Fluviální geomorfologie
Lekce 7

Změny tvaru koryta: důkazy změn, příčiny změn, předpovědi budoucích změn

Osnova přednášky

- Vodní tok jako systém s historií
- Extrapolace současných pozorování řek na delší časové úseky
- Důkazy změn fluviálního systému
- Typy disturbancí fluviálního systému
- Příčiny změn ve fluviálním systému
- Předpovídání změn morfologie koryta

Povodí jako historický systém

- Fluviální systém je *fyzikální systém s historií*.
- Současná podoba řeky je výsledkem jak současných tak i minulých procesů a podmínek - fluviální systém má „paměť".
- Vlivy minulosti jsou méně patrné v systémech s krátkými časy odezvy.

Rekonstrukce minulého vývoje řek

- Poznání historického vývoje řeky se odvíjí od pochopení současného stavu.
- Současná měření rychlosti fluviálních procesů lze s opatrností extrapolovat na období 10^2 až 10^4 roků.
- Pro správnou extrapolaci do minulosti je třeba znát:
  - výchozí podmínky, ze kterých se řeka začala vyvíjet;
  - zda je naměřená rychlost změny reprezentativní i pro delší časové období;
  - zda změny probíhají synchronně na větším území;
  - jak se mění v průběhu času statut proměnných fluviálního systému (přírodních podmínek).

Rekonstrukce minulého vývoje řek

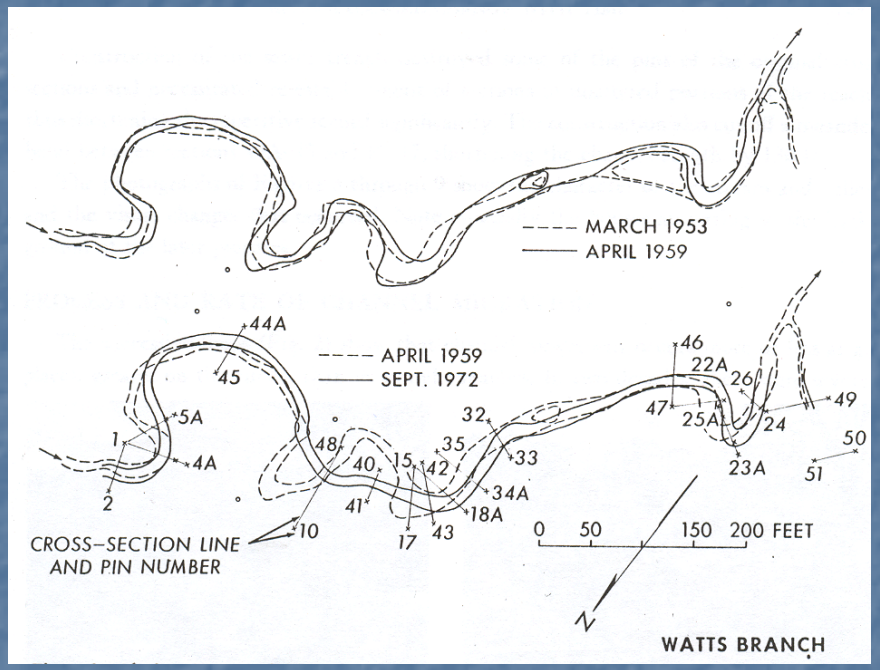
- Volba časového měřítka pro studium vývoje řeky se odvíjí od:
  - možné velikosti změn přírodního prostředí, které můžou během zvoleného časového úseku nastat,
  - míře přizpůsobivosti jednotlivých morfologických prvků říčního koryta.
- Kombinací předchozích dvou faktorů lze odvodit pro konkrétní morfologický prvek koryta:
  - potenciál pro dosažení stavu rovnováhy s panujícími podmínkami přírodního prostředí,
  - pravděpodobnou reakci na změnu (např. klimatickou) o určité velikosti.

