



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 ok. 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.



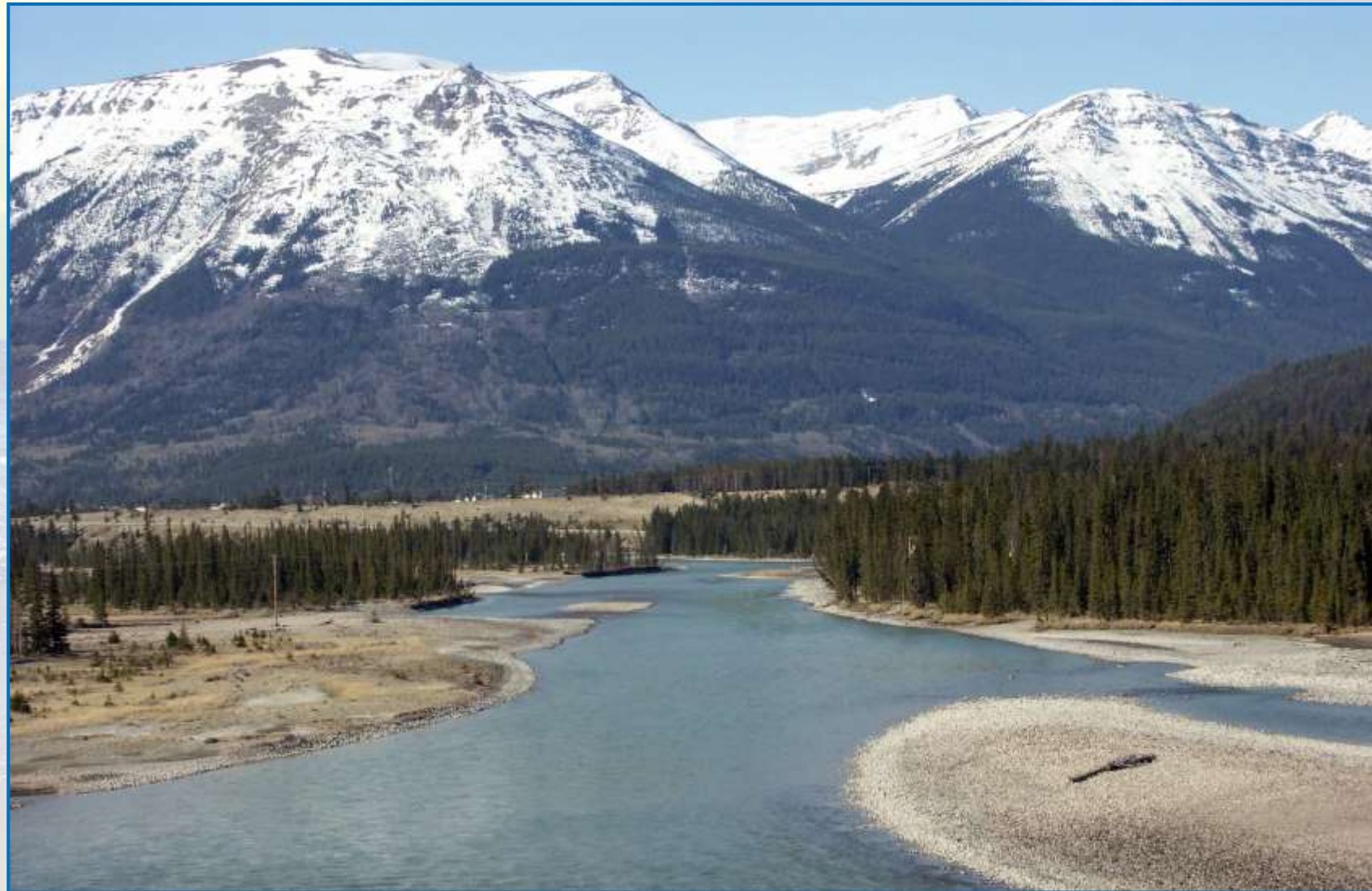
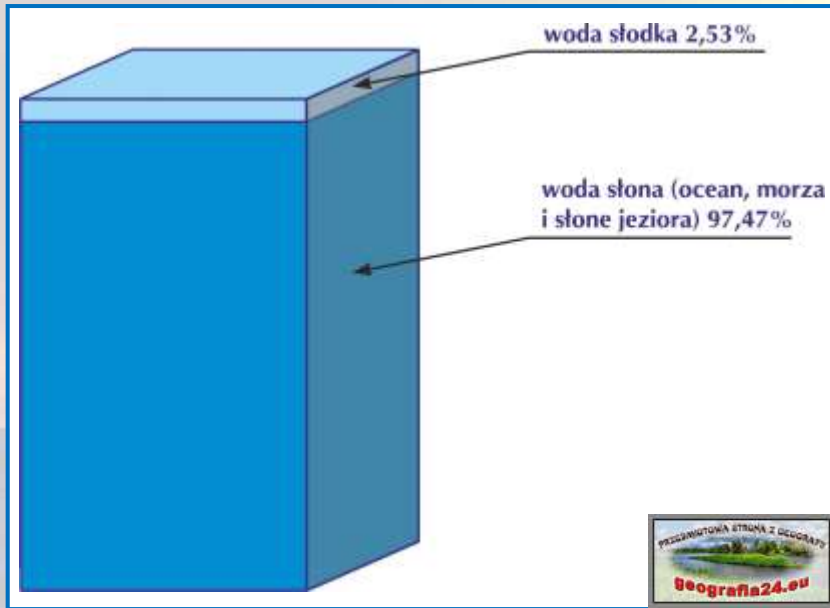
Zasoby hydrosfery

- ◆ Ilość wody nagromadzonej w hydrosferze pozostaje mniej więcej stała i wynosi około **1,386 mld km³**, 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 km³ na skutek naturalnych procesów:
 - ◆ syntezy wody z gazowego O₂ i H₂;
 - ◆ wydzielania wód juwenilnych z magmy i skał.
 - ◆ **ubytki** wody:
 - ◆ około 0,3 km³ 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

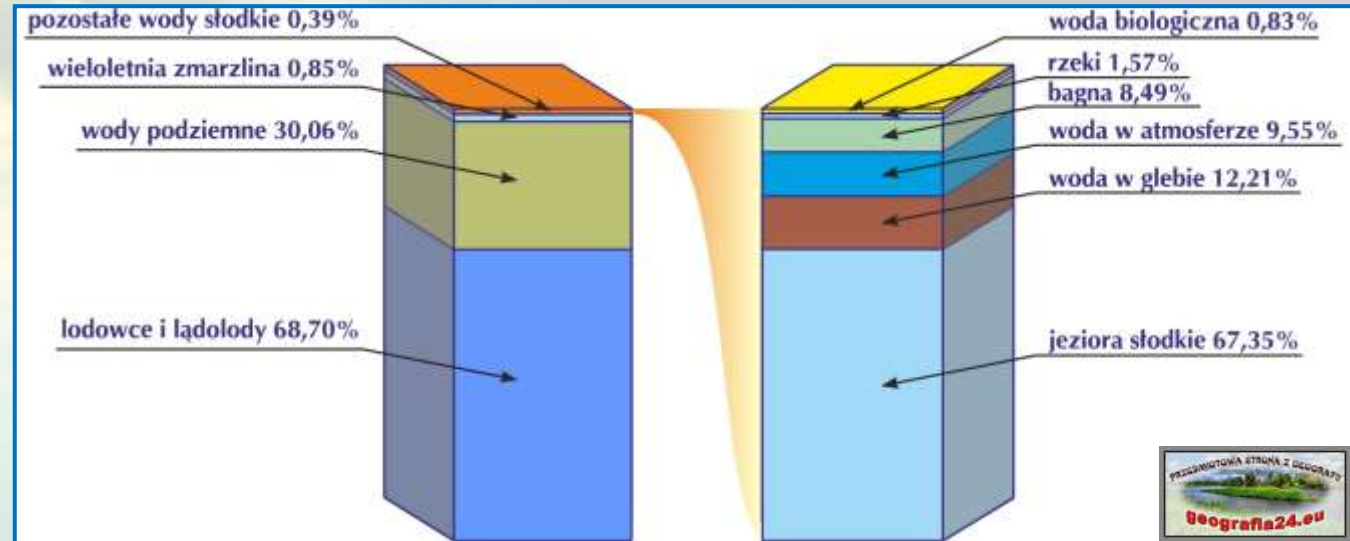
- ♦ **Ziemska hydrosfera** jest powłoką stosunkowo słoną – **wody słone** stanowią **97,47%** wszystkich wód.
- ♦ **Wody słodkie**, stanowiące zaledwie **2,53%**, zawarte są głównie w lodolodach, lodowcach oraz w postaci wód podziemnych.



