

Fluviální geomorfologie

Lekce 3



Říční síť: kvantitativní
analýza, vznik erozního zářezu,
vývoj údolní sítě

Osnova přednášky

- Analýza říční sítě pomocí topografických map
- Řád toku
- Zákony stavby říční sítě
- Hustota údolní sítě
- Pravděpodobnostně-topologický přístup ke studiu říční sítě
- Vznik erozního zářezu
- Modely vývoje údolní sítě
- Pozorování vývoje údolní sítě v přírodě

Analýza říční sítě

- Pro analýzu říční sítě se zpravidla používají topografické mapy velkých měřítek (1:25 000).
- Vymezení říční sítě podle sítě modrých čar znázorňující stálé vodní toky + doplnění o občasné toky (podle vrstevnic).
- Říční síť = systém trvale protékaných vodních toků; údolní síť = systém všech erozních zářezů v povodí (stálé + občasné vodní toky).
- Kritéria pro vymezování pramenných úseků vodních toků – např. Bauer (1980):
 - alespoň dvě vrstevnice musí být zakřivené stejným směrem,
 - vrstevnice nesmí svírat úhel větší než 120° .

Stavba říční sítě

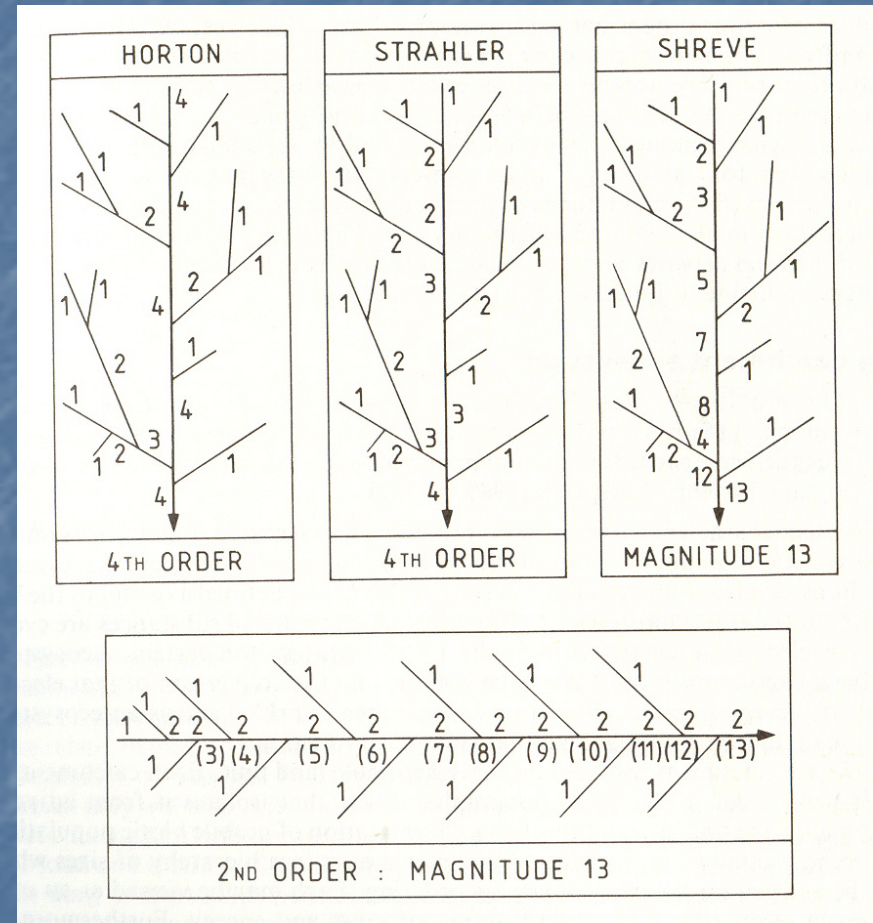
- Stavbou říční sítě se rozumí její geometrické a topologické vlastnosti.
- Geometrii říční sítě lze kvantitativně popsat např. pomocí:
 - řádu toku,
 - hustoty říční sítě,
 - orientace říční sítě.

Řád toku

- Řád toku = způsob klasifikace říčního úseku podle jeho postavení v hierarchii říční sítě.

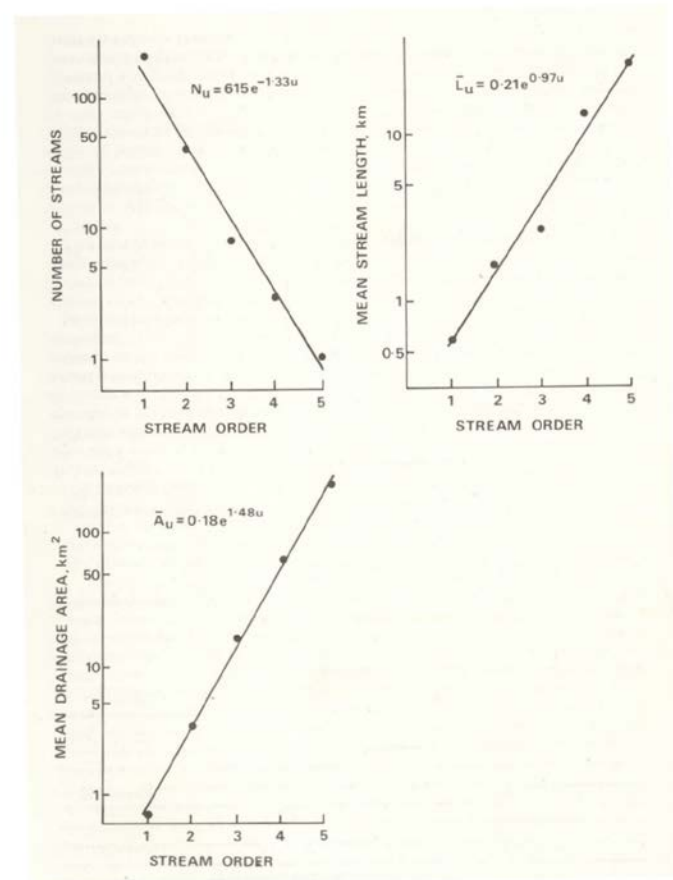
Horton-strahlerův systém řádu toku

- Nejmenší zdrojnice začínající pramenem jsou 1. řádu.
- Spojením dvou toků řádu m vznikají toky řádu $m+1$ ($m * m = m+1$).
- Spojením dvou toků s rozdílnými řády m a n , kde $n > m$ vzniká tok řádu n ($m * n = n, n > m$).
- Shreveho systém – magnitudo = počet zdrojnic v povodí.
- Základní stavební jednotka údolní sítě:
 - Horton - vodní tok (řeka od pramene po ústí),
 - Strahler - segment (úsek řeky mezi pramenem a prvním soutokem nebo mezi dvěma soutoky),
 - Shreve – link.



Zákony stavby údolní sítě

- Zákony stavby říční sítě popisují závislost vybraných geometrických vlastností povodí na řádu toku:
 - zákon počtu toků,
 - zákon délky toků,
 - zákon ploch povodí.



