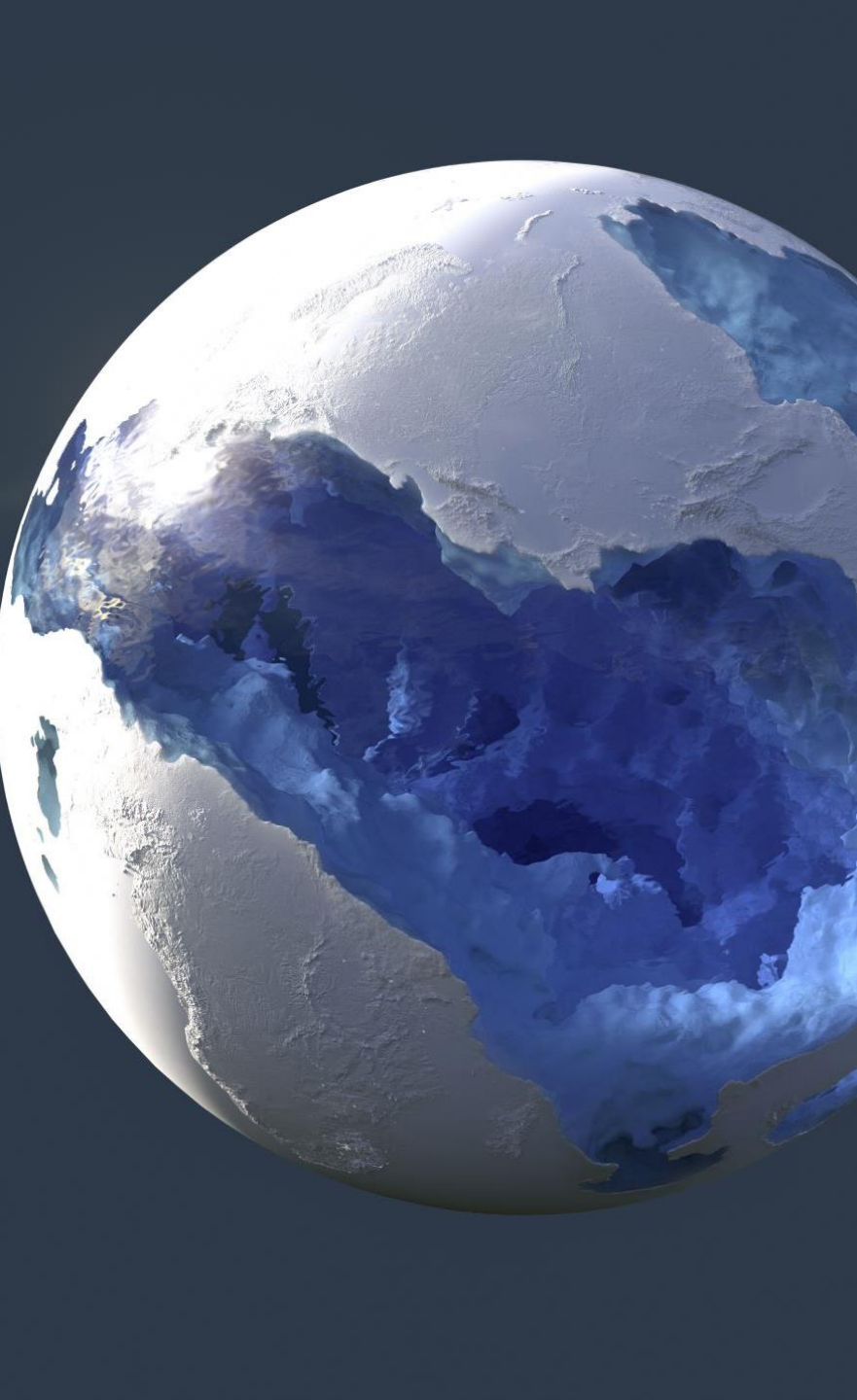


An aerial topographic map of a river basin. The terrain is shown in shades of brown and tan, with a prominent river system flowing from the top right towards the bottom left. A large reservoir is situated in the middle of the basin, with several smaller tributaries feeding into it. The text is overlaid on the map in white.

