

Hydrografie



RNDr. Tomáš Hrdinka

Katedra fyzické geografie a geoekologie

e-mail: tomikjede@centrum.cz

Hydrografie – definice, pojmy

- odvětví hydrologie, zabývající se sběrem, tříděním a klasifikací hydrologických dat
- popisuje časoprostorové rozmístění vody v krajině (povodí)

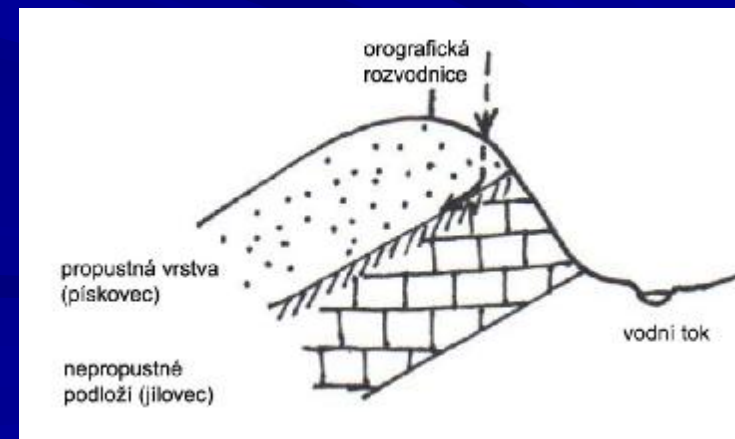
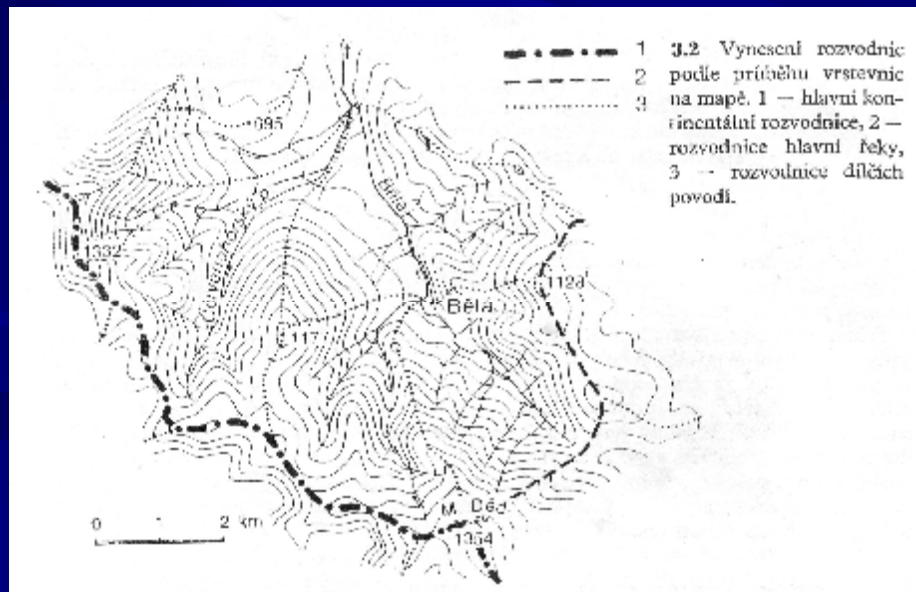
Povodí

- základní hydrologická oblast, v níž sledujeme odtokový proces a zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků (**hydrologická/bilanční rovnice**)
- území, z něhož odtéká voda z atmosférických srážek nebo akumulovaná v ledovcích a ve stálé sněhové pokrývce povrchovou i podzemní cestou **do jediného závěrového profilu**
- 2 typy povodí: orografické a hydrogeologické

Povodí

Orografické povodí je vymezeno rozvodní čarou (**rozvodnicí**), která probíhá přes nejvyšší kóty, mezi nimi ležící hřebeny a sedla v bezprostřední blízkosti sledovaného vodního toku k jeho závěrovému profilu (vždy kolmá na vrstevnice)

Hydrogeologické povodí se obvykle shoduje s orografickým povodím, v oblastech se složitější geologickou stavbou (střídání propustných a nepropustných vrstev) však může podzemní voda odtékat do vedlejšího orografického povodí (např. část vody spadlé v povodí Otavy odtéká podzemní cestou do povodí Dunaje).



Povodí

- stanovení hydrografické rozvodnice



Povodí

Stanovení průběhu orografické rozvodnice je obtížné na plochem rozvodí, na rovinách a v místech bifurkací.

Bifurkace – situace, při níž jedno z ramen větvičího se vodního toku ústí do vedlejšího povodí (Orinoco – Casiquiare) nebo území, z něhož dochází k odtékání vody do více povodí zároveň (okolí Velkého Dářka)

Říční pirátství – posouvání rozvodnice směrem do vedlejšího povodí (v důsledku zpětné eroze na horních úsecích vodních toků)



Plocha povodí, zdroje dat

Podklady pro určení plochy povodí:

1. **Mapy** – topografické mapy (vojenské, základní, turistické)

- milimetrová síť
- planimetr

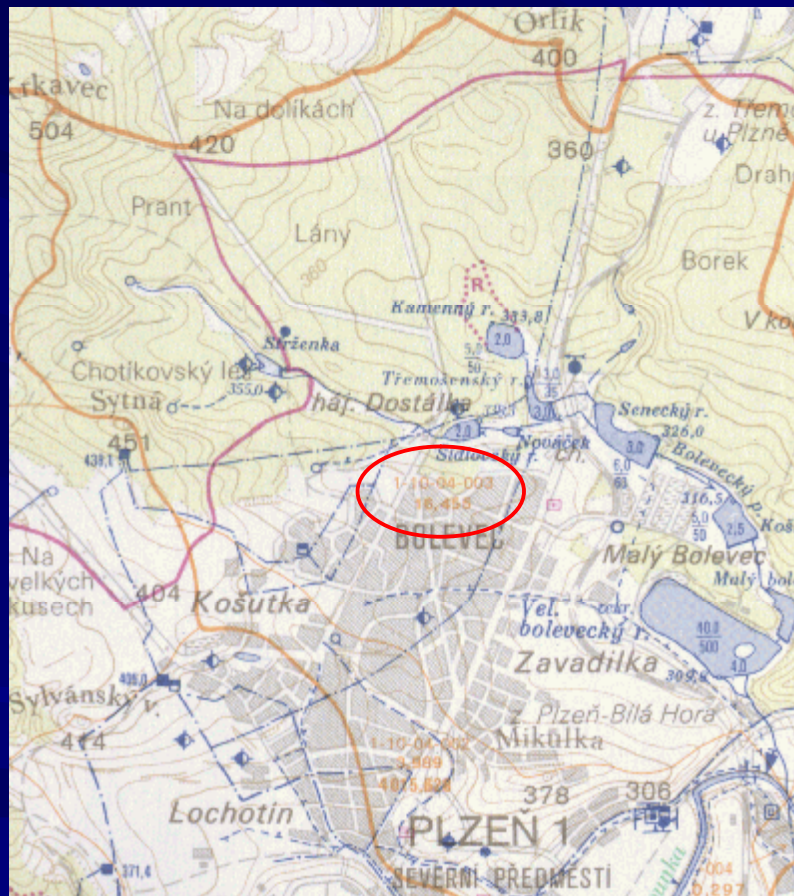
2. **GIS**

3. **Hydrologické poměry ČSSR I-III** (tabulky) – v Základní geografické knihovně

Hydroekologický informační systém VÚV – <http://heis.vuv.cz>, ke stažení:

- Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000 (vektorová i rastrová)
- vrstvy do GIS – např. říční síť, zdroje znečištění, chráněné oblasti přirozené akumulace vod, hydrogeologické rajóny
- legislativa EU