Zákony stavby údolní sítě

Table 2.1 Laws of drainage network composition

	Ratio form	Functional form	Author
Law of stream numbers	$\frac{N_{u-1}}{N_u} \approx R_B$	$N_u \approx \alpha_1 e^{-\beta_1 u}$, where $\beta_1 = \ln R_B$	Horton (1945)
Law of stream lengths	$\frac{\bar{L}_u}{\bar{L}_{u-1}} \approx R_L$	$\bar{L}_u \approx \alpha_2 e^{\beta_2 u}$, where $\beta_2 = \ln R_L$	Horton (1945)
Law of drainage areas	$\frac{\bar{A}_u}{\bar{A}_{u-1}} \approx R_A$	$\bar{A}_u \approx \alpha_3 e^{\beta_3 u}$, where $\beta_3 = \ln R_A$	Schumm (1956)

Symbols: $N_u, \bar{L}_u, \bar{A}_u$, are respectively the number, average length and average drainage area of streams of order u ; R_B , bifurcation ratio; R_L , stream length ratio; R_A , drainage area ratio; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ are coefficients

- R_B ... bifurkační koeficient
- R_L ... koeficient délky toků
- R_A ... koeficient plochy povodí

Vztahy mezi délkou toku a plochou povodí

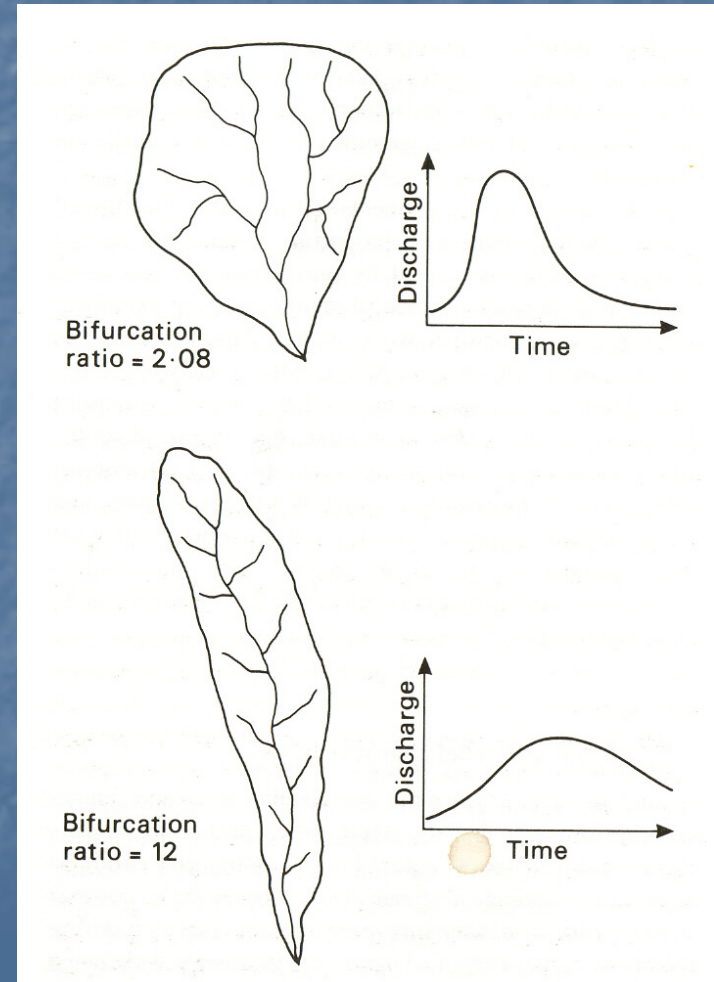
- Konstanta zabezpečení toku = minimální plocha která je v daných přírodních podmínkách nezbytná k existenci jednotkové délky vodního toku.

$$C = A/\Sigma L = 1/Dd \text{ (m}^2\cdot\text{m}^{-1}\text{)}$$

- Vztah mezi délkou hlavního toku a plochou povodí:

$$L = 1,4A_d^{0,6}$$

- **Vliv** stavby říční sítě a tvaru povodí **na charakter povodňové vlny**; při $R_B = 2,08$ rychlejší nástup a větší kulminační Q než při $R_B = 12$.

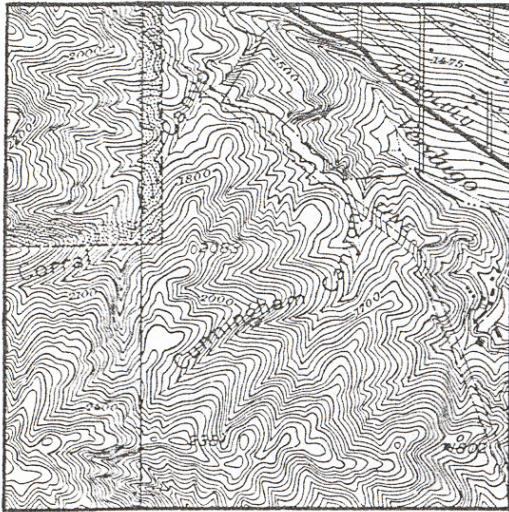


Hustota údolní sítě

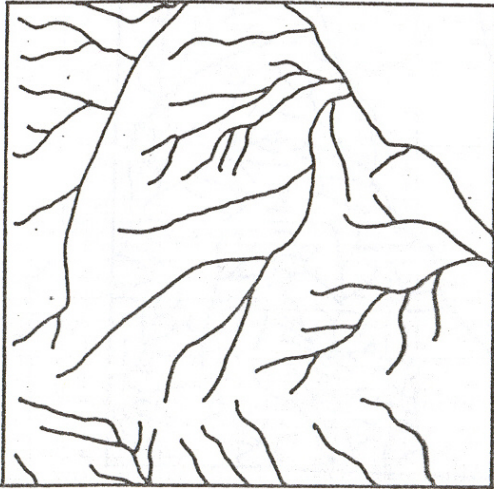
- Hustota údolní sítě (D_d) – vyjadřuje stupeň rozčlenění povrchu povodí erozními zářezy.
- $D_d = \Sigma L / A_d$ (km.km^{-2})
- ΣL ... délka údolní sítě, A_d ... plocha povodí.
- Variační rozpětí kterého může D_d nabývat:
Gregory (1976) – zkoumal 46 oblastí světa: 13 oblastí $D_d > 15 \text{ km.km}^{-2}$, 5 oblastí $D_d > 20 \text{ km.km}^{-2}$; extrémní hodnoty – např. badland Zkamenělý les, USA, lehké erodovatelné jíly a břidlice, $D_d = 250 \text{ km.km}^{-2}$.
- ČR – např. krystalinické horniny Českomoravské vrchoviny, D_d kolem 4 km.km^{-2} .

Rozdíly v D_d mezi geografickými oblastmi

jižní Kalifornie



A.

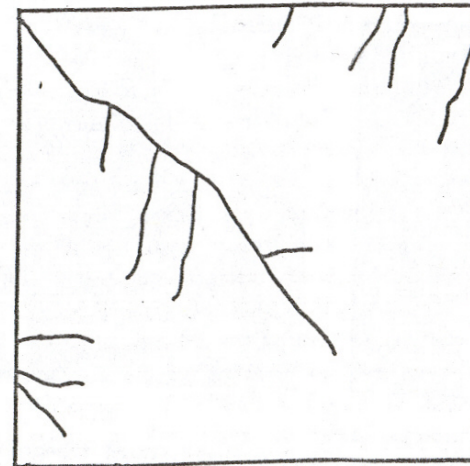


B.

Pennsylvánie



A.



B.

Proměnné ovlivňující hustotu údoľní sítě

- Dvě skupiny faktorů ovlivňujících D_d :
 - faktory ovlivňující množství a charakter srážek, tzn. klima,
 - faktory ovlivňující následnou distribuci vody na zemském povrchu, tzn. topografie, geologie, půdy, vegetace.

- D_d zhruba odpovídá v globálním měřítku **průměrnému ročnímu úhrnu srážek**.

