

Hydrologické extrémny

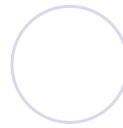
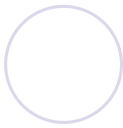


RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D.
Katedra fyzické geografie a
geoekologie

Obsah

- Hydrologické extrémny
 - Povodně

- Hydrografie
 - Základní elementy
 - Povodí
 - Říční síť



Hydrologické extrémy

Hydrologie - odtokový proces, J. Langhammer, 2007

3

Hydrologické extrémy

- Povodně



- Sucho



Hydrologie - odtokový proces, J. Langhammer, 2007

4

Povodně

- Stejný jev, různé definice...

- Fyzickogeografický pohled

- Situace, při níž množství protékající vody překročí z různých příčin průtočnou kapacitu koryta toku
- Náhlé zvětšení průtoku v důsledku srážkové činnosti, ale také zmenšením průtočnosti k či bariérou ze splavených přel



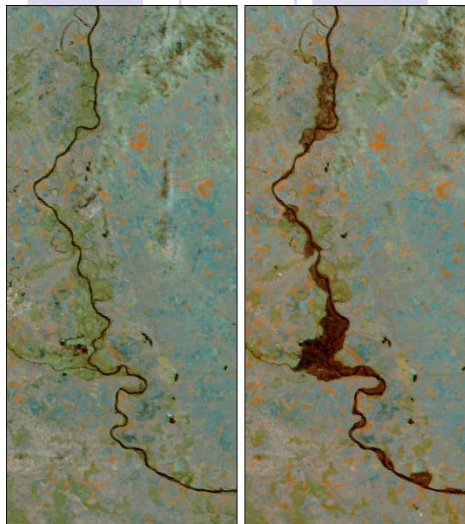
- Socioekonomický pohled

- *Katastrofální povodeň*

- povodeň mimořádné velikosti a dlouhé doby opakování, obvykle způsobující oběti a mimořádné škody.

- *Povodňová pohroma*

- událost s rozsáhlými lidskými a materiálními ztrátami nebo škodami na životním prostředí, které překračují možnosti postižené části společnosti vypořádat se s nimi z vlastních zdrojů (OSN).



March 17, 2002

April 2, 2002

Dunaj, 2002

Klasifikace povodní

- Alexander (1993) člení povodně na 3 základní typy: říční, estuáριοvé, pobřežní, přičemž mohou být rozlišeny i další typy (jako následek protržení přehrad, působení vulkanismu a zemětřesení).
 - Říční povodně
 - Povodně s pomalým nástupem – z regionálních srážek či tání sněhu a ledu,
 - Povodně s rychlým nástupem - bleskové povodně způsobené většinou intenzivními přívalovými srážkami při bouřkách.
 - Estuáριοvé povodně
 - výsledkem kombinace přílivové vlny moře, zapříčiněné silnými větry, a říční povodně vzniklé dešťovými přívaly ve vnitrozemí.
 - Pobřežní povodně
 - způsobeny hurikány a jinými silnými bouřemi nebo též vlnami tsunami.

Klasifikace povodní

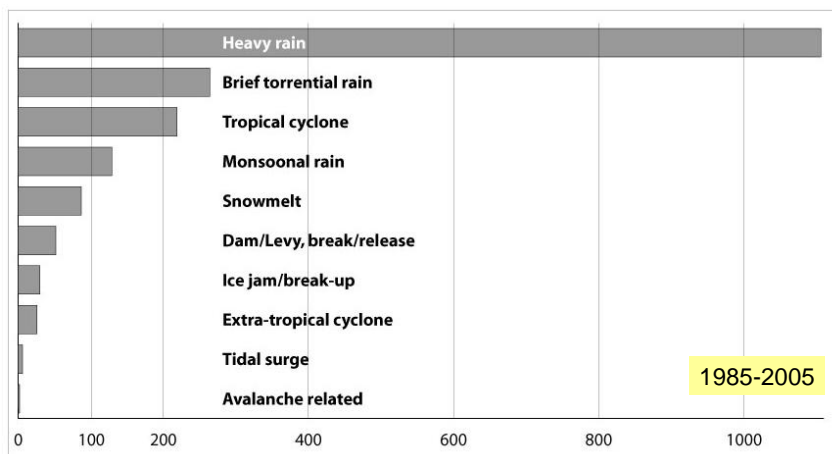
- Bolt (1975) vyčleňuje tyto nejdůležitější typy povodní:
 - říční povodně způsobené přívalovými dešti
 - pobřežní povodně
 - povodně z tání sněhu či ledu, indukované ledovými zátarasy
 - povodně ze strukturních poruch přehrad nebo hrází
 - povodně vyvolané odlomením ledovce, sesuvy nebo protržením vulkanického jezera



