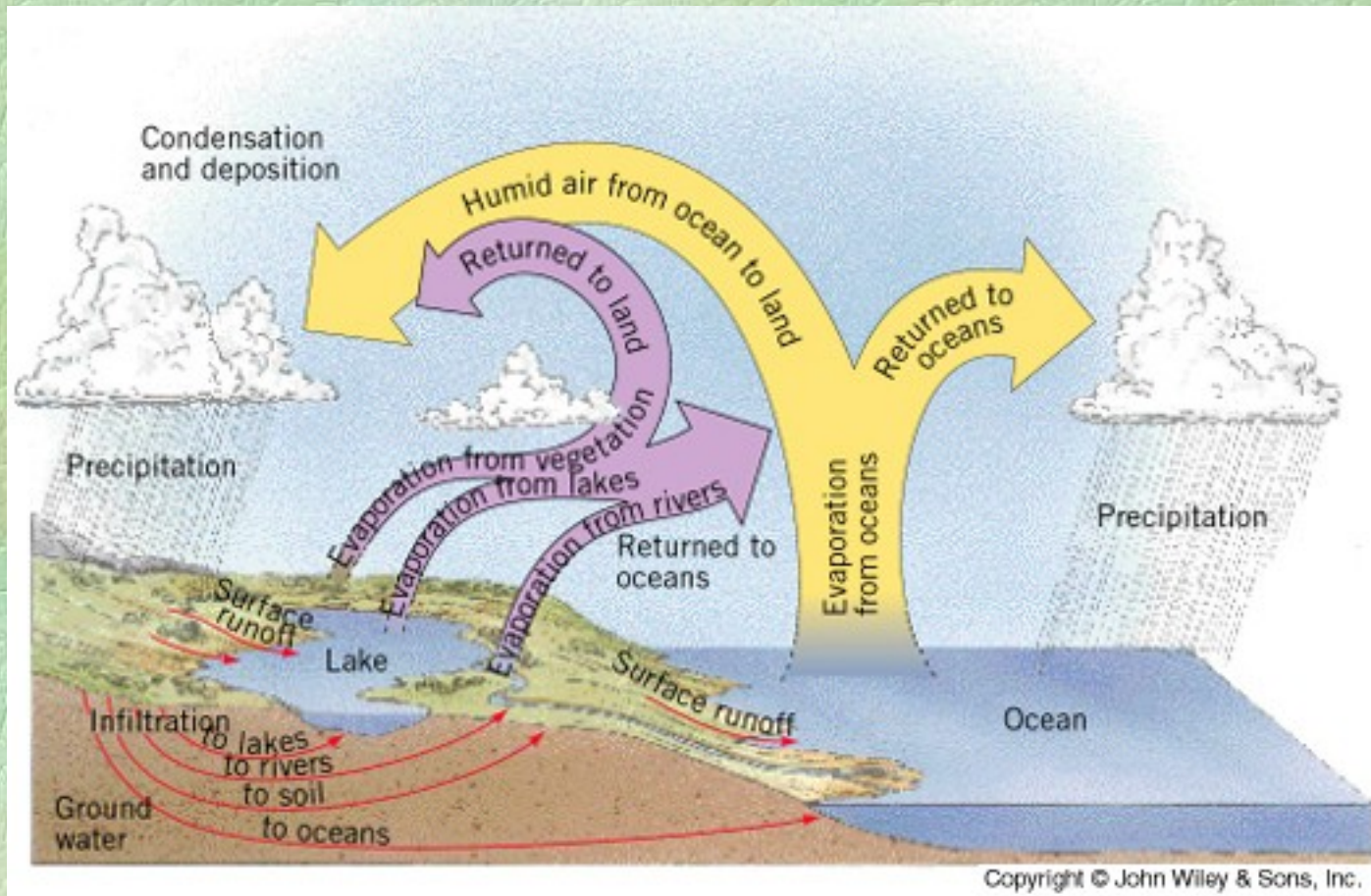
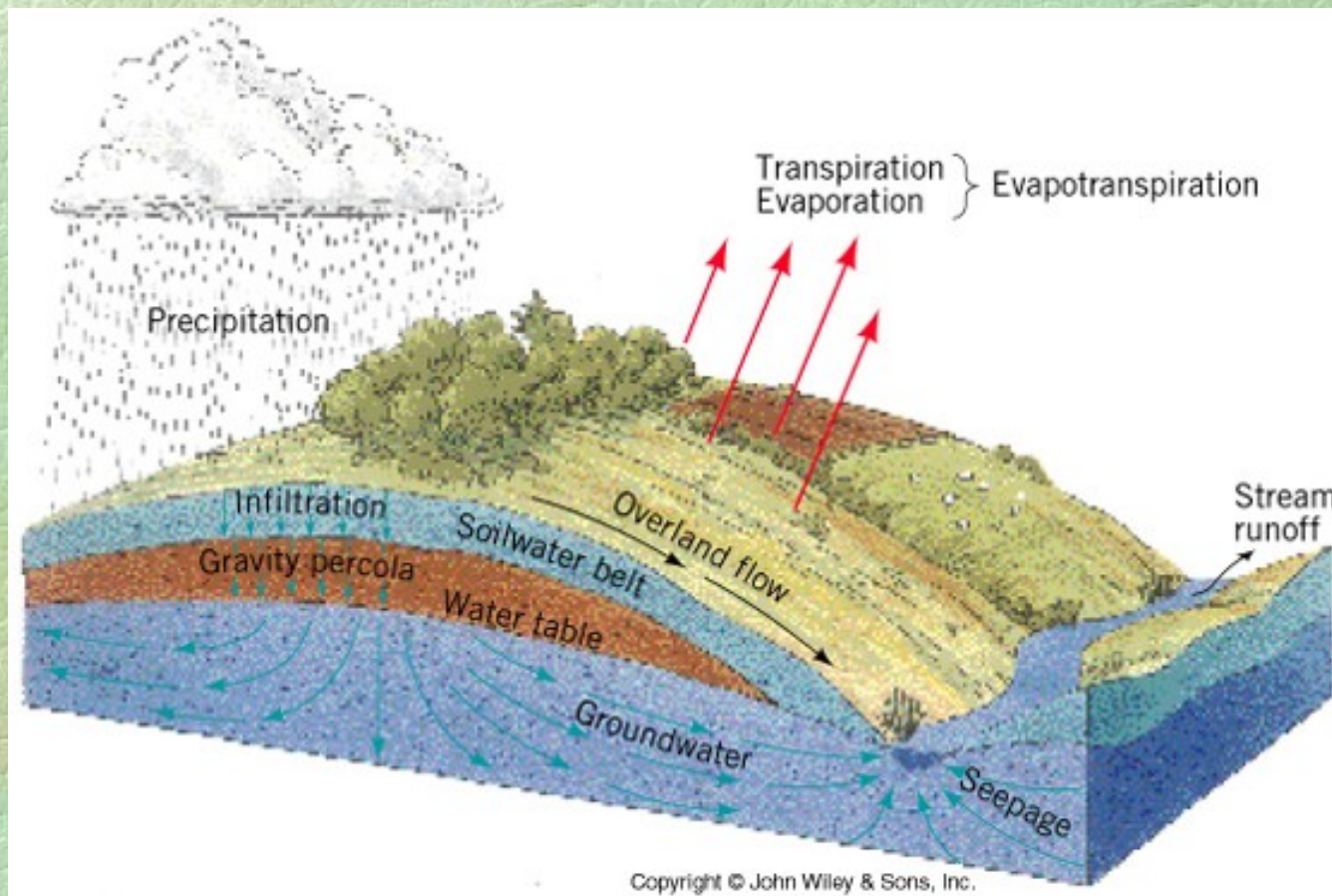