Voda na Zemi

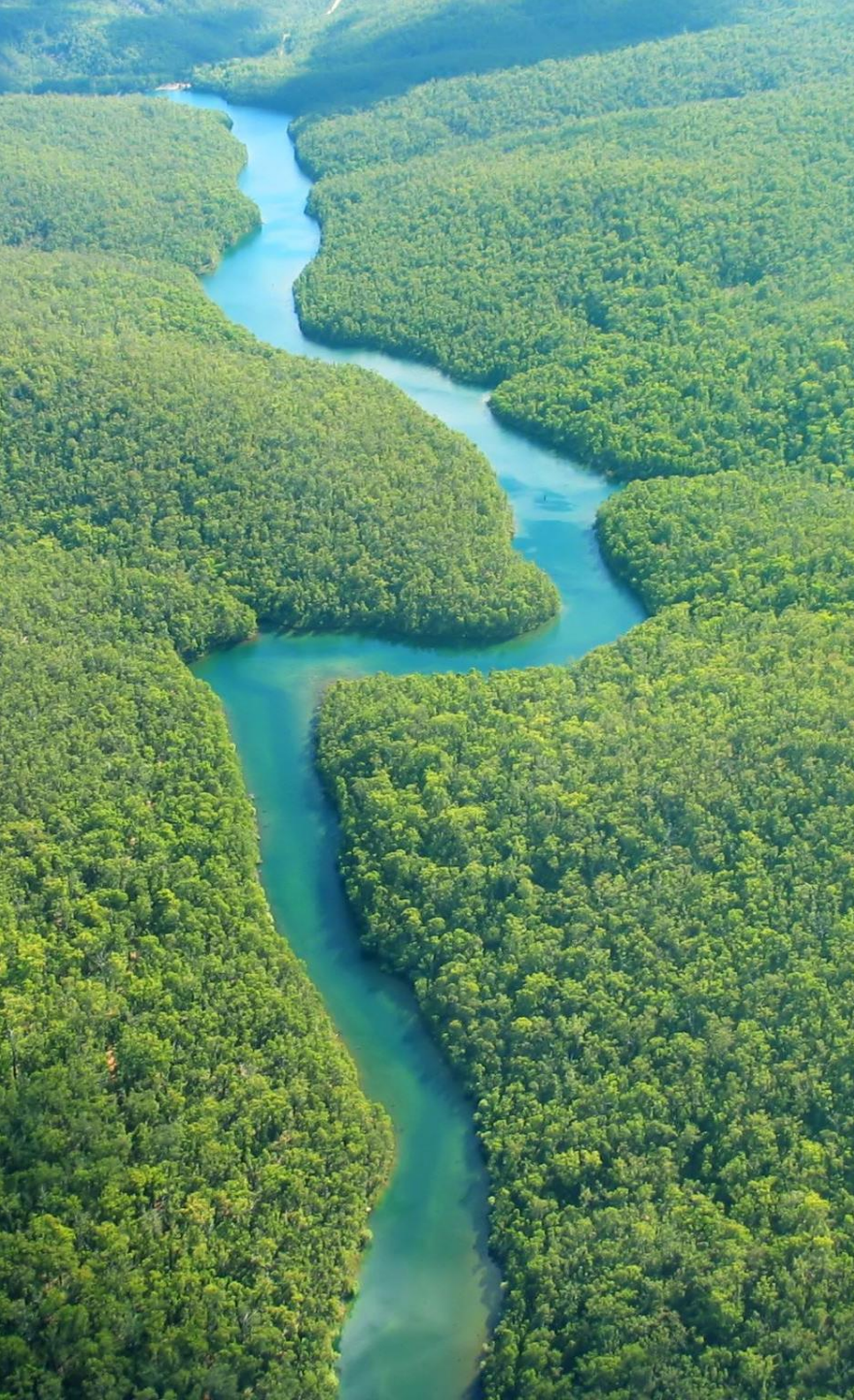
Přednáška č. 7

Veronika Korvasová



Význam vody pro Zemi

- Nejdůležitější složka přírodního prostředí planety Země.
- Voda v krajině umožňuje nejen pohyb hmoty, ale i její nepřetržitě probíhající přeměnu.
- Klíčové postavení v životě i činnosti člověka (a její úloha roste s mírou rozvoje společnosti)
- Významná vlastnost: schopnost nepřetržitě se obnovovat (proces výměny vody mezi světovým oceánem a pevninou)
- Zabývat se vodou na Zemi má hned několik zásadních důvodů.
 - Zabezpečení základní lidské potřeby (pitná voda, zavlažování, energetické nároky atd.)
 - Ochrana hydrosféry (environmentální důvody)
 - Politické důvody: nedostatek vodních zdrojů (až vojenské spory o území), hydrologické extrémny (povodně apod.)



Mezinárodní konflikty

- Přejít od využívání vodních cest až k chápání vody jako životně důležité suroviny, která není pouze svrchovanou součástí jednoho státu, ale může se pohybovat z jednoho území do území druhého.
- OSN - 2014: Úmluva o právu neplavebního využívání mezinárodních vodních toků
 - nastavení určitých standardů hospodaření se sdílenými vodními zdroji;
 - dosud ji podepsalo jen asi 40 států světa;
 - Hlavní přínos spočívá především v tom, že funguje jako předloha pro regionální dohody, které uzavírají jednotlivé státy mezi sebou, v nichž mohou lépe zohlednit konkrétní potřeby vybraných oblastí.
 - Např. Mekongská dohoda
- Vodní tribunál?

Aralské jezero



Zdroj:
<https://www.stoplusjednicka.cz/sites/>



Řeka Jordán

- Izrael – Palestina – Sýrie – Jordánsko
- jediným vodním zdrojem je řeka Jordán
- zisk o území probíhal již v minulosti (př. Palestinsko – izraelský konflikt: 1967 – šestidenní válka, Izrael ovládl území Golanských výšin, kde se nacházejí 2 ze 3 zdrojnic Jordánu)

Zdroj: <https://d15-a.sdn.cz/>



Velká přehrada Etiopského znovuzrození

- 2011: arabské jaro v Egyptě
- Vnitřní nestabilitu státu ležícího na dolním toku Nilu, využila Etiopie, která v tichosti zahájila stavbu monstrózního vodního díla a hydroelektrárny na Modrém Nilu – hlavního přítoku afrického veletoku.



