



## IV. Hydrosfera

### 1a. Zasoby wodne Ziemi

# Hydrosfera - definicja

♦ **Hydrosfera** – jest wodną powłoką Ziemi.

♦ W szerszym znaczeniu można powiedzieć, że jest to przestrzeń, w której na Ziemi występuje woda.

♦ Przestrzeń ta obejmuje wody we wszystkich stanach skupienia.

♦ Do hydrosfery zalicza się:

♦ **oceany,**

♦ **morza,**

♦ **rzeki,**

♦ **jeziora,**

♦ **bagna,**

♦ **lodowce,**

♦ **pokrywę śnieżną,**

♦ **wody podziemne,**

♦ **wodę atmosferyczną.**

♦ **Hydrosfera** obejmuje wszystkie **wolne wody Ziemi**, czyli takie, które nie są związane chemicznie ani też fizycznie ze skałami litosfery czy organizmami biosfery.





# Oceanosfera

- ♦ **Oceanosfera** – gromadzi tą część hydrosfery, która obejmuje wody morskie i oceaniczne.
- ♦ Jest to zdecydowanie największy odsetek wód z całej hydrosfery – 96,5%.



# Kriosfera

♦ **Kriosfera** – gromadzi wody występujące w postaci nie zanikającego lodu lodowcowego, morskiego i gruntowego.





# Pochodzenie wody na Ziemi

- ♦ **Pochodzenie wody** nie jest do końca wyjaśnione – istnieje kilka hipotez, m.in.:
  - ♦ **hipoteza geochemiczna** – zakładająca, że woda powstała w początkowym etapie formowania się naszej planety, około 4 mld lat temu:
    - ♦ płynna i gorąca, stygnąca magma przyczyniła się do uwolnienia wcześniej zawartej w niej pary wodnej (mogło to nastąpić dopiero gdy temperatura spadła poniżej wartości  $+375^{\circ}\text{C}$ ),
    - ♦ następnie para wodna uległa skropleniu w zimniejszej atmosferze, prowadząc do utworzenia pierwszych akwenów wodnych,
  - ♦ obecnie wody powstałe z magmy nazywamy juwenilnymi – w postaci wód hydrotermalnych ciągle wydostają się one na powierzchnię Ziemi – gorące źródła;
  - ♦ **hipoteza solarna** – mówiąca o tym, że w górnych warstwach atmosfery przechwytywane są atomy wodoru przenoszone za pomocą wiatru słonecznego,
    - ♦ następnie wchodzą one w reakcję z tlenem i tworzą wodę,
    - ♦ woda w kolejnym etapie kondensuje w postaci srebrzystych obłoków,
      - ♦ wielkość powstającej wody szacowana jest na ilość około 1,5 t w ciągu roku,
      - ♦ teoretycznie w geologicznej skali czasu mogłoby to dać obecną ilość wody;
  - ♦ **hipoteza o pochodzeniu wody z komet i asteroidów** – mówi o tym, że źródłem wody na Ziemi były licznie uderzające w naszą planetę lodowe komety i asteroidy, w okresie tzw. wielkiego bombardowania około 4 mld lat temu.





# Zasoby hydrosfery

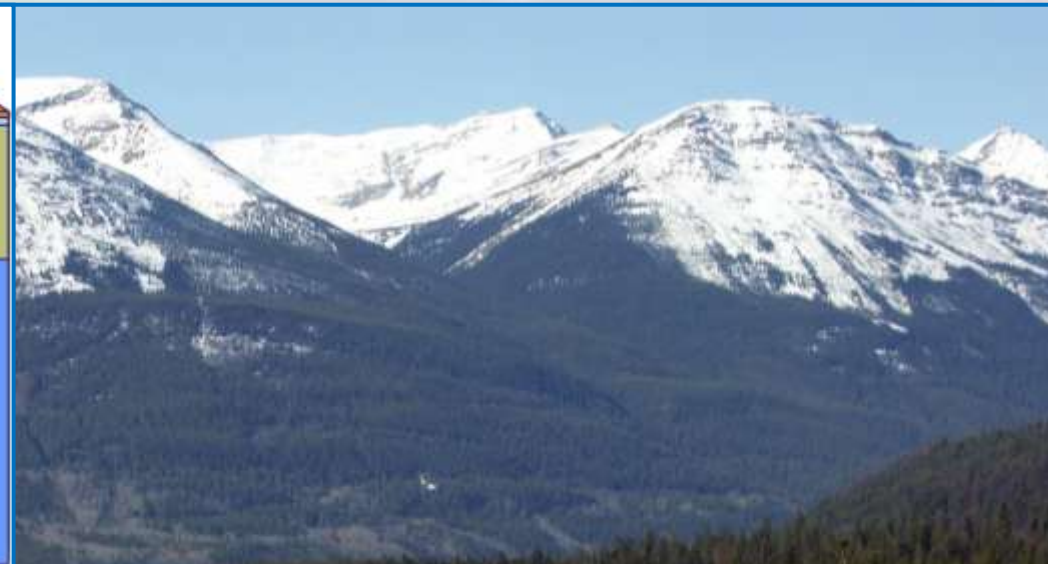
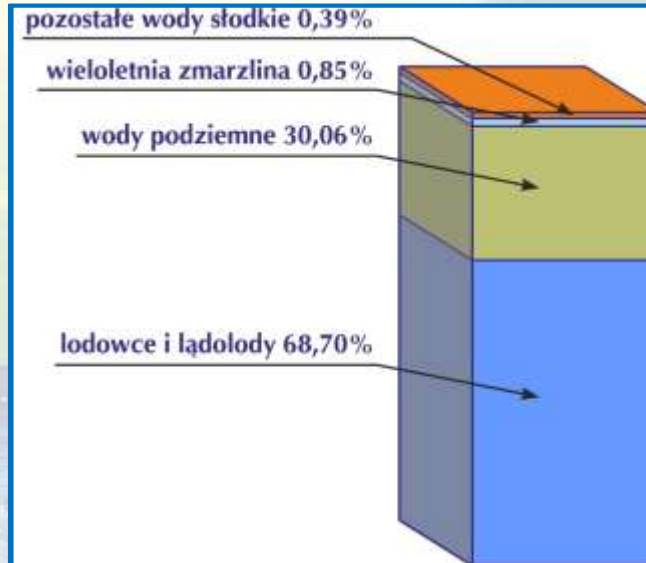
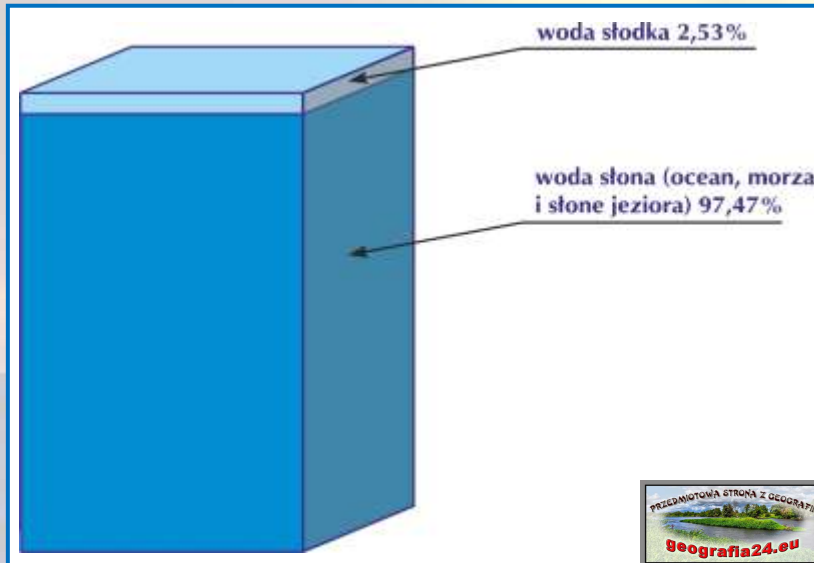
- ♦ Ilość wody nagromadzonej w hydrosferze pozostaje mniej więcej stała i wynosi około **1,386 mld km<sup>3</sup>**, z czego:
  - ♦ **96,5 %** – występuje w obrębie **mórz i oceanów**,
  - ♦ **1,8 %** – stanowią wody obecne na powierzchni lądów (**wody powierzchniowe**),
  - ♦ **1,7 %** – tworzą **wody podziemne**.
- ♦ Zmiany wielkości całkowitej wody w hydrosferze są minimalne:
  - ♦ **przychody** wody:
    - ♦ około 0,3 km<sup>3</sup> na skutek naturalnych procesów:
      - ♦ syntezy wody z gazowego O<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>;
      - ♦ wydzielania wód juwenilnych z magmy i skał.
  - ♦ **ubytki** wody:
    - ♦ około 0,3 km<sup>3</sup> na skutek naturalnych i antropogenicznych procesów:
      - ♦ w górnych warstwach atmosfery w efekcie fotodysocjacji,
      - ♦ chemicznym wiązaniem wody w skałach,
      - ♦ działalność człowieka.





