



Procesy endogeniczne. Zagadnienia z geologii historycznej – powtórzenie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Gra edukacyjna](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Procesy endogeniczne. Zagadnienia z geologii historycznej – powtórzenie

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/grupoid-lawa-wulkan-volcanism-406818/>, domena publiczna.

Po zapoznaniu się ze szczegółowymi informacjami zawartymi w poszczególnych e-materiałach dotyczących geologii historycznej warto usystematyzować swoją wiedzę i umiejętności. Lekcja jest podsumowaniem wiadomości dotyczących: zakresu badań i głównych zasad geologii historycznej, metod określania wieku skał, dziejów Ziemi i ich charakterystyki, źródeł wiedzy na temat przeszłości geologicznej danego obszaru, a także umiejętności analizy i interpretacji przekrojów geologicznych.

Twoje cele

- Wyjaśnisz zakres badań geologii historycznej i nauk z nią powiązanych.
- Scharakteryzujesz główne zasady geologiczne.
- Rozróżnisz wiek względny i bezwzględny skał.
- Wymienisz i opiszysz główne metody określania wieku skał.
- Dokonasz podziału dziejów Ziemi.
- Scharakteryzujesz dzieje Ziemi pod względem geologii, klimatu i świata żywego.
- Podasz przykłady źródeł wiedzy na temat przeszłości geologicznej danego obszaru.
- Przeanalizujesz i zinterpretujesz przekrój geologiczny.

Przeczytaj

1. Czym zajmuje się geologia historyczna?

1.1. Geologia historyczna i nauki z nią związane

Geologia historyczna to nauka zajmująca się powstawaniem i ewolucją skorupy ziemskiej oraz świata organicznego. Związane są z nią ściśle m.in. następujące nauki:

- paleogeografia – zajmuje się odtwarzaniem warunków geograficznych powierzchni naszej planety w przeszłości geologicznej, np. rozmieszczeniem lądów i wód,
- paleontologia – zajmuje się badaniem organizmów żywych występujących w przeszłości geologicznej,
- paleoklimatologia – zajmuje się badaniem warunków klimatycznych w przeszłości geologicznej,
- stratygrafia – zajmuje się badaniem wieku skał i ich rozmieszczeniem w przeszłości geologicznej,
- sedymentologia – zajmuje się procesami kształtowania, transportu i osadzania się materiału skalnego.

1.2. Główne zasady geologiczne

Zasada	Charakterystyka
aktualizmu geologicznego	sformułowana w 1785 r. przez szkockiego lekarza Jamesa Huttona i rozwinięta w 1830 r. przez Charlesa Lyella; wyraża ją hasło: „Teraźniejszość jest kluczem do przeszłości (poznania przeszłości)” , co oznacza, że procesy geologiczne, które zachodziły w przeszłości geologicznej (zarówno na powierzchni, jak i we wnętrzu Ziemi), można rekonstruować, obserwując procesy zachodzące współcześnie; należy jednak pamiętać, że procesy geologiczne zachodzące na początku istnienia naszej planety miały inny przebieg, gdyż występowały w innych warunkach atmosferycznych (wyższej temperatury i innego składu powietrza)
katastrofizmu	sformułowana w XVIII w. przez Georga Curviera i Williama Smitha, głosząca, że w przeszłości miały miejsce wielokrotne kataklizmy, podczas których wymarło wiele gatunków; teoria ta ma odniesienie jedynie do niektórych wydarzeń geologicznych

Zasada	Charakterystyka
neokatastrofizmu	tłumaczy w dość przekonujący sposób liczne etapy gwałtownego wymierania zwierząt, jakie nawiedzały Ziemię (np. przez upadek wielkich meteorytów czy komet)
ewolucjonizmu	mówi o tym, że organizmy, które nie potrafiły sprostać nowym warunkom, wymierały, natomiast te, które potrafiły – przystosowywały się do nowych warunków (ewoluowały)

1.3. Podział dziejów Ziemi

Wiek Ziemi szacuje się na 4,6 mld lat. Zostało to ustalone pod koniec lat 50. XX w. Jej dzieje podzielono na: eony, ery, okresy, epoki i wieki, umieszczając je w tzw. **tablicy (tabeli) chronologicznej**. Natomiast dzieje Ziemi wraz z opisem charakterystycznych dla nich warstw (serii) skał oraz świata roślinnego i zwierzęcego przedstawiono w **tablicy (tabeli) stratygraficznej**. Obie czyta się od dołu. Wyróżnia się następujące jednostki (od najdłuższej do najkrótszej):

- **eon (eonotem)** – wyznaczany na podstawie obecności lub braku życia na Ziemi:
 - **archaik** (od gr. *archaios* ‘stary’) – brak życia na Ziemi,
 - **proterozoik** (od gr. *próta* ‘pierwszy’ oraz *zoe* ‘życie’) – ukryte życie (pierwszych organizmów) na Ziemi (brak **skamieniałości**),
 - **fanerozoik** (od gr. *phaneros* ‘widoczny’, ‘jawny’ oraz *zoe* ‘życie’) – jawne życie na Ziemi (potwierdzone skamieniałościami),
- **era (eratem)** – wydzielana na podstawie występowania okresów masowego wymierania roślin i zwierząt (w wyniku zmian klimatycznych wywołanych wędrówką płyt tektonicznych, intensywnym wulkanizmem czy upadkiem wielkiego meteorytu):
 - w archaiku wyróżniono następujące ery (od najstarszej): eoarchaiczną, paleoarchaiczną, mezoarchaiczną i neoarchaiczną,
 - w proterozoiku wyróżniono następujące ery (od najstarszej): paleoproterozoiczną, mezoproterozoiczną i neoproterozoiczną,
 - w fanerozoiku wyróżniono następujące ery (od najstarszej): **paleozoiczną** (od gr. *palaios* ‘dawny’ oraz *zoe* ‘życie’; rozwój świata wodnego), **mezozoiczną** (od gr. *meso* ‘pośredni’ oraz *zoe* ‘życie’; panowanie gadów) i **kenozoiczną** (od gr. *kainos* ‘nowy’ oraz *zoe* ‘życie’; panowanie ssaków),
- **okres (system)** – wyróżniany ze względu na zmiany zachodzące w świecie organicznym i w rozkładzie lądów i mórz,
- **epoka (oddział)** – określana na podstawie występowania wielkich ruchów górotwórczych,

a także inne, bardziej szczegółowe.

Czas przed fanerozoikiem określa się nieformalnie jako **prekambr**. Natomiast najstarszy etap w historii naszej planety, podczas którego się ona formowała, nazywa się nieformalnie **hadeikiem**.

EON	ERA	OKRES		DATOWANIE BEZWZGLĘDNE
		EPOKA		
FANEROZOIK	KENOZOIK	czwartorzęd	holocen	11,7 tys.
			plejstocen	2,6 mln
		neogen		23 mln
		paleogen		66 mln
	MEZOZOIK	kreda		145 mln
		jura		201 mln
		trias		252 mln
	PALOZOIK	perm		299 mln
		karbon		359 mln
		dewon		419 mln
		sylur		443 mln
		ordowik		485 mln
kambr		541 mln		
PROTEROZOIK	PREKAMBR*			4,6 mld
ARCHAIK	*prekambr uznawany jest za nieformalną jednostkę chronologiczną dziejów Ziemi			

Uproszczona tabela stratygraficzna

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Więcej na ten temat znajdziesz na następnej stronie w materiałach multimedialnych. Znajduje się tam skrócona historia geologiczna naszej planety. Natomiast wchodząc tu: <http://stratygrafia.pgi.gov.pl/Chronostratigraphy/Table>, poznasz bardziej szczegółową tabelę stratygraficzną i dowiesz się, skąd się wzięły nazwy poszczególnych jednostek.

Ciekawostka

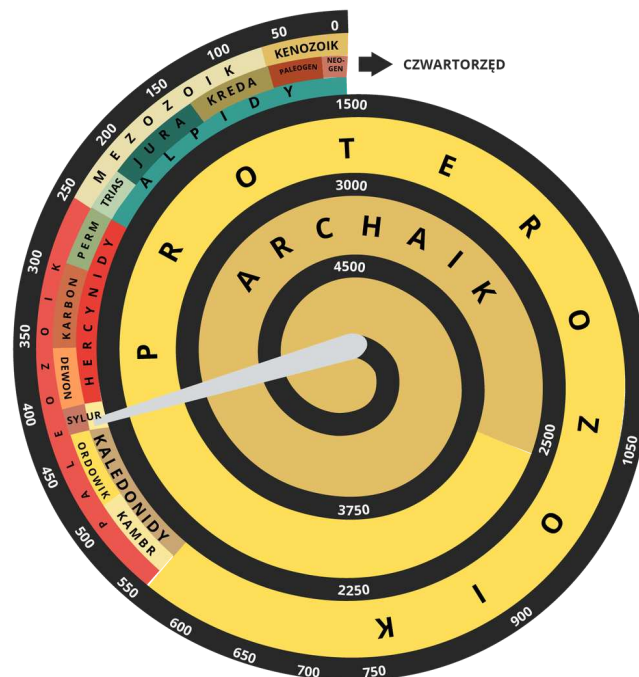
Przed 2004 rokiem obowiązywała nazwa „trzeciorzęd” dla dziejów Ziemi obejmujących obecny paleogen i neogen. Na krótko (w latach 2004–2006) obowiązywał też podział kenozoiku z wykluczeniem czwartorzędu (ujmowano go jako kontynuację neogenu).