Typy povodní v ČR

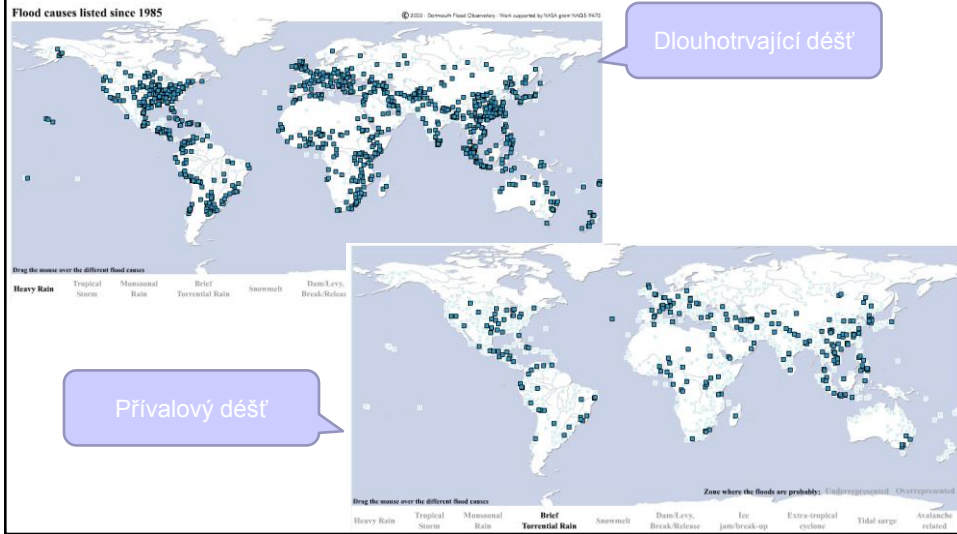
- **Letní či podzimní povodně způsobené déletrvajícimi reg. srážkami**
 - Velké srážkové úhrny po delší časový úsek
 - Postup středomořských cyklon ze severní Itálie k severovýchodu po dráze Vb
 - Jejich účinek bývá zesilován orografickými vlivy v povodí
 - Na všech tocích ve srážkami zasaženém území
 - Nepříznivé důsledky zejména na dolních tocích řek
 - *Příklad ČR – srpen 2007, červenec 1997*
- **Letní povodně způsobené přivalovými srážkami velké intenzity**
 - Blesková povodeň
 - Extrémní srážky velké intenzity (až 100 mm za hodinu)
 - Výrazné lokální dopady
 - Katastrofální účinky na sklonitých povodích vějířovitého tvaru
 - *Příklad ČR – červenec 2009*
- **Povodně zimního typu způsobené táním sněhové pokrývky**
 - K tání sněhové pokrývky je zapotřebí, aby její teplota stoupla nad 0°C.
 - Dávky tepelné energie k tomu může dodávat sluneční záření, teplota vzduchu, vítr a dešťové srážky.
 - Podhorské vodní toky a nížinné úseky větších toků
 - Často na jaře, ale i v průběhu zimy, při výrazných oblevách
 - *Příklad ČR – březen/duben 2006*

