočiny byla Svitava, jež ústila do moře v Dyjsko-svrateckém úvalu

horní tok Moravy tekl do Hornomoravského úvalu

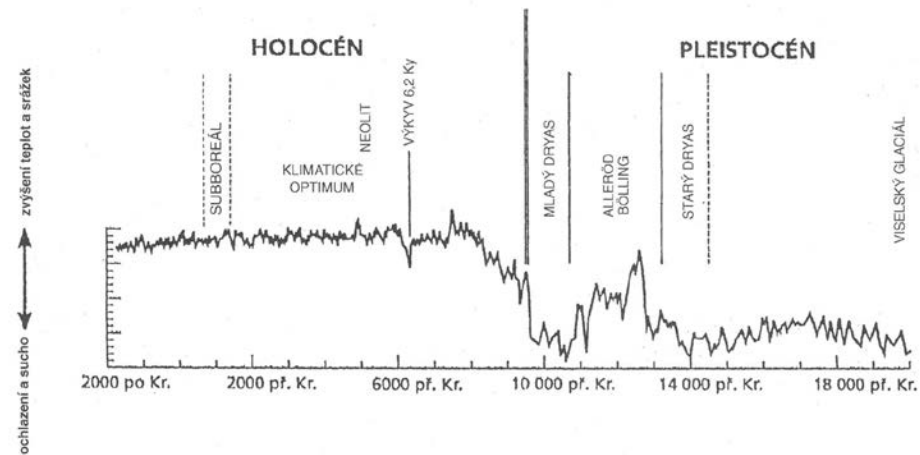
- Saxonská tektonika otevřela prostor pro činnost tekoucí vody; byla zažehnuta hloubková eroze řek. Obecně v humidních podmínkách je říční (a případně ronová) eroze hlavním geomorfologickým činitelem. Od neogénu se začíná vytvářet současná podoba našeho území, tedy systém zahloubených říčních toků

geologický útvar	další rozdělení	milióny let
čtvrtohory (antropozoikum)	holocén /alluvium/	0-0,01
	pleistocén /diluvium/	0,01-1,8
třetihory (kenozoikum)	neogén	1,8-26
	paleogén	26-67
druhoohory (mezozoikum)	křída	67-137
	jura	137-195
	trias	195-235
prvohory (paleozoikum)	perm	235-285
	karbon	285-350
	devon	350-405
	silur	405-400
	ordovik	440-500
	kambrium	500-570
proterozoikum		

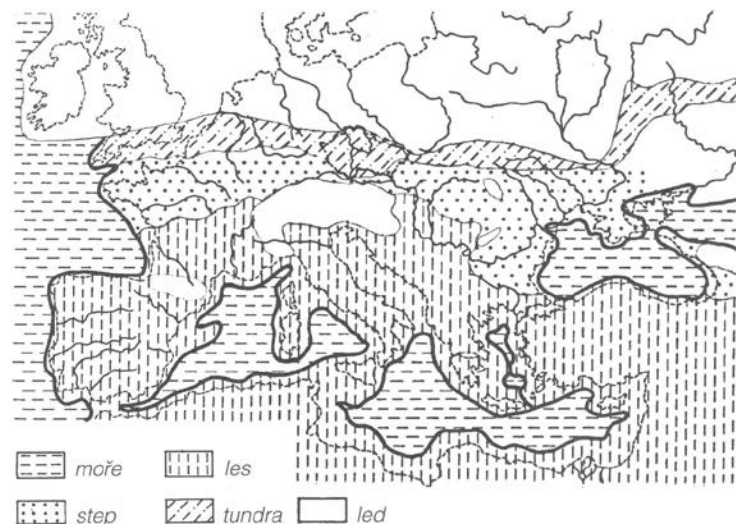
- Na přelomu třetihor a čtvrtohor se vytvářel úsek střední Vltavy, kdy zpětnou erozí od severu byla podchycena voda jižních Čech; podmínkou byl výzdvih Novohradských hor, který přerušil odtok do Dunaje.



Čas	Fytostratigrafie	Zoolltostratigrafie	Vývoj biocenóz	Sedimentace Pedogeneze, Odnos	Kulturní stupně	Chronologie
1000	SUBATLANTIK	SUBRECENT	Vznik současné kulturní krajiny Středověká kolonizace - odlesnění	Splach ornice Degradace půd	STŘEDOVĚK Slované	M L A D Š Í
0		700	Pronikání moderních druhů	Dočasný ústup osídlení	Stěhování národů	
	SUBATLANTIK		Rozmach bukojedlových lesů	Výstavba keltských oppid	doba Ž E L E Z N Á	Ř Í M
-1 000		-700	Pravěká kolonizace, pastva, odlesnění	Tvorba hrubých sutí	doba B R O N Z O V Á	
-1 400	SUBBOREÁL	SUBBOREÁL	Postupné šíření bučin, bukojedlin a habru	Klidný vývoj, půda a sedimentace pramenných vápenců přerušovány krátkými výkyvy s tvorbou sutí		
-2 000	SUBBOREÁL		Vznik bukového stupně			
		EPIATLANTIK	Vytváření vegetačních stupňů dnešního typu		E N E O L I T	H O L O C Ě N
-3 000			Souvislé zalesnění v neosídlených oblastech			
-4 000		-4 800	Dvojkolejný vývoj Prvotní rolnické osídlení	Náhlé vysušení	N E O L I T	S T Ř Ě D N Í
-5 000	ATLANTIK	ATLANTIK		Intenzivní pedogeneze		
			Rychlý postup lesa zatlačuje zbytky biocenóz otevřené krajiny	Tvorba pěníteů v jeskyních		M E Z O L I T
-6 000		-6 500		Silné zvlhčení		
	BOREÁL	BOREÁL	Převaha smíšených doubrav, na horách smrk	Prudký růst teploty		S T A R Š Í
-7 000			Parková krajina – listkové formace Černozemní stepi	Počátky sedimentace CaCO <sub>3</sub>		
-8 000	PREBOREÁL	PREBOREÁL	Šíření borovice, břízy, první náročné dřeviny, tiska	Slabě vyvinuté vápnité půdy		P O Z D N Í
						P A L E O L I T
-9 000	MLADÝ DRYAS	MLADÝ DRYAS	Řídká tajga, poslední výskyt glaciálních prvků	Nehumózní svahoviny		P O Z D N Í
						P L E I S T O C Ě N
	ALLERŮD	ALLERŮD	Šíření borovice, břízy na úkor otevřených formací	Slabé humózní půdy		G L A C I Á L
-10 000	STARŠÍ DRYAS	STARŠÍ DRYAS	Ochlazení	Počátky vývoje půd		
	BÖLLING	BÖLLING	Šíření borovice, břízy			
-11 000	STARÝ DRYAS	STARÝ DRYAS	Přechod sprašové stepi do vlhčí facie	Vznávání tvorby spraše		



Výkyvy teploty v posledních 20 tisíciletích odvozené z poměru <sup>16</sup>O <sup>18</sup>O ve vrtných vzorcích v grónském ledovcovém štítu. Graf zachycuje stav od konce viseleského pleniglaciálu přes pozdní glaciál a holocén až do současnosti. Zvláštní pozornost zasluhuje výrazné ochlazení v mladém dryasu a jeho náhlé ukončení mimořádně prudkým oteplením na přechodu do počáteční fáze holocénu – preboreálu. Dalším významným jevem je náhlé krátkodobé ochlazení na počátku klimatického optima holocénu ke konci 7. tisíciletí př. Kr. – výkyv (event) 6,2 kyr BC cal. Projevy těchto oscilací byly ve střední Evropě nepochybně značně usměrněny polohou vzhledem k moři a horským pásmům, nehledě k obecnému poklesu oceanity a vzrůstu kontinentality podnebí od severozápadu k jihovýchodu; (sestaveno z různých pramenů) – srv. obr. na str. 19, 20 a 23.



V glaciálech tvořily české země leduprostý koridor mezi severoevropským a alpským zaledněním.