Polecenie 1

Korzystając z dodatkowych źródeł informacji geograficznej, sprawdź, jakie jest znaczenie barw używanych w tabelach stratygraficznych.

Polecenie 2

Przedstaw wniosek dotyczący proporcji między długością trwania poszczególnych er i okresów.



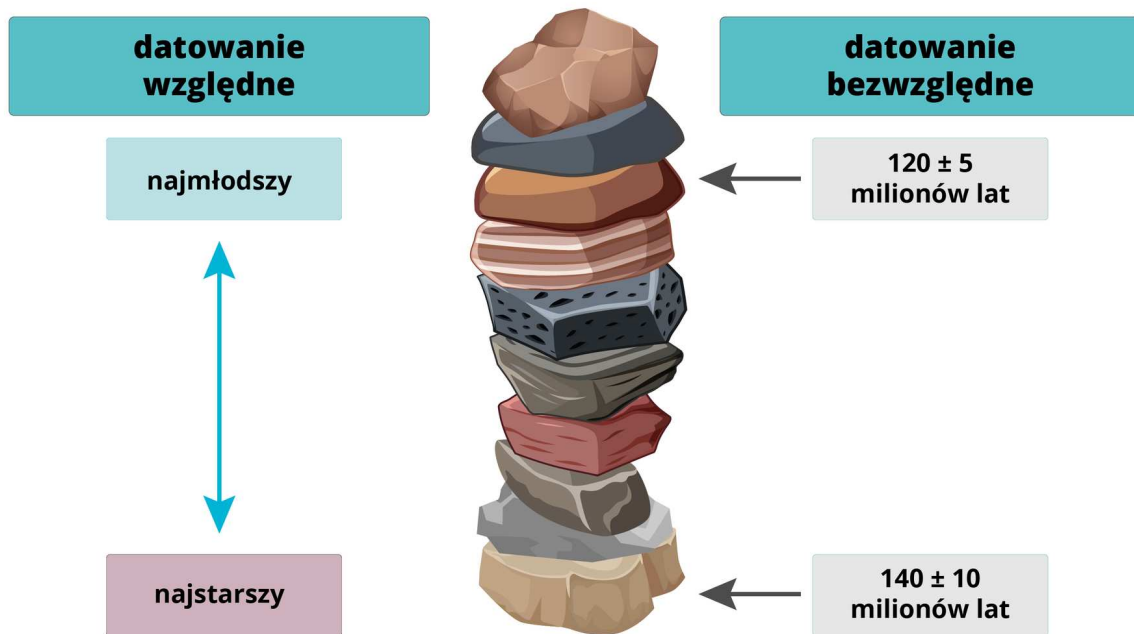
Zegar czasu geologicznego. Liczby wyrażają czas w milionach lat. Wskazówka zatrzymała się w chwili pojawienia się kręgowców. Zwróć uwagę na proporcje między jednostkami czasu.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie P. Wład, *Bogactwo przyrodnicze Ziemi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, licencja: CC BY-SA 3.0.

2. Metody określania wieku skał

Przy określaniu wydarzeń z przeszłości niezbędne jest ustalenie czasu ich trwania. Czas ten można wyznaczyć na podstawie wieku skał i skamieniałości w nich zawartych, które stanowią zapis przeszłości. W geologii wyróżnia się wiek względny i bezwzględny.

- Jeśli porównując ze sobą serie skalne i skamieniałości, stwierdza się, że jedno z nich są starsze lub młodsze, to wówczas określa się **wiek względny**. Im bardziej różnią się one między sobą, tym większa dzieli je różnica wiekowa.
- Jeśli natomiast dokładnie precyzuje się czas, jaki upłynął od powstania skał czy zajścia jakiegoś zdarzenia geologicznego, tym samym określa się **wiek bezwzględny**.



Datowanie wieku względnego i bezwzględnego skał

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Każde **datowanie** powinno być opatrzone odpowiednim symbolem:

- BP (before present) – wiek liczony wstecz od roku 1950,
- BC (before Christ) – wiek liczony wstecz od narodzin Chrystusa (przed naszą erą).

Dla przykładu: 5000 lat BC (skała wydatowana na 5000 lat p.n.e.) = 6950 lat BP.

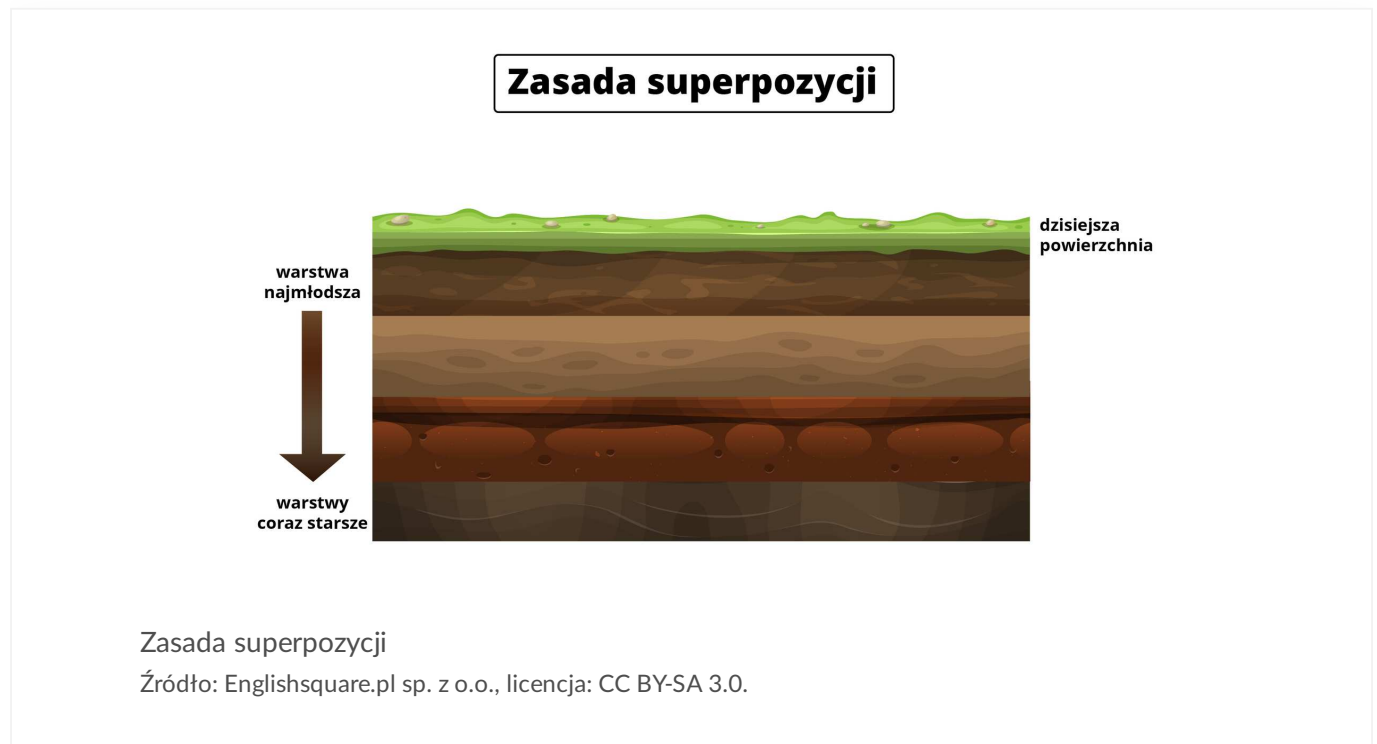
2.1. Metody określania wieku względnego skał

- Metody określania wieku względnego
 - stratygraficzna (litologiczna)
 - tektoniczna
 - morfologiczna
 - paleontologiczna
 - palinologiczna
 - archeologiczna

Metoda stratygraficzna (litologiczna)

Pozwala na określenie wieku warstw skalnych lub zdarzeń na podstawie ich wzajemnego ułożenia wynikającego z ich sekwencji, przecięcia lub erozji. Metoda ta bazuje na czterech zasadach sformułowanych w XVIII w. przez Nielsa Stensena, który opierał się na twierdzeniach Leonarda da Vinci:

- **zasada superpozycji (nadległości warstw)** – zakłada, że warstwy skalne są ułożone chronologicznie jedna pod drugą (powierzchniowa warstwa jest najmłodsza, a kolejne warstwy leżące głębiej są starsze),
- **zasada ciągłości obocznej** – mówi, że jeżeli dana warstwa skalna nagle się urywa, to jej kontynuacja może mieć miejsce np.: w rejonie uskoku, który ją przemieścił poniżej lub powyżej, po drugiej stronie doliny rzecznej itp.,
- **zasada pierwotnego poziomego położenia** – zakłada, że każda warstwa skał osadowych, która powstała, zalegała poziomo,
- **zasada przecinania** – twierdzi, że deformacje, warstwy lub inne struktury są młodsze od skały, które ją obejmują.