Ekologické katastrofy z poslední doby



Obr. 1 Nova Kachovka (protržení přehrady)

Zdroj: <https://d39-a.sdn.cz/d>

Obr. 2 Kauza Bečva <https://plus.rozhlas.cz/sites/>



Rozložení zásob vody na Zemi

- Celková plocha zemského povrchu zaujímá asi 510 mil. km².
 - Oceány a moře se rozprostírají na 361 mil. km² (70,8 %)
 - Pevnina na 149 mil. km² (29,2 %)
- Nerovnoměrné rozložení vody a pevniny na Zemi.
- severní polokoule: (oceán:pevnina – 61:39 %)
 - 100 mil. km² pevnina
 - 155 mil. km² oceán
- jižní polokoule: (oceán:pevnina – 81:19 %)
 - 49 mil. km² pevnina
 - 206 mil. km² oceán
- Nerovnoměrnost se s ohledem na odlišné vlastnosti jednotlivých prostředí výrazně promítá do oběhu vody, utváření klimatu, vodní bilanci atd.



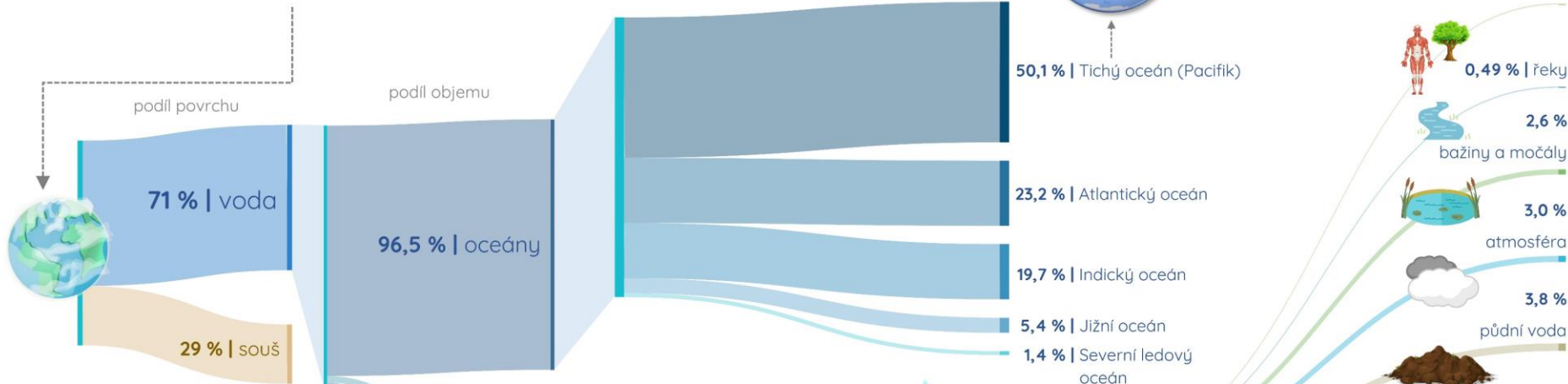
Rozdělení zásob vody na Zemi

- Oceány a okrajová moře = 0,1 % objemu Země (1338 mil. km³)
- Na pevnině je asi jen 47,9 mil. km³ vody
- Z toho asi jen 35 mil. km³ sladké vody
- Největší zásoby sladké vody:
 - povrchové ledovce (24 mil km³ vody)
 - podpovrchová voda (23,7 mil km³ vody)
 - jezera a řeky (13,5 mil km³ vody)
- Lidé mohou využívat jen velice nepatrný podíl!



Voda na Zemi

Tichý oceán tvoří více než 30 % zemského povrchu, dobře patrné je to při pohledu na Zem z tohoto úhlu. Vlevo dole je patrná Austrálie, vpravo nahoře je vidět malá část Severní Ameriky.

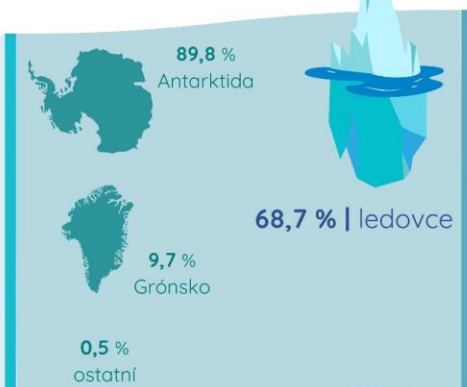


Téměř **tři čtvrtiny povrchu naší planety pokrývá voda.**

Naprostá většina vody je uložena **v oceánech**. Sladká voda tvoří pouhých 2,5 % vody. Jednoznačně největší objem vody je v Tichém oceánu. Jak vyplývá z grafiky, například podíl **řek** je v globálním kontextu co do množství vody zanedbatelný (což však rozhodně neznamená, že jsou řeky zanedbatelné jako takové), z celkového objemu tvoří jen přibližně 0,00015 % - pokud by všechna voda na světě tvořila 150litrovou vanu, v řekách by bylo pouze 20 ml. **Většina sladkovodní vody je uložena v ledovcích** a také **většina povrchové vody je tvořena ledem** nebo je uložena v trvale zmrzlé půdě (**permafrost**).

sladká voda
2,5 %

ostatní slaná voda
0,9 %



30,1 % | podzemní voda

1,2 % | povrchová voda



Největší jezera:

- slaná: **Kaspické moře** (91,6 % objemu vody slaných jezer)
- sladkovodní:
 - **Africká Velká jezera** (33 % objemu sladkovodních jezer)
 - **Bajkal** (26 % objemu sladkovodních jezer)

Největší řeky (podle průtoku)

- **Amazonka** (Jižní Amerika)
- **Kongo** (Afrika)
- **Orinoko** (Jižní Amerika)