14. Sladká voda na kontinentech

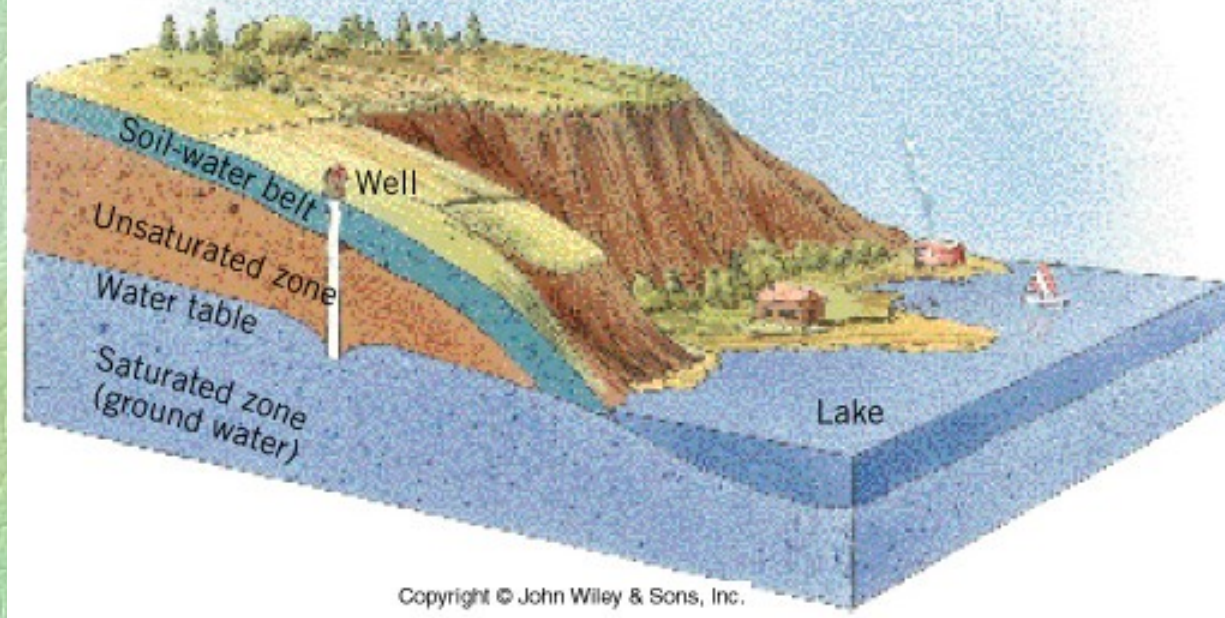


- povrchová a podpovrchová voda tvoří jen malou část zásob vody v hydrosféře
- oběh vody: výpar z oceánů a pevniny → srážky → část srážek se vrací do atmosféry výparem z půdy, část odtéká z pevniny povrchovým nebo podzemním odtokem
- **hydrologie** – komplexní studium vody na Zemi, tj. systému povrchových a podpovrchových vod
- srážky vypadávající na povrch se dostávají do půdy **infiltrací**, tj. působením gravitace pronikají mezerami mezi půdními částicemi (pukliny, otvory po živočišných, prostory po ledových krystalcích atd.)
- voda, která se dostane do půdy je půdní voda a vytváří zvodnělou vrstvu (soil water belt) – voda z této vrstvy se může dostat na povrch nebo do atmosféry **evapotranspirací** (výpar + transpirace)



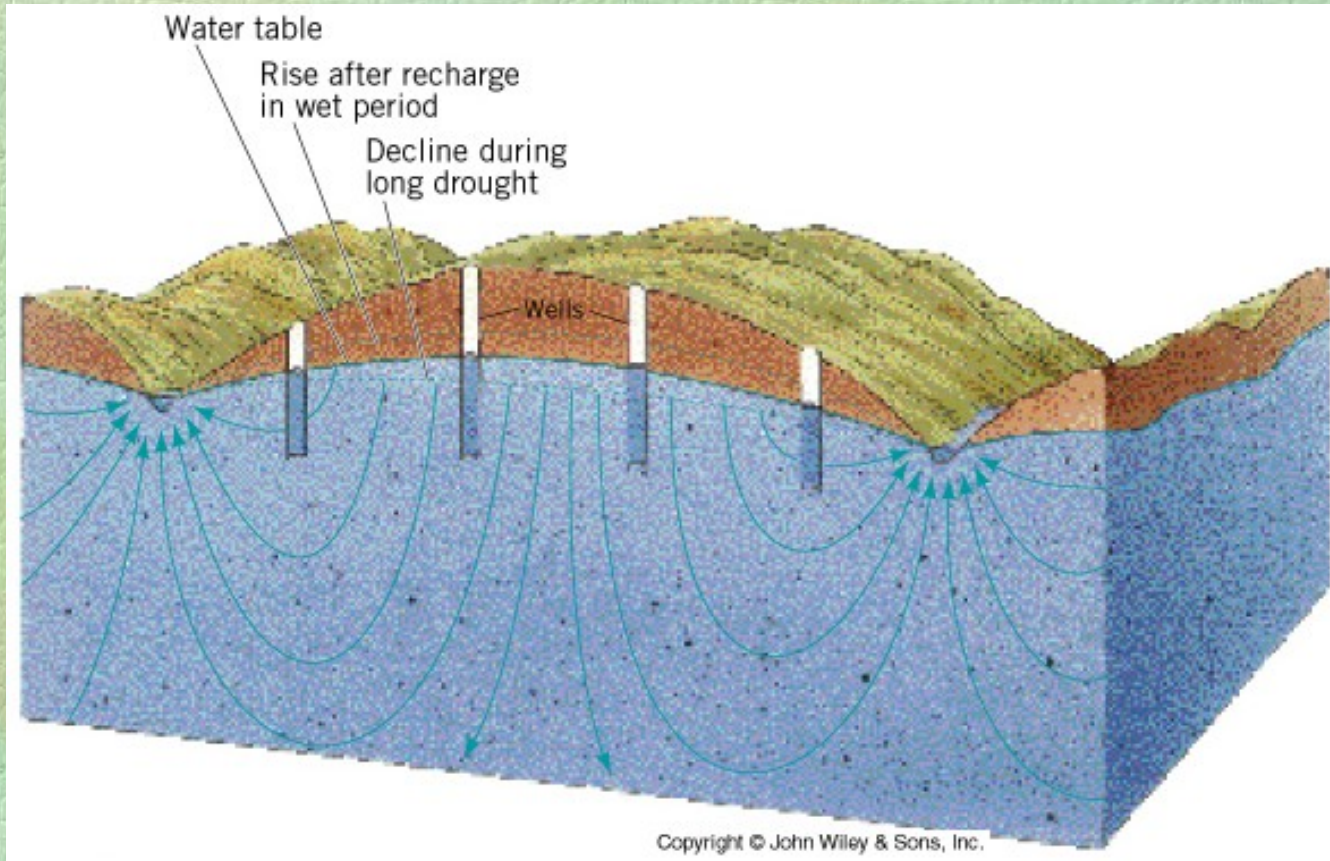
- pokud se voda nestačí vsakovat (intenzivní déšť nebo půda je nasycena), vzniká na povrchu **plošný odtok – ron** → **ronové rýhy** → **erozní rýhy**
- při odtoku dochází k odnosu částic a rozpustných látek a vytváření toků a řek – modelační činitel v krajině

14.1 Podzemní voda

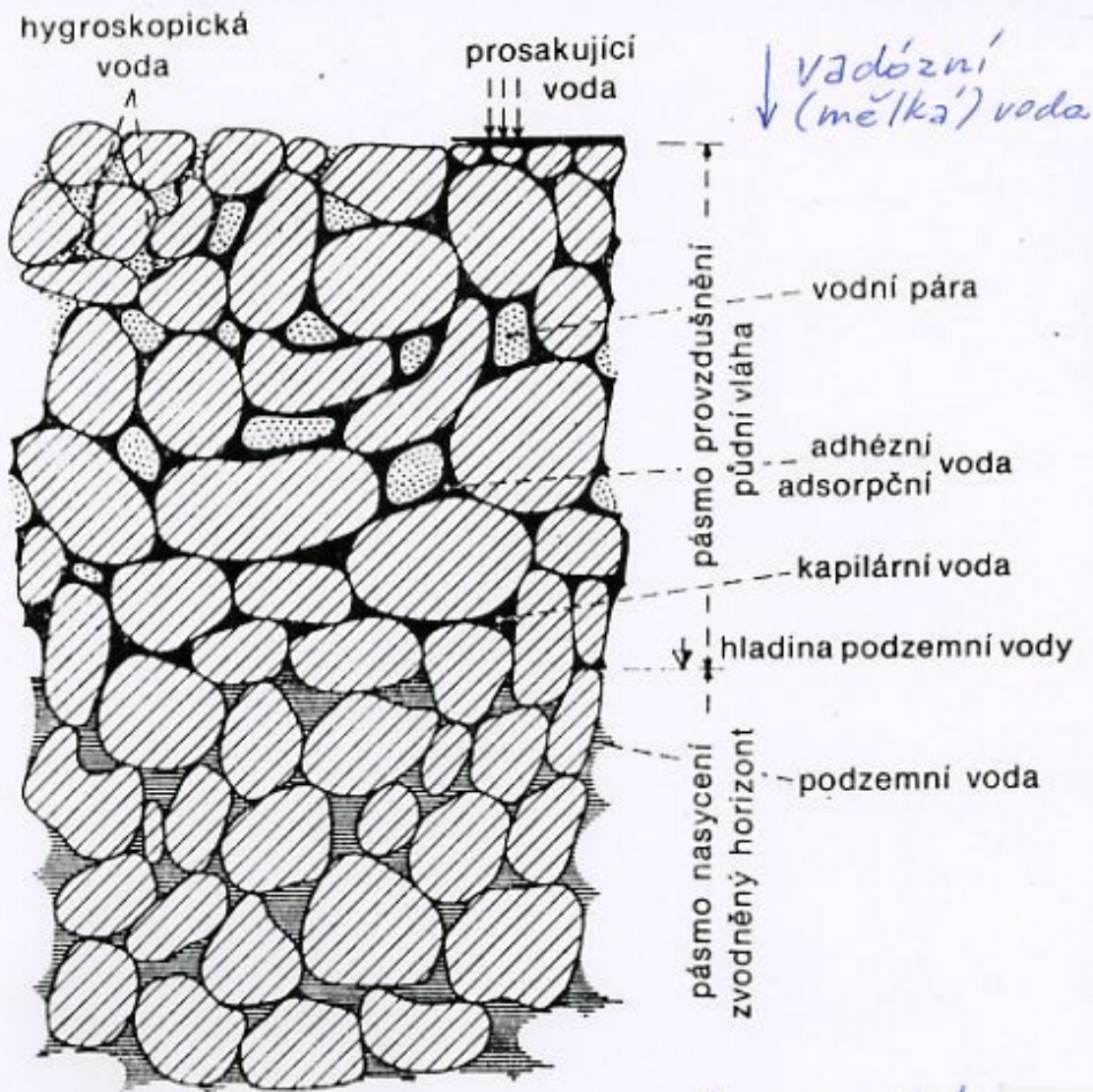


- voda proniká díky gravitaci do podloží
- **podzemní voda** – část podpovrchové vody, která vyplňuje **zónu saturace (pásmo nasycení)**
- **hladina podzemní vody** odděluje zónu saturace od svrchní vrstvy, kde póry nejsou plně vyplněny vodou – **pásmo provzdušnění (zóna aerace)** – voda se zde drží díky kapilárnímu napětí (tenký film vody na povrchu minerálů) – **kapilární voda**
- různé dráhy pronikání vody do hloubky a do toků

14.1.1 Hladina podzemní vody



- **hladina podzemní vody** sahá nejvýše pod vrcholy vyvýšenin a rozvodí (souvisí se vsakováním) a klesá směrem k údolím, kde odpovídá úrovni řek, jezer nebo bažin (prosakování)
- při srážkách roste hladina vody pod vrcholy vyvýšenin a rozvodí, v období sucha zase klesá



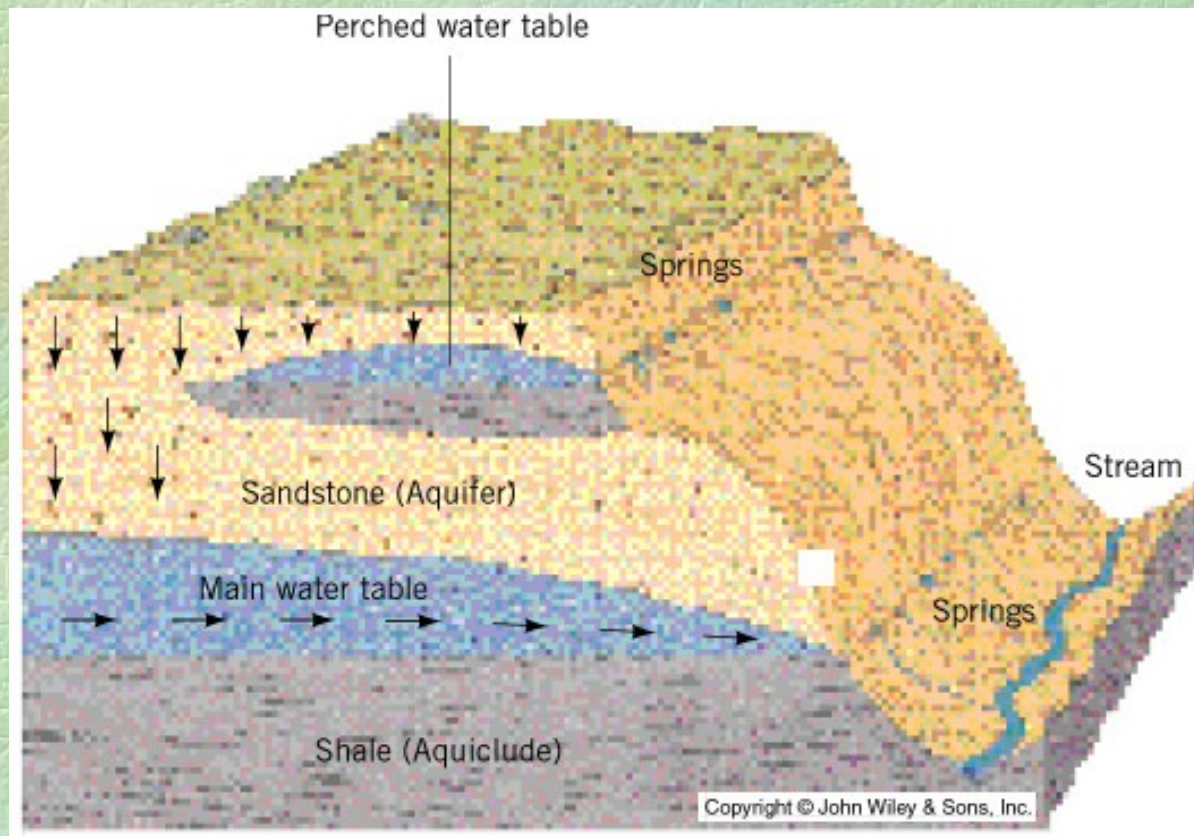
Rozložení druhů
podpovrchové vody v hor-
nině.

Adsorpční voda –
nesouvislé nebo
souvislé blanky na
povrchu zrn nebo
puklin, vázané
přitažlivou silou

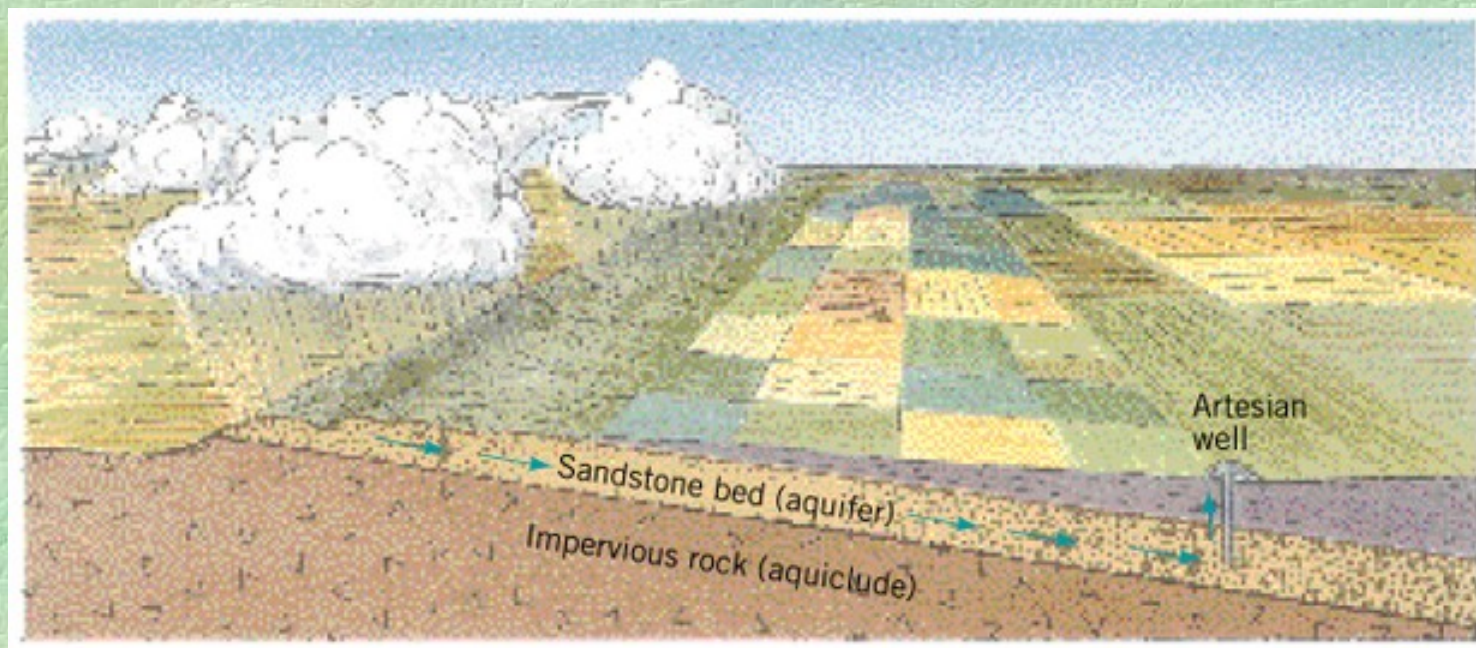
Kapilární voda –
zaplňuje póry menší
než 1 mm a pukliny
menší než 0,25 mm,
poutané k povrchu
kapilární silou

14.1.2 Zvodnělé vrstvy

- sedimentární vrstvy výrazně ovlivňují ukládání a pohyb podzemní vody
- **zvodnělá vrstva (zvodněň)** – vrstva písku nebo pískovce, obsahující volně protékající podzemní vodu
- nepropustná vrstva – podloží jílu nebo břidlic obsahují málo volné vody
- čočkovité břidlice vytváří zavěšené vodní těleso



- je-li propustná vrstva mezi dvěma nepropustnými, je voda v propustné vrstvě pod tlakem a při navrtání nadložní vrstvy vystřikuje nad povrch – **artéská voda (studna)**

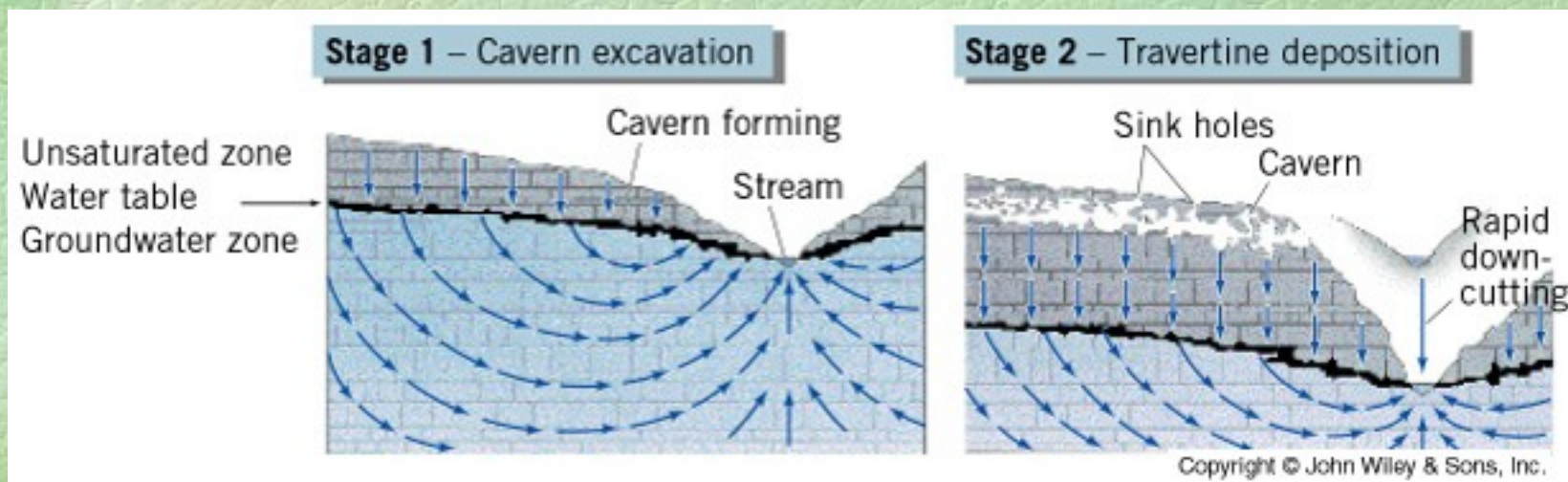


14.2 Rozpouštění vápence podzemní vodou

- pomalý tok podzemní vody v zóně saturace může rozpouštět vápenec za vzniku podzemních jeskyň, nad nimiž se může povrch propadnout

14.2.1 Vápencové jeskyně

- propojené podzemní prostory v podloží vytvořené působením cirkulující podzemní vody na vápenec



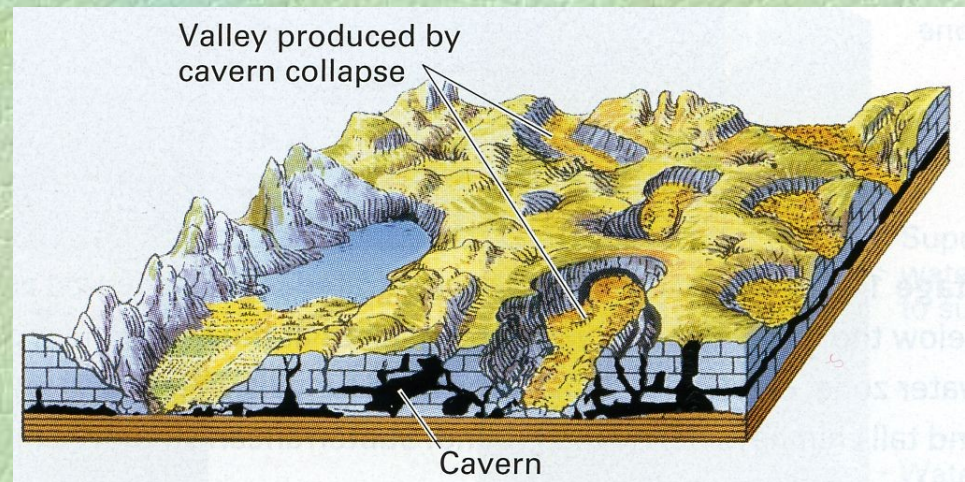
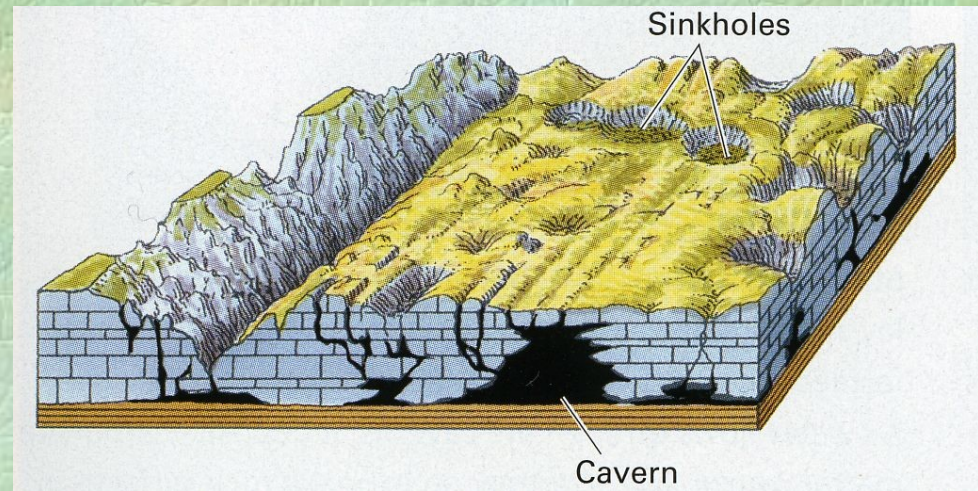
- vývoj jeskyní: hornina reaguje se směsí CO_2 a vody (vznik slabé kys. uhličitě) – vzniklý hydrogenuhličitan vápenatý se rozpouští ve vodě – kyselina uhličitá je zvláště koncentrovaná v zóně saturace pod hladinou podzemní vody – vznikají tunely, otevřené komory, velké komíny, protékané vodou – prohloubení toků – snížení hladiny podzemní vody – jeskynní systém nyní nad zónou saturace – ukládání uhličitánů (travertin) – stalaktity, stalagmity, stalagnáty, sloupy, sintrové záclony, terasy



Balcarka – Moravský kras

14.2.2 Krasové krajiny

- v oblasti vápenců vznikají unikátní krajinné tvary, pojmenované podle Dalmácie v Chorvatsku jako **kras**
- **karbobátový kras** (vápence a dolomity), **solný kras** (chloridy), **síranový kras** (sádrovec)
- **závrt** – povrchová deprese v oblasti vápencových jeskyň, může být vyplněna erodovaným materiálem z okolních svahů
- **tvorba krasové krajiny** – četné tunelovité závrtů, později propad jeskyní, krasové kaňony





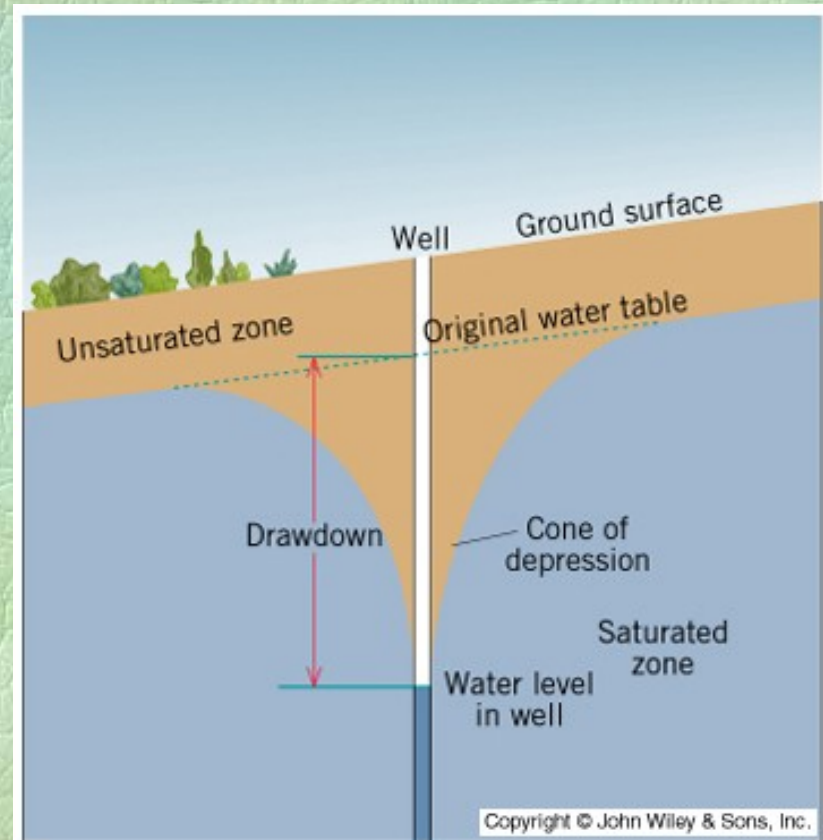
Blažkův závrť – Ostrov u Macochy

14.3 Problémy managementu podzemní vody

- rostoucí potřeba podzemní vody: růst počtu městského obyvatelstva a rozvoj ekonomických aktivit, zavlažování ze studní