# Vývoj říční sítě - Česká vysočina

- v nejstarším **dryasu** v suchozemském prostředí je sprašová sedimentace vystřídána mírně probíhající **akumulací svahových sutí**
- významně se mění **dynamika vodních toků** – divočí říky se spletí mělkých stále se měnících ramen a štěrkových lavic v celém rozsahu niv se během pozdního glaciálu stahují do pevných koryt vytvářejících volné **meandry a stará ramena** v nivách zaplavovaných jen při povodních
- protože **koncem miocénu a v pliocénu** došlo k výzdvihu severních výběžků Českomoravské vrchoviny, přerušil se odtok z České vysočiny do Hornomoravského úvalu. Horní tok Labe se přesunul k jihozápadu, ale později se vrátil do své původní polohy a Labe vytvořilo svůj charakteristický ohyb u Pardubic. Labe prořízlo severozápadní okraj Železných hor a dále pokračovalo mělnickým úvalem a obtékalo západně spolu s Vltavou Říp
- **od konce neogénu do současnosti** vodní toky výrazně zahloubily svá údolí, a to až o 100 m. Údolí hlubší jak 100 m mají svůj základ v předčtvrtohorních dobách. Postupné zahlubování říčních údolí nebylo kontinuální, ale bylo ovlivněno čtyřmi výkyvy podnebí, díky čemuž má většina údolí postupně se zahlubující stavbu se zbytky plochých částí, ve kterých jsou uloženy pozůstatky akumulací říčních teras

# Vývoj říční sítě - PLEISTOCÉN

## Česká vysočina

- Etapy **zahlubování** odpovídají podmínkám, kdy řeky měly větší schopnost erodovat. Tato schopnost byla spjata s **glaciály**, kdy docházelo k poklesu hladiny světového oceánu a řeky tím pádem dostaly více potenciální energie. Naopak v teplejších obdobích (**interglaciálech**) řeky měly více vody, tekly tedy líněji a unášely a akumulovaly více materiálu.
- Po skončení fází tektonického neklidu, dochází k zahlubování říčních toků. Díky tomu reliéf České vysočiny má charakter střídajících se systémů **údolních zářezů**, mezi nimiž nacházíme zbytky starých reliéfů - **zarovnaného povrchu**.

## Karpaty

- Hlavní rysy současné říční sítě se v Karpatech projeví již v neogénu.

# Eroze vodních toků

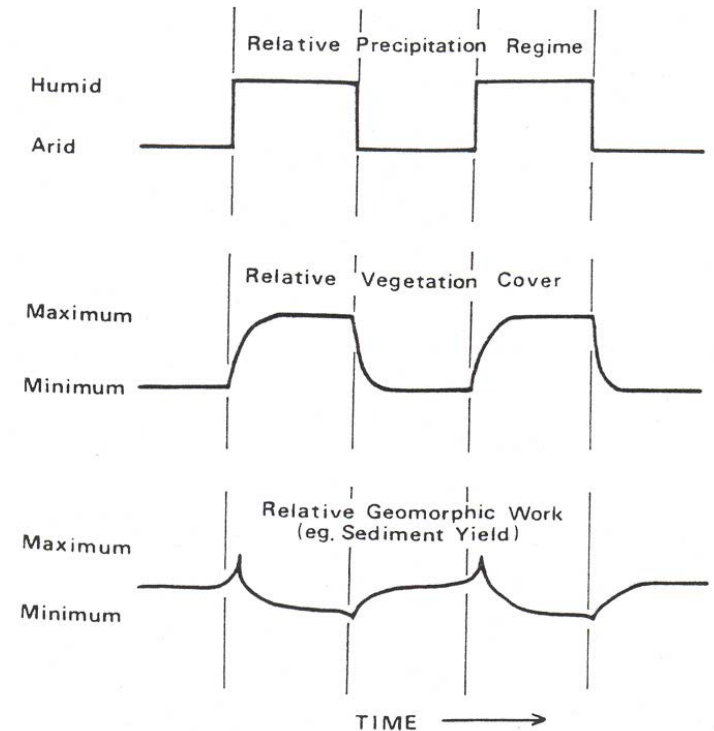
*Pro erozní činnost vodních toků má největší význam hrubý materiál dopravovaný po dně koryta. Materiál je po dně posunován, převalován anebo se pohybuje skoky (saltací). Největší množství materiálu určité velikosti, které řeka může dopravovat jako **splaveniny** na dně, se nazývá **unášecí kapacita toku**. Největší průměr částic, které tok může dopravovat po dně jako splaveninu, udává unášecí rychlost toku. Unášecí kapacita a schopnost vzrůstá s vodností a rychlostí toku. Proto činitelé, kteří ovlivňují rychlost, jako je sklon koryta a jeho drsnost, zakřivenost, rovněž ovlivňují unášecí kapacitu a schopnost.*

***Plaveniny** se skládají z částic jemnějších, tj. většinou z minerálních částic, jejichž usazovací rychlost je menší než síly turbulence vodního toku. Náleží do oblasti disperzních soustav, u nich dochází k rozptýlení jedné látky uvnitř druhé. Základním pojmem vyjadřujícím kvantitativní zastoupení plavenin ve vodě je koncentrace plavenin ( $C$ ), tj. hmotnost plavenin v jednotkovém objemu vody (obvykle  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).*

***Eroze vodních toků** je větší v **mimotropických** oblastech, kde svahový geosystém dodává do vodních toků hrubší úlomky hornin. V **tropích** jsou na svazích většinou mocné kaolinické a lateritické zvětraliny a do vodních toků postupuje jen jemný písek, silt a jíly. Tropické vodní toky proto neerodují a nerovnosti v korytě se dlouho uchovávají. Dokladem malé erozní činnosti tropických vodních toků jsou četné vhloubené formy na dně koryt, které vznikly vlivem chemického zvětrávání (rozpuštění). Tropické řeky často unášejí velké množství jemného materiálu. Vlivem vnitřního tření klesá u těchto vodních toků turbulence, a proto převládá u tropických řek klidný tok.*

## Změny fluviálních systému v pozdním glaciálu a holocénu

- Tradiční představa geomorfologů:  
glaciál = fyzikální zvětrávání, sucho, agradace na údolních dnech  
interglaciál = chemické zvětrávání, vlhko, prohlubování údolních dn → vznik říčních teras
- Glaciál → interglaciál = divočení → meandrování
- **ALE!** Např. Labe meandrovalo již v pozdním glaciálu.

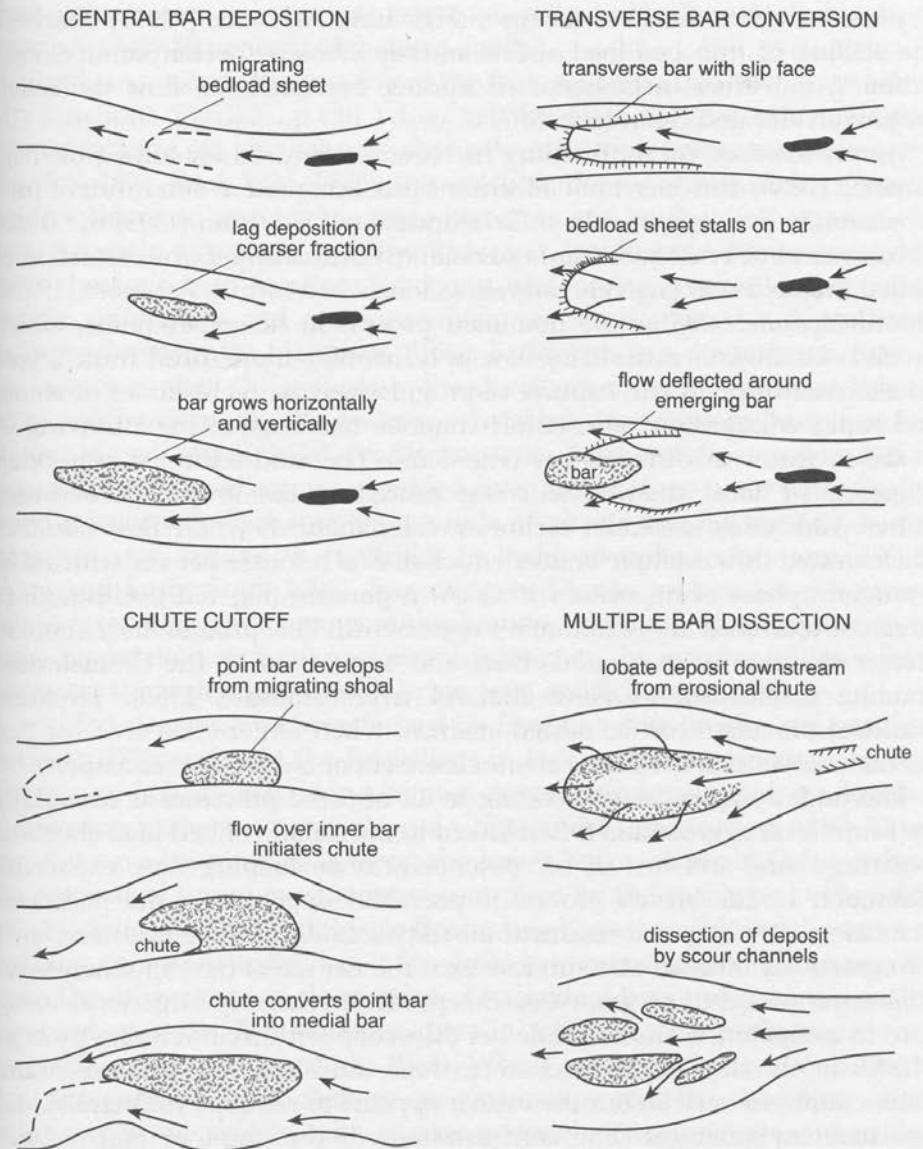
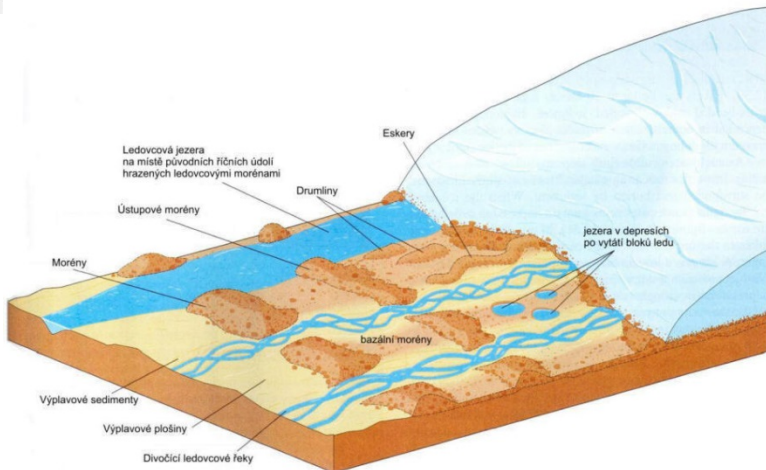


