

Fluviální geomorfologie

Lekce 2



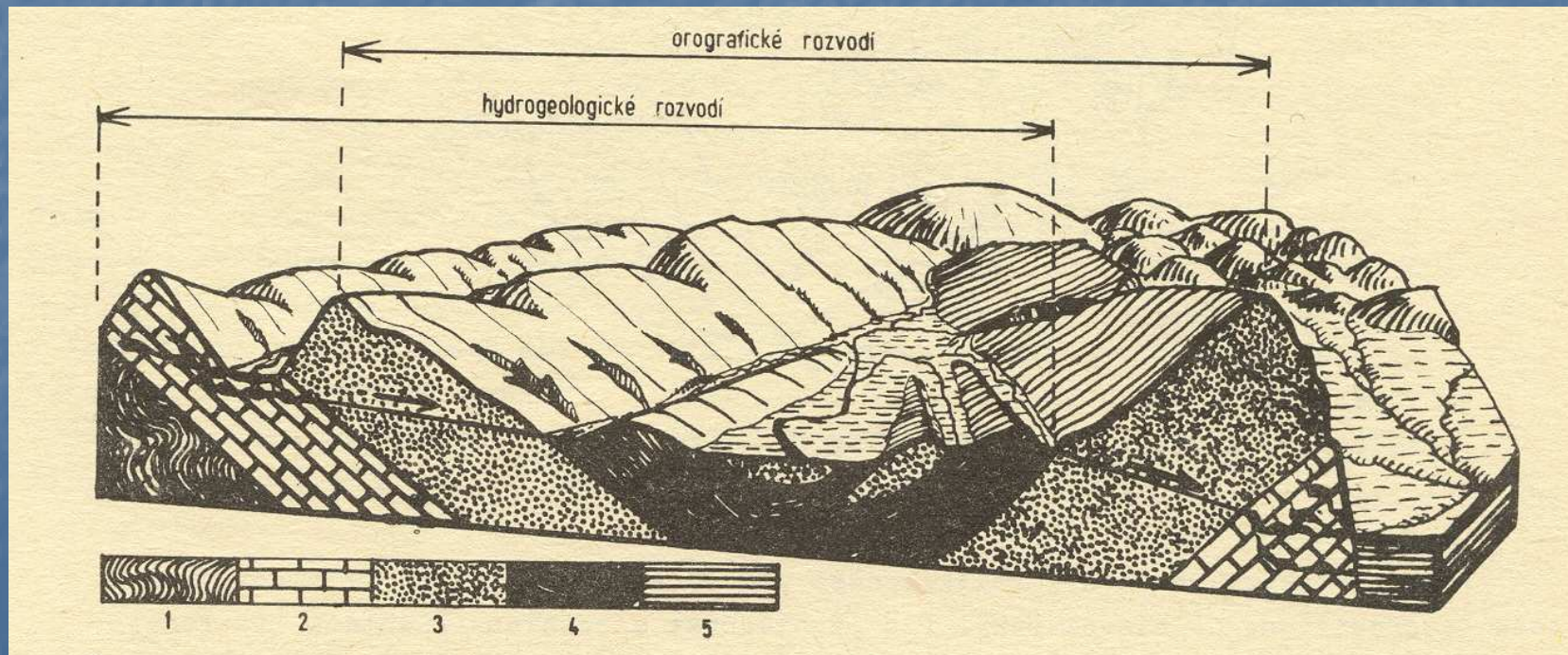
Hydrologie povodí: povrchový odtok, hydrologické extrémy, srážko-odtokové vztahy

Osnova přednášky

- Variabilita povrchového odtoku
- Tvorba povrchového odtoku
- Extrémní hydrologické události (povodně, sucha)
- Srážko-odtokové vztahy

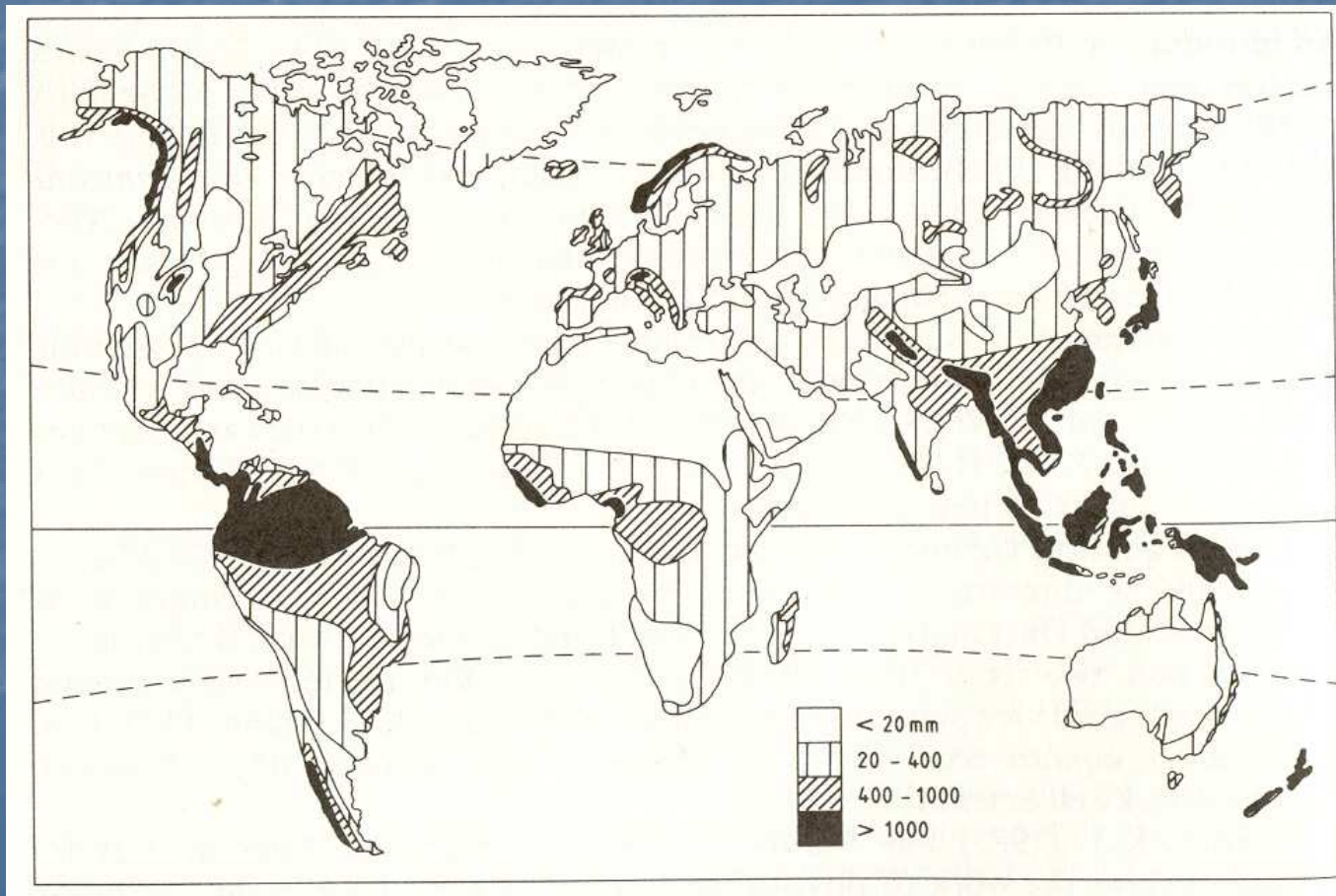
Hydrologická bilance povodí

- Vstupy a výstupy vody v povodí:
vstup = srážky, výstupy = výpar (evapotranspirace) a říční odtok.
- Bilanční rovnice odtoku z povodí:
 $O = S - E$
O ... odtoková výška, S ... srážky, E ... evapotranspirace
- Hydrogeologické povodí = transfer vody mezi povodími, významný pouze v krasových oblastech.



Rozložení odtoku na Zemi

- Rozložení odtoku v globálním měřítku určováno klimatickými podmínkami (atmosférická cirkulace, rozložení srážek).
- Hodnoty odtokové výšky: rovníkové oblasti + západní návětrné strany kontinentů > 1000 mm, suché vnitrozemské oblasti + polární oblasti < 20 mm.