Plocha povodí, zdroje dat



Číslo brodu- sčítacího pořadí	Název brodu	Přítok dle Přítok zprava	Plocha povodí P (km²)							Plocha ústí L (km²)	Charakteristika povodí (VLD)	Léčivost %
			Řád toku									
			VI	V	IV	III	II	I				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1-10-04 Radbuza od Uhlavy po soutok se Mží a Berounka od soutoku Mže a Radbuzy po Uslavu											
001	Radbuza pod Uhlavou Radbuza od Uhlavy po soutok se Mží							2 179,90 3 179,90	38,9 —	0,37 —	38 —	
	Radbuza nad soutokem se Mží							2 179,90	94,3	0,25	20	
	Berounka nad soutokem Mže a Radbuzy							4 008,063	103,3	0,35	30	
002	Berounka od Uhlavy po soutok se Mží							1 565	—	—	0	
	Berounka nad Boleveckým pотоком							4 016,684	105,0	0,27	30	
003	Bolevecký potok							15,253	0,3	2,31	70	
	Berounka pod Boleveckým pотоком							4 032,083	105,0	0,36	30	
004	Berounka od Boleveckého potoka po Uslavu							0,299	—	—	0	
	Berounka nad Uslavou							4 032,380	100,0	0,36	30	

Hydrologické poměry ČSSR, II. díl

Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000, list Plzeň (<http://heis.vuv.cz>)

Hydrologické dělení

Z hlediska hydrologického popisu byla vytvořena klasifikace, která číselně označuje hlavní povodí a jejich dílčí části kombinací čísel dělených pomlčkou – **číslo hydrologického pořadí**. Toto číslo je uváděno na mapě a je sestaveno ze 4 skupin:

A přísl.

B příslus.

C hydro

D hydro

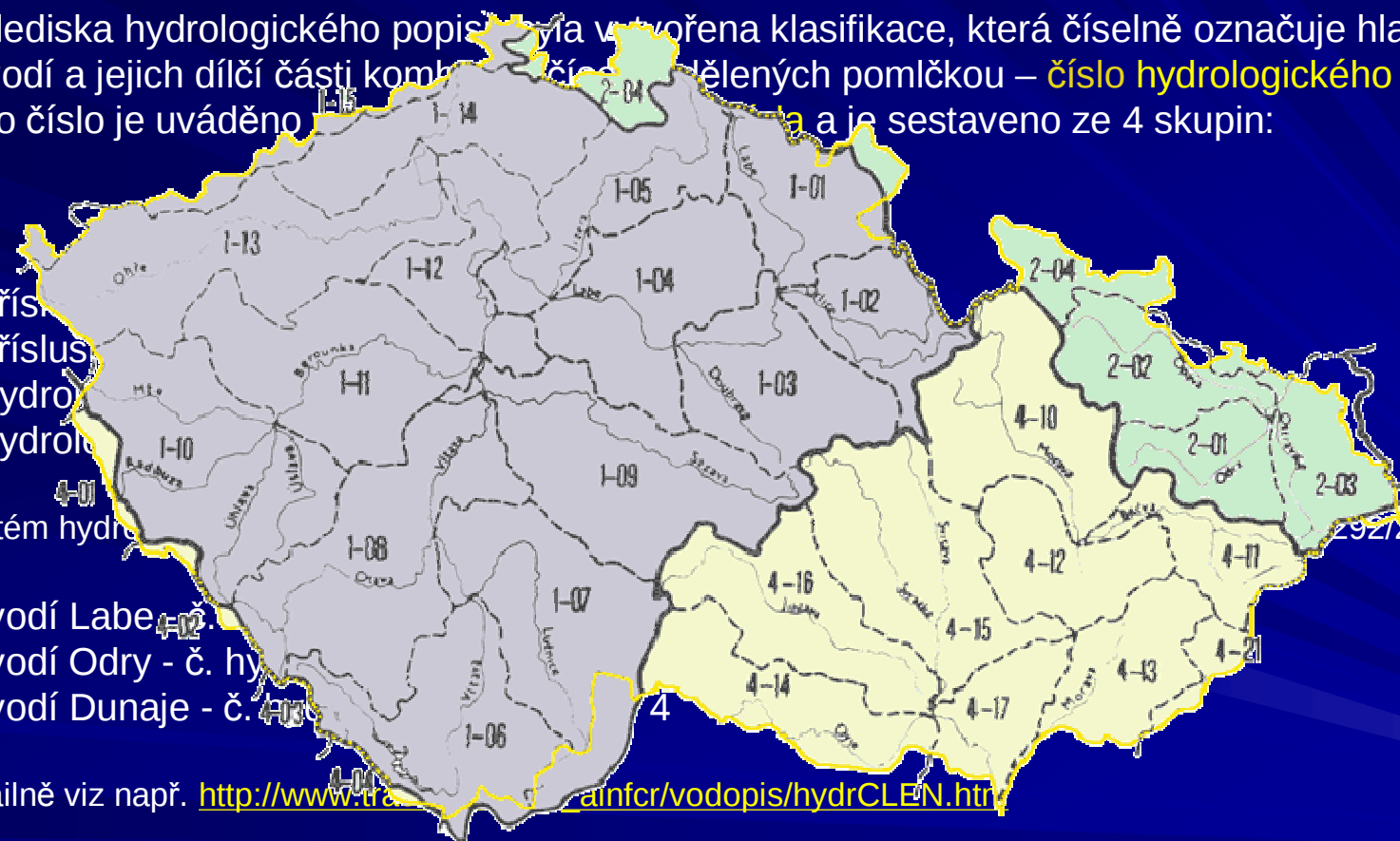
Systém hydr.

Povodí Labe - č. 1-01

Povodí Odry - č. 2-01

Povodí Dunaje - č. 4-01

detailně viz např. <http://www.hydroinfcr.vodopis/hydrCLEN.htm>

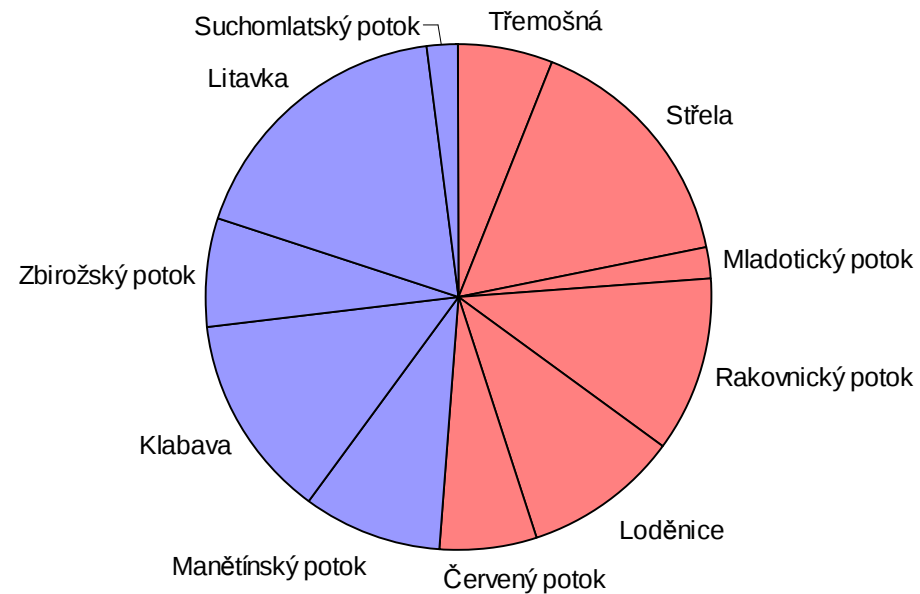


292/2002 Sb:

Graf vývoje povodí - kruhový

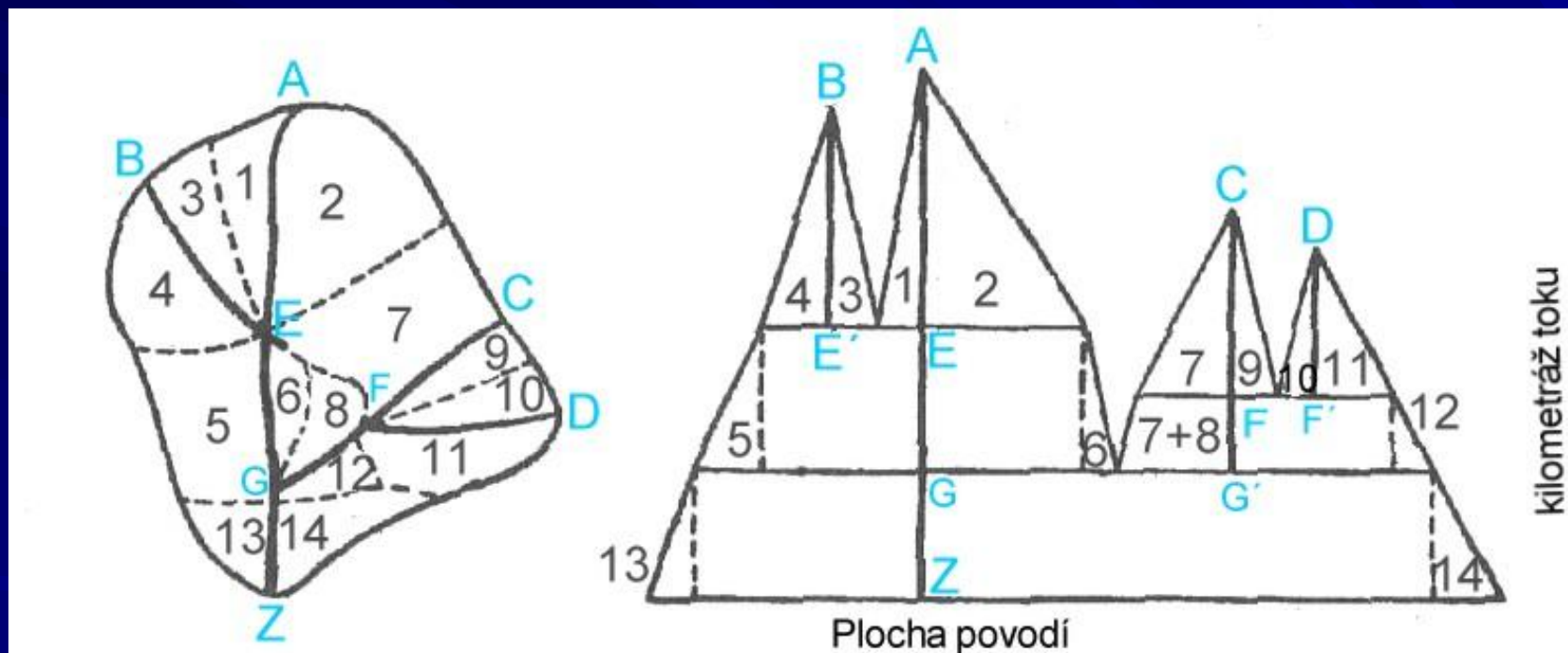
- Vyjadřuje podíl plochy povodí na ploše levé, respektive pravé části povodí

Zjednodušený graf vývoje povodí Berounky



Graf vývoje povodí - pravoúhlý

- Vyjadřuje nárůst plochy povodí podle vzdálenosti od pramene (říční km 0)



Tvar povodí

Gravelliův koeficient K_G ($K_G \geq 1$):

$$K_G = \frac{L_R}{2\sqrt{Pp}}$$

L_R ... délka rozvodnice

P ... plocha povodí

- vyjadřuje míru členitosti rozvodnice, resp. protáhlosti/kruhovitosti povodí
- délka rozvodnice/obvod kruhu o stejné ploše jako je plocha povodí

Koeficient protáhlosti povodí R_E ($0 \leq R_E \leq 1$):

$$R_E = \frac{2\sqrt{\frac{P}{p}}}{L}$$

P ... plocha povodí

L ... přímková vzdálenost od ústí k nejzazšímu bodu povodí

- průměr kruhu o stejné ploše jako je plocha povodí/délka povodí

Tvar povodí

Charakteristika povodí a :

$$a = \frac{w}{L} = \frac{w \cdot L}{L^2} = \frac{P}{L^2}$$

P ... plocha povodí

w ... průměrná šířka povodí

L ... přímková vzdálenost od ústí k nejzazšímu bodu povodí

povodí	$P < 50 \text{ km}^2$	$P > 50 \text{ km}^2$
protáhlé	$a < 0,24$	$a < 0,18$
přechodný typ	$0,24 < a < 0,26$	$0,18 < a < 0,2$
vějířovité	$a > 0,26$	$a > 0,2$

Koeficient souměrnosti povodí K_S ($0 \leq K_S \leq 1$):

$$K_S = \frac{|P_P - P_L|}{P}$$

P_P ... plocha pravé části povodí

P_L ... plocha levé části povodí

Řádovost říční sítě

- říční síť je hierarchicky uspořádána
- 2 hlavní modely řádovosti říční sítě: absolutní a relativní

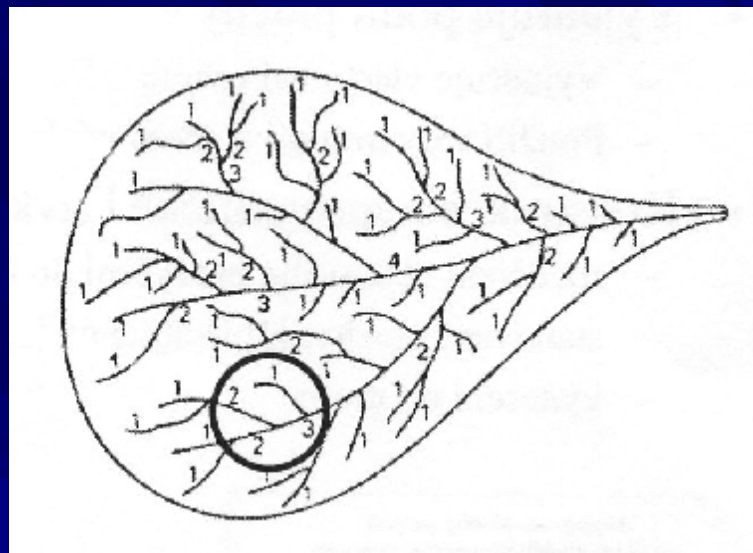
Absolutní řádovost

- řád toku udává počet posloupných zaústění od moře
- toky I. řádu ústí do moří/oceánů
- toky II. řádu ústí do toků I. řádu atp.

Relativní řádovost

- toky I. Řádu jsou pramenné úseky vodních toků
- ke zvýšení řádu dochází jen při soutoku dvou toků stejného řádu
- říční síť se mění v závislosti na ročním odbobí, při jarním tání roste počet zdrojnic toku, během podzimního období sucha počet zdrojnic a tím i řádovost klesá
- při srovnávání dvou toků je nutné vycházet ze stejných podkladových map

Řádovost říční sítě



Hortonovy zákony uspořádání říční sítě

- počet toků určitého řádu klesá geometrickou řadou splou se stoupajícím číslem řádu (relativní řádovost)
- průměrná délka toku určitého řádu geometricky stoupá spolu s rostoucím číslem řádu
- průměrná plocha povodí toku určitého řádu geometricky stoupá s rostoucím číslem řádu

Výškopisné poměry povodí

Převýšení Δh (m):

$$\Delta h = h_{\max} - h_{\min}$$

$h_{\max}$, $h_{\min}$... nadmořská výška nejvyššího/nejnižšího bodu v povodí

Průměrný sklon povodí I (bezrozměrné desetinné číslo, v ‰ , ve °):

- součet svislých ploch/součet vodorovných ploch mezi vrstevnicemi

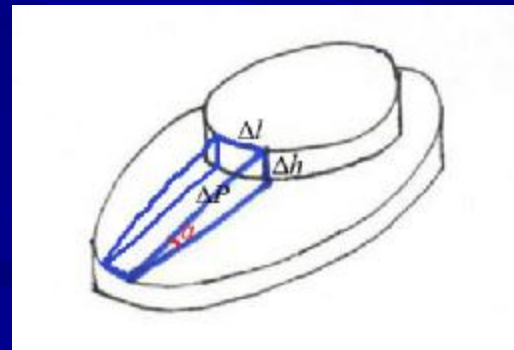
$$I = \frac{\Delta h \cdot \Sigma l}{P}$$

$$I = \operatorname{tg} a$$

Δh ... výškový krok vrstevnic

Σl ... součet délek vrstevnic

P ... plocha povodí

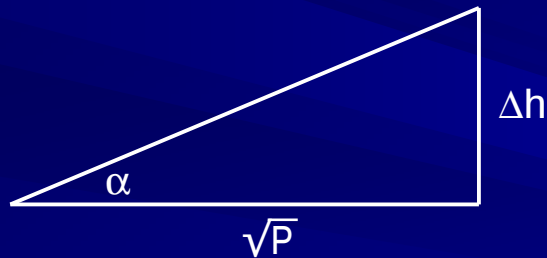


Výškopisné poměry povodí

Průměrný sklon povodí I (bezrozměrné desetinné číslo, v ‰ , ve ‰):

$$I = \frac{\Delta h}{\sqrt{P}} = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{\sqrt{P}}$$

$h_{\max}$, $h_{\min}$... nadmořská výška nejvyššího/nejnižšího bodu v povodí



$$I = \operatorname{tg} \alpha$$

Pokud $\operatorname{tg} \alpha = 1$ ($I = 100 \%$),
činí $\alpha = 45^\circ$

Koeficient reliéfu R_h (m):

$$R_h = \frac{\Delta h}{L}$$

L ... přímková vzdálenost od ústí k nejzazšímu bodu povodí

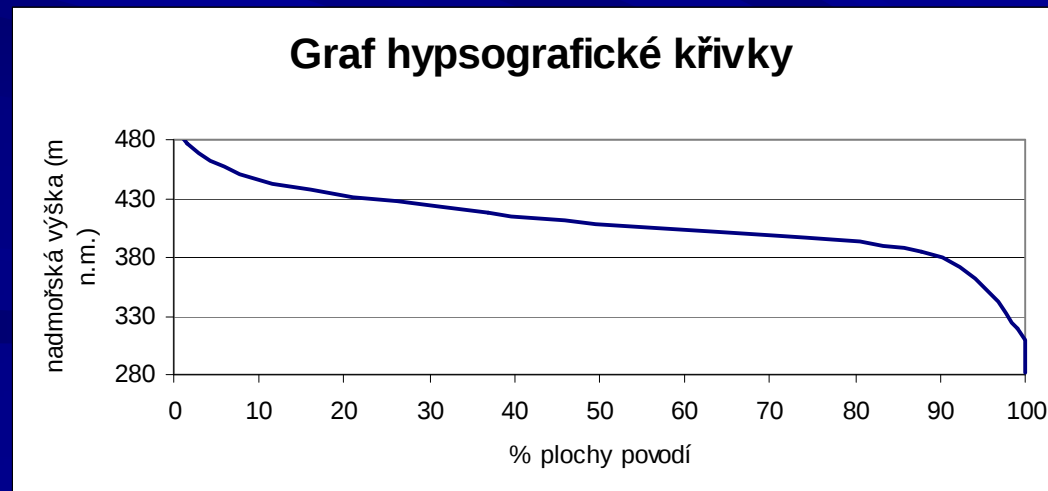
Hypsografická křivka

- vyjadřuje podíl plochy určitých výškových pásem na celkové ploše povodí
- vyjadřuje vlastnosti reliéfu - pomocí ní lze zjistit objem, střední výšku a typickou výšku

Konstrukce hypsografické křivky:

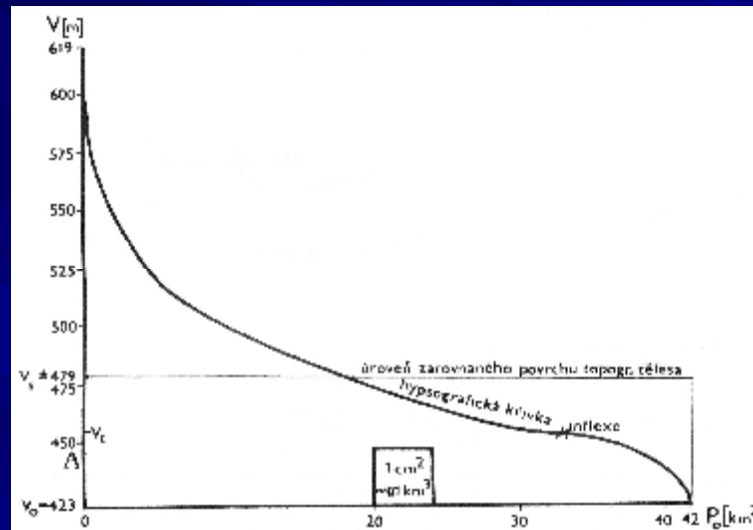
- rozdělení celkového převýšení do intervalů
- stanovení plochy, připadající na jednotlivé intervaly
- vynesení do grafů

% celkové plochy povodí nad stanovenou nadm. výškou	stanovená nadm. výška
0,25	680
1,55	476
36,78	418
87,89	385
99,13	320
100	282



Hypsografická křivka

- **výpočet objemu:** objem topografického tělesa (povodí) lze určit na základě plochy vymezené hypsografickou křivkou a oběma osami



- **střední volumetrická výška:** $v_s = v_0 + V/P$, kde v_0 je min. nadmořská výška, V je objem topografického tělesa a P jeho plocha
- **typická výška:** nejčtenější výška topografického tělesa, nachází se v ní největší část topografické plochy. V místech malého sklonu vedeme tečny k hypsografické křivce a hledáme inflexní bod (nejmenší sklon tečny)

Hustota říční sítě

Hustota říční sítě r ($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$):

- součet délek vodních toků/plocha povodí

$$r = \frac{\Sigma L}{P}$$

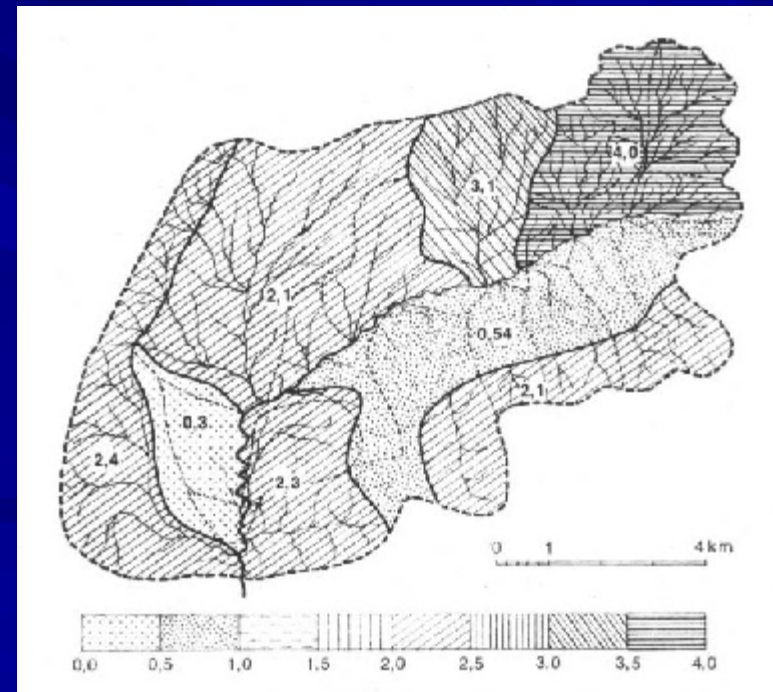
ΣL ... součet délek vodních toků všech řádů
 P ... plocha povodí

Je dána morfologií povrchu,
půdními, vegetačními,
klimatickými poměry,
land-usem.

Stupeň vývoje toku

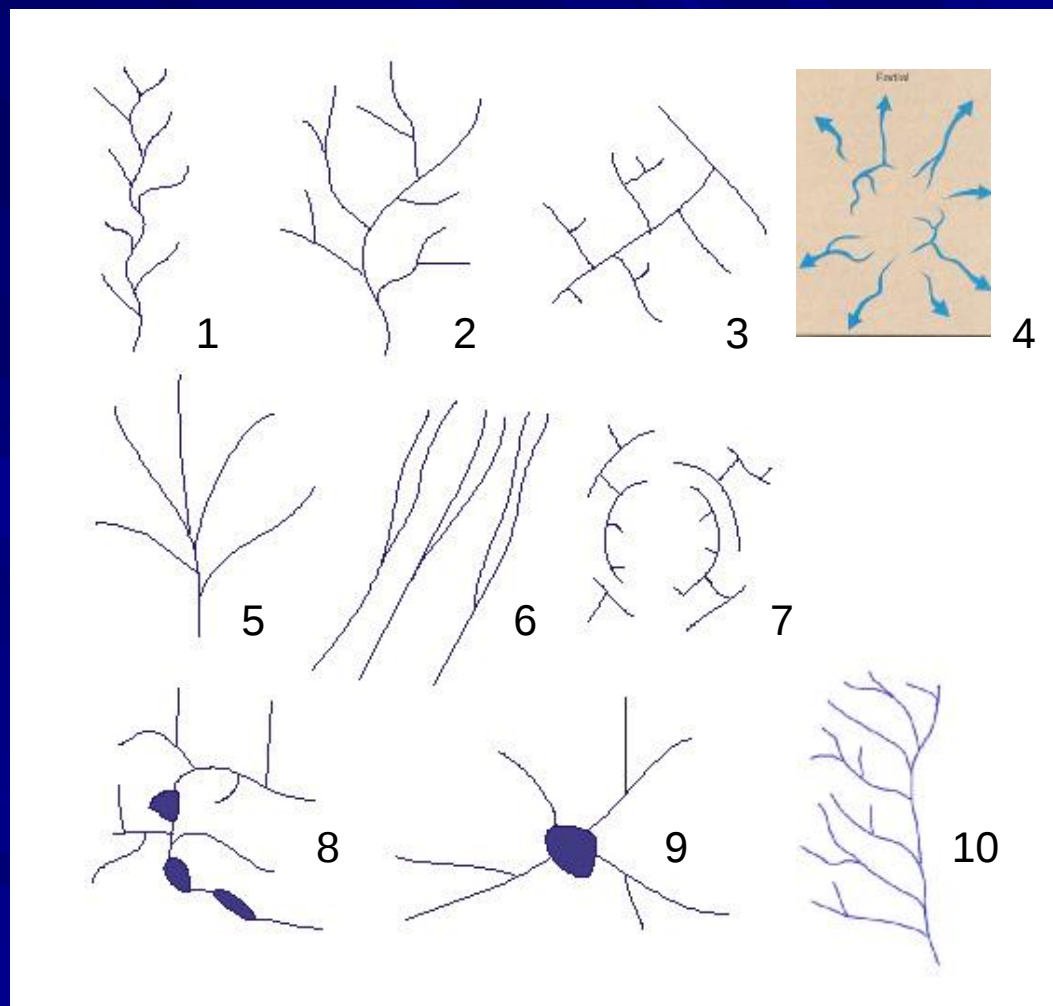
$$\frac{d}{l}$$

d ... přímková vzdálenost od pramene k ústí
 l ... skutečná délka toku



Uspořádání říční sítě

- 1) stromovité
- 2) listovité
- 3) pravoúhlé
- 4) radiální
- 5) vějířovité
- 6) paralelní
- 7) prstencovité
- 8) neuspořádané
- 9) dostředivé
- 10) nesouměrné



Uspořádání říční sítě

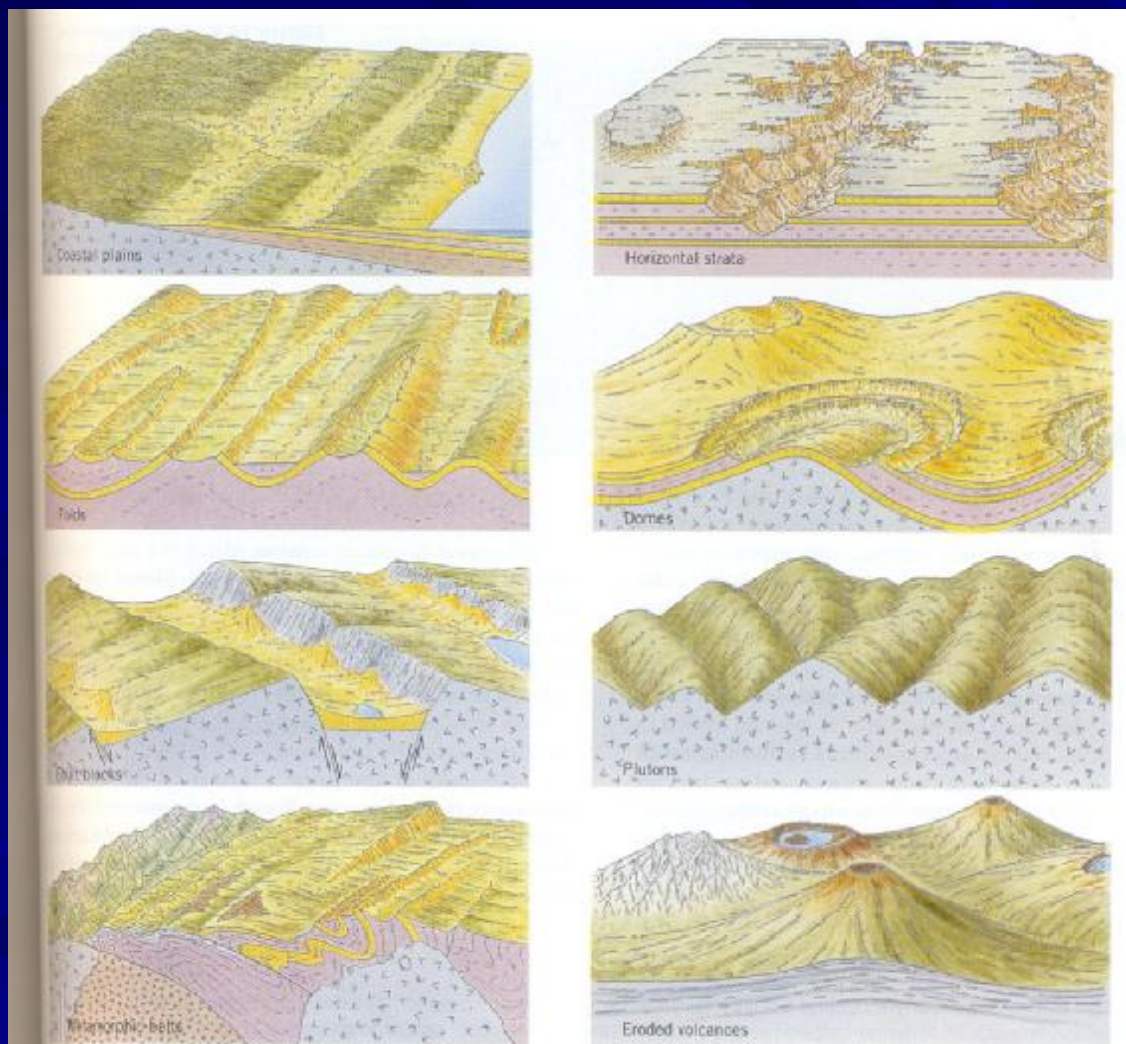


Figure 16.2 Landforms associated with various rock structures. (Drawn by A. N. Strahler.)

Uspořádání říční sítě

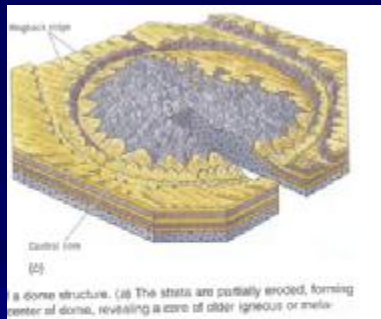


Figure 16.12 The drainage pattern of an eroded dome contains annular and radial elements.



Figure 16.18 A trellis drainage pattern on deeply eroded folds in the Central Appalachians.

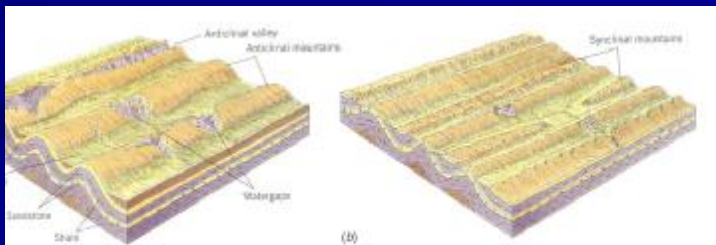


Figure 16.14 Stages in the erosional development of folded strata. (a) Erosion exposes a highly resistant layer of sandstone, which controls much of the ridge-and-valley landscape. (b) Continued erosion partly removes the resistant layer but reveals another below it. (Drawn by A. N. Strahler.)

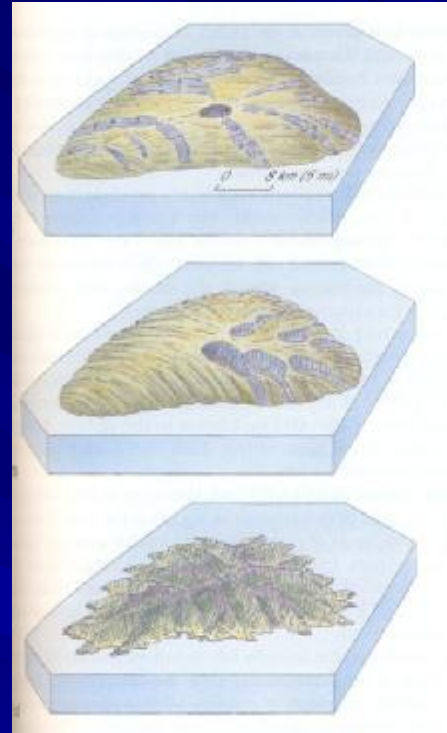
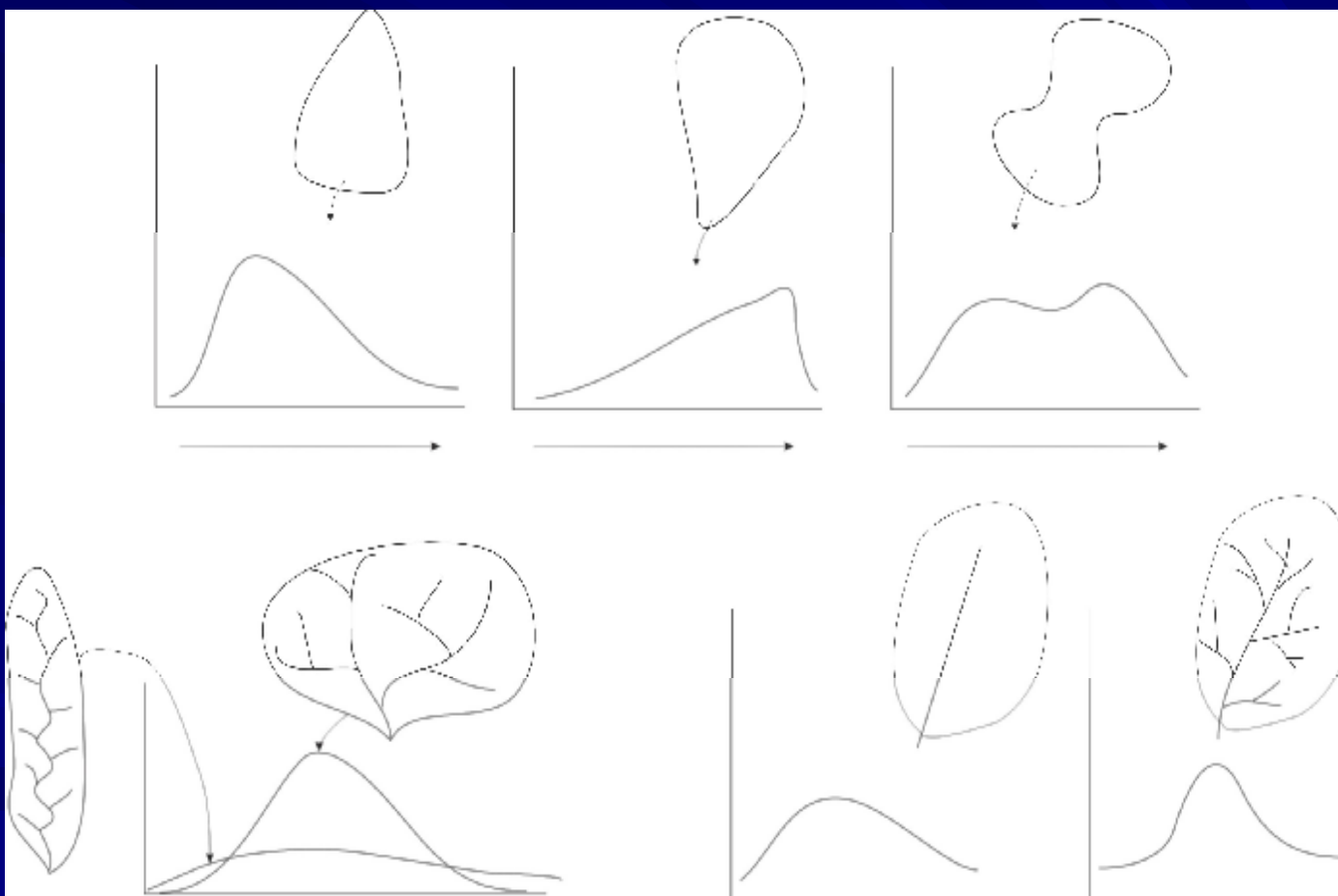


Figure 16.6 The dendritic drainage pattern is typical of horizontal strata in the Appalachian 'Pinnacles' of western Kentucky. (Derived from data of the U.S. Geological Survey.)



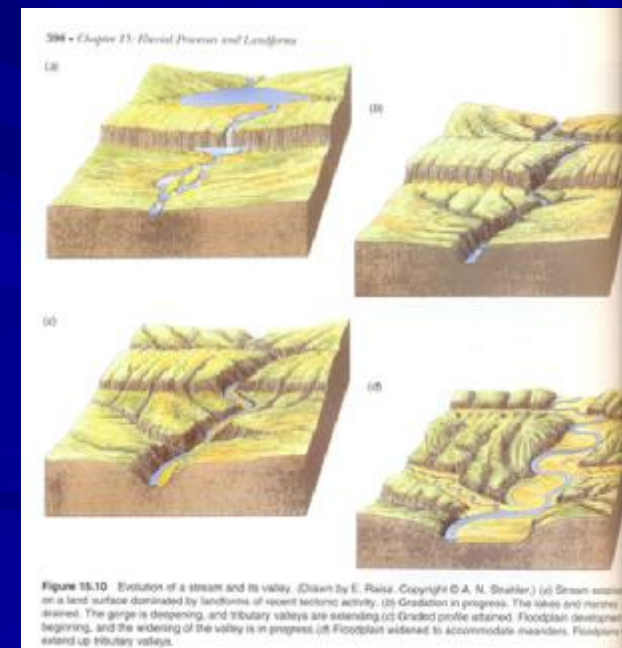
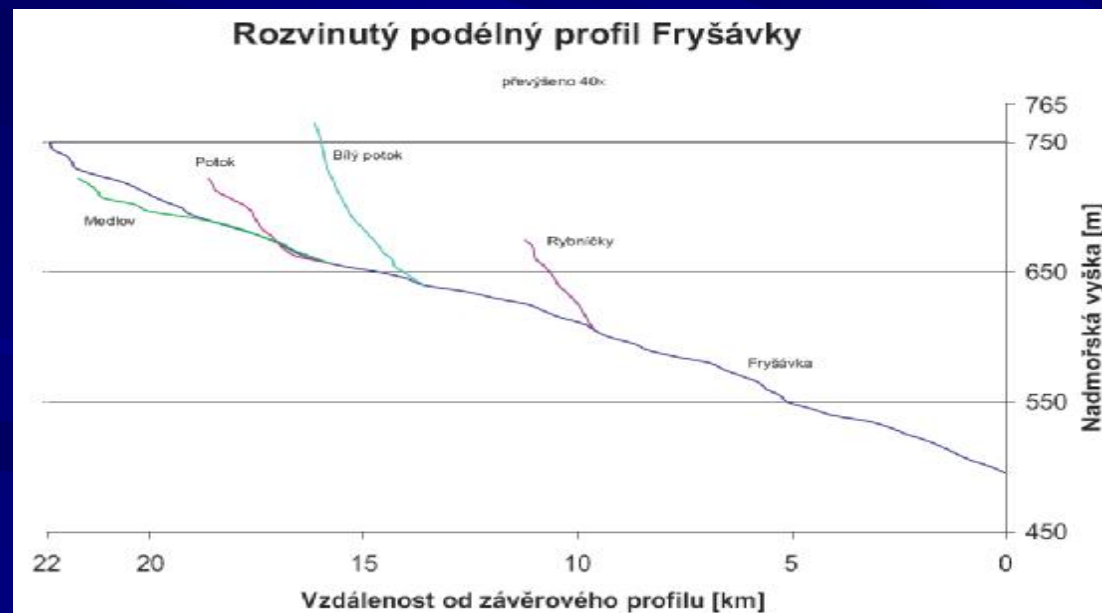
Figure 16.5 Bright Angel Canyon, Grand Canyon National Park, Arizona. Note the 'stepped' landscape in which horizontal strata are exposed and incised by steep-sided benches and mesas, while weaker strata form slopes connecting them.

Vliv tvaru povodí a uspořádání říční sítě na odtokové poměry



Podélný profil toku

- základní vyjádření výškopisných poměrů říční soustavy
- odráží geologické a geomorfologické poměry povodí
- umožňuje hodnotit vývojová stádia jednotlivých toků



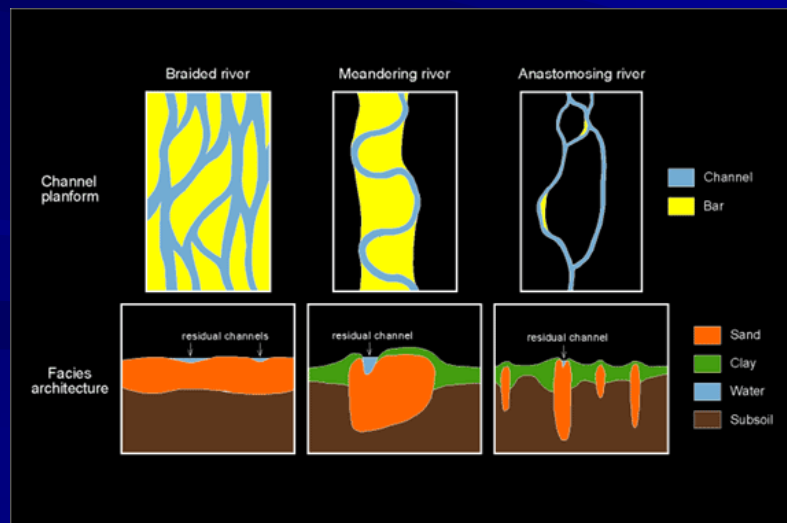
Charakter říčního koryta



divočící tok



meandrující tok



anastomózní tok

Meandry

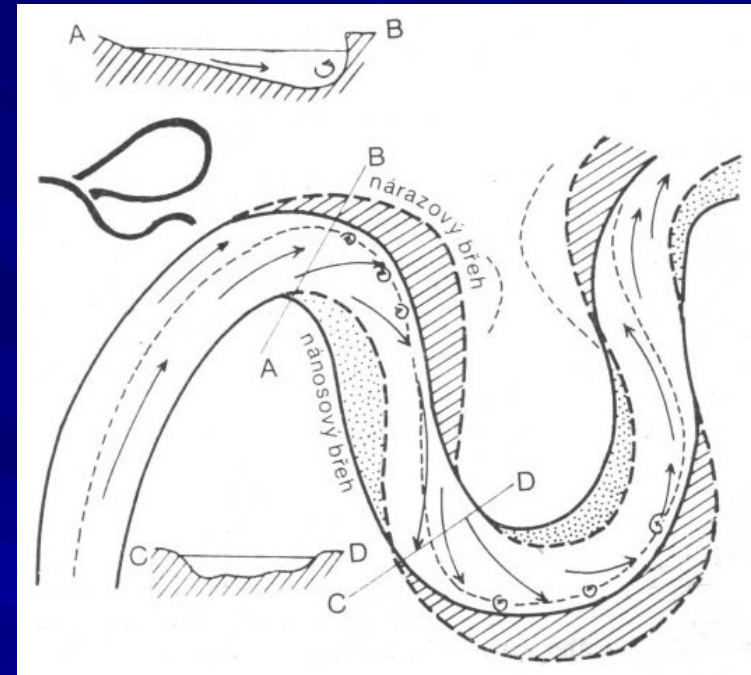
Vznik meandru:

- vynucená (orografická) křivolakost toku
 - přizpůsobení se toku geologickým a geomorfologickým poměrům
- hydraulická křivolakost – volné zákruty
 - důsledek složitých podmínek proudění v korytě, nerovnoměrná odolnost a struktura břehů, přítomnost překážek ve vodě



Vývoj meandrů

- nepřetržitá erozně-akumulační činnost v důsledku nerovnoměrného rozdělení rychlostí proudění v příčném profilu koryta
 - částice vody směřují setrvačností šikmo ke břehu
 - zde narážejí a rozrušují břeh – **nárazový břeh** (výsepní, konkávní)
 - na protilehlém břehu dochází k poklesu rychlostí proudění, unášecí schopnosti a tím k sedimentaci – **nánosový břeh** (jesepní, konvexní)
-
- meandry se díky této činnosti nepřetržitě vyvíjejí dvěma hlavními směry
 - **zvětšování amplitudy meandrů**
 - **posun v meandrovém pásu**



Vývoj meandrů

- amplituda meandrů se zvětšuje díky erozně-akumulační činnosti
- postupně dochází ke vzniku zaklesnutých meandrů
- pokud se dvě protilehlá ramena meandru přiblíží příliš blízko, dochází k zaškrvení meandru, vzniku mrtvého ramene a druhotnému napřímení toku
- zákruty volných meandrů se pozvolna posunují ve směru sklonu údolního dna (posun meandrového pásu)

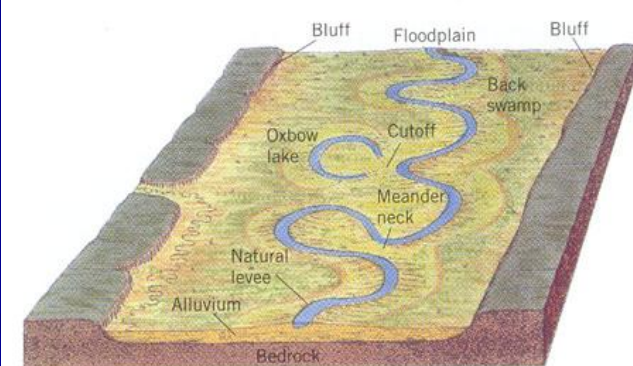
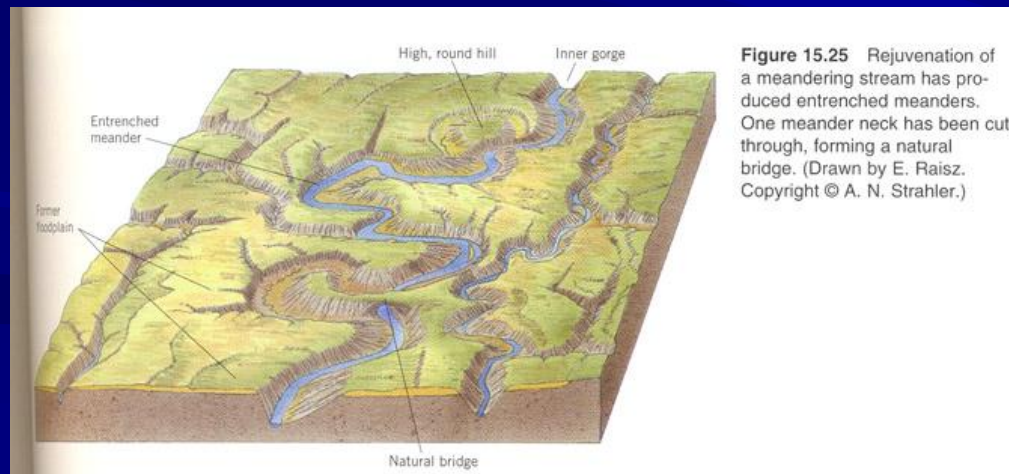
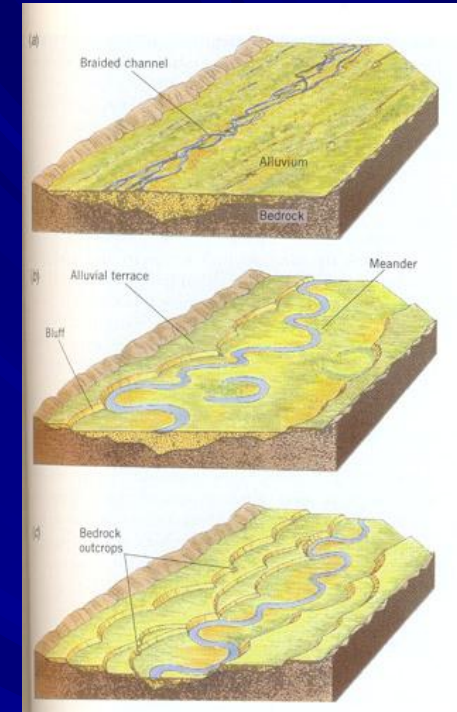


Figure 15.22 Floodplain landforms of an alluvial river. (Drawn by A. N. Strahler.)

Hydrologická bilanční rovnice

$$V_S = V_{V_{celk.}} + V_{O_{celk.}} \pm V_Z \quad \text{nebo} \quad H_S = H_{V_{celk.}} + H_{O_{celk.}} \pm H_Z$$

V_S ... objem srážek

V_{ET} ... objem celkového výparu (evapotranspirace)

$V_{ocelk.}$... objem celkového odtoku (povrchového a podpovrchového)

V_Z ... objem změny zásob vody v říční síti (vodní nádrže)

$$O_r = Q_a \cdot t$$

$$H_o = \frac{O_r}{P}$$

$$H_e = H_s - H_o$$

- odtokový koeficient e (%):

$$e = \frac{H_o}{H_s}$$

- specifický odtok q ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$):

$$q = \frac{Q_a}{P}$$

O_r ... roční objem odtoku

Q_a ... dlouhodobý prům. roč. průtok

t ... počet sekund v roce

P ... plocha povodí

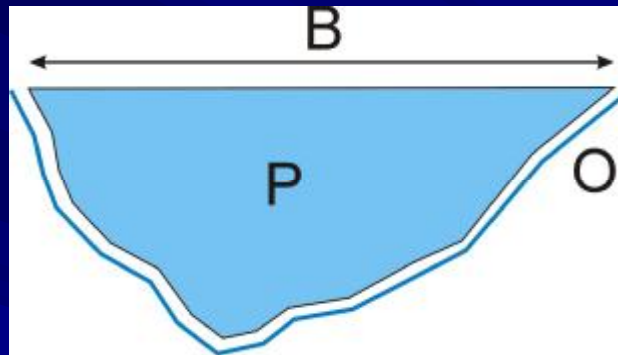
H_o ... odtoková výška

H_e ... výška celk. výparu

H_s ... výška srážek

Příčný profil koryta toku

průtočný profil – je to část příčného řezu korytem, kterým protéká voda



P ... plocha průtočného profilu

B ... šířka průtočného profilu

O ... omočený obvod (perimetr) - délka omočené části průtočného profilu

R ... **hydraulický poloměr (radius)** - plocha průtočného profilu/délka omočeného obvodu - vyjádření odporu třením o dno a břehy

$$R = \frac{P}{O}$$

Vztah morfometrie koryta k odtokovým poměrům

- hlavní faktory, ovlivňující parametry odtoku:
 - tvar příčného profilu – hydraulický poloměr
 - sklon čáry energie – sklon hladiny
 - drsnost dna
- hydrotechnický výpočet rychlosti proudění v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) - Chézyho rovnice:

$$v = c \cdot \sqrt{R \cdot I}$$

v ... rychlost proudění

R ... hydraulický poloměr

I ... sklon hladiny toku

c ... Chézyho rychlostní součinitel (vyjadřuje drsnostní poměry v toku)