# braiding

- **abundant bed load**
- **erodible banks**
- **highly variable discharge**
- **steep valey slopes (high stream power)**

**Table 5.10** Distinguishing characteristics of channel patterns (after Smith and Putnam, 1980)

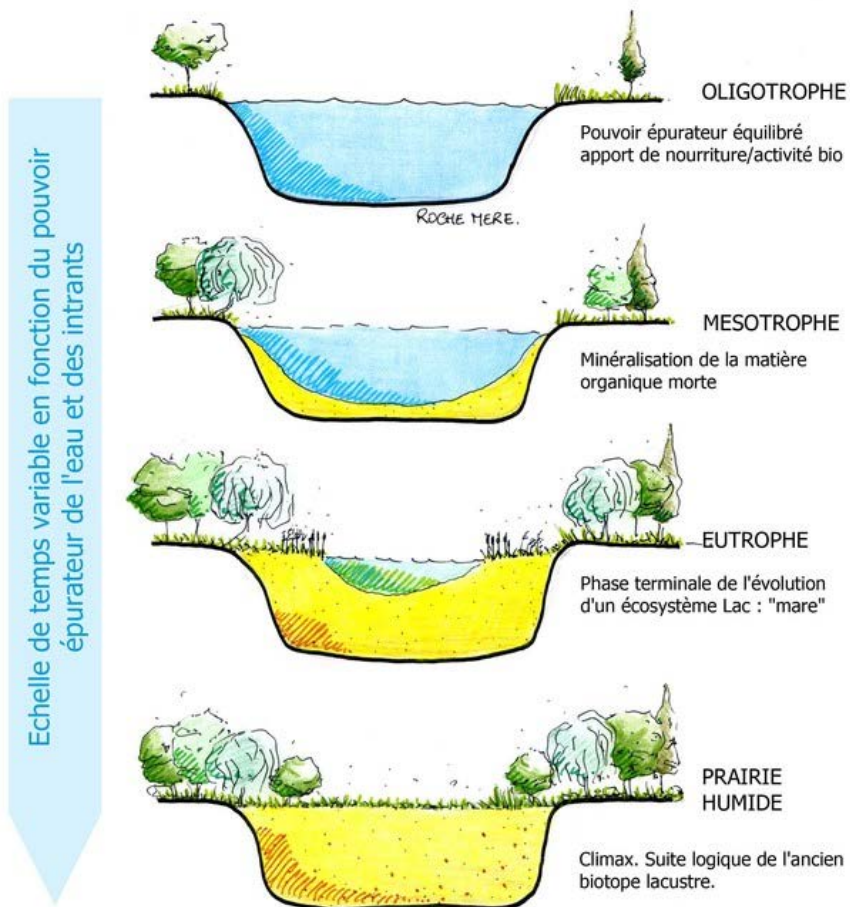
Characteristic	Anastomosing	Meandering	Braided
Gradient	Low	Moderate	High
Sinuosity	Variable	High	Low
Width : depth ratio	Low	Moderate	High
Percentage silt-clay in banks	High	Moderate	Low
Lateral migration	Rare	Common	Common



**Figure 5.23** Mechanisms of braid development, based on flume experiments of Leopold and Wolman (1957) and Ashmore (1991a), and cartoons from Ferguson (1993).

- sesuv
- tání ledovce
- antropogenní (rybníky, údolní nádrže)

## Evolution Naturelle d'un écosystème lentique





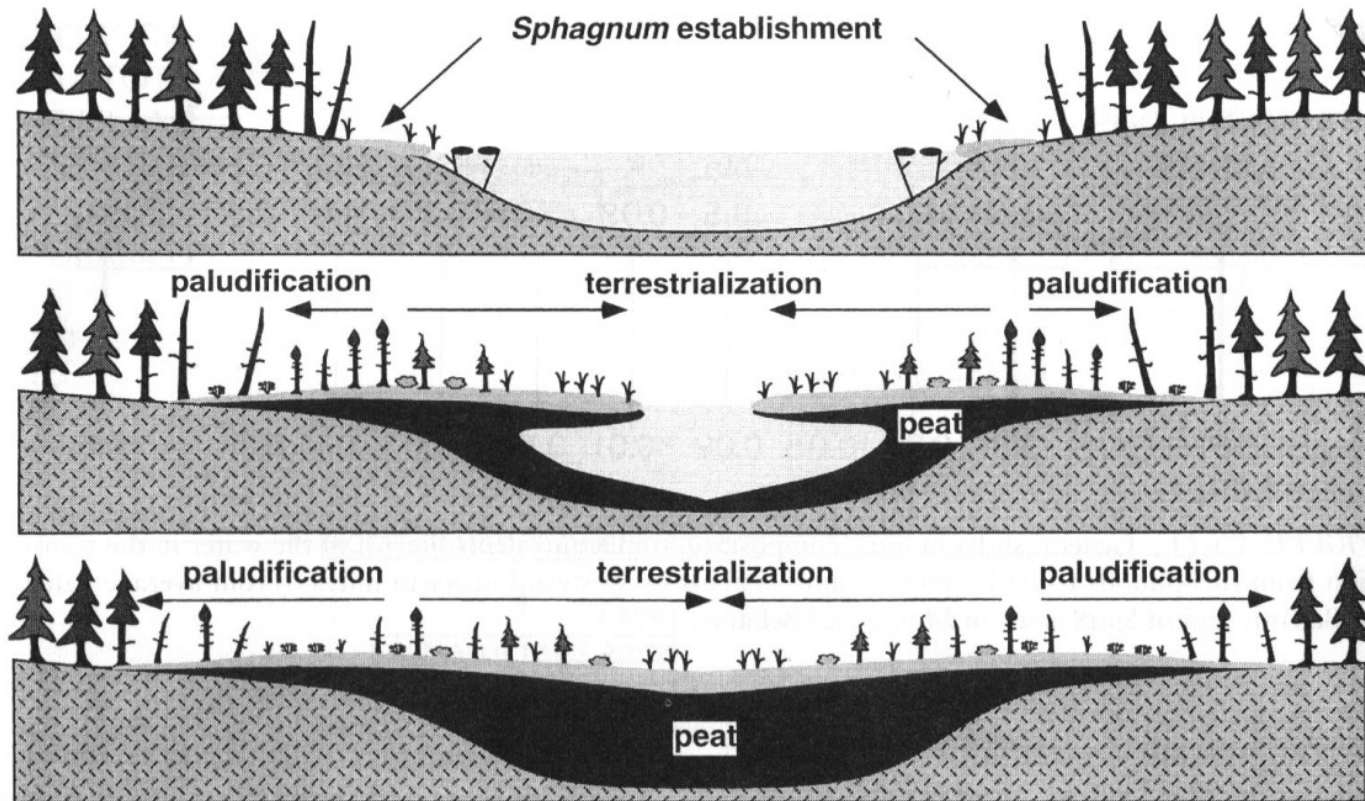


FIGURE 25-12 Bog climax model of succession whereby development of climax bog communities occurs via both terrestrialization and paludification beginning at the margins of a water body. Key stages in the succession involve (upper) establishment of peat-forming (e.g., *Sphagnum*) mosses along shore lines; (middle) peat accumulation via both terrestrialization and paludification, resulting in slight impoundment and a rise in water levels; and (lower) continued terrestrialization and paludification, resulting in the formation of an ombrotrophic bog. (From Klinger, L. F. 1996, reproduced by permission of the Regents of the University of Colorado. The myth of the classic hydrosere model of bog succession. *Arctic Alpine Res*, 28:1–9.)