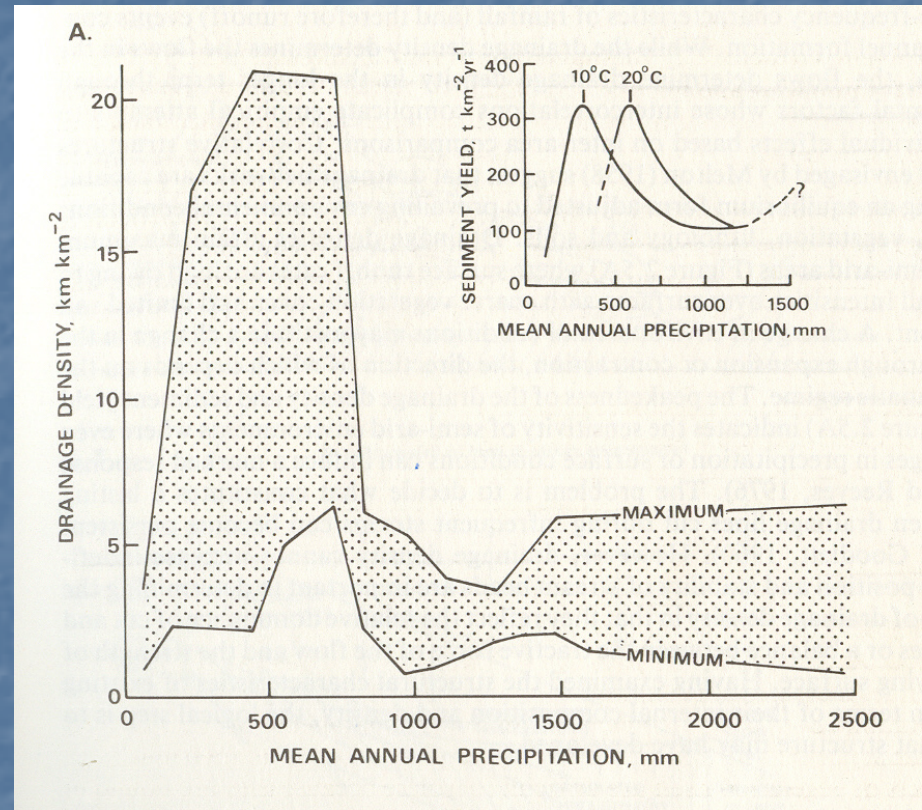
- **Intenzita srážek** – důležitější než roční úhrn, přívalové deště podmiňují větší hodnoty D_d .

Příklad: Chorley – Morgan (1962), rozdíl v D_d mezi dvěma oblastmi Dartmoor, Anglie (2,1 km.km⁻²) a Unaka Mts., jv. USA (6,9 km.km⁻²) se stejným relativním převýšením a kompletně zalesněnými byl vyvolán rozdílnou intenzitou srážek.

- **Sezónnost srážek** – oblasti se zřetelně vyvinutým sezónním režimem počasí mají zpravidla velkou D_d .

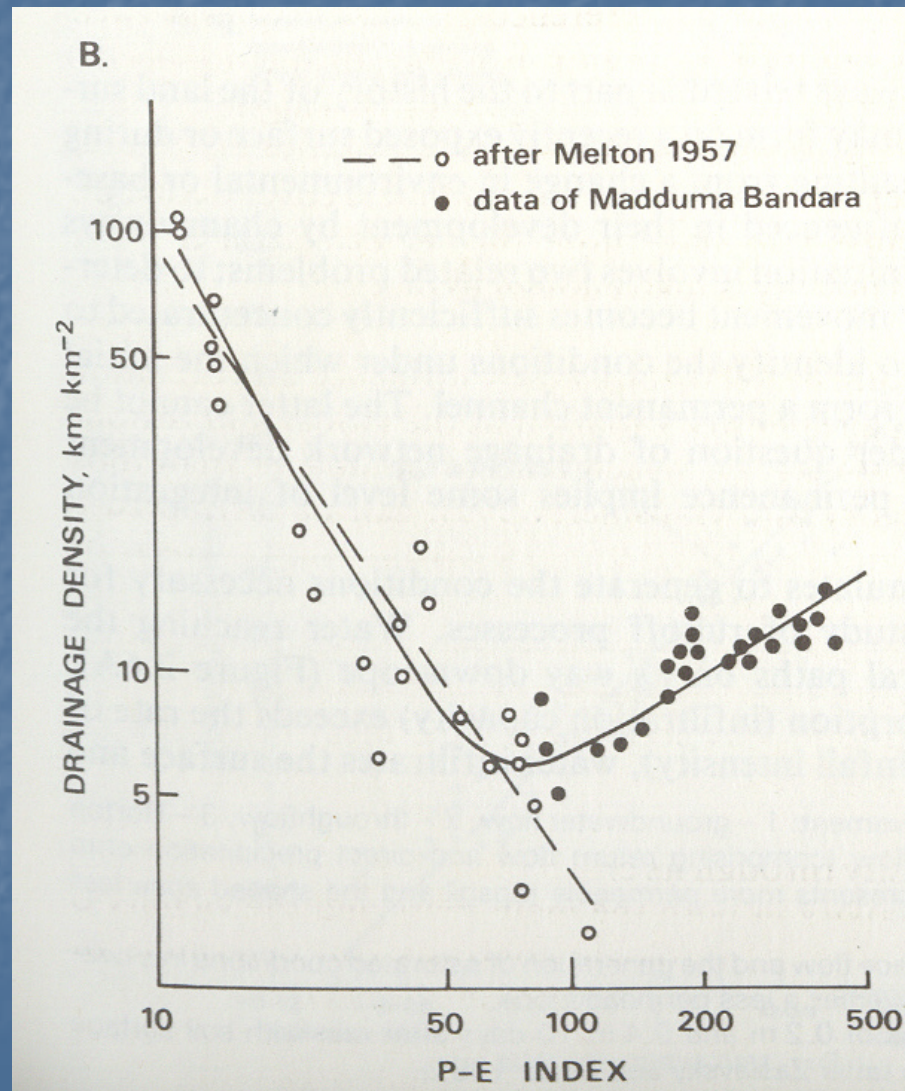
Variabilita D_d v globálním měřítku

- Maximální hodnoty dosahuje D_d v *semiaridních oblastech*, směrem k aridním i humidním oblastem se zmenšuje, druhotný nárůst se může objevit v sezónně nebo celoročně vlhkých tropech s ročním úhrnem srážek > 1500 mm.



Vztah D_d a hustoty vegetace

- Účinnost srážek pro vytváření povrchového odtoku a erozi lze vyjádřit pomocí Thornthwaitova P-E indexu.
- Nad hodnotou P-E indexu 80 – 90 se vztah D_d a P-E indexu mění z negativního na pozitivní.
- Variabilita D_d v regionálním měřítku je způsobena hlavně propustností hornin – málo propustné horniny mají větší D_d .



Hustota údolní sítě v regionálním měřítku

- Globální měřítko – D_d ovlivněna klimatem; regionální měřítko – D_d ovlivněna litologií a topografií.
- Demek (1953) – srovnání D_d v Moravském krase (vápence), na Dražanské vrchovině (droby, jílovité břidlice) a Brněnské vrchovině (granodiorit).