Příčiny povodní - globální měřítko

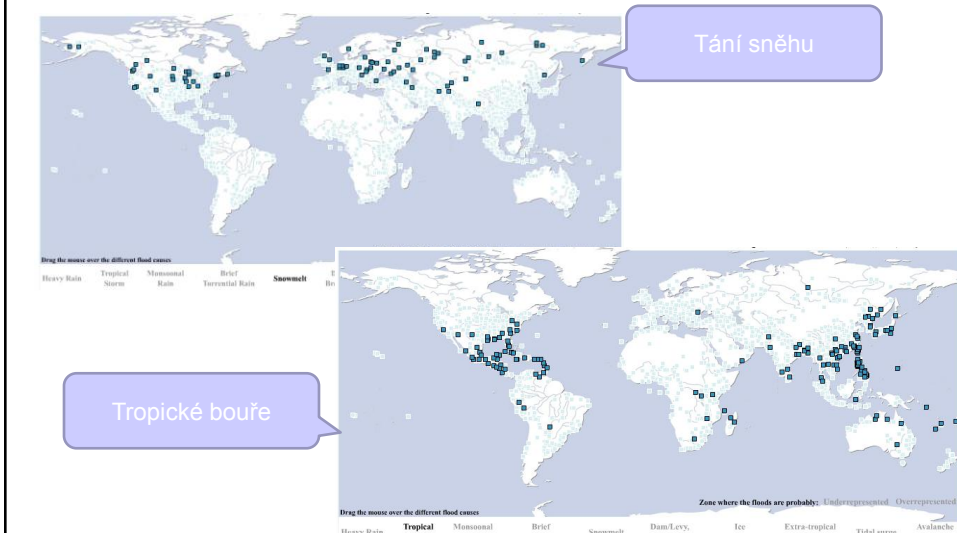


Zdroj: Dartmouth Flood Observatory - <http://www.dartmouth.edu/~floods/>

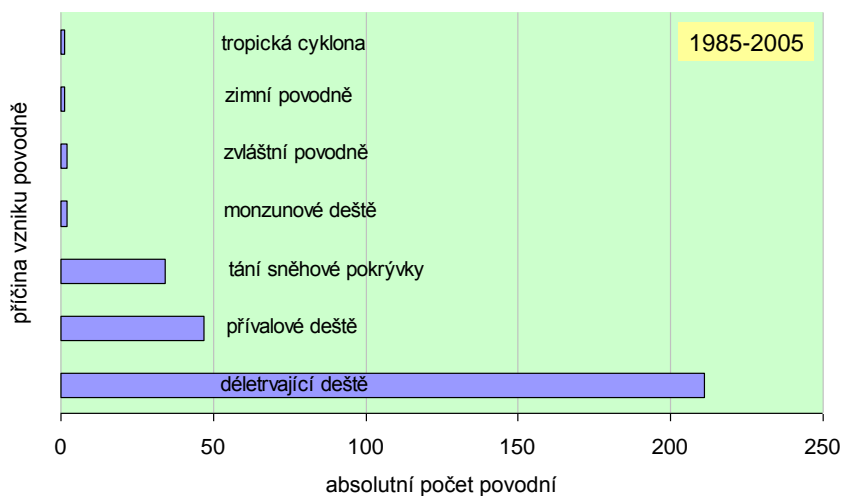
Geografické rozložení extrémních povodní podle příčiny



Geografické rozložení extrémních povodní podle příčiny



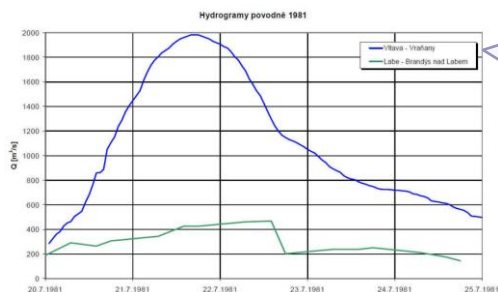
Příčiny vzniku povodní v Evropě



Zdroj: Dartmouth Flood Observatory - <http://www.dartmouth.edu/~floods/>

Charakteristiky povodně

- Průtoková vlna - představuje přechodné zvětšení a následný pokles a vodních stavů, vyvolaný deští, táním sněhu nebo umělým zásahem.
- Vlna povodňová - průtoková vlna s charakterem povodně.
- Kulminační průtok - největší vrcholový průtok u průtokové vlny
- Stanovuje se N-letý kulminační průtok QN, který je v uvažovaném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za N-let



Co je stoletá voda?

Statistická veličina 100 letá povodeň je taková povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen 1 krát za 100 let

Příčiny a faktory ovlivňující vznik povodní

● **Předběžné faktory**

- Stav krajiny před vlastní příčinnou událostí
- Dny až měsíce před vznikem povodně (nasycenost povodí, promrznutí půdy, výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota)

● **Příčinné faktory**

- Příčinná událost, vyvolávající povodeň
- Hodiny až dny před vznikem povodně

● **Ovlivňující faktory**

- Vnější faktory, ovlivňující průběh a následky povodně
- Dlouhodobé



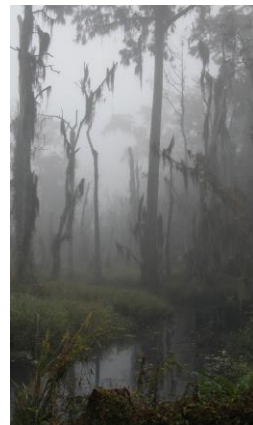
Předběžné faktory povodně

● **Nasycení povodí**

- Míra nasycení půdního profilu
- Míra naplnění objemu koryt vodních toků před povodní,
- Celkový stav ledových jevů na tocích

● **Rozhodující vlivy**

- **1, intercepce** – zadržující účinek vegetace na padající srážky.
- **2, detence** – schopnost zpomalovat odtok ze spadlých srážek naplňováním depresi terénu - dočasná akumulace většího množství vody v rovinném terénu.
- **3, infiltrace** – vsak vody do půdních vrstev a zvodní podzemních vod. Závisí na typu půdy, její mporovitosti, obsahu humusu a jejím nasycením vodou.
- **4, objem říční sítě** – plnění koryt toků včetně množství vody vtačené do přilehlých podzemních částí břehové zóny v důsledku hydrostatického tlaku, a objemu rozlivů do inundačních území podél toku.