# URBANIZACE A KORYTO

**Table 6.12** Ratio of enlarged channel area to natural channel area in small basins ( $< 13 \text{ km}^2$ ), assuming that all the basin area is in use as specified (after Hammer, 1972)

Land use	Enlarged channel area/ natural channel area
Wooded	0.75
Previously developed land	1.08
Impervious area less than 4 years old; unsewered streets and houses	1.08
Cultivation	1.29
Houses more than 4 years old fronted by sewerred streets	2.19
Sewered streets more than 4 years old	5.95
Impervious areas more than 4 years old	6.79

## LAND-USE

- **for climate - hydromorphological interactions global, especially climate, change may cause hydromorphological deterioration through intensification of land-use and a more variable discharge regime that results in habitat modifications and losses.**
- **Alternatively it may cause significant improvement if human activities are withdrawn from floodplains due to more frequent flood events. Renewed flooding may generate a near-natural habitat structure**
- **The development of the riparian vegetation will decrease sediment input and add woody debris to streams**

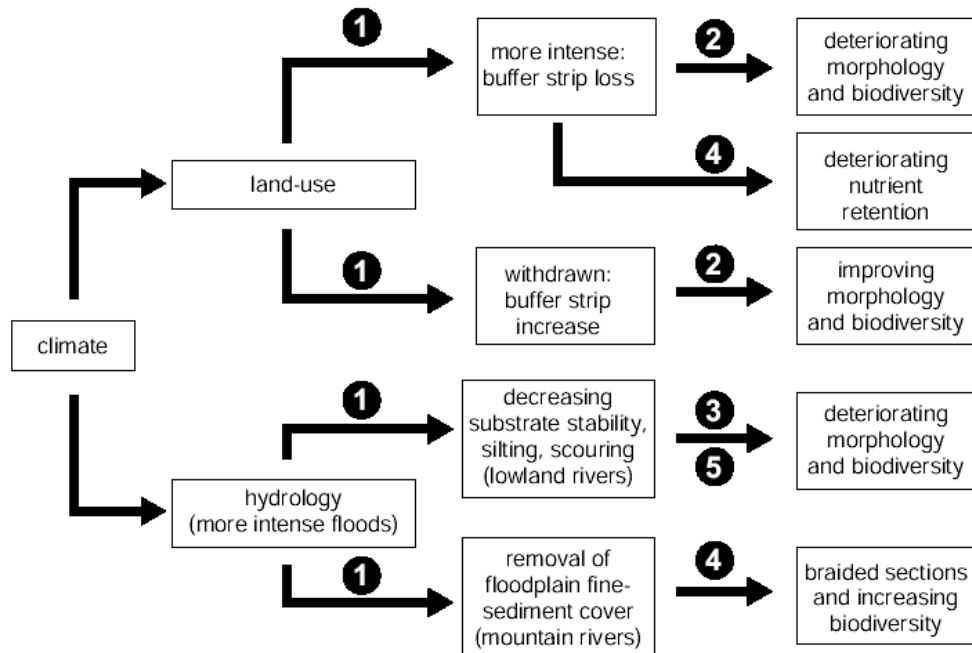
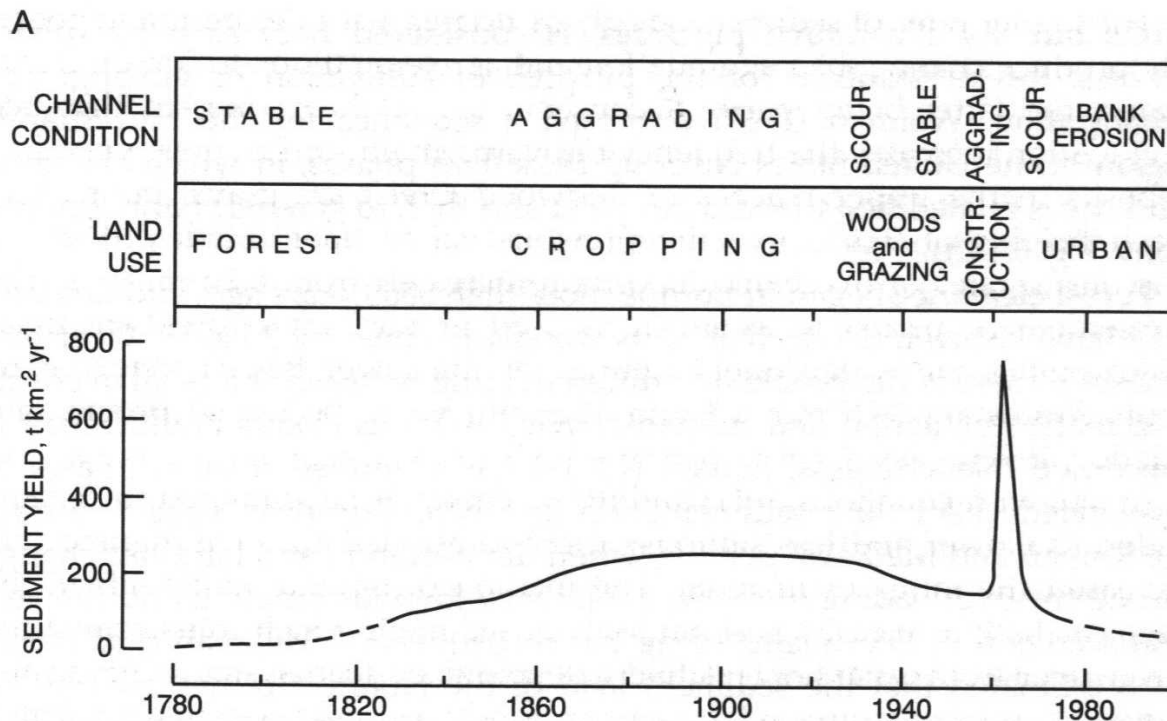


Figure 6.3: Cause-Effect Chain for climate impacts on river hydromorphology

# VYUŽITÍ KRAJINY A KORYTO

- **vykácení lesa pro potřeby pěstování plodin a pastvy** (koryto širší, mělčí, méně zákrutů)
- **urbanizace** (neprostupné povrchy, efektivnější odvodňovací systém – zvýšení objemu odtoku pro danou srážkovou událost, bleskové povodně, větší frekvence)



B

Wolman, 1967

Historical ponds of the Czech Republic: an example of the interpretation of historic maps

Renata Pavelková, Jindřich Frajer, Marek Havlíček, Patrik Netopil, Miloš Rozkošný, Václav David, Miriam Dzuráková & Bořivoj Šarapatka

## **hypotézy vzniku rybníkářství v ČR**

- klášterní kolonizace (držba větších a ucelenějších území, postní jídlo)
- řád německých rytířů (vysušování pozemků pro zemědělskou činnost)
- při kolonizaci močálovité krajiny (žďáření, klučení) – přirozené deprese posloužily jako základ pozdějších rybníků



- Over the past century, humans have more than doubled the rate of nitrogen input into terrestrial ecosystems, mostly through fossil fuel combustion and increased use of agricultural fertilizers. Excess nitrogen flows into streams and rivers, where it contributes to eutrophication, one of the leading causes of degraded water quality worldwide
- If it is not removed by biotic uptake or denitrification, nitrogen is ultimately exported from rivers to estuaries and coastal oceans<sup>15,16</sup>, where it can promote blooms of harmful microorganisms<sup>17</sup> and can generate an excessive biochemical oxygen demand, which has resulted in 245,000km<sup>2</sup> of 'dead zones' in more than 400 coastal habitats around the world.