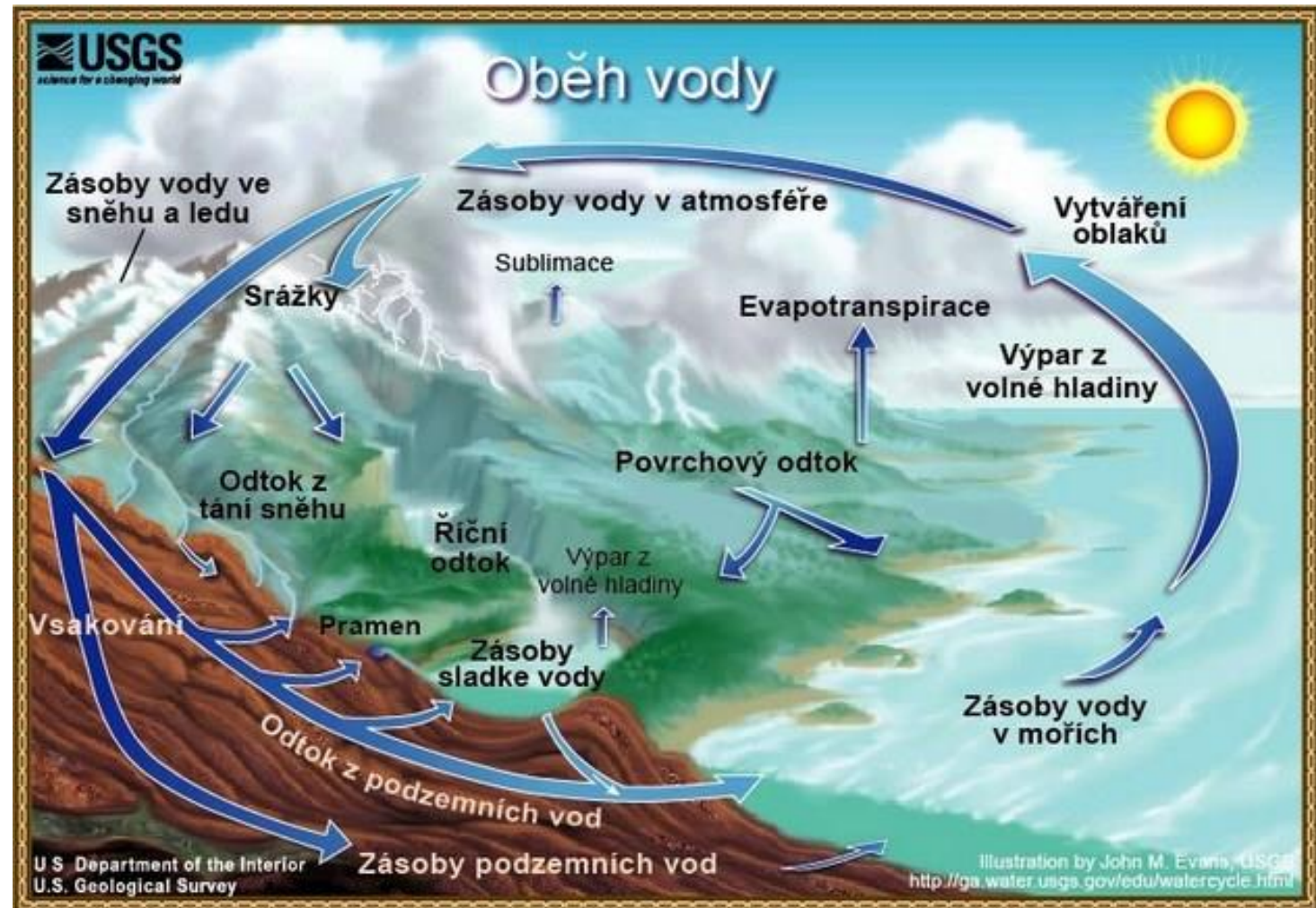
Zdroj: U. S. Geological Survey (USGS)



Oběh vody na Zemi

Výměna mezi pevninou a oceánem

Ze světového oceánu se voda výparem dostává do atmosféry jako vodní pára, dále je unášena nad pevninu, kde kondenzuje a vrací se zpět ve formě srážek.



Odtoková oblast

- Srážky odtékající z pevniny řekami a podzemní cestou zpět do oceánu – tuto část pevniny označujeme jako odtokovou oblast.



Obr. 1 Zdroj: <https://img.topky.sk/big/2807291>

Bezodtoková

- Část pevniny, na níž odtok probíhá, ale nekončí ve světovém oceánu.
- Řeky (a podzemní voda) končí v bezodtokových jezerech a bažinách.
- Podíl bezodtokových oblastí pokrývá 20 % rozlohy pevniny.