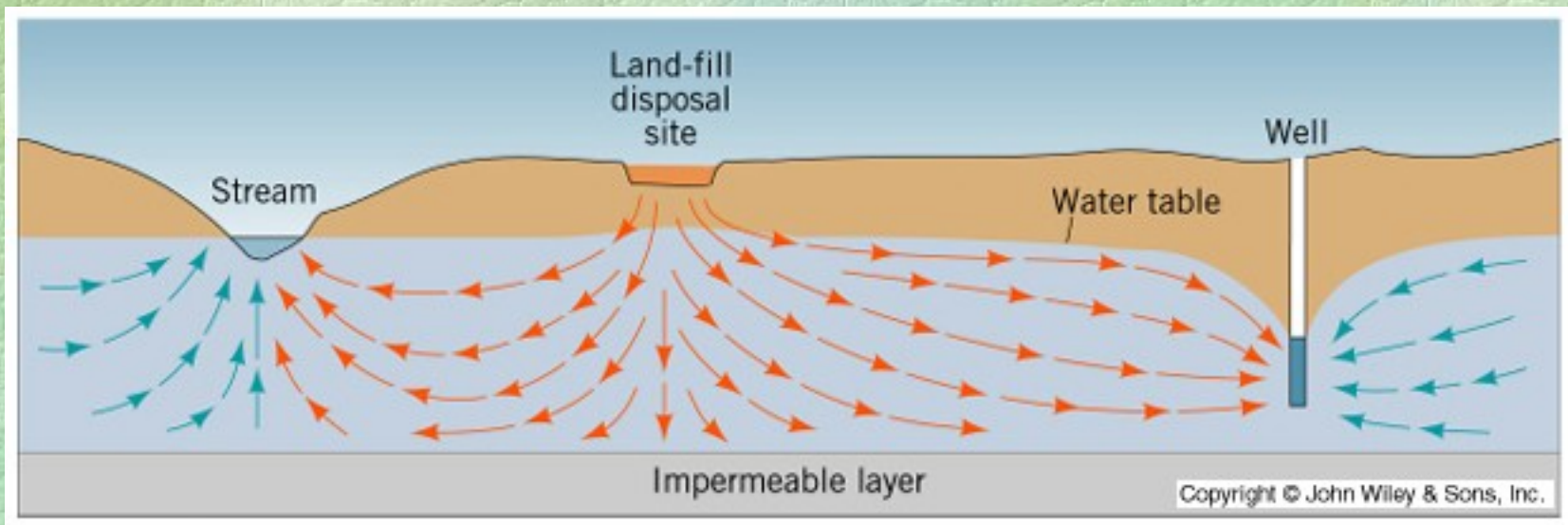
14.3.1 Pokles hladiny podzemní vody

- čerpání podzemní vody ze studní vede ke vzniku **depresního kužele**, který může sahat až 16 km od studny
- hloubka depresního kužele – rozdíl ve výšce mezi vrcholem kužele a původní úrovní podzemní vody
- při více intenzívně využívaných studních pokles hladiny podzemní vody, která nestačí být doplňována
- vedlejším produktem intenzivního čerpání podzemní vody je pokles povrchu (čerpání vody z podložních sedimentů)



14.3.2 Kontaminace podzemní vody

- znečištění látkami, které infiltrují půdou a dosahují podzemní vody – pevné a kapalné odpady
- škodlivé látky jsou často srážkovou vodou vymývány ze skládek a znečistí podzemní vodu i řeky



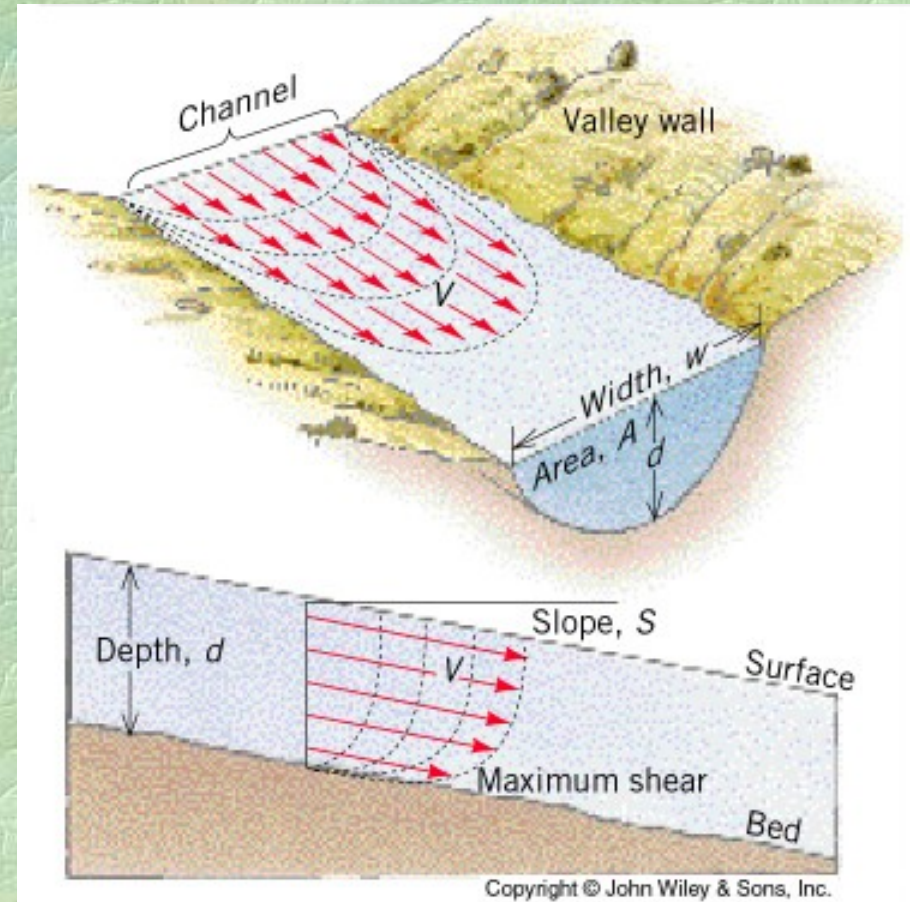
- u studní na pobřeží je nebezpečné znečištění slanou vodou

14.4 Povrchová voda

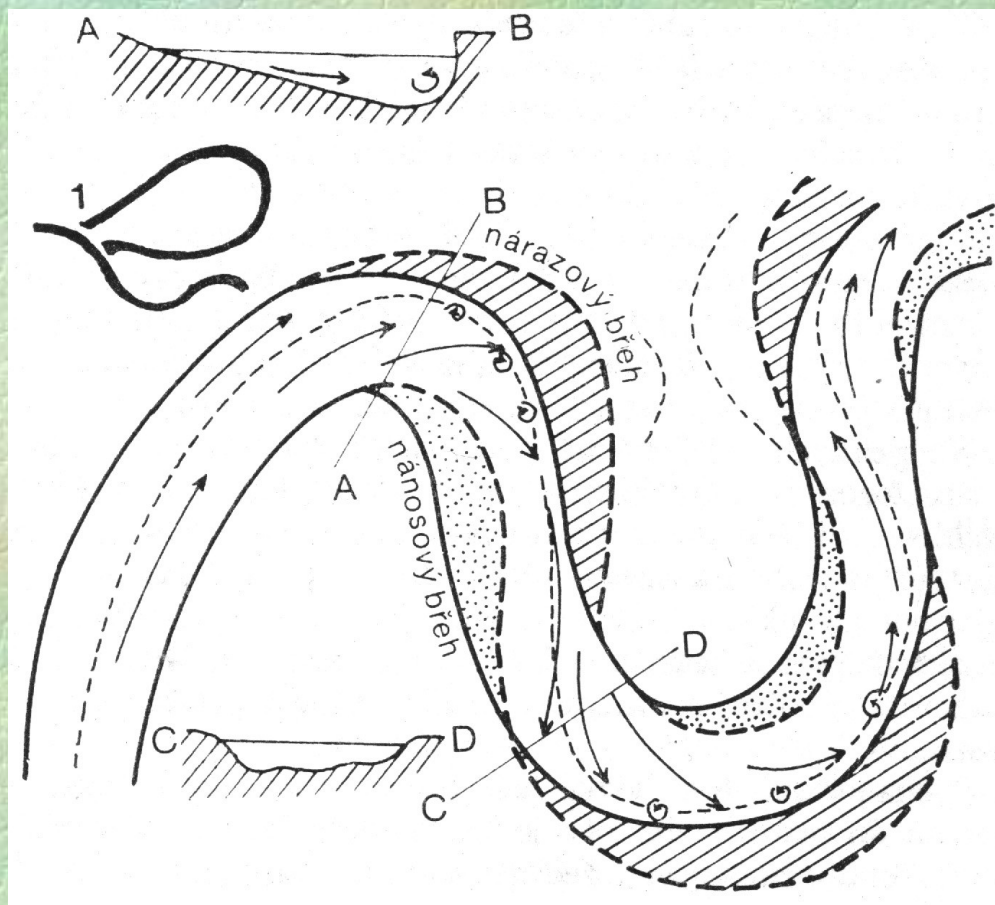
14.4.1 Povrchový odtok

- **povrchový odtok** vytváří různé formy:
 - a) souvislá tenká vrstva (film) po hladkém povrchu půdy nebo hornin – **plošný odtok (ron)**
 - b) hrubý nebo důlkovitý povrch – podoba řady malých potůčků (**ronové rýhy**), spojující jednu rýhu s druhou do **erozních rýh**
 - c) zatravněný povrch – povrchový odtok je rozdělen do nesčetných malých proudů, tekoucích kolem stonků
 - d) zalesněné svahy – omezení odtoku v důsledku **intercepce** srážek
- povrchový odtok přechází do vodních toků – dlouhé, úzké tvary vyplněné tekoucí vodou, pohybující se ve směru sklonu v důsledku gravitace

- **koryto toku** – úzká brázda, obsahující tekoucí vodu, unášející **splaveniny** (pevné částice minerálních a organických látek), které se dělí na:
 - a) plaveniny** – vznášející se jemné, různě velké části převážně minerálního původu, pocházející z povodí nebo vlastního řečiště
 - b) dnové splaveniny** – pevné částice pohybující se převážně v kontaktu s dnem koryta válením, sunutím a poskakováním
- protože voda při dně unáší dnové splaveniny a překonává odpor dna – pomalejší pohyb vody (nejrychlejší ve střední části profilu)