Ilość wód możliwych do wykorzystania przez człowieka

♦ Ilość potencjalnych wód możliwych do wykorzystania przez człowieka jest stosunkowo niewielka – wynosi ona mniej niż 0,5%.

♦ Należą do nich przede wszystkim wody słodkie, zawarte w rzekach i jeziorach, a także w miarę płytko usytuowane wody podziemne.



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**,
 - ♦ **cehuje się wysokim napięciem powierzchniowym**,
 - ♦ dzięki temu m.in. lekkie przedmioty o dużej powierzchni nie toną.

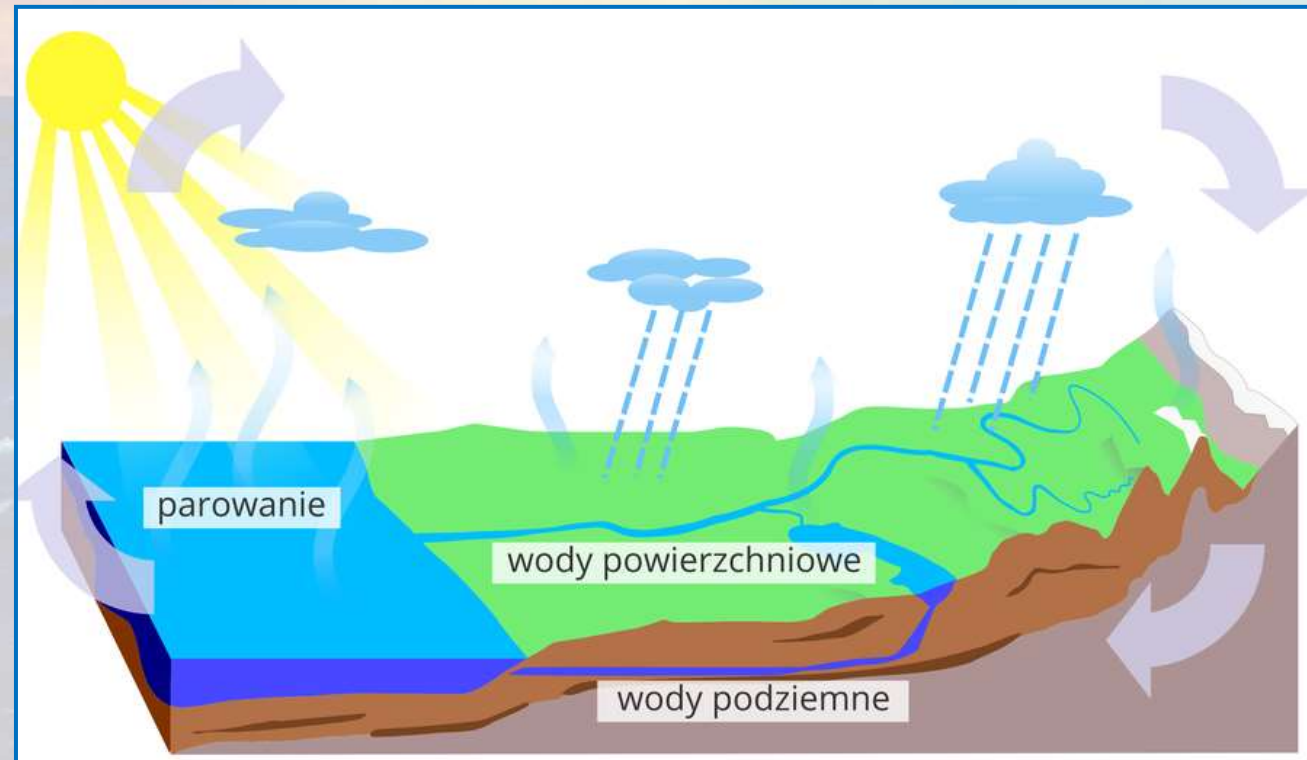




Obieg wody w przyrodzie

Przyczyny krążenia wód w przyrodzie

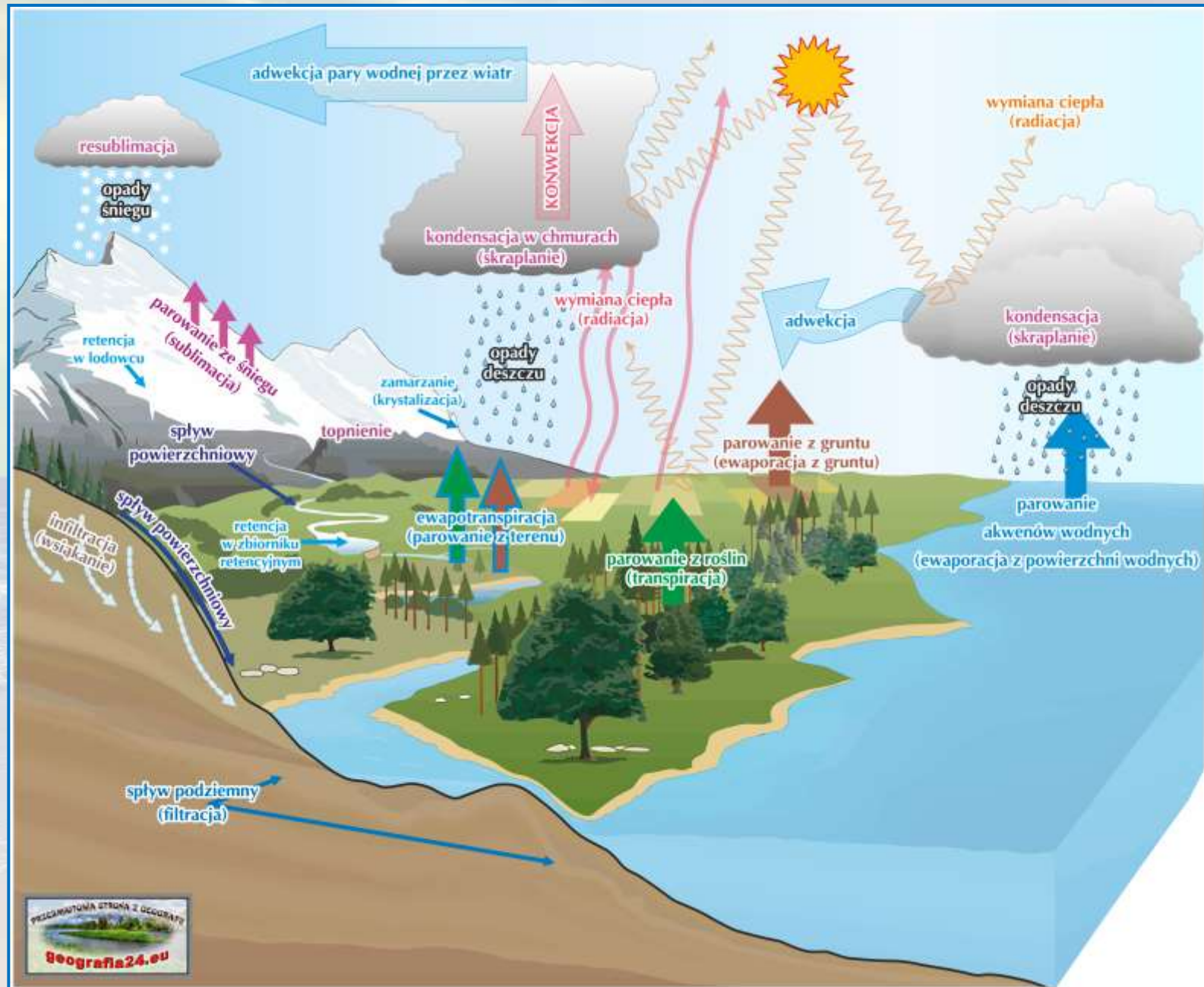
- ◆ Od momentu pojawienia się wody na powierzchni Ziemi rozpoczął się proces jej obiegu.
- ◆ Aby mógł on zaistnieć, potrzebne były siły, które by go zainicjowały i podtrzymywały:
 - ◆ **energia cieplna:**
 - ◆ promieniowanie słoneczne, które prowadzi do unoszenia się mas powietrza z parą wodną,
 - ◆ 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