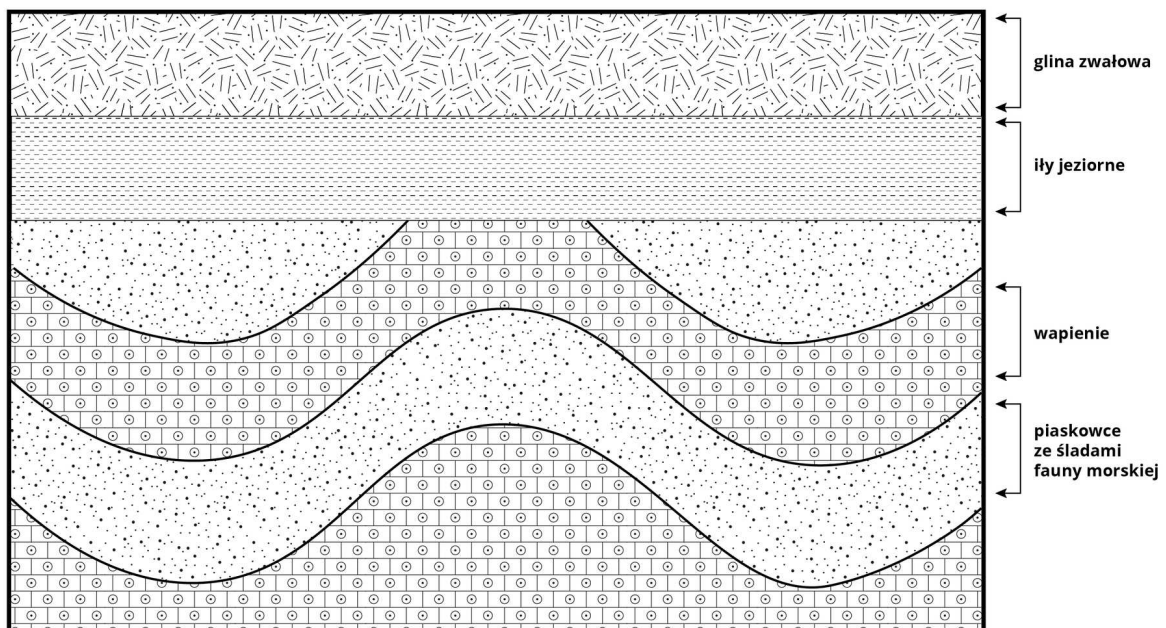
Metoda tektoniczna

Oparta jest na analizie niezgodności w ułożeniu warstw skalnych, np.:

- deformacja warstwy skalnej (np. sfałdowanej) jest młodsza od najmłodszej skały, którą proces ten obejmuje, a zatem jest starsza niż warstwa niesfałdowana, która zalega wyżej,
- intruzje magmowe są młodsze niż warstwy skalne, które te intruzje przecinają.

Polecenie 3

Określ wiek względny fałdowania w stosunku do osadzenia się wapieni i iłów jeziornych. Użyj sformułowań „starsze niż...”, „młodsze niż...”.



Przekrój fałdowania

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda morfologiczna

Polega na badaniu form rzeźby terenu i odczytywaniu z niej śladów dawnych wydarzeń. Należą do nich np. osady morskie występujące w głębi lądów (świadczące o transgresji morskiej), kształty dolin (np. w kształcie litery U świadczy o obecności lodowca górskiego), formy polodowcowe (świadczą o obecności lodolodu).

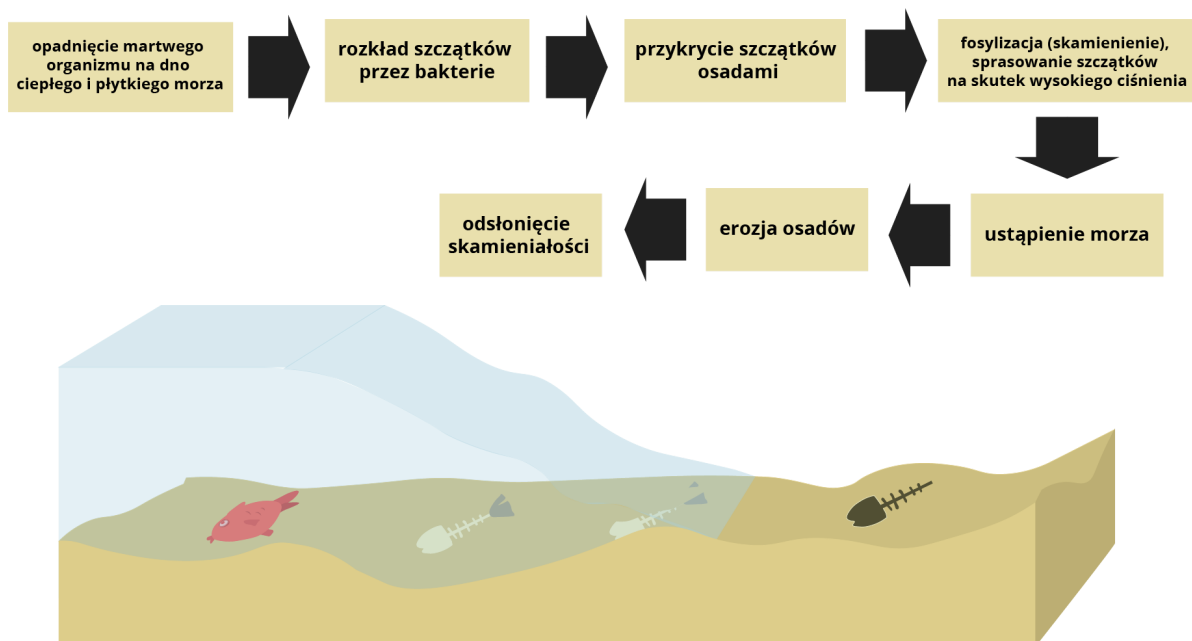
Metoda paleontologiczna (biostratygraficzna)

Polega na ustaleniu wieku skał na podstawie znajdujących się w nich [skamieniałości przewodnich](#). Ich szczątki (ale także ślady życia) znajdujące się w określonych osadach skalnych położonych w różnych miejscach (np. kontynentu) wskazują, że skały te powstały

w tym samym czasie. Na tej podstawie można określić nie tylko wiek względny, ale również cechy środowiska geograficznego, w którym te organizmy żyły.

W postaci **skamieniałości** zachowuje się tylko jeden na kilkanaście tysięcy gatunków, czyli taki, który spełnia następujące warunki:

- bytowanie w środowisku sprzyjającym powstawaniu skamieniałości:
 - najlepsze warunki panują w zbiornikach wodnych z dużym tempem sedymentacji, ponieważ gwałtowne przysypanie organizmów osadami zapobiega rozpuszczaniu i kruszeniu ich szkieletu oraz chroni przed niszczeniem powodowanym przez aktywność innych organizmów; umożliwia zachowanie się w całości szkieletów zwierząt,
 - na lądzie szczątki organizmów najlepiej zachowują się w osadach bagiennych, jeziornych, czyli tam, gdzie wpływ niszczących czynników zewnętrznych jest mniejszy,
 - dużo trudniej skamieniałości zachowują się w środowisku lądowym, gdzie są narażone na niszczącą działalność wiatru, deszczu oraz wahania temperatur;
- posiadanie trwałych elementów, np. muszli, szkieletu, pancerza,



Schemat powstawania skamieniałości

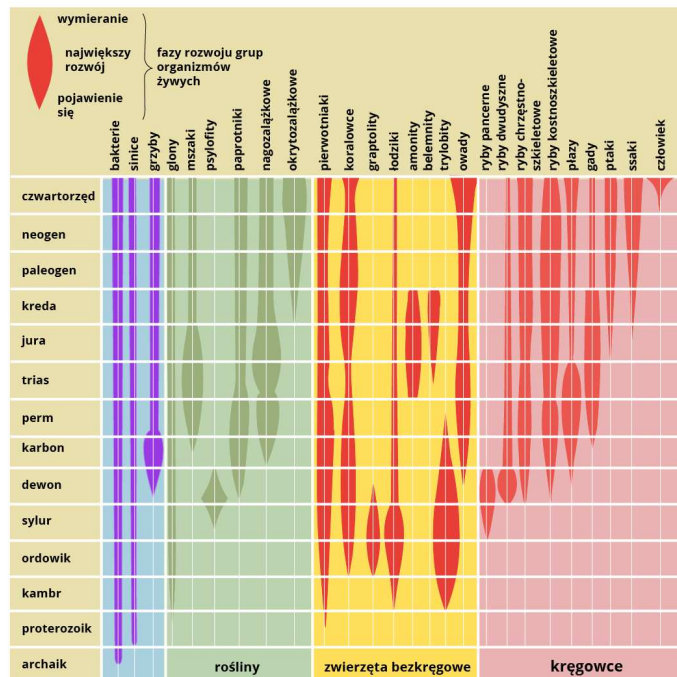
Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Natomiast do **skamieniałości przewodnich** zaliczamy np.: kambryjskie archeocyaty (gąbki), paleozoiczne trylobity, goniatyty, koralowce czteropromienne, graptolity, konodonty, mezozoiczne amonity i belemnity.



Trylobit. Skamieniałość przewodnia paleozoiku

Źródło: Wilson44691, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12492538>, domena publiczna.