vápence = $0,41 \text{ km.km}^{-2}$

droby, jílovité břidlice = $0,80 \text{ km.km}^{-2}$

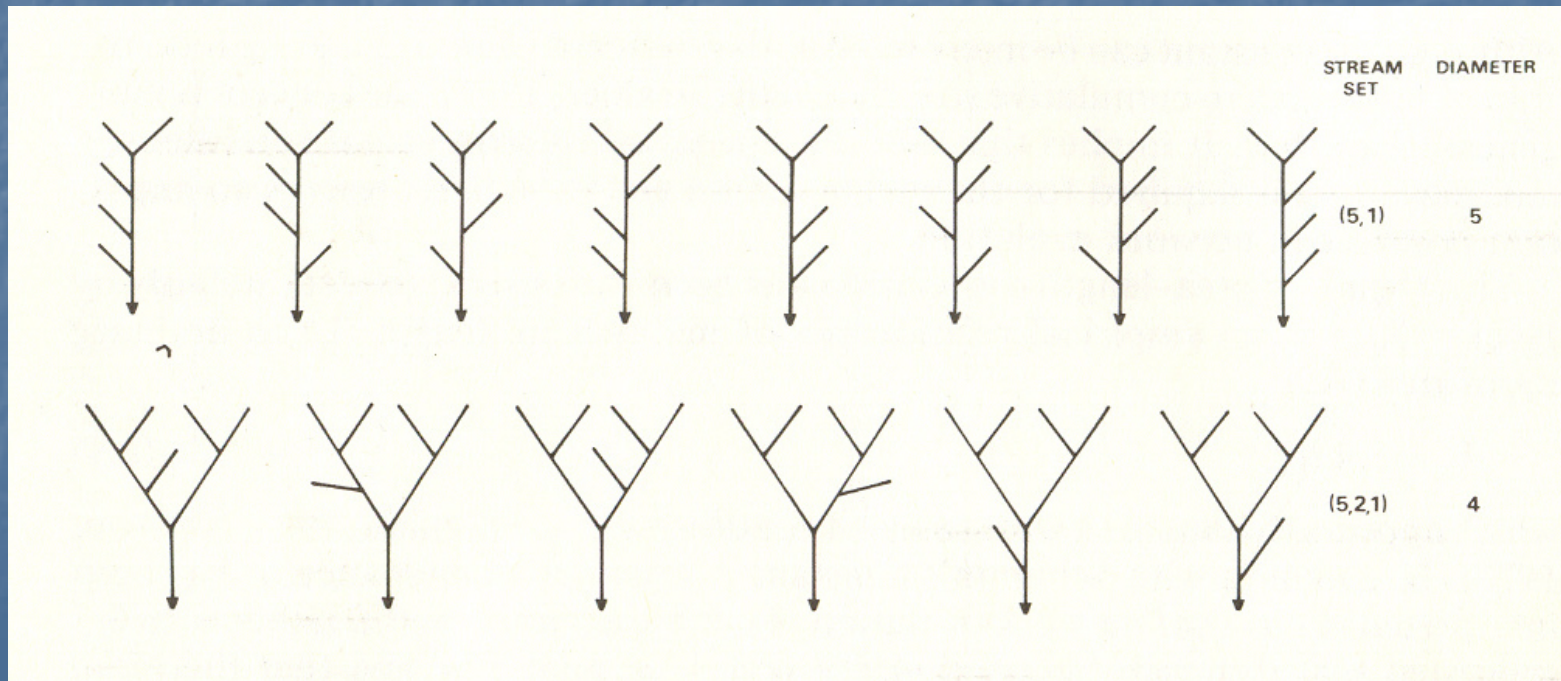
granodiority = $0,93 \text{ km.km}^{-2}$

Pravděpodobnostně-topologický přístup ke studiu stavby údolní sítě

- Pravděpodobnostně topologické modely stavby údolní sítě:
 - model náhodné topologie údolní sítě,
 - model náhodné délky linku.
- **Link** = nedělený úsek řeky mezi dvěma uzly (uzel = pramen, soutok a ústí).
- Typy linků:
 - *externí* (vnější) – spojují pramen a první soutok.
 - *interní* (vnitřní) – spojují dva soutoky nebo poslední soutok a ústí.
- Počet linků v údolní síti je roven $2M - 1$
M ... počet externích linků, $M - 1$... počet interních linků
- **Magnitudo údolní sítě** = počet pramenů (zdrojnic, externích linků) v povodí.
- **Průměr údolní sítě** = maximální délka údolní sítě měřená počtem linků.

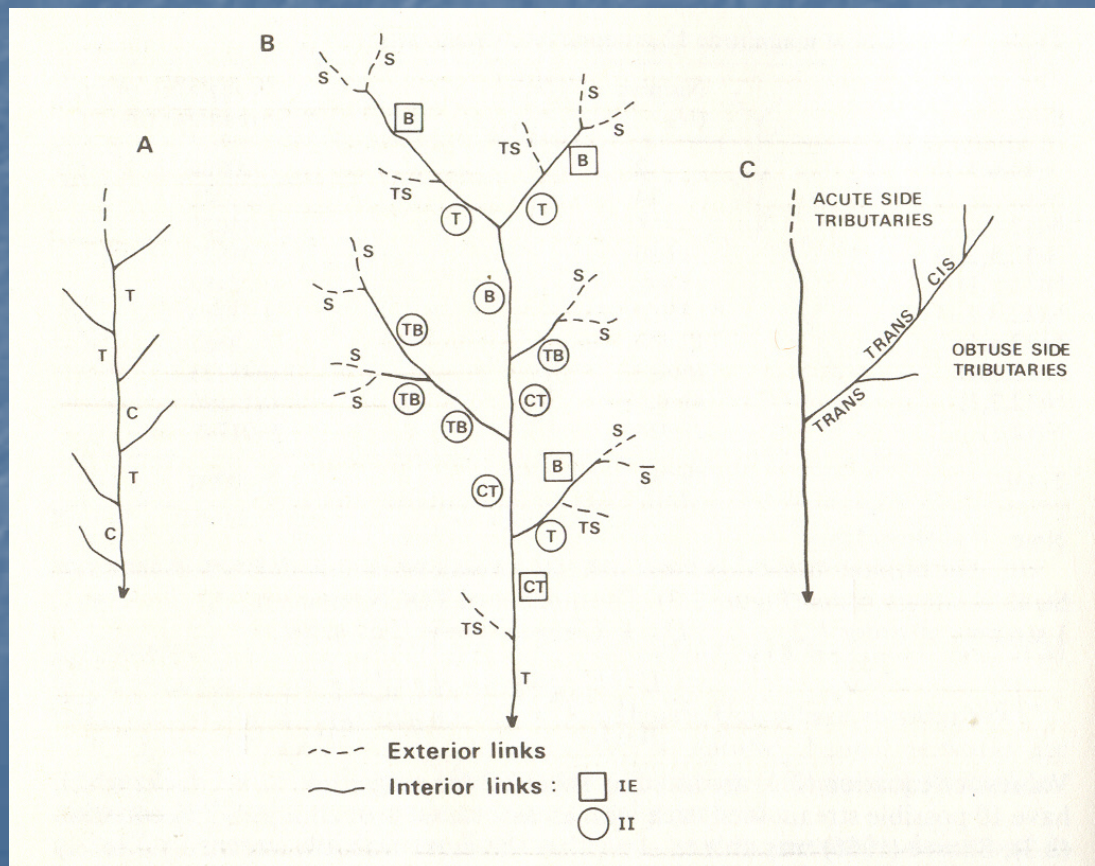
základní předpoklady pravděpodobnostně - topologického přístupu

- Uspořádání údolní sítě je topologicky náhodné; tzn. že všechny *topologicky definované typy údolní sítě* (TDCN) o určitém magnitudu se v povodí vyskytují se stejnou pravděpodobností.
- Délky externích a interních linků jsou nezávislé na poloze v rámci sítě.



Model náhodné topologie údolní sítě

- Typy interních linků:
 - **cis-linky** – přítoky na obou stranách linku ústí do toku ze stejné strany,
 - **trans-linky** – přítoky na obou stranách linku ústí do toku z opačných stran.
- V údolních sítích převažují trans-linky nad cis-linky.



Model náhodné délky linku

- Odchyly od náhodnosti v délce linků:
 - délka interních linků má tendenci vzrůstat s řádem i magnitudem linku,
 - délka externích i interních linků se zvětšuje s magnitudem linku připojeného směrem dolů po proudu.
- Hlavní odchyly od modelu náhodné délky linků pro různé typy linků:
 - deficit krátkých cis-linků,
 - zdrojnice (S-linky) bývají kratší než pramenné přítoky (TS-linky); rozdíl v délce se zvětšuje po proudu,
 - větší délka interních II linků oproti interním IE linkům.

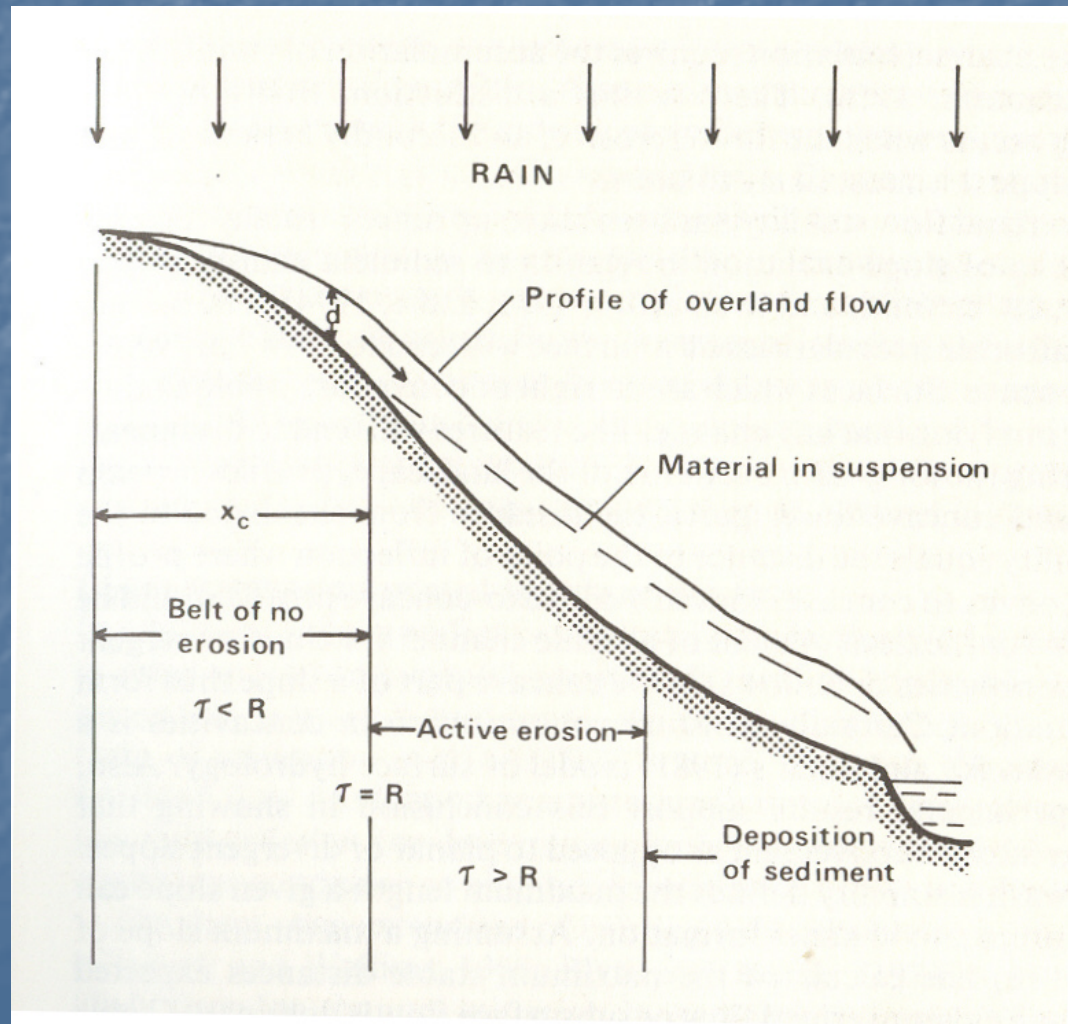
Vznik erozního zářezu

- Povrchový odtok vyvolává na povrchu půdy řadu erozních jevů: dešťová eroze, plošný splach, stružková a stržová eroze.
- Protierozní účinky vegetace:
 - ochrana půdy před přímým účinkem dešťových kapek,
 - zlepšování půdní struktury,
 - zmenšování rychlosti s jakou voda po povrchu odtéká,
 - zvýšení mechanické pevnosti půdy.

Vznik erozního zářezu působením povrchového odtoku

- Předpoklady vzniku trvalého erozního zářezu:
 - povrchový odtok se musí opakovat dostatečně často,
 - síla kterou působí odtok na povrch půdy musí překonat odolnost povrchu půdy vůči erozi,
 - musí dojít ke koncentraci povrchového odtoku do linie,
 - rýha která vznikne musí být dostatečně hluboká, aby se udržela a nezanikla.
- Napětí vyvolané na povrchu půdy povrchovým odtokem:
 $\tau = \gamma \cdot d \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta$
 γ ... hustota vody, d ... průměrná hloubka odtoku, θ ... sklon svahu v daném bodě.

Hortonův model vzniku erozního zářezu povrchovým odtokem



Vznik erozního zářezu působením podpovrchového odtoku

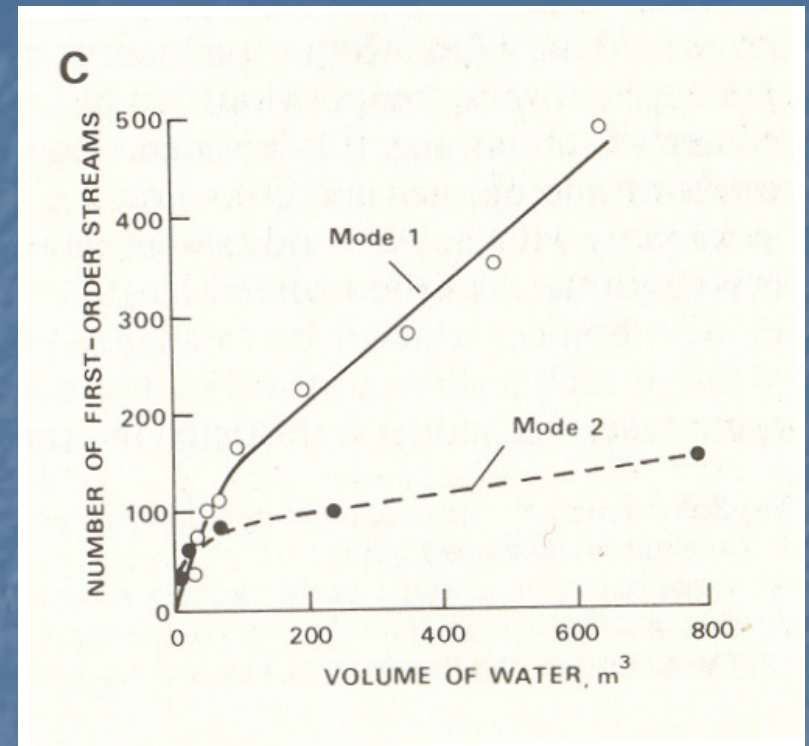
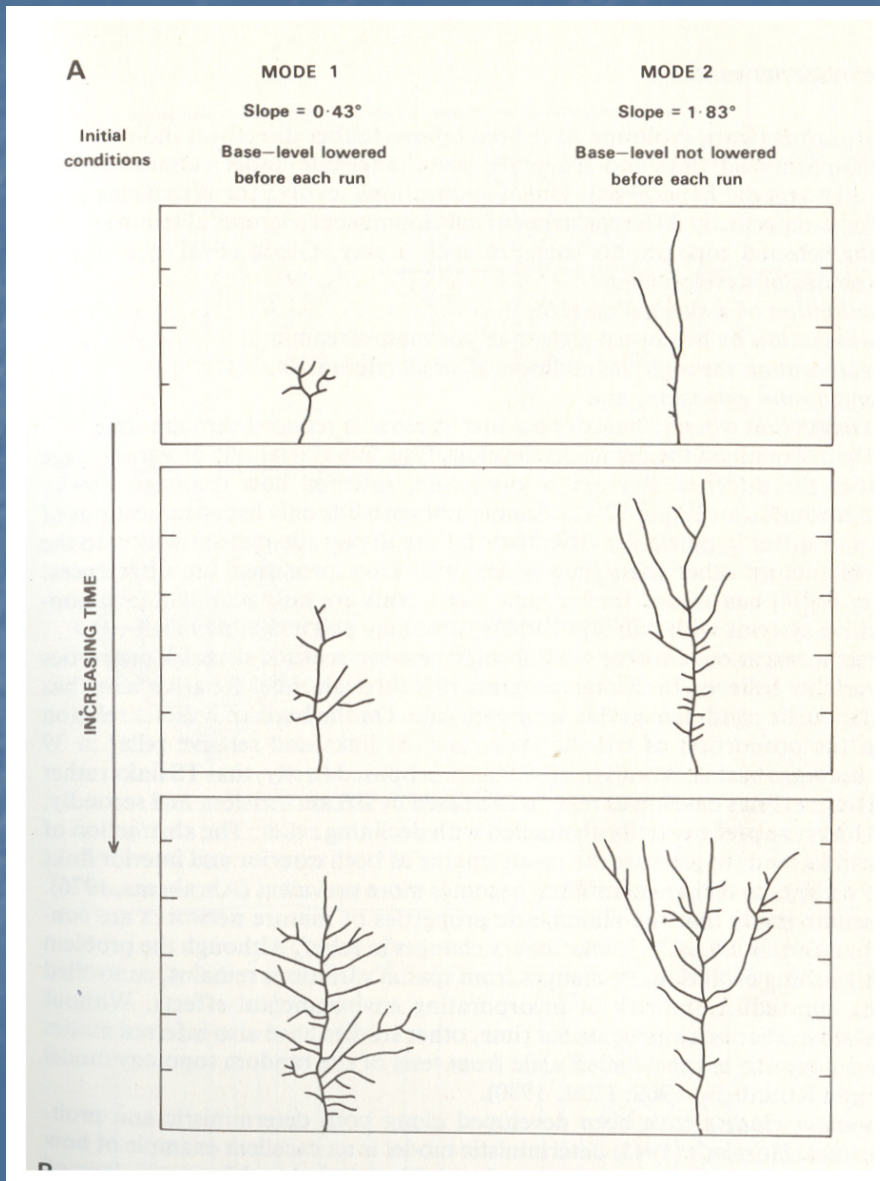
- Vznik erozního zářezu působením zpětného výtoku vody z půdy po jejím nasycení.
- Vliv podzemních dutin – **tunelů**.
- Předpokladem vzniku podzemních tunelů je přítomnost vrstev nebo půdních horizontů s malou propustností.
- Vliv tunelů na vznik erozního zářezu:
 - propadnutí stropu,
 - zrychlená eroze pod vyústěním tunelů na povrch.