- pokud tok zahýbá, je největší rychlost při vnější straně oblouku – vznik **meandrů**



- pohyb vody ovlivněn **turbulencí** – systémem vírů, které stále vznikají a zanikají



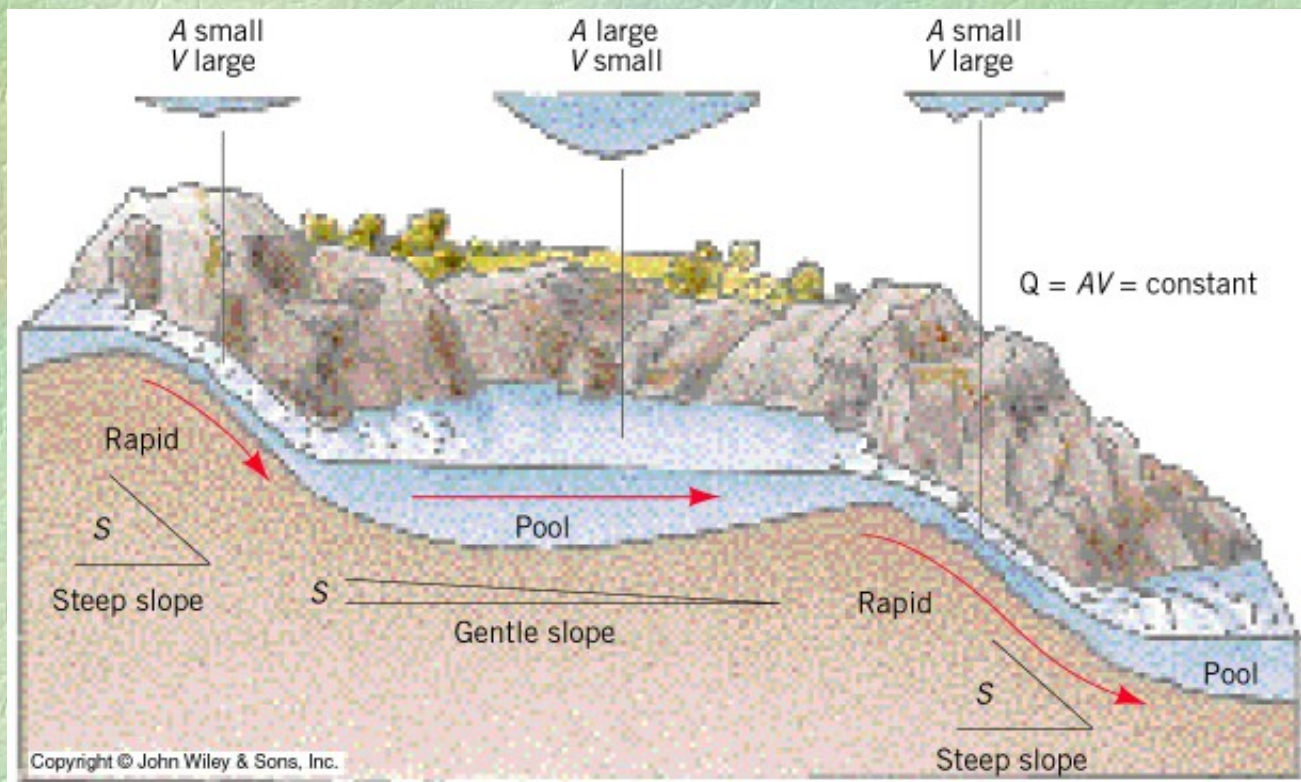
a

Meandry řeky Moravy ve Strážnickém Pomoraví – lokalita Osypané břehy – situace v roce 2003 (v roce 2006 protržení meandru)



14.4.2 Průtok

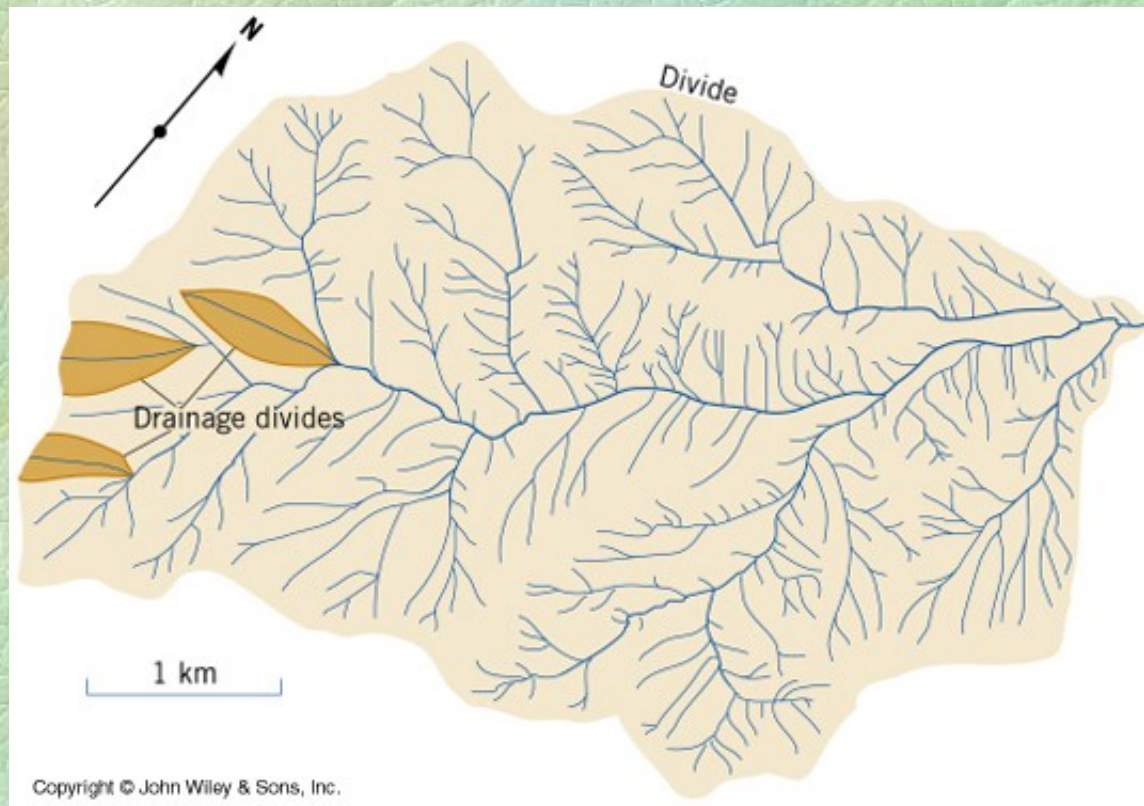
- **průtok** – objem vody, která proteče průtočným profilem řeky za jednotku času ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
- změny gradientu (sklonu koryta) řeky ovlivňují změny průtočného profilu toku A a rychlosti tekoucí vody V bez změny průtoku: větší sklon – větší rychlost tekoucí vody, menší průtočný profil; menší sklon – menší rychlost, větší průtočný profil



- **měření průtoků** – rychlost (měřena hydrometrickou vrtulí) v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ krát plocha průtočného profilu v m^2
- průtoky – důležitá hydrologická charakteristika využívaná v praxi (spotřeba vody, povodně aj.)
- průtok na větších řekách roste směrem od pramene po toku přibíráním přítoků – čím větší je průtočný profil, tím menší je gradient toku (např. na dolní Mississippi je převýšení 3 cm na 1 km)

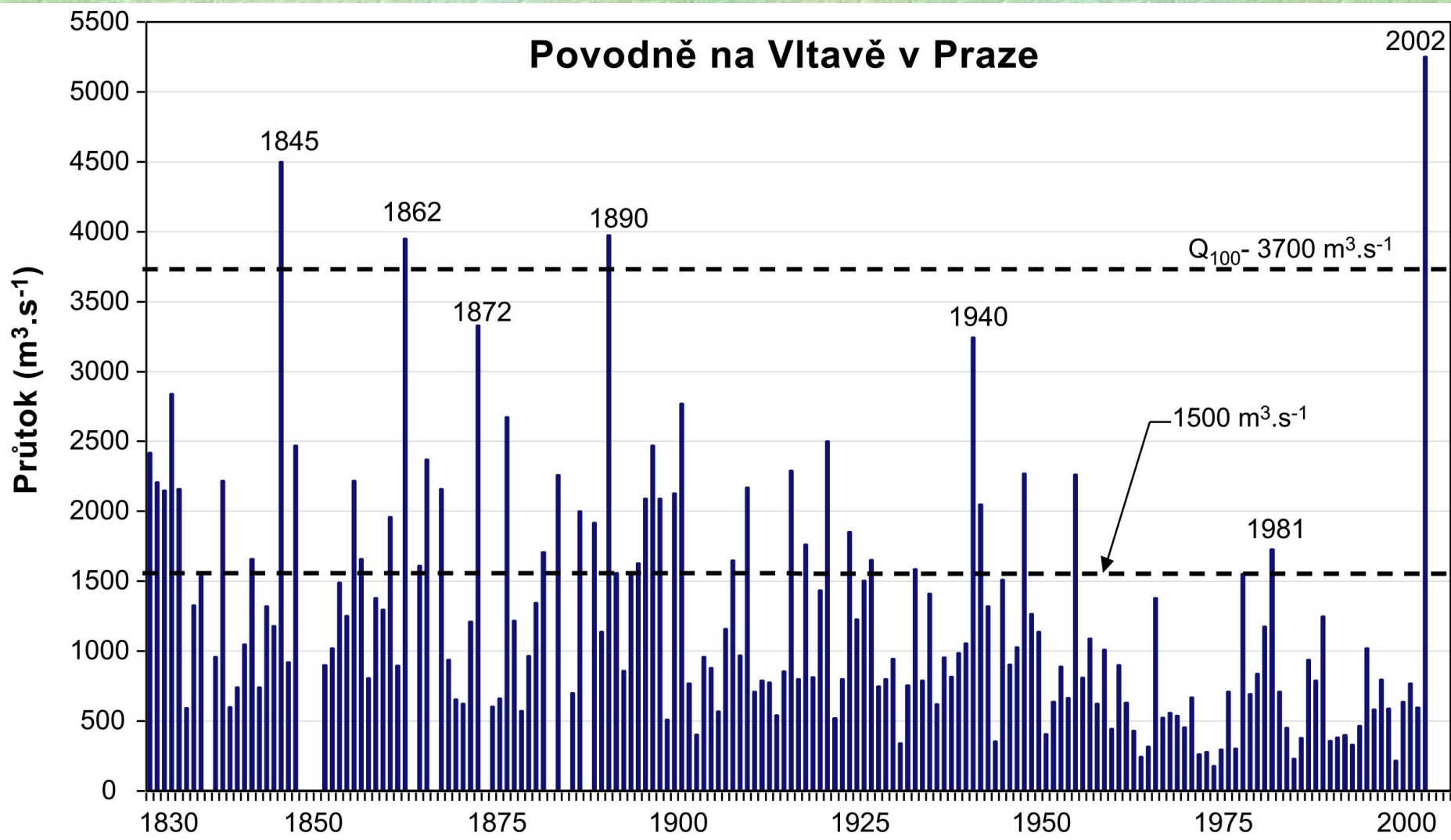
14.4.3 Systém odtoku

- jak se řeka pohybuje z pramenné části ve směru spádu do menší nadmořské výšky, vytváří postupně odtokový systém (koryta jednotlivých toků a přilehlé svahy) - **říční síť**
- hranice mezi svahy odvodňovanými do různých toků tvoří **rozvodí** mezi těmito toky
- celý systém propojený odtokem vytváří odtokovou pánev
- odtokový systém vázaný na jeden tok vytváří jeho **povodí**

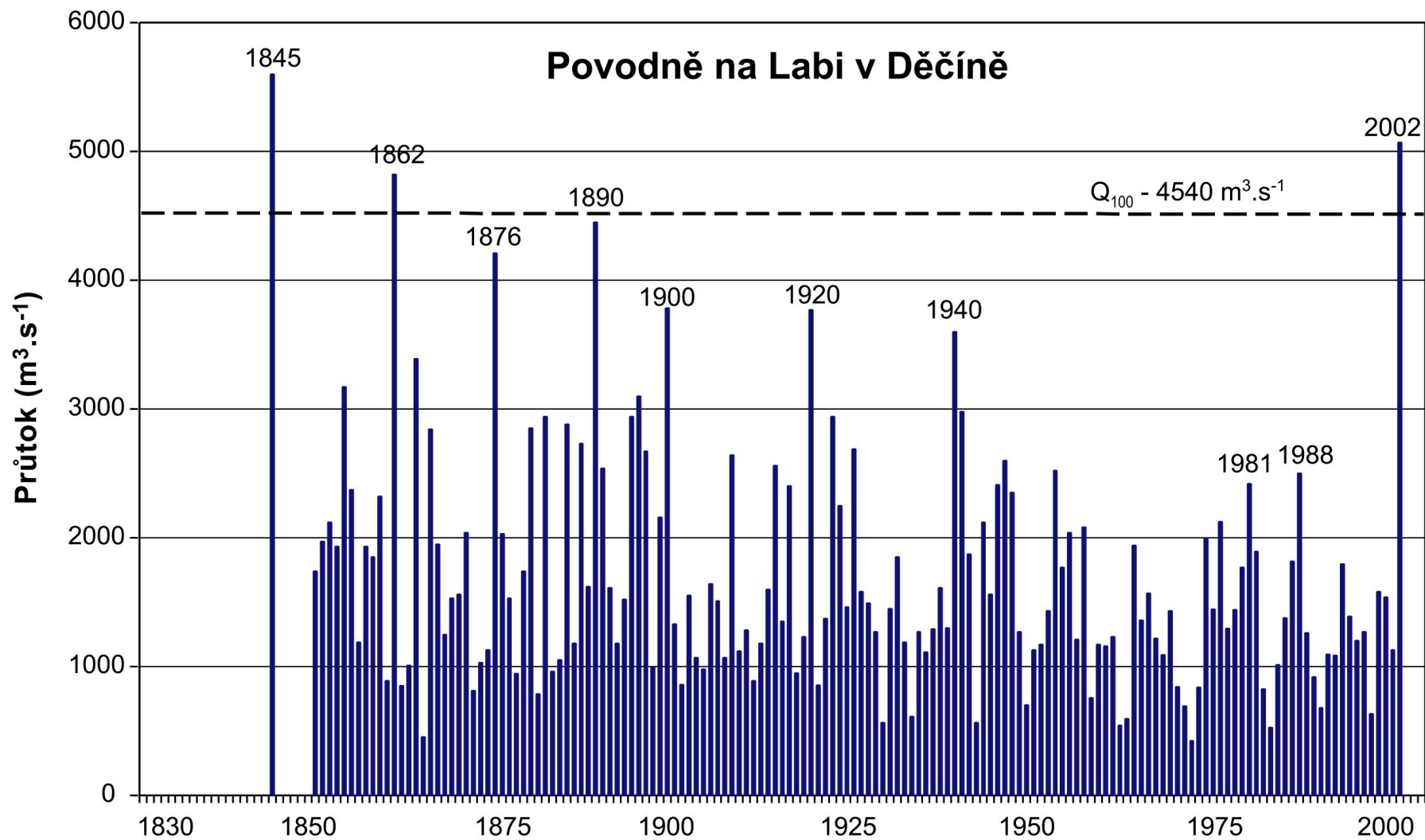


14.4.4 Povodně

- problém definování povodně: **povodeň** – řeka vystupuje z koryta a zaplavuje břehy a okolí
- řeka se během povodně rozlévá do **údolní nivy** – zpravidla širokého rovinného pásu kolem koryta řeky
- **N-letost povodní** – na základě dosavadních měření se počítá průměrná doba opakování určité hodnoty kulminačních průtoků (kulminačních vodních stavů)



Povodně na Labi v Děčíně



Floods in Moravia and Silesia in July 1997

52 victims – material damage 63 billion Czech crowns (Kč)

Floods in Bohemia in August 2002

19 victims – material damage 73 billion Kč

Floods in Bohemia and Moravia in March-April 2006

10 victims – material damage 5.5 billion Kč



Floods in Moravia and Silesia (Bohemia) in June 2009

15 victims, material damage 8.5 billion Kč

Floods in May-June and August 2010

8 victims, material damage 13 billion Kč

Floods in Bohemia in June 2013 – less than 10 victims, c. 10 billion Kč

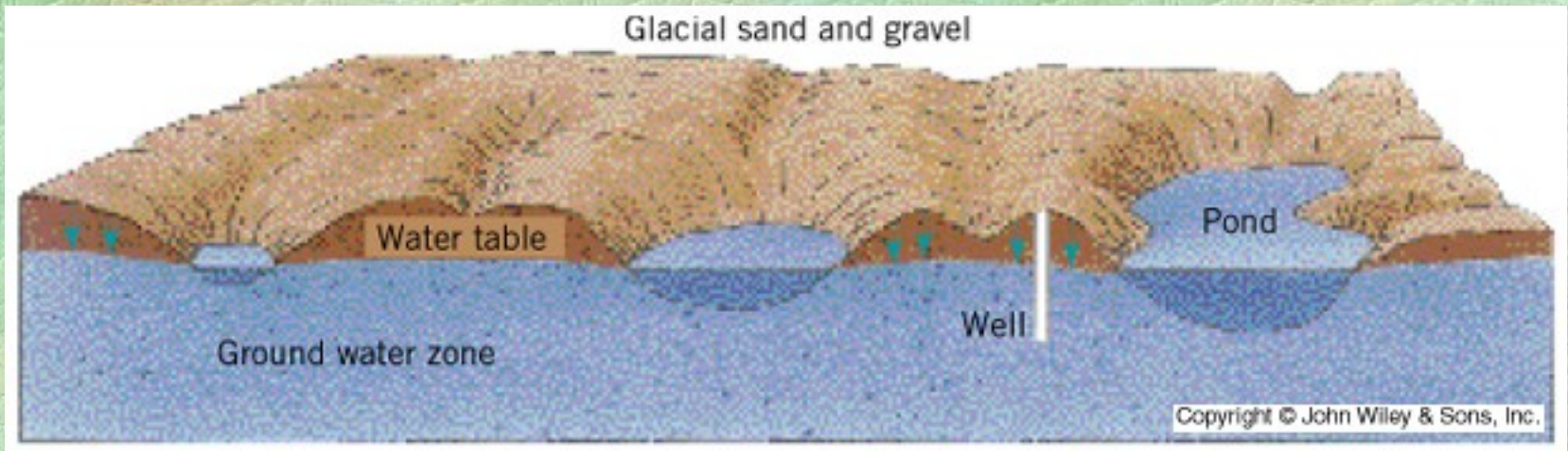


- **druhy povodní** podle meteorologických příčin:
 - a) bleskové povodně** – přívalové srážky a náhlý povrchový odtok velkého množství vody, velké lokální škody, příp. oběti na životech
 - b) povodně z několikadenních trvalých srážek** – postihují větší oblasti (podle velikosti srážkové oblasti a kam je oblast odvodňována), škody v regionálním nebo nadregionálním měřítku, oběti na životech
 - c) povodně z tání sněhové pokrývky** – souvisí s náhlým oteplením a táním velkého množství sněhu, často doprovázených srážkami, postihují větší oblasti, výraznější ve středních a dolních částech toků
 - d) povodně z chodu ledu** – po náhlém tání a odchodu ledu může dojít k zablokování koryta ledovými krami (tzv. ledová zácpa) a ke vzduť vody za touto překážkou

- **ochrana před povodněmi:**
 - a) v období mezi povodněmi: racionální využívání a plánování aktivit v krajině (land-use, průtočnost údolní nivy, ochranná zařízení, cvičení záchranných složek, příprava obyvatelstva)
 - b) před začátkem povodně a během ní: předpověď počasí a hydrologická předpověď - vyhlásování tří stupňů povodňové aktivity – organizace záchranných prací
 - c) po povodni: organizace aktivit směřujících k obnovení normálního chodu života v dotčené oblasti – pomoc postiženým
- **pozitivní vlivy povodní** – zvýšení hladiny podzemní vody, obohacení zaplavených půd, lužní lesy

14.4.5 Jezera

- **jezero** – deprese zemského povrchu vyplněná vodou (do jeho komplexu patří i horninové prostředí včetně tvaru povrchu, vegetace a živé organismy v něm)
- **přívod vody:** vodní tok, plošný povrchový přítok, podzemní přítok
- **ztráta vody:** odtok vodním tokem, výpar
- jezerní pánve různého geologického původu – hluboká jezera na tektonických zlomech, hrazená jezera tokem lávy nebo sesuvy půdy
- hladina jezer koresponduje s hladinou podzemní vody
- sladkovodní mokřady a bažiny (wetlands)



- jezera jsou z geologického hlediska krátkodobými formami v krajině – mohou zanikat následovně:
 - a) zahlubováním toku odvádějícím vodu z jezera
 - b) akumulací anorganických sedimentů a organického materiálu produkovaného v jezeře (rostliny, živočichové) → rašeliniště
 - c) změnou klimatu – vysušování při poklesu srážek
- využití jezer: zdroj pitné vody, zavlažování, elektrická energie, rekreace, přírodní scenérie
- vytváření umělých “jezer” přehrazováním toků – rybníky

14.4.6 Slaná jezera a slaniska

- v aridních oblastech typická **bezodtoká jezera** – ztráty vody výparem mohou být vyrovnávány přívodem z vodního toku (v závislosti na vodní bilanci zvětšování nebo zmenšování plochy jezera – např. Aralské jezero)
- výparem z jezer se uvolňuje voda, ale rozpuštěné soli ve vodě zůstávají, takže salinita může postupně narůstat – sůl může vysrážet v podobě pevných krystalků (evapority)
- některá slaná jezera leží pod hladinou moře (Mrtvé moře -396 m, největší světové jezero Kaspické moře -25 m)
- převažuje-li výpar nad přívodem vody – mělké pánve vyplněné sedimenty solí (slaniska, suchá jezera – zřídka pokryty mělkou vrstvou vody)
- využití solí ze slanisek (výpar mělkých vod Arabského moře)

14.4.7 Zavlažování pouští

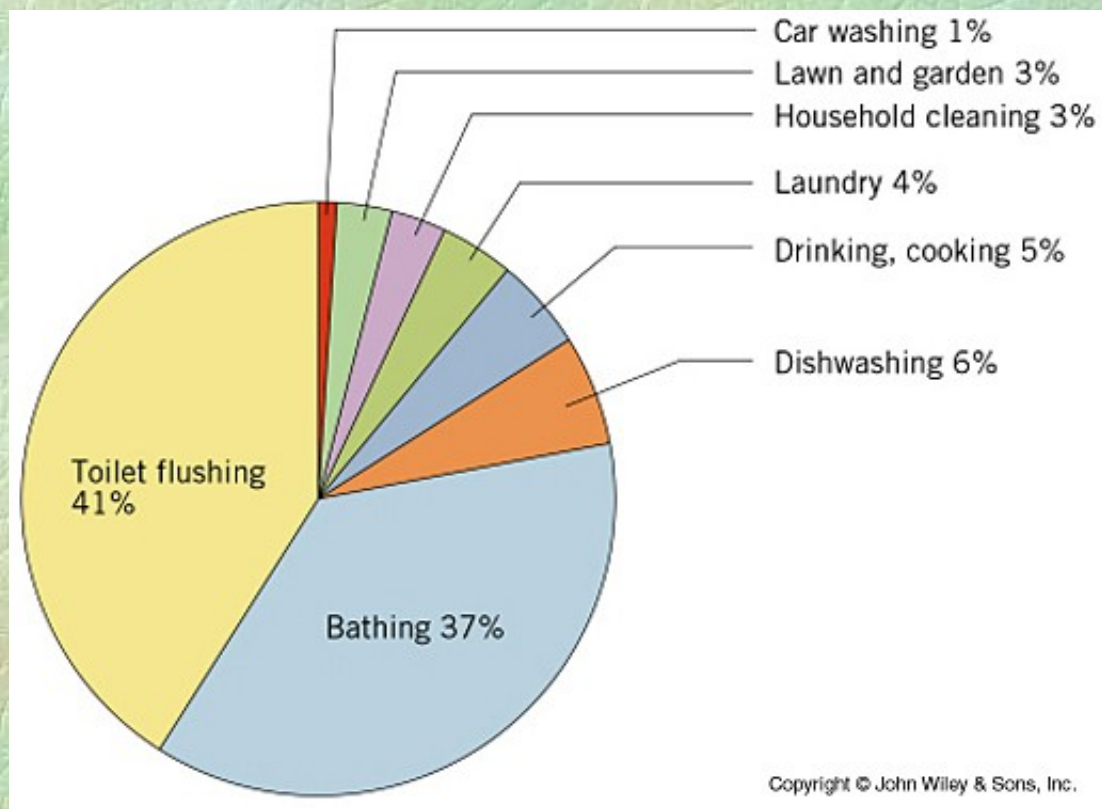
- staré civilizace Egypt a Mezopotámie – přívod vod řekami pro zavlažování z oblastí mimo poušť
- zavlažování vodami takových řek jako Nil, Indus, Jordán nebo Colorado může trpět:
 - a) zasolováním** – díky velkému výparu zůstává sůl obsažená ve vodě na zavlažování na povrchu a zvyšuje se koncentrace soli (přivádění většího množství vody – sůl proniká níže pod povrch)
 - b) “waterlogging” (zamokřením)** – při zavlažování větším množstvím vody se zóna saturace dostává těsně k povrchu (do dosahu kořenového systému rostlin)
→ dostane-li se voda až k povrchu, nastává opět zasolování
- zasolováním trpí např. údolí řeky Indus v Pakistánu, Eufratu v Sýrii, delta Nilu v Egyptě, semiaridní a aridní oblasti západu USA

14.4.8 Znečištění povrchových vod

- znečištění povrchových a podzemních vod – sulfátové, chloridové, sodnaté, dusičnanové, fosfátové a vápníkové ionty
- jejich zdroje: stoční kal, solení silnic, údržba trávníků (vápno, hnojiva) v urbánních oblastech, hnojiva a odpady z chovu dobytka v zemědělství
- dusičnanové a fosfátové ionty – podpora růstu řas a vodních rostlin (**eutrofizace**) → mikroorganismy spotřebovávají kyslík při rozkladu → redukce obsahu kyslíku, nedostatek pro jiné organismy → zaplňování sedimenty a organickým materiálem
- **kyselé důlní vody** – voda obsahuje kyseliny síry a různé soli kovů, hlavně železa (úhyn ryb)
- toxické kovy (mj. rtuť), pesticidy, jiné průmyslové chemikálie, stoční kaly (baktérie a viry)
- **tepelné znečištění** – přívod teplé vody do toků, estuárií a jezer
- kontaminace radioaktivními částicemi

14.5 Povrchová voda jako přírodní zdroj

- rostoucí spotřeba vody:
 - zdroj vody pro zemědělství a průmyslové aktivity
 - zásobování městských oblastí z vodních rezervoárů
 - zavlažování
 - výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách
 - říční doprava
 - spotřeba vody v domácnostech
 - voda pro chladicí zařízení (např. elektrárny)



- povrchová voda je (na rozdíl od podzemní) jímána jen v malém množství – potřeba racionálního hospodaření s vodou

Literatura:

- Netopil, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha. Kap. 3.4.2: s. 163-177. Kap. 3.6: s. 202-209. Kap. 3.7: s. 219-231.
- Strahler, A., Strahler, A. (2006): Introducing Physical Geography. Wiley, New York. Kap. 15: Fresh Water of the Continents, s. 510-543.