Rozwój organizmów żywych w dziejach Ziemi

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie P. Wład, *Bogactwo przyrodnicze Ziemi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, licencja: CC BY-SA 3.0.

Wśród ważnych skamieniałości przewodnich należy także wymienić: brachiopody (inaczej ramienionogi, żyjące w całym fanerozoiku, największy rozkwit w dewonie i karbonie), a także ślimaki i małże (żyjące również w całym fanerozoiku, największy rozkwit w kenozoiku).

Metoda palinologiczna

Polega na analizowaniu rodzaju i ilości pyłków roślin zachowanych w osadach, z wykorzystaniem diagramu pyłkowego. Dzięki temu można również określić warunki klimatyczne, które wtedy panowały.

Metoda archeologiczna

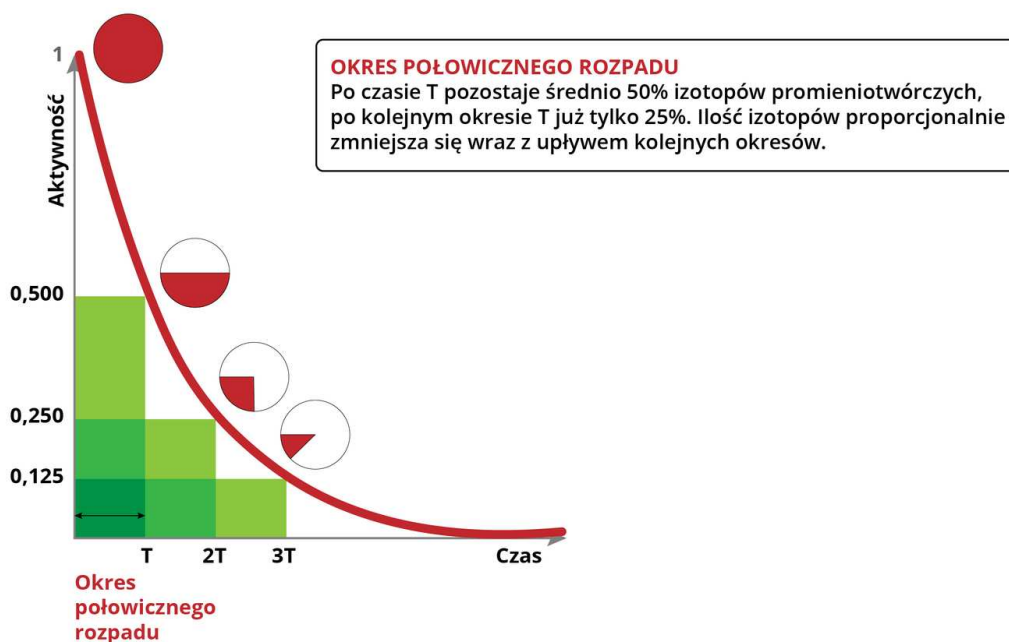
Umożliwia określenie wieku skał na podstawie znalezionych w nich wyrobów ludzkich (artefaktów). Z uwagi na to, że człowiek pojawił się bardzo niedawno (w skali czasu geologicznego), ma ona ograniczone zastosowanie.

2.2. Metody określania wieku bezwzględnego skał

- Metody określania wieku bezwzględnego
 - izotopowa (radiometryczna)
 - dendrochronologiczna
 - warwowa (de Geera)
 - sedymentologiczna
 - magnetometryczna
 - lichenometryczna
 - termoluminescencji

Metoda izotopowa (radiometryczna)

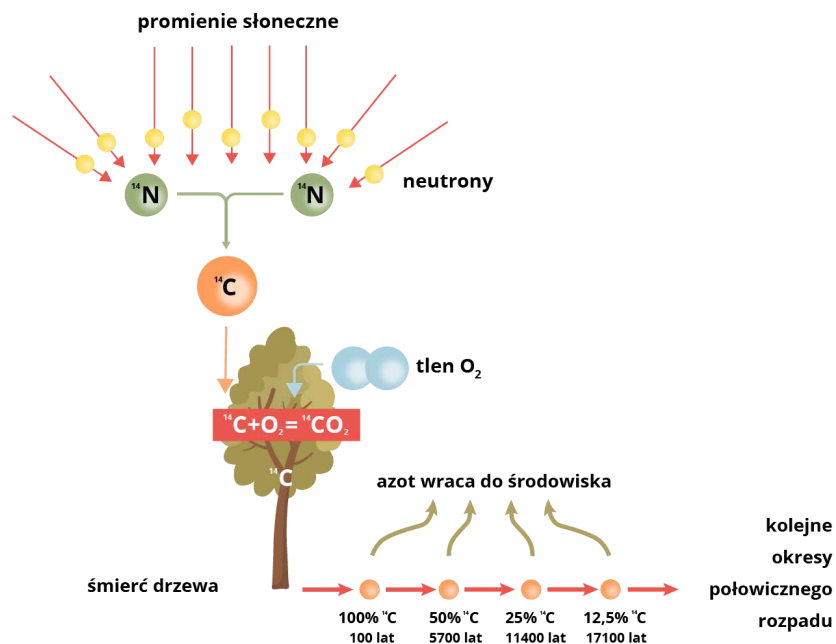
Stosowana dla najbardziej odległych dziejów; jest oparta na [okresie połowicznego rozpadu](#) pierwiastków promieniotwórczych (ich izotopów). Każdy z izotopów zawartych w skałach, niezależnie od temperatury i ciśnienia, traci w sposób naturalny połowę swojej ilości (na korzyść izotopu niepromieniotwórczego) w ściśle określonym dla siebie czasie. Wiedząc, ile wynosi okres połowicznego rozpadu dla danego pierwiastka (izotopu) oraz znając liczbę produktów rozpadu (izotopów potomnych), można określić czas rozpoczęcia tego procesu i tym samym wiek skały. Naukowcy stworzyli pomocne w tym wzory obliczeniowe. Dużą popularnością cieszą się następujące metody datowania: radiowęglowa ^{14}C , uranowo-torowa (ołowiowa), potasowo-argonowa, rubidowo-strontowa.



Okres połowicznego rozpadu

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

- Metoda radiowęglowa ^{14}C** – jest najbardziej znaną metodą radiometryczną. Promieniotwórczy izotop ^{14}C tworzy się w atmosferze z zawartego w niej azotu. Następnie bierze udział w różnych reakcjach chemicznych, m.in. prowadzących do utworzenia CO_2 przyswajanego przez rośliny dzięki fotosyntezie. Podczas całego życia stosunek promieniotwórczego izotopu ^{14}C i niepromieniotwórczego izotopu ^{12}C w organizmie jest taki sam. Okres połowicznego zaniku ^{14}C wynosi 5570 lat. Oznacza to, że od momentu obumierania organizmu jego ilość zaczyna maleć, aż po 5570 lat osiąga połowę pierwotnej ilości. Po 11 140 latach będzie już tylko $\frac{1}{4}$ pierwotnej ilości. Stosunek tych dwóch izotopów węgla będzie się zatem nieustannie zmieniał. Tymczasem ubytek ^{14}C będzie rekompensowany wzrostem ^{14}N . Metoda ta służy do określania wieku skał osadowych nie starszych niż 60 tys. lat, ale tylko tych, które zawierają szczątki organiczne (drewno, kości). Po tym czasie następuje całkowity rozpad ^{14}C . Sugerowane jest więc stosowanie tej metody w przypadku młodszych skał – znajduje swoje zastosowanie najczęściej wśród archeologów do określania wieku artefaktów.
- Metoda uranowo-ołowiowa** – w przeciwieństwie do poprzedniej, tę metodę stosuje się do datowania skał i zdarzeń z odległej przeszłości geologicznej. Wykorzystuje ona promieniotwórczy izotop uranu ^{238}U , z którego powstaje ^{206}Pb . Zastosowanie tej metody wynika z bardzo długiego okresu połowicznego rozpadu ^{238}U , który wynosi aż 4,5 mld lat. Dzięki zastosowaniu tej metody po raz pierwszy w 1907 r. Bertram Boltwood określił wiek najstarszych skał na ponad 400 mln lat.

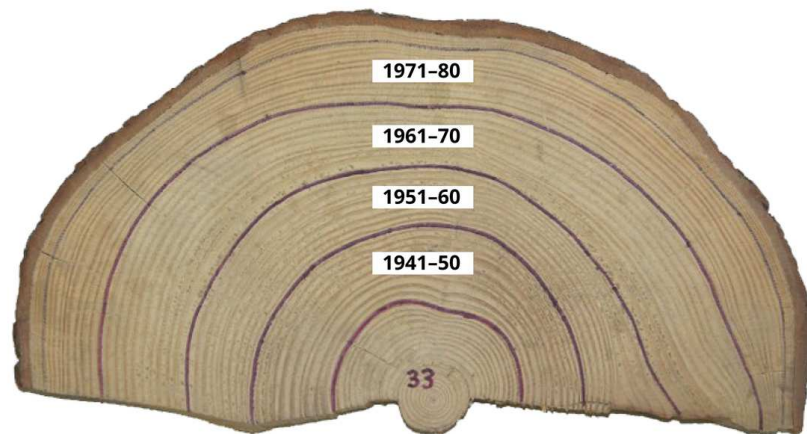


Uproszczony schemat metody radiowęglowej Indeks górny ^{14}C

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda dendrochronologiczna

Stosunkowo nieskomplikowana metoda datowania skał pomocna w weryfikacji datowania radiowęglowego. Pozwala na określenie niedawnych dziejów (do kilku tysięcy lat wstecz) na podstawie liczby pierścieni (słójów) przyrostów rocznych w drzewach, których szerokość odzwierciedla warunki klimatyczne istniejące w przeszłości. Każdego roku drzewa wytwarzają nową warstwę tkanki – jasnego pasma wiosennego i ciemnego pasma letniego. Po znalezieniu fragmentu drzewa (jako skamieniałości, w obrębie skały) i zliczeniu jego słoi porównuje się go ze skałami dendrologicznymi stworzonymi dla danego gatunku na określonym terenie. Ponadto dzięki tej metodzie – na podstawie gęstości i szerokości przyrostów – można określić warunki klimatyczne, jakie panowały na obszarze, na którym dane drzewo rosło. Z uwagi na zróżnicowanie klimatyczne naszej planety metoda ta ma ograniczony zasięg przestrzenny.