Matějček a Hladný (1999)

Příčinné faktory povodní

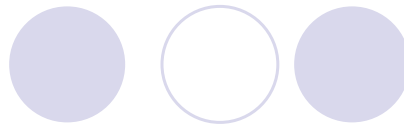
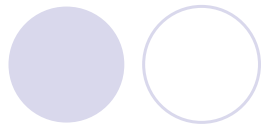
- Vlastní spouštěcí mechanismus povodňové události
 - srážky (déletrvající, příválové, monzuny)
 - tání sněhu
 - ledové jevy na tocích
 - mořské dmutí a příboj
 - seismická činnost
 - náhlé tání ledovců vulkanickou činností
 - protržení jezer
 - protržení vodních staveb



Faktory ovlivňující průběh povodní

- Činitele, ovlivňující průběh a následky povodní
- Regulace toků
 - Napřimování toků
 - Úpravy koryt toků
 - Protipovodňová ochrana
 - Vodní díla
- Změny ve využívání krajiny
 - Změna využití údolní nivy
 - Omezení retenčního potenciálu pramenných oblastí
 - Změna charakteru a struktury landuse
 - Odlesnění
 - Intenzivní zemědělství
 - Urbanizace
 - Změna zdravotního stavu vegetace





Hydrografie

Hydrologie - odtokový proces, J. Langhammer, 2007

19

Program

- Základní geografické elementy vodního prostředí
 - Povodí – vymezení a tvar
 - Říční síť – struktura, tvar a hierarchie
 - Vodní tok – základní elementy
- Vliv hydrografických charakteristik povodí na odtokový proces



Základní elementy systému vodního prostředí

- Základní geografické elementy prostorových struktur systému povrchových vod
 - Povodí
 - Říční síť
 - Vodní tok
 - Koryto
- Metodický aparát pro analýzu prostorových aspektů systému povrchových vod
 - Hydrografie
 - Geoinformatika

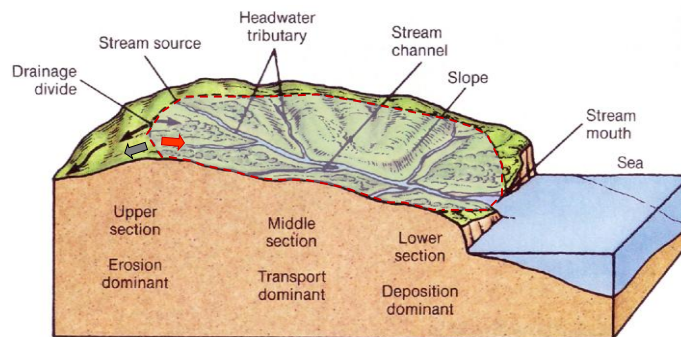


Povodí

Vymezení
Plocha
Tvar

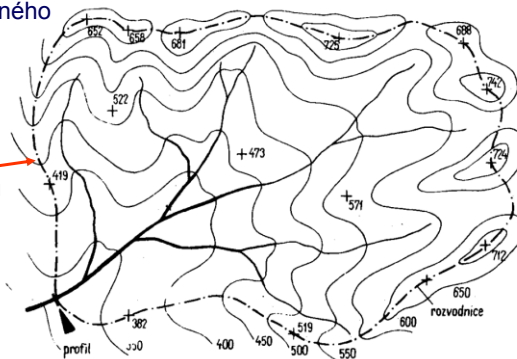
Povodí

- Základní hydrologická oblast, na které zkoumáme odtokový proces a zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků



Povodí - rozvodnice

- Vymezení povodí
 - Uzavřené území, z něhož voda, na něj srážkami spadlá, odtéká povrchovou i podzemní cestou do jediného závěrečného profilu
- Hranice povodí
 - rozvodnice
- Průběh rozvodnice
 - podle vrstevnic a vrcholů
- Hydrologické povodí
- X
- Hydrogeologické povodí



Povodí - rozvodnice

● Nejednoznačnost vymezení hranice povodí

○ Bifurkace

- rozdělení říční sítě na více ramen, odvádějících vodu do jiného povodí

○ Říční pirátství

- načepování sousedního povodí zpětnou erozí

● Příčiny

- Přirozené – geomorfologie a vývoj reliéfu
- Antropogenní zásahy do říční sítě



Říční pirátství - Casiquiare

přírodní propojení Orinoka a Rio Negro



- Orinoko se štěpí v oblasti Tama-Tama
- 1/3 průtoku je odváděna řekou – kanálem Casiquiare do povodí Amazonky
- Délka kanálu 320 km
- Od soutoku s Guainía vytváří Río Negro.
- Rio Negro po 800 km ústí do Amazonky.
- Objevil jezuita páter Roman (1744), prozkoumal a popsal Humboldt (1804)