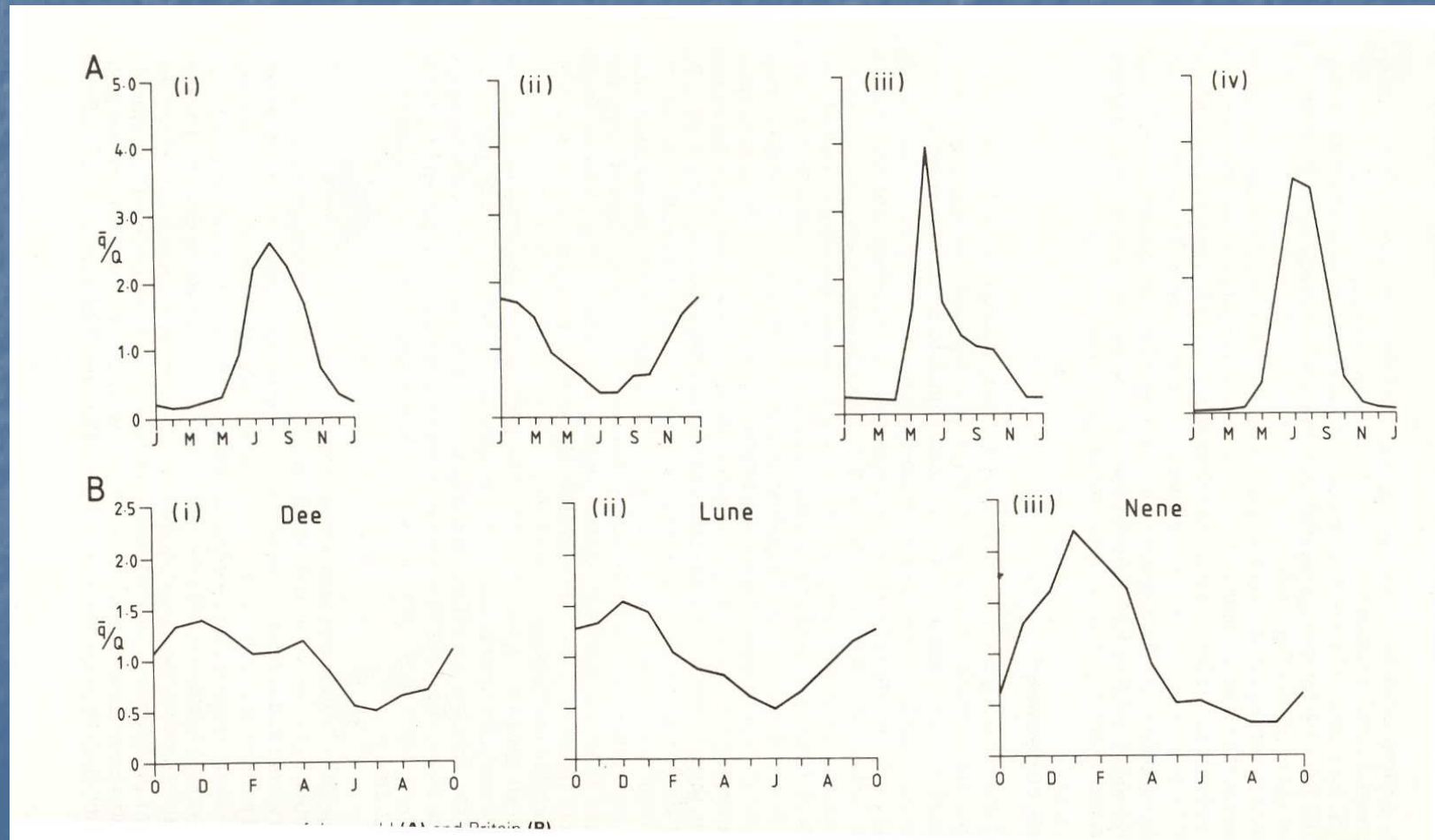


Základní hydrologické režimy světových řek (Beckinsale 1969)

- Megatermický – tropické vlhké oblasti: největší odtok během léta, minima koncem zimy a na počátku jara.
- Megatermický – mírně teplé a vlhké oblasti subtropů a mírného pásma: celkem 5 podskupin; příklad: celoročně víceméně vyrovnaný odtok se slabým minimem v letní sezóně.
- Mikrotermický: vyšší zeměpisné šířky (průměrná teplota alespoň jednoho měsíce menší než -3°C , sněhová pokrývka leží alespoň 1 měsíc); od prosince do dubna odtok nízký, vzrůst v květnu a červnu (tání sněhu) a setrvalý stav v létě (letní deště).
- Horský: velké nadmořské výšky; letní maximum odtoku (tání sněhu a ledovců), výrazné rozdíly v odtoku mezi dnem/nocí.

Roční rozložení odtoku vybraných řek světa

- A. Irrawaddy
- B. Temže
- C. Jenisej
- D. Massa River

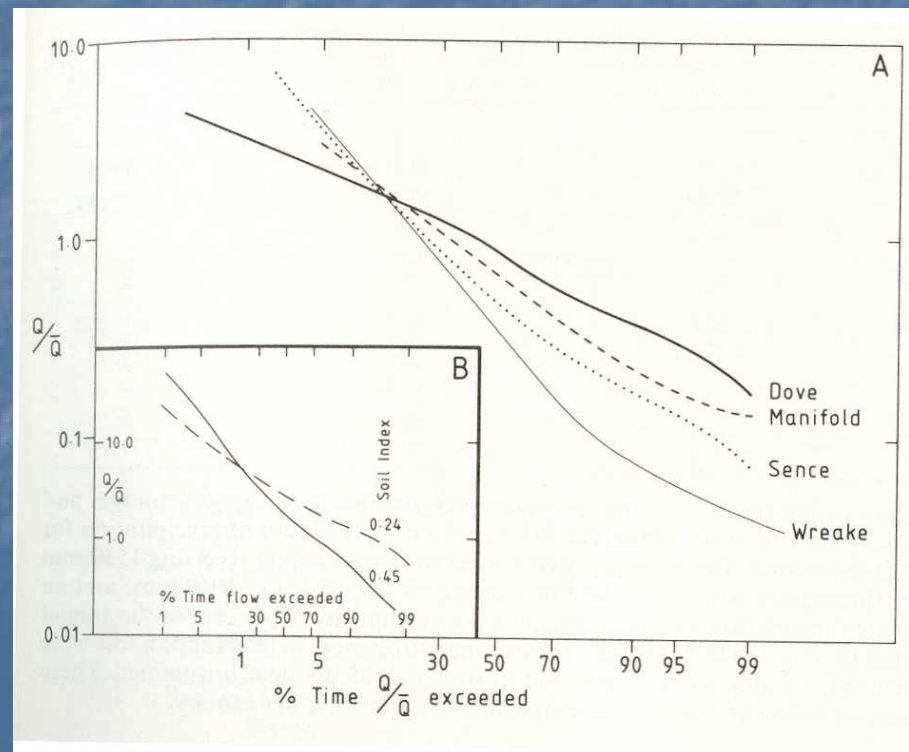


Variabilita povrchového odtoku

- Rozložení odtoku během roku je výsledkem interakce: geologie, morfometrie povodí, půd, vegetace a klimatu; vzrůstá vliv člověka.

Vliv plochy povodí a geologie

- Plocha povodí ovlivňuje celkové množství zachycených srážek a následně velikost odtoku z povodí.
- Povodí s geologií příznivou pro akumulaci velkých zásob podzemní vody mají čáry překročení ploché (např. říční štěrky, pískovce), v opačném případě strmé (např. nepropustné jíly, slíny); tvar křivky ovlivňují i půdní poměry.

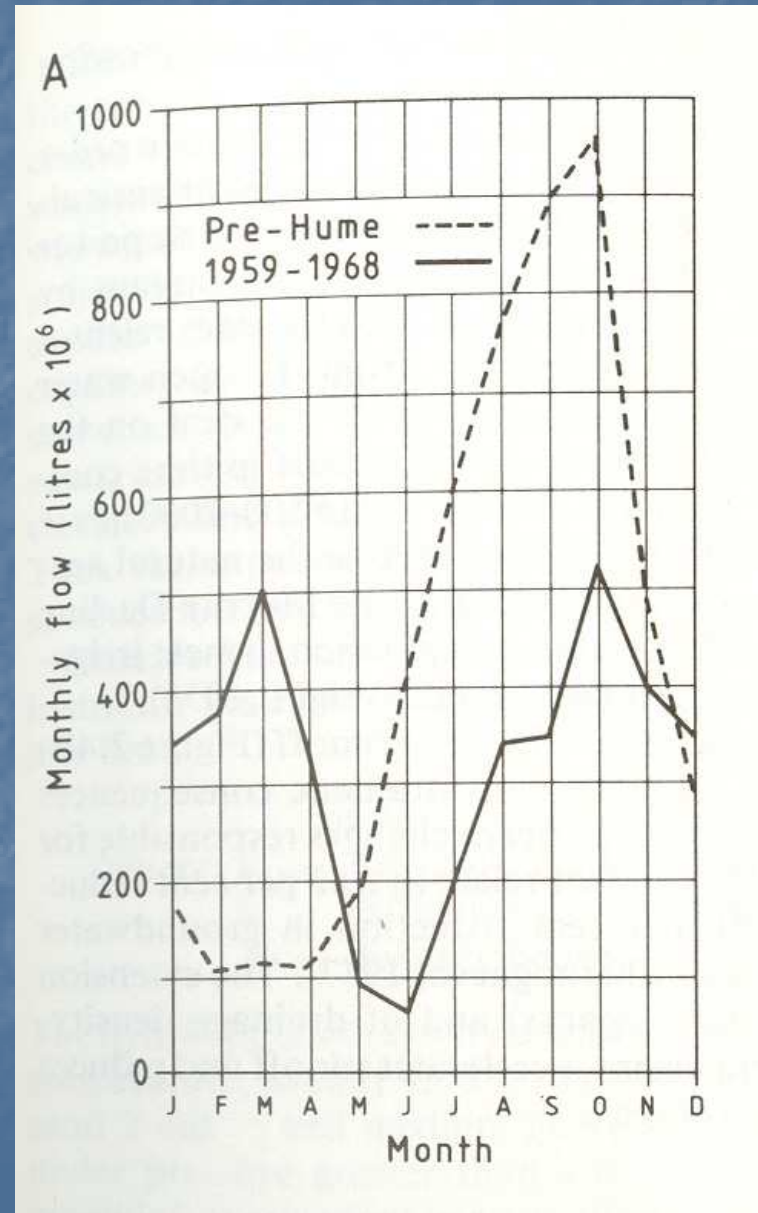


vliv vegetace

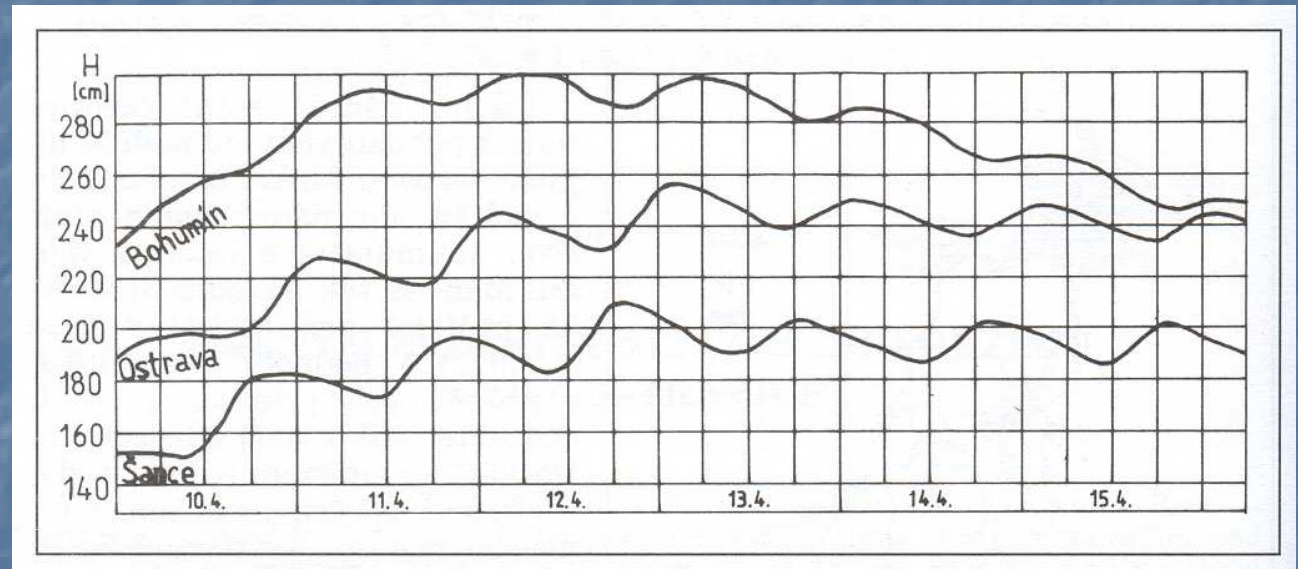
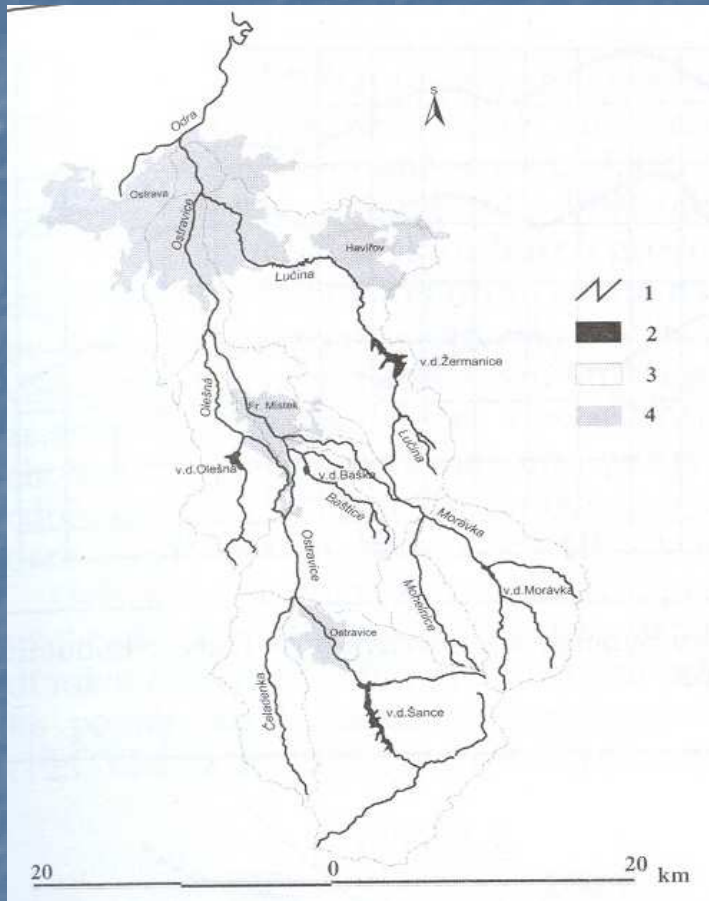
- Charakter vegetace ovlivňuje: intercepci, evapotranspiraci, pohyb a akumulaci vlhkosti v půdě, způsob akumulace sněhu, aj.
- Rozdílné typy vegetace mají jiný vliv na hodnoty výparu – výpar je větší v lesních porostech než na trvalých travních porostech.
- *Příklad: bukový les s roční srážkou 1530 mm, na povrch půdy propršelo průměrně 69 % vody (tj. 1060 mm), 2 % stekly po kmenech stromů; sezónní změny v intercepci – léto (stromy mají listí a teploty jsou vyšší) ztráta 35 %, zima – ztráta pouze 22 %.*

vliv člověka

- Změny land-use (odlesňování).
- Vliv přehradních nádrží:
 - přehrada na řece Peace v Kanadě – snížení ročního rozpětí průtoků ze 150 – 9000 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na pouhých 500 – 2000 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 - přehrady na Murray-Darling v Austrálii – změna rozložení odtoku během roku.
 - výpar z volné hladiny přehradní nádrže (povodí Dněstru – zmenšení odtoku o 20%).

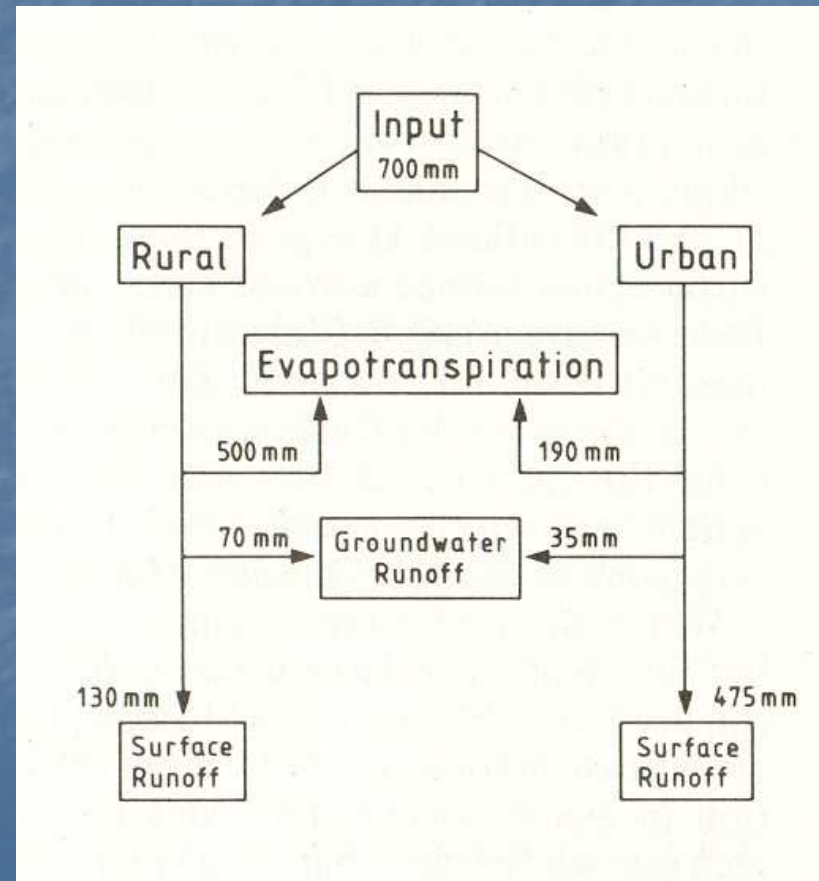
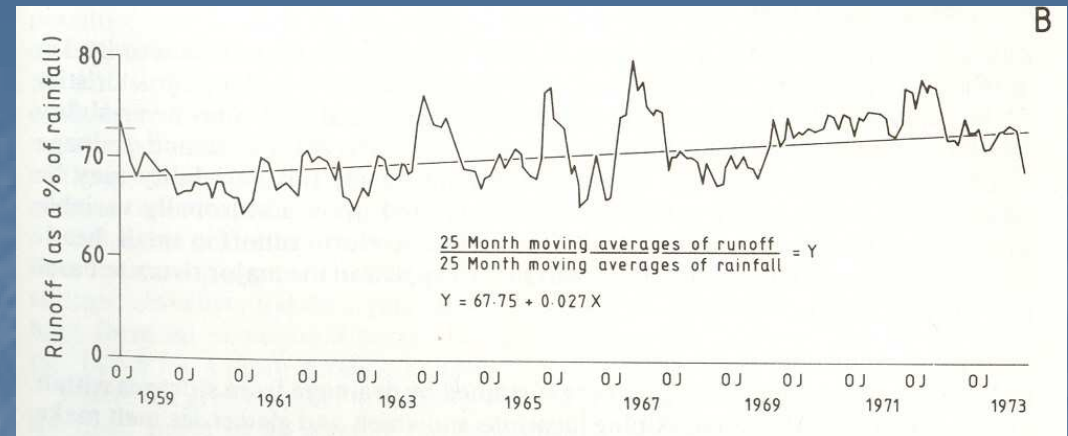


Ovlivnění průtoků přehradními nádržemi v Moravsko-slezských Beskydech



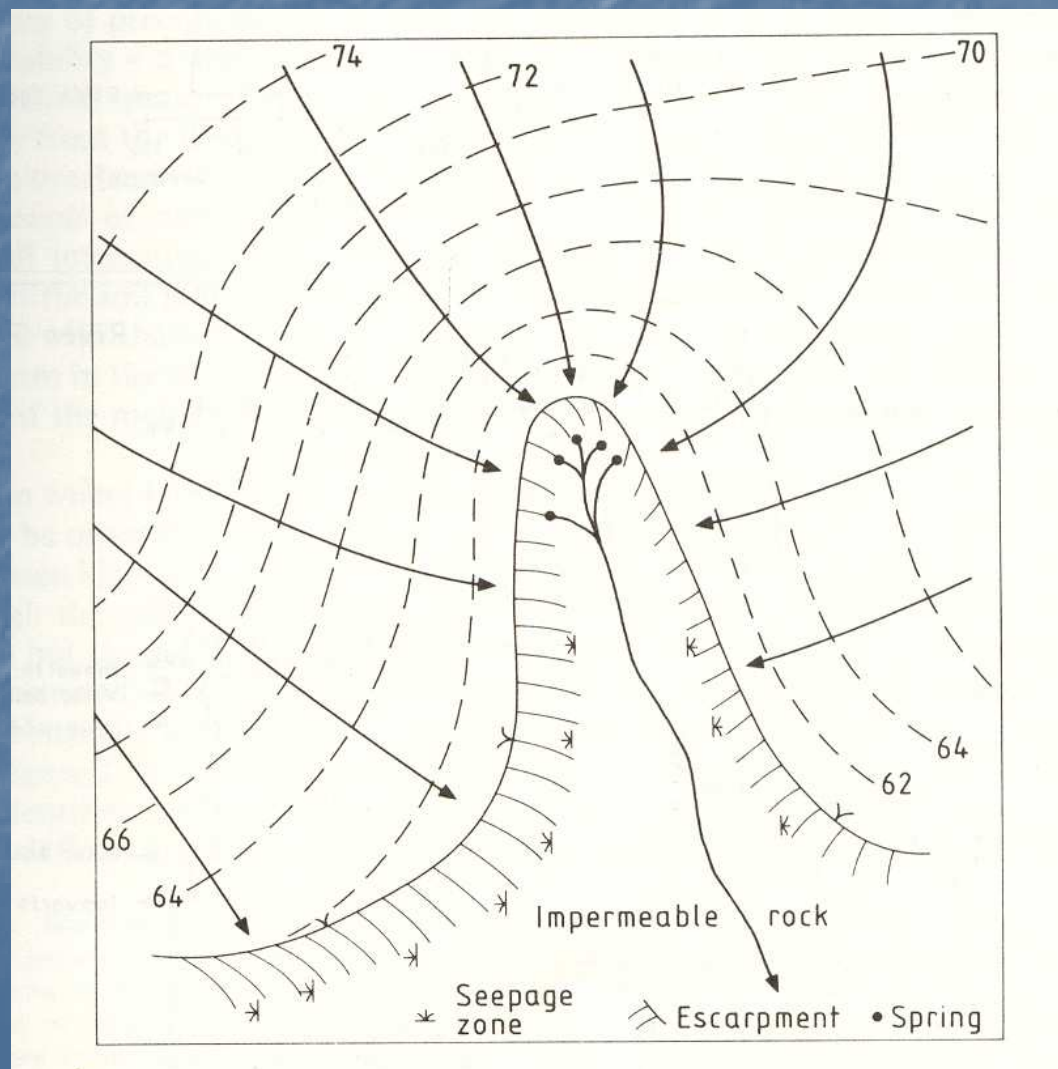
- Budování přehrad v 50. a 60. letech 20. stol. - Žermanice (Lučina), Baška (Baštice), Olešná (Olešná), Morávka (Morávka) a Šance (Ostravice).
- Setření denního kolísání průtoku při jarním tání sněhu.

- Umělé převody vody mezi povodími.
- Urbanizace rozsáhlých oblastí (rozsátání ploch s nepropustným povrchem, budování kanalizačních sítí).



Tvorba povrchového odtoku

- Základní odtok = povrchový odtok udržovaný ze zásob podzemní vody.



- Rychlost vyprazdňování zásob podzemní vody do vodních toků lze vyjádřit pomocí **Darcyho zákona**:

$$u = k (\Delta h / \Delta l)$$

u ... filtrační rychlost, k ... filtrační koeficient (m.d^{-1}), h ... rozdíl výšky hladiny (m), l ... vzdálenost mezi měřícími body ve směru pohybu vody (m).

- Hodnoty filtračního koeficientu pro různé horniny:

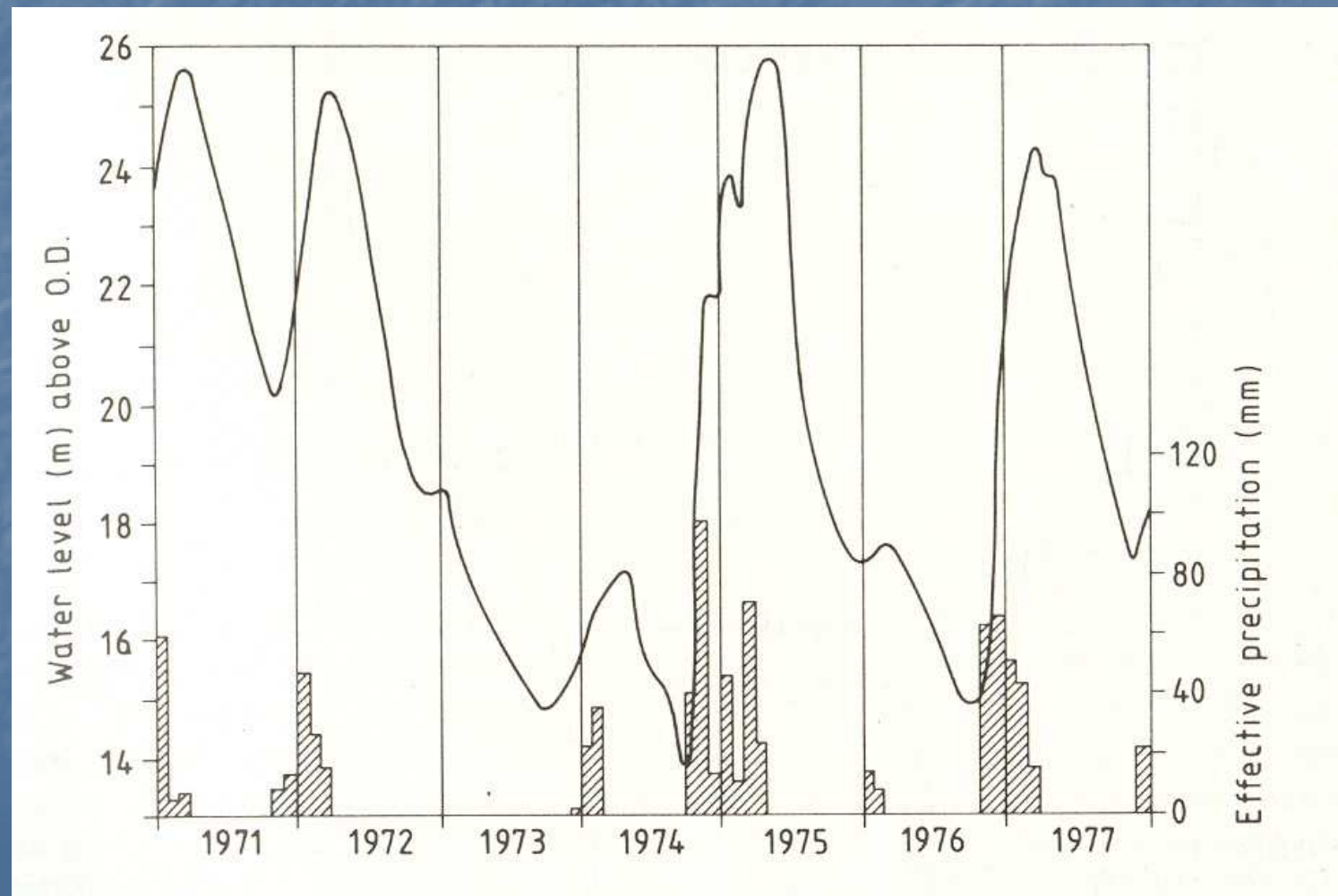
$$\text{jíl} = 0,2 \text{ m.d}^{-1}$$

$$\text{středně hrubý písek} = 2 \text{ m.d}^{-1}$$

$$\text{středně hrubý štěrk} = 270 \text{ m.d}^{-1}$$

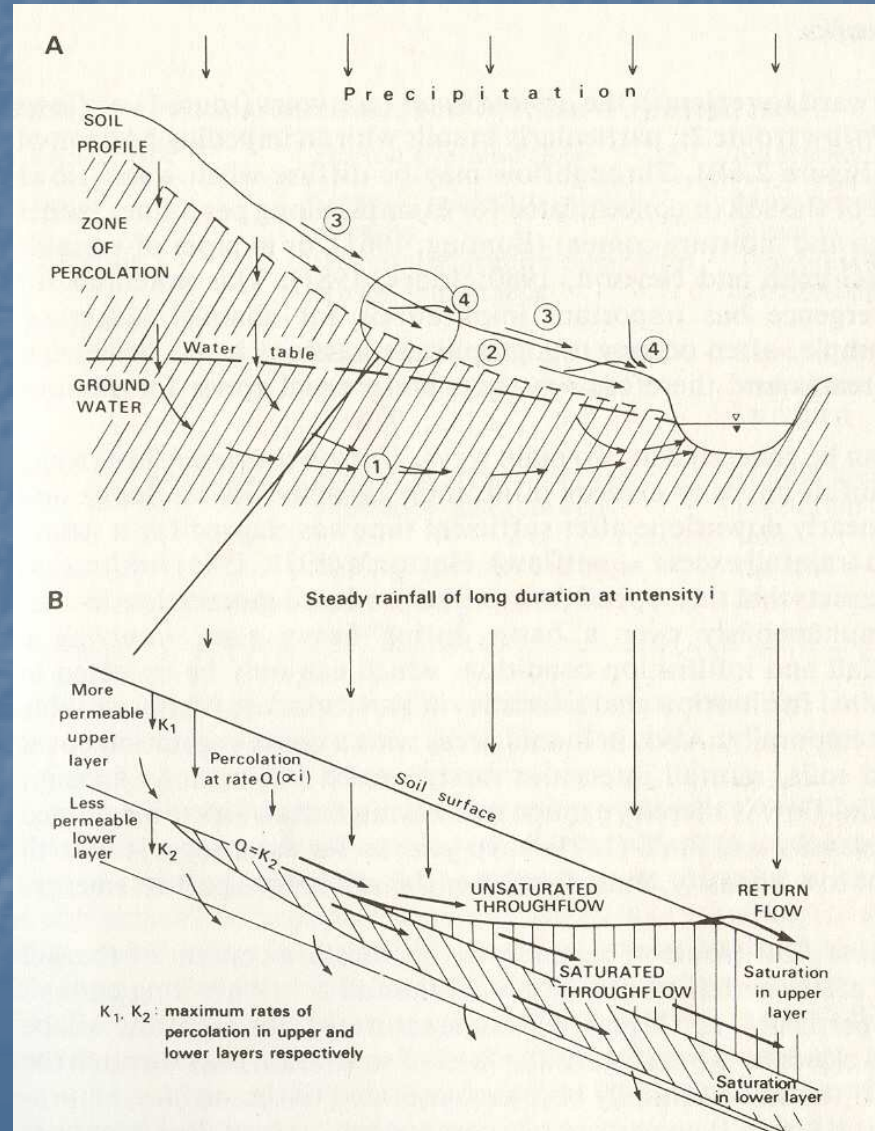
Průběh vyprazdňování zásob podzemní vody do vodních toků

Suché roky 1972/73 a 1975/76,
v roce 1976 vyschlo 60%
koryt potoků a řek v povodí
Soar.



Přímý odtok – cesty pohybu vody do vodního toku

- 1) Podzemní odtok
- 2) Boční odtok půdou
- 3) Hortonovský povrchový odtok
- 4) Povrchový odtok po nasycení půdy

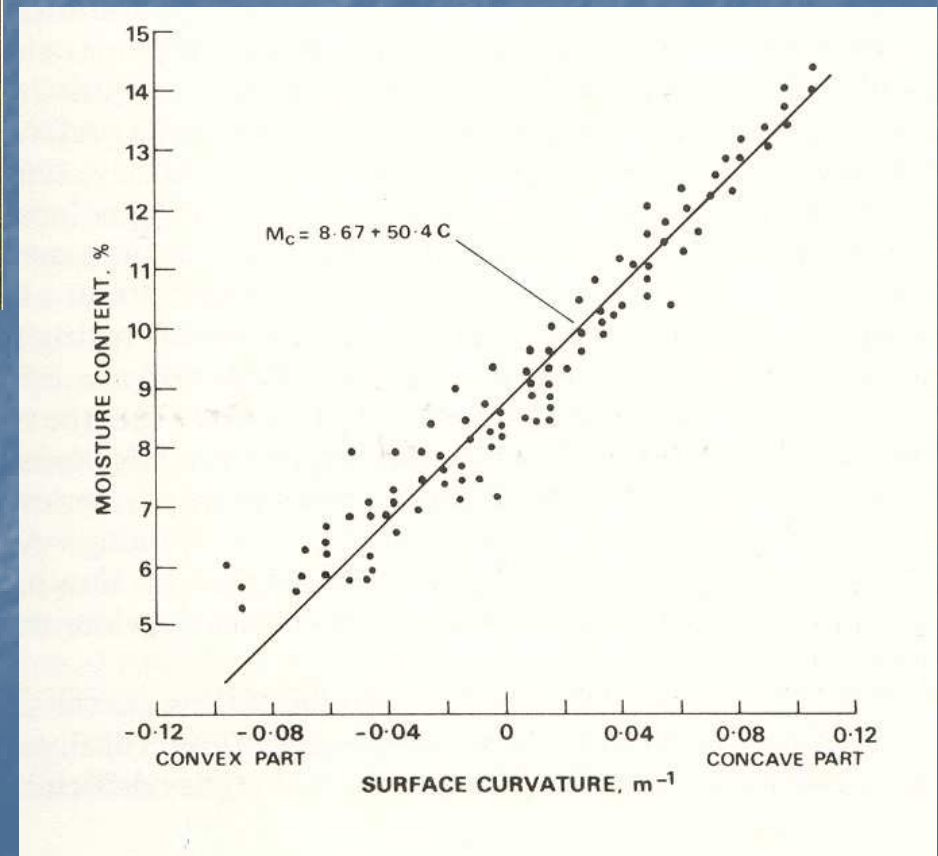


Vznik povrchového odtoku

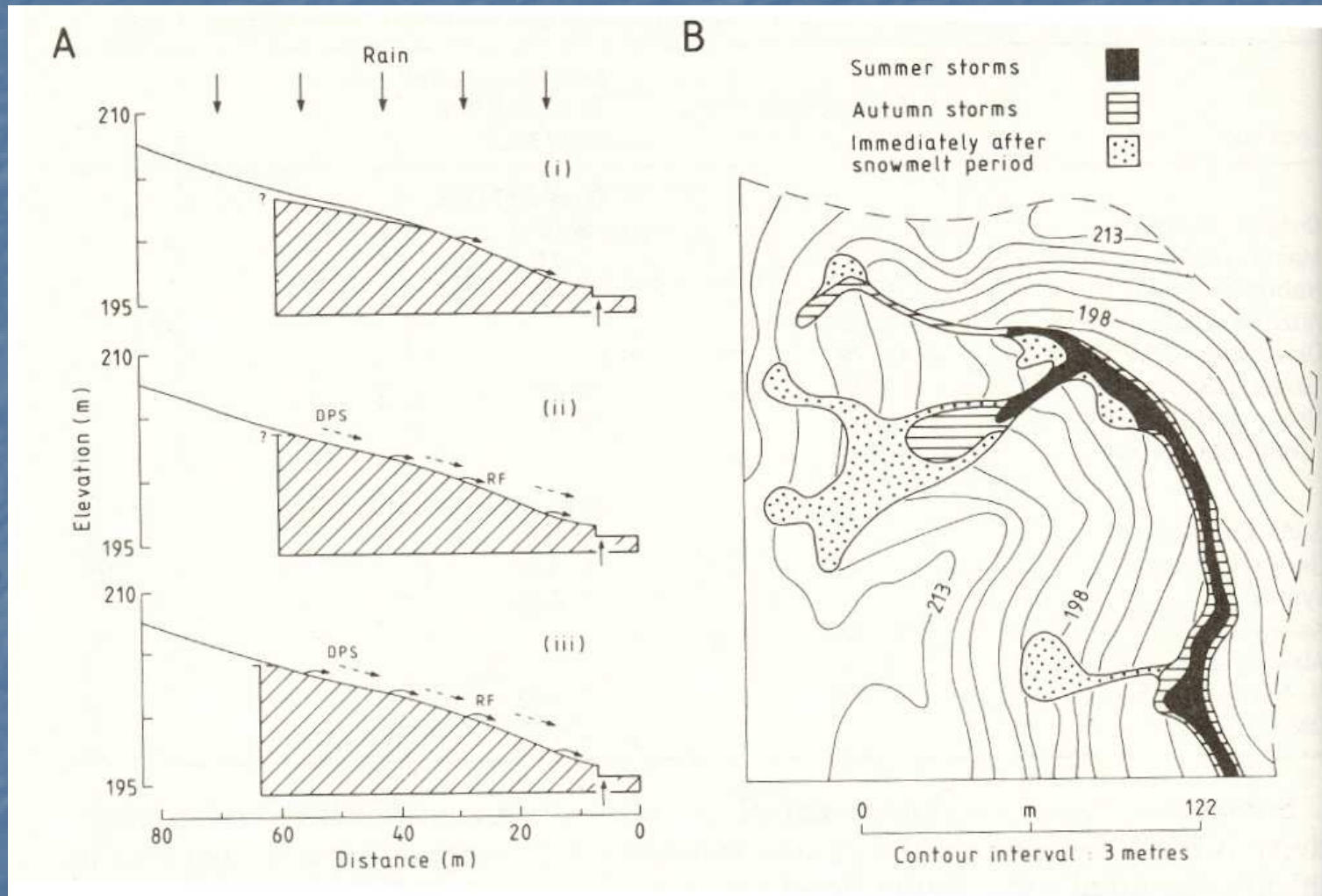
- Povrchový odtok vzniká dvěma způsoby:
 - hortonovský povrchový odtok,
 - povrchový odtok po nasycení půdy.

<i>Charakteristika</i>	<i>Hortonovský povrchový odtok</i>	<i>Povrchový odtok z nasycení půdy</i>
Srážky	Silně závislý na intenzitě srážek	Více závislý na trvání srážek
Infiltrace	Nejdůležitější je infiltrační kapacita povrchu	Více důležitá je propustnost hlubších půdních horizontů
Rozmístění časové prostorové (i) přírodní prostředí (ii) lokálně v povodí	Začne brzy po začátku deště, když je jeho intenzita dostatečně velká Semiaridní oblasti s řídkou vegetací a mělkými půdami Výskyt na celé ploše povodí	Začne pouze pokud je půda nasycena vodou Humidní oblasti s hustou vegetací a dobře vyvinutými půdami Omezen jen na oblasti s vodou nasycenou půdou
Změny po svahu	Lineární nárůst odtoku dolů po svahu	Složitější změny odtoku na svazích

vliv tvaru svahu na obsah vody v půdě

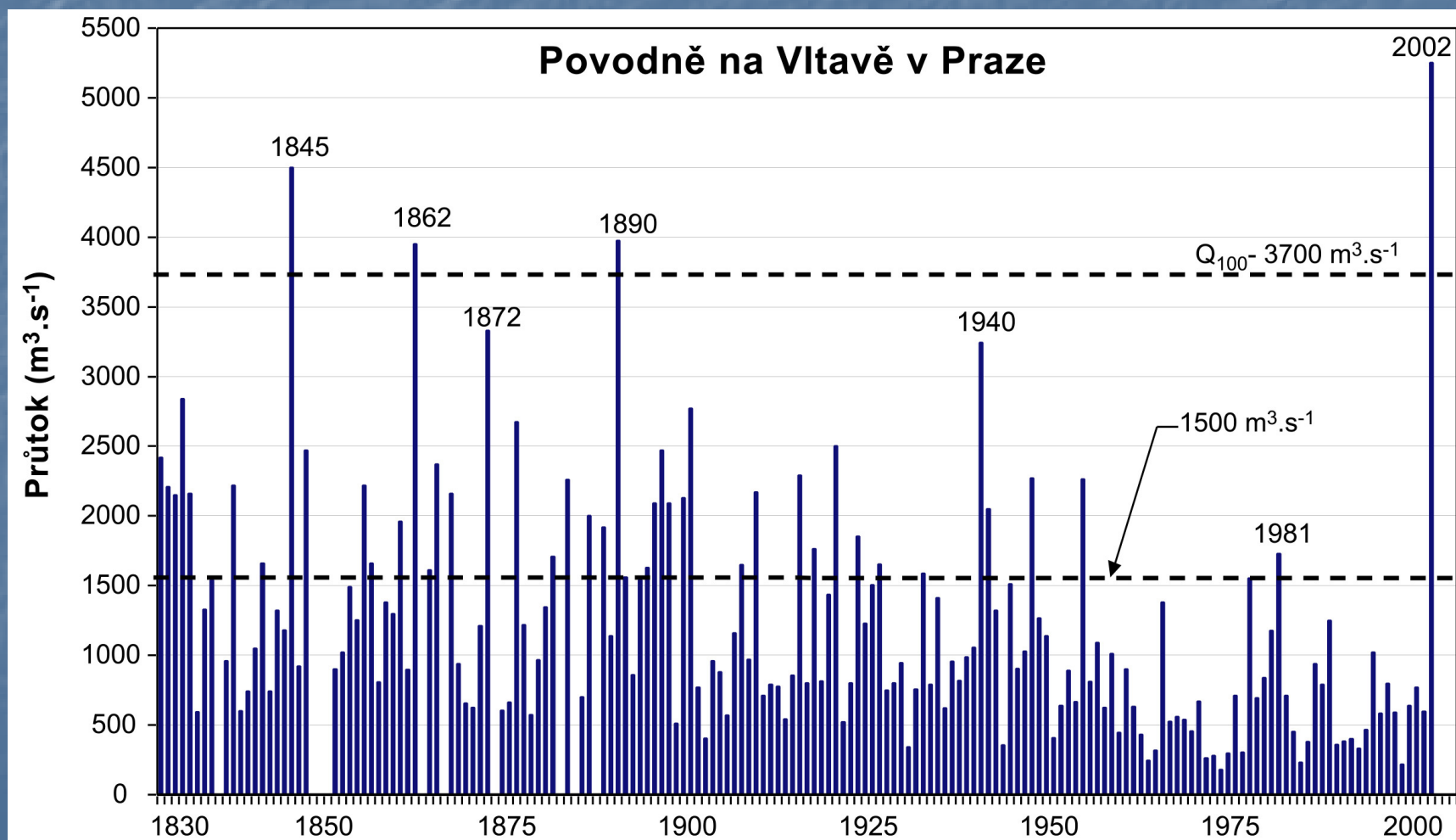


Tvorba povrchového odtoku v malém povodí (povrchový odtok po nasycení půdy)



Extrémní hydrologické události

- N-letý průtok
- Přibližně 20-letá povodeň nastala na Vltavě v Praze v letech 1831, 1847, 1876, 1896 1900, 1954 a 1981 → intervaly 16, 29, 20, 4, 54 a 27 let.



Určení velikosti N-letého průtoku

- Řada maximálních ročních průtoků
- Řada průtoků nad určitým limitem
- „Řada ročního překročení“

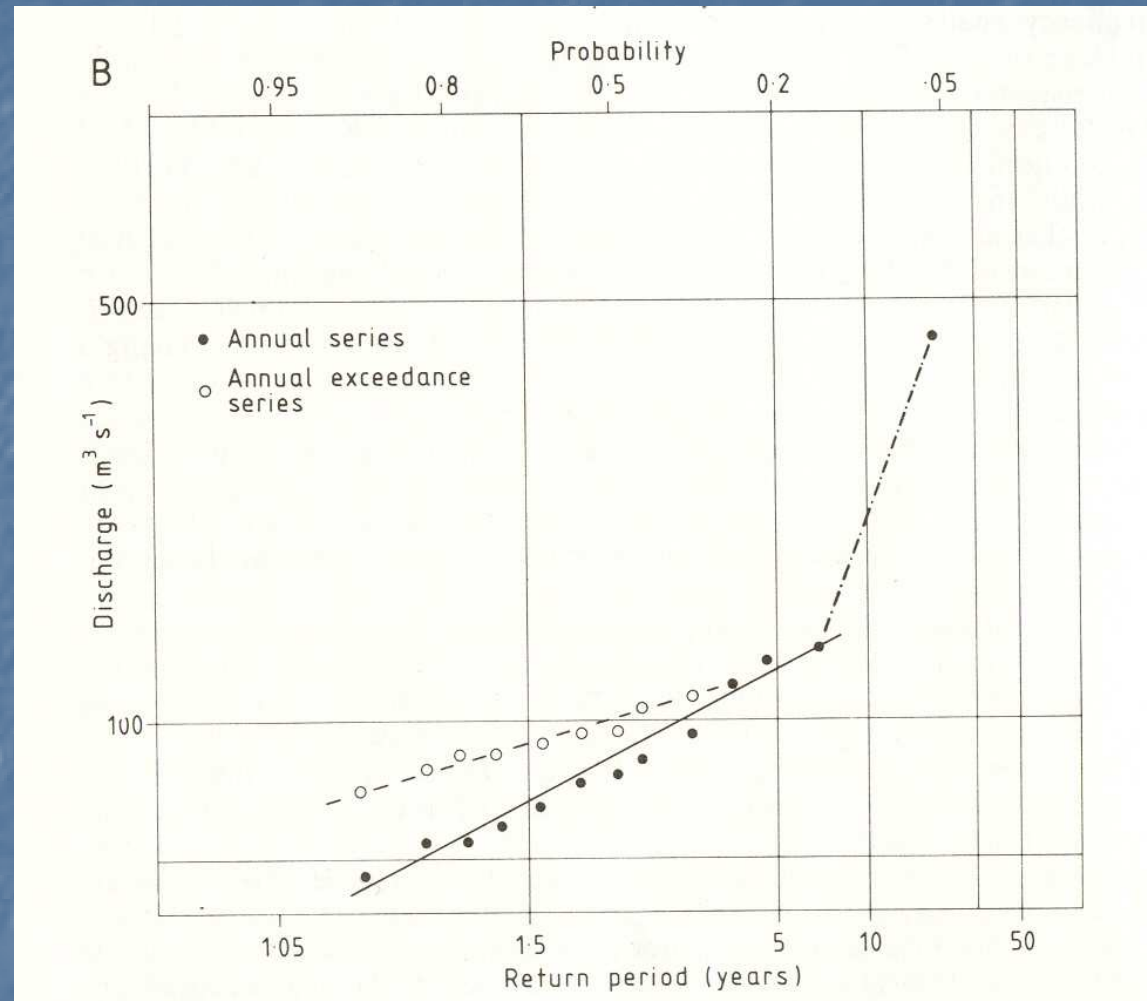
$$P = (r)/(n+1)$$

$$N = 1/P = (n+1)/(r)$$

P ... pravděpodobnost překročení daného průtoku,

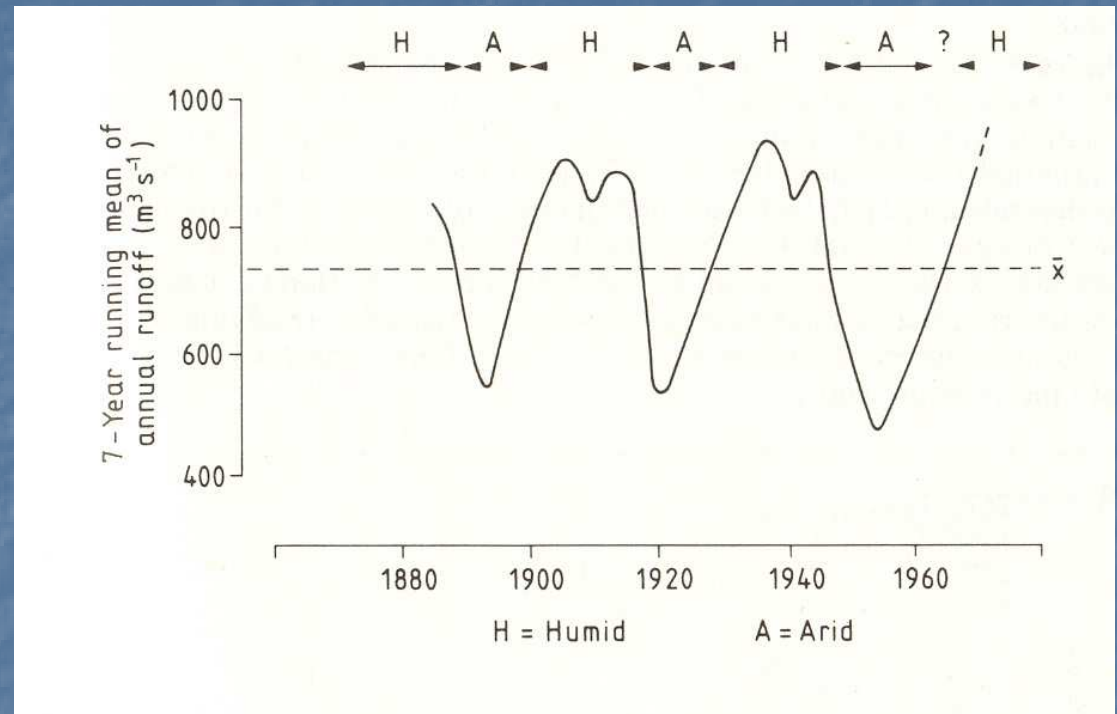
r ... pořadové číslo daného průtoku,

p ... počet prvků řady.



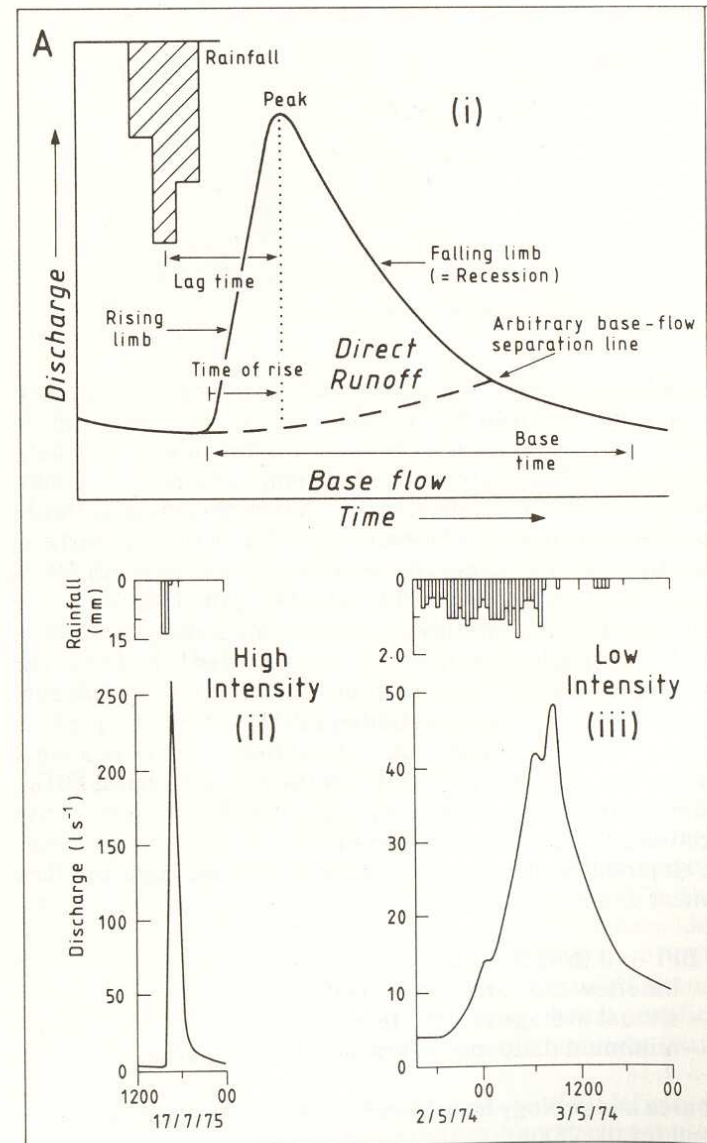
Sucha

- Typy sucha (Thornthwaite, 1947):
 - permanentní (pouště a polopouště)
 - sezónní (střídavě vlhké a suché klima)
 - nahodilé (humidní oblasti)
 - skryté (srážky časté, ale nestačí krýt výpar)
- Suché období = období roku kdy není překročen M-denní průtok Q_{355} .
- Hodnoty minimálních průtoků jsou ovlivněny spíše plochou povodí a geologií.



Povodně

- Plocha a tvar křivky závisí na následujících faktorech:
 - intenzitě a délce trvání deště,
 - velikosti a tvaru povodí a říční sítě,
 - spádu vodních toků,
 - nasycenosti půdy vodou po posledním dešti,
 - antropogenních vlivech (land-use, poloha přehrad).



vliv charakteru srážek

- Vznik povodně = intenzivní přívalové srážky, dlouhodobé vydatné srážky.
- Svět - běžně intenzita 250 mm.h^{-1} , krátkodobě (s trváním do 20 min) až 400 mm.h^{-1} .
- Střední Evropa - extrém vzácnější, denní srážky nad 300 mm zcela mimořádné.
- Povodeň 2002 - 12.8.2002, stanice Cínovec v Krušných horách -- 312 mm; 13.8. 2002, stanice Knajpa v Jizerských horách -- 278 mm.
- Český rekord - 29.7.1897, stanice Nová Louka v Jizerských horách -- 345,1 mm.
- Rekord pro Moravu a české Slezsko - 9.7.1903, stanice Nová Červená voda na Jesenicku -- 240,2 mm; červenec 1997 – povodeň na Moravě: 6.7.1997, stanice Lysá hora v Moravskoslezských Beskydech – „jen“ 233,8 mm.

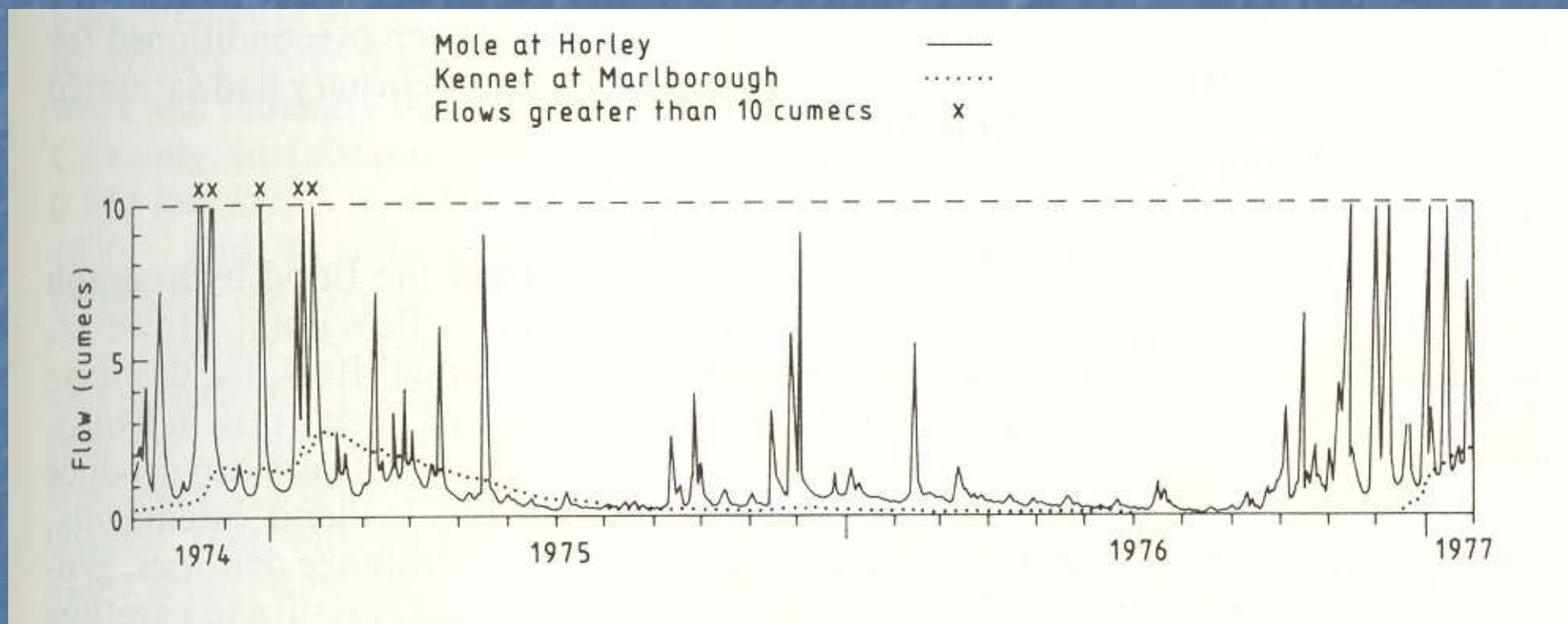
vliv charakteru povodí

- Faktory ovlivňující průchod povodňové vlny povodím:
 - tvar povodí, hustota údolní sítě
 - relativní převýšení povodí
 - propustnost hornin
 - typ a hustota vegetačního krytu
- **Hory:** strmé údolní svahy + velký spád koryt + vysoká hustota říční sítě = rychlý nástup povodně, často **bleskové povodně**, rychlý návrat na úroveň základního odtoku.
- **Nížiny:** menší spád koryt, zplošťování povodňové vlny v důsledku rozlivu vody do údolní nivy, svahy jsou od koryta odděleny úpatními (koluviálními) a říčními sedimenty.

vliv geologie na hodnoty extrémních průtoků

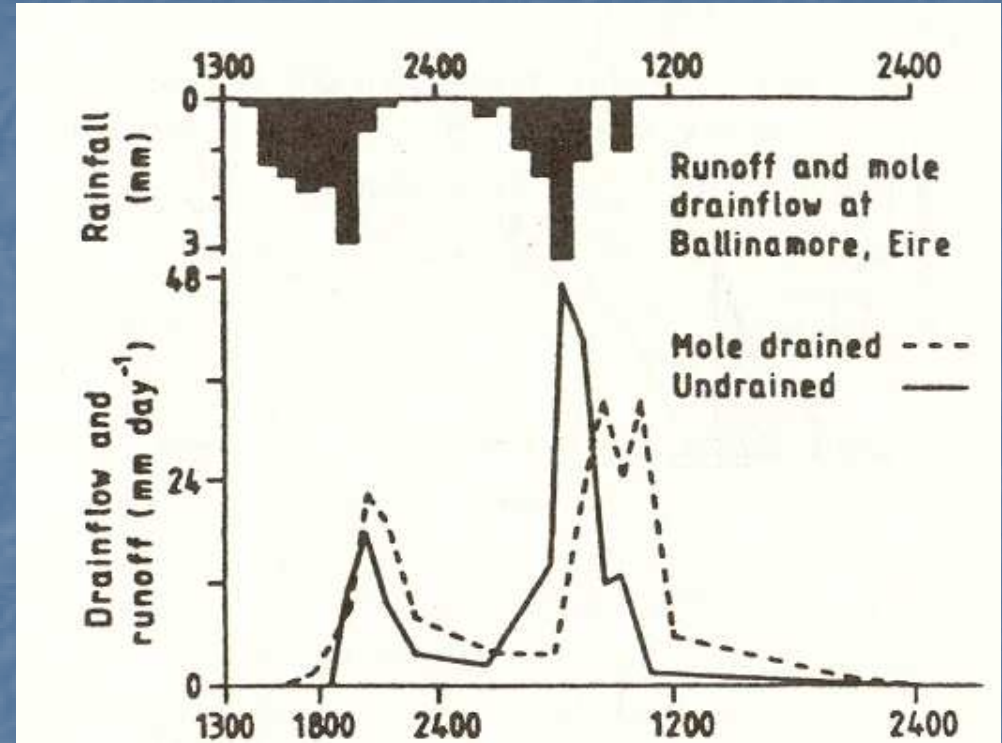
Mole = povodí na nepropustném podloží.

Kennet = povodí na propustném podloží.

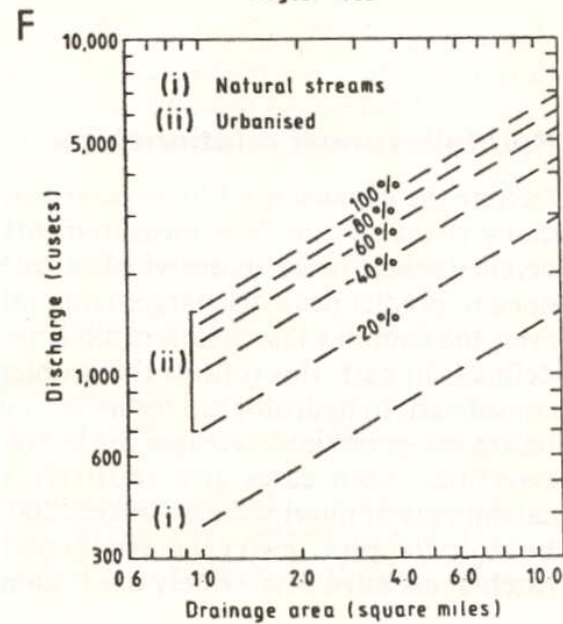
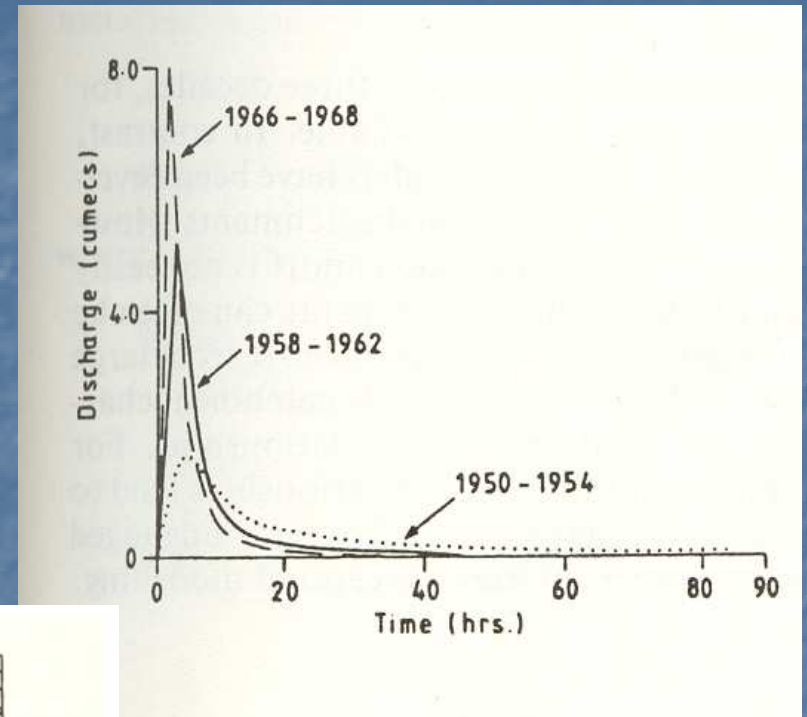
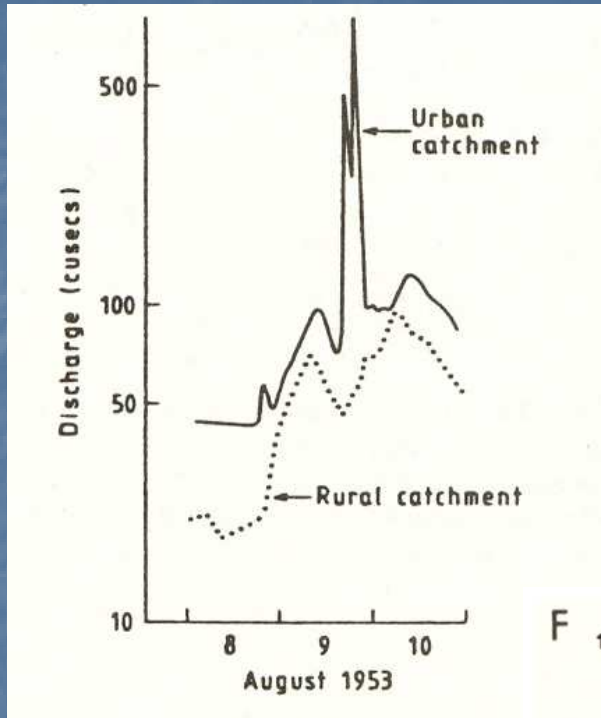


vliv člověka

- Antropogenní ovlivnění:
 - obsahu půdní vody,
 - výšky hladiny podzemní vody.
- Např. *odvodňovací příkopy* = umělé zvýšení hustoty říční sítě a urychlení povrchového odtoku, *podzemní drenáže* = odvodnění půdy a zvýšení její retenční schopnosti.



vliv člověka



Srážko-odtokové vztahy

- Nedostatek limnigrafických stanic, dostatek srážkoměrných stanic – srážky slouží k výpočtu očekávaného kulminačního průtoku povodně.
- Přístupy k výpočtu kulminačních průtoků:
 - empirické modelování,
 - teoretické modelování.

- Empirické modelování

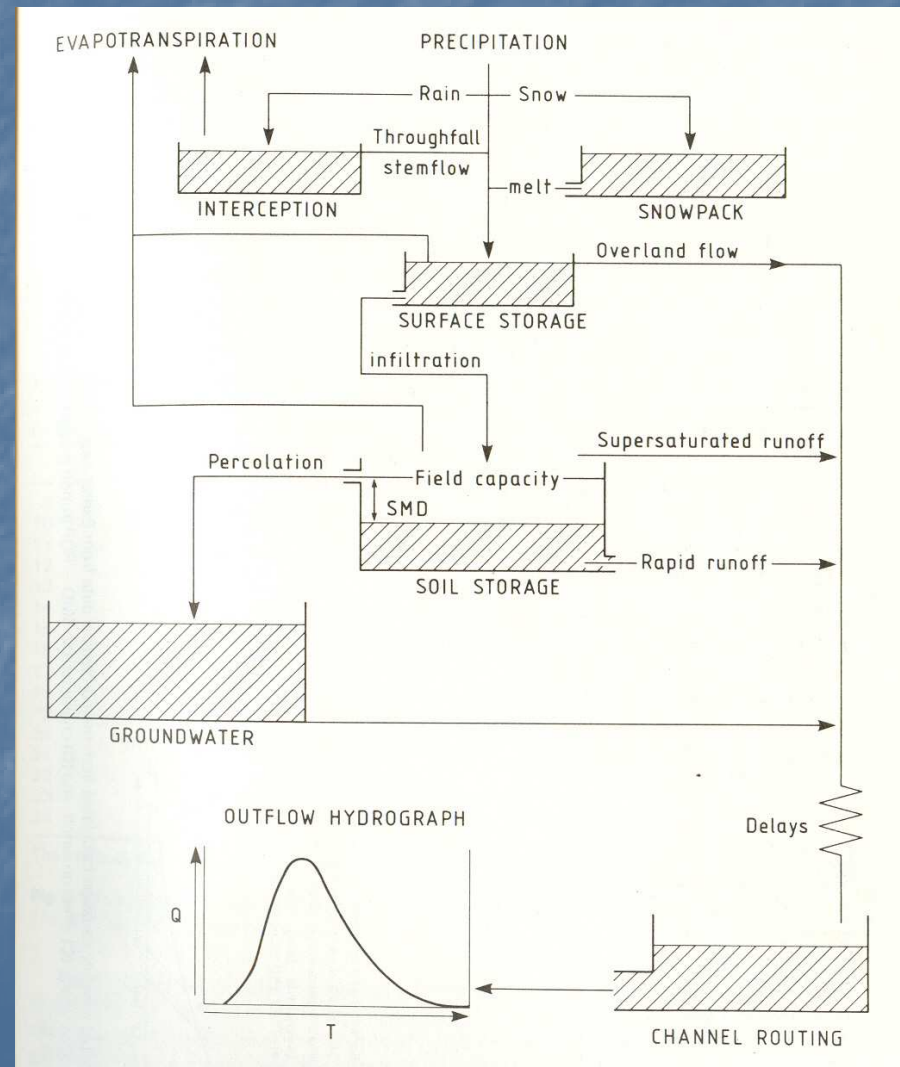
Čas koncentrace (T_c) = doba za kterou odteče voda z nejvzdálenějšího konce povodí až k jeho ústí.

$$Q_k = cAi$$

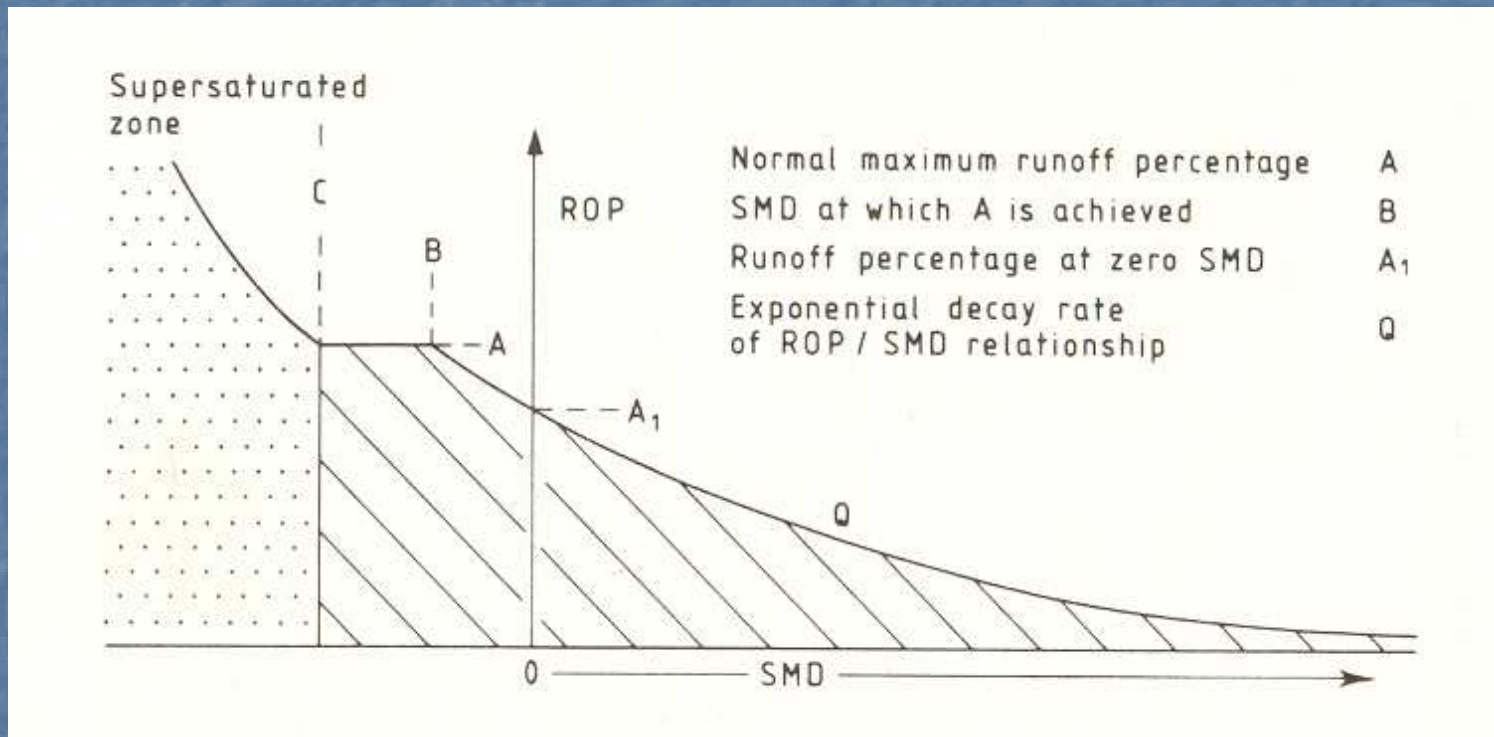
Q_k ... kulminační průtok, c ... podíl srážkové vody, která odteče jako povrchový odtok, A ... plocha povodí, i ... průměrná intenzita deště v čase T_c

- Teoretické modelování

- Vznik povodně je ovlivňován příliš mnoha dynamickými faktory, které nelze v terénu měřit.
- General catchment model



- Kritickým bodem modelu je **zásoba půdní vody**.
- Deficit půdní vláhy (DPV): množství vody vyjádřené v mm, které je nutné pro obnovení tzv. **polní vodní kapacity** půdy, tj. maxima vody které půda může pojmout při působení gravitace.



Transformace povodňové vlny vlastnostmi koryta a údolní sítě

- Ovlivňující faktory: a. spád, b. šířka údolního dna.
- Úzká údolí s velkým spádem – rychlý průchod a malá transformace povodňové vlny; široká údolní niva s malým spádem – zplošťování povodňové vlny.