Określanie wieku bezwzględnego drzewa na podstawie jego sło

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda warwowa (de Geera)

Metoda polegająca na analizie liczby i grubości warw w celu datowania zakumulowanych w jeziorach zastoiskowych osadów polodowcowych i faz cofania się lądolodu do ok. 12 tys. lat wstecz. Latem z piasku, mułu i łu tworzyła się warstwa jasna (grubsza, gdy temperatury były wyższe), zaś zimą z łu powstawała warstwa ciemna.



Ły warwowe

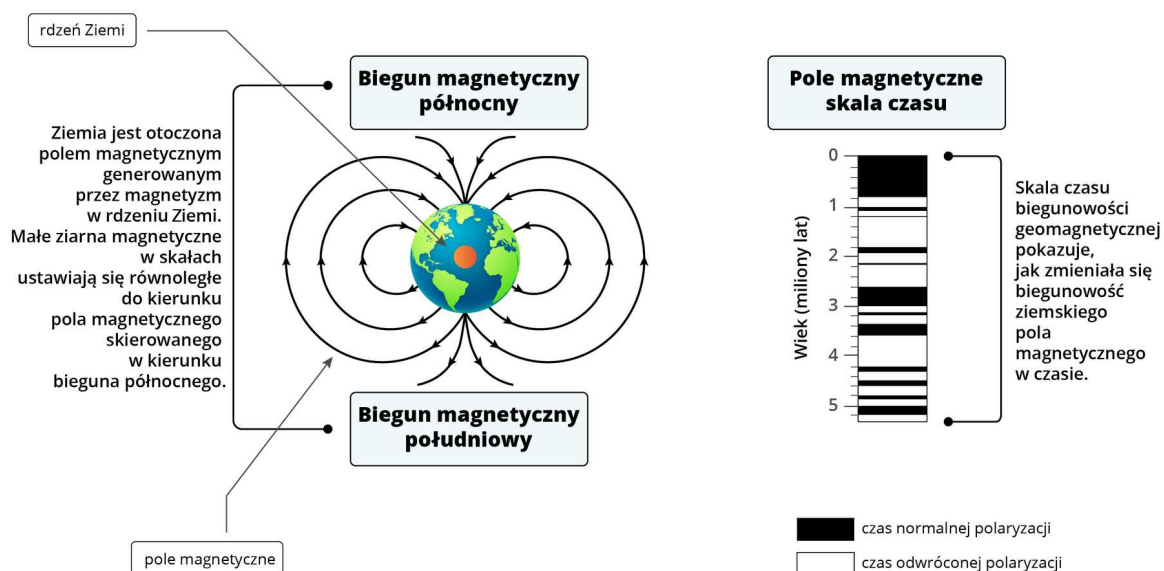
Źródło: dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baendertone.JPG>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda sedymentologiczna

Służy do określania wieku osadów w zbiornikach wodnych na podstawie grubości i rocznego tempa ich przyrostu. Przyrost ten w różnych zbiornikach jest inny (np. ok. 1 mm na 100 lat na otwartych oceanach, a 2–3 cm na 100 lat w Morzu Bałtyckim). Metoda ta jednak nie jest zbyt dokładna, bo zakłada, że tempo przyrostu osadów w przeszłości i obecnie jest na danym obszarze podobne.

Metoda magnetometryczna

Identyfikuje cechy magnetyczne skał nabyte w minionych epokach geologicznych w ówczesnym ziemskim polu magnetycznym; umożliwia to opracowana krzywa względnego ruchu bieguna magnetycznego w przeszłości geologicznej, wyskalowana w jednostkach czasu.



Biegunowość ziemskiego pola magnetycznego

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda lichenometryczna

Umożliwia datowanie wieku skał na podstawie stopnia ich pokrycia przez porosty i glony. Pewne gatunki zasiedlają skały w określonej kolejności, dzięki czemu możliwe jest poznanie jej wieku. Zakres czasowy tej metody wynosi do kilku tysięcy lat.



Skala pokryta porostami

Źródło: Tigerente, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=215043>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda termoluminescencji

Wykorzystuje ona zjawisko świecenia niektórych minerałów (np. fluorytu) po ich podgrzaniu do temperatury ok. 500°C. Intensywność świecenia pozwala określić wiek skał z uwagi m.in. na to, że starsze skały świecą mocniej niż młodsze. Zakres czasowy tej metody wynosi do ok. 1 mln lat, więc jest przydatna np. do datowania osadów plejstocénskich – glacialnych i fluwioglacialnych.



Zdjęcie z lewej: fluoryt bez podgrzania. Zdjęcie z prawej: termoluminescencja fluorytu (po lewej znajduje się skała starsza, co wynika z intensywniejszego świecenia).

Źródło: Mauswiesel, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8841372>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Do głównych metod badania dawnego klimatu należą:

- obserwacje instrumentalne (pomiar w przeszłości),
- badania dendrologiczne (szerokość i grubość przyrostów słoju drzew – im grubsze słoje, tym lepsze panowały wtedy warunki do rozwoju drzew),
- badanie struktur wapiennych koralowców (przyrost węglanu wapnia i zmiany stosunku izotopów tlenu – ^{18}O i ^{16}O),
- badanie rdzeni lodowych,
- badania palinologiczne (pyłków roślin).

3. Źródła wiedzy na temat przeszłości geologicznej danego obszaru

W celu poznania dziejów geologicznych badanego obszaru w ujęciu chronologicznym należy przeanalizować ułożenie warstw skalnych: albo w terenie (na podstawie **odsłonięcia geologicznego**), albo z opracowanych już materiałów graficznych (na podstawie **profilu, przekrojów i map geologicznych**). Można tego dokonać na podstawie rozpoznania: wieku i rodzaju skał, warunków ich powstania i ułożenia warstw skalnych.

Odsłonięcie geologiczne (odkrywka geologiczna)

Jest to miejsce, w którym na powierzchni ziemi odsłonięte są skały lub warstwy skalne, które wcześniej były ukryte pod powierzchnią. Może być:

- naturalne – wychodnia skalna utworzona na skutek podcięcia przez rzekę, morze (klif) czy w łańcuchach górskich,
- sztuczne – kopalnia odkrywkowa (węglu brunatnego, w żwirowni, w piaskowni, w cegielni, w kamieniołomie, wcięciach drogowych itp).



Odkryta sfałdowana formacja skalna na Krecie

Źródło: W. Fraedrich, dostępny w internecie: <https://imggeo.egu.eu/view/12002/>, licencja: CC BY-NC-ND 3.0.



Odsłonięcie geologiczne

Źródło: Jakubtomczyk, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65828426>, licencja: CC BY-SA 4.0.



Wielki Kanion Kolorado odśladający budowę geologiczną tego obszaru od kambru do triasu

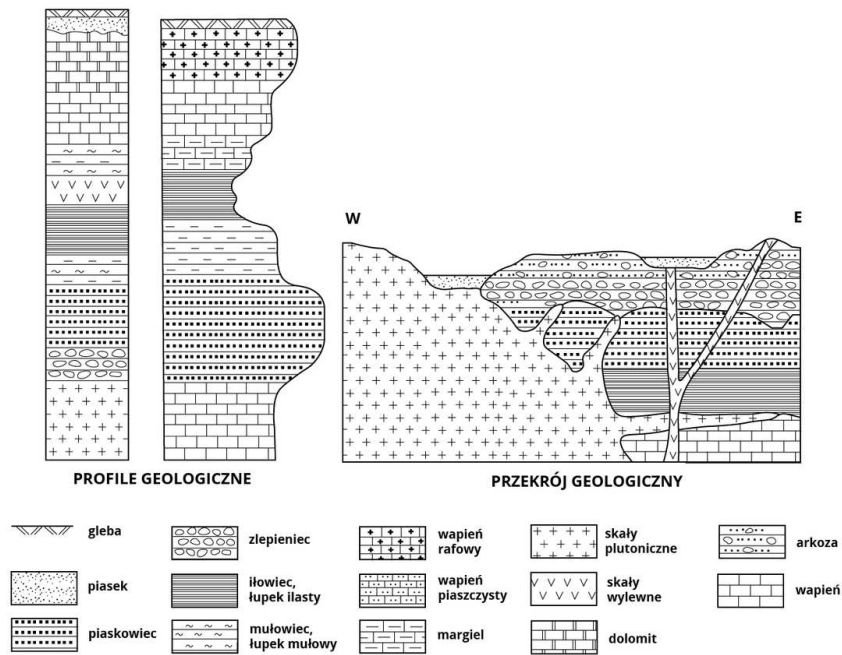
Źródło: dostępny w internecie: <https://fshoq.com/free-photos/p/390/horseshoe-bend-in-grand-canyon-and-colorado-river-usa>,
licencja: CC BY-SA 4.0.