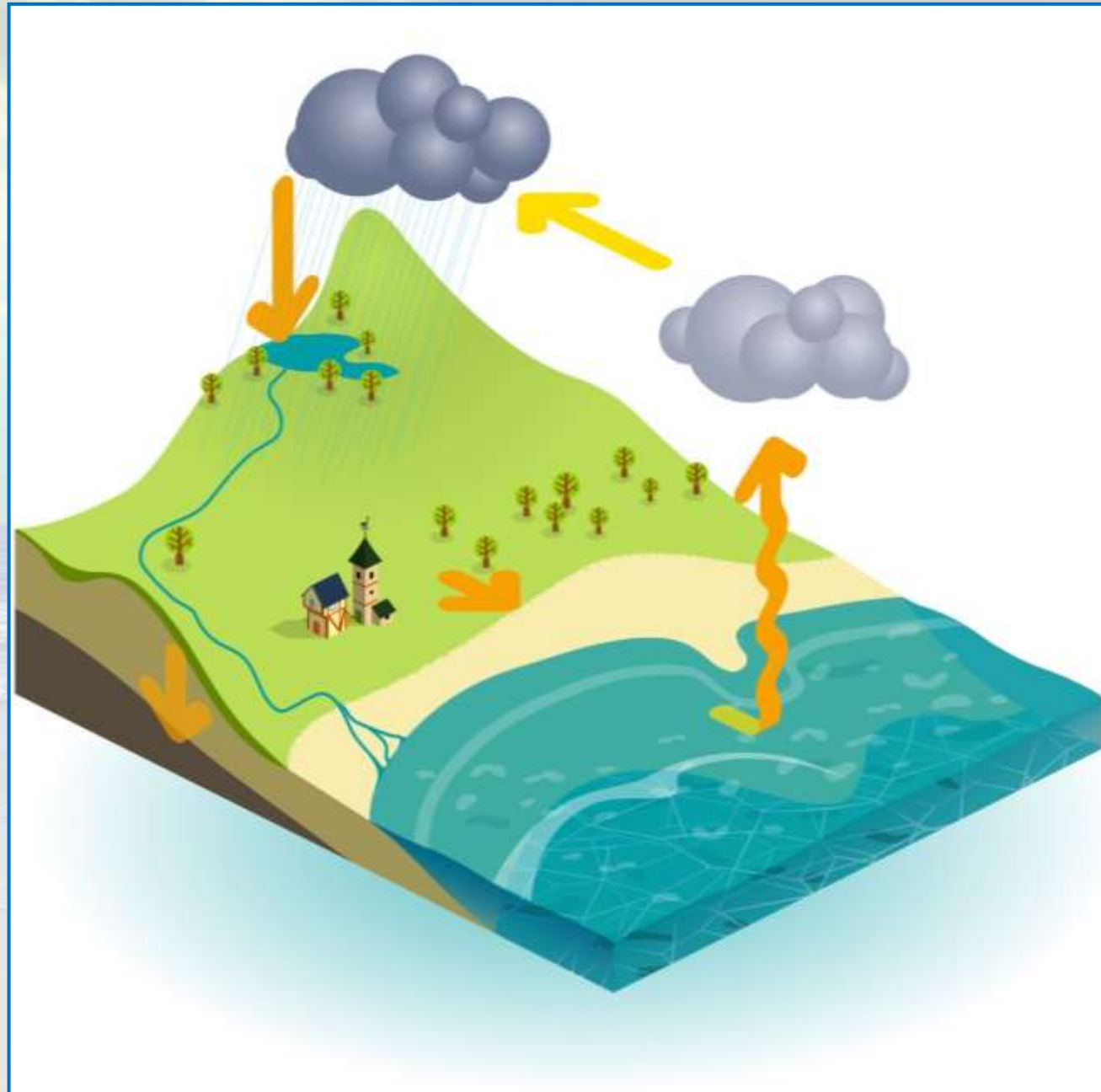
♦ **Cykl hydrologiczny** – zamknięta wędrówka wody na styku atmosfery, litosfery i biosfery, w przestrzeni o zasięgu pionowym zaledwie kilkunastu kilometrów:

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



Cykl hydrologiczny

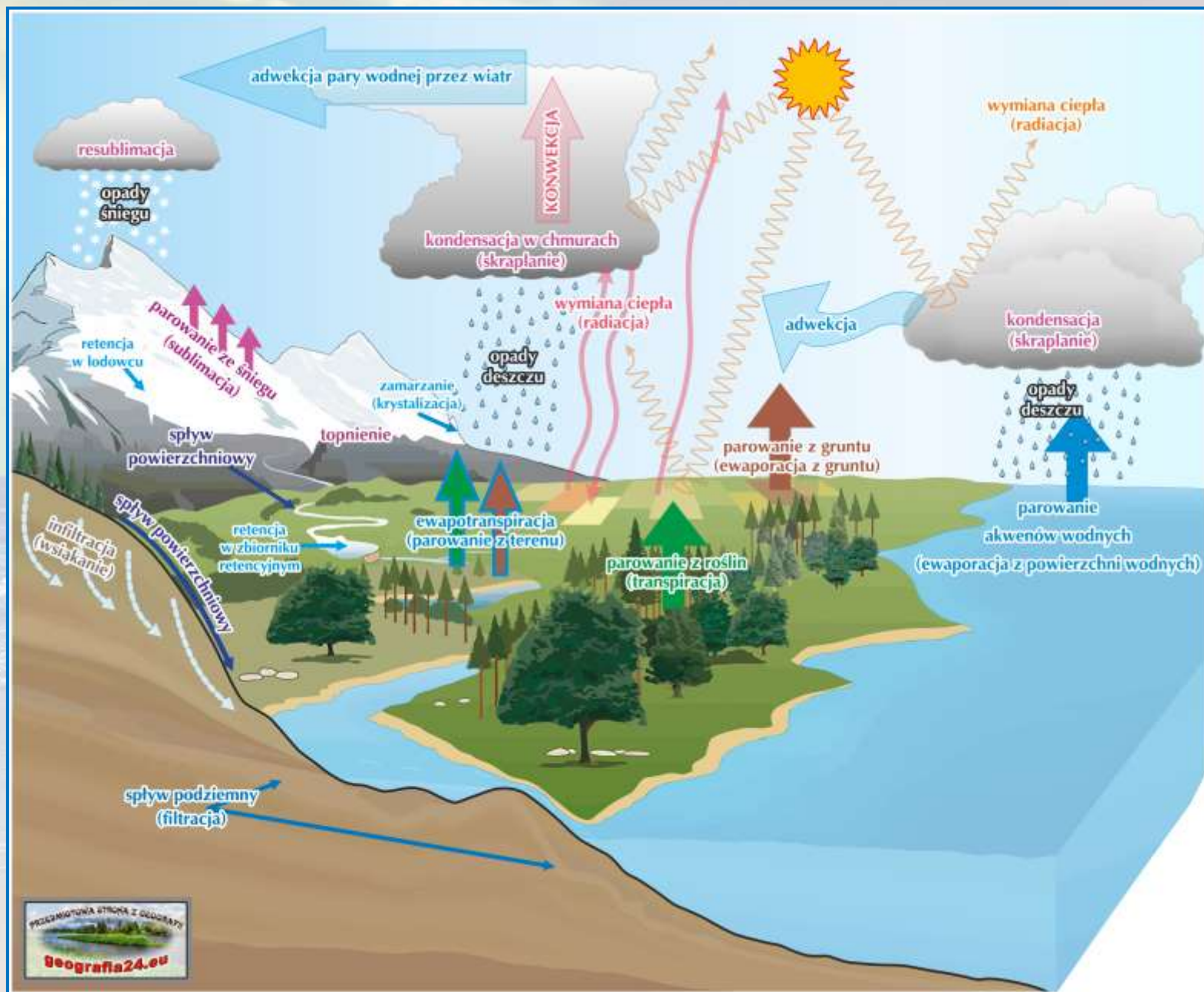
- ◆ Obliczono, że w ciągu roku w **cyklu hydrologicznym** uczestniczy jedynie **około 577 tysięcy km³**, tj. **0,04%** całkowitej objętości hydrosfery.
- ◆ Teoretycznie potrzeba zatem **około 2 800 lat** na **pełną wymianę wód**.
- ◆ W rzeczywistości jednak:
 - ◆ część zasobów wodnych będzie uczestniczyła 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