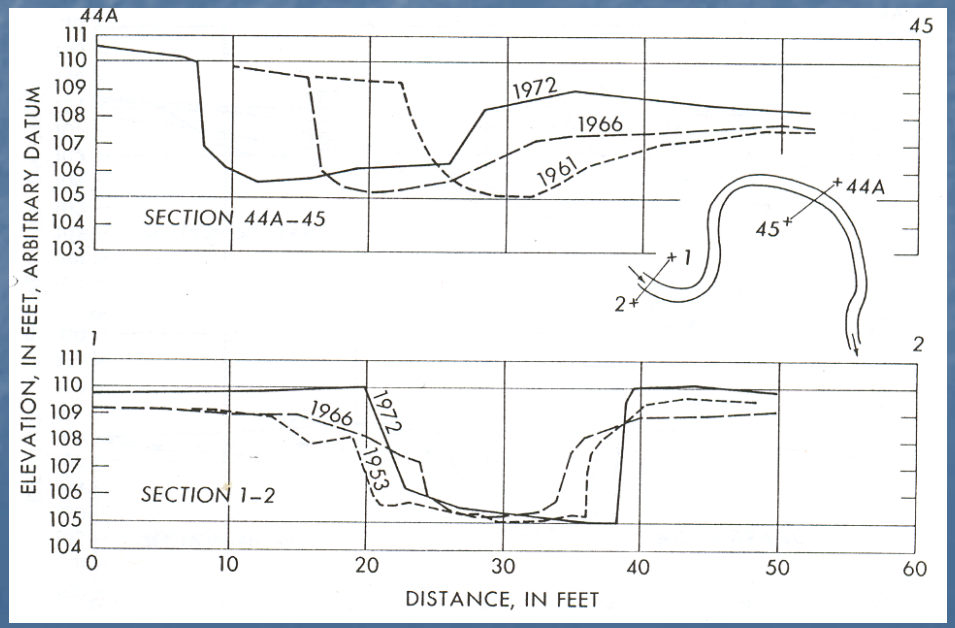
Důkazy změn

Přímá pozorování (zřídka kontinuální)	přístrojová pozorování
	fotografická dokumentace
	terénní výzkum
Historické záznamy	mapy a fotografie z různého data
	písemné zprávy
Sedimentární sledy	povrchové tvary
	vnitřní stavba
Datovací techniky	(1) Relativní metody
	relativní výška
	organické zbytky
	artefakty
	(2) Absolutní metody
	radioaktivní izotopy
	dendrochronologie

Přímá pozorování

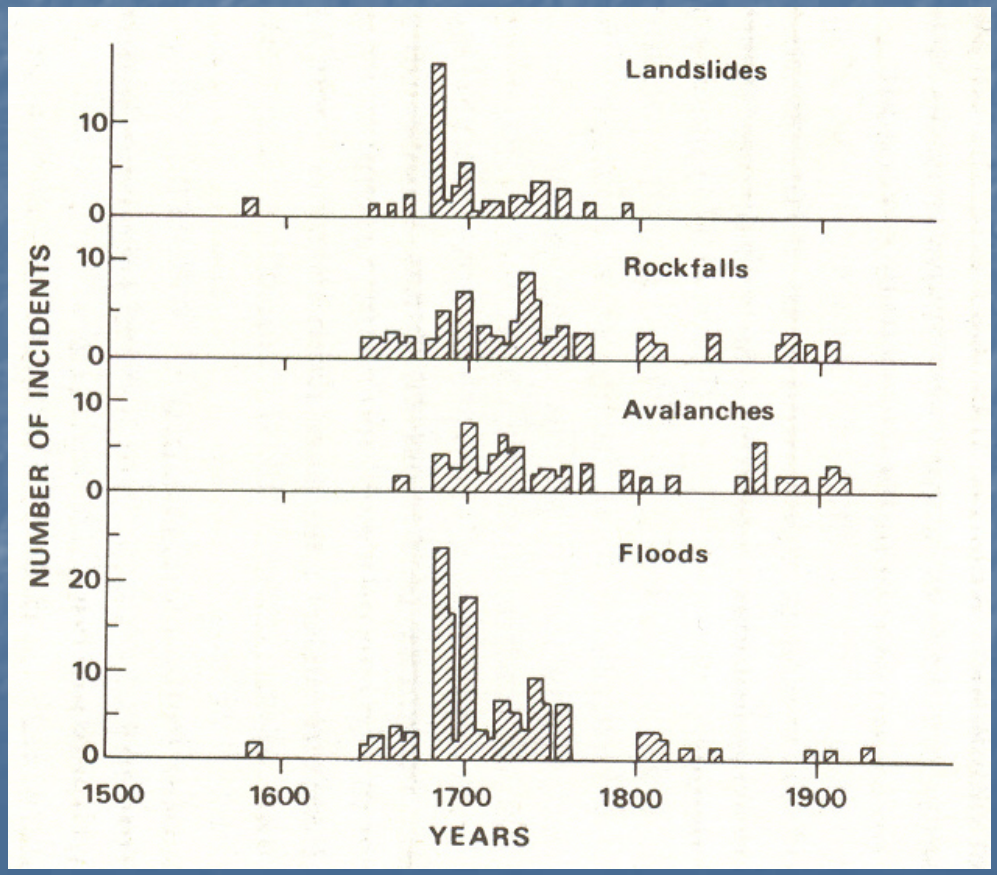
Leopold (1973)





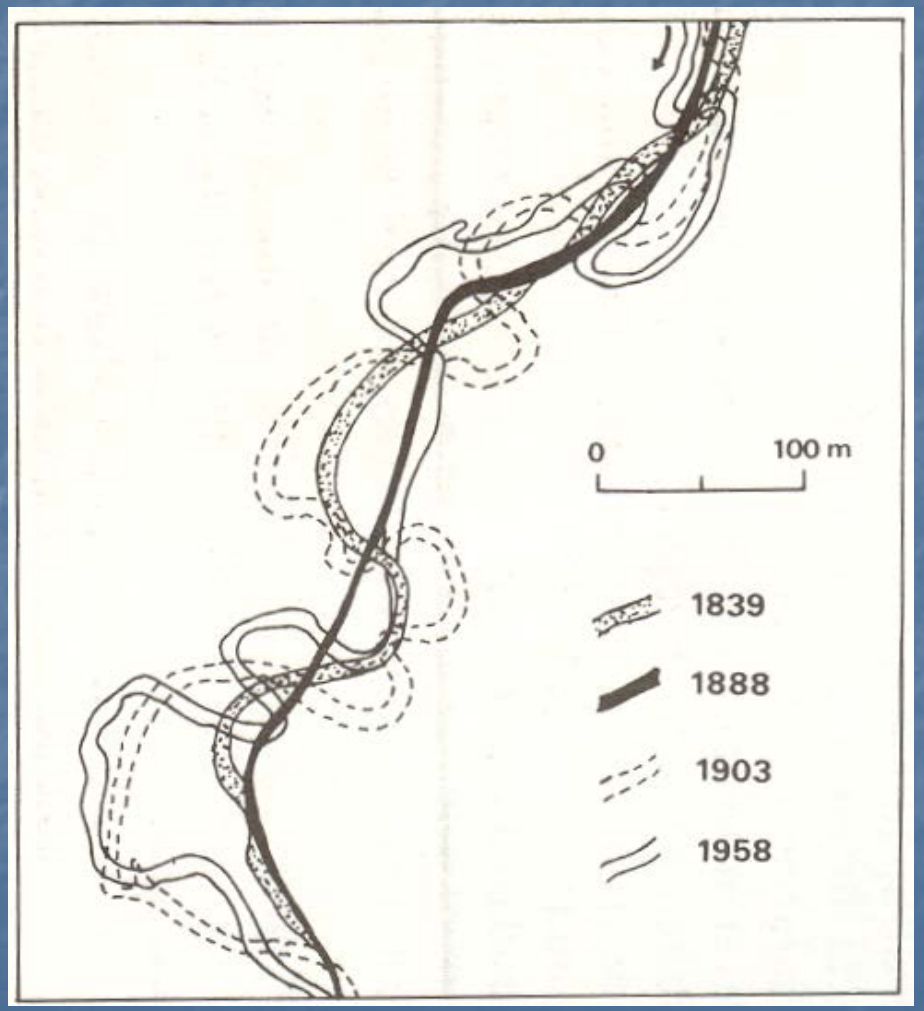
Historické záznamy

- Hodnocení výskytu sesuvů, skalního řícení, lavin a povodní od r. 1500 na základě záznamů o držbě půdy v norské oblasti Josterdalsbre.



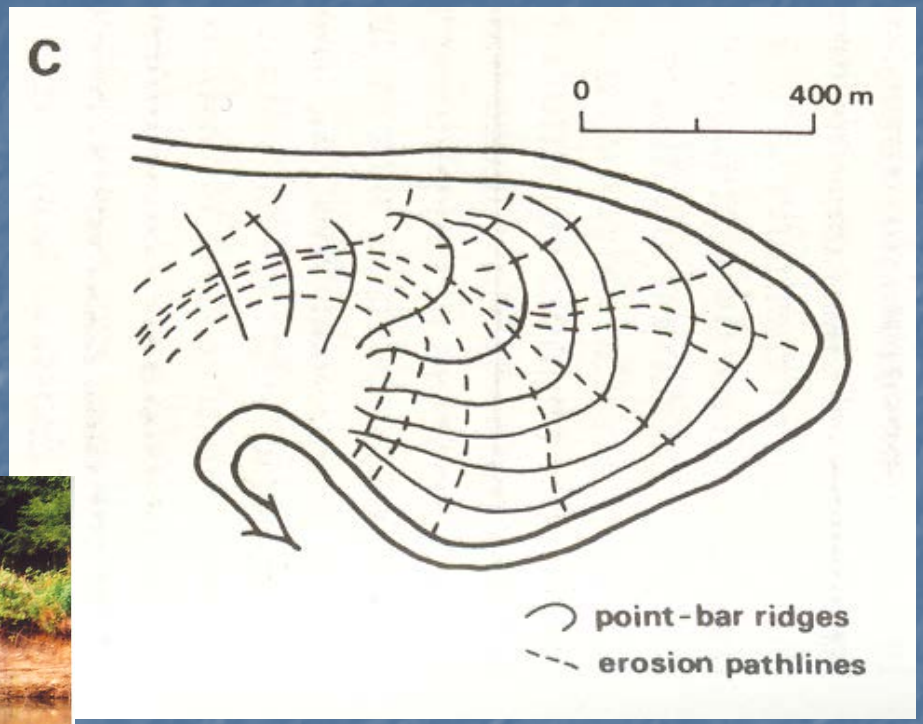
Historické záznamy

- Rekonstrukce vývoje trasy koryta řeky Sid (Devon, UK) ze čtyř historických map v období 1839 až 1958.



Fluviální sedimenty

- Rekonstrukce vývoje meandrů na řece Beatton (Britská Kolumbie, Kanada) v posledních 250 letech pomocí valů jesepních lavic.

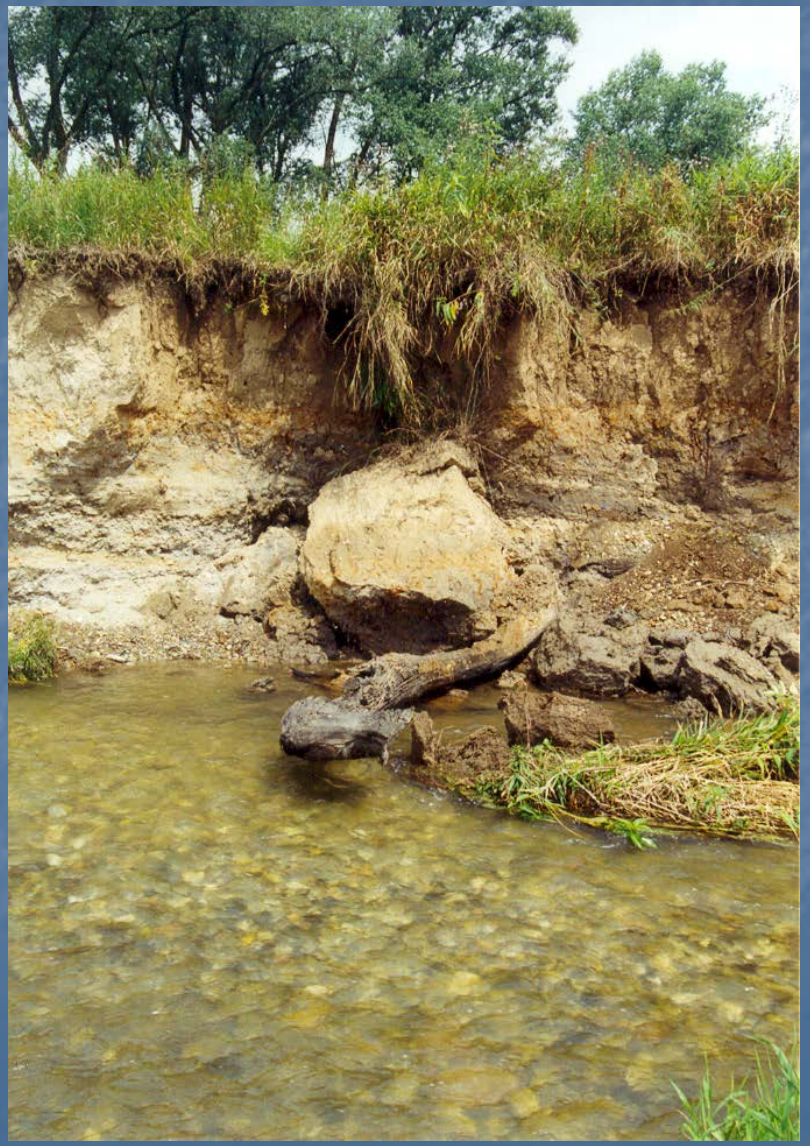


Datovací techniky

- Relativní datování
  - Metoda relativních výšek – tvary položené v terénu výše se považují za starší; určování relativního stáří říčních teras.
  - Organické zbytky – např. pylová zrna.
  - Člověkem vyrobené předměty – např. zbytky keramiky prehistorických kultur.
- Absolutní datování
  - Radiometrické datování – radioaktivní izotopy některých prvků; časové rozpětí 10^3 až 10^8 let; metoda ^{14}C, kosmogenní izotopy.
  - Dendrochronologie – přesné datování v rozsahu posledních 2000 let; zbytky dřev v sedimentech nebo stáří žijících stromů.

Relativní datování výplně říčních ramen pomocí pylového spektra

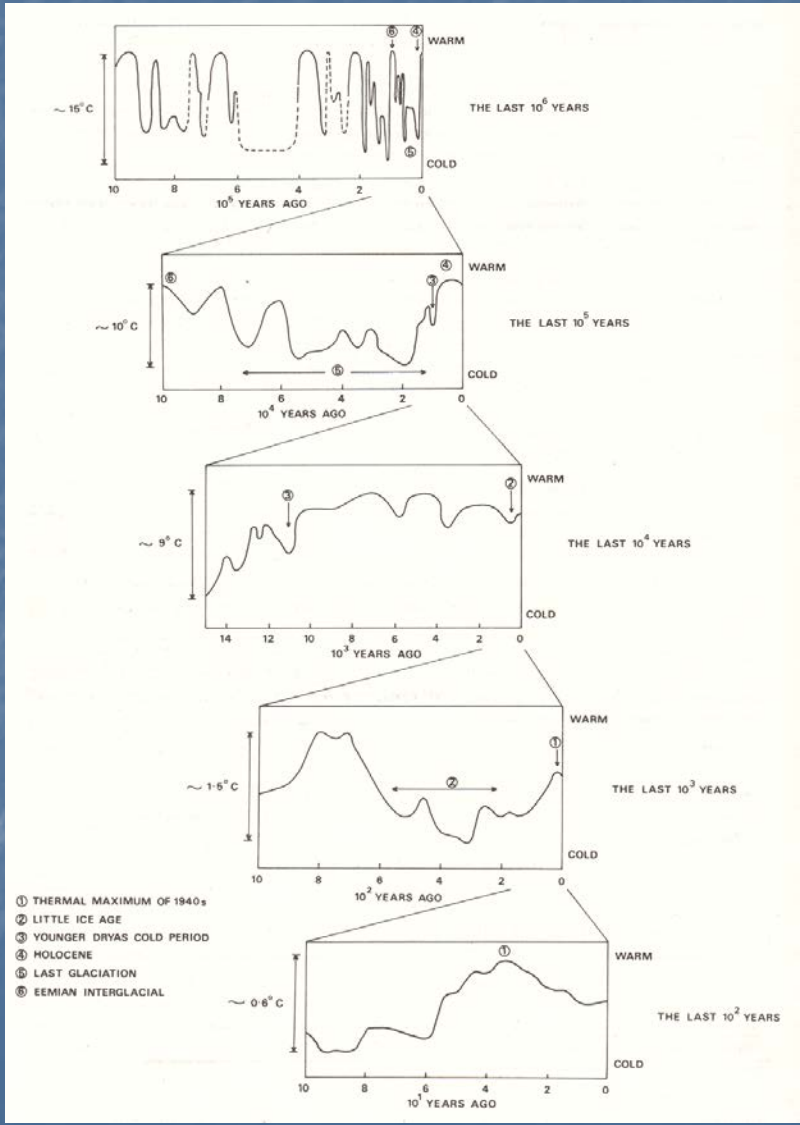
Dendrochronologické datování povodňových hlín v Mohelnické brázdě



Příčiny změn

- Dva typy vnějších narušení fluviálního systému:
  - pulzní disturbance,
  - permanentní disturbance.
- Změny fluviálního systému jsou reakcí na změny vnějších podmínek jako je klima, vegetace, využití země nebo poloha erozní báze.
- **Klima** ovlivňuje *charakter vegetace* a *srážko-odtokové vztahy*, což má vliv na hydrologický režim řek, zvětrávání hornin, přísun sedimentů do koryta a jejich následný transport.
- Pro geomorfologii jsou nejdůležitější údaje o paleosrážkách (např. sezónnost, srážkové extrémy) a paleoodtoku (např. N-letost průtoků).

Hlavní trendy ve vývoji teploty pro různá časová období (SZ Evropa)



Historické záznamy o kolísání klimatu

- **Nil** - 5 období s výjimečně silnými povodněmi: 630, 850 – 930, 1100 – 1150, 1400 – 1450, pol. 19. stol; průměrná *rychlost agradace* v korytě a údolní nivě *10 cm/100 let*.
- **Evropa** – zvýšený výskyt povodní v období 1150 – 1500 s maximy kolem roků 1310 a 1450.

Změny vyvolané vnitřním vývojem fluviálního systému

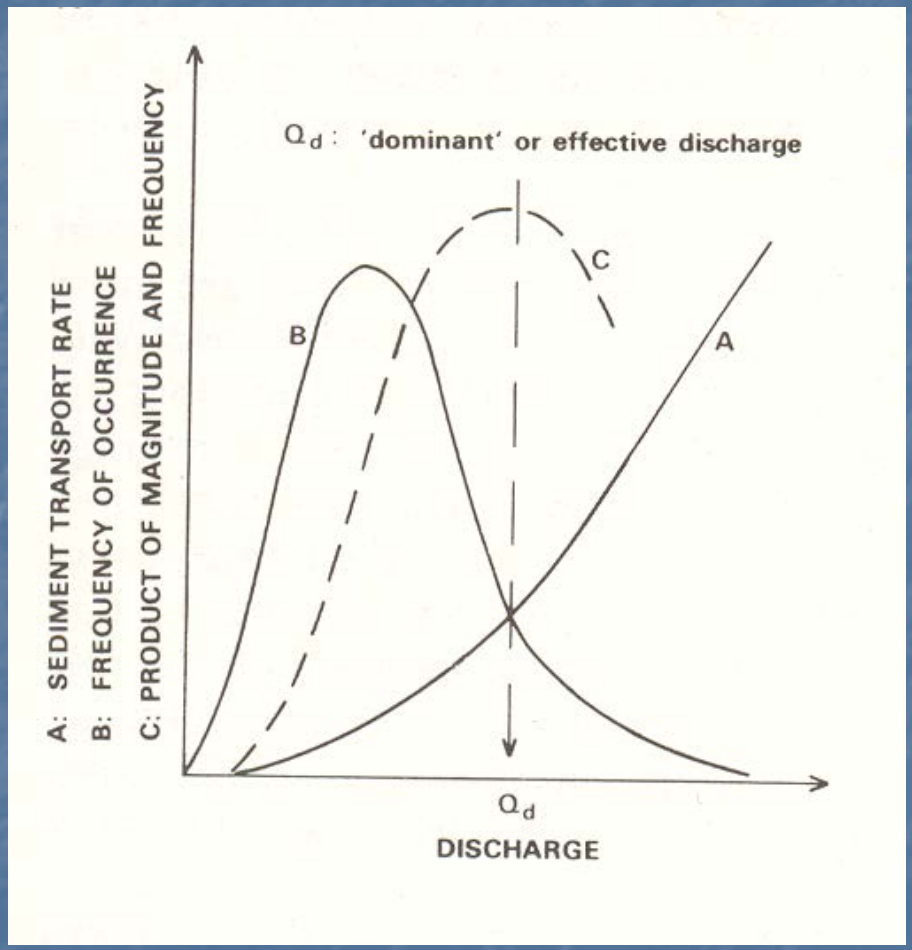
- Změny fluviálního systému mohou být výsledkem vnitřního vývoje systému; překročení tzv. vnitřních geomorfologických prahů.
- *Příklad:* meandr – zvětšování křivolakosti při vývoji meandru vede k jeho odškrcení; odškrcení sníží křivolakost a zvýší spád, obnoví se rovnováha mezi morfologií a vnějšími podmínkami (průtok, množství splavenin).

  Změna = odškrcení meandru.

  Důvod změny = nerovnováha mezi tvarem koryta a kontrolními proměnnými (průtok, splaveniny) – příliš malý spád pro transport splavenin.

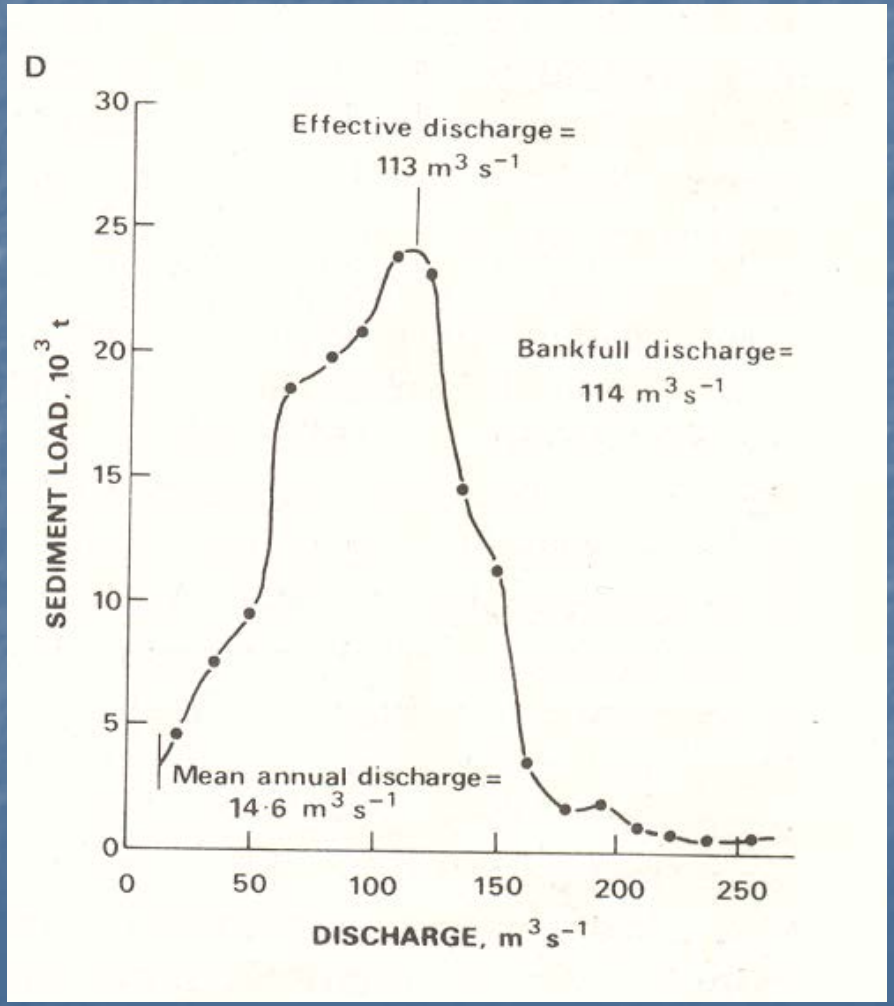
Dominantní průtok

- Morfologie koryta reaguje na změny v hodnotě tzv. *dominantního průtoku*.
- Dominantní průtok – průtok který v korytě vykonává nejvíce práce; práce = transport sedimentů.
- Dominantní průtok ≈ korytotvorný průtok ≈ 1 až 2-letá povodeň.



Srovnání dominantního a korytotvorného průtoku

- Řeka Snake (Wyoming, USA)
  - Průměrný roční průtok = 14,6 $m^3.s^{-1}$
  - Dominantní průtok = 113 $m^3.s^{-1}$
  - Korytotvorný průtok = 114 $m^3.s^{-1}$



Predikce budoucích změn

- Postup předpovědí změn koryta:
  - objasnění vztahu mezi přírodními podmínkami, odtokem a množstvím splavenin,
  - objasnění vlivu změn v odtoku a množství splavenin na morfologii koryta.

Možné dopady klimatické změny na průměrný roční odtok a odnos sedimentů

Původní klima	**Nové klima**			
	Chladnější (T_m – 5°C) Vlhčí (P_m + 250 mm)	Teplejší (T_m + 2,5°C) Vlhčí (P_m + 250 mm)	Chladnější (T_m – 5°C) Sušší (P_m – 125 mm)	Teplejší (T_m + 2,5°C) Sušší (P_m – 125 mm)
Mírné T_m = 10°C P_m = 750 mm	R_u + S_y –	R_u + S_y – nebo S_y 0	R_u 0 S_y 0	R_u – S_y +
Subhumidní T_m = 12,5°C P_m = 500 mm	R_u + S_y –	R_u + S_y –	R_u 0 S_y 0	R_u – S_y 0
Semiaridní T_m = 15°C P_m = 350 mm	R_u + S_y +	R_u + S_y +	R_u – S_y 0	R_u – S_y –

T_m … průměrná roční teplota,
P_m … průměrné roční srážky,
R_u … průměrný roční odtok,
S_y … průměrný roční odnos sedimentů.

Empirické rovnice popisující vztahy mezi parametry koryta a průtokem a charakterem sedimentů

Parametr koryta	**Funkční vztah**
Šířka	$w=44Q_m^{0,38}M^{-0,39}$ $w=44Q_{ma}^{0,58}M^{-0,37}$
Hloubka	$d=0,51Q_m^{0,29}M^{0,34}$ $d=0,12Q_{ma}^{0,42}M^{0,35}$
Poměr šířka/hloubka	$w/d=255M^{-1,08}$ $w/d=80Q_m^{0,10}M^{-0,74}$ $w/d=41Q_{ma}^{0,18}M^{-0,74}$
Vlnová délka meandrů	$\lambda=1935Q_m^{0,34}M^{-0,74}$ $\lambda=394Q_{ma}^{0,48}M^{-0,74}$
Křivolakost	$S=0,94M^{0,25}$
Spád koryta	$s=0,0036Q_m^{-0,32}M^{-0,38}$

Q_m … průměrný roční průtok
Q_{ma} … průměrná roční povodeň
M … charakter unášených splavenin

Vliv změny průtoku a množství dnových splavenin na morfologii říčních koryt

Q + → w+, d+, (w/d)+, λ+, s-

Q – → w-, d-, (w/d)-, λ-, s+

Qsb + → w+, d-, (w/d)+, λ+, S-, s+

Qsb – → w-, d+, (w/d)-, λ-, S+, s-

Q +, Qsb + → w+, d±, (w/d)+, λ+, S-, s±

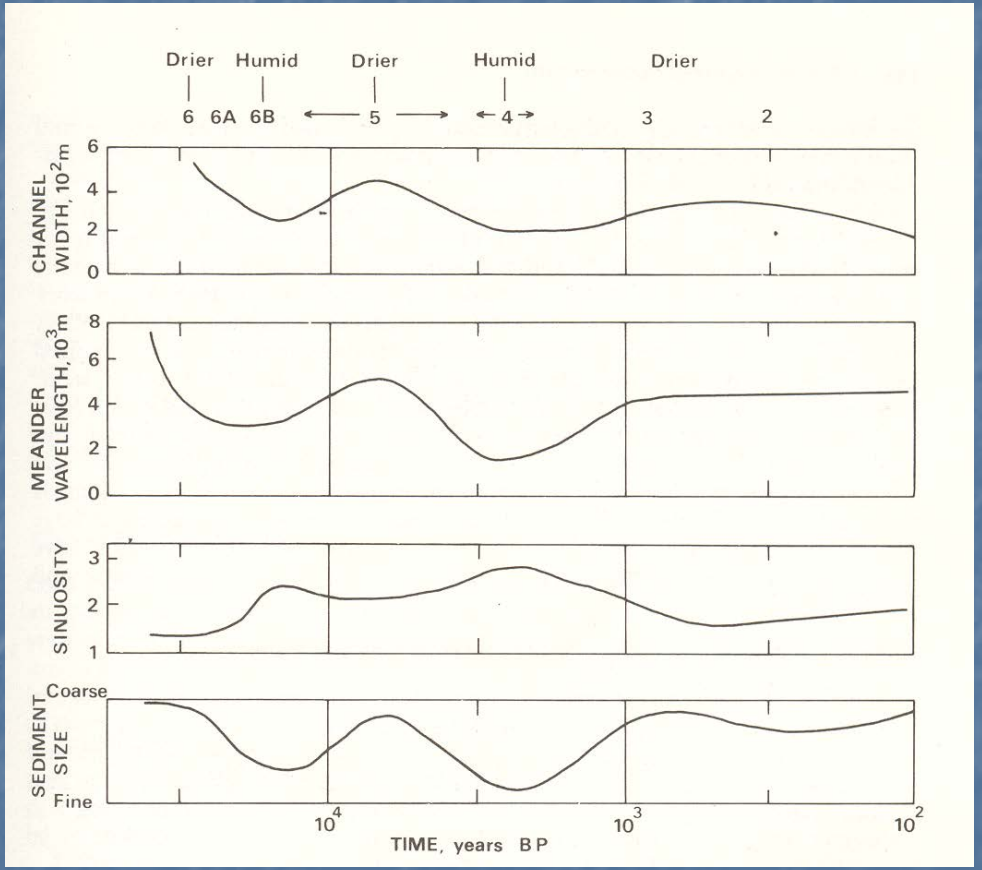
Q – , Qsb – → w-, d±, (w/d)-, λ-, S+, s±

Q +, Qsb – → w±, d+, (w/d) ±, λ±, S±, s-

Q – , Qsb + → w±, d-, (w/d) ±, λ±, S-, s+

Rekonstrukce změn morfologie koryta během holocénu

- Změny morfologie koryta řeky Colorado ve středním Texasu od konce posledního glaciálu po dnešek.



Rekonstrukce změn morfologie koryta během holocénu

- Rekonstrukce vývoje morfologie koryta řeky Murrumbidgee (Nový Jižní Wales, Austrálie) v holocénu.

Table 5.7 Morphology of river channels, Riverine Plain, New South Wales (after Schumm, 1968a)

	Width, m	Depth, m	w/d	Sinuosity	Gradient, m m^{-1}
Murrumbidgee River	67	6.4	10	2	0.000133
Ancestral river	140	10.7	13	1.7	0.000151
Prior streams	180	2.7	67	1.1	0.000379

	Meander wavelength, m	Channel silt–clay (M), %	Bankfull discharge, m^3 s^{-1}	Bed load at bankfull, t day^{-1}
Murrumbidgee River	850	25	280	2 000
Ancestral river	210	16	14 400	21 000
Prior streams	5 500	1.6	650	54 000