Profil geologiczny

To graficzny obraz budowy geologicznej na odcinku, gdzie jest ona widoczna, np. w odsłonięciu lub na skutek wiercenia geologicznego. Można na nim przedstawić następstwo i **miażdżość** warstw, rodzaje skał oraz ewentualnie (nie zawsze) odporność na czynniki niszczące. W tym ostatnim przypadku warstwy bardziej odporne zaznacza się jako dłuższe (wystające), a mniej odporne – jako krótsze (mniej wystające). Jest odzwierciedleniem rzeczywistej, potwierdzonej obserwacjami i badaniami budowy geologicznej. Profil geologiczny stanowi część przekroju geologicznego. Wyróżnia się profile: litologiczne (przedstawiające rodzaje skał), stratygraficzne (przedstawiające wiek skał) i litostratygraficzne (przedstawiające rodzaje i wiek skał).

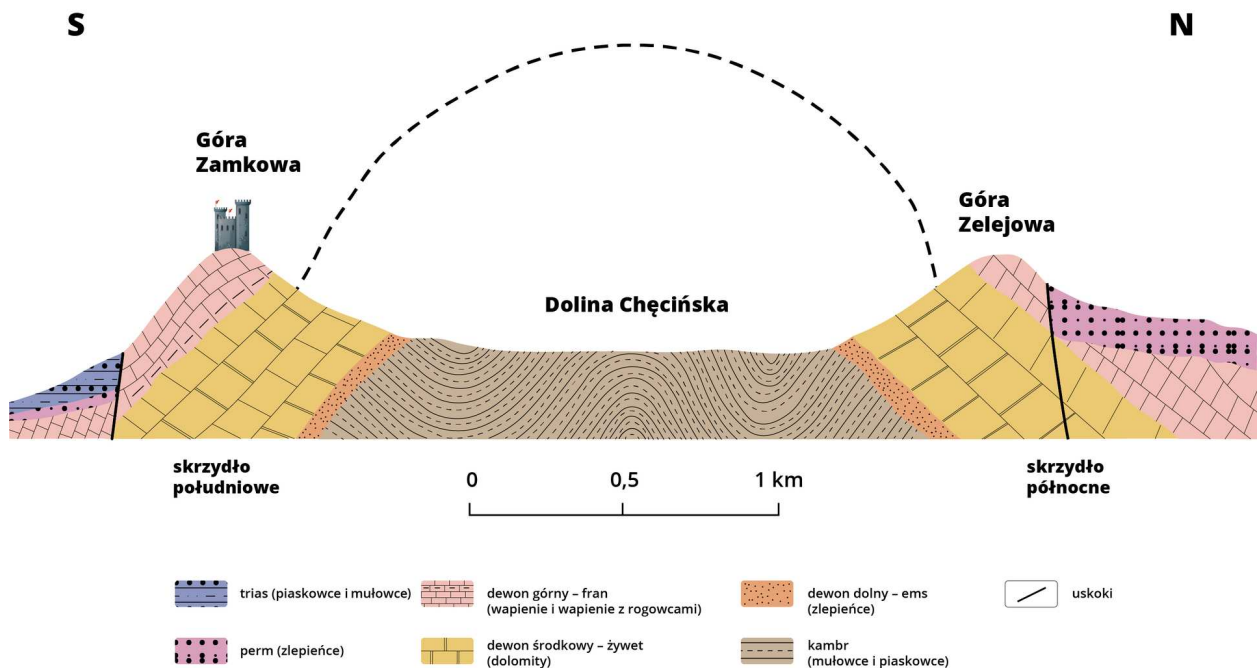
Przekrój geologiczny

Obraz budowy geologicznej obszaru wzdłuż wyobrażonej płaszczyzny pionowej. Tworzy się go zwykle na podstawie wielu wierceń i danych geologicznych i geofizycznych zebranych w okolicy przekroju. Jest on zatem zbliżony do rzeczywistości, lecz w określonych miejscach może się różnić od stanu faktycznego. W przeciwieństwie do większości profili geologicznych na przekrojach przedstawione jest nie tylko następstwo stratygraficzne, ale także stosunki przestrzenne między nimi. Górną jego granicę stanowi profil hipsometryczny. Wyróżnia się – podobnie jak w przypadku profili – przekroje litologiczne, stratygraficzne i litostratygraficzne.



Profile geologiczne (litologiczne) i przekrój geologiczny (litologiczny)

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie P. Czubła, W. Mizerski, E. Świerczewska-Gładysz, *Przewodnik do ćwiczeń z geologii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014, licencja: CC BY-SA 3.0.



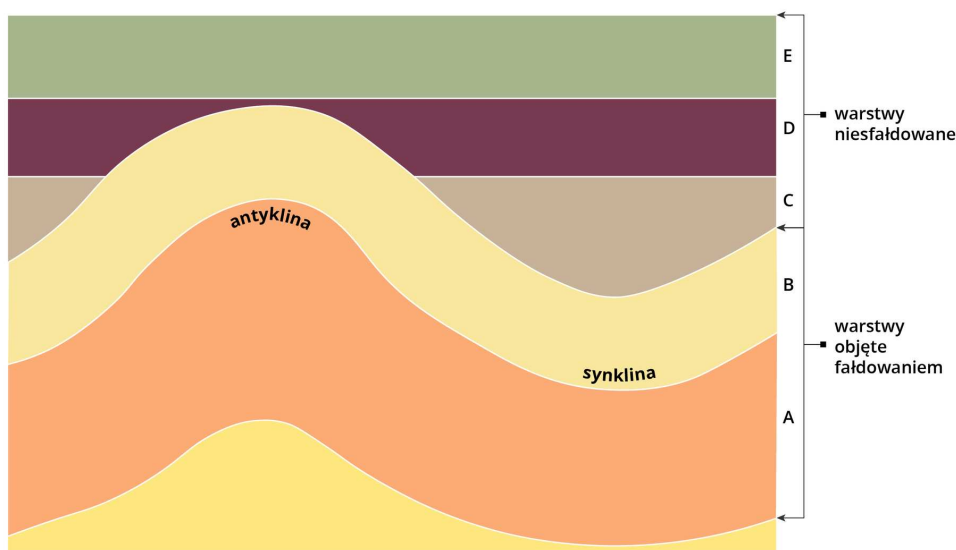
Przekrój geologiczny (litostratygraficzny) przez antyklinę chęcińską

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie E. Stupnicka, M. Stempień-Satek, *Poznajemy Góry Świętokrzyskie. Wycieczki geologiczne.*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001, licencja: CC BY-SA 3.0.

Wskazówki do interpretacji przekrojów geologicznych

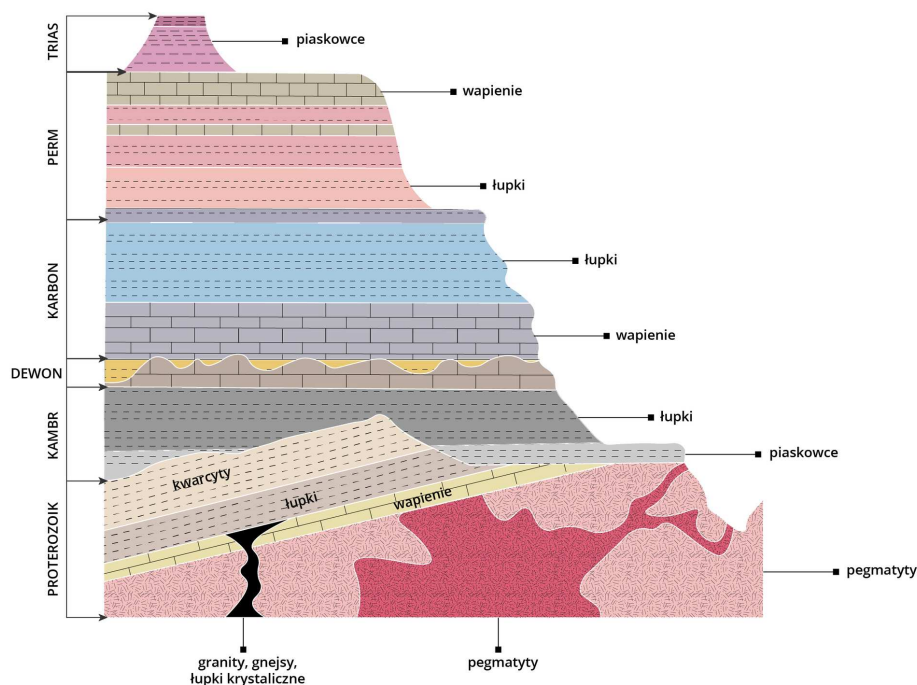
Podczas opisywania przekrojów geologicznych warto używać pojęć: miąższość, [strop](#) i [spąg](#).