# Wody słodkie i słone w hydrosferze

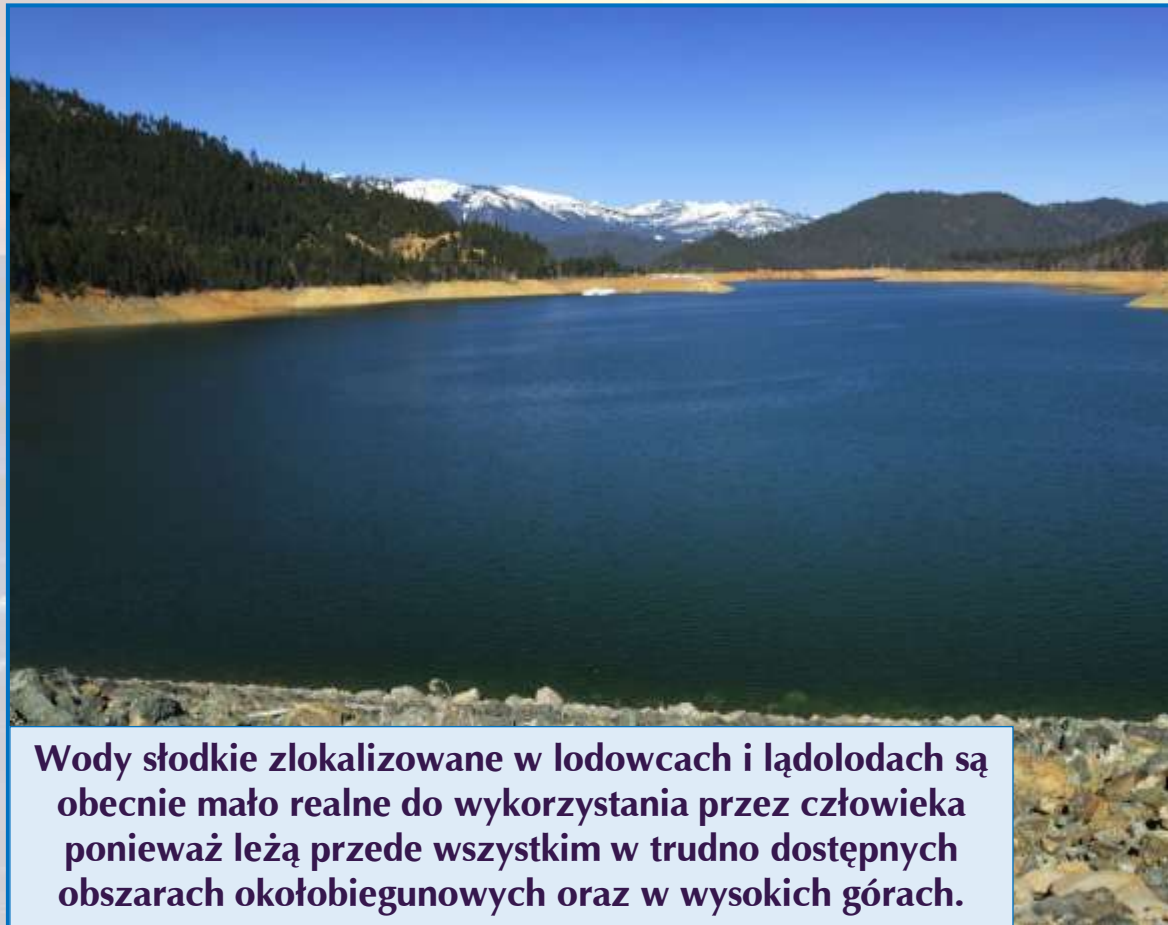
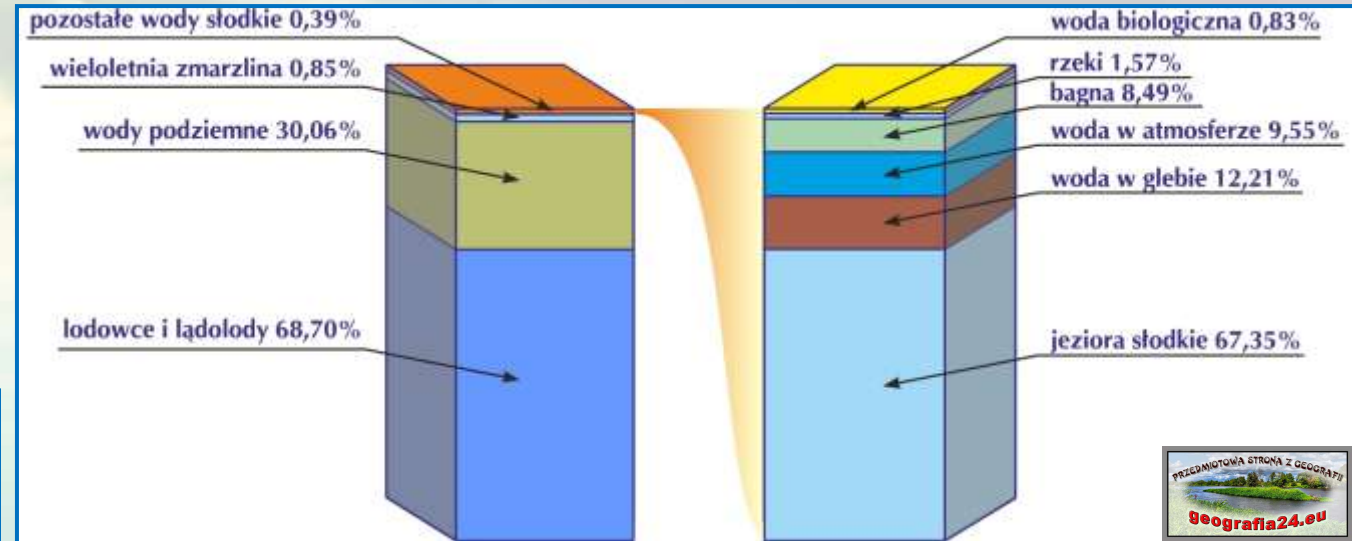
- ♦ **Ziemska hydrosfera** jest powłoką stosunkowo słoną – **wody słone** stanowią **97,47%** wszystkich wód.
- ♦ **Wody słodkie**, stanowiące zaledwie **2,53%**, zawarte są głównie w lądolodach, lodowcach oraz w postaci wód podziemnych (stanowią 68,7% wszystkich wód słodkich) oraz w postaci wód podziemnych (stanowią około 30,06% wszystkich wód słodkich).





# Ilość wód możliwych do wykorzystania przez człowieka

- ♦ Ilość potencjalnych wód możliwych do wykorzystania przez człowieka jest stosunkowo niewielka – wynosi ona poniżej 0,5%.
- ♦ Należą do nich przede wszystkim wody słodkie, zawarte w rzekach i jeziorach, a także w miarę płytko usytuowane wody podziemne.



Wody słodkie zlokalizowane w lodowcach i lądolodach są obecnie mało realne do wykorzystania przez człowieka ponieważ leżą przede wszystkim w trudno dostępnych obszarach okołobiegunowych oraz w wysokich górach.





# Właściwości wody

- ♦ Woda posiada szereg cennych właściwości mających wpływ na przyrodę, m.in.:
  - ♦ jest **niezbędna do życia** dla wielu organizmów żywych,
    - ♦ główny składnik procesów metabolicznych na Ziemi,
  - ♦ wpływa na **przebieg wielu procesów egzogenicznych**,
  - ♦ może **zmieniać swój stan skupienia** – **zależnie od temperatury**,
    - ♦ występuje w 3 stanach skupienia,
  - ♦ **największą gęstość** (najmniejszą objętość) posiada **w temperaturze 4°C**,
    - ♦ wody o tej temperaturze znajdują się **na dole akwenów wodnych**,
  - ♦ przy przejściu temperatury **poniżej 0°C**, **w czasie zamarzania zwiększa swoją objętość o około 9%** (obserwujemy spadek gęstości),
    - ♦ dzięki temu **lód unosi się na wodzie** (bo jest lżejszy),
  - ♦ **zawiera wiele ważnych minerałów**, które są w niej rozpuszczone,
    - ♦ są to m.in. **chlorki, siarczki i węglany**,
  - ♦ posiada **wysoką pojemność cieplną**,
    - ♦ przyczynia się to do występowania **odmian morskich klimatu na Ziemi**,
  - ♦ **cehuje się wysokim napięciem powierzchniowym**,
    - ♦ dzięki temu m.in. lekkie przedmioty o dużej powierzchni nie toną.



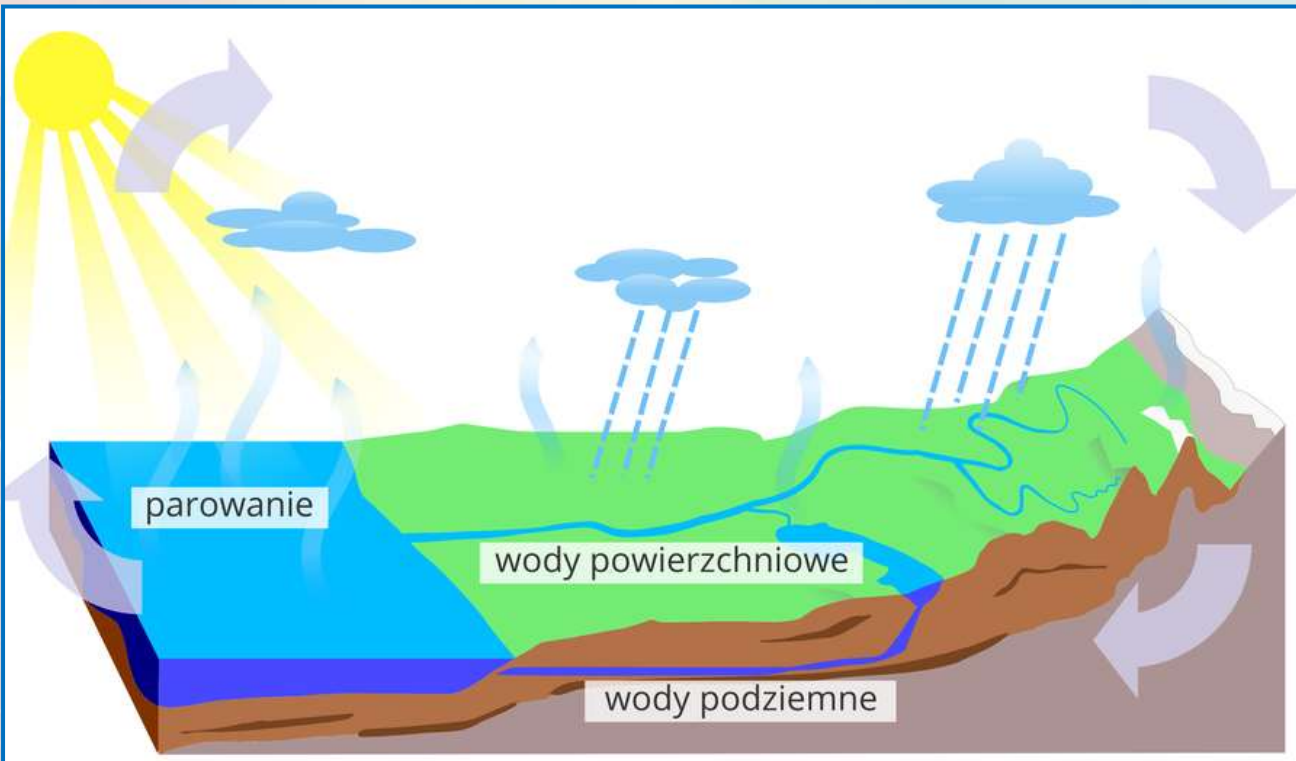


Obieg wody w przyrodzie



# Przyczyny krążenia wód w przyrodzie

- ♦ Od momentu pojawienia się wody na powierzchni Ziemi rozpoczął się proces jej **obiegu**.
- ♦ Aby mógł on zaistnieć, potrzebne były siły, które by go zainicjowały i podtrzymywały:
  - ♦ **energia cieplna:**
    - ♦ promieniowanie słoneczne, które prowadzi do unoszenia się mas powietrza z parą wodną,
    - ♦ w mniejszym stopniu temperatura wnętrza Ziemi;
  - ♦ **grawitacja:**
    - ♦ przyczynia się do opadów atmosferycznych, spływu powierzchniowego i podziemnego (w kierunku akwenów wodnych).
- ♦ W obiegu wody istotne są jej chemiczne i fizyczne właściwości.

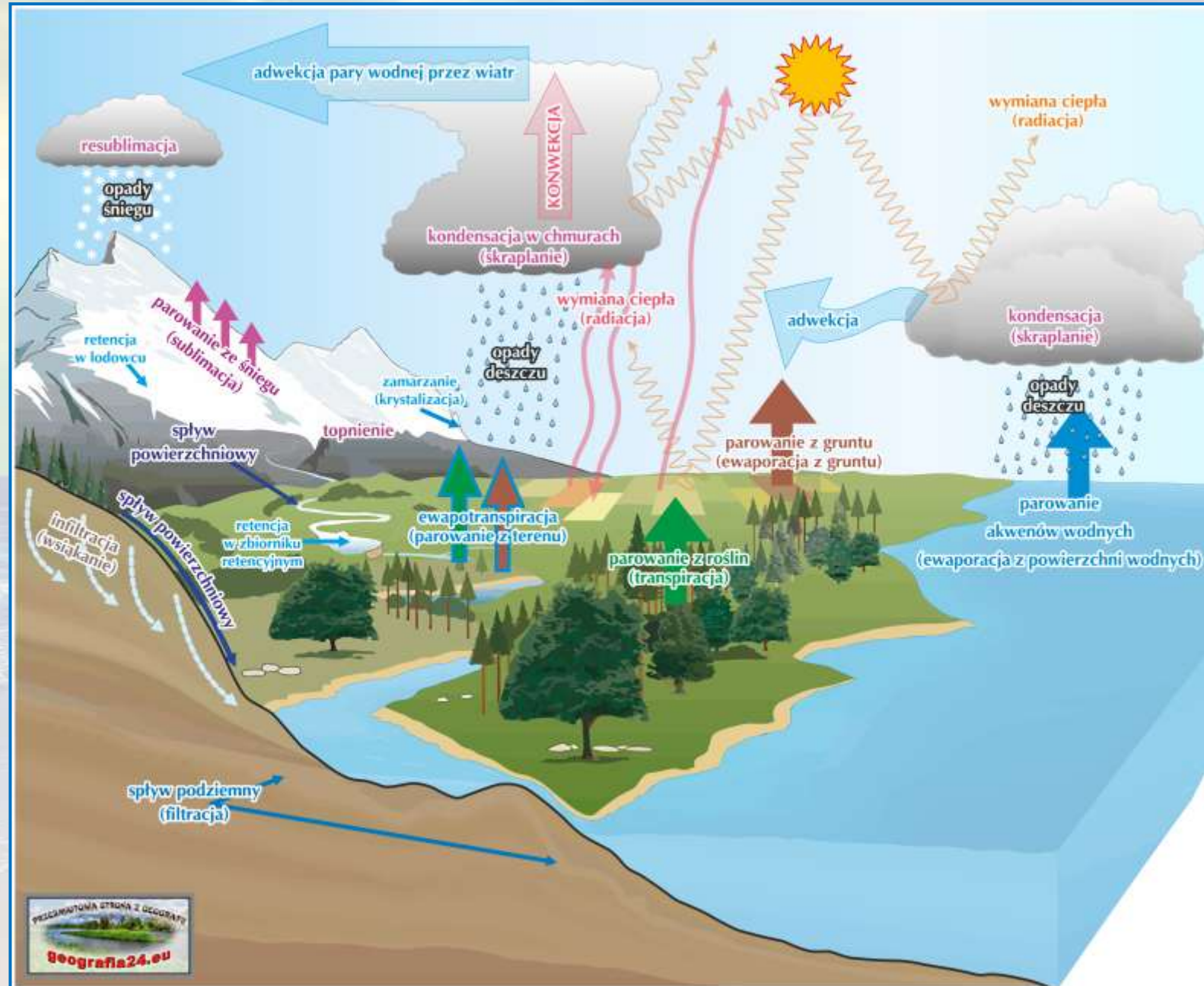




# Cykl hydrologiczny

♦ **Cykl hydrologiczny** – zamknięta wędrówka wody na styku atmosfery, litosfery i biosfery, w przestrzeni o zasięgu pionowym zaledwie kilkunastu kilometrów:

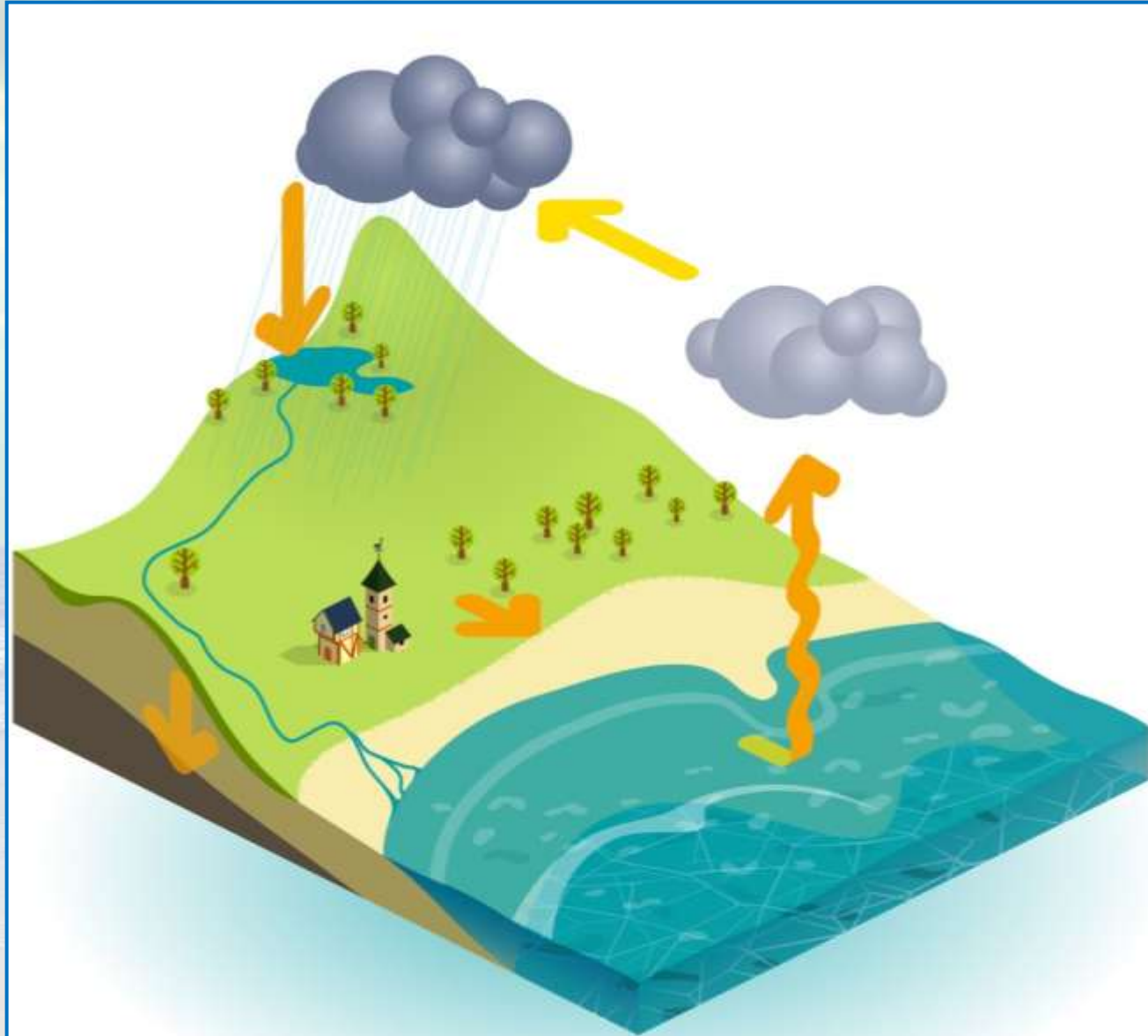
- ♦ od około **800 m pod ziemią** (w litosferze),
- ♦ do około **16 km nad ziemią** (w atmosferze).





# Cykl hydrologiczny

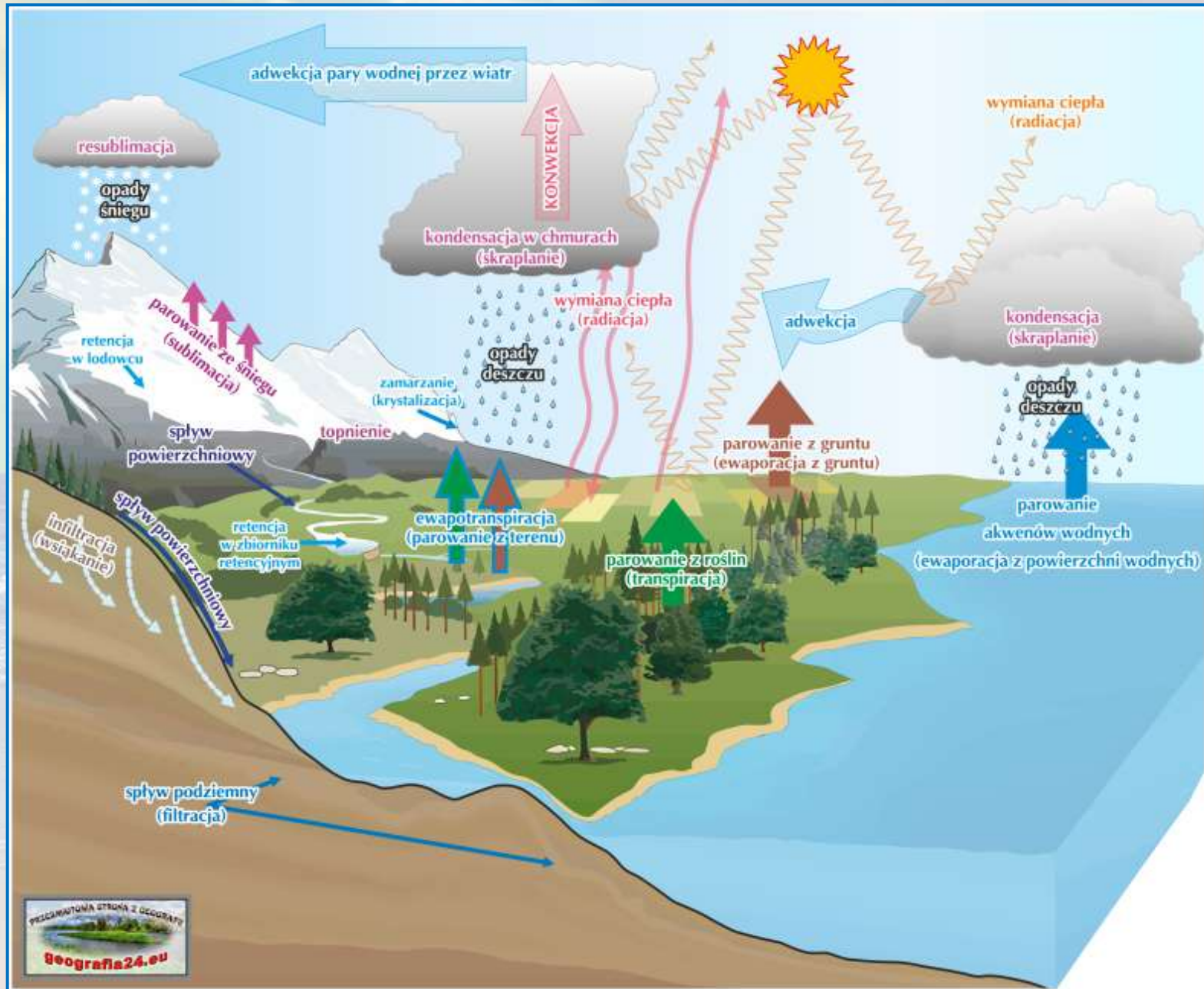
- Obliczono, że w ciągu roku w **cyklu hydrologicznym** uczestniczy jedynie **około 577 tysięcy km<sup>3</sup>**, tj. 0,04% całkowitej objętości hydrosfery.
- Teoretycznie potrzeba zatem **około 2 800 lat na pełną wymianę wód**.
- W rzeczywistości jednak:
  - część zasobów wodnych będzie uczestniczyła w tym okresie wielokrotnie w cyklu hydrologicznym,
  - głębsze wody podziemne, część lądolodów i głębinowe strefy Wszechoceanu mogą zupełnie nie wejść do obiegu.





# Najważniejsze składniki cyklu hydrologicznego

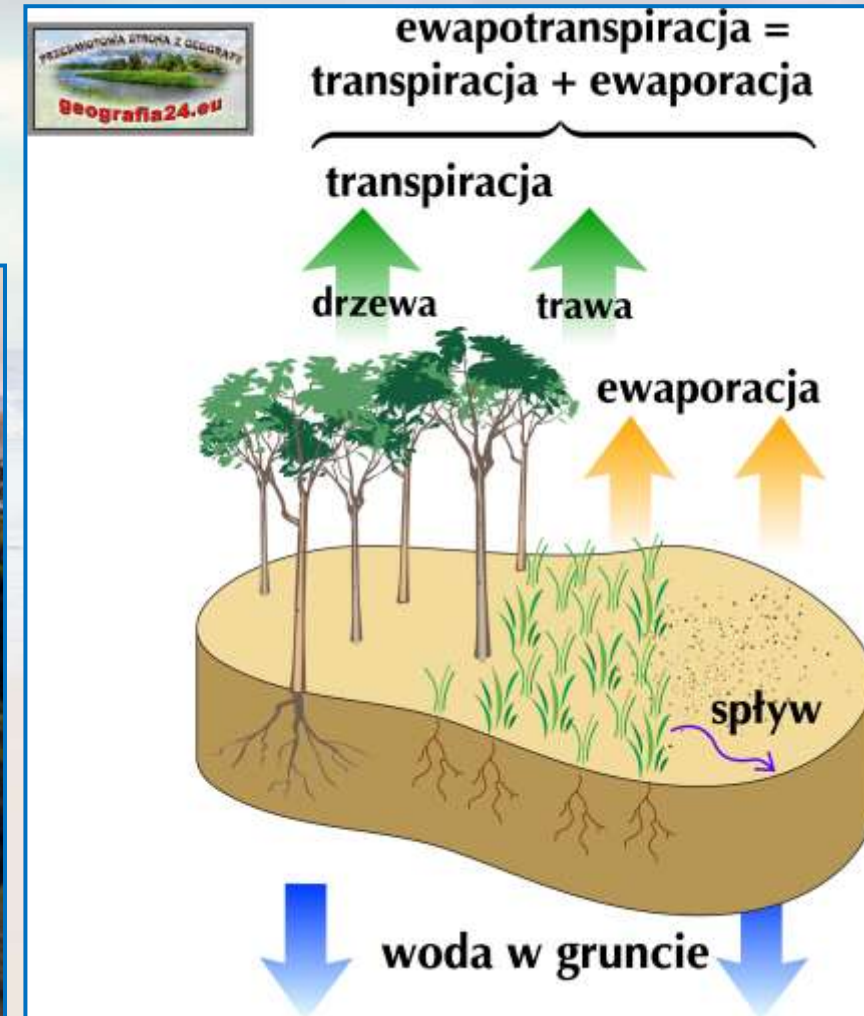
- ♦ W skrócie można określić, że **obieg wody** w przyrodzie przebiega następującymi etapami:
- ♦ **parowanie wody** (jest to etap pierwszy),
- ♦ wzrost wielkości **chmur** oraz ich **adwekcja** (przemieszczanie w poziomie),
- ♦ **kondensacja pary wodnej** (opad atmosferyczny) – **przemiana w stan ciekły (deszcz)** lub **stały (śnieg)**,
- ♦ gromadzenie się śniegu w postaci **pokrywy śnieżnej**, która może ulec **topnieniu** i przekształceniu w **wodę (ciecz)**,
- ♦ **spływ po powierzchni Ziemi** (**spływ powierzchniowy** ciekami wodnymi) lub **prześląkanie** (**infiltracja wody deszczowej**) bądź też **spływ pod powierzchnią Ziemi** (**odpływ podziemny**) do akwenów wodnych (jezior, mórz lub oceanów),
- ♦ ponowne **parowanie wody**.





# Składniki cyklu hydrologicznego – parowanie

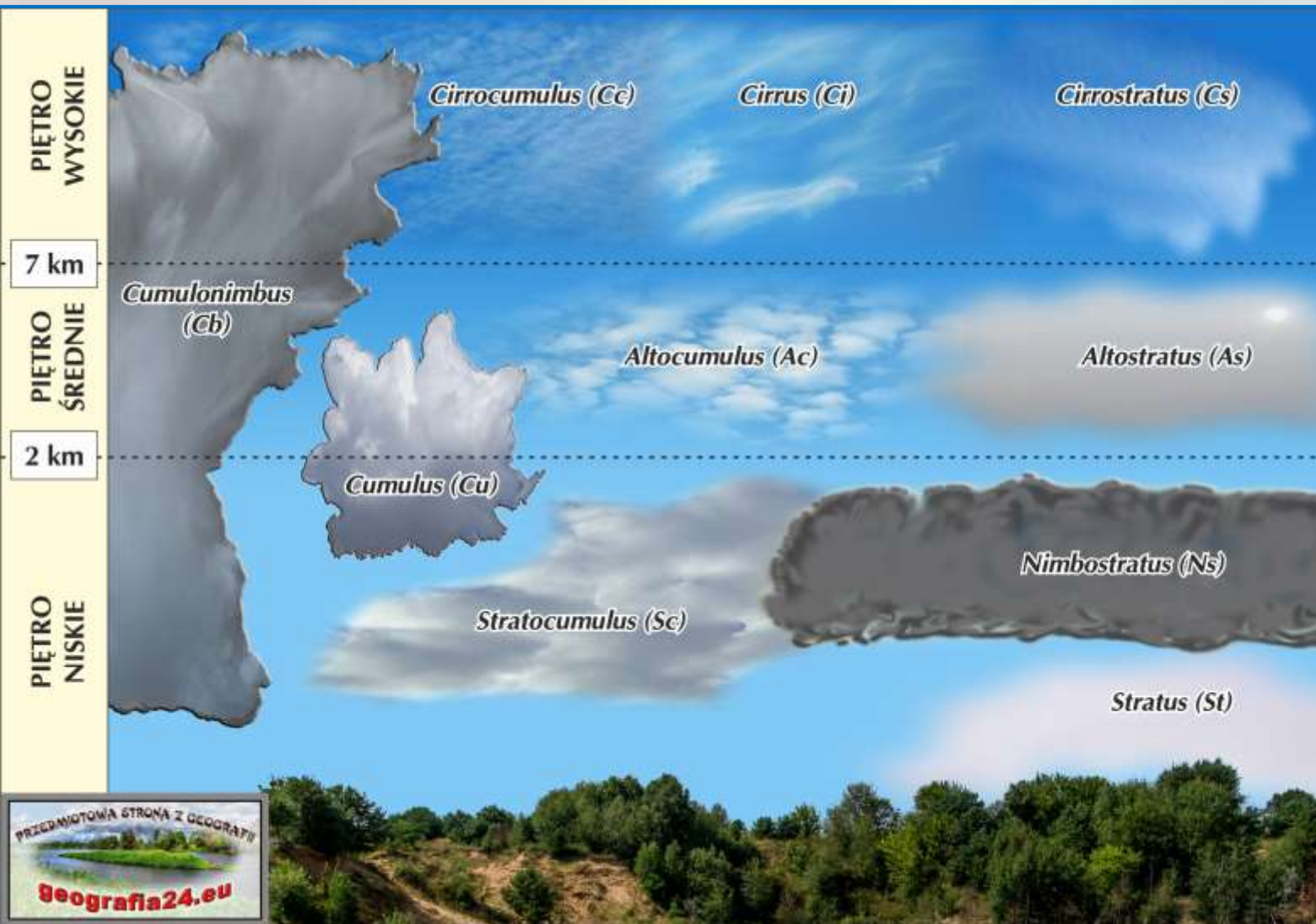
- ♦ Parowanie prowadzące do dostawania się pary wodnej do atmosfery może nastąpić na wskutek:
  - ♦ **parowania akwenów wodnych** (ewaporacji z powierzchni wodnych) – występujących w obrębie oceanów i mórz lub lądów (jezior, bagien, rzek);
  - ♦ **ewapotranspiracji** – parowania z powierzchni terenu, w obrębie którego występuje:
    - ♦ ewaporacja z gruntu – parowanie z powierzchni gruntu,
    - ♦ transpiracja – parowanie z powierzchni roślin;
  - ♦ **sublimacji** – przejścia ze stanu stałego w lotny,
  - ♦ parowanie ze śniegu lub lodu.





# Składniki cyklu hydrologicznego – chmury

- Para wodna gromadzi się w miejscach występowania tzw. **jąder kondensacji** w postaci **chmur**, które w wyniku dostawy kolejnych cząsteczek pary wodnej, ulegają wzrostowi i przekształceniu w kolejne rodzaje chmur.
- Chmury mogą być zbudowane z **kropel wody** lub **kryształków lodu**, bądź z jednego i z drugiego (chmury mieszane).





## Składniki cyklu hydrologicznego - adwekcja

- ♦ **Adwekcja** – polega na przenoszeniu pary wodnej w atmosferze w kierunku poziomym wraz z ruchami powietrza, wynikającymi z globalnej cyrkulacji atmosferycznej oraz innych czynników.
- ♦ W ten sposób nad tereny lądowe, które w znacznie mniejszym stopniu podlegają parowaniu, trafia część pary wodnej, która wyparowała z terenów morskich i oceanicznych.





# Składniki cyklu hydrologicznego – kondensacja pary wodnej

- ♦ **Para wodna**, zgromadzona w chmurach, w wyniku **ochładzania** (spadku **temperatury** pary wodnej poniżej **punktu rosy**) i wzrostu objętości chmur, ulega **kondensacji** (**skropleniu**) lub **resublimacji** (przejściu **ze stanu lotnego w stały**).
  - ♦ **Woda atmosferyczna** (w postaci **deszczu**, **śniegu** i **gradu**), spada w wyniku siły grawitacji na powierzchnię Ziemi.
- ♦ Część pary wodnej znajdującej się blisko powierzchni Ziemi może też w przypowierzchniowej warstwie kondensować i tworzyć różnego rodzaju **osady atmosferyczne** w postaci **rosy**, **szronu** i **szadzi**.





# Składniki cyklu hydrologicznego – spływ powierzchniowy

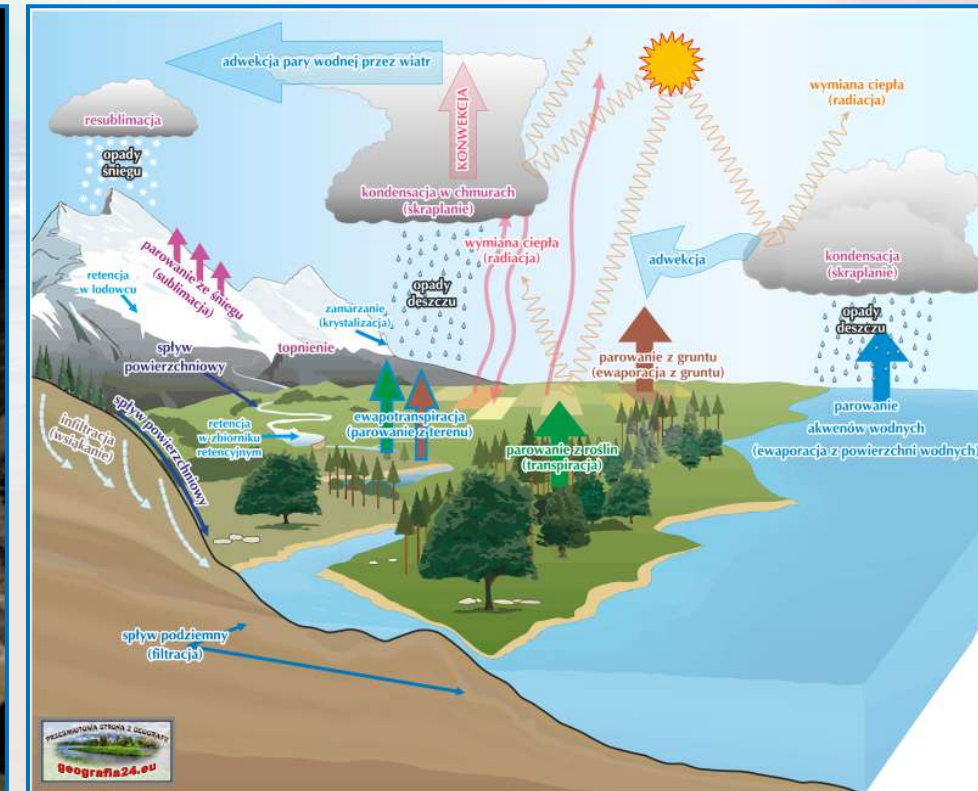
- ♦ **Spływ powierzchniowy** obejmuje część wód opadowych lub pochodzących z topnienia śniegu, czy wydostających się spod powierzchni Ziemi (ze źródeł), która pozostanie na samej powierzchni Ziemi (nie wsiąknie lub nie przemieści się spękaniem w głąb gleby lub skał):
  - ♦ spływająca ciekami wodnymi (strumieniami, potokami lub rzekami) woda bezpośrednio zasila oceany,
  - ♦ spływająca woda może trafić także do różnego rodzaju lądowych zbiorników wodnych - będących obszarami o charakterze bezodpływowym, np. jezior, oczek wodnych lub bagien.





# Składniki cyklu hydrologicznego – odpływ podziemny

- ♦ **Odpływ podziemny** jest procesem w wyniku którego woda ulegająca przemieszczaniu się w głąb Ziemi, przedostaje się do podziemnej sieci hydrograficznej, którą wykorzystuje w celu dalszego spływu.
- ♦ W procesie tym występują dwie fazy:
  - ♦ **faza wsiąkania**, tzw. **infiltracja** – obejmująca **proces wsiąkania wody** w glebę lub skały,
    - ♦ woda przemiesza się w strefie napowietrzenia ruchem w przybliżeniu **pionowym**;
  - ♦ **faza odpływu podziemnego**, tzw. **filtracja** – w wyniku której woda, która wcześniej wsiąkła zaczyna się przemieszczać pod powierzchnią ziemi wykorzystując pory i szczeliny obecne w skałach,
    - ♦ woda przemiesza się w strefie saturacji ruchem w przybliżeniu **poziomym**.





# Pozostałe składniki cyklu hydrologicznego

- ♦ Pozostała część krążącej w przyrodzie wody może czasowo ulec zjawisku **retencji**, czyli chwilowemu zatrzymaniu w obiegu wody.
- ♦ Może to nastąpić m.in. w wyniku:
  - ♦ **resublimacji** – przejścia ze stanu lotnego w stan stały,
  - ♦ **zamarzania (krystalizacji)** – przejścia ze stanu ciekłego w stan stały.
- ♦ W ten sposób retencji ulega woda gromadząca się w postaci lodowców i lądolodów.
- ♦ Zjawisko retencji może dotyczyć także innych wód.

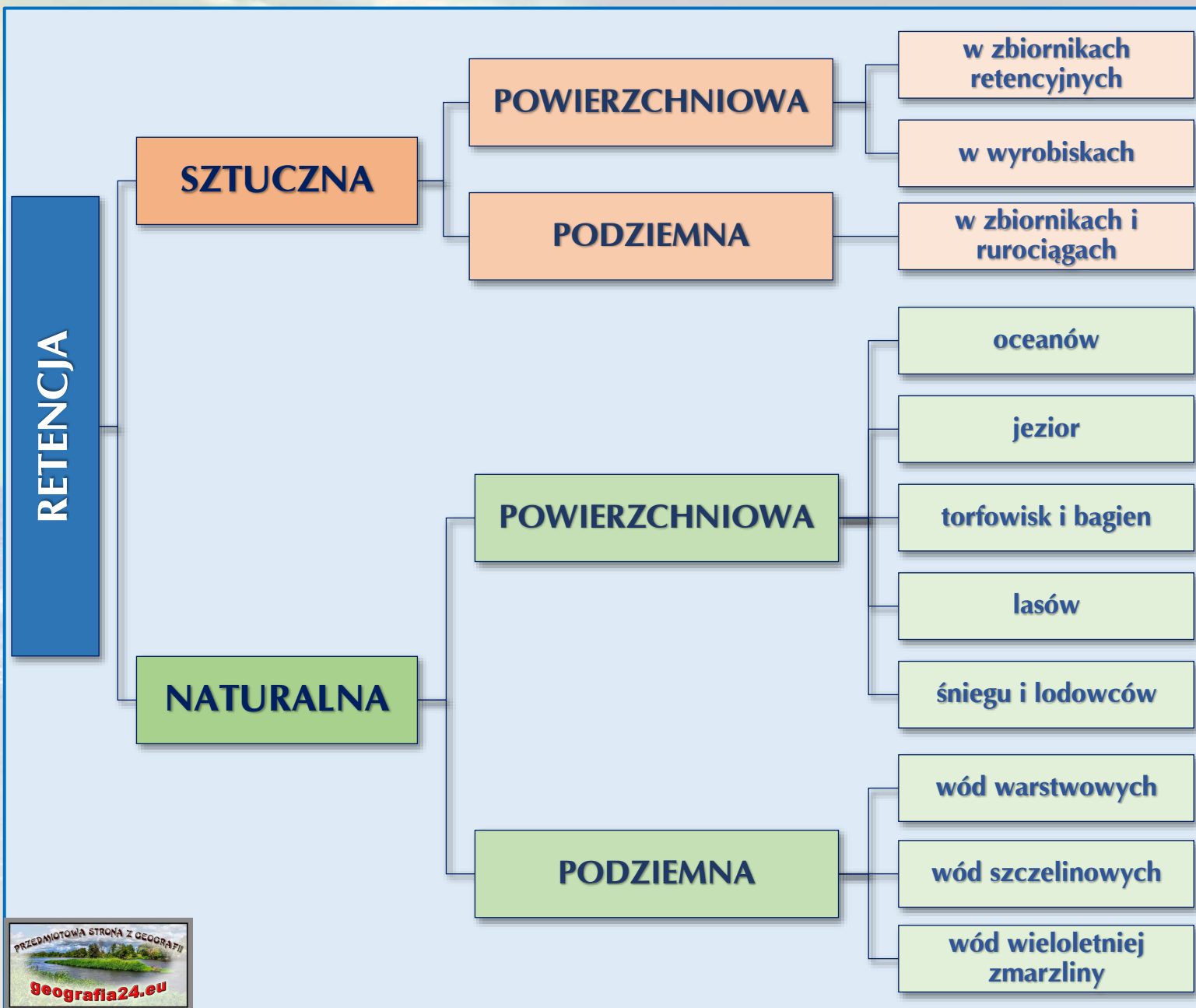




# Retencja

♦ Woda podlegająca **retencji** pozostaje w zamkniętym obiegu na Ziemi, jednak prędkość jej przemieszczania się i opuszczania “retencji” w poszczególnych ogniwach zależy od środowiska, w którym występuje:

- ♦ **retencji powierzchniowej,**
- ♦ **retencji podziemnej.**





# Retencja

- ♦ Czas przebywania wód w stanie retencji bywa bardzo różny i zależy od szeregu czynników.



Retencja



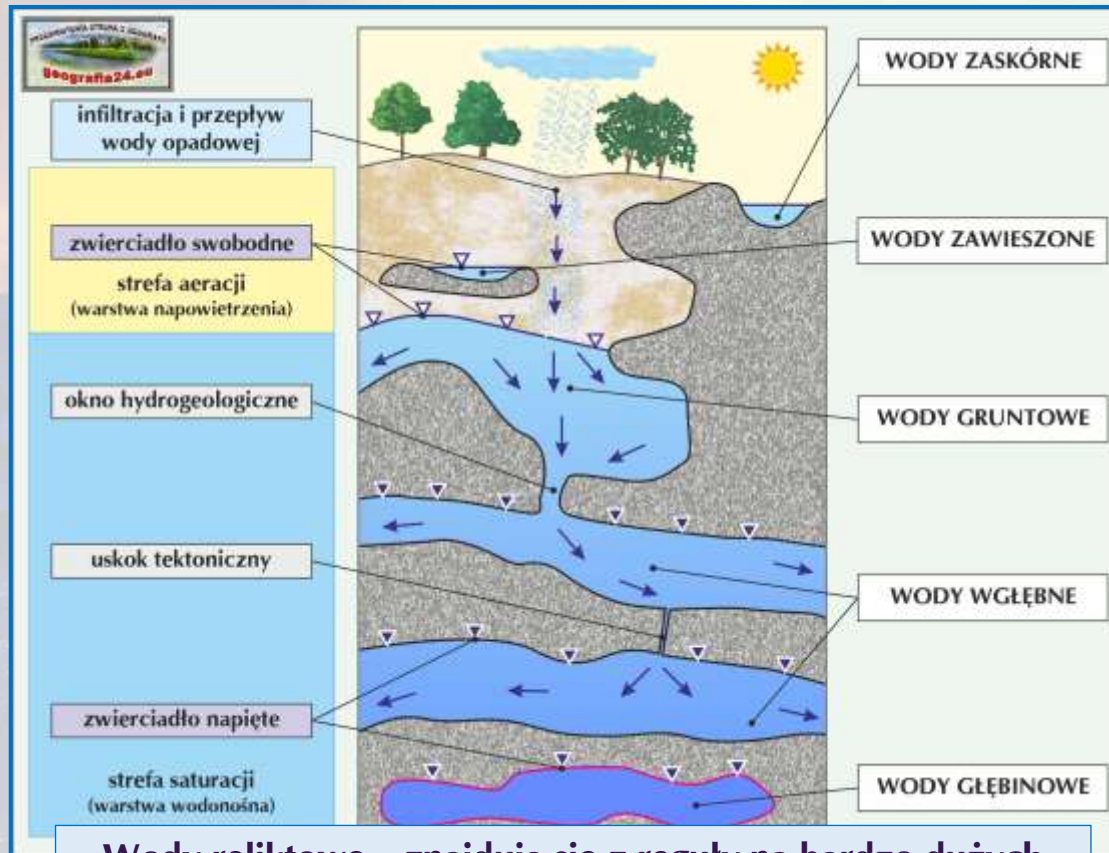
POSTAĆ WODY	ŚREDNI CZAS
woda biologiczna	7 godzin
woda w atmosferze	8-10 dni
tereny podmokłe	5 lat
woda w jeziorach	3-7 lat
woda podziemna	300-5000 lat
lodowce	8000 lat
wody oceanów	4000 lat



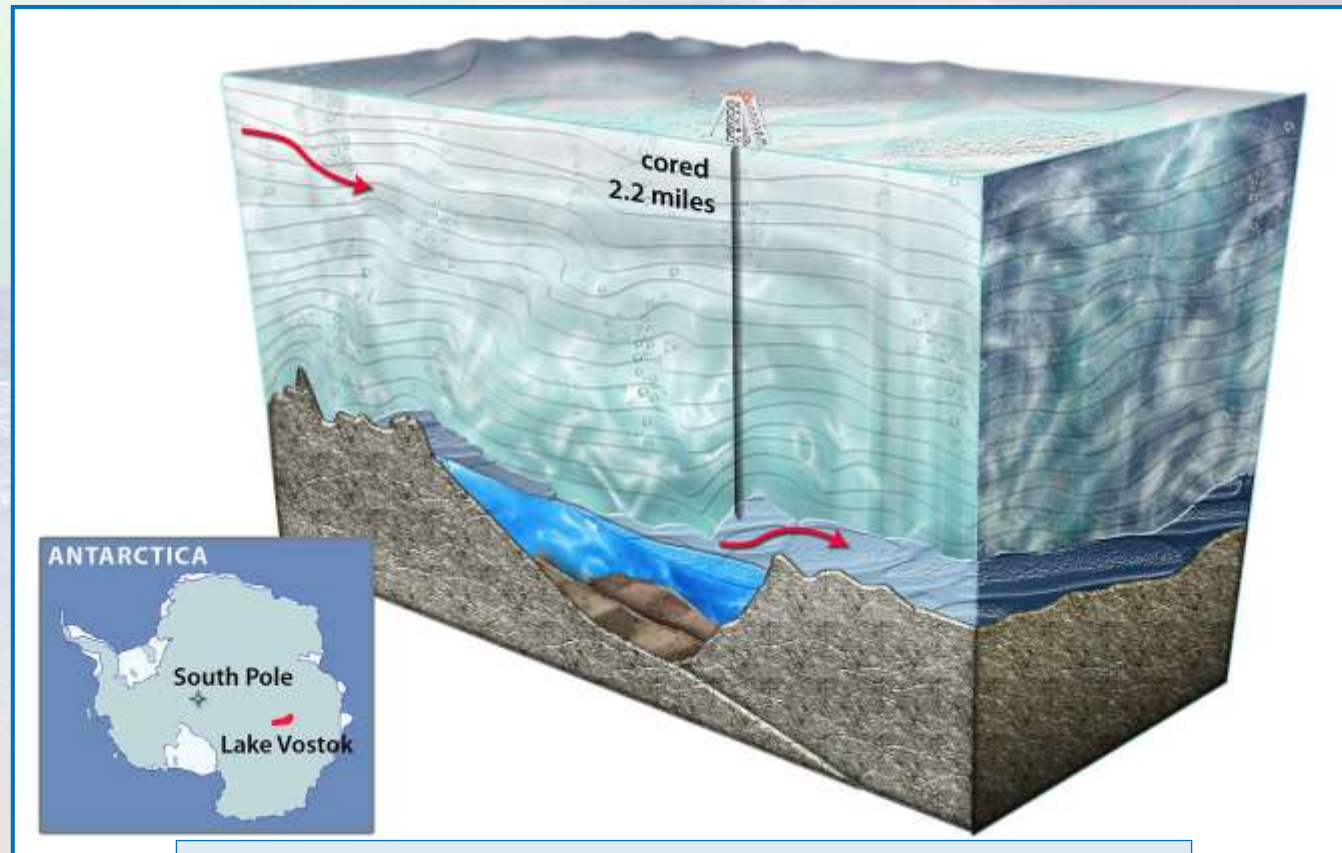


# Wody reliktowe

- ♦ **Wody reliktowe** – są wodami podziemnymi znajdującymi się na bardzo dużych głębokościach.
- ♦ Są to wody:
  - ♦ uwięzione i odcięte od innych wód, warstwą nieprzepuszczalną (skałami lub lodem z lądolodu),
  - ♦ pozostałości wód z minionych okresów geologicznych,
  - ♦ znajdujące się poza strefą aktywnej wymiany – nie biorą udziału w globalnym obiegu wody.



Wody reliktowe – znajdują się z reguły na bardzo dużych głębokościach – pod wszystkimi warstwami wód – na powyższej rycinie się one nie zmieściły ☺

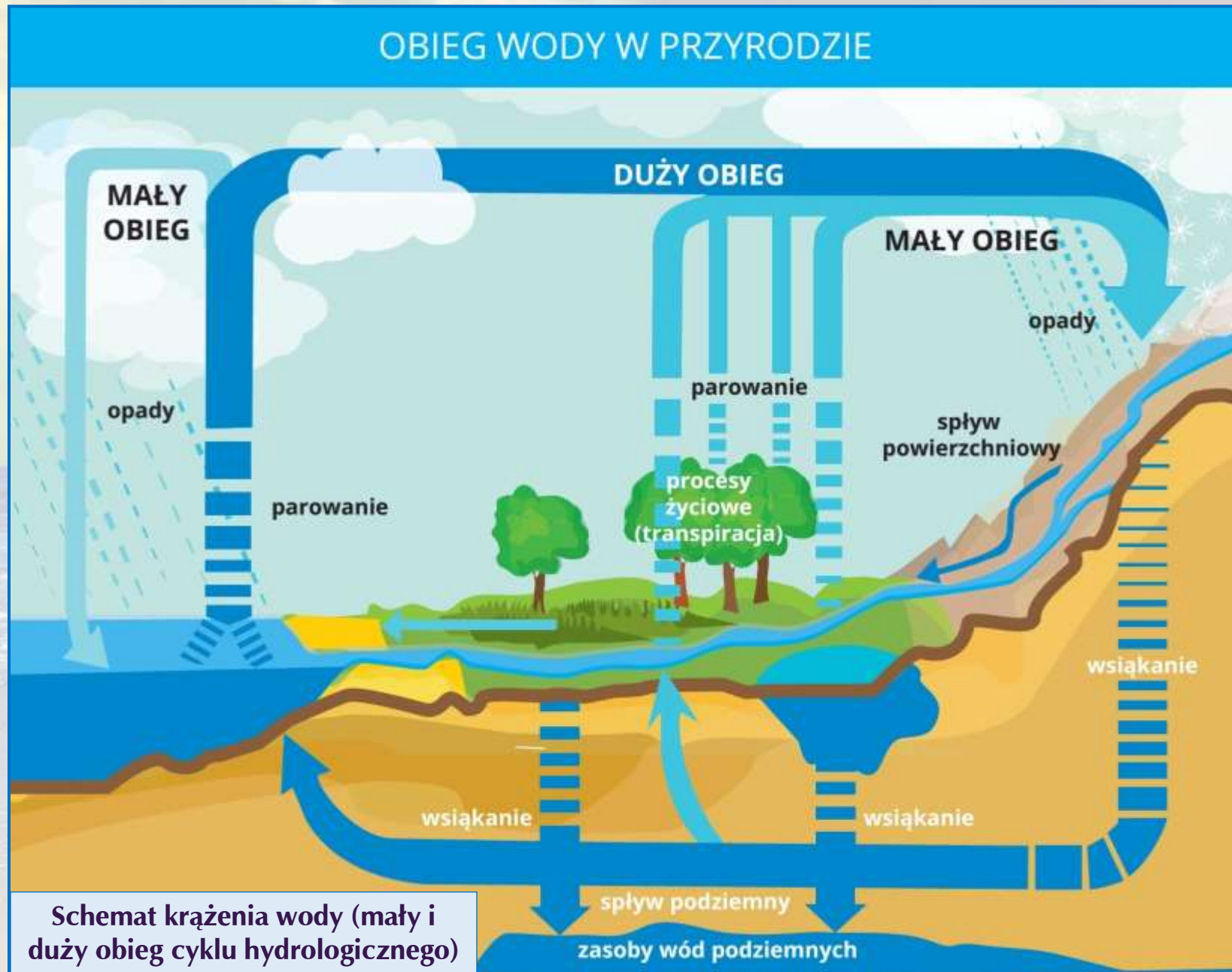


Schematyczny przekrój ukazujący odwiert prowadzący do Jeziora Wostok – w którym występują **wody reliktowe**



# Mały i duży obieg cyklu hydrologicznego (obieg wody w przyrodzie)

- ♦ **Duży obieg hydrologiczny** – obejmuje pełny obieg wody w przyrodzie, odbywający się pomiędzy wszystkimi trzema środowiskami, tj. **morzami i oceanami, atmosferą i litosferą (kontynentami)**.





# Mały obieg hydrologiczny

- ♦ **Mały obieg hydrologiczny** – obejmuje obieg wody pomiędzy **dwoma środowiskami**, tj.:
  - ♦ **akwenami morskimi i oceanicznymi (hydrosferą)** oraz **atmosferą** – dotyczy to wody która wyparowała z powierzchni morskich i oceanicznych oraz powtórnie się tam znalazła po wystąpieniu opadu atmosferycznego, co zamknęło obieg,
  - ♦ **kontynentami (litosferą)** oraz **atmosferą** – jeżeli pominięty został oceaniczny odcinek cyklu hydrologicznego, czyli wystąpiło tylko parowanie z kontynentu, opad na jego powierzchnię, wsiąkanie i odpływ oraz ponownie parowanie z kontynentu.





# Bilans wodny dla Ziemi

- ♦ **Bilans wodny** – jest to zestawienie przychodów i ubytków wody dla jakiegoś obszaru lub całej Ziemi.
- ♦ Bilans ten wykonuje się dla **roku hydrologicznego**, a nie kalendarzowego.
- ♦ W Polsce rok hydrologiczny rozpoczyna się w listopadzie i kończy w październiku kolejnego roku (występuje wtedy najmniejsza retencja).
- ♦ Przyjmuje się, że **bilans wody dla Ziemi jest zerowy**, czyli:

$$P = E$$

**P** – całkowity opad atmosferyczny na obszary oceaniczne i lądowe

**E** – całkowite parowanie z powierzchni oceanicznych i lądowych

## Składniki bilansu wodnego

### PRZYCHODY

opady i osady atmosferyczne

dopływ powierzchniowy i  
podziemny

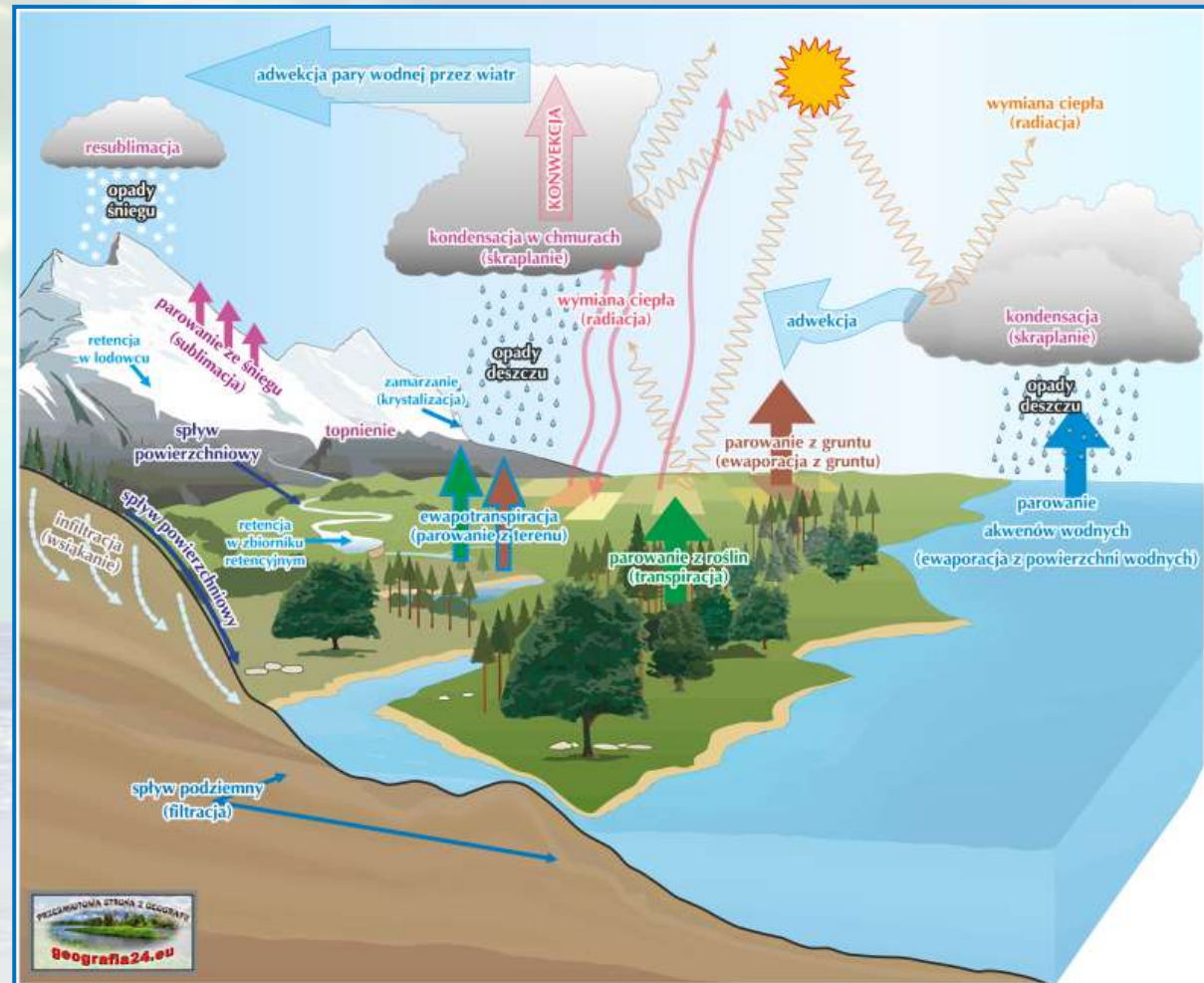
zasoby pozostałe z ubiegłego  
roku

### UBYTKI

parowanie

odpływ powierzchniowy i  
podziemny

zasoby pozostałe na następny  
okres





# Bilans wodny lądowej i oceanicznej fazy cyklu hydrologicznego

- ♦ **Bilans wodny dla fazy lądowej cyklu hydrologicznego** opisuje następujący wzór:

$$P_K = \Delta R_K + H_K + E_K$$

- $P_K$  – całkowity opad atmosferyczny na obszary lądów
- $\Delta R_K$  – zmiany retencji wody na lądach
- $H_K$  – całkowity odpływ z lądów do oceanu światowego
- $E_K$  – całkowite parowanie z powierzchni lądów



- ♦ **Bilans wodny dla fazy oceanicznej cyklu hydrologicznego** opisuje zaś wzór:

$$P_O = \Delta R_O - H_K + E_O$$

- $P_O$  – całkowity opad atmosferyczny na powierzchnię oceanu światowego
- $\Delta R_O$  – zmiany retencji wody w oceanie światowym
- $H_K$  – całkowity dopływ z lądów do oceanu światowego
- $E_O$  – całkowite parowanie z powierzchni oceanu światowego





# Bilans wodny dla poszczególnych obszarów na Ziemi

- ♦ Bilans wodny dla różnych miejsc na Ziemi może być dodatni lub ujemny.
- ♦ W przypadku fazy lądowej obiegu wody występuje **przewaga opadu atmosferycznego nad parowaniem** (nadwyżka kierowana jest do oceanów).
- ♦ Lokalnie oczywiście mogą występować dysproporcje i w przypadku:
  - ♦ **dodatniego bilansu wodnego** – mamy do czynienia z sytuacją w której więcej wody przybywa, niż jej ubywa,

$$P_K > \Delta R_K + H_K + E_K$$

- ♦ **ujemnego bilansu wodnego** – mamy do czynienia z sytuacją w której więcej wody ubywa, niż jej przybywa,

$$P_K < \Delta R_K + H_K + E_K$$

- $P_K$  – całkowity opad atmosferyczny na obszary lądów
- $\Delta R_K$  – zmiany retencji wody na lądach
- $H_K$  – całkowity odpływ z lądów do oceanu światowego
- $E_K$  – całkowite parowanie z powierzchni lądów

- ♦ W przypadku fazy oceanicznej obiegu wody mamy do czynienia z **przewagą parowania nad opadem atmosferycznym**, zaś powstały niedobór jest uzupełniany dopływem z lądów.





# Obszary o dodatnim i ujemnym bilansie wodnym na Ziemi

♦ Podsumowując na Ziemi można wskazać obszary zarówno o dodatnim, jak i ujemnym bilansie wodnym.

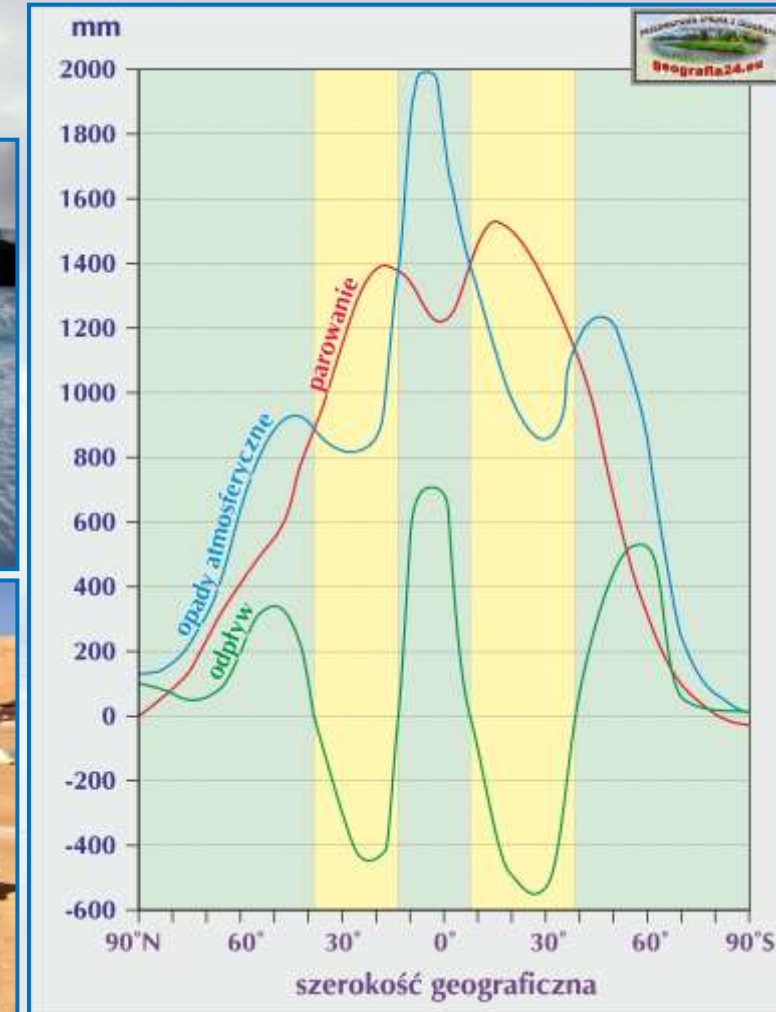
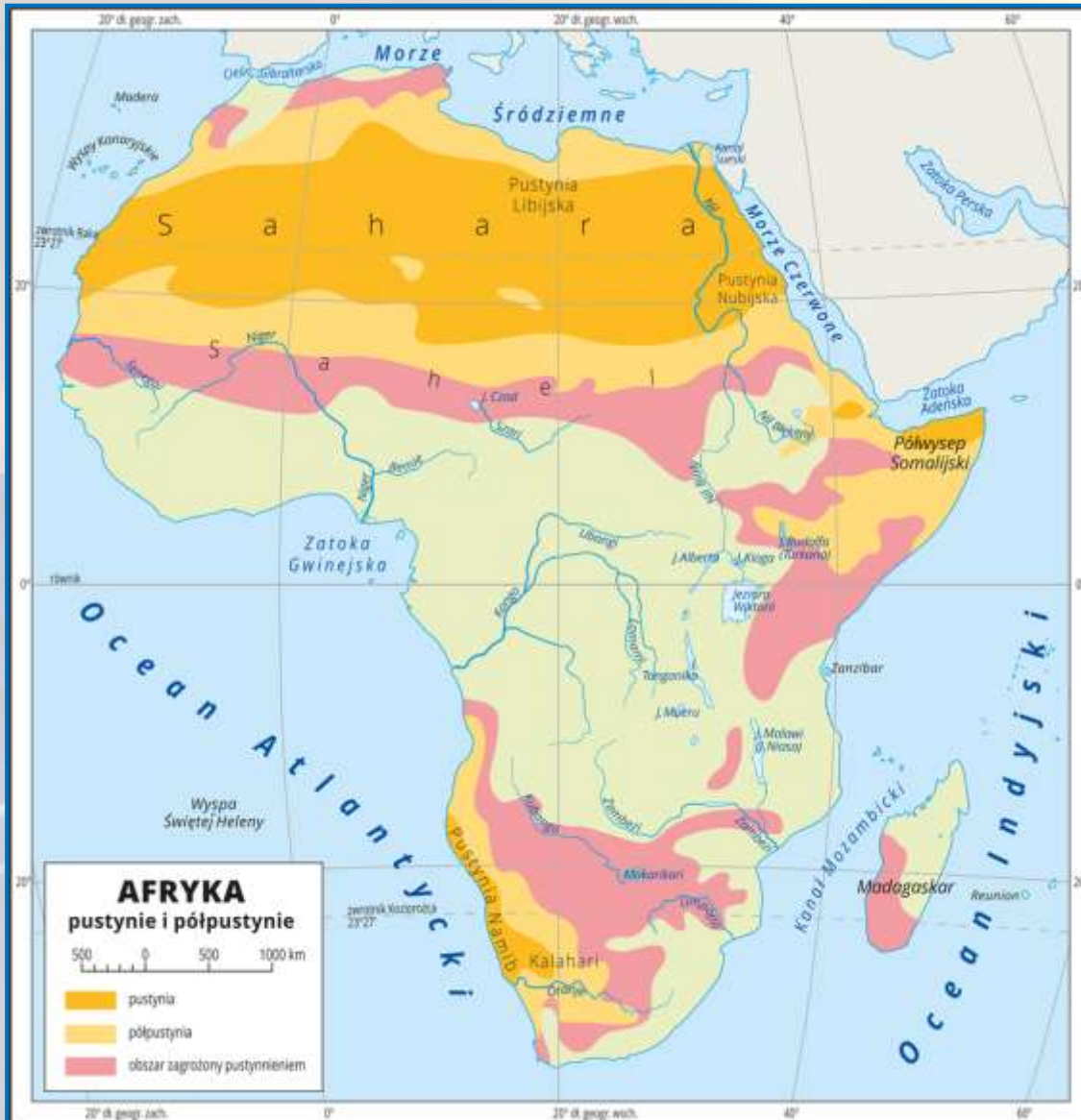
## PRZYKŁADY OBSZARÓW O BILANSIE WODNYM NA ZIEMI:

DODATNIM		UJEMNYM	
strefa równikowa	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Nizina Amazonki</li><li>➤ Kotlina Kongo</li><li>➤ Archipelag Malajski</li></ul>	strefa zwrotnikowa	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sahara</li><li>➤ Kalahari</li><li>➤ Półwysep Arabski</li><li>➤ środkowa Australia</li></ul>
tereny leżące w pobliżu mórz, obok których przepływają ciepłe prądy morskie	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ zachodnia część Gór Skandynawskich</li><li>➤ północno-zachodnia część Gór Nadbrzeżnych</li></ul>	tereny leżące w pobliżu mórz, obok których przepływają zimne prądy morskie	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ pustynia Namib</li><li>➤ pustynia Atakama</li></ul>
obszary o utrudnionym odpływie wód (np. wieloletnia zmarzlina)	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Nizina Zachodniosyberyjska</li></ul>	obszary lądowe położone daleko od mórz, o małym dopływie wód	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ środkowa Azja (Nizina Turańska, pustynia Gobi)</li></ul>
strefa okołobiegunowa	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Grenlandia</li><li>➤ Antarktyda</li></ul>	obszary leżące w tzw. cieniu opadowym	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kotlina Kaszgarska</li><li>➤ Wielka Kotlina</li></ul>



# Obszary o dodatnim i ujemnym bilansie wodnym (obszary zagrożone pustynnieniem)

- Tereny, gdzie występuje ujemny bilans wodny, są także z reguły obszarami zagrożonymi pustynnieniem lub już występują tam pustynie.



Zestawienie rocznych wartości opadów, parowania i odpływu całkowitego w zależności od szerokości geograficznej:

- kolor tła zielony oznacza strefy w których dominuje **dodatni bilans wodny** – są to obszary, na których występuje przewaga opadów nad parowaniem.
- kolor tła żółty oznacza strefy, w których dominuje **ujemny bilans wodny** – są to obszary o przewadze parowania nad opadami.



# KONIEC



**Materiały pomocnicze do nauki**  
**Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)**

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*  
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE**  
**- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**