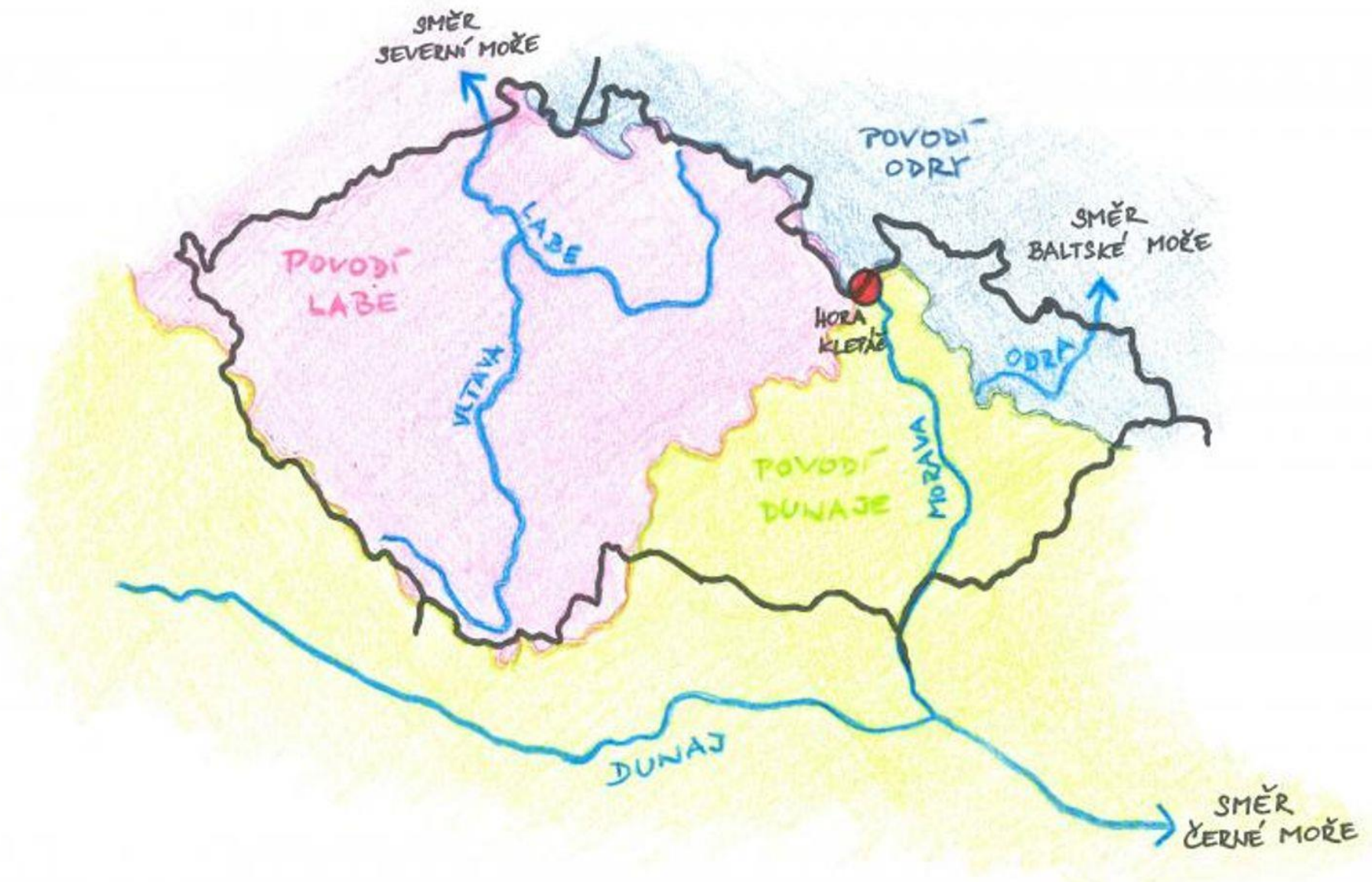
Obr. 2 Zdroj: <https://media-cdn.sygictraveldata.com/m>

Úmoří (a hranice kontinentální rozvodí)

- Části pevnin, z nichž se uskutečňuje odtok do určitého oceánu, se nazývají úmoří.
- Oddělena liniemi hlavního kontinentálního rozvodí.
- Z ploch úmoří odteče za rok do světového oceánu průměrně asi 40 000 km³ vody.
- Přítok vody do jednotlivých oceánů (odpovídá sloupci vody rovnoměrně rozloženého a vztaženého k celkové ploše oceánu):
 - Severní l. oceán - 355 mm/rok (nadprůměrný)
 - Atlantický oceán - 226 mm/rok (nadprůměrný)
 - Tichý oceán - 83 mm/rok (podprůměrný)
 - Indický oceán - 80 mm/rok (podprůměrný)
- Nerovnoměrnost i mezi velikosti přítoku vody do částí svět. oceánu jižní (46 mm) a severní polokoule (142 mm).



Zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/>



Nerovnoměrný přítok do oceánů v průběhu roku



podmíněno režimem srážek a teploty vzduchu



tvorba a tání sněhové pokrývky i ledovců a průběh výparu z povrchu



Severní ledový oceán: největší změny v ročním rozložení odtoku, kdy během léta přitéká 56 % (odtok vody z tajícího sněhu) a v zimě jen 7 % celoročního odtoku.



Atlantský oceán: nejvyrovnanější v průběhu odtoku, v květnu dosahuje nejvíce 23 mm a v listopadu nejméně 14 mm.



V Tichém a Indickém oceánu se výrazněji projevuje přítok vody z monzunových dešťů.



Roční rozložení celkového přítoku vody do světového oceánu je ovlivněno hlavně režimem říčního odtoku ze povrchu pevniny severní polokoule a rovníkové části umoří Jižní Ameriky.



Nejvyšší přítok připadá na letní měsíce (35 % odtoku) a nejmenší na zimní měsíce severní polokoule (17 % odtoku).



Nerovnoměrný je však i přítok vody do světového oceánu v jednotlivých rocích.

Malý a velký oběh vody

Výpar z povrchu Země/rok = 496 000 km³
z toho asi 425 000 km³ je z oceánu a zbytek nad souš (cca 71 000 km³)

Malý oběh: v bezodtokových oblastech nebo nad oceánem

Oběh vody v bezodtokových oblastech je v určitém smyslu samostatný, je však spjat s celkovým oběhem vody na Zemi, neboť vláhna nad ně proniká z okolních odtokových oblastí nebo moří a z velké části uniká atmosférou za jejich hranice.

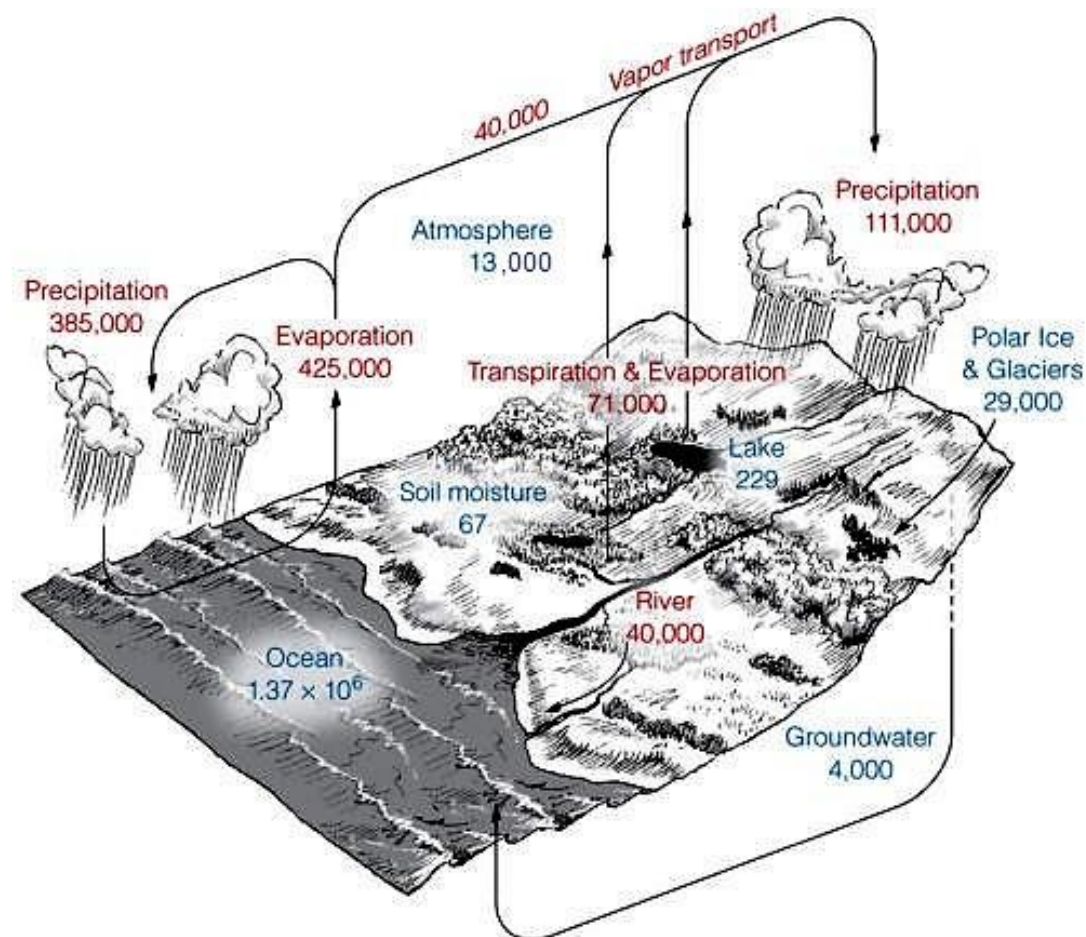
Velký oběh: jeden systém pevniny a oceánu

Zejména transpirací a evaporací vzniklá vodní pára (71 000 km³) se spojuje s vodní parou přenesenou z prostoru světového oceánu a v celkovém množství 111 000 km³ vody pak kondenzuje v podobě srážek.

V atmosféře zůstává stabilně vázáno cca 13 000 km³ vody. Z nich jsou 3/4 nad hladinou světového oceánu a 1/4 nad souš. Oblasti s maximem této vláhny se rozkládají v rovníkovém a tropickém pásu západní části Tichého oceánu, v povodí řeky Amazonky, v severovýchodní části Jižní Ameriky.

Zhruba stejné množství vody, jako se dostane nad pevninu vzdušným prouděním, odeče po kondenzaci zpět do oceánu.

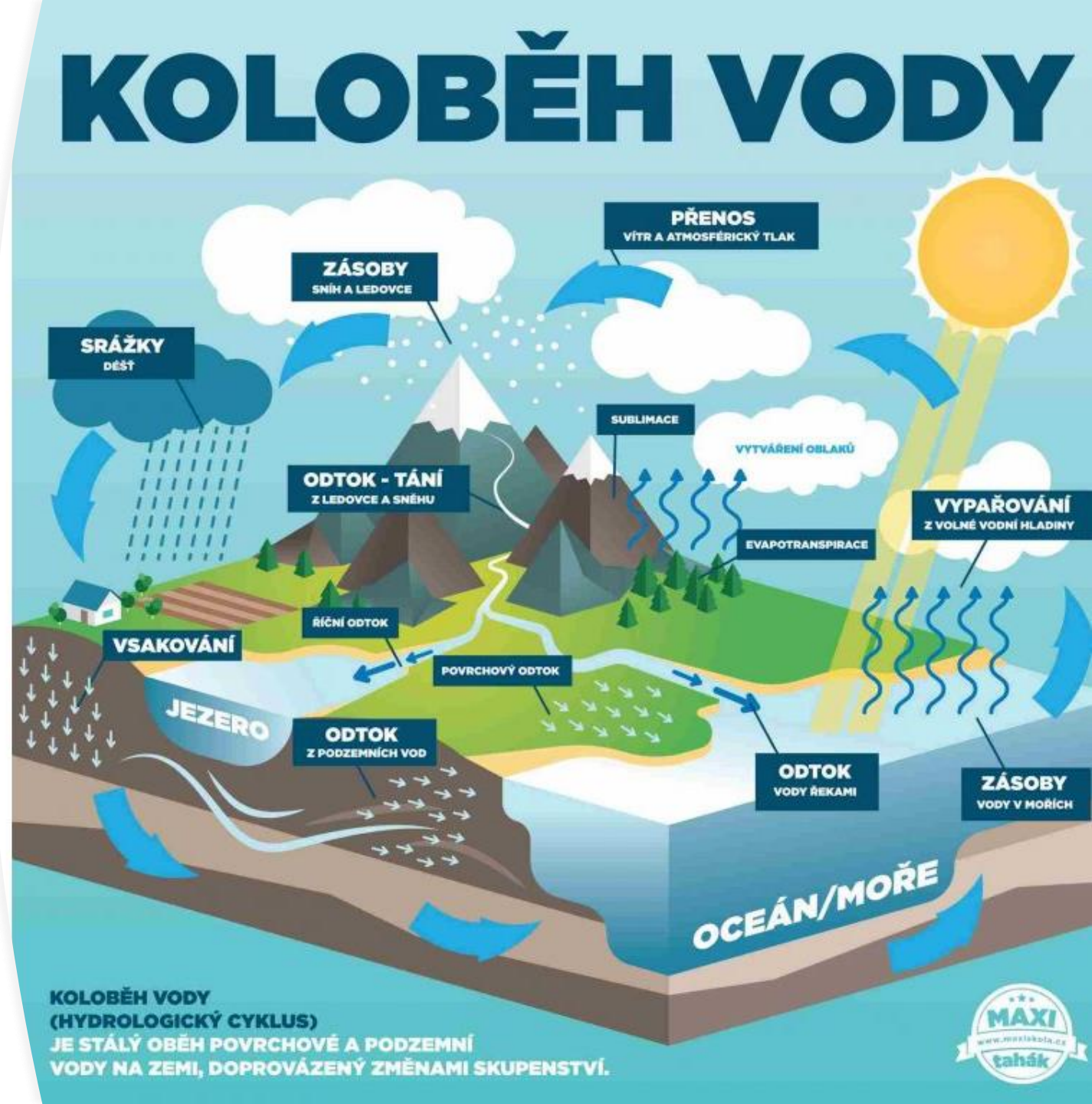
Skutečná výměna vody mezi světovým oceánem a pevninou je poněkud složitější. Část vláhny z oceánu přenesená nad pevninu spadne sice jako srážky, ty se však vypaří a jako pára jsou zanášeny zpět nad oceán. Nezúčastňují se tedy dalšího oběhu vody nad pevninou a konečného odtoku do oceánu.



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Rámcový mechanismus oběhu vody

- Podle odlišných cest transportu vody můžeme vymežit tři typy cyklů:
 - atmosférický cyklus,
 - cyklus povrchového odtoku,
 - cyklus podzemního odtoku.





Atmosférický cyklus

- Procesy:
 - fyzikální výpar vody (z plochy světového oceánu či vodních útvarů na pevnině – evaporace, z biologického výparu – transpirace, kombinovaně pak evapotranspirace, výpar z ledu a sněhu – sublimace, výpar z půdy)
 - tvorba oblaků spojená s přenosem a kondenzací vodní páry;
 - následné vypadávání srážek.
- Výparem se rozumí objem vody nebo výška vrstvy vody vypařené za určitý časový interval z určité plochy. Uvádí se v jednotkách výšky sloupce vypařené vody na jednotce plochy (mm), nebo se sleduje intenzita vypařování ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$).
- Mezi základní činitele ovlivňující velikost výparu patří, teplota vypařující látky, velikost povrchu, vlastnosti kapaliny, pohyb plynu nad kapalinou a tlak par plynu nad kapalinou.
- Čas trvání setrvání vodní páry v atmosférickém cyklu: cca 10 dní (velmi krátký).
- Celý cyklus může probíhat podle následujícího schématu:
 - oceán – atmosféra – oceán,
 - pevnina – atmosféra – pevnina,
 - oceán – atmosféra – pevnina – atmosféra – oceán

Cyklus povrchového a podzemního odtoku

Povrchový

- probíhá nejčastěji podle schématu
oceán – atmosféra – pevnina – povrchový odtok – oceán
- Ta část srážkové vody, která se nevypařila ani nevsákla a pohybuje se po povrchu krajiny.
- Rozlišujeme dvě formy odtoku:
- **Plošný odtok (ron)** = nesoustředěné stékání vody po zemském povrchu. Voda se tak hromadí v mělkých sníženinách na povrchu terénu a její stékání je určováno směrem sklonu reliéfu. Tím se vytváří plošný splach, který odnosem uvolněných půdních částic působí jako jeden z erozních činitelů.
- **Soustředěný odtok** = odtékání vody v říčních korytech.
- Objem vody: přibližně 40 000 km³
- Čas oběhu vody: průměrně 12 dní.

Podzemní

- probíhá převážně podle schématu
oceán – atmosféra – pevnina – infiltrace do horninového prostředí – podzemní odtok do řek – oceán
- Hlavní procesy tohoto cyklu jsou
 - infiltrace (vsakování)
 - přirozený výron (prameny)
 - podpovrchový odtok
- Objem vody cca na 12 000 km³
- Průměrný čas oběhu: 5 000 let
- Průměrný čas v zóně aktivní výměny: 330 let



Tvorba erozních rýh

Foto: VK, 2023.



**Říční
terasy a
zařezávání
erozních
rýh.**

Zdroj:
[https://upload.
wikimedia.org/
wikipedia/](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/)

Matematický model hydrologické bilance oběhu vody na Zemi

Oběh vody na Zemi lze vyjádřit jednoduchými rovnicemi, které jsou matematickým modelem jeho bilance.

Vstupující prvky oběhu popisujeme takto:

- **E_o** – výpar ze světového oceánu
- **E_p** – výpar z pevniny
- **S_o** – srážky spadlé na hladinu světového oceánu
- **S_p** – srážky spadlé na povrch pevniny
- **O** – odtok z pevniny

Výsledné rovnice bilance pak můžeme uvádět následovně:

- **$E_o = S_o + O$**
- **$E_p = S_p - O$**
- **$S_o + S_p = E_o + E_p$**

Rovnice vodní bilance mohou být sestavovány pro jakékoli území řek, jezer.
Musí se však sestavovat jako průměr za určitou časovou řadu (př. dekádu).

Proměnlivé hodnoty prvků v rovnici bilance

Diverzita hodnot jednotlivých prvků vodní bilance se mění místo od místa.

Nejvyšší výpar z oceánů je spojen s velkou ariditou v pásmu pasátů na obou polokoulích (10–20° s. a j. š.).

- Atlantský oceán: 1 960 mm (severní polokoule) a 1 710 mm (jižní polokoule) za rok.
- Indický oceán: 1 999 mm a 2 090 mm
- Tichý oceán: 2 040 mm a 1 940 mm

Směrem k pólům i k rovníku od těchto pásů se výpar z hladiny oceánů zmenšuje.

Obecnou zákonitost změn velikosti výparu narušují teplé a studené mořské proudy, které hodnoty výparu ve stejných zeměpisných šířkách poněkud pozměňují.

Maximum srážek nad světovým oceánem spadne v rovníkovém pásu (10–0° s. š.): v průměru 2 300mm za rok (největší hodnoty byly naměřeny v JV Asii u břehů Barmy – 4 000 mm).

Nejmenší srážkové úhrny jsou v tropických pasátových pásích severní a jižní polokoule mezi 20° a 30° (690 mm s. š. a 1 170 mm j. š.). Minimum srážek spadne ve východních částech oceánů přiléhajících k pouštím Sahary a Arabského poloostrova (pod 50 mm za rok).

Rozdíl mezi srážkami a výparem způsobuje, že nad jednou částí oceánů převyšují srážky nad výparem a vody tam přibývá, nad jinými naopak převyšuje výpar nad srážkami a vody tam ubývá. Tento rozdíl je plynule vyrovnáván mořskými proudy, které každoročně přenášejí asi 22 mil. km³ vody.

Hydrologický cyklus v povodí



Oběh vody popisujeme i pro konkrétní povodí.



K tomu nám slouží rovnice hydrologické bilance:

$$H_Z = H_E + H_O \pm R$$

H_Z = výška srážek

H_E = výška evapotranspirace

H_O = výška odtoku

R = změna zásob vody povodí



Můžeme použít pro hydrologicky uzavřené povodí pro libovolné časové období.



Hydrologický rok = začíná 1. listopadu a končí 31. října.

Procesy podílející se na HB povodí

- Na hydrologický cyklus v povodí mají vliv následující fyzickogeografické činitele:
 - A. poloha povodí
 - **geografická poloha** – začlenění podle zonální pásmovitosti, výškové stupňovitosti, orografického celku atd.,
 - **hydrologická poloha** – postavení polohy povodí vůči ostatním vodním útvarům (př. hustá říční síť, výskyt jezerních plošin, nebo bezodtokých oblastí aj.),
 - B. klimatické poměry
 - makroklimatické (podnebné pásmo – časové rozložení srážek během roku, zásoba sněhu, chod teploty atd.) ...
 - až mikroklimatické charakteristiky (návětrný a závětrný efekt, teplotní inverze)
 - C. vegetační pokryv
 - typ vegetace ovlivňuje intercepci.
 - hodnotí se podle propustnosti korunového patra, stékání po kmeni a celkové intercepci (př. listnaté dřeviny mají vyšší hodnoty propustnosti koruny a stékání po kmeni než jehličnany).
 - D. půdní vlastnosti
 - Různé půdní druhy a půdní typy vykazují odlišné hodnoty průniku vody (př. nejmenší výška kapilár je v písčité půdě – 50 až 110 cm, největší pak v jílovitohlinité půdě – 200 až 230 cm).

• Pro vyjádření hydrologické bilance v daném povodí se využívá počítačových hydrologických modelů.