Analiza układu warstw skalnych



Struktury fałdowe Świadczą o istnieniu ruchów górotwórczych. Wiek ostatniej sfałdowanej warstwy skalnej sugeruje czas, po którym wystąpił ten proces. Proces nastąpił po uformowaniu się warstwy B i przed powstaniem warstwy C. Warstwy A i B to warstwy objęte fałdowaniem. Warstwy C, D i E to warstwy niesfałdowane. Powstały po wystąpieniu na tym obszarze fałdowania.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie B. Lenartowicz, E. Wilczyńska, M. Wójcik, *Geografia na czasie 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź 2007, licencja: CC BY-SA 3.0.



Przekrój geologiczny przez Wielki Kanion Kolorado. Luka stratygraficzna występuje między kambrem i dewonem. W tym czasie był to obszar lądowy, na którym przeważała erozja zdeponowanych wcześniej skał.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie A. Głowacz i in., *Geografia. Repetytorium*, WSiP, Warszawa 2014.

Wnioskowanie na temat wydarzeń geologicznych na podstawie genezy skał

Poniższy schemat należy odczytywać w następujący sposób: rodzaj skał – w jakich warunkach one powstały (przeszłość geologiczna danego obszaru).

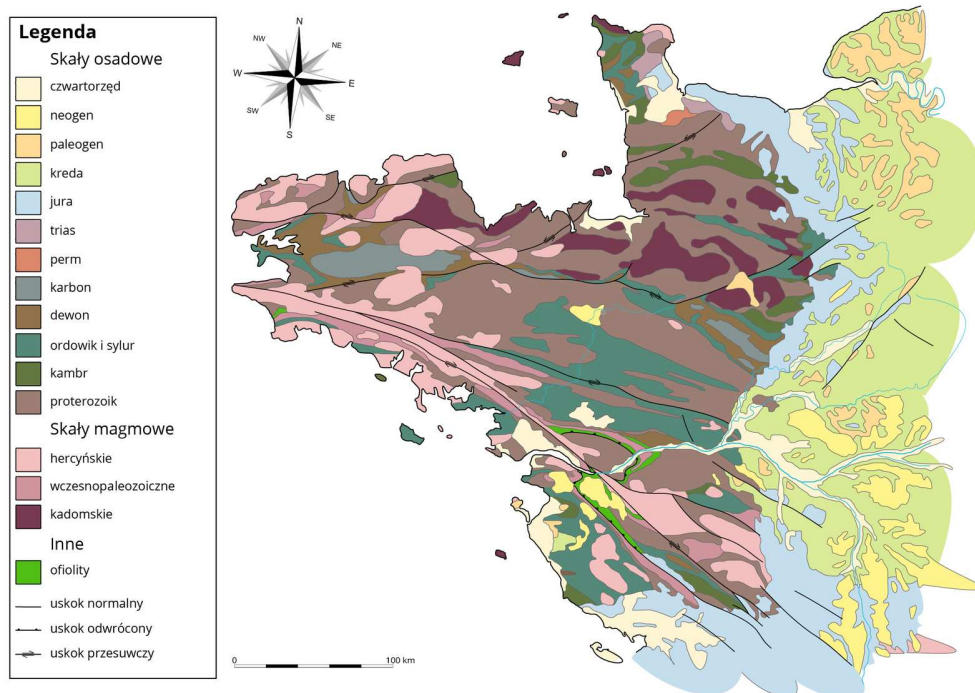
- skały

- magmowe – wulkanizm i plutonizm
- metamorficzne – metamorfizm (głębokie zanurzenie w litosferze, bliskość plutonizmu i dyslokacji)
- piasek i żwir – naniesienie przez wody rzeczne, morskie i lodowcowe
- piasek (dobrze wysortowany) – naniesienie przez wiatr
- glina morenowa (zwałowa) – obecność lądolodu
- less – naniesienie przez wiatr w warunkach suchego klimatu i braku roślinności
- piaskowce i zlepieńce – płytki zbiornik morski
- mułowce i iłowce – głębokie morze
- iły – jeziora i zastoiska na lądzie
- wapień, margle i opoki – głębokie morze (oprócz wapieni koralowych, które powstają blisko lądu)
- kreda pisząca – ochłodzenie klimatu
- sól kamienna i potasowa, dolomity, gipsy i anhydryty – płytkie, intensywnie parujące morze (gorący i suchy klimat) lub słone jezioro
- węgiel – klimat gorący i wilgotny z bujną roślinnością

Mapa geologiczna

To pomniejszony i uproszczony obraz budowy geologicznej obszaru, wykonany poprzez nanoszenie danych geologicznych na mapę topograficzną. Głównymi rodzajami map geologicznych są mapy:

- stratygraficzne (obrazujące wiek skał): zakryte (warstwy powierzchniowe) i odkryte (warstwy głębsze),
- litologiczne (obrazujące rodzaje skał),
- litostratygraficzne (obrazujące wiek i rodzaje skał).



Mapa geologiczna (stratygraficzna) Masywu Armorykańskiego we Francji

Źródło: Woudloper (przetłumaczone), dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6088890>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

datowanie

próba określenia wieku skały, osadu lub zdarzenia

czas (okres) połowicznego rozpadu

okres, po którym liczba jąder atomowych substancji promieniotwórczej zmniejsza się o połowę

Źródło: sjp.pwn.pl

miąższość

grubość warstwy skalnej

skamieniałości przewodnie

skamieniałości charakterystycznych dla danego okresu szczątków organizmów roślinnych i zwierzęcych o dużym stopniu rozpowszechnienia i krótkim czasie życia; ich cechy pozwalają na jednoznaczną ich identyfikację

skamieniałości

szczątki organizmów roślinnych i zwierzęcych zachowane w skałach osadowych

spąg

dolna powierzchnia warstwy skalnej lub pokładu

strop

górna powierzchnia warstwy skalnej lub pokładu

warwa (ił warwowy)

osad występujący w jeziorach zastoiskowych istniejących u czoła lądolodu w trakcie jego cofania; pojedyncza warwa tworzyła się w ciągu jednego roku

Grafika interaktywna

Zapoznaj się z grafiką interaktywną i wykonaj polecenia.

Polecenie 1

Scharakteryzuj rozkład lądów i wód, warunki klimatyczne, świat żywy i powstałe w wybranych okresach geologicznych surowce mineralne.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego układ lądów i mórz nieustannie się zmienia.



Kliknij, aby uruchomić w trybie pełnoekranowym.

Gra edukacyjna

Polecenie 1

Zagraj w grę edukacyjną.



Test

Gra edukacyjna

Poziom trudności:

łatwy

Limit czasu:

25 min

Twój ostatni wynik:

-

Uruchom

ĆWICZENIA



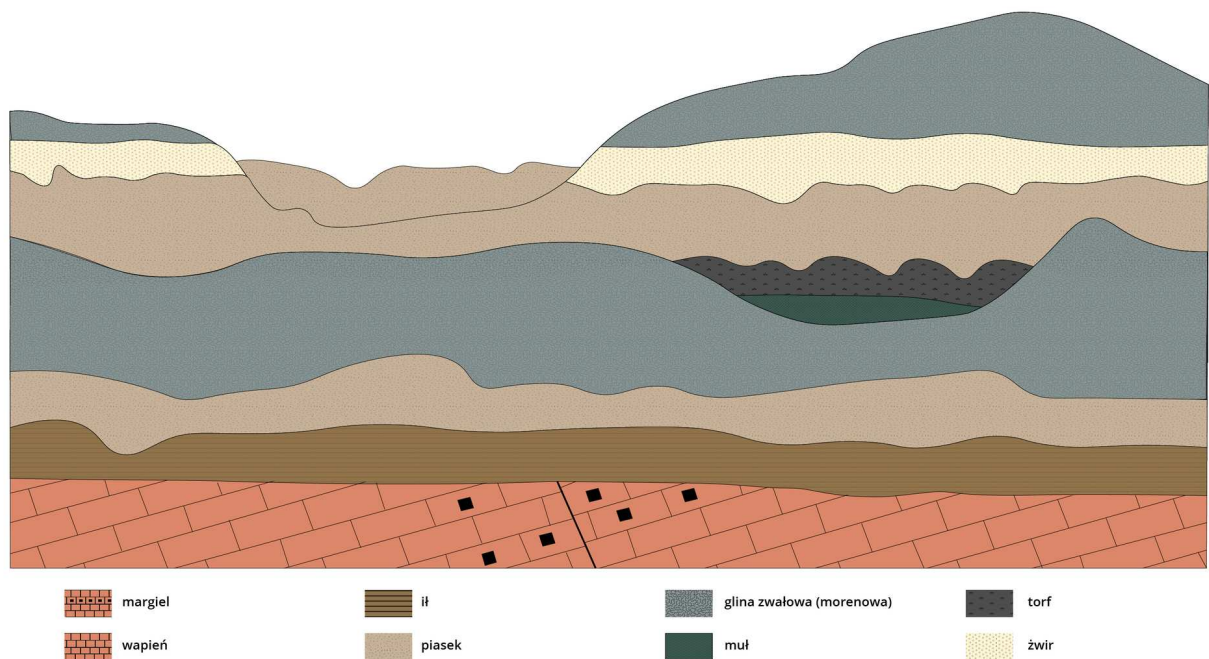
Na podstawie poniższego zdjęcia uzupełnij tekst, wybierając właściwe sformułowania.