Vývoj údolní sítě

- Způsoby zkoumání vývoje údolní sítě:
 - přímá pozorování (příroda, laboratoř),
 - srovnávání existujících údolních sítí,
 - teoretické modelování.
- Přímá pozorování růstu údolní sítě - příroda

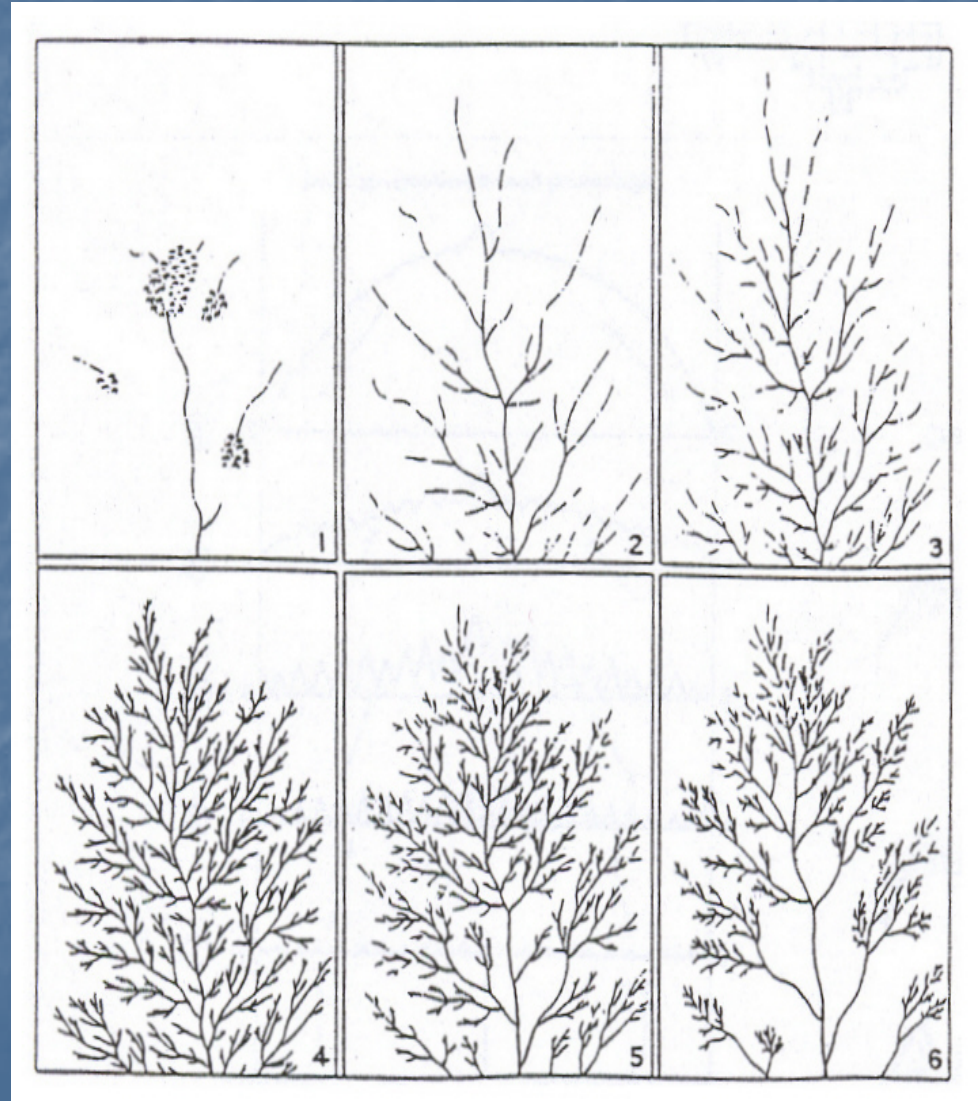
Morisawa (1964) – pás pobřeží jezera Hebgen (USA), 2 roky pozorování, vývoj údolní sítě ovlivněn sklonem povrchu a litologií; malý sklon + jíly = dynamický vývoj, složitá síť; velký sklon, písky = pomalejší vývoj, stabilnější a jednodušší síť.

■ Přímá pozorování růstu údolní sítě - laboratoř



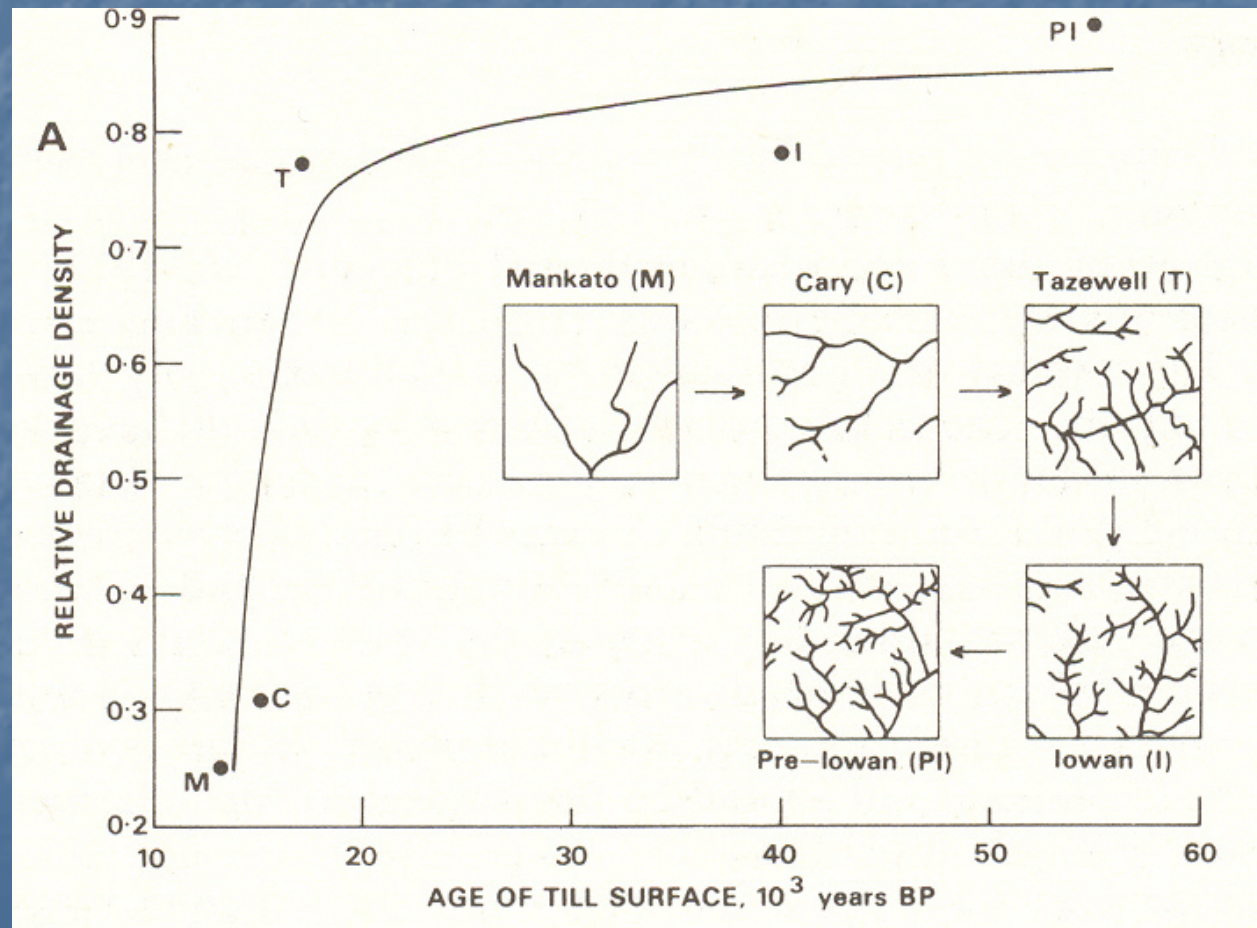
Srovnávání existujících údolních sítí

- Glockův model vývoje údolní sítě:
 - období vzniku (*iniciace*) údolní sítě,
 - období růstu údolní sítě (*elongace a elaborace*).
 - období maximálního rozsahu údolní sítě,
 - období *integrace* údolní sítě (*absorpce a abstrakce*).



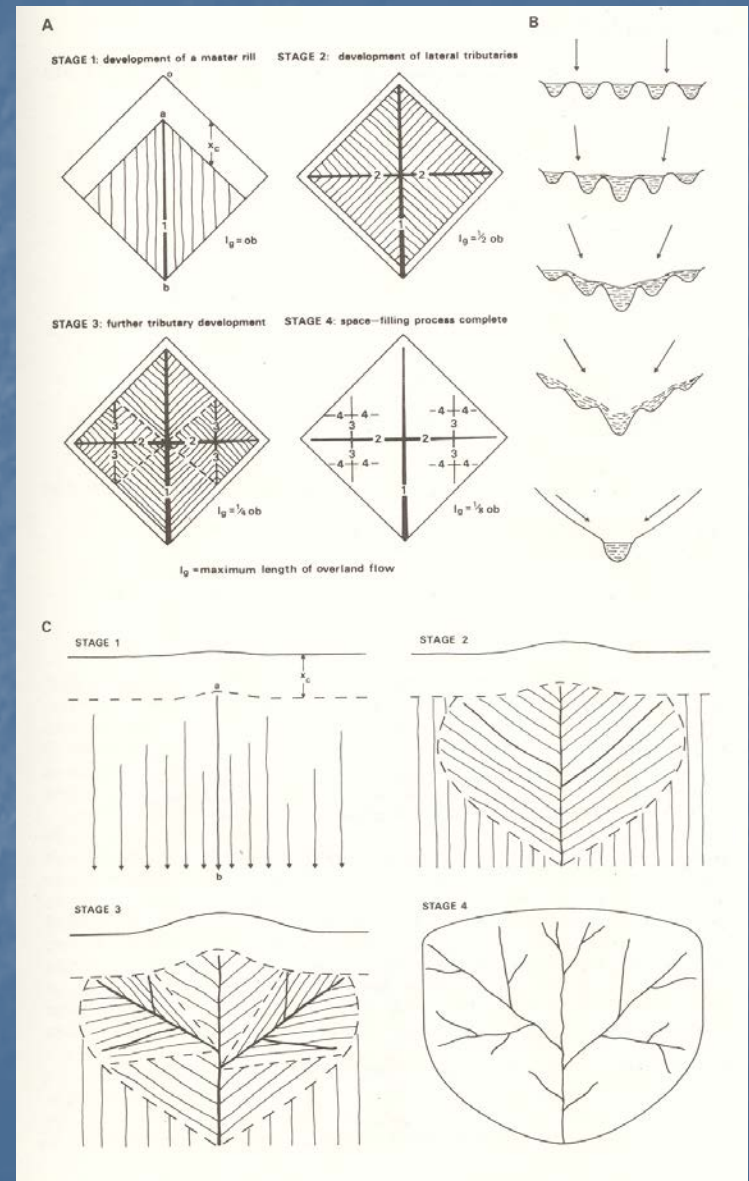
Srovnávání existujících údolních sítí

- Ruhe (1952) – srovnání údolní sítě a jejich hustoty na površích budovaných glaciálními sedimenty různého stáří.

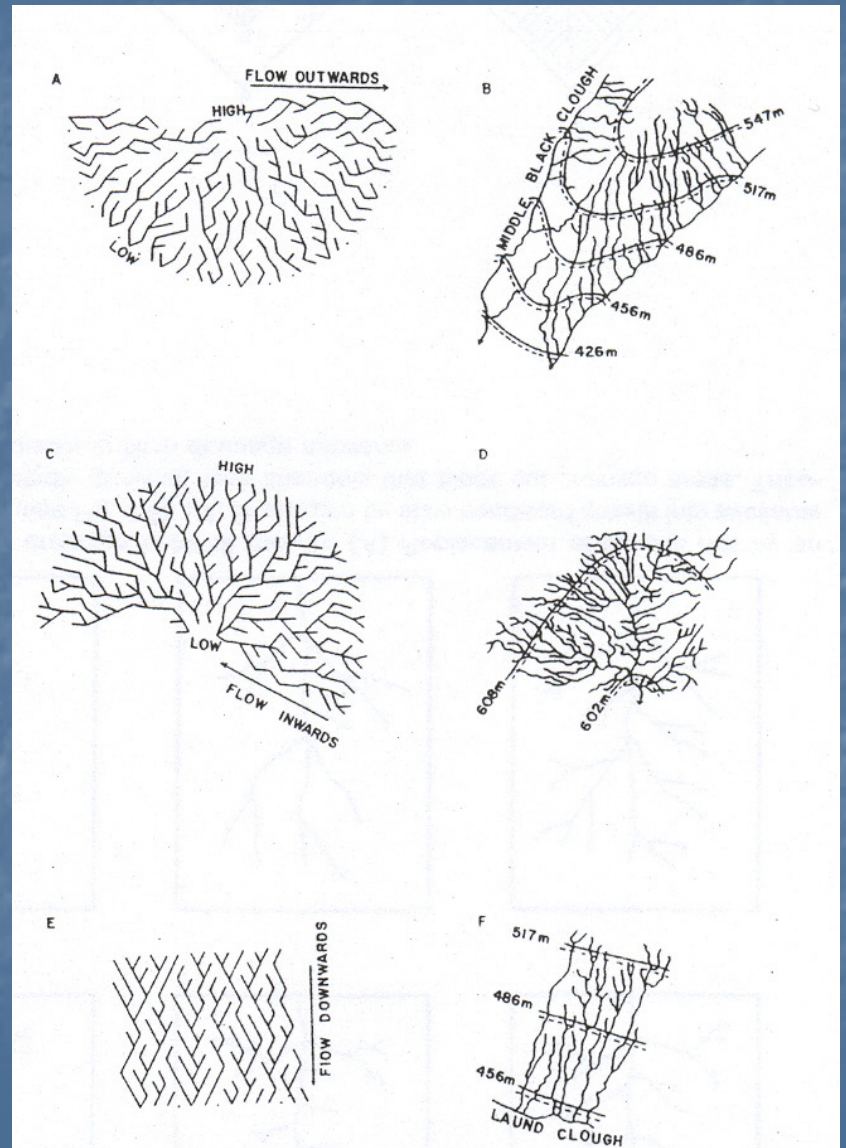
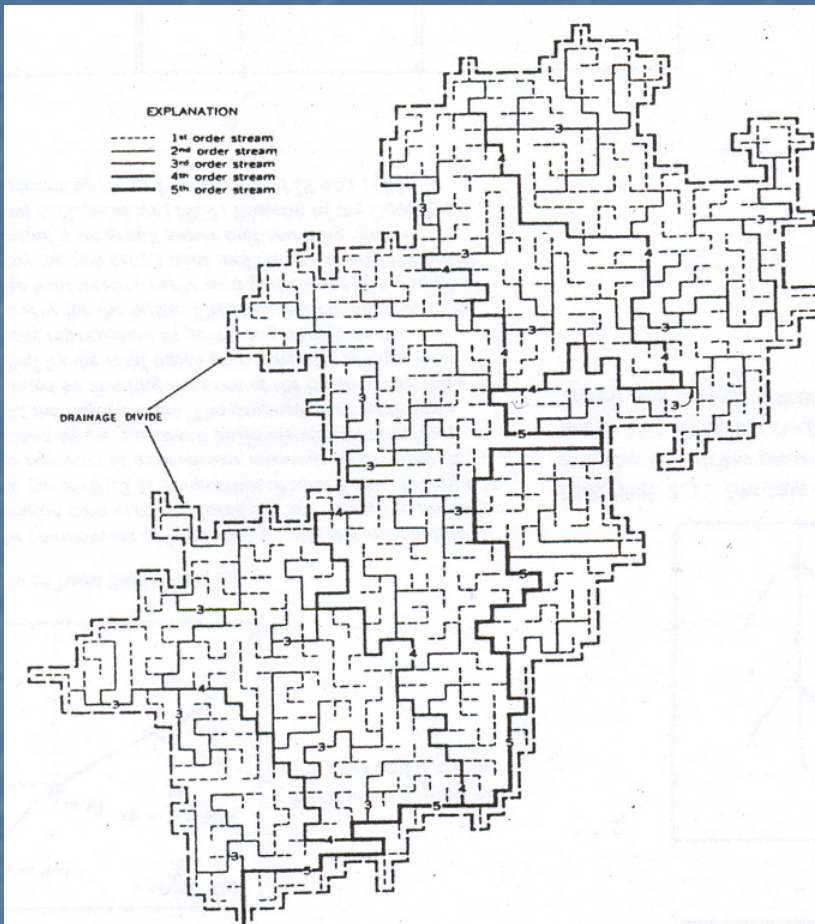


Teoretické modely

- Typy modelů:
 - deterministické = vývoj údolní sítě se řídí určitými pravidly.
 - pravděpodobnostní = vývoj údolní sítě je náhodný proces.
- Hortonův model vývoje údolní sítě:
 - mikripirátství,
 - křížová gradace.



Pravděpodobnostní modely



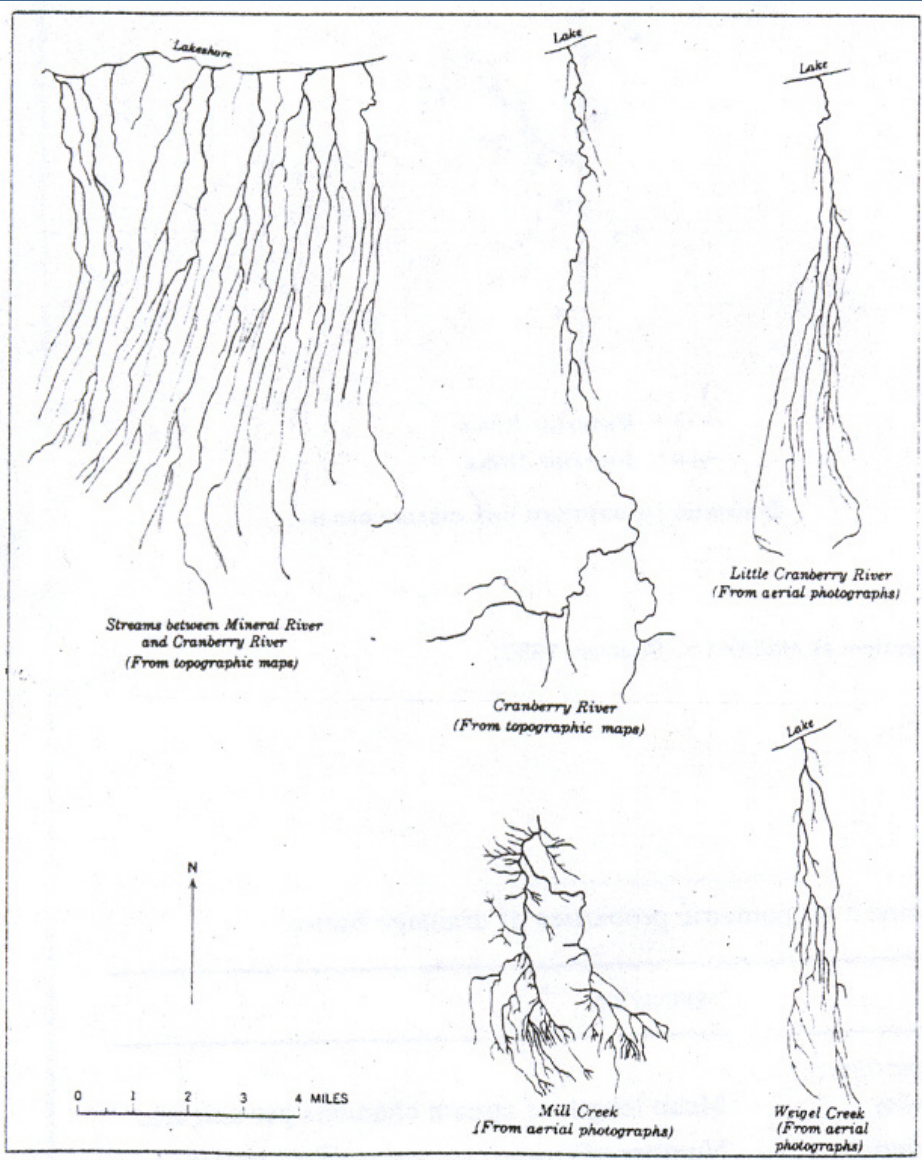


FIGURE 6.—Examples of drainage systems on the Ontonagon Plain.