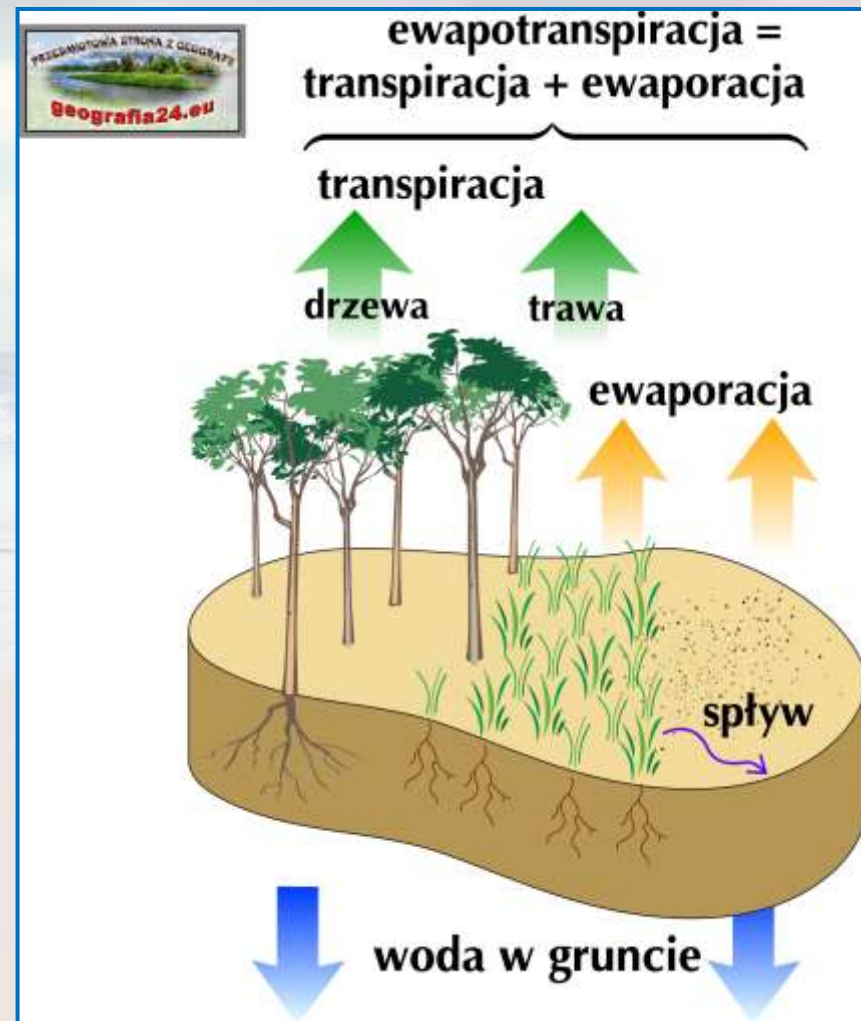
♦ W skrócie można określić, że **obieg wody** przebiega następującymi etapami:

- ♦ **parowanie**,
- ♦ 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),
- ♦ **sptyw po powierzchni Ziemi** (sptyw powierzchniowy ciekami wodnymi) lub **przeiąkanie** (infiltracja wody deszczowej) bądź też **sptyw pod powierzchnią Ziemi** (odptyw podziemny) do akwenów wodnych (jezior, mórz lub oceanów),
- ♦ ponowne **parowanie**.



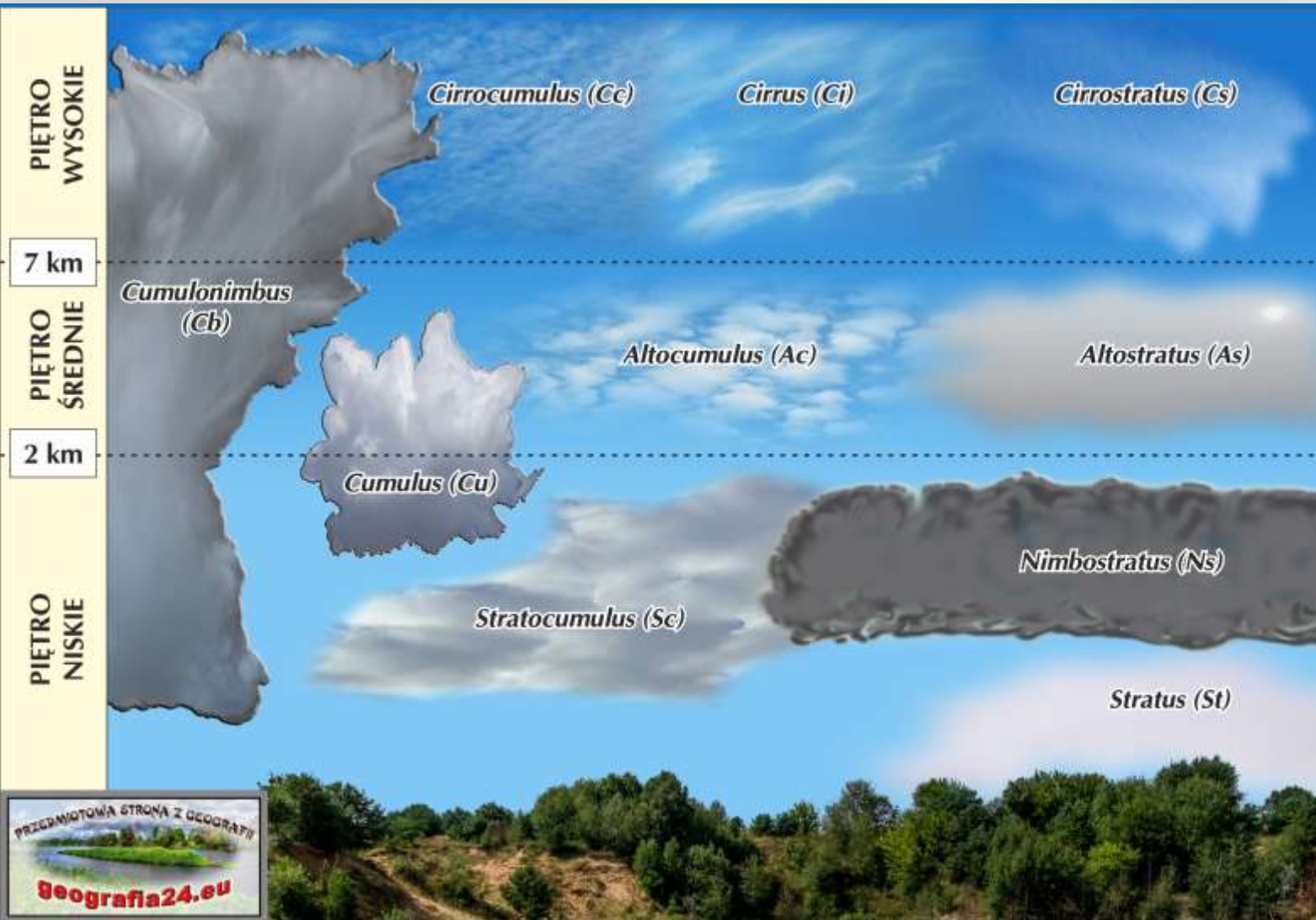
Składniki cyklu hydrologicznego – parowanie