Źródło: <https://pixabay.com/pl/service/terms/#license>, dostępny w internecie: pixabay.com.

Ciemne słoje w widoczne w przekroju poprzecznym drzewa powstały latem/zimą. Określenie wieku drzewa i rekonstrukcja warunków klimatycznych na danym obszarze na podstawie analizy słoików drzew jest możliwa dzięki metodzie paleontologicznej/dendrochronologicznej. Jest to jedna z metod badania wieku względne/bezwzględne skał, w których znajdują się tego typu szczątki. Metoda ta ma ograniczony/nieograniczony zasięg przestrzenny i może być stosowana w badaniach, które dotyczą zakresu czasowego mniej więcej do kilku tysięcy/kilku milionów lat wstecz.

Po przeanalizowaniu poniższego przekroju geologicznego uporządkuj podane wydarzenia w kolejności od najstarszego do najmłodszego.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie P. Czubla, W. Mizerski, E. Świerczewska-Gładysz, *Przewodnik do ćwiczeń z geologii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ruchy tektoniczne, które spowodowały wychylenie skał z pozycji poziomej.

Powstanie zbiornika stojącego i sedimentacja iłów.

Powstanie uskoku.

Intensywna erozja wapieni i margli.

Przecięcie osadów gliniastych przez rzekę i akumulacja osadów.

Zarastanie zbiornika i przekształcenie w torf.

Wkroczenie na ten teren lodowca i pozostawienie gliny zwałowej.

Ponowne wkroczenie na ten teren lodowca i pozostawienie gliny zwałowej.

Klimat stawał się coraz bardziej wilgotny i gorący, co doprowadziło do rozwoju roślinności.



Powstanie kolejnego sandru i akumulacja piasku, a następnie żwiru.



Sedymencja wapieni i margli w zbiorniku morskim.



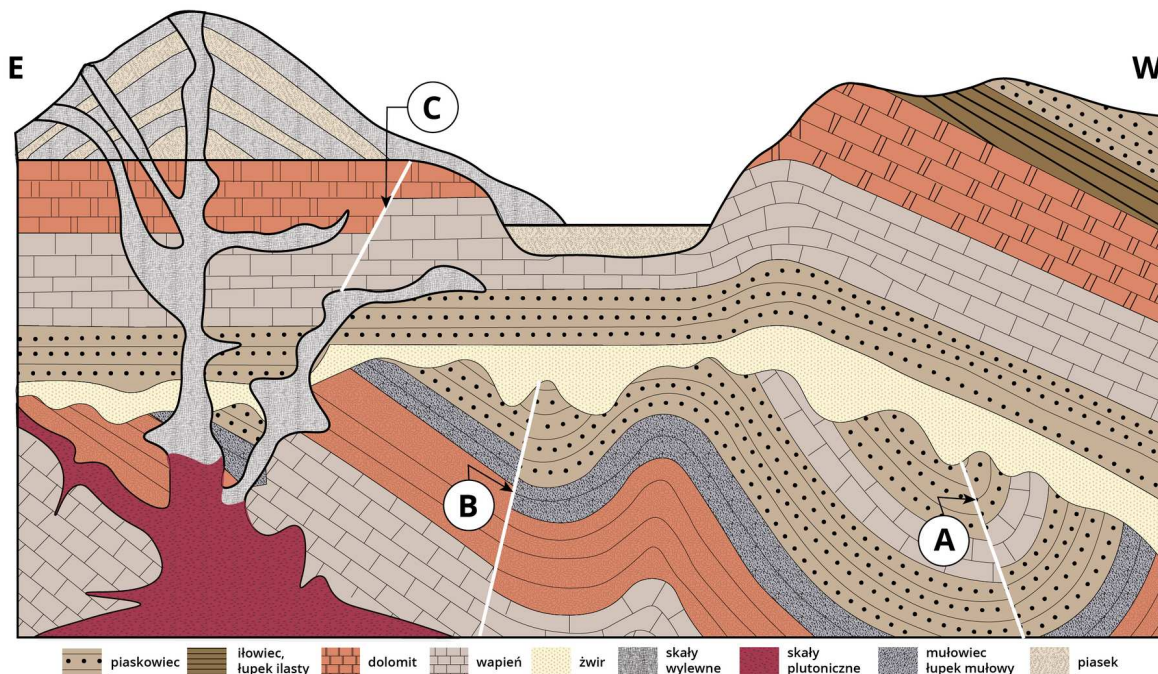
Powstanie sandru i akumulacja piasku.



Powstanie niewielkiego zbiornika stojącego i akumulacja mułów.



Przeanalizuj poniższy przekrój geologiczny, a następnie oceń poprawność stwierdzeń w tabeli poniżej.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie P. Czubla, W. Mizerski, E. Świerczewska-Gładysz, *Przewodnik do ćwiczeń z geologii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014, licencja: CC BY-SA 3.0.

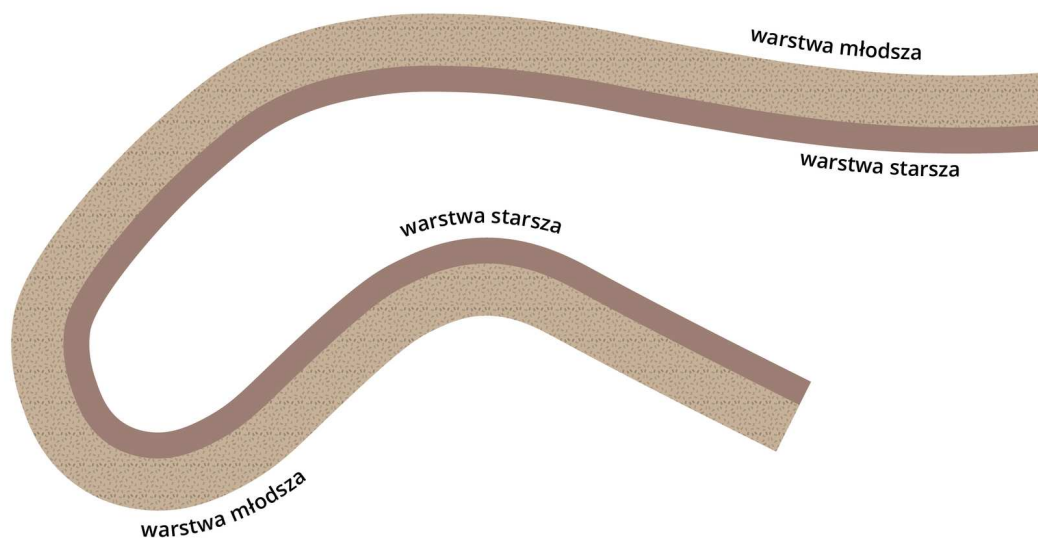
Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Najstarszymi skałami widocznymi na przekroju są wapień.	☐	☐
Uskok A jest starszy od uskoku B.	☐	☐
Sfałdowanie osadów wapieni, piaskowców i mułowców nastąpiło po akumulacji zlepieńców.	☐	☐
Ostatnia erupcja wulkaniczna wystąpiła po utworzeniu doliny rzecznej.	☐	☐
Nie ma możliwości określenia stosunku czasowego pomiędzy terasą a starszymi erupcjami wulkanicznymi.	☐	☐
Stożek pasożytniczy wulkanu powstał wcześniej niż warstwa dolomitów.	☐	☐
Intruzja magmowa we wschodniej części przekroju jest młodsza niż uskok C, ale starsza niż uskok B.	☐	☐
Uskok C powstał podczas sedymentacji dolomitów lub później.	☐	☐

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Warstwy wapieni świadczą o transgresji morskiej.	☐	☐

Ćwiczenie 4



Zastanów się i narysuj sytuację, w której wiek kolejnych warstw skalnych nie jest zgodny z zasadą superpozycji.



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Dla nauczyciela

SCENARIUSZ LEKCJI

Imię i nazwisko autora: Kamil Kaliński

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Procesy endogeniczne. Zagadnienia z geologii historycznej – powtórzenie

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres rozszerzony, klasa I

Podstawa programowa

V. Dynamika procesów geologicznych i geomorfologicznych: najważniejsze wydarzenia w dziejach Ziemi, minerały, geneza i wykorzystanie skał, procesy rzeźbotwórcze i ich efekty (wietrzenie, erozja, transport, akumulacja, ruchy masowe), odkrywka geologiczna.

Uczeń:

- 1) rozumie zasady ustalania wieku względnego i bezwzględnego skał oraz wydarzeń geologicznych;
- 2) charakteryzuje najważniejsze wydarzenia geologiczne i przyrodnicze w dziejach Ziemi (fałdowania, transgresje i regresje morskie, zlodowacenia, rozwój świata organicznego i jego wymieranie) oraz odtwarza je na podstawie analizy profilu geologicznego;
- 8) dostrzega prawidłowości w rozmieszczeniu zjawisk i procesów geologicznych na Ziemi, wykorzystując technologie geoinformacyjne;
- 9) wyjaśnia wpływ procesów geologