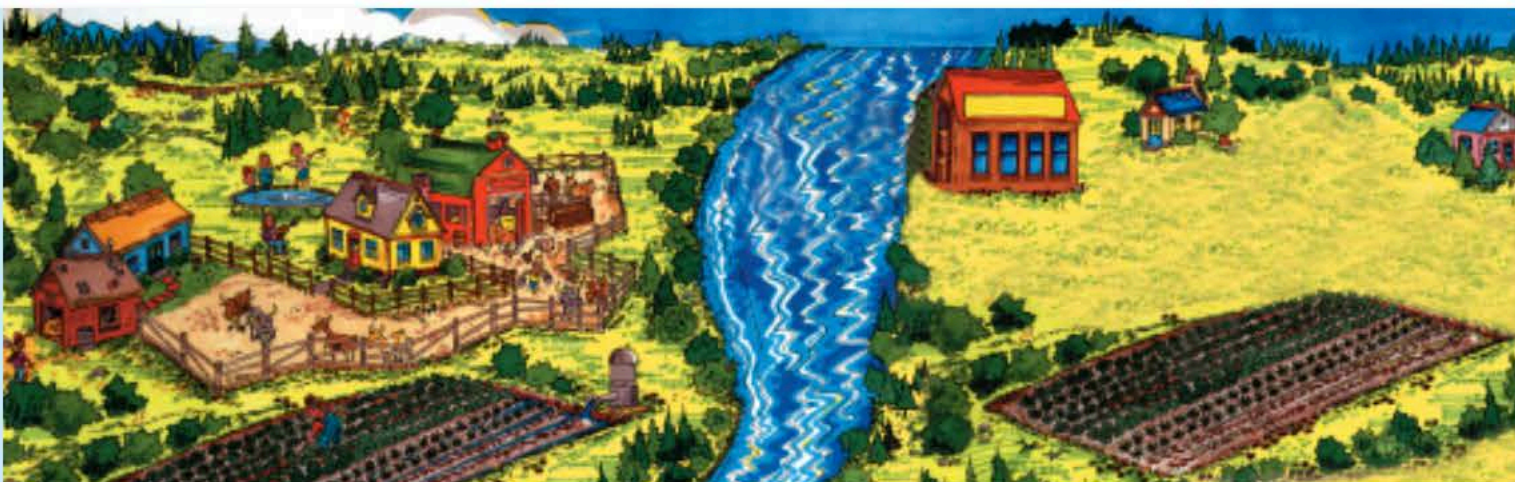


BUDUJEMY MIASTO



Czy nie miałaś – jeśli jesteś płci żeńskiej, lub nie miałeś – jeśli jesteś płci męskiej, ochoty zrobić czegoś na własny rachunek? Być może zmęczyło cię wielkomiejskie życie i zapragnęłaś (zapragnąłeś) założyć gdzieś na nieskażonym cywilizacją, niezamieszkanym terenie własne miasto? Suchy Raj byłby znakomitą nazwą dla takiej osady, zważywszy że prawdopodobnie Pustynia Błędowska pozostaje obecnie jedyną całkowicie niezamieszkałą częścią naszego kraju!

Nie da się jednak założyć miasta bez wody. Każde ludzkie siedlisko, od małej osady po największą metropolię, potrzebuje planu zagospodarowania zasobów wodnych. Musi istnieć metoda pozyskiwania i rozprowadzania wody, a także odprowadzania wody już zużytej.

Uznajmy zatem, że zdecydowałaś (zdecydowałeś) się na tak poważny krok. Wraz z przyjaciółmi znaleźliście (niezamieszkałe) miejsce i postanowiliście je przystosować do swoich potrzeb. W jaki sposób zabierzecie się za tworzenie „Planu zagospodarowania wód w Suchym Raju”?

Początki Suchego Raju

Już pierwszego dnia istnienia Suchego Raju nie obędziecie się bez wody. Priorytetem będzie oczywiście woda pitna, a także woda użytkowa do kąpieli, zmywania i prania, czy umycia rąk po oprawieniu królika, którego udało wam się upolować na kolację. Pamiętajmy również, że niebawem niezbędna okaże się toaleta. Wobec tego cel nadrzędny to odnalezienie jakiegoś źródła wody. Naturalnym miejscem poszukiwań będzie pobliski potok lub staw. Być może namówicie miejscowego bobra, aby wybudował wam tamę na rzece Białej Przemszy i przyczynił się w ten sposób do powstania jeziora (prawdę powiedziawszy, będzie to zalew).

W wolnej chwili zajmijcie się wykopaniem dziury w ziemi, która posłuży za studnię. Jeżeli dokopiecie się wystarczająco głęboko, możecie natrafić na zwierciadło wody. Wówczas wystarczy opuścić do środka wiadro, aby rozkoszować się wodą podziemną. Sprawy przybierają korzystny obrót: zaczęliście korzystać z wód powierzchniowych (rzeka), wód podziemnych (wykopana

studnia), a także udało się wam stworzyć zbiornik wodny (zalew). W tym momencie posiadacie solidne źródło wody, które zaspokoi wasze potrzeby. Czas na odpoczynek? Nie tak prędko.

Dostarczenie wody do domów

Skoro nadaliliście sobie samowłańczo tytuł burmistrza Suchego Raju, nadszedł czas na kolejny krok – wybranie najlepszego miejsca do postawienia domu. Będzie to oczywiście szczyt wzgórza. Miejsce wspaniałe, w końcu to tu została zrealizowana ekranizacja Faraona Bolesława Prusa. Widok jest, owszem, zachwycający, ale taszczenie przez cały dzień wiader z wodą z rzeki pod górę, do domu, to duża uciążliwość. Każde wiadro to 10 litrów, a dostarczenie 20–30 wiader wody dziennie to koszmar! Na dodatek właśnie zaczynają wprowadzać się przyjaciele i sąsiedzi. Wielu spośród nich wybrało wzgórze na miejsce budowy domu, więc potrzebne jest szybkie stworzenie sieci rozdzielczej, aby woda docierała do wszystkich. Kluczem do celu będzie zbudowanie wodociągu z rur (można je wyprodukować z gliny zalegającej dno rzeki), biegnącego od rzeki do każdego z domów. Problem w tym, że domy położone są wyżej niż Biała Przemsza, a woda, jak wiemy, samoczynnie nie płynie w górę. A zatem konieczne będzie wybudowanie na wzgórzu dużego zbiornika na wodę (najlepiej byłoby to zrobić w najwyższym punkcie miasta), a następnie powołanie zespołu odpowiedzialnego za napełnianie zbiornika wodą. Ze zbiornika (wieży wodnej) można teraz poprowadzić rury do każdego z budynków. Rury będą więc prosto do kranu znajdującego się w każdym domu. Woda dostarczana jest za pomocą grawitacji (za darmo!). Wszystko działa idealnie – podobnie jak w wielkim mieście, z którego pochodzisz.

BUDUJEMY MIASTO

Nadal jednak musicie zmagać się z problemem nieustannego napełniania zbiornika. Noszenie wody do zbiornika nie różni się niczym od dostarczania wody w wiadrach do domów. Trzeba zatem znaleźć sposób na przepompowywanie wody z rzeki do zbiornika położonego na wzgórzu. Zważywszy, że w Suchym Raju nie rozwinął się jeszcze przemysł, konieczne będzie zbudowanie własnej pompy. Przypominam, że nie mamy także do dyspozycji elektryczności, ponieważ w mieście nie ma elektrowni (to się niebawem zmieni). Czy macie pomysł na źródło energii zdolne do napędzania pompy? Dobrym rozwiązaniem byłby wiatrak, ale pustynia ma to do siebie, że zwykle nie ma tu wiatru. Rzeka! Woda w Białej Przemszy przepływa dość wartko, a zatem na rzeczce trzeba wybudować koło łopatkowe. Łopatki wirują, napędzane prądem wody, a to powoduje obracanie się drążka, który z kolei wprawia w ruch waszą pompę domowej roboty. I proszę! Woda jest pompowana w górę do zbiornika, a resztę załatwia grawitacja. Tym sposobem woda dociera do domów.

Pierwsza sieć wodociągowa w Suchym Raju

Teraz każdy może już cieszyć się bieżącą wodą w swoim domu. Zbudowanie wodociągu kosztowało jednak sporo wysiłku. Jako burmistrz możesz postanowić, że sieć wodociągowa w Suchym Raju będzie własnością miasta i z tego tytułu będą pobierane opłaty za dostarczanie wody do każdego z domów. Miasto musi reagować na potrzeby swoich obywateli. Weźmy na przykład pana Kowalskiego, który za długo piekł upolowanego królika i podpalił kuchnię. Pechowiec poskarżył się burmistrzowi: „Gdzie była straż pożarna, gdy jej potrzebowałem?!”. Proszę bardzo – wystarczy umieścić kilka hydrantów przeciwpożarowych na rurach wodociągowych. Teraz jesteś nie tylko burmistrzem, ale również komendantem straży pożarnej.

Wkrótce zaczną napływać pieniądze od obywateli kupujących wodę, a to podsuwa ci pewną myśl. Postanawiasz napisać do znajomego w rodzinnej miejscowości i zasugerować mu założenie kolejnego miasta, kawałek dalej od Suchego Raju. W chwili, gdy plan ten zostanie szczęśliwie zrealizowany, Suchy Raj zaoferuje mieszkańcom nowej osady sprzedaż wody, którą pozyskuje z publicznej sieci wodociągowej. Możesz teraz zbudować system akweduktów, który będzie dostarczał wodę z Suchego Raju do sąsiadów. Cena wody będzie naturalnie powiększona o skromną marżę – nie ma nic złego w uzyskaniu niewielkiego profitu.

Pręć z brudną wodą

Pewnego wieczoru zasiadasz do kolacji, na którą składa się świeżo złowiony pstrąg i sałatka z jakichś korzonków. Pamiętaj, aby po sprawieniu ryby dokładnie umyć ręce w wiadrze z wodą! Brudne naczynia też trzeba doprowadzić do porządku. Teraz należy pozbyć się śmierdzących pomyj – chlup z nimi na podwórko! Problem w tym, że sąsiad skarży się, że przez całą noc czuje smród gnijących resztek z ryb. Tobie jest nie lepiej – woda po praniu, wylwana przez sąsiadów w ten sam sposób, dopływa do progu twojego domu. Problem powiększa jeszcze cuchnąca latryna.

Dochodzisz do wniosku, że w życiu istotne jest coś więcej, niż tylko zdobywanie wody. Trzeba jakoś pozbywać się ścieków! W tym celu należy stworzyć „system zwrotny”, występujący zwykle pod nazwą sieci kanalizacyjnej. Wymagać to będzie ponownego położenia sieci rur, biegnącej od domów do podnóża wzniesienia.

Do niej trzeba podłączyć wszystkie zlewy, wanny i toalety. Rury ściekowe należy doprowadzić do rzeczki (poniżej punktu z pompą pobierającą wodę!), która pomoże w pozbyciu się tych obrzydliwych brudów.

Wszystko działa znakomicie do czasu, kiedy mieszkająca w dole rzeki rodzina Nowaków zaczyna skarżyć się na śmierdzące nieczystości, płynące obok ich stojącego przy brzegu domu. Budujesz zatem oczyszczalnię ścieków, łączysz ją ciągiem rur z domami w twoim mieście i zaczynasz uzdatniać ścieki przed odprowadzeniem ich do Białej Przemszy.

Pierwsza powódź

Znów wszyscy są szczęśliwi, ale nagle spada pierwszy ulewny deszcz. Woda deszczowa spływa po wzgórzach, aż do centrum Suchego Raju i oto stajesz w obliczu pierwszej powodzi w historii twojego miasta. Oznacza to olbrzymią ilość niechcianej wody (oraz naniesionego wraz z nią błota), z którą trzeba coś zrobić. Postanawiasz wybudować szereg studzienek kanalizacji burzowej, które uporają się z problemem. Konieczne będzie także położenie kilku kolejnych rur (tym razem o dużej średnicy) biegnących przez całe miasto i wyposażonych we wpusty dla wody zbierającej się w nisko położonych miejscach. Do tych rur będzie wpływać deszczówka, która zostanie odprowadzona w dół wzgórza, aż do rzeki. Wszystko wskazuje na to, że zagrożenie zostało oddalone na długi czas.

Niestety, nagły atak burzy spowodował wylanie Białej Przemszy, w wyniku czego zostało podtopionych kilka domów wybudowanych na terenach zalewowych – płaskim obszarze ziemi wzdłuż rzeki. Nasuwają się teraz dwa rozwiązania. Przyjrzyj się ukształtowaniu terenu i zdecyduj, które fragmenty koryta rzeki będą wylewać najczęściej w czasie obfitych deszczów i roztopów i zabroń ludziom budować tam domy. Innym rozwiązaniem będzie wybudowanie tamy w górze rzeki, co spowoduje powstanie zalewu. Będzie on zatrzymywał wezbraną wodę i zabezpieczał przed jej wtargnięciem do miasta. Wodę z zalewu można stopniowo spuszczać, co zapobiegnie powodziom i jednocześnie zasili wody podziemne.

Magazynowanie wody na czarną godzinę

Przychodzi ci na myśl, że... znajdujący się poza miastem zalew (nazwijmy go dla uproszczenia jeziorem) mógłby służyć rozrywce – można tam przecież popływać, uprawiać sporty wodne, łowić ryby i odpoczywać. Z jeziora da się pociągnąć system rur wodociągowych doprowadzających wodę do miasta i tym samym ominąć rzekę. Jest to dobre rozwiązanie, zwłaszcza wtedy, gdy powódź zniszczyła stację pomp przy ujęciu wody. Tama umożliwi uwalnianie tylko takich ilości wody, jakie chcemy, aby wpadały do rzeki znajdującej się poniżej zapory. Dzięki temu w Białej Przemszy zawsze będzie odpowiedni poziom wody. Tama zapobiegałaby także zalewaniu terenów w dolinie, ponieważ jest ona w stanie zatrzymać nadmiar wód nagromadzonych w czasie intensywnych opadów czy wiosennych roztopów. Wykorzystaj okazję na wybudowanie większego koła łopatkowego, albo jeszcze lepiej, postaw na tamie elektrownię wodną, co umożliwi generowanie elektryczności! W ten sposób zostałoby rozwiązanych szereg problemów. Ponownie korzystacie z usług bobra, który zbudował dla was staw (teraz pan bóbr zarządza już własną firmą budowlaną!) i prosicie go o pomoc w budowie tamy.

BUDUJEMY MIASTO

Mieszkańcy Suchego Raju potrzebują upraw

Po zakończeniu stawiania zapory czujecie niebawymy głód – niestety, macie już dość jedzenia królików i pstrągów. Czas na założenie gospodarstwa rolnego i uprawianie własnych owoców i warzyw. Trzeba zaorać poletko ziemi, zasiać ziarna i cierpliwie czekać, aż wyrosną, trzymając w pogotowiu otwarty słoik sosu do sałatek. Warto też złożyć wniosek o dotację z Unii Europejskiej – w końcu jesteście rolnikiem.

Zaraz, zaraz, ale przecież nasze miasto nazywa się Suchy Raj. Deszcz nie padał od wielu miesięcy, a nasiona sałaty i rzodkiewki krzyczą: „Pić!”. Trzeba zdobyć kolejną pompę i siecią rur rozsiąanych po całym terenie pociągnąć wodę z rzeczki, aby podlała uprawy – właśnie zafundowaliście sobie pierwszy system nawadniania pól, taki sam, jakim posługiwali się starożytni Egipcjanie w dolinie Nilu.

Ale co z polem w górze strumienia? To kawał drogi od rzeki.

Trzeba zatem wykopać studnię. Kopcie tak długo, aż natraficie na wodę. Teraz na dnie umieścicie pompę elektryczną (zasilaną przez nową elektrownię wodną zbudowaną na tamie). Pompa będzie zasysać wodę ze studni i przepompowywać ją przez długie metalowe rury, zawieszane nad ziemią za pomocą zespołu dużych metalowych ram wyposażonych w kółka na dolnych krawędziach. Właśnie stworzyliście system irygacji przestłowej. Może on rozciągać się na przestrzeni jednego kilometra! System jest unieruchomiony w samym środku (studnia) i obraca się wokół własnej osi, rozpryskując wodę na całym obwodzie okręgu, po którym przesuwają się instalacja. Studnia jest osią obrotu. To rozwiązanie umożliwia nawadnianie około 3,14 km² za pomocą tylko jednej studni. Tak więc system deszczowni centrycznych ożywi całe twoje gospodarstwo. Już wkrótce zbijesz fortunę na sprzedaży „unikalnej sałaty z Suchego Raju”.

Dość sałatek, co z szynką?

Kolejna skarga, jaka dociera do twoich uszu to: „Chcemy szynki! Chcemy hot dogów i hamburgerów! Chcemy pikantnych skrzydełek z kurczaka! Mamy dość sałatek! Dajcie nam prawdziwe jedzenie!”. Szybko zdajecie sobie sprawę, że nie wszyscy mieszkańcy Suchego Raju to wegetarianie i zaczynacie hodować krowy, kury, świnki, a nawet ryby.

Tak się jednak składa, że nawet kurczak potrzebuje wody do picia, a twój pracownik nie zamierza czyścić klatek z drobiem, jeśli nie będzie miał do tego węża i bieżącej wody. Karpiom do życia niezbędny jest staw. Zaprzyjaźniony bóbr wydziela wam niewielki zalew. Tworzycie z niego staw rybny. Kopiecie również

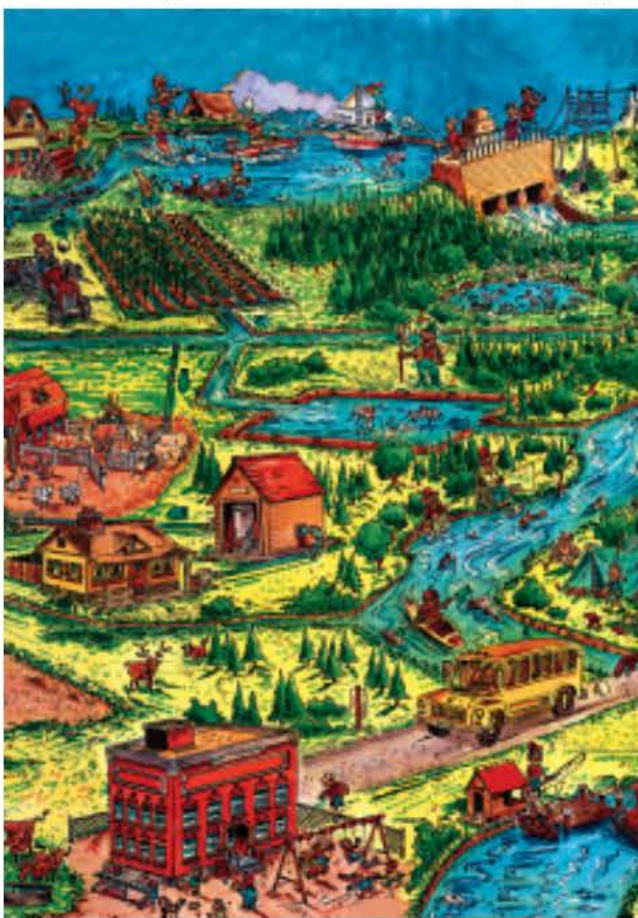
małą studnię, aby pozyskać wodę dla zwierząt. Inwentarz ma teraz wodę, a wasze zyski rosną wraz ze sprzedażą „Swojskich Prysmaków” do sklepu spożywczego w Suchym Raju.

Wzgórza są pełne srebra – sięgnijmy po nie

Centrum Suchego Raju jest przyjemne i suche (dzięki wybudowaniu kanałów burzowych), a mieszkańcy zaczynają wychodzić wieczorami z domów i udzielać się towarzysko. Skoro już zbiliście fortunę na sprzedaży sałaty i karpia, przyszedł czas, aby wszyscy dowiedzieli się, że to wy jesteście tymi milionerami od „Swojskich Prysmaków”. Potrzebujecie szlachetnego kruszcza do zrobienia luksusowej biżuterii i zadziwienia wszystkich wokół. Tak się akurat składa, że tereny obfitują w rudy ołowiu i srebra (w końcu to rzut kamieniem do Olkusza), a na zachód od miasta jest całkiem przyzwoite miejsce na założenie kopalni. Powstają zatem Kopalnie Srebra, które od razu rozpoczynają wydobywanie. Woda służy do wypłukiwania zanieczyszczeń i przemycania kruszcza. Zostają wybudowane piece do wytopu, a do uszlachetniania metalu stosuje się żrący kwas. Niestety, część wody zużyta w procesach produkcyjnych zamienia się w ścieki na tyle toksyczne, że nie można ich tak po prostu odprowadzić do rzeki. Trzeba zatem wybudować zbiorniki do magazynowania ścieków, osadniki oraz specjalne oczyszczalnie do ich uzdatniania. Musicie również sprawdzać, czy ścieki ze zbiornika przy kopalni nie przesiąkają do gruntu i nie zanieczyszczają podziemnych warstw wodonośnych. Zbiorniki te muszą być szczelne i powinny zostać solidnie zaizolowane.

Uprzemysłowienie

Nadszedł moment, kiedy mieszkańcy Suchego Raju są gotowi na prawdziwe uprzemysłowienie. Twoja sąsiadka Agata tak bardzo zazdrości ci nowej biżuterii, że pragnie mieć własną. Nadchodzi lato i Agata dostrzega, że mieszkańcy Suchego Raju będą potrzebować parasoli ogrodowych, aby zyskać choć trochę cienia. W pobliżu kopalni otwiera więc fabrykę parasoli. Sąsiad Agaty, pan Tadeusz Tański, zdaje sobie sprawę, że sąsiadka będzie potrzebować pojazdów do transportowania gotowych wyrobów i buduje fabrykę ciężarówek. Wytwarzanie parasoli wymaga zużycia ogromnych ilości wody, a jeszcze więcej potrzeba jej do produkcji ciężarówek. Nowe gałęzie przemysłu stają się jednymi z największych konsumentów wody w Suchym Raju. Fabryki mogłyby kupować wodę prosto z wodociągów miejskich, ale szybko odkrywają, że tańszym rozwiązaniem jest wykopanie własnych studni i wybudowanie zbiorników wody (zasilanych wodami podziemnymi wypompowywanymi ze studni). Ścieki fabryczne mogą być mocno zanieczyszczone,



BUDUJEMY MIASTO

podobnie jak w przypadku ścieków z kopalni. Z tego powodu przedsiębiorstwa budują własne systemy oczyszczania, aby zapobiec skażeniu rzeki.

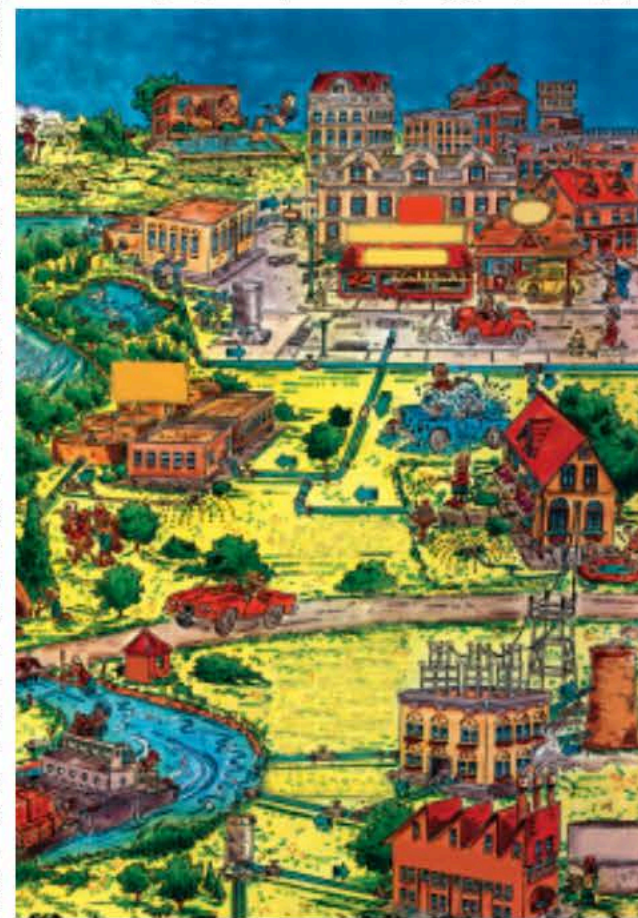
Więcej energii!

Domy, sklepy, lodziarnie, fabryki! Suchy Raj rośnie szybciej niż sałata na polu. Każdy nowy budynek potrzebuje elektryczności. Niestety, nie ma szans na modernizację elektrowni wodnej wybudowanej na tamie – jej możliwości wytwórcze wykorzystywane są już maksymalnie. Jedynym wyjściem jest budowa elektrowni cieplnej. Tego typu elektrownie w wyniku spalania paliwa, np. węgla, tworzą ciepło, które z kolei wytwarza parę wodną obracającą turbiny. W ten sposób powstaje elektryczność. Elektrownie do sprawnego działania potrzebują ogromnych ilości wody. Jej większość zużywana jest do chłodzenia fabrycznych urządzeń wytwarzających moc. Zapotrzebowanie na wodę jest tak wielkie, że tego typu instalacje stawiane są zwykle w pobliżu dużych akwenów. Wykorzystują system, który dostarcza wodę do elektrowni i chłodzi urządzenia, a następnie odprowadza wodę z powrotem do rzeki czy jeziora. Najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest wykopanie kanału biegnącego z rzeki do elektrowni i umieszczenie w nim rur, które odprowadzą wykorzystaną wodę z powrotem do zbiornika wodnego. Okazuje się jednak, że nie jest to takie proste, ponieważ zimna woda z rzeki, schładzając rozgrzane urządzenia, sama staje się ciepła. Odprowadzenie podgrzanej wody do Białej Przemszy mogłoby nie spodobać się ludziom pracującym przy hodowlanych stawach rybnych położonych w jej dole, ponieważ lepiej jest łowić świeże, a nie gotowane karpie i pstrągi. Z tego względu nowa elektrownia zgadza się na wybudowanie chłodni kominowych, aby schładzać gorącą wodę w mokrych wymiennikach ciepła, a także na zainstalowanie zbiorników akumulacyjnych, które zatrzymają gorącą wodę i ostudzą ją do temperatury wody w rzece. Tak wystudzoną wodę można ponownie wykorzystać do chłodzenia urządzeń lub odprowadzić ją w dół wzgórza, do naszej Przemszy.

Okazuje się jednak, że nie jest to takie proste, ponieważ zimna woda z rzeki, schładzając rozgrzane urządzenia, sama staje się ciepła. Odprowadzenie podgrzanej wody do Białej Przemszy mogłoby nie spodobać się ludziom pracującym przy hodowlanych stawach rybnych położonych w jej dole, ponieważ lepiej jest łowić świeże, a nie gotowane karpie i pstrągi. Z tego względu nowa elektrownia zgadza się na wybudowanie chłodni kominowych, aby schładzać gorącą wodę w mokrych wymiennikach ciepła, a także na zainstalowanie zbiorników akumulacyjnych, które zatrzymają gorącą wodę i ostudzą ją do temperatury wody w rzece. Tak wystudzoną wodę można ponownie wykorzystać do chłodzenia urządzeń lub odprowadzić ją w dół wzgórza, do naszej Przemszy.

Komercjalizacja

Osiągnęliście punkt, w którym wasi sąsiedzi noszą biżuterię zakupioną za pieniądze ze sprzedaży ciężarówek i parasoli. Postanawiacie zatem zwiększyć swoje dochody, aby zrobić na nich jeszcze większe wrażenie. Cóż, pracownicy w fabrykach ciężarówek i parasoli muszą jeść. Dobrze byłoby także umyć ciężarówkę, więc dobrym pomysłem jest utworzenie firmy „Jadłodajnia i Myjnia Samochodowa u Zadowolonego Burmistrza”. Wasza firma nie potrzebuje takich ilości wody, jak fabryka



ciężarówek, więc zamiast kopać własną studnię, bardziej opłaca się kupić to bezcenne dobro od Zakładu Wodociągów w Suchym Raju. Prawda, trzeba położyć więcej rur doprowadzających i odprowadzających wodę. Przy okazji pomyślcie o zbudowaniu fabryki takich rur – zbicie fortunę!

Jeszcze więcej energii!

Okazuje się, że knajpa z hamburgerami była przysłowiową kropką, która przepełniła czarę. Agata (ta od parasoli ogrodowych) chciała zaraz obok wybudować pizzerię, ale nie wystarczyło energii, żeby ją zasiląć. Rozwiązaniem okazało się przejście na energetykę jądrową. Zakupiliście ziemię na zachód od Suchego Raju i wybudowaliście elektrownię jądrową. Urządzenia zainstalowane w elektrowni jądrowej szybko się jednak nagrzewają, więc znów potrzeba mnóstwa wody. Ponownie chłodzić zużytą wodę za pomocą chłodni, które wyglądają niczym gigantyczne, pękate kominy. Wewnątrz chłodni rozprowadzana jest gorąca woda, a do jej studzenia wykorzystywane jest powietrze. Nad chłodniami kominowymi unoszą się tylko niewinne obłoczki pary wodnej, dlatego mieszkańcy żartują, że elektrownia pracuje „pełną parą”.

W końcu orientujecie się, że Suchy Raj rozkwita. Mieszkają w nim właściciele domów, którzy używają wodę do własnych celów; posiadacie sieć wodociagową, która dostarcza ją dla całego miasta, do domów i firm; wasza oczyszczalnia uzdatnia ścieki; macie wodę, która zasila kwitnący przemysł produkcji ciężarówek i parasoli; inwentarz waszego gospodarstwa rolnego radośnie muci i gdać; stosujecie wodę do nawadniania upraw; wydobywacie ołów i srebro do produkcji biżuterii; dzieci w Suchym Raju zjadają hamburgery i frytki kupowane w świetnie prosperujących punktach gastronomicznych, a energia generowana przez elektrownie przesyłana jest każdemu, kto jej potrzebuje.

Mimo to nie jesteście zadowoleni i doskonale wiecie, dlaczego. Suchy Raj nadmiernie się rozrósł! To już nie ta sama mała osada co przedtem – teraz macie tu wielkie miasto, podobne do tego, z którego wcześniej uciekliście. Postanawiacie wyjechać z Suchego Raju i znaleźć miłe bezludne miejsce, aby założyć nowe sioło. Tym razem nie pozwolicie, aby stało się przerośnięte i zatłoczone. Zamierzacie nazwać je Mokre Piekło, ale przychodzi wam do głowy pytanie: „Ile osób zdecyduje się przeprowadzić do miasta o nazwie Mokre Piekło”?

Zanim jednak zabierzecie się do roboty, przyda się wam solidna wiedza o gospodarowaniu wodą. Przeczytajcie, więc tę książkę!

WODA I JEJ WŁAŚCIWOŚCI



(©Photofactory®)

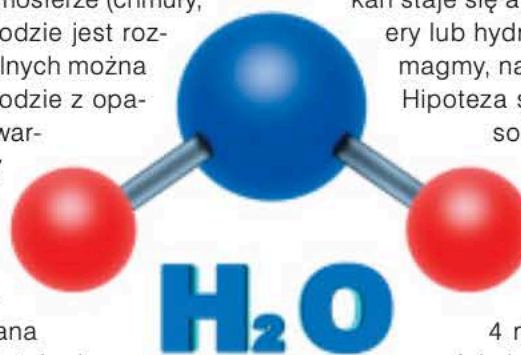


(©Photofactory®)

Woda i jej właściwości

Woda jest na Ziemi powszechna – występuje głównie w oceanach, które pokrywają 70,8% jej powierzchni, ale także w rzekach, jeziorach i w postaci stałej w lodowcach. Część wody znajduje się pod powierzchnią gruntów lub w atmosferze (chmury, para wodna). Woda występująca w przyrodzie jest roztworem soli i gazów. Najwięcej soli mineralnych można znaleźć w wodzie morskiej, najmniej w wodzie z opadów atmosferycznych. Wodę o małej zawartości składników mineralnych nazywamy wodą miękką, natomiast zawierającą znaczne ilości soli wapnia i magnezu – wodą twardą.

Jako substancja użytkowa woda ma tysiące zastosowań. Słodka woda pitna używana jest do celów sanitarno-bytowych, w rolnictwie do nawadniania pól, a w przemyśle jako rozpuszczalnik i chłodziwo. Niestety, aż miliard ludzi na świecie ma utrudniony dostęp do wody pitnej. Każdego dnia choroby wynikające z jej niedo-



statku powodują śmierć wielu tysięcy ludzi, głównie dzieci. Wśród naukowców istnieje kilka hipotez pojawienia się wody na Ziemi. Hipoteza geotermalna opiera się na obecności pary wodnej w gorącej magmie, wewnątrz skorupy ziemskiej. Kiedy wulkan staje się aktywny, woda zostaje uwolniona do atmosfery lub hydrosfery. Wody, które powstały z krzepnięcia magmy, nazywamy wodami juvenilem.

Hipoteza solarna mówi, że wiatr słoneczny niesie za sobą atomy wodoru, które wchodząc w reakcję z tlenem w atmosferze tworzą wodę.

Trzecia hipoteza, najpopularniejsza wśród specjalistów, zakłada, że przyniosły ją lodowe komety i asteroidy uderzające w Ziemię w czasach jej młodości, blisko 4 miliardy lat temu. Wcześniej nasza planeta miała być sucha i bardzo gorąca.

Autorami ostatniej hipotezy są japońscy naukowcy z Tokyo Institute of Technology. Uważają oni, że woda powstała w wyniku reakcji wodoru zawartego w atmosferze z tlenkami obecnymi w skorupie ziemskiej. Istnienie gęstej wodorowej atmosfery wokół młodej Ziemi potwierdza analiza późniejszych zmian kształtu jej orbity. Niezależni eksperci uznają, że owa hipoteza zasługuje na dokładniejsze zbadanie, nie wykluczają też, że woda mogła pojawić się na Ziemi na kilka sposobów jednocześnie.

Właściwości chemiczne

Woda jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych związków chemicznych w przyrodzie. Jej wzór chemiczny to H₂O. Jak wskazuje model, jest to jeden atom tlenu O (niebieska kula) związany z dwoma atomami wodoru H (czerwone kulki). Częsteczka wody posiada ładunek dodatni w miejscu gdzie „przyłączone” są atomy wodoru, a ładunek ujemny tam, gdzie znajduje się atom tlenu. Ponieważ przeciwne ładunki elektryczne przyciągają się, cząsteczki wody przyciągają do siebie sprawiając, że woda jest jakby „lepka”. Strona cząsteczki z atomami wodoru (ładunek dodatni) przyciąga stronę z tlenem (ładunek ujemny) innej cząsteczki wody. Oznacza to, że wszystkie te przyciągające się wzajemnie cząsteczki tworzą skupiska. To dlatego krople wody są w rzeczy samej kropkami! Gdyby nie grawitacja, miałyby kształt idealnej kuli.

Czy wiesz, że...

- woda pokrywa ok. 70% powierzchni globu, jest to jednak w większości woda słona;
- głównym źródłem zaopatrzenia ludzi w wodę są wody powierzchniowe, przede wszystkim wody płynące oraz wody podziemne, zalegające w płytkich warstwach geologicznych – stanowią one jedynie ok. 1% wody na Ziemi;
- 88% słodkich zasobów wody na ziemi stanowią lodowce;
- dziennie człowiek zużywa średnio 110 l wody, przy czym do celów konsumpcyjnych jedynie 2,5–3 litry;
- do roku 2025 ilość wody zmniejszy się o połowę w krajach rozwijających się i o 18% w krajach uprzemysłowionych;
- żywe stworzenia do życia wykorzystują jedynie 0,4% zasobów wody słodkiej, co stanowi około 139 tys. km³. Objętość ta rozlana na powierzchnię Ziemi utworzyłaby warstwę o wysokości zaledwie 2,5 cm;
- 1/3 ludności żyje w krajach, które cierpią na niedostatek wody. Za kilkanaście lat tylko 1/3 ludności będzie mieszkała w krajach, które mają jej pod dostatkiem.

WODA I JEJ WŁAŚCIWOŚCI



(©Photofactory®)



(©Photofactory®)

Doskonale czysta woda nie posiada smaku ani zapachu i jest przezroczysta. Ma neutralne pH, które wynosi 7, a więc jej odczyn nie jest ani kwasowy, ani zasadowy. Między innymi dlatego woda często nazywana jest „uniwersalnym rozpuszczalnikiem”, ponieważ rozpuszcza się w niej więcej substancji niż w jakiegokolwiek innej cieczy. Wynika z tego, że gdziekolwiek płynie woda, w ziemi, w drzewie czy ciele człowieka, niesie ze sobą cenne substancje chemiczne, minerały i składniki odżywcze.

Właściwości fizyczne

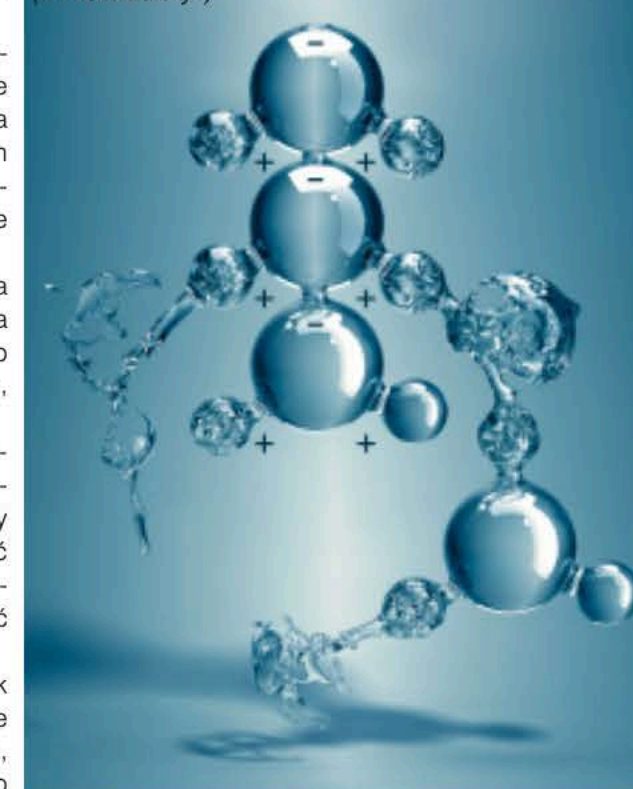
- Woda to jedyna substancja występująca w środowisku naturalnym we wszystkich trzech stanach skupienia – ciekłym, stałym (lód) i gazowym (para wodna). Woda na Ziemi podlega ciągłej interakcji, nieustannie znajduje się w ruchu.
- Temperatury zamarzania i wrzenia wody stanowią linię odniesienia dla pomiaru w skali Celsjusza: 0°C to temperatura zamarzania wody, a 100°C – moment jej wrzenia.
- Niezwykłość wody polega na różnicach gęstości w zależności od stanu skupienia. W stanie stałym, gdy woda zamienia się w lód, jej gęstość staje się mniejsza niż w stanie ciekłym. Dzięki temu kry mogą unosić się na powierzchni rzeki.
- Woda ma wysoki współczynnik ciepła właściwego. To znaczy, że może wchłonąć dużą ilość ciepła, zanim zacznie się nagrzewać. Z tego powodu jest cennym chłodziwem. Wysoki współczynnik ciepła właściwego wody ma także wpływ na prędkość zmian temperatury powietrza. To właśnie dzięki temu zmiany temperatur między porami roku są stopniowe, a nie nagłe.
- Bardzo wysoki współczynnik napięcia powierzchniowego sprawia, że woda jest „lepka” i „elastyczna”. Dlatego też tworzy skupiska w postaci kropli, zamiast rozpraszać się w cienkie powłoki. Napięcie powierzchniowe jest odpowiedzialne za

zjawisko kapilarne, dzięki któremu woda, wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami, porusza się w korzeniach roślin oraz w cienkich naczyniach krwionośnych ludzkiego ciała.

Zjawisko kapilarne

Zjawisko kapilarne to ruch wody (i wszystkiego, co w niej rozpuszczone) wewnątrz przestrzeni materiałów porowatych, oparty na siłach przywierania, spójności i napięcia powierzchniowego.

(©Photofactory®)



Zjawisko to zachodzi ponieważ woda jest „lepka” dzięki działaniu sił spójności (cząsteczki wody lubią bliskość) i przylegania (cząsteczki wody przylegają się do innych substancji). Właśnie dlatego woda ujawnia tendencje do łączenia się w krople i „przyczepia się” do szkła, tkanin, tkanek organicznych i gleby.

Napięcie powierzchniowe jest miarą wytrzymałości warstwy powierzchniowej wody. Przyciągające się cząsteczki tworzą silną powłokę ustępującą tylko rtęci (będącej zresztą metalem). Napięcie powierzchniowe sprawia, że woda utrzymuje na swej powierzchni substancje cięższe i gęstsze niż ona sama. Zjawisko to wykorzystują liczne owady, zwierzęta oraz ludzie żeglujący od tysięcy lat po rzekach, morzach i oceanach.

Rozlana szklanka coli, dzięki napięciu powierzchniowemu, tworzy zgrabną kałużę na stole, zamiast pokryć podłogę cienką warstwą lepkiej mazi.

Papierowy ręcznik doskonale wchłonie kałużę, gdyż ciecz wypełni każdą wolną przestrzeń pomiędzy włóknami celulozy i wewnątrz nich.

Zjawisko kapilarne wykorzystują rośliny. Zapuszczają one w glebie korzenie, które czerpią z ziemi życiodajny płyn. Zawierająca rozpuszczone składniki odżywcze woda, dostaje się do wnętrza i zaczyna „wspinać się” po tkankach rośliny. Każda kolejna cząsteczka ciągnie za sobą następną i tak dalej.

WODA W DIECIE CZŁOWIEKA

Woda w diecie człowieka

Do XVIII wieku wodę uważano za pierwiastek. Dopiero Caven-dish w 1781 r. wykazał, że woda powstaje podczas spalania wodoru, któremu Lavoisier nadał nazwę hydrogenium (hedor – woda, genos – ród, pochodzenie). Ilościowy stosunek wo-doru do tlenu podali w 1805 r. Humboldt i Gay-Lussac. Jako związek wodoru z tlenem (tlenek wodoru, H₂O) woda zajmuje czołowe miejsce w gospodarce ustrojowej wszystkich orga-nizmów. Prawidłowy przebieg procesów życiowych jest nierozłącznie związany z określoną, niezbędną ilością wody. W formach życia ubogich w wodę (np. w niekietkujących nasionach) przemiana materii jest prawie całkowicie zahamowana (anabioza). Nato-miaś w roztworach wodnych zachodzą reakcje biochemiczne, będące podstawą procesów życiowych. Dlatego też dawna maksyma chemiczna głosiła: „Corpora non aquant nisi soluta” (Związki działają tylko w stanie rozpuszczonym). Woda jest składnikiem niezbędnym do życia organizmu ludz-kiego. Bardziej zgubny dla człowieka może być tylko brak tlenu. Bez pokarmów stałych człowiek wytrzymuje około 40 dni, ale brak picia przez 3 – 4 doby powoduje śmierć. Dowiedziono, że bez większej szkody dla zdrowia można stracić cały zapas glikogenu, ale utrata 10% wody jest groź-na dla człowieka, a 20% deficyt pociąga za sobą śmierć. Długość życia organizmu pozbawionego wody do picia jest różna. Największą wytrzymałością odznacza się wielbłąd, jednak większość ssaków może obyć się bez wody tylko przez krótki czas.

Woda to ponad połowa masy ciała organizmu

U kobiet, na wodę przypada przeciętnie 52–55%, a u mę-zczyzn 63–65% masy ciała. Zmiany zawartości wody w ma-sie ciała bardziej zależą od stopnia rozwoju tkanki tłusz-czowej niż od wagi. U osób otyłych jest ona procentowo znacznie niższa niż u chudych. Wartości te różnią się za-tem znacznie, w zależności od nagromadzenia lub braku tkanki tłuszczowej.

Przeciętna zawartość wody w różnych tkankach	
Mięsień	75%
Skóra	70%
Tkanki łączne	60%
Tkanka tłuszczowa	20%
Tkanka kostna (bez szpiku)	25–30%
Szkiłwo zębów	0,2%
Zębina zębów	10%
Krew:	
– osocze	90%
– krwinki	65%
Nerka	80%
Wątroba	70%
Tkanka nerwowa:	
– substancja szara	85%
– substancja biała	70%

Źródła wody dla organizmu

Woda w organizmie uzupełniana jest z dwóch zasadniczych źródeł. Pierwszym są spożywane płyny i pokarmy zawierające wodę (np. gotowane chude mięso zawiera od 65-70% wody). Drugim źró-dłem jest woda powstająca w procesach przemiany materii, po-przez utlenianie wodoru pochodzącego z pokarmów lub z samych tkanek. Woda wchłaniana jest głównie z jelita cienkiego, w mniejszej ilości z jelita grubego i bardzo nieznacznie z żołądka. Poniższe ze-stawienie przedstawia ilość wody powstałej w procesach przemiany materii z trzech podstawowych składników pożywienia:

- 100 g tłuszczu daje 107,1 g wody;
- 100 g skrobi daje 55,1 g wody;
- 100 g białka daje 41,3 g wody.

Zwykła dieta Europejczyka dostarcza, w wyniku reakcji utlenia-jących, od 300 do 350 g wody dziennie, czyli około 14 g na każde 100 kcal jedzenia. Przy braku pożywienia i płynów, ustrój zużywa własne składniki tkankowe na wytwarzanie wody, osią-gając znaczne jej ilości z glikogenu, białek i tłuszczów. Na przy-kład garb wielbłąda, składający się głównie z tłuszczu, staje się dzięki temu dużym rezerwuarem wody. Podobnie mól odzie-żowy żywiący się całkowicie suchym pokarmem, składa jaja, które zawierają w sobie 88% wody.

U człowieka dorosłego codzienne zapotrzebowanie na wodę ze wszystkich jej źródeł wynosi w zwykłych warunkach 2 500 ml, tj. około 1 ml na każdą kcal pobranego pożywienia. Oznacza to na ogół, że dla utrzymania równowagi należy podawać w postaci napojów około 1 500 – 2 500 ml wody. Źródłem wody są także pokarmy stałe; niektóre produkty spożywcze zawierają ją w bar-dzo dużych ilościach (ogórki 95%, sałata 94%, pomidory 94%, rzod-kiewki 92%, mleko 87%, jabłka 85%, gruszki 85%, śliwki 79%, ziem-niaki ugotowane 75%, jajo ugotowane 72%, ryż ugotowany 72%, wątroba 68%, sardynki-konserwy 52%, szynka gotowana 51%). Pobieranie wody w warunkach przeciętnej temperatury i wilgot-ności, przy zwykłej diecie, przedstawia się następująco:

- pokarmy stałe i półstałe – 1 200 ml;
- utlenianie składników pokarmowych – 300 ml;
- napoje (woda, mleko, kawa, piwo, itd.) – 1000 ml.

Czy wiesz, że...
• Nie ma organizmów żywych, zdolnych do funkcjonowania bez choćby odrobiny wody.
• W organizmie woda transportuje tlen, składniki odżywcze i inne rozpuszczające się w niej substancje. Wspomaga wszystkie czynności życiowe. Jest niezbędna do regulacji ciepłoty ciała, wydalania produktów przemiany materii i procesów trawienia. Ochrania mózg, gałkę oczną, rdzeń kręgowy oraz płód u ko-biet w ciąży. Tracimy ją przez skórę, płuca, drogą pokarmową i przez nerki.
• Utrata wody sięgająca 3% masy ciała powoduje obniżenie wydajności fizycznej o 20%. Przy utracie wody na poziomie 20% następuje śmierć organizmu.
• Uzupełnienie odpowiedniej ilości wody w chorobach przebie-gających z gorączką chroni organizm przed przegrzaniem (groźnym dla centralnego układu nerwowego).
• Bez wody człowiek może przeżyć w umiarkowanym klimacie 3–7 dni, a bez pożywienia – nawet 2 miesiące.

WODA W DIECIE CZŁOWIEKA

Objętość wody w organizmie istoty żywej utrzymywana jest na stałym poziomie poprzez zrównoważenie jej pobierania i wy-dalania. Nawet nieznaczne zmniejszenie objętości wody w ustro-ju wywołuje uczucie pragnienia. Jest ono spowodowane zwięk-szeniem ciśnienia osmotycznego krwi oraz zahamowaniem czynności wydzielniczej ślinianek, wywołującym w konsekwen-cji wysuszenie śluzówki jamy ustnej.

Utrata wody i elektrolitów

Organizm człowieka wydala wodę:

- z moczem przez nerki,
- z potem wydzielanym przez gruczoły potowe,
- poprzez powierzchnię skóry w wyniku parowania,
- z powietrzem wydychanym przez płuca,
- ze śliną.

Najwięcej wody i elektrolitów, około 1,5 l na dobę, organizm traci w następstwie wydalania moczu. Utra-ta wody w rezultacie parowania z powierzchni skóry i wydzielania gruczołów potowych, zależy od tempera-tury ciała i otoczenia oraz od wilgotności powietrza. W temperaturze nie wyższej niż 28°C organizm traci w ciągu doby około 500 ml wody przez parowanie z powierzchni skóry i pocenie się. Utrata wody przez płuca również zależy od temperatury i wilgotności otoczenia. W klimacie umiarkowanym człowiek traci w ten sposób około 300 ml wody na dobę. Z kałem wydalane jest z organizmu kolejne 100–200 ml wody. Natomiast strata wody ze śliną jest nieznaczna, ale może być duża przy oddychaniu ustami lub u osób mających niekulturalny zwyczaj czę-stego spływania.

W normalnych warunkach istnieje rów-nowaga bilansu wodnego – przychód i rozchód wody w organizmie waha się zwykle w granicach 2500 – 2800 ml codziennie.

Woda, prócz transportu rozpuszczonych substancji między poszczególnymi tkankami, umożliwia także wymianę ciepłą z otoczeniem. Odnacza się bowiem dużą absorpcją termiczną i chroni ustrój przed przegrzaniem. Podczas prze-chodzenia ze stanu ciekłego w parę, woda pochłania duże ilo-sci ciepła (2403 kJ/l – 574 kcal/l). Dlatego człowiek w upalne dni lub podczas wysiłku fizycznego poci się, a parujący z po-wierzchni skóry pot schładza organizm. W klimacie wilgotnym, przy braku wiatru, wydzielanie potu sta-je się bardziej widoczne, cho-ciaż w rzeczywistości może nie być większe niż w atmosferze suchej, gdzie parowanie jest



Woda to ponad 65% masy ciała

większe. Duże ilości potu wydzielają się podczas intensywnej pracy mięśni oraz w wysokiej temperaturze otoczenia, np. w klimacie tropikalnym. W gorącym klimacie wydzielanie dzien-ne potu może dochodzić do 3000 ml, a przy bardzo skwar-nej pogodzie do 10 litrów (wartość ta w skrajnych przy-padkach może być znacznie przekroczona). Przy wyko-nywaniu ciężkiej pracy w gorącym otoczeniu pot może się wydzielać nawet z szybkością 2 litrów na godzinę.

Wymaga to oczywiście uzupełniania płynów w celu utrzymania potrzebnej ilości wody w organizmie.

Dość szeroka jest skala zapotrzebowania organizmu na wodę w rejonach tropikalnych. Wszystko zależy od warunków otoczenia, natężenia pracy fizycznej i właściwości osobniczych. Ilość 4 litrów wody może wystarczyć dla człowieka lekko pracującego w tem-peraturze powietrza do 35°C, ale przy ciężkiej pracy popyt wzrasta do 7 l. Przy 40°C zapotrzebowanie pod-czas pracy wynosi odpowiednio 6 i 9 l, a w temperatu-rze 45°C nawet 10 i 13 l dziennie.

Ważny jest też sposób picia. Pić należy powoli, w nie-wielkich ilościach. Straty płynów uzupełniać stopnio-wo, z godziny na godzinę.

Czas zatrzymywania wody przez organizm zależy od wielkości porcji i tempa spożycia płynu. Przy pospiesz-nym wypiciu 500–1000 ml napoju przechodzi on szybko do płynu pozakomórkowego – zmniejszając jego ciśnie-nie osmotyczne, prowadzi do znacznego obciąża układu krążenia. Sam płyn natomiast jest błyskawicznie wydala-ny. Przy piciu małymi łykami, utrata wody z moczem i potem jest powolniejsza i mniejsza. Dlatego też mieszkańcy Azji Południowo-Wschodniej, w okresie pory gorącej, popijają przez cały dzień herbatę, delektując się jednak małymi porcja-mi.

W czasie silnego pocenia nie należy zatem reagować gwał-townie na zwiększoną chęć picia. Warto także pamiętać, że mechanizm odczuwania pragnienia czasami zawodzi i nie wska-zuje na faktyczny stopień od-wodnienia organizmu.

Człowiek o masie 70 kg ma w swym ciele ok. 45 l wody (65% masy ciała). Przy stracie 1,5 l dziennie w ciągu 6 dni utraci on 9 l wody (20% masy ciała) i w tych warunkach umrze. Przy wyso-kiej temperaturze otoczenia, w tropiku, można zginać już w ciągu 2–3 dni. Dla wyrównania niedoboru płynów nie należy pić dużych ilości wody gazowanej, która ze względu na zawartości dwutlenku węgla powoduje roz-ciąganie ścian żołądka i blokuje naturalną chęć napicia się. W ten sposób może dojść do masko-wanego stanu odwodnienia przy braku pragnienia.

Czy wiesz, że...
• zużycie wody zwiększyło się w ciągu ostatnich kilku lat dwu-krotnie. W wyniku tego zasoby źródeł podziemnych zmniej-szają się szybciej niż odnawiają (przeciętny Brytyjczyk zuży-wa dziennie 200 litrów wody, Amerykanin – 500, a Somalijczyk ok. 10. Dziecko urodzone w kraju rozwiniętym spożywa 30–50 razy więcej wody niż dziecko z kraju rozwijającego się);
• według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) aż 80% chorób jest bezpośrednio lub pośrednio związanych ze złą jakością wody;
• wzrost niedoboru wody na świecie będzie w 20% wynikiem zmian klimatycznych; podczas gdy w rejonach wilgotnych zwiększy się ilość opadów, w rejonach zagrożonych suszą, a nawet na niektórych obszarach tropikalnych i subtropikal-nych, opady będą rzadsze i nieregularne;
• połowa ludności ziemi pije wodę zanieczyszczoną, a aż 60% nie dysponuje jej dostateczną ilością;
• wymiana wody w lodowcu trwa 5000 lat, a w atmosferze zaled-wie 30–40 dni.

CYKL HYDROLOGICZNY

Czym jest cykl hydrologiczny?

Co rozumiemy pod pojęciem cyklu hydrologicznego? Można powiedzieć, że to „my” w każdej cząsteczce! Cykl hydrologiczny to obieg wody w przyrodzie zachodzący na Ziemi, w jej wnętrzu oraz ponad powierzchnią planety. Woda na naszym globie jest w ciągłym ruchu i zmienia swoje formy, od stanu ciekłego, poprzez gazowy do stałego, i na odwrót. Obieg wody trwa od miliardów lat, a zależne od niego jest całe ziemskie życie.

Nie można ustalić punktu początkowego obiegu wody, ale najlepiej obserwuje się całe zjawisko poczynając od procesów zachodzących w oceanie. Siłą napędową obiegu jest Słońce. Podgrzewa ono oceaniczną wodę, która w postaci pary unosi się nad bezkresnym rozlewiskiem. Wznoszące prądy powietrzne przenoszą parę wyżej, do atmosfery, gdzie niska temperatura wywołuje proces kondensacji. Powstają chmury. Poziome prądy powietrzne przenoszą chmury wokół globu ziemskiego. Drobne cząsteczki wody w chmurach zderzają się ze sobą, powiększając swoją masę i w końcu zamieniają się w opad. Opadem może być śnieg, który gromadząc się na powierzchni określonych zakątków Ziemi z czasem przekształca się w pokrywę lodową i lodowce. Te ostatnie mogą zatrzymać zamrożoną wodę na tysiące lat. W cieplejszym klimacie pokrywa śnieżna zwykle wiosną roztopia się. Część wód opadowych i roztopowych spływa po powierzchni ziemi, tworząc odpływ powierzchniowy. Dociera on do rzek i podąża w stronę oceanu. Znaczna część spływającej po powierzchni

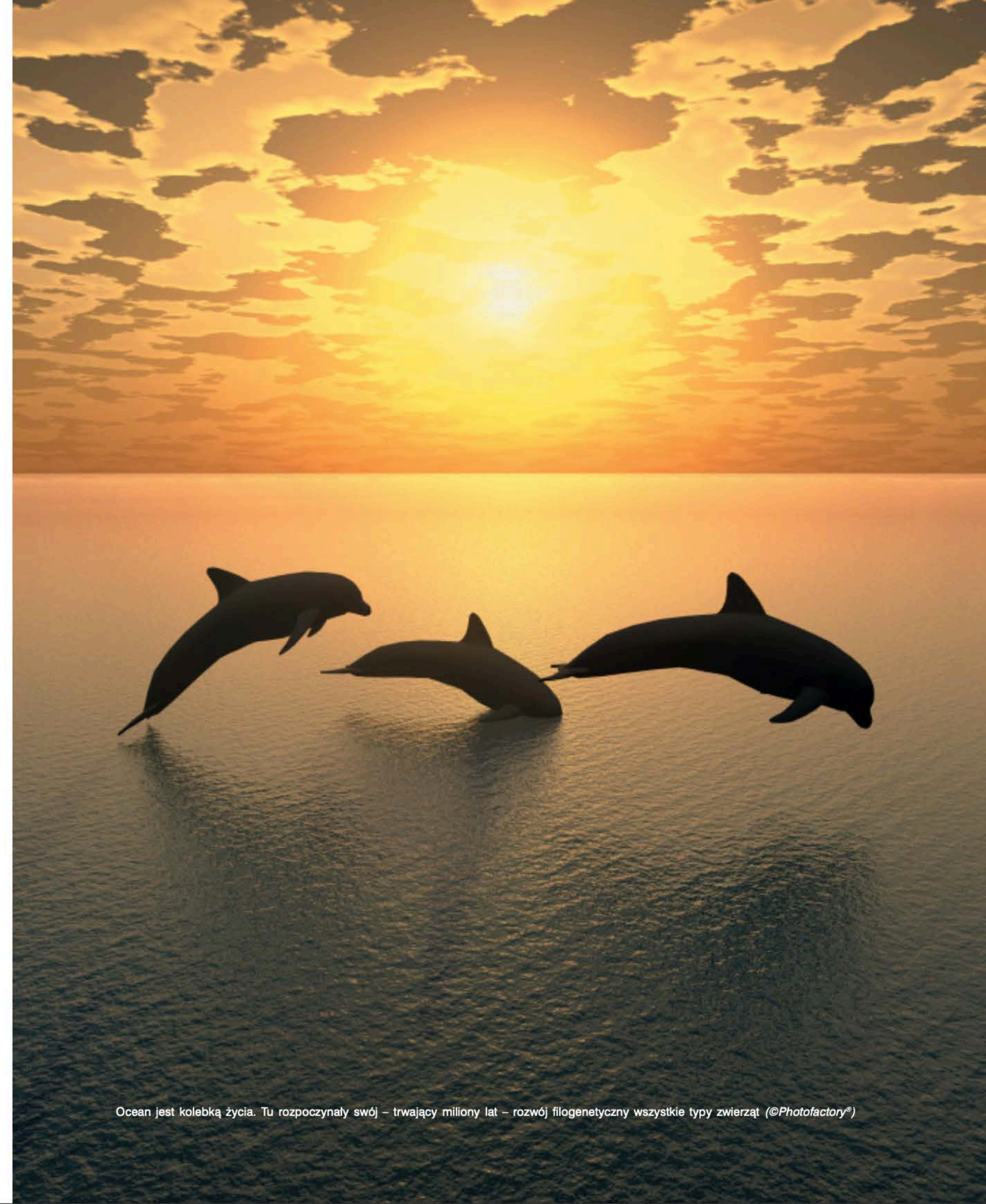
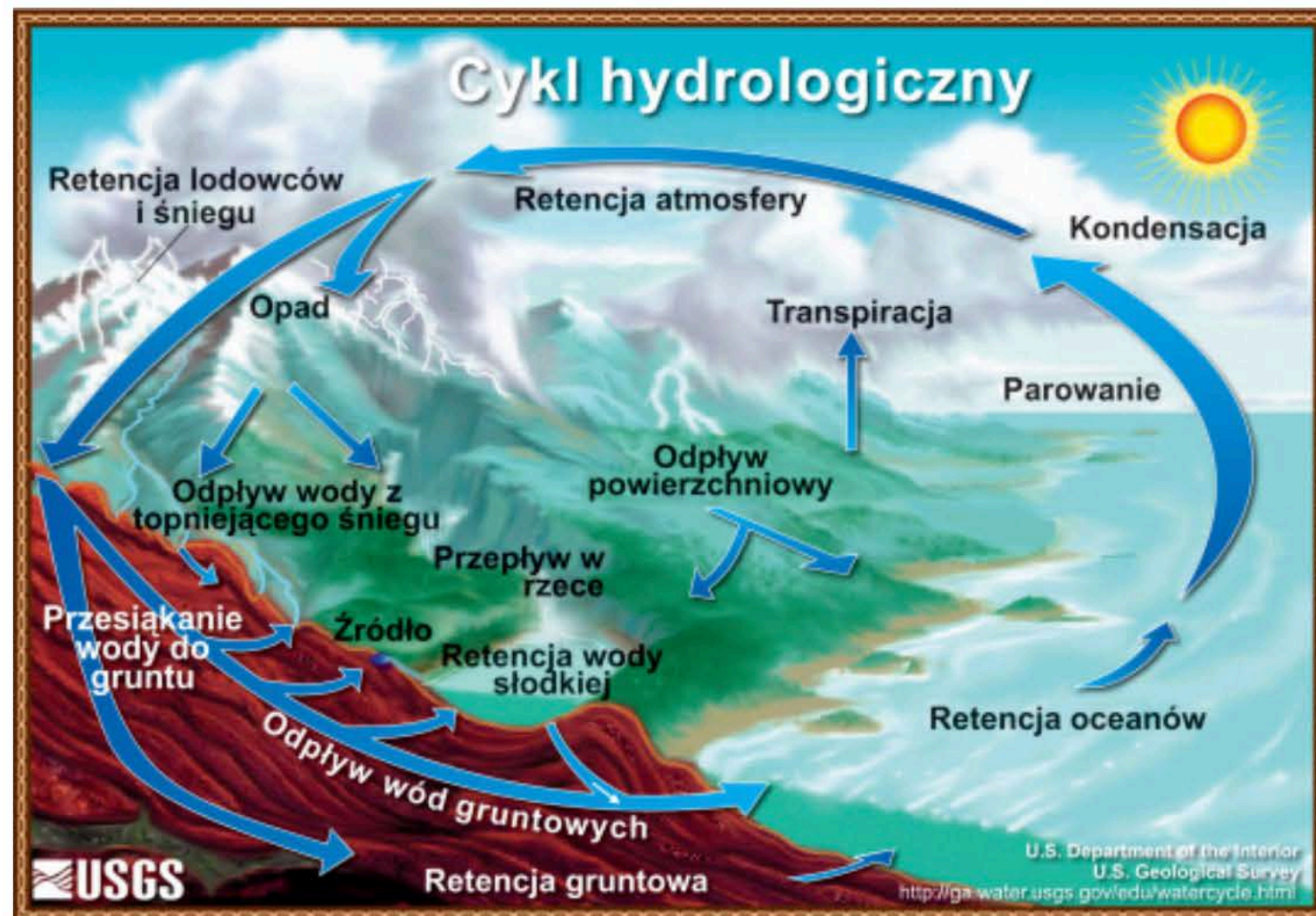
wody przesiąka, infiltruje do gruntu. Utrzymująca się stosunkowo blisko jego powierzchni tworzy odpływ gruntowy zasilający wody powierzchniowe; niekiedy jednak wypływa na powierzchnię w postaci słodководnych źródeł. Płytke wody gruntowe wykorzystywane są przez rośliny. Część wody infiltrującej do gruntu przesiąka głębiej, zasilając warstwy wodonośne, magazynujące ogromne ilości słodkiej wody. Jednak po pewnym czasie woda ta dotrze do oceanu, gdzie cykl hydrologiczny kończy się..., a właściwie – rozpoczyna.

Słona woda w oceanach i morzach

Ocean jest gigantycznym magazynem wody

Ocenia się, że około 1 338 000 000 km³ wody znajduje się w oceanach. Stanowi to około 96,5% całkowitych jej zasobów. Szacuje się również, że te największe zbiorniki naturalne w 90% zasilają proces parowania.

Podczas licznych okresów oziębiania się ziemskiego klimatu znaczna część wody została uwięziona w różnych formach zlodowacenia (pokrywa lodowa, lodowce), zmniejszając tym samym swoją dostępną objętość dla innych elementów cyklu. Zjawisko odwrotne było możliwe podczas okresów ocieplenia klimatu. Podczas ostatniej epoki lodowej jedną trzecią powierzchni Ziemi pokrywały lodowce, a poziom oceanów był o 122 m niższy od dzisiejszego. Około 3 milionów lat temu, kiedy Ziemia była cieplejsza, poziom oceanów mógł być wyższy od obecnego nawet o 50 m.



Ocean jest kolebką życia. Tu rozpoczynały swój – trwający miliony lat – rozwój filogenetyczny wszystkie typy zwierząt (@Photofactory®)



Charakterystyczną cechą ekosystemu oceanicznego jest niezwykle bogactwo fauny, żyje tu bowiem 200 000 gatunków zwierząt (@Photofactory®)

CYKL HYDROLOGICZNY



Park Narodowy Jasper położony w prowincji Alberta w Kanadzie (@Photofactory®)

Oceany w ruchu

W oceanach występują prądy wywierające duży wpływ na cykl hydrologiczny i klimat. Najbardziej znaczący z tych prądów, prąd zatokowy Golsztrom, poprzez Atlantyk przepycha ogromne masy wód z Zatoki Meksykańskiej, aż do Wysp Brytyjskich, pokonując 97 kilometrów w ciągu doby. Golsztrom niesie sto razy więcej wody niż wszystkie rzeki na naszej planecie.



Czy wiesz, że...

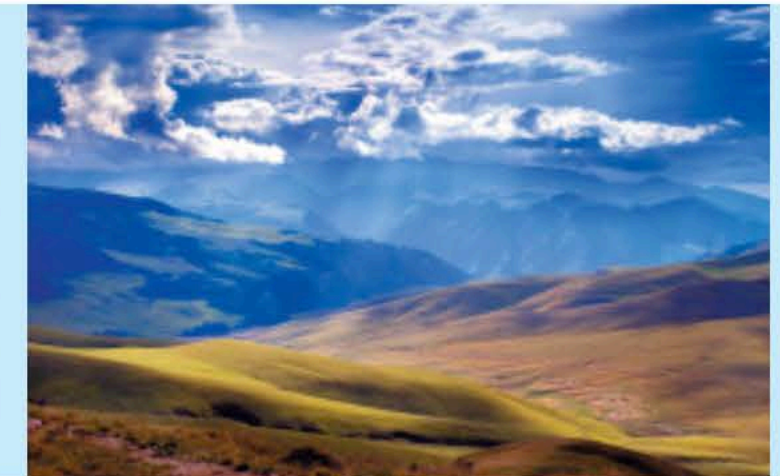
W XVII wieku w Europie zapanowała tzw. mała epoka lodowcowa. Bałtyk skuty był lodem, stały na nim pocztowe stacje przepręgowe i karczmy, a jazda Stefana Czarnieckiego podczas „potopu szwedzkiego”, bez zsiadania z wierzchowców, po lodowej tafli dotarła do Gotlandii!

Parowanie

Dlaczego woda paruje?

Parowanie jest procesem, w którym woda zmienia postać z ciekłej na gazową. To najważniejszy etap cyklu hydrologicznego, dzięki któremu woda pojawia się w atmosferze w postaci pary. Badania naukowe wykazały, że oceany, morza, jeziora i rzeki parując dostarczają aż 90% wilgoci do atmosfery. Pozostała część pochodzi z transpiracji roślin i ewaporacji gruntu.

Parowanie następuje po dostarczeniu wodzie ciepła. Energia ta sprawia, że rozrywane są wiązania utrzymujące razem poszczególne molekuly wody – dlatego też intensywnie paruje ona podczas gotowania, a zdecydowanie wolniej w temperaturze bliskiej zamarzaniu. Jednak gdy wilgotność względna powietrza



„Niebiańskie góry” Tien-szan w Azji Środkowej, na pograniczu Kazachstanu, Kirgistanu i Chin (@Photofactory®)

wynosi 100%, osiągając stan pełnego nasycenia, parowanie nie następuje. W procesie parowania ciepło pobierane jest z otoczenia. Dlatego kiedy pocimy się woda parująca z powierzchni skóry schładza rozgrzane ciało.

Parowanie jest siłą napędową obiegu wody w przyrodzie

Wielkie powierzchnie oceanów (około 70% powierzchni Ziemi) stwarzają tu ogromne możliwości. W skali globalnej objętość parującej wody jest tego samego rzędu, co objętość wody docierającej do powierzchni Ziemi w postaci opadów. Wygląda to jednak rozmaicie w różnych regionach geograficznych. Tylko 10% objętości wody parującej z oceanów przenoszona jest nad lądy, aby tam spaść w postaci deszczu, śniegu czy gradu. Cząsteczki parującej wody spędzają około 10 dni w powietrzu, zanim wrócą na ląd czy do oceanu w postaci opadów.

Woda w atmosferze – para wodna, chmury i wilgotność powietrza

Atmosfera jest pełna wody

Mimo że atmosfera nie jest wielkim magazynem wody, pełni funkcję „autostrady”, którą przemieszcza się ona wokół Ziemi. Woda w atmosferze występuje zawsze. Najlepiej widoczną formą jej obecności są chmury. Jednak nawet przejrzyste powietrze w słoneczny dzień zawiera wodę w postaci niewidocznych gołym okiem cząsteczek. Objętość wody w atmosferze wynosi około 12 900 km³. Wydaje się to dużo, ale to tylko 0,001% całkowitej objętości wody na Ziemi. Gdyby cała woda zawarta w atmosferze spadła na Ziemię w jednej chwili, utworzyłaby na powierzchni warstwę o grubości zaledwie 2,5 cm.

Kondensacja – proces, w którym woda zmienia swą postać z gazowej w ciekłą

Kondensacja jest procesem odwrótnym od parowania. Dzięki niej powstają chmury. Z chmur natomiast tworzą się opady będące głównym sposobem powrotu wody na Ziemię. Dzięki kondensacji tworzą się także mgły. To za sprawą tego procesu nasze okulary pokrywają się mgiełką, gdy wychodzimy w upalny dzień z chłodnego pomieszczenia na zewnątrz. Kondensacja sprawia także, że na wychłodzonej szklance z napojem pojawiają się kropelki rosy, a w chłodne dni okna w naszych domach pokrywają się od wewnątrz cienką warstewką wody.

CYKL HYDROLOGICZNY

Kondensacja w powietrzu

Nawet w bezchmurny dzień woda pod postacią pary stale jest obecna w powietrzu. Kropelki te są jednak zbyt małe, aby je dostrzec gołym okiem. Molekuły wody łącząc się z drobinami kurzu, soli czy sadzy tworzą większe kropelki – w efekcie na niebie pojawiają się chmury. Jeśli kropelki wody w obłokach łączą się dalej, chmury rozbudowują się i mogą pojawić się opady.

Chmury powstają w atmosferze w wyniku wznoszenia się i ochładzania powietrza zawierającego parę wodną. Istotną częścią tego procesu jest efekt nagrzewania się powietrza w pobliżu powierzchni Ziemi, na skutek promieniowania słonecznego i schładzania w wyższych partiach atmosfery z powodu zmniejszonego ciśnienia. Powietrze bowiem, mimo że tego nie odczuwamy, posiada pewien ciężar. Na poziomie morza ciśnienie słupa powietrza na każdy centymetr kwadratowy naszych głów wynosi około 5 kilogramów. Ciśnienie to, nazywane barycznym, jest wynikiem gęstości powietrza. Na znacznych wysokościach atmosfera jest rozrzedzona, panuje więc dużo niższe ciśnienie, co sprawia, że powietrze jest tam zimniejsze.

Opady

Opady atmosferyczne to uwolnienie się wody z chmur w postaci deszczu, deszczu ze śniegiem, śniegu lub gradu. Jest to podstawowy sposób powrotu wody na Ziemię.

Jak tworzą się kropelki deszczu?

Chmury przepływające nad naszymi głowami zawierają parę wodną. Kropelki wody w chmurach są jednak zbyt małe, by mogły spaść na ziemię w postaci deszczu, ale dostatecznie duże, aby dostrzec je jako chmury. W powietrzu nieustannie przebiega proces parowania i kondensacji wody. Jeśli znaleźlibyśmy się bardzo blisko chmury, moglibyśmy dostrzec, że pewne jej części

znikają (w procesie parowania), a inne rozbudowują się (w procesie kondensacji). Przeważająca część wody skondensowanej w chmurach nie spada jednak na ziemię za sprawą pionowych prądów wznoszących, utrzymujących małe cząsteczki wody w powietrzu. Zanim zacznie padać deszcz, maleńkie drobinki wody zderzają się i łączą ze sobą. Powstałe w ten sposób cząsteczki stają się w końcu na tyle duże i ciężkie, że mogą już opuścić chmurę. Potrzeba milionów takich cząsteczek wody, aby utworzyć jedną kroplę deszczu.

Nierównomierny rozkład opadów w przestrzeni i czasie

Opady w różnych częściach świata różnią się wielkością i intensywnością. Nawet w granicach jednego miasta mogą występować spore różnice. Na przykład podczas letniej burzy na jednej z ulic będzie lało, podczas gdy w promieniu kilku kilometrów wokół, opady nie wystąpią w ogóle. Światowy rekord sumy średniego rocznego opadu deszczu wynoszący 11 400 mm (11,4 m!) należy do Mount Waialeale na Hawajach, gdzie zresztą pada przez 350 dni w roku! Dla porównania, wyjątkowo niskie opady występują w Arica w Chile, gdzie przez 14 lat nie spadła ani jedna kropla deszczu.

Mapa pokazuje średnie roczne opady na świecie (w milimetrach). Jasnozielonym kolorem oznaczono obszary „pustyn”. Widzimy, że Sahara jest pustynią, ale czy przypuszczaliście, że większa część Grenlandii i Antarktydy to również pustynie?

Czy kropelki deszczu mają kształt leż?

W kulturze masowej kropla deszczu najczęściej przedstawiana jest jako leż. Ta artystyczna wizja w istocie niewiele ma wspólnego z prawdą. To jedynie popularne wyobrażenie, wynikające często z obserwacji kropli deszczu, które rozbiły się na szybie, przez co zresztą straciły swój pierwotny kształt. Praktycznie każdy, od reklamodawców do ilustratorów bajek dla dzieci, przedstawia kropelki deszczu w kształcie leż, kiedy tak naprawdę

CYKL HYDROLOGICZNY

małe kropelki o promieniu poniżej 1 mm są kuliste, a te większe przybierają kształt hamburgera. Kiedy ich promień jest większy niż około 4,5 mm, zostają gwałtownie zdeformowane przypominając kształtem spadochron. Zaraz potem rozpadają się na mniejsze kropelki.

Owa niezwykła ewolucja ma swoje źródło w swoistym „przeciąganiu liny” pomiędzy dwiema siłami: napięciem powierzchniowym wody oraz ciśnieniem powietrza, wywierającym nacisk na spadającą kroplę od dołu. Kiedy kropla jest mała, napięcie powierzchniowe wygrywa i kropla zachowuje kształt kulisty. Wraz ze wzrastającym rozmiarem, zwiększa się prędkość spadania, a ciśnienie powietrza działające na spodnią część kropli powoduje jej spłaszczenie, bądź nawet wklęsnięcie. Wreszcie, kiedy promień kropli przekracza 4 mm, wklęsłość rośnie niemal w wybuchowym tempie tworząc torebkę z pierścieniową otoczką wody, co w rezultacie prowadzi do rozerwania kropli na mniejsze części.

Dlaczego kropelki deszczu są różnej wielkości?

Nauka wykazuje nam, że jedno pytanie często prowadzi do następnego lub wielu innych. Zanim omówimy różne wielkości kropli deszczu, musimy zrozumieć, czym w ogóle ona jest, jak powstaje, a w końcu, jakie maksymalne rozmiary może osiągać?

Nie ma deszczu bez chmury – chmura zaś utworzona jest z pary wodnej znajdującej się w powietrzu. Oprócz wody, w powietrzu występują małe cząsteczki nazywane jądrami kondensacji – na przykład cząstki soli pozostałe po wyparowaniu wody morskiej lub też cząsteczki kurzu czy sadzy. Kondensacja zachodzi, kiedy para wodna „owija się” wokół tych drobinek. Każda cząsteczka otoczona przez wodę staje się mikroskopijną kropelką o średnicy raptem od 0,001 do 0,05 mm. Cząsteczki różnią się rozmiarami, stąd też różne są początkowe wielkości mikrokropolek. Owe kropelki są jeszcze zbyt małe, i zbyt lekkie, aby spaść z nieba. Kiedy – i w jakich okolicznościach – zatem opadają?

Wirujące chaotycznie mikrokropelki w chmurze zderzają się ze sobą. Gdy jedna kropelka wpadnie na drugą, większa wchłania, „zjada” tę mniejszą. Ta nowa kropelka wpada na kolejne mniejsze kropelki i „pożerając” je, staje się jeszcze większa. Proces ten nazywa się koalescencją. Wkrótce kropla stanie się tak ciężka,

że chmura nie będzie w stanie jej już dłużej utrzymać. Zacznie więc spadać. Jednak w czasie swej podróży ku Ziemi nie próżnuje i „zjada” kolejne kropelki. Możemy mówić o prawdziwej, „dorosłej” kropli deszczu, kiedy osiągnie ona średnicę 0,5 mm lub więcej.

Kropla będzie dalej spadać, aż dotrze do gruntu. Jednak podczas spadania wiatr (prąd wstępujący) może spleść jej figlę i jednym solidnym podmuchem cofnąć kroplę do chmury, gdzie będzie ona dalej „pożerać” inne kropelki, rosnąć w siłę i dzielić się na mniejsze. Gdy kropelki w końcu spadną, największymi z nich będą te, które wchłonęły najwięcej sąsiadek. Jak wynika z powyższego, wpływ na ostateczną wielkość kropli deszczu ma początkowa wielkość cząsteczek zwanych jądrami kondensacji oraz tempo koalescencji.

Po dotarciu na Ziemię, kropelki deszczu albo przesączają się do gruntu, albo też spływają do rzek i jezior. Wpływ na to, co dzieje się z opadami deszczu, ma wiele czynników:

- wielkość opadów – obfite opady w krótkim okresie nie są w stanie wsiąknąć do gleby, wobec czego woda spływa po jej powierzchni do cieków wodnych;

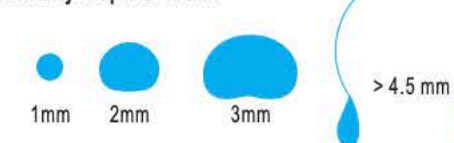
- topografia terenu, czyli jego ukształtowanie: wzgórza, doliny, góry, kaniony – woda spadająca na nierówny teren spływa w dół, po czym staje się częścią cieku wodnego, gromadzi się w zagłębieniach podobnie jak jeziora lub po prostu wsiąka w ziemię;

- warunki glebowe – tam gdzie ziemia jest bogata w glinę, przez którą deszczowi trudno się przesączyć, większość opadu spływa lub gromadzi się w zagłębieniach; natomiast w przypadku gleb piaszczystych na bardziej pustynnych obszarach woda jest szybko wchłaniana, przynajmniej początkowo;

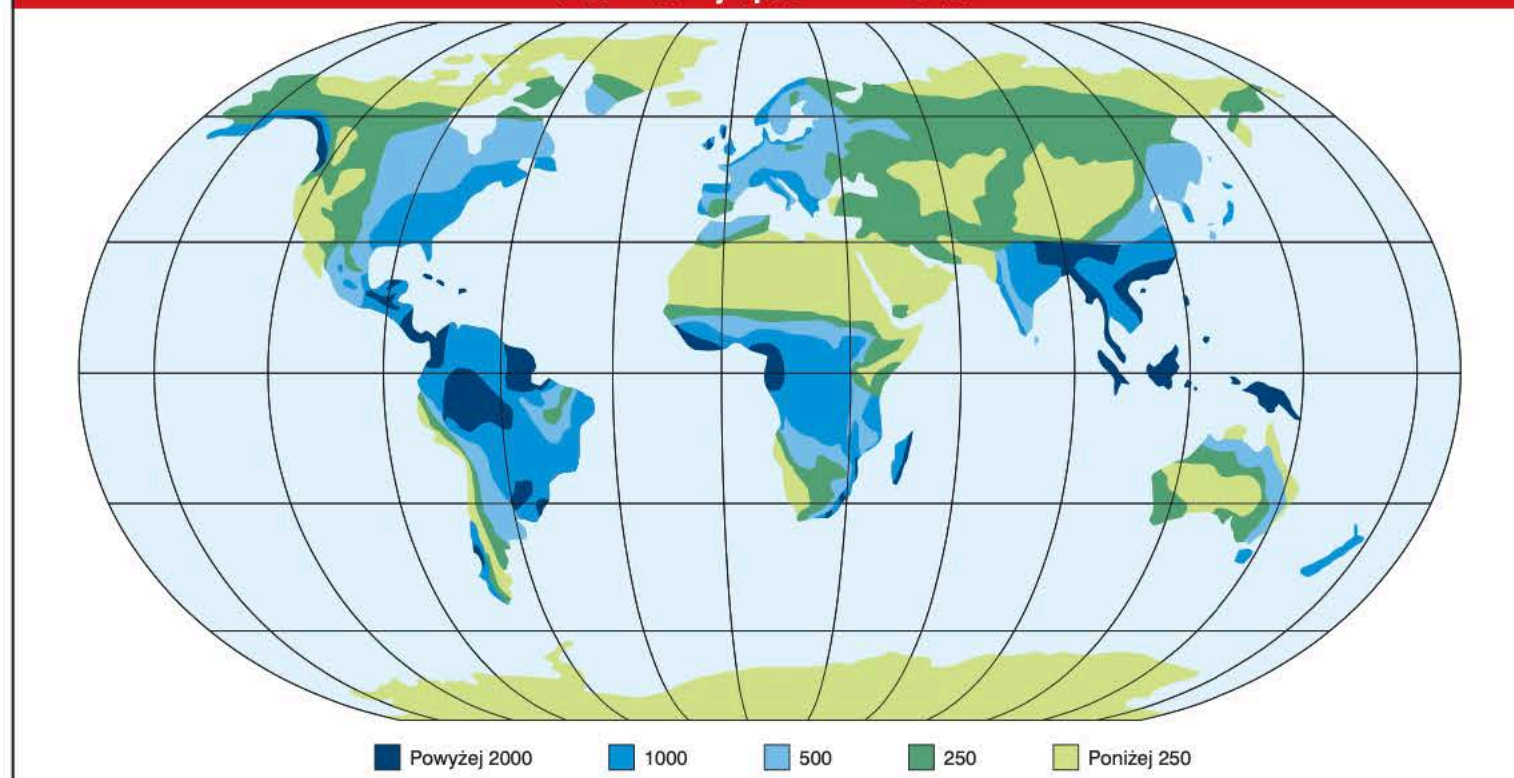
- roślinność – od dawna wiadomo, iż bujna roślinność spowalnia przepływ wody, dzięki czemu gleba jest chroniona przed wymywaniem; kiedy natomiast przyjrzeć się nagim, skalistym wzgórzom, widać wawy wyryte w nich przez spływającą wodę;
- stopień urbanizacji – podczas rozbudowy miasta mnóstwo pieniędzy i pracy wkłada się w usuwanie wody z terenów pod

zabudowę; drogi, chodniki i parkingi tworzą obszary nieprzepuszczalne; woda wędruje więc do strumieni i cieków, które często nie są w stanie jej pomieścić, co prowadzi do podtopień okolicznych terenów.

Kształty kropli deszczu



Średni roczny opad w milimetrach

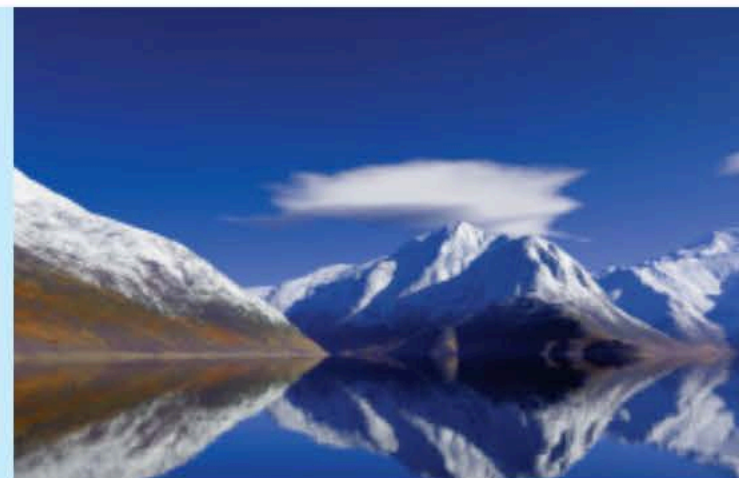


■ Powyżej 2000 ■ 1000 ■ 500 ■ 250 ■ Poniżej 250



98% Antarktydy pokryte jest lodolodem o grubości do 4774 metrów (@Photofactory®)

CYKL HYDROLOGICZNY



Antarktydę ze wszystkich stron otacza Ocean Południowy (@Photofactory®)



Na terenie Parku Narodowego Grand Teton w USA znajduje się 6 polodowcowych jezior (@Photofactory®)

Woda w lodzie i śniegu – słodka woda w formie zamrożonej w lodowcach oraz pokrywie lodowej i śnieżnej

Pokrywa lodowa na Ziemi

Woda zmagazynowana w lodzie, śniegu i lodowcach także jest częścią cyklu hydrologicznego. Ogromna ilość lodu, prawie 90% całkowitej masy lodu na Ziemi, znajduje się na Antarktydzie. Pokrywa lodowa Grenlandii stanowi pozostałe 10%, a jej objętość oceniana jest na 2,5 mln km³. Średnia grubość lodu, który narastał tam przez wieki w wyniku dużych opadów śniegu, wynosi około 1 500 m, ale miejscami może dochodzić nawet do 4 300 m! Lód jest tak ciężki, że ląd znajdujący się pod nim odkształca się, przybierając formę misy.

Lód i lodowce w ciągłym ruchu

Klimat w skali globalnej zmieniał się zawsze, ale nie w sposób dostatecznie szybki, by mógł to dostrzec człowiek w ciągu swojego życia. W przeszłości było wiele okresów ciepła, takich jak ten 100 milionów lat temu, kiedy na Ziemi żyły dinozaury. Było też wiele okresów ochłodzenia, np. 20 000 lat temu. Podczas ostatniej epoki lodowej większa część półkuli północnej była pokryta lodem: prawie cała Kanada, większa część północnej Azji i Europy, a także niektóre tereny obecnych Stanów Zjednoczonych.

Odptyw wód roztopowych – dopływ wody z topniejącego lodu i śniegu do rzeki

Mieszkańcy Kuby czy Egiptu, nie muszą martwić się tym, w jaki sposób woda z topniejącego śniegu uczestniczy w obiegu wody

Czy wiesz, że...

- Lodowce pokrywają 10–11% powierzchni wszystkich lądów.
- Gdyby dzisiaj stopniały wszystkie lodowce, poziom mórz i oceanów podniósłby się o ok. 70 m.
- Podczas ostatniego zlodowacenia poziom mórz był o 122 m niższy od obecnego, a lodowce pokrywały prawie jedną trzecią lądów.
- Podczas ostatniego ocieplenia, 125 000 lat temu, powierzchnia mórz utrzymywała się o ok. 5,5 m wyżej niż dzisiaj. Około 3 mln lat temu poziom mórz mógł być wyższy nawet o 50 m.

w przyrodzie. W klimacie chłodniejszym zasilanie rzek i strumieni w większości pochodzi jednak z topniejącego śniegu i lodu. Prócz zagrożenia powodziowego, nagłe topnienie pokrywy śnieżnej może powodować obsunięcia stoków i przemieszczanie się rumowisk skalnych.

Odptyw wody roztopowej zmienia się zarówno w ciągu sezonu, jak i lat. Brak wody zmagazynowanej w pokrywie śnieżnej skutkuje niedostatkami w pozostałej części roku. Może to mieć wpływ na objętość wody gromadzonej w zbiornikach położonych w dole rzeki, co odbije się niekorzystnie na systemach nawadniających i zaopatrujących miasta w wodę.

Odptyw powierzchniowy – ta część opadu, która po powierzchni gruntu spływa do najbliższego strumienia

Część wody z opadów atmosferycznych występujących nad lądem, spływa po powierzchni gruntu do rzek, by potem dopłynąć do mórz i oceanów. Rzeki zasilane są również źródłami podziemnymi. Jednocześnie tracą wodę, oddając ją do gruntu. Ciągłe jednak przeważająca część wody w rzekach pochodzi z odptywu powierzchniowego.

Zwykle część opadów przesiąka przez glebę. Gdy woda ta dotrze do warstw wodonośnych, zaczyna spływać w dół zgodnie z nachyleniem warstw skalnych. Podczas intensywnego deszczu w górach można zauważyć wiele rwących strumyczków płynących kamienistym stokiem. Woda w ziemi, po dotarciu do warstw nieprzepuszczalnych zachowuje się podobnie – spływa kanalikami w kierunku rzeki.

Wszystkie procesy obiegu wody w przyrodzie są wynikiem interakcji pomiędzy opadem a odptywem powierzchniowym. Wszystkie one zmieniają się w czasie i przestrzeni. Podobne burze i opady w puszczy i na pustyni wywołują różniący się zasadniczo odptyw powierzchniowy. Wielkość takiego odptywu jest związana zarówno z czynnikami meteorologicznymi, jak i charakterem fizyczno-geograficznym i topograficznym obszaru. Jedna trzecia opadów, jakie mają miejsce nad lądami, dociera do strumieni czy rzek i powraca do oceanów. Pozostałe dwie trzecie wsiąka w ziemię, paruje wprost z gruntu lub transpiruje, czyli paruje poprzez liście roślin.

CYKL HYDROLOGICZNY



Huron – drugie pod względem wielkości jezioro w USA (©Photofactory®)



Bujna roślinność w dolinie Nilu w Egipcie (©Photofactory®)

Przepływ wody w rzece – ruch wody w naturalnych kanałach i rzekach**Znaczenie rzek**

Rzeki odgrywają niezwykle istotną rolę dla człowieka i jego środowiska. Są nie tylko wspaniałym miejscem zabaw i wypoczynku, ale stanowią również główne źródło zaopatrzenia w wodę. Dostarczają jej dla melioracji, produkcji energii elektrycznej, transportu towarów. Pozwalają utrzymać odpowiedni poziom wód podziemnych dzięki zjawisku przesiąkania wody rzecznej do gruntu. Ponadto morza i oceany są pełne wody właśnie dzięki zasilającym je rzekom.

Zlewnie i rzeki

Przy każdej rzece ważną naturalną funkcję pełni jej dorzecze, nazywane również zlewnią rzeczną. Czym jest zlewnia? Zlewnia jest obszarem, z którego woda spływa do rzeki lub jej fragmentu. Zlewnia może być tak mała jak ślad stopy odcisnięty w błocie oraz tak duża, jak obszar, z którego woda spływa do Wisły i dalej do Zatoki Gdańskiej. Mniejsze zlewnie zawierają się w większych. Zlewnia ma duże znaczenie w gospodarce wodnej, ponieważ jakość wody w rzece czy strumieniu zależy od tego, jakie działania prowadzi człowiek na obszarze dorzecza położonego „powyżej” ujścia rzeki.

Zmienność przepływu

Przepływ, czyli ilość wody jaka przepływa przez poprzeczny przekrój koryta rzeki w czasie jednej sekundy, zmienia się z dnia na dzień, a nawet z minuty na minutę. Oczywiście na zmienność przepływu najbardziej oddziałują opady. Jednak poziom wody w rzece podnosi się nawet wtedy, gdy deszcz spadnie bardzo daleko od jej koryta – pamiętajmy bowiem, że woda z opadów mających miejsce w obrębie dorzecza i tak ostatecznie dotrze do rzeki. Zatem obfitość wody w rzece zależy przede wszystkim od wielkości jej zlewni.

Rzeki różniące się wielkością odmiennie reagują na opady atmosferyczne. Wielkie rzeki wzbierają i opadają znacznie wolniej niż bystre, górskie potoki. Przy znacznych i gwałtownych opadach woda w małej rzece wzbiera w ciągu kilku godzin, a czasem nawet minut. Duże rzeki potrzebują kilku, kilkunastu dni, aby ich poziom widocznie podniósł się, względnie opadł, a powódź wywołana przez wielką rzekę może trwać tygodniami.

Zasoby słodkiej wody – woda słodka na powierzchni Ziemi

Jednym z elementów cyklu hydrologicznego, niezbędnym dla utrzymania życia na Ziemi, jest słodka woda zmagazynowana na lądach. Rzeki, stawy, jeziora, sztuczne zbiorniki wodne i słodkowodne mokradła tworzą wody powierzchniowe.

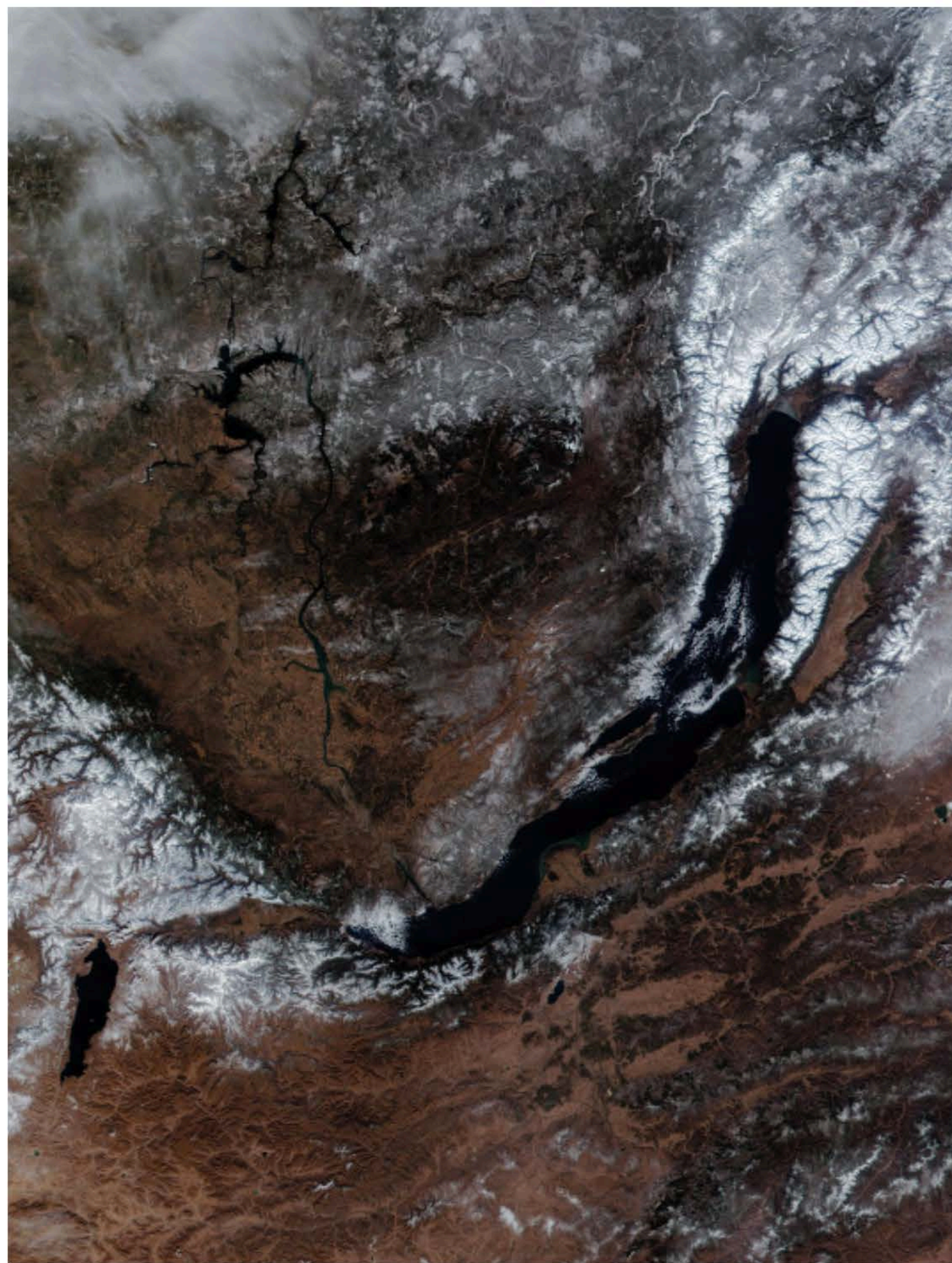
Objętość wody w rzekach i jeziorach zmienia się zależnie od ilości wody dopływającej i odpływającej. Rzeki zasilane są przez opady atmosferyczne, odpływ powierzchniowy i gruntowy oraz dopływy boczne. Woda z rzek paruje, ale i zasila wody gruntowe. Również człowiek wykorzystuje tę życiodajną ciecz dla swoich potrzeb. Zasoby wody zmieniają się więc w czasie i przestrzeni w sposób naturalny, a także za sprawą bardziej lub mniej przemyślanych działań człowieka.

Woda podtrzymuje życie

Na przykładzie delty Nilu w Egipcie możemy się przekonać, że życie może kwitnąć nawet na pustyni, jeśli tylko dostępna jest dostateczna ilość wody powierzchniowej czy gruntowej. Jednak słodka woda na powierzchni lądów występuje raczej w niedostatecznej ilości. Załedwie 3% całkowitej objętości wody na Ziemi to woda słodka. Około 20% całkowitych zasobów wody pitnej znajduje się w najstarszym, liczącym 25 mln lat i najgłębszym na świecie (1700 m), jeziorze Bajkał na Syberii. Kolejne 20% znajduje się w Wielkich Jeziorach Ameryki Północnej (Huron, Michigan i Superior). Rzeki niosą załedwie 0,006% całkowitych rezerwuarów słodkiej wody. Można więc stwierdzić, że życie na Ziemi trwa dzięki załedwie „kropli” całkowitych zasobów wodnych planety!

Infiltracja – pionowy ruch wody z powierzchni do gleby**Wody gruntowe mają swoje źródło w opadach atmosferycznych**

Część wody, która dociera do powierzchni lądu w postaci deszczu czy śniegu, przenika w głąb gruntu. Ilość infiltrującej wody zależy od wielu czynników. Infiltracja opadu, który dotarł do pokrywy lodowej Grenlandii jest bardzo mała, podczas gdy w niektórych jaskiniach strumień wody znika natychmiast, docierając bezpośrednio do wód podziemnych!



Bajkał – najstarsze i najgłębsze jezioro świata – Rosja (©Photofactory®)

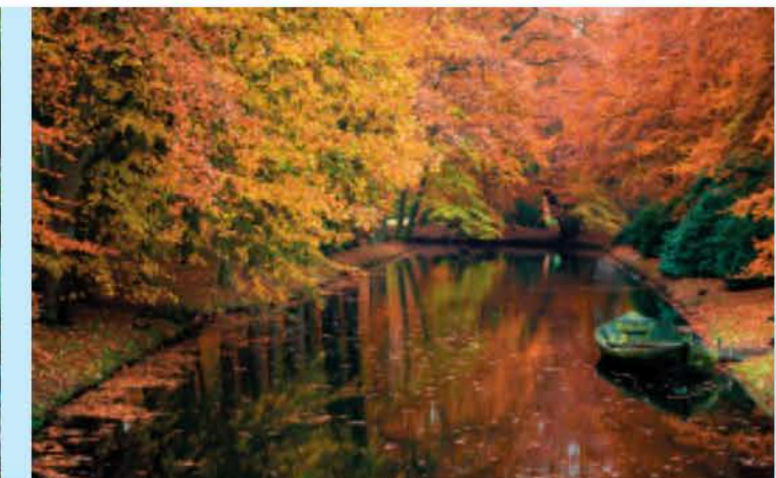
CYKL HYDROLOGICZNY



Rzeka Colorado – Grand Kanion w USA (©Photofactory®)



Yarra – rzeka w południowej części stanu Wiktoria w Australii (©Photofactory®)

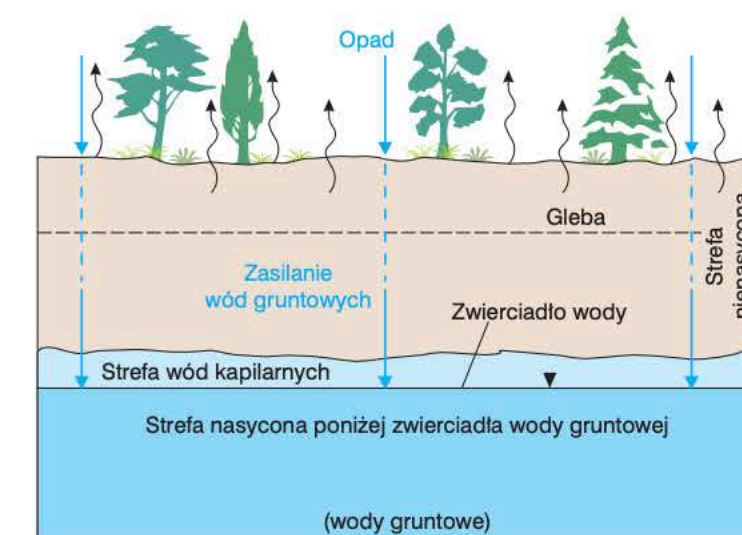


Uroczy zakątek Arnhem – miasta we wschodniej Holandii (©Photofactory®)

Część wsiąkającej w grunt wody pozostaje płytko pod powierzchnią, skąd przesiąkając zasila strumienie i rzeki. Część wody przenika dużo głębiej, docierając do wód podziemnych. Jeśli warstwy wodonośne nie są zlokalizowane zbyt głęboko, możliwe jest uwalnianie zgromadzonej tam wody poprzez studnie, z których ludzie czerpią ją dla swoich potrzeb. Woda pod ziemią, zanim zasili strumienie, rzeki i oceany, może pokonywać znaczne odległości i pozostawać w niej przez długi czas.

Woda podpowierzchniowa

Infiltrująca woda opadowa tworzy w gruncie dwie strefy: nienasyconą (aeracji) i nasyconą (saturacji). W strefie aeracji może występować woda, ale grunt nie jest nią nasycony. W górnej części strefy nienasyconej mamy warstwę gleby, z której woda wykorzystywana jest przez rośliny. Poniżej strefy nienasyconej znajduje się strefa nasycona, gdzie woda całkowicie wypełnia całą wolną przestrzeń pomiędzy cząsteczkami gruntu. Wierząc studnie ludzie docierają właśnie do tej strefy.



Wypływ wody z gruntu

Każdego dnia widzimy wodę w jeziorach, rzekach, pokrywie lodowej, w postaci padającego deszczu lub śniegu. W przyrodzie jest jednak duża część wody, której nie dostrzegamy bezpośrednio –

jest to woda utrzymująca się i poruszająca w gruncie. Stanowi ona główne źródło zasilania rzek i strumieni. Ludzie od tysięcy lat wykorzystywali tę wodę. Korzystają z niej również obecnie, głównie do picia i nawodnień. Życie na Ziemi zależy w równym stopniu od wód podziemnych jak i powierzchniowych.

Woda gruntowa przepływa przez grunt

Część infiltrujących opadów tworzy wody gruntowe. W gruncie część wody przemieszcza się blisko jego powierzchni i stosunkowo szybko przedostaje się do rzek i strumieni. Jednak dzięki grawitacji część wody wnika w głębsze warstwy ziemi.

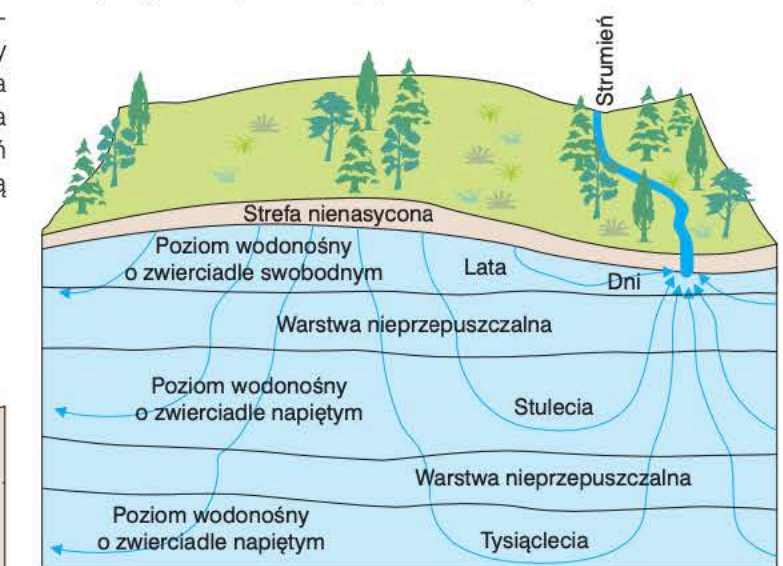


Diagram pokazuje czynniki charakteryzujące warstwy wodonośne i nieprzepuszczalne wpływające na kierunek i prędkość ruchu wody gruntowej. Objętość wody przemieszczającej się w głąb zależy od zdolności przepuszczających gruntu (od tego czy woda w gruncie porusza się z łatwością czy z trudem) oraz od jego porowatości (czy w gruncie istnieją wolne przestrzenie niewypełnione skałami). Jeśli struktura gruntu pozwala na względnie łatwe przemieszczanie się wody, może ona pokonywać znaczne odległości w ciągu kilku dni. Ale woda może również przesiąkać do głębokich warstw wodonośnych, skąd dopiero po tysiącach lat powróci na powierzchnię.

CYKL HYDROLOGICZNY



Gorące źródła w Parku Narodowym Yellowstone w USA (@Photofactory®)

Źródło – miejsce, gdzie woda podziemna pojawia się na powierzchni**Czym jest źródło?**

Źródło jest miejscem, gdzie warstwa wodonośna przecina powierzchnię gruntu, z którego woda wypływa w sposób naturalny. Źródła mogą być różnej wielkości, od małych, pojawiających się jedynie po intensywnym deszczu, do ogromnych, o wydajności milionów litrów dziennie.

Tworzą się one w skałach różnego rodzaju, ale najczęściej powstają w łamliwych wapieniach i dolomitach łatwo rozpuszczanych przez kwaśne deszcze. W spękanych skałach powstają przestrzenie pozwalające na swobodny przepływ wody. Jeśli jest to przepływ poziomy, woda może dotrzeć do powierzchni gruntu i pojawić się w źródle.

Woda źródłana nie zawsze jest czysta

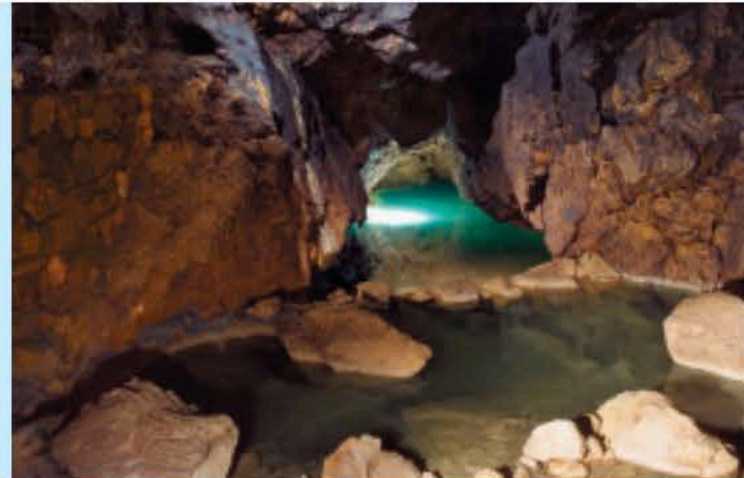
Woda w źródłach nie zawsze jest czysta. Niekiedy może mieć kolor „herbaty”. Rdzawe zabarwienie nadają jej minerały, z którymi miała kontakt w gruncie. Zresztą kolor wody może być powodowany odpadami organicznymi (liście, drewno), substancjami humusowymi, ściekami przemysłowymi lub erozją gleb. Barwa często jest rezultatem obecności soli żelaza (kolor zielononiebieski), żelaza i manganu (żółty do brązowego), siarki (niebieski), siarkowodoru (szmaragdowy), substancji organicznych (żółty, pomarańczowy, brunatny, rdzawy, czarny), a także planktonu (ma wtedy kolor zielony). Źródła silnie zabarwione mogą świadczyć o tym, że woda szybko przepływa dużymi kanałami w warstwie wodonośnej i nie jest filtrowana przez wapienie.

Gorące źródła

Gorące źródła różnią się od zwyczajnych tym, że woda w nich jest ciepła, a niekiedy wręcz gorąca. Większość gorących źródeł występuje w regionach o przeszłości wulkanicznej, a woda podgrzewana jest przez rozgrzane skały, których temperatura wzrasta wraz z głębokością. Jeśli podgrzana woda dotrze do odpowiednio dużej szczeliny wyprowadzającej ją na powierzchnię, pojawia się tam w postaci gorącego źródła. Źródła termalne rozrzucone są po całym świecie i mogą występować nawet w pobliżu gór lodowych, tak jak ma to miejsce na Grenlandii.

Transpiracja – proces, w którym para wodna uchodząc z roślin dostaje się do atmosfery**Transpiracja, a liście roślin**

Transpiracja jest procesem, w którym wilgoć przechodzi przez rośliny, od korzeni do małych porów na spodniej stronie liści. Tam zamieniana jest w parę i uwalniana do atmosfery. Ocenia się, że



Saint-Léonard we Francji – największe podziemne jezioro w Europie (@Photofactory®)

około 10% wilgoci dostaje się do atmosfery właśnie dzięki procesowi transpiracji.

Transpiracja roślin jest prawie niezauważalna. Pomimo że woda paruje z roślin, nie widać, żeby się one „pociły”. W okresie wzrostu rośliny transpirują znacznie więcej wody niż same ważą. Jeden hektar zboża (czyli kwadrat o boku 100 m) uwalnia do atmosfery około 28 000 – 37 000 litrów wody każdego dnia, a wielki dąb może transpirować 151 000 litrów wody w ciągu roku.

Czynniki atmosferyczne wpływające na proces transpiracji

Wielkość transpiracji roślin zmienia się w czasie i przestrzeni. Istnieje wiele czynników wpływających na ten proces:

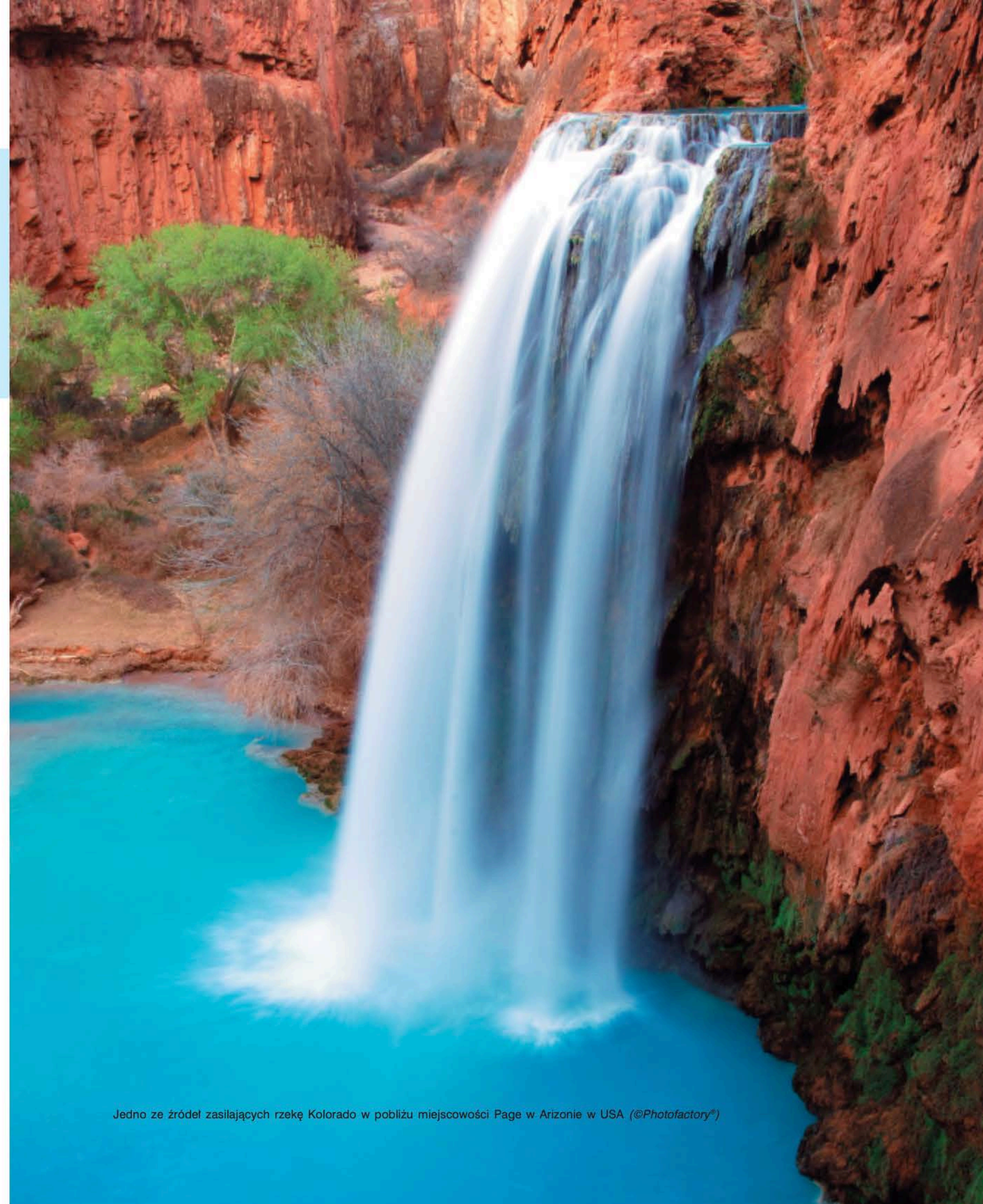
- temperatura – transpiracja zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury otoczenia, szczególnie w okresie rozwoju roślin;
- względna wilgotność – jeśli wilgotność w powietrzu otaczającym roślinę podnosi się, spada wielkość transpiracji; łatwiej bowiem jest parować wodzie w powietrzu bardziej suchym niż wilgotnym;
- wiatr i ruch powietrza – intensywniejszy ruch powietrza wokół rośliny sprawia, że transpiracja wzrasta;
- gatunek roślin – rośliny transpirują wodę w różnym stopniu; te z jałowych regionów, np. kaktusy, transpirują jej mniej niż inne.

Wody podziemne – woda przebywająca pod powierzchnią Ziemi przez długi czas**Woda zmagazynowana pod ziemią jest częścią cyklu hydrologicznego**

Ogromna ilość wody jest zatrzymywana w gruncie. Porusza się tam znacznie wolniej, ale nadal jest elementem cyklu hydrologicznego. Większość wody w gruncie pochodzi z opadów. Górna warstwa gleby jest strefą nienasyconą. Poniżej znajduje się strefa nasycona, gdzie wszystkie wolne przestrzenie między cząsteczkami gruntu wypełnione są wodą. Obszar ten nazywany jest wodami podziemnymi lub warstwą wodonośną. Jest to olbrzymi magazyn, od którego zależy codzienne życie ludzi na całym świecie.

Aby znaleźć wodę, zajrzyj pod lustro... lustro wody

Kopanie dołka w piasku na plaży to najlepszy sposób, by przekonać się, że na pewnej głębokości, grunt jest nasycony wodą. W wykopanym dołku pojawi się w końcu woda. Jej powierzchnię tworzy zwierciadło, którego poziom zmienia się wraz z rytmem falowania morza. Jeśli woda w morzu podnosi się lub opada, takie same ruchy wykonuje zwierciadło wody w wykopanym na plaży dołku.



Jedno ze źródeł zasilających rzekę Kolorado w pobliżu miejscowości Page w Arizonie w USA (@Photofactory®)



CYKL HYDROLOGICZNY



Ogród botaniczny w Montrealu – Kanada (©Photofactory®)



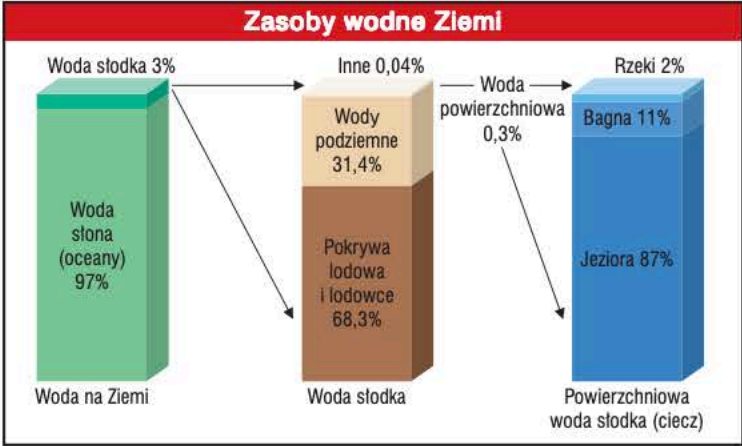
Rzeka Brda w okolicach Bydgoszczy (©Photofactory®)

Nasze zagłębienie działa więc jak studnia, z której czerpie się wody podziemne. Gdyby była to woda słodka, moglibyśmy wykorzystać ją do picia. Wiadomo, że jeśli za pomocą wiaderka będziemy próbowali wybrać tę wodę, dołek szybko napelni się ponownie. Oznacza to, że piasek wokół jest tak przepuszczalny, że woda łatwo przezeń przenika i nasza „studnia” ma „dużą wydajność”. Aby dotrzeć do słodkiej wody, ludzie wiercą głębokie studnie sięgające warstw wodonośnych. Ujęcia takie mogą mieć głębokość nawet setek metrów. Jednak czy to dołek na plaży, czy potężna studnia, zasada jest taka sama – woda pojawia się, gdy docieramy do warstwy wodonośnej, w której wszystkie pory gruntu wypełnione są wodą.

Światowe zasoby wodne

Całkowita objętość wody na Ziemi wynosi około 1386 mln km³, z czego 96% to wody słone. Wody słodkie w 68% zmagazynowane są w lodach i lodowcach. Pozostałe 30% wód słodkich znajduje się pod ziemią. Powierzchniowe zasoby słodkiej wody, w rzekach czy

jeziorach, wynoszą około 93 000 km³, co stanowi zaledwie ułamek procenta całkowitych zasobów wodnych Ziemi. Pomimo tego rzeki i jeziora są podstawowym źródłem wody w codziennym życiu człowieka.



Źródło wody	Objętość wody [km³]	Udział w całych zasobach wody słodkiej	Udział w całkowitej objętości wody na Ziemi
Oceany, morza, zatoki	1 338 000 000	–	96,5%
Pokrywa lodowa, lodowce, wieczne śniegi	24 064 000	68,7%	1,74%
Wody podziemne	23 400 000	–	1,7%
– słodkie	10 530 000	30,1%	0,76%
– słone	12 870 000	–	0,94%
Wilgoć w glebie	16 500	0,05%	0,001%
Wieczna zmarzlina	300 000	0,86%	0,022%
Jeziora	176 400	–	0,013%
– słodkie	91 000	0,26%	0,007%
– słone	85 400	–	0,006%
Woda w atmosferze	12 900	0,04%	0,001%
Bagna	11 470	0,03%	0,0008%
Rzeki	2 120	0,006%	0,0002%
Woda w żywych komórkach	1 120	0,003%	0,0001%
Razem	1 386 000 000	–	100%