## Sezónní dynamika koncentrace dusičnanů (Bečva, 2000-2006)

NO<sub>3</sub> [mg.l-1]

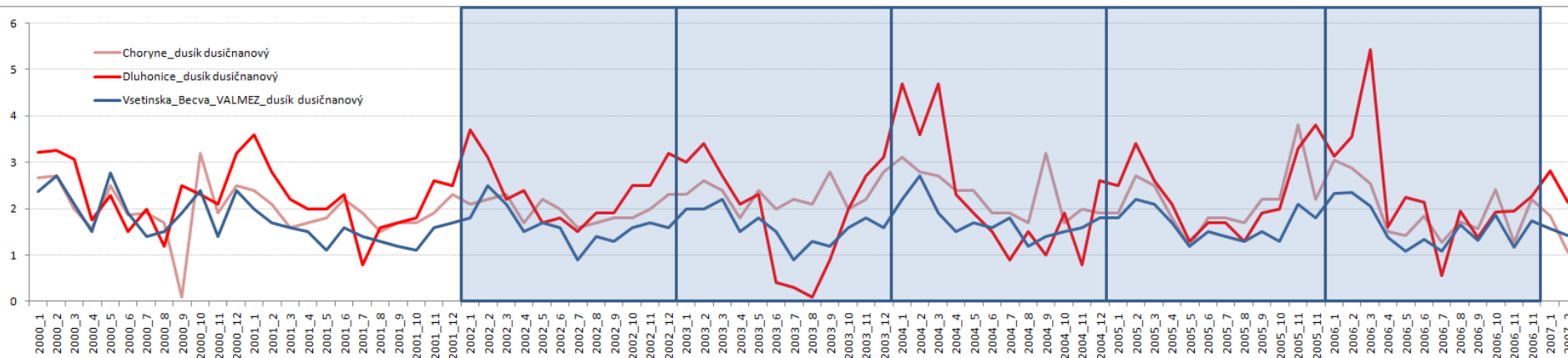
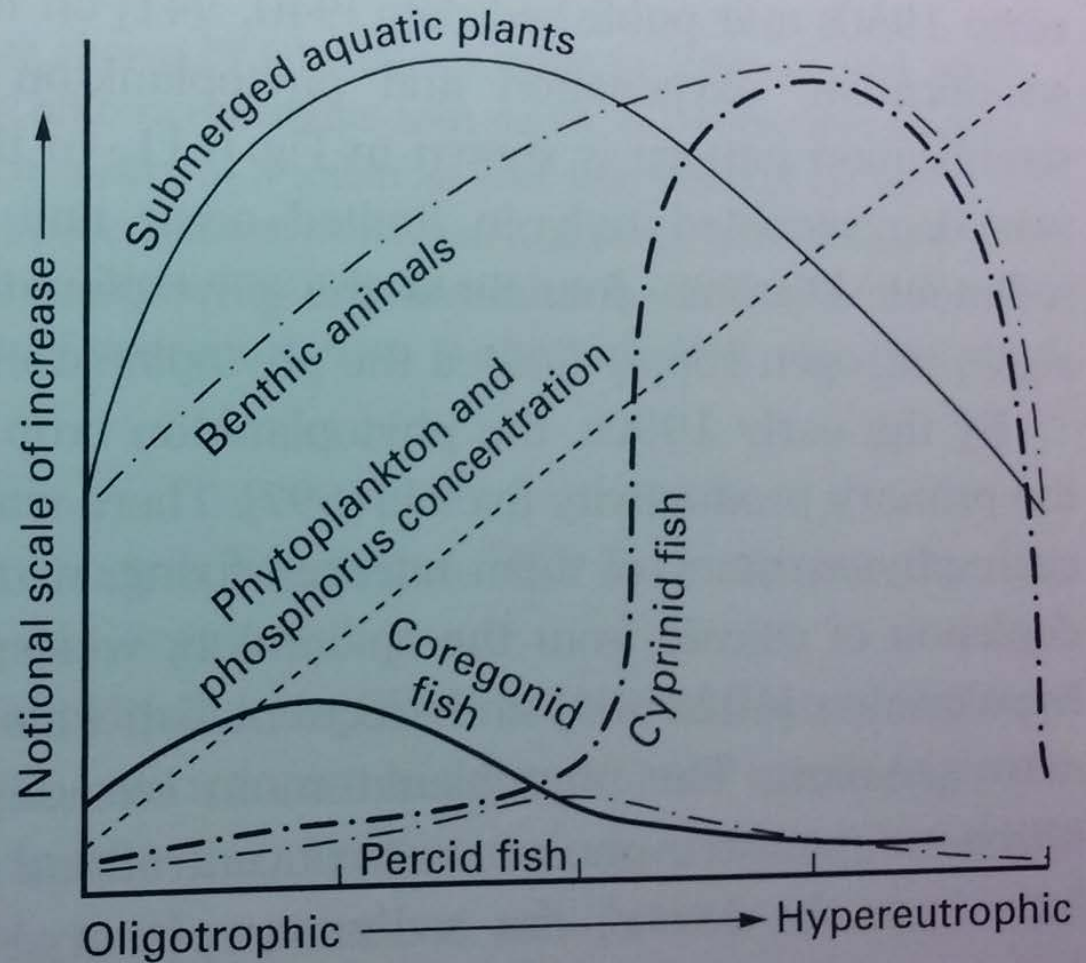




Fig. 6.31 General changes in north temperate lakes as they become eutrophicated. Changes in aquatic plants and benthic animals are considered in Chapter 8. In general, although yields of fish may increase, cyprinids are less desirable as a commercial catch than coregonids. (Based on Hartmann [387].)