- ♦ Parowanie prowadzące do dostawania się pary wodnej do atmosfery może nastąpić na skutek:
 - ♦ **parowania akwenów wodnych (ewaporacji z powierzchni wodnych)** – występujących w obrębie oceanów i mórz lub łądów (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.



ADWEKCJA

Składniki cyklu hydrologicznego – kondensacja pary wodnej

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



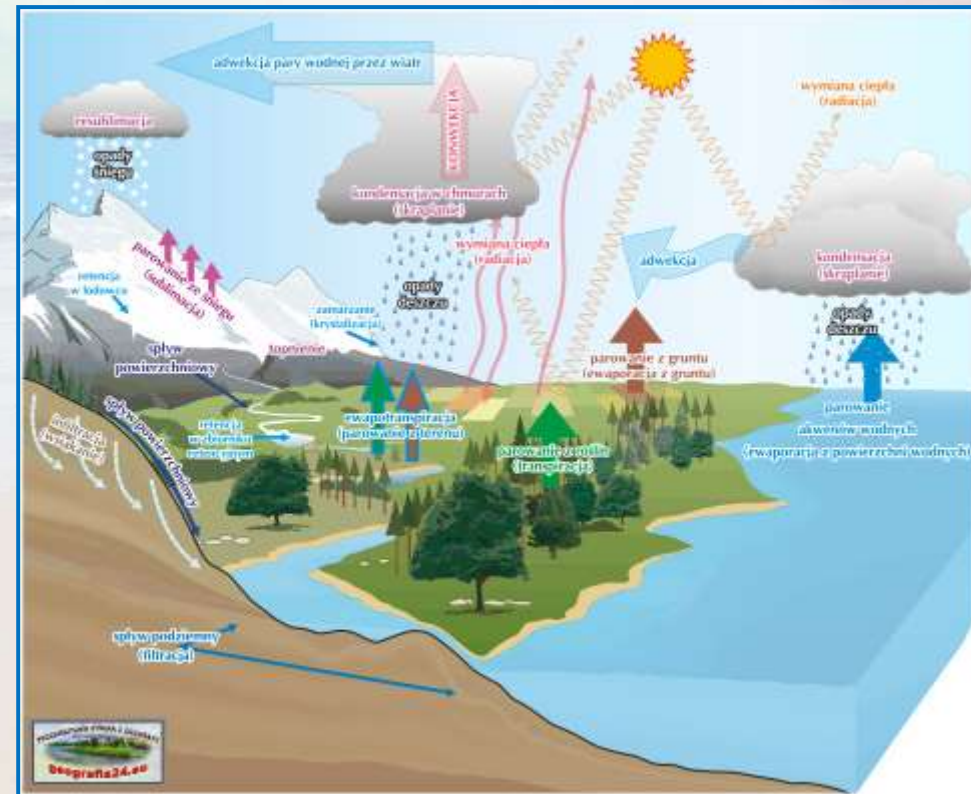
Składniki cyklu hydrologicznego – spływ powierzchniowy

- ◆ **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,
 - ◆ woda przemiesza się w strefie napowietrzenia ruchem w przybliżeniu pionowym;
 - ◆ **faza odpływu podziemnego, tzw. filtracja** – w wyniku której woda, która wcześniej wsiąkała 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

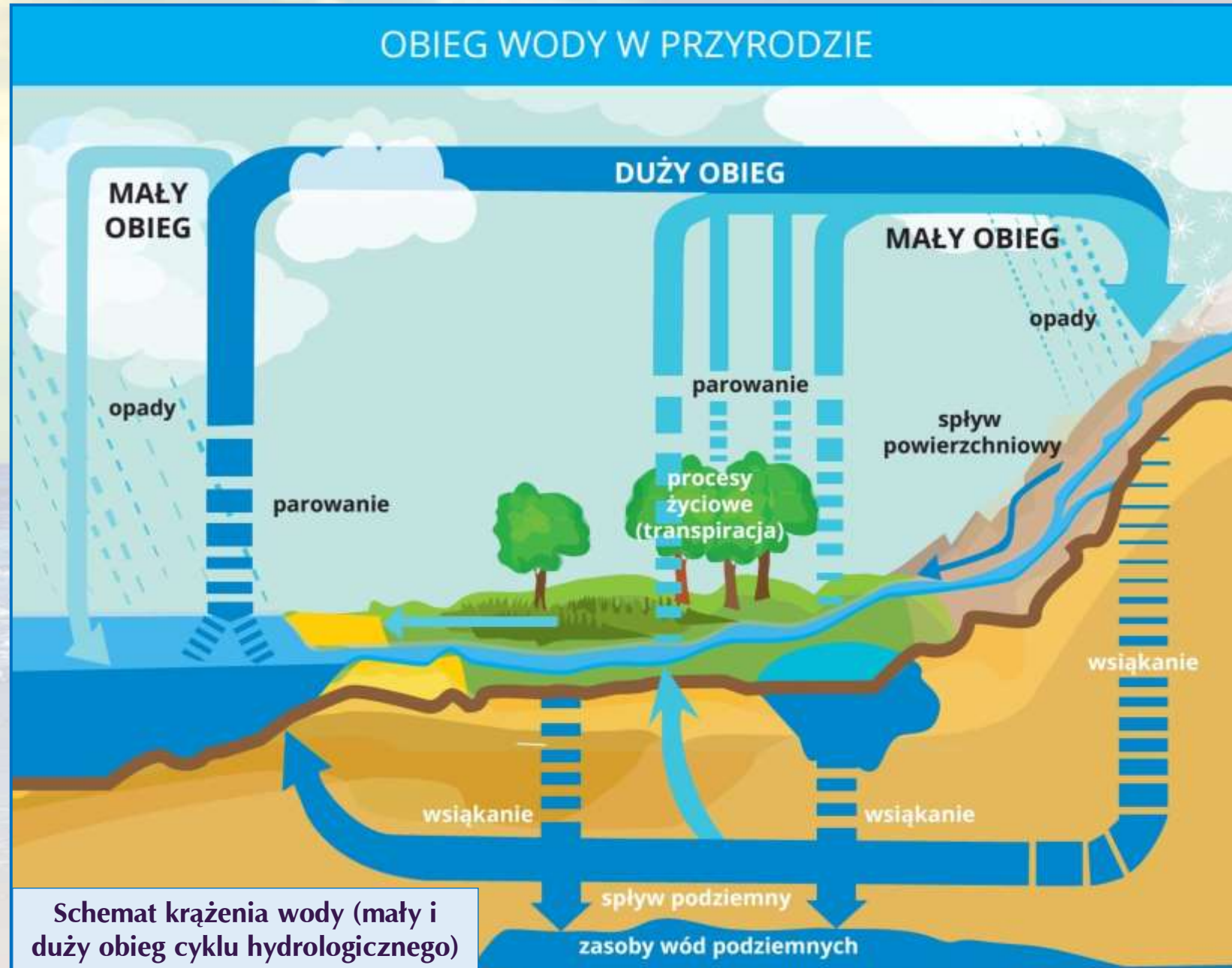
♦ Pozostała część krążącej w przyrodzie wody może czasowo ulec zjawisku **retencji**, polegającemu na chwilowym zatrzymaniu jej w procesie krążenia, co może nastąpić, m.in. w wyniku:

- ♦ **resublimacji** – przejścia ze stanu lotnego w stały,
- ♦ **zamarzania (krystalizacji)** – przejścia ze stanu ciekłego w stały.
- ♦ W ten sposób retencji ulega woda gromadząca się w postaci lodowców i lądolodów.
- ♦ Zjawisko retencji może dotyczyć także innych rodzajów wód.



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).



Schemat krążenia wody (mały i duży obieg cyklu hydrologicznego)



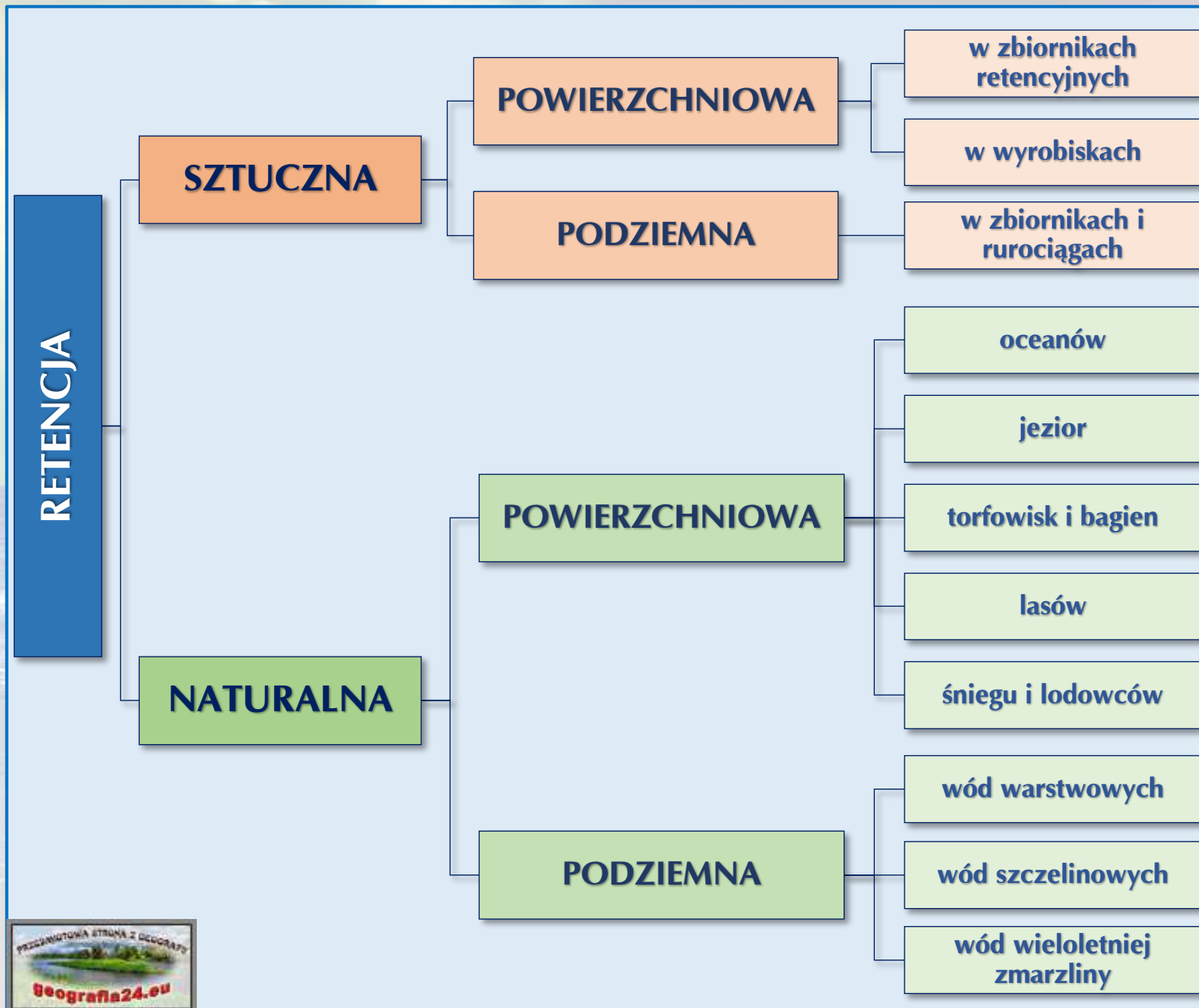
Mały obieg hydrologiczny

- ♦ **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 (litosfera) 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.



Retencja

- Woda na Ziemi pozostaje w zamkniętym obiegu, ale prędkość przemieszczania się jej w poszczególnych ogniwach jest różna.
- W pewnych ogniwach tego obiegu występuje **retencja**:
 - czasowe zatrzymanie wody na powierzchni ziemi lub pod ziemią.



Retencja

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



Retencja

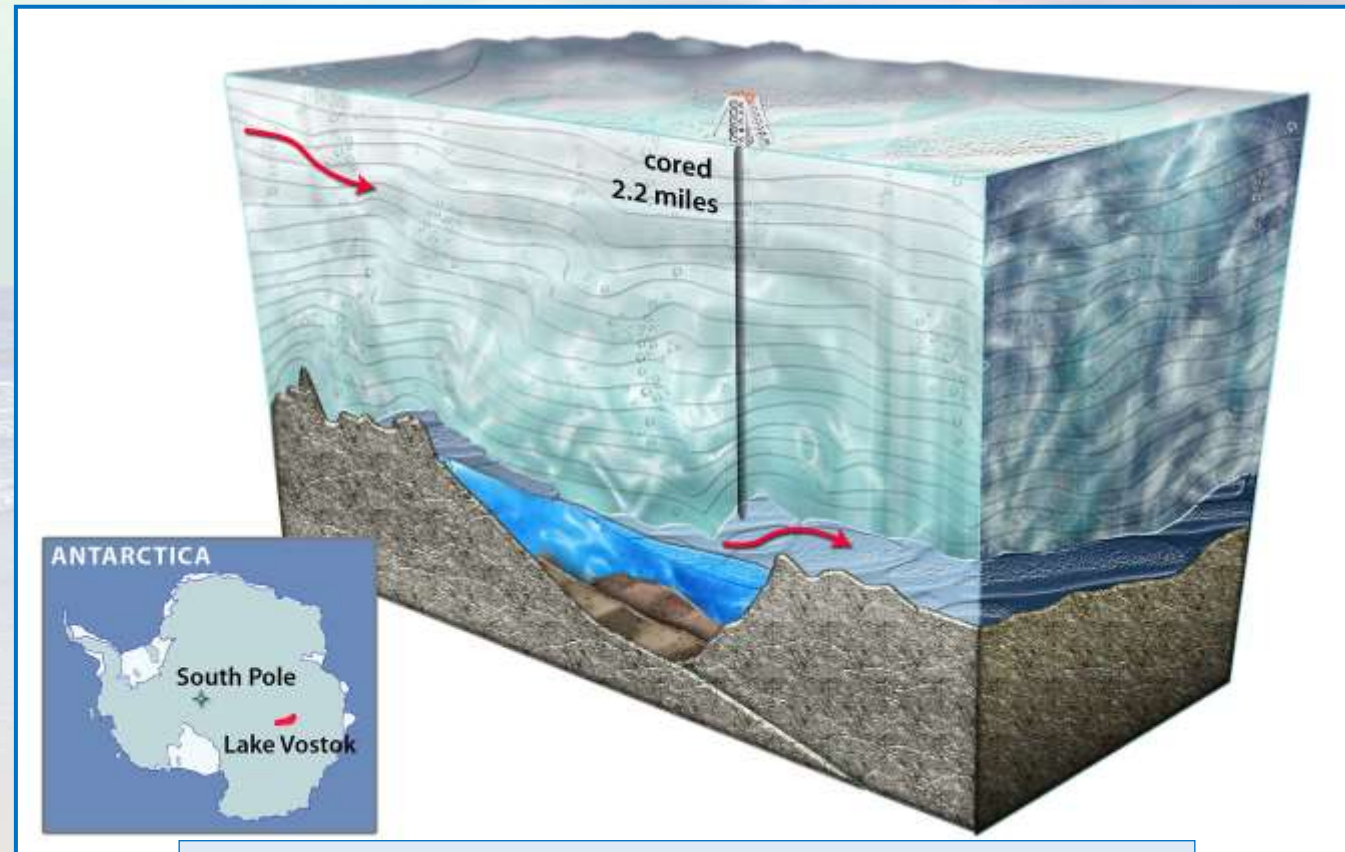
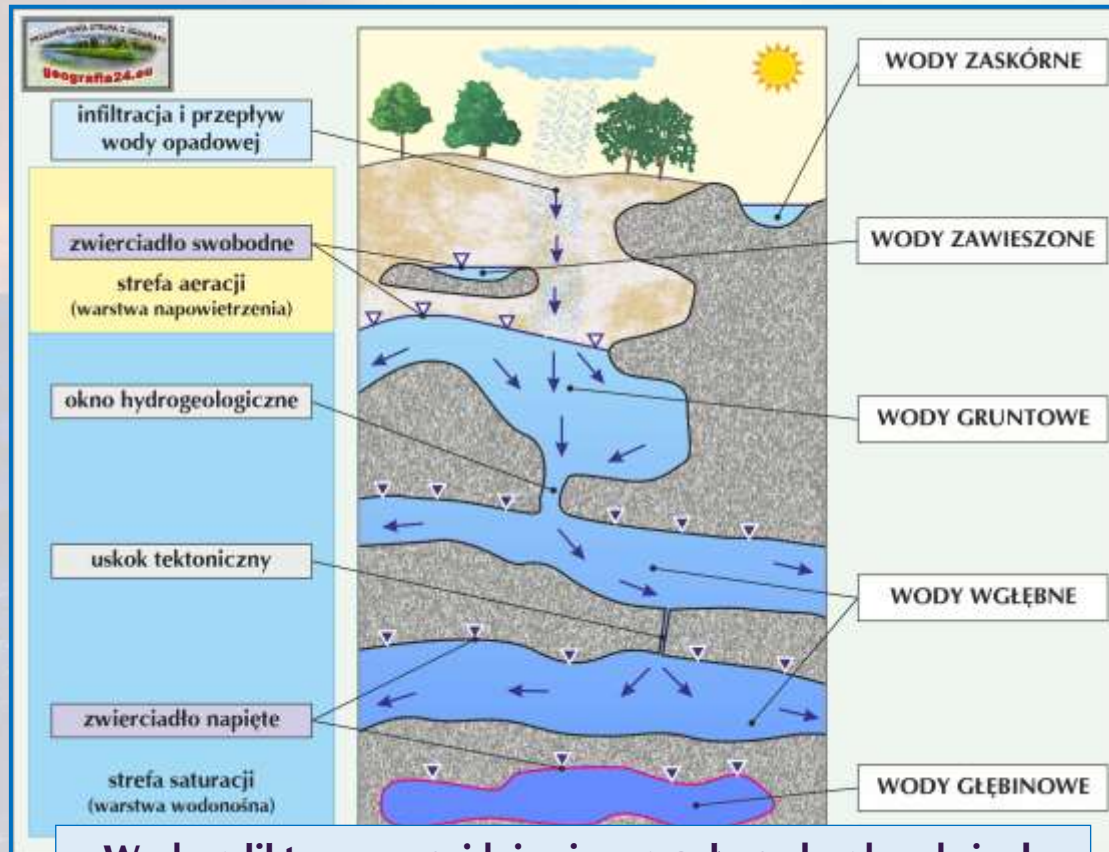


ZBIORNIKI WODY	ŚREDNI CZAS
woda biologiczna	7 godzin
woda w atmosferze	8-10 dni
tereny podmokłe	5 lat
woda w jeziorach	3-7 lat
woda podziemna	300-5000 lat
lodowce	8000 lat
wody oceanów	4000 lat



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

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

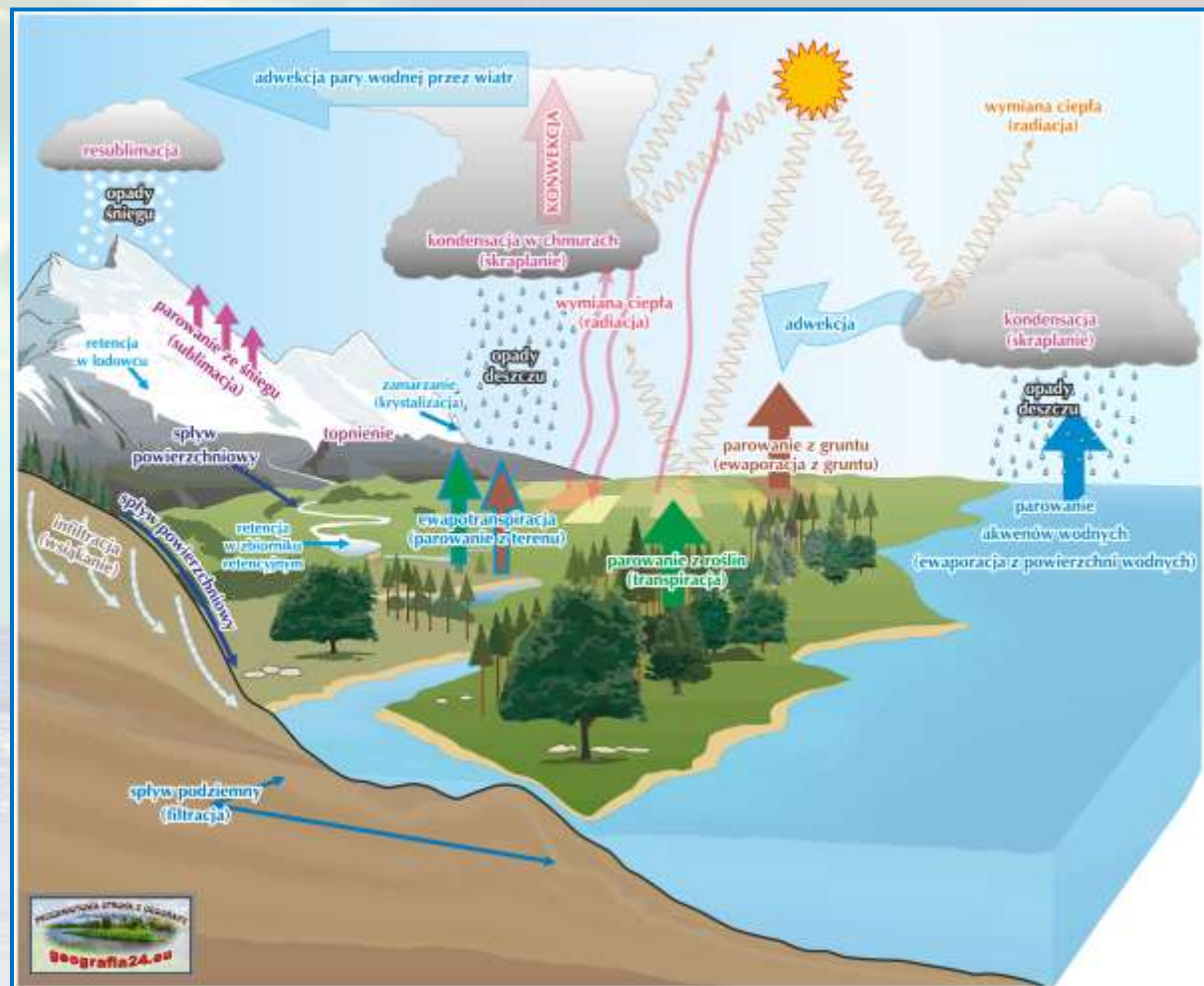
zasoby pozostałe z ubiegłego roku

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
- ΔR_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
- ΔR_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
- ΔR_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

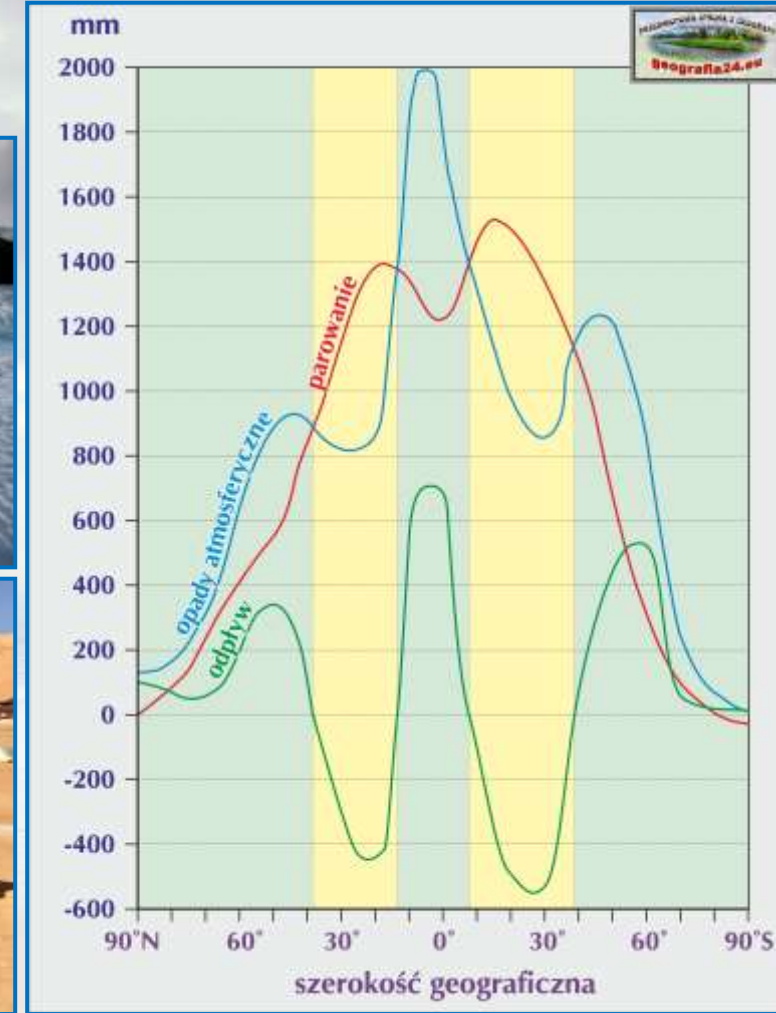
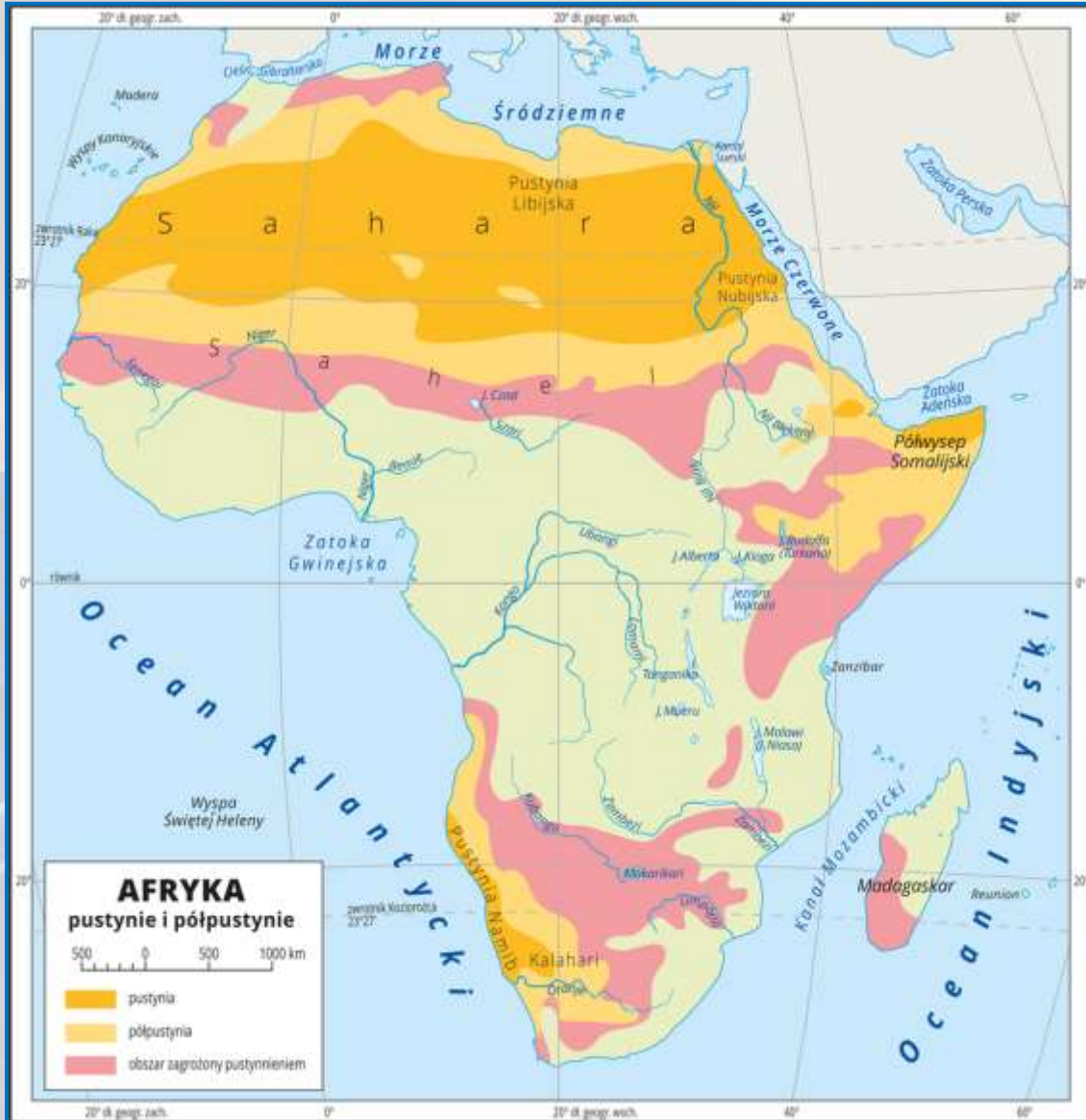
♦ Podsumowując na Ziemi można wskazać obszary zarówno o dodatnim, jak i ujemnym bilansie wodnym.

PRZYKŁADY OBSZARÓW O BILANSIE WODNYM NA ZIEMI:

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

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 -**