Orinoko - Casiquiare



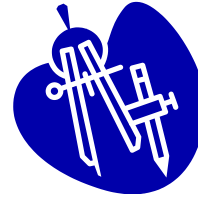
Geografické charakteristiky povodí

- Plocha
- Vývoj povodí
- Tvar
- Výškové poměry



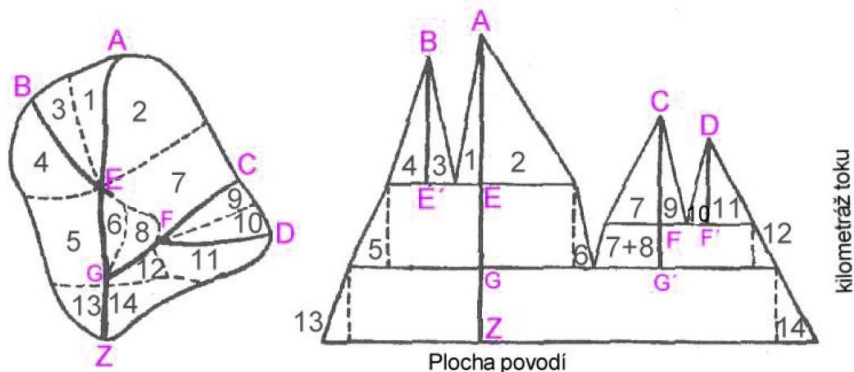
Vývoj povodí

- Stanovení plochy povodí
 - Kartometrie
 - GIS
- Stanovení plochy dílčích povodí
- Mezipovodí
- Vyjádření vývoje plochy povodí

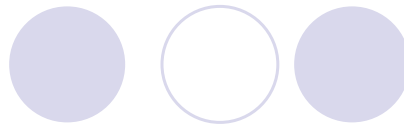


Graf vývoje povodí

- Pravoúhlý graf vývoje povodí
 - vyjádření nárůstu plochy povodí podle vzdálenosti od pramene.



Tvar povodí



Obecný princip kvantitativního hodnocení tvaru povodí:
 - vyjádření míry jeho kruhovosti nebo protáhlosti.



Gravelliův koeficient

$$K_G = \frac{L_R}{2\sqrt{P \cdot \pi}}$$

L_R ... délka rozvodnice
 P ... plocha povodí

Koeficient protáhlosti povodí (Elongation ratio)

$$R_E = \frac{2 \cdot \sqrt{P/\pi}}{L}$$

L ... délka povodí
 P ... plocha povodí

Tvar povodí



Charakteristika povodí

$$\alpha = \frac{P}{L^2}$$

L ... délka povodí
 P ... plocha povodí



tvar	P ≤ 50 km ²	P > 50 km ²
protáhlý	< 0.24	< 0.18
přechodný	0.24 – 0.26	0.18 – 0.20
vějířovitý	> 0.26	> 0.20

Výškopisné poměry povodí

1. Převýšení

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

2. Spád povodí

$$I = \frac{\Delta h}{\sqrt{P}}$$

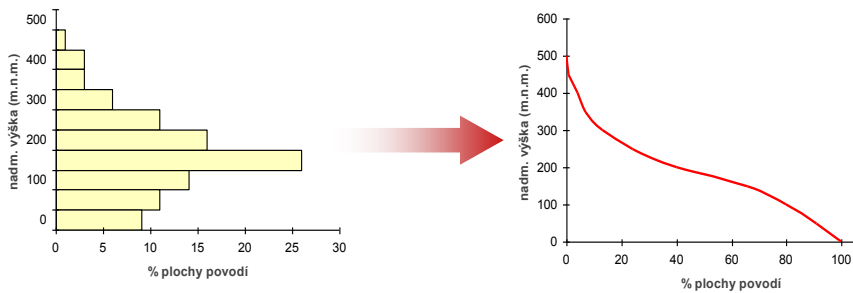
3. Koeficient reliéfu

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

Hypsografická křivka

- Vyjadřuje podíl plochy výškových pásem na celkové ploše povodí

- Vyjadřuje vlastnosti reliéfu
- Použití v hydrologii a geomorfologii





Hierarchické uspořádání říční sítě

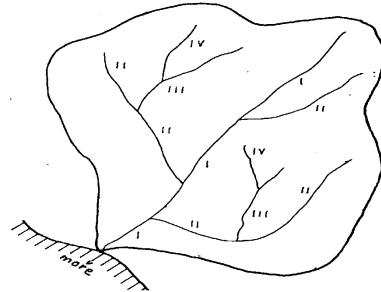
- Řádovost vodních toků
- Různé modely systému hierarchického uspořádání vodních toků v říční síti
- Hlavní systémy
 1. Absolutní pořadí toku
 2. Relativní řád toku – Strahler
 3. Magnitudo toku - Shreve



Absolutní pořadí toku

Absolutní model řádovosti

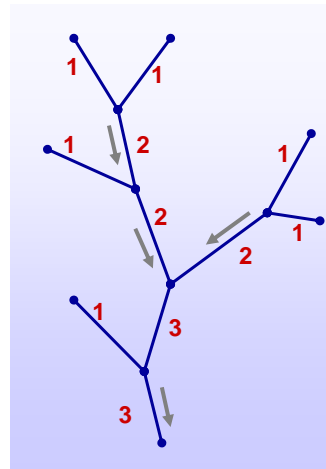
- Řád toku udává počet posloupných zaústění od moře
- Toky prvního řádu ústí do moří a oceánů
- Toky druhého řádu tvoří přítoky toků prvního řádu, atd.



Relativní model řádovosti toků

Strahler - model řádovosti

- Hodnoceny ne toky, ale úseky mezi soutoky
- Toky 1. řádu
 - pramenné úseky toků
- Zvýšení řádu
 - soutok toků stejného řádu



Strahler - význam

- V tocích stejného řádu můžeme **ve stejných** (antropogenně neovlivněných) geografických, klimatických a geologických **podmínkách** nalézt **rovnatelná společenstva** vodních organismů, stejné fyzikální podmínky nebo stejné nebo velmi podobné požadové (neovlivněné) koncentrace chemických látek.
- Řád toku podle Strahlera je v ekologické literatuře používán jako základní souhrnná typologická charakteristika.

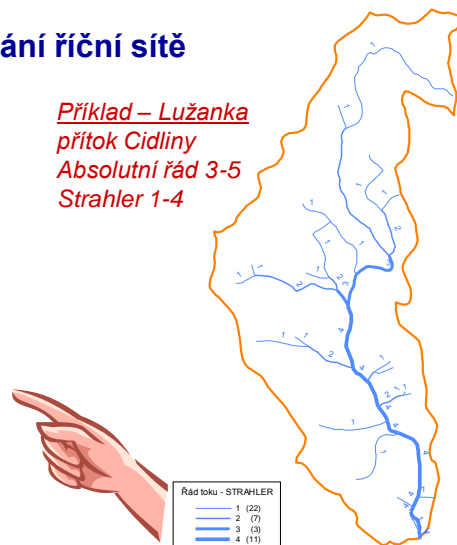


Řádovost a morfometrie toků

Hortonovy zákony uspořádání říční sítě

1. **počet toků** určitého řádu **klesá** geometrickou řadou spolu se stoupajícím číslem řádu
2. **průměrná délka toku** určitého řádu geometricky **stoupá** spolu s rostoucím číslem řádu
3. **průměrná plocha** povodí toku určitého řádu geometricky **stoupá** s rostoucím číslem řádu

*Příklad – Lužanka
přítok Cidliny
Absolutní řád 3-5
Strahler 1-4*



Kvantifikace morfometrických charakteristik hierarchie říční sítě

- R_b koeficient bifurkace

- podíl počtu toků určitého řádu počtem toků a počtu toků s řádem o 1 vyšším
- koeficient bifurkace povodí – průměr z dílčích hodnot
- obvyklé hodnoty 2-5

řád toku	počet toků	R_b
1	60	3.0
2	20	4.0

- Analogie – R_l , R_a

- R_l koeficient délky toků
- R_a koeficient plochy povodí

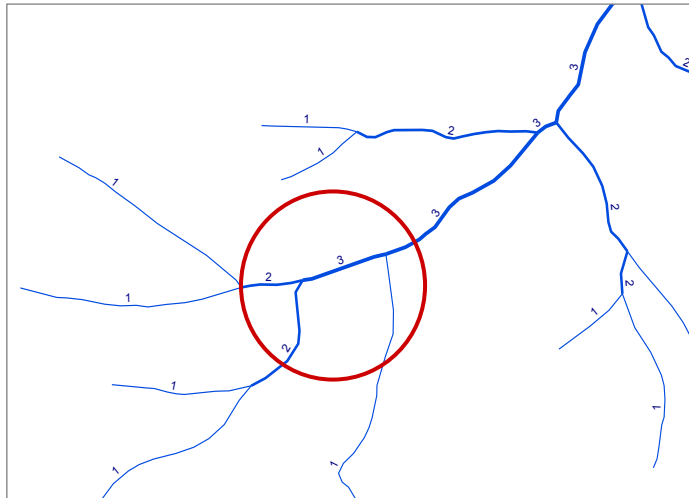
Výpočet charakteristik R_b R_l

- Příklad

- povodí – celkem 88 toků všech řádů
- celková délka toků 80 km

řád toku	počet toků	R_b	celková délka toků	průměrná délka toků	R_l
1	60	3.0	40.0	0.7	0.7
2	20	4.0	20.0	1.0	2.0
3	5	2.5	10.0	2.0	1.5
4	2	2.0	6.0	3.0	1.3
5	1		4.0	4.0	0.5
povodí	88	2.88	80.00	2.13	1.21

Strahler - ukázka (povodí Želivky)



Strahler - problémy

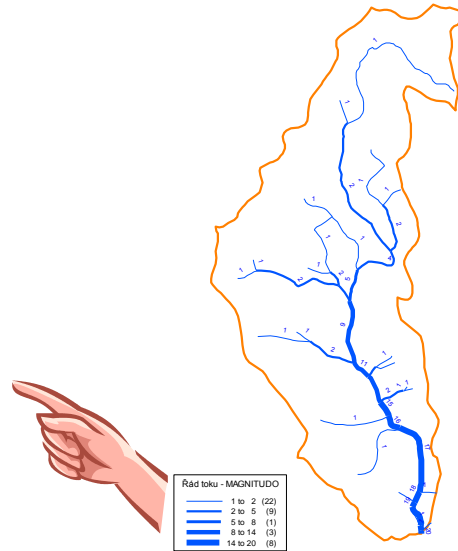
- Data
 - potřeba podrobné mapy – alespoň 1:50000
 - řada zdrojnic není na mapách zachycena, pro hodnocení jsou ale rozhodující
 - pro podrobné hodnocení kombinace map s fotogrammetrií
 - Citlivost na generalizaci kartografických podkladů
- Přes možnost kvantifikace neexistuje obecně platný vztah morfometrie povodí k charakteristikám odtoku

Magnitudo toku - Shreve

● Princip členění

- Tok rozdělen na elementy, obdobně jako u Strahlera
- Element 1. řádu - zdrojnice
- Magnitudo úseku = počet elementů 1. řádu na výše položených úsecích

Příklad – Lužanka
Magnitudo 1-20
Strahler 1-4



Hustota říční sítě

● Poměr délky všech vodních toků k celkové ploše povodí

● Vyjadřuje schopnost krajiny odvádět vodu z povodí – souvislost s Q

● Závisí na:

- morfologii povrchu
- vegetaci
- klimatických poměrech
- geologických poměrech
- land-use
- aj.

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



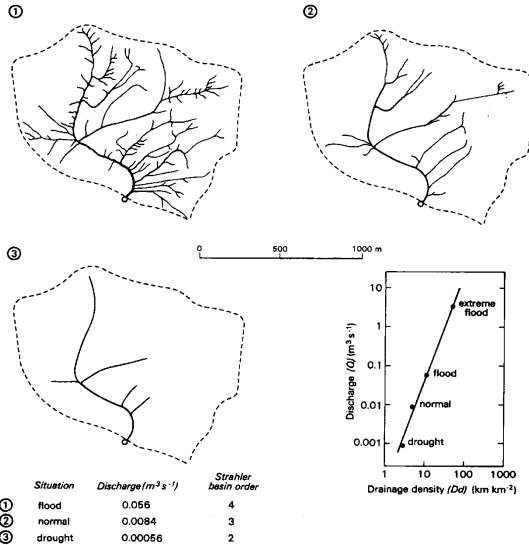
Hustota říční sítě

● Změna říční sítě v závislosti na klimatických poměrech

- v rámci roku
- mezi periodami

● Hustota říční sítě a řádovost povodí podle Strahlera

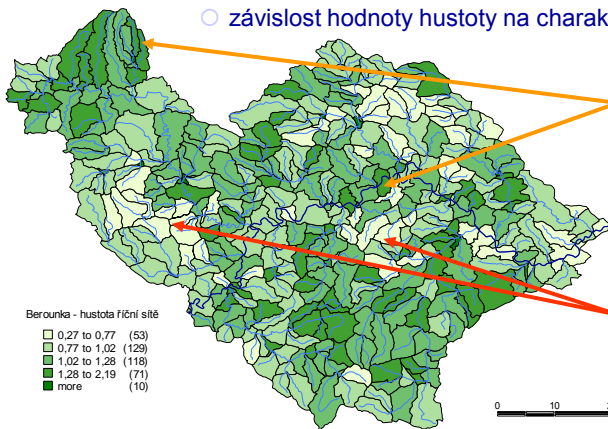
● Hustota říční sítě a průtok



Hustota říční sítě

● Příklad - povodí Berounky

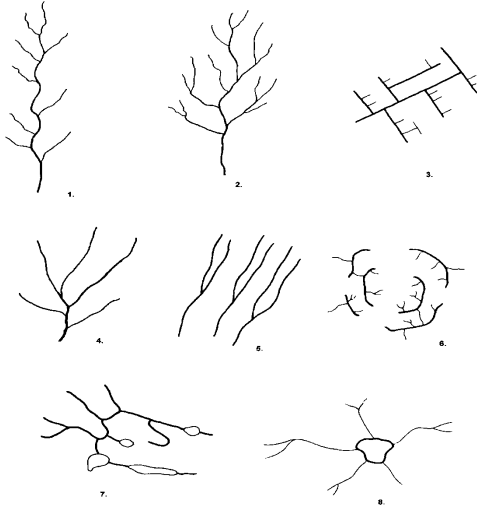
- Podklad – digitální ZVM 1:50 000
- Analýza GIS MapInfo
- závislost hodnoty hustoty na charakteru reliéfu a využití území



● nejvyšší hustota v hornatých a zalesněných oblastech Brd, Hřebenů, Slavkovského lesa a Doupovských hor

● nejnižší hustota říční sítě je v zemědělsky využitých zarovnaných úsecích toků – střední a dolní povodí Rakovnického potoka, Litavky, Klabavy a vlastní Berounky

Uspořádání říční sítě



- stromovité
- pravoúhlé
- listovité
- vějířovité
- paralelní
- prstencovité
- neuspořádané
- dostředivé

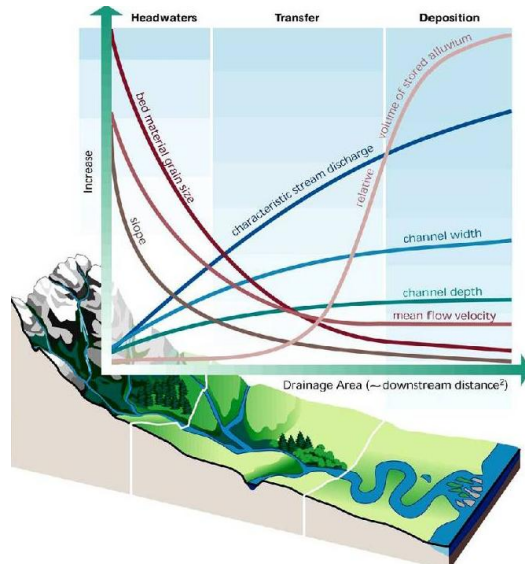
Vliv geografických činitelů na odtokový proces



Vývoj základních elementů toků v jednotlivých zónách toku

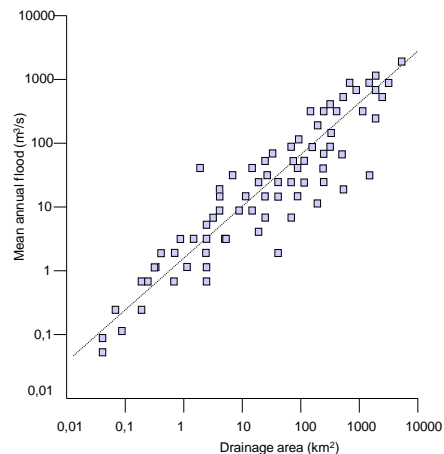
- Rozdílná morfometrie a charakter procesů v hlavních zónách toku

- horní tok
- střední tok
- dolní tok



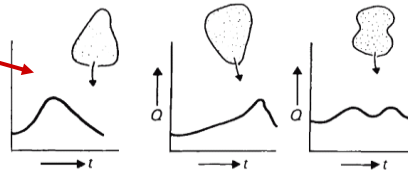
Vliv geografických charakteristik na odtokové poměry

- Plocha povodí
 - větší plocha povodí
 - vyšší průměrný Q
 - vyšší hodnoty průměrné roční povodně
 - menší plocha povodí
 - vyšší specifický odtok při povodni
- Hustota říční sítě
 - vyšší hustota ř.s.
 - vyšší hodnoty průměrné roční povodně

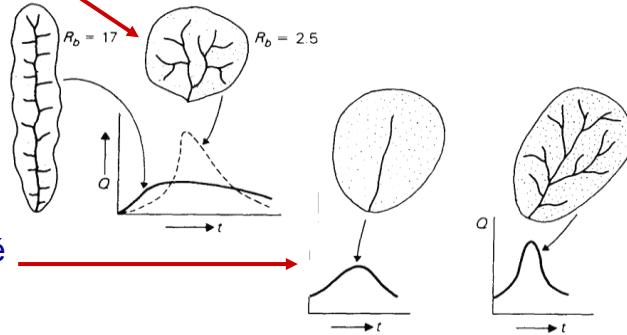


Vliv geografických charakteristik na odtokové poměry

- Tvar povodí



- Uspořádání říční sítě



- Hustota říční sítě

Literatura

- Langhammer, J. (ed): Povodně v krajině. MŽP a PŘF UK, Praha
- Langhammer, J. (ed): Údolní niva jako prostoro ovlivňující průběh a následky povodní
- Goudie, A. (1993): The Nature of the Environment. Oxford: Blackwell Publishers.
- Strahler, A., Strahler, A. (2000): Introducing Physical Geography. Wiley, New York.