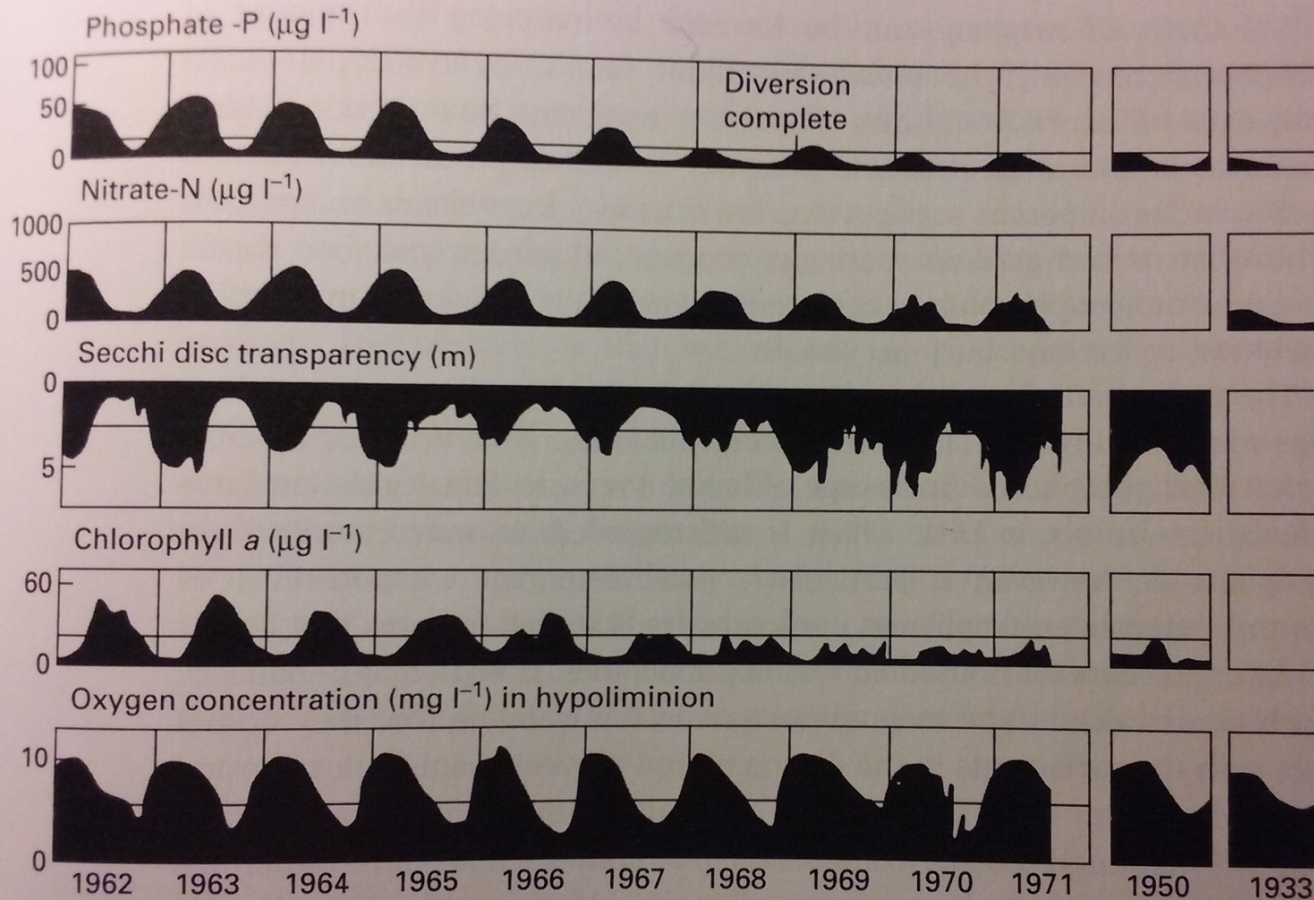
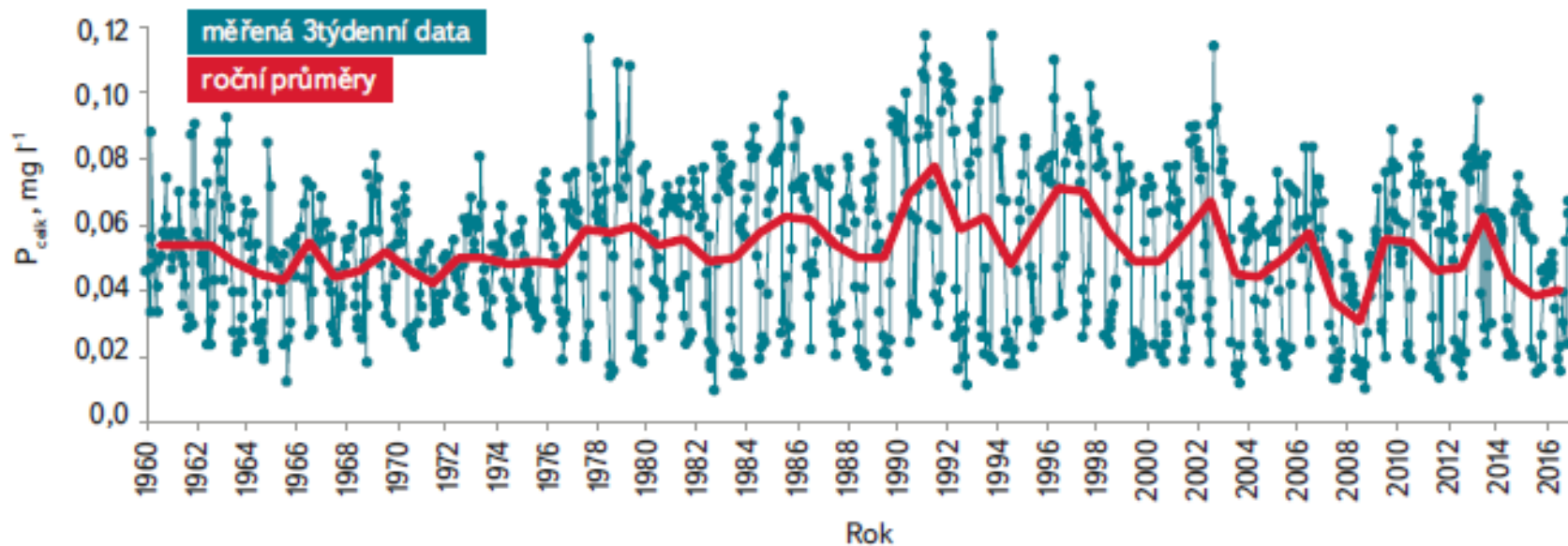


Fig. 6.35 Changes in Lake Washington between 1962 and 1981. Data for two earlier years are placed at the right side to suggest the possible end-point of the changes. The lines are smoothed to emphasize long-term trends. (After Edmondson [234].)

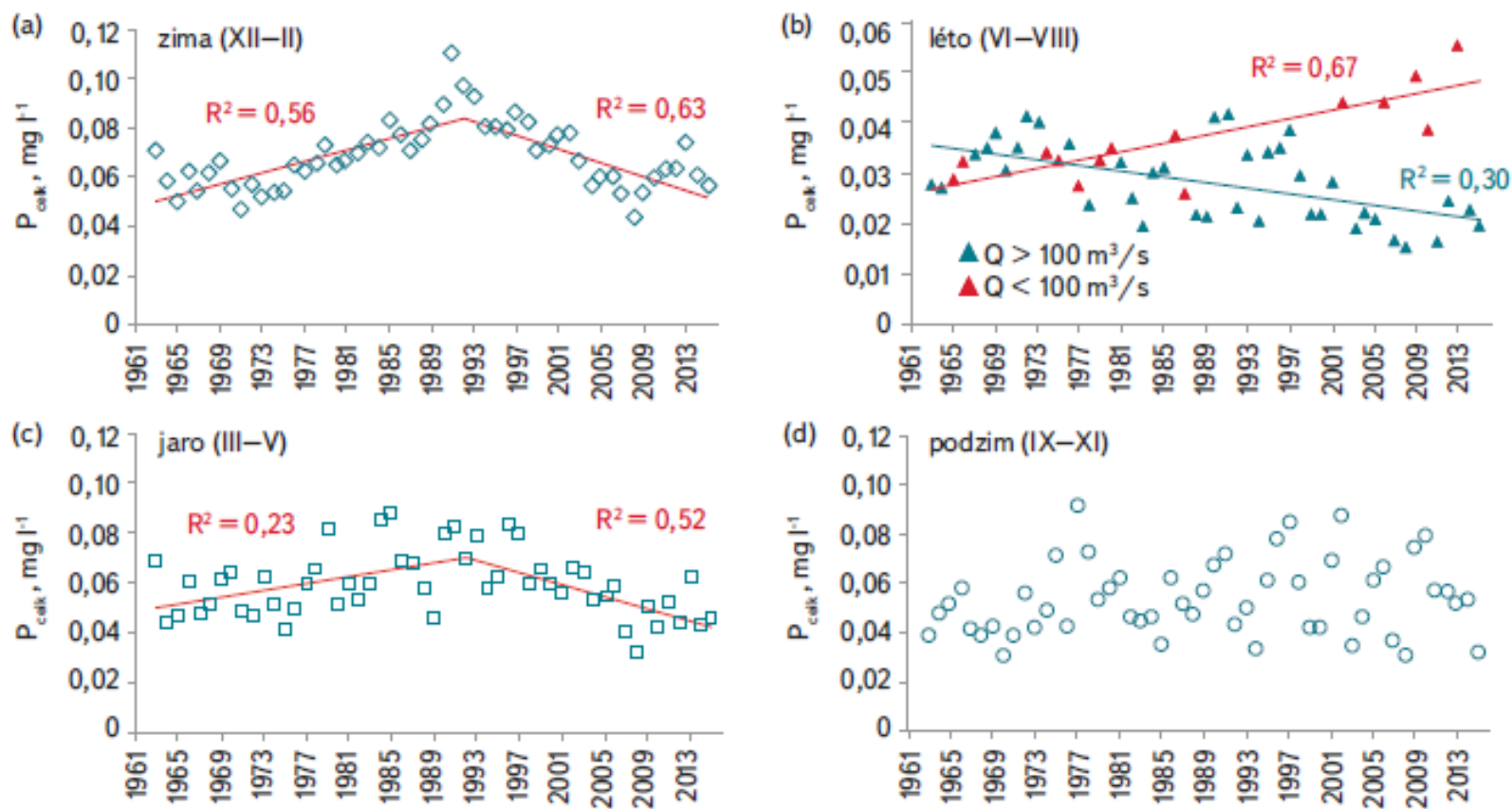


Obr. 4. Koncetrace  $P_{\text{celk}}$  v profilu Slapy-Nebřich v období 1960–2016

Fig. 4. Concentration of total P in the Slapy-Nebřich profile in the period 1960–2016

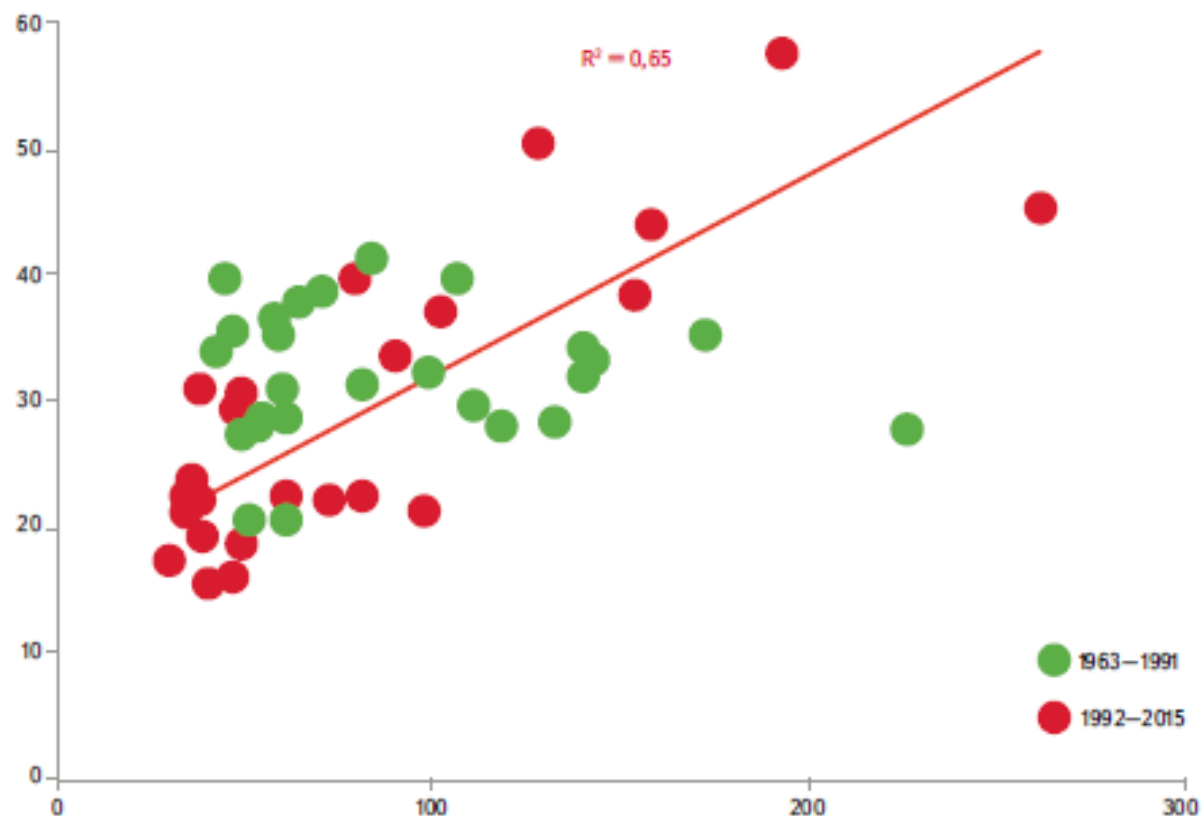
(black line with points – measured data in 3 week intervals; red line – annual averages)





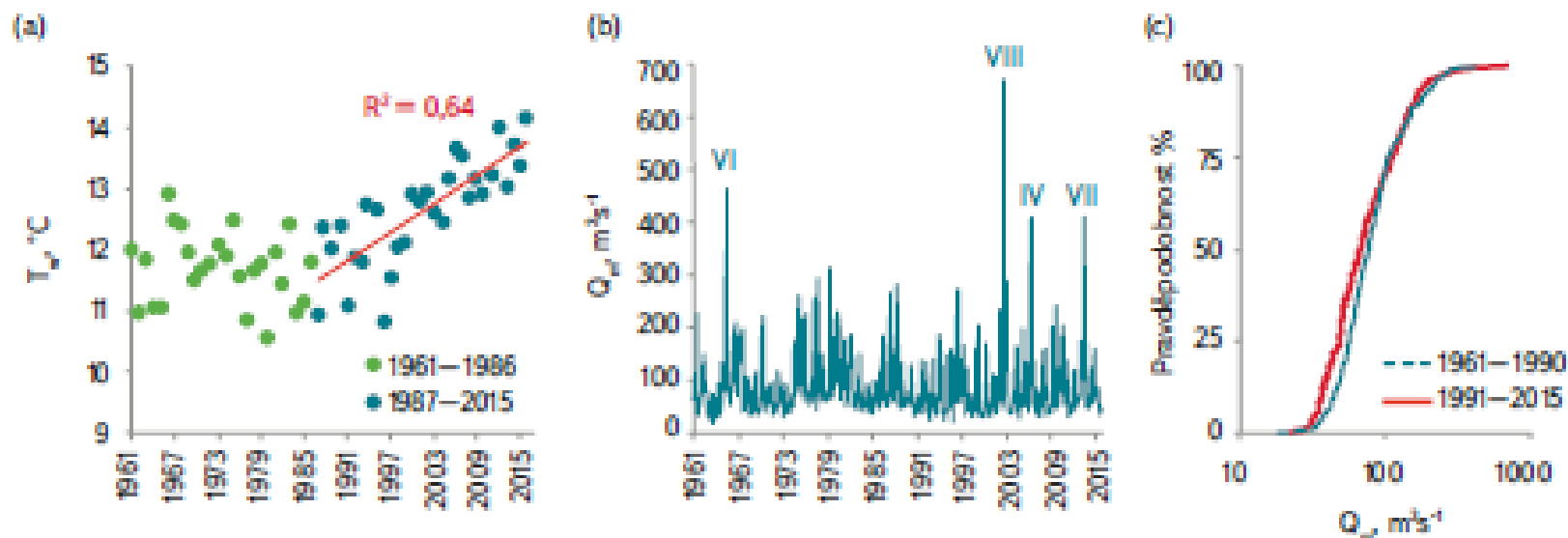
Obr. 5. Časové řady průměrných sezonních koncentrací  $P_{\text{celk}}$  v nádrži Slapy; čáry ukazují statisticky významné ( $p < 0,05$ ) lineární regresní trendy

Fig. 5. Time series of average seasonal concentrations of total P in the Slapy reservoir; the lines show statistically significant ( $p < 0.05$ ) linear regression trends

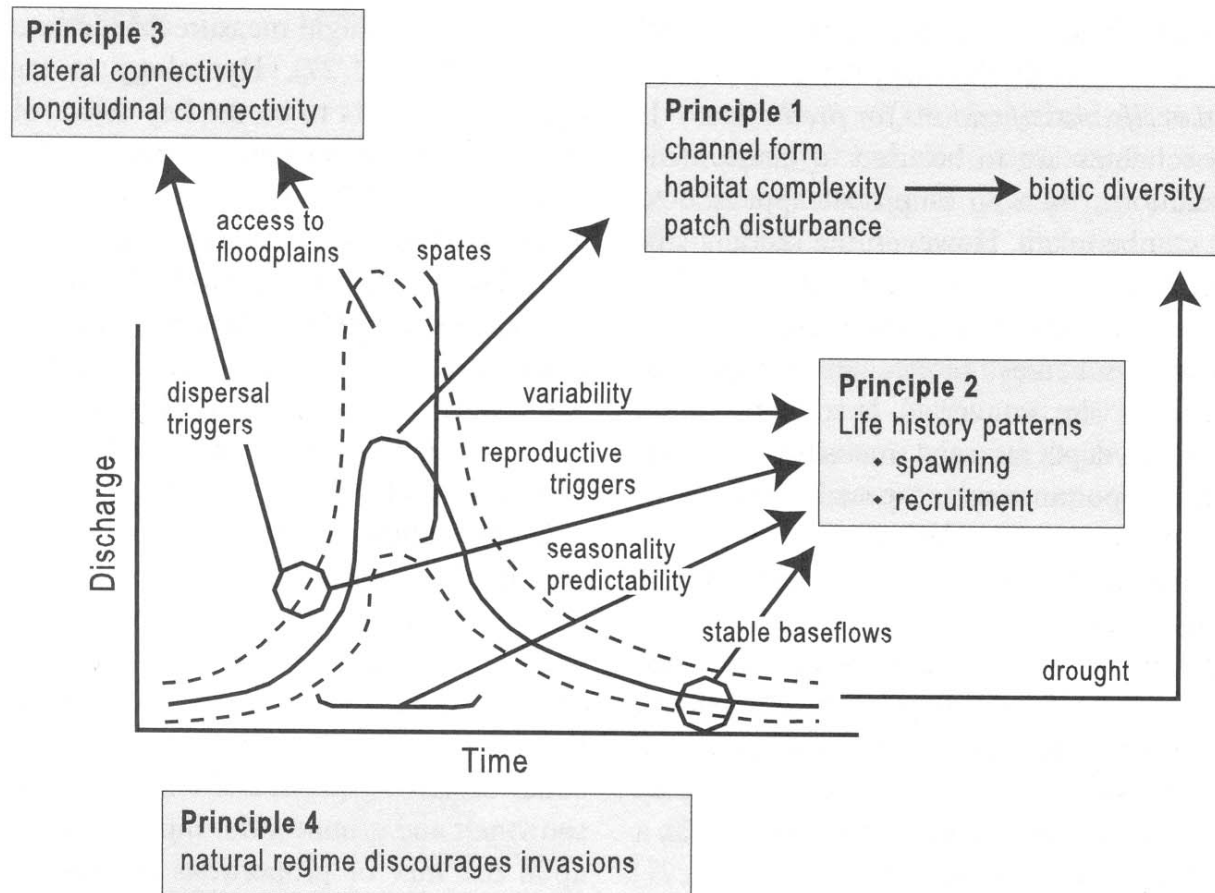


Obr. 6. Regresní vztahy mezi průměrnou koncentrací  $P_{\text{celk}}$  a průtokem v nádrži Slapy v letních měsících (VI–VIII) ve dvou obdobích: 1963–1991 and 1992–2015

Fig. 6. Regression relations between the average concentration of total P and the flow in the Slapy reservoir in the summer months (VI–VIII) in two periods: 1963–1991 and 1992–2015



Obr. 7. Ukazatele klimatických a hydrologických podmínek v nádrži Slapy během 1961–2015: (a) časová řada průměrných ročních teplot vody v hladinové vrstvě s odlišným obdobím 1987–2015, kdy byl prokázán rostoucí trend; (b) průměrný měsíční přítok (s vyznačením extrémních měsíců); (c) kumulativní distribuční funkce průtoku v obdobích 1961–1990 a 1991–2015



**Figure 9.11.** The natural flow regime of a river influences aquatic biodiversity via several interrelated mechanisms that operate over different spatial and temporal scales. There are four guiding principles regarding the influence of flow regimes on aquatic biodiversity. Source: Bunn, S.E. and Arthington, A.H. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30(4): 492–507 ©Springer-Verlag GmbH & Co. KG. Reproduced by permission



# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

- *množství dlouhodobých pozorování suchozemských bezobratlých (škůdci)*
- *nejdelší řady pozorování sladkovodní bioty pro komáry a muchničky*
- *větší šance porozumět pomalým, vzácným, drobným a komplexním jevům ve vodních ekosystémech*

# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

- *nejdelší řady pozorování pro komáry a muchničky*

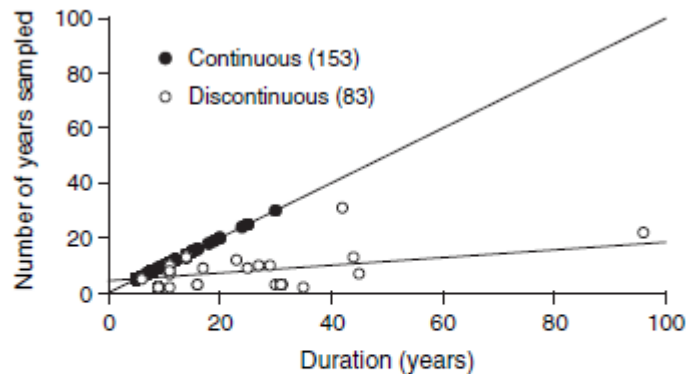


Fig. 3 Comparison of the number of years sampled in continuous studies (i.e. annual data) and discontinuous studies (i.e. data not available from all years) versus study duration. The total number of sites is in parentheses. Lines are 1 : 1 for continuous studies and a simple linear regression ( $r^2 = 0.11$ ,  $P < 0.05$ ) for discontinuous studies.

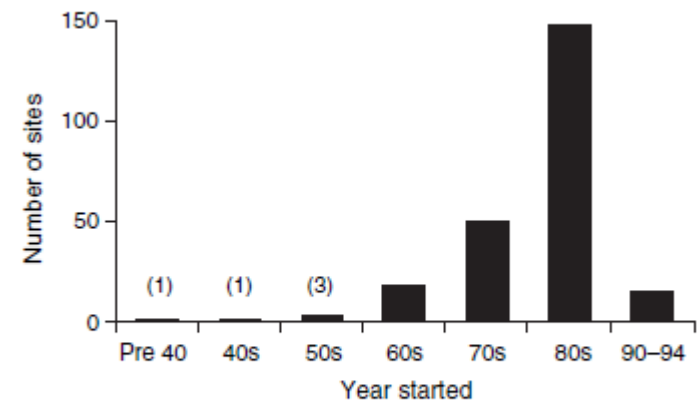


Fig. 1 Number of long-term study sites at which data collection began in each year between 1901 and 1994.

# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

## *Příklady meziroční variability*

- **vodní hmyz reaguje na hydrometeorologické jevy (teplota, průtok)**
- ***Baetis rhodani*** - abundance nejvyšší v letech s celkově vyššími průtoky a při výskytu sezonních povodní
- ***Baetis vernus*** - nejpočetnější v letech s povodněmi mimo obvyklé období
- vazba meziroční variability populací na klimatické cykly a cykly sluneční aktivity
- studie na jezeře Myvatn (Island): kolísání populací pakomárů závisí na vztahu potrava-konzument (více než predátor-kořist)

# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

## *Příklady náhlých disturbancí*

- **požáry** mají málo přímých vlivů na vodní bezobratlé
- výraznější jsou dopady **zrychleného odtoku a eroze** z odlesněného povodí
- ke stabilizaci společenstev bezobratlých nedochází dříve než 10-15 let po požáru
  
- vliv **hurikánů a období sucha v tropech**: dynamika/variabilita populací

# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

## Příklady složitých vztahů

- experimentální studie zaměřené na vztahy mezi potravními zdroji-konzumenty a parametry prostředí (většinou krátkodobé)
- Kuparuk River (Aljaška) – 16 let trvání
- odezva bezobratlých na experimentální zvyšování živin se lišila mezi 4-letým a 16tiletým obdobím pozorování
- zpočátku zvýšení živin způsobilo zvýšení produkce na všech trofických úrovních, ale struktura společenstev bezobratlých se změnila minimálně
- nicméně po 8-10 letech experimentu došlo ke změně dominance nárostových společenstev (rozsivky) na převahu vodních mechů, což se projevilo i ve struktuře bezobratlých

*Slavik et al., 2004*



# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

## Příklady složitých vztahů

- experimentální studie zaměřené na vztahy mezi potravními zdroji-konzumenty a parametry prostředí (většinou krátkodobé)
- Kuparuk River (Aljaška) – 16 let trvání
- odezva bezobratlých na experimentální zvyšování živin se lišila mezi 4-letým a 16tiletým obdobím pozorování
- zpočátku zvýšení živin způsobilo zvýšení produkce na všech trofických úrovních, ale struktura společenstev bezobratlých se změnila minimálně
- nicméně po 8-10 letech experimentu došlo ke změně dominance nárostových společenstev (rozsivky) na převahu vodních mechů, což se projevilo i ve struktuře bezobratlých
- projevila zpožděná reakce ekosystému na zvýšené koncentrace živin

*Slavik et al., 2004*

# DLOUHODOBÉ TRENDY VODNÍCH BEZOBRATLÝCH

## *Příklady antropogenních disturbancí a obnovy*

- ***cenná data vznikají v posledních 20-30 letech v programech monitoringu (US EPA, WFD)***
- ***změny klimatu často překrývají účinky degradace nebo revitalizace ekosystémů***
- ***potřeba revize referenčních podmínek***

## *Studie makrozoobentosu na Rýnu (96 let, 1903-1998)*

- ***nejprve pokles diverzity, pak návrat k původním hodnotám***
- ***ALE: část původních druhů nebyla v současné době zaznamenána (nahrazeny nepůvodními druhy)***
- ***vliv propojení kanálem Rýn-Mohan-Dunaj***

<https://www.youtube.com/watch?v=tMe8l13nR6Q>

**Table 6.9** Types of change induced by human activity

*Direct or channel-phase changes:*

- River regulation –
  - Water storage by reservoirs
  - Diversion of water
- Channel modifications –
  - Bank stabilization
  - Channel straightening
  - Stream gravel extraction

*Indirect or land-phase changes:*

- Land-use changes –
  - Removal of vegetation, especially deforestation
  - Afforestation
  - Changes in agricultural practices
  - Building construction
  - Urbanization
  - Mining activity
- Land drainage –
  - Agricultural drains
  - Storm-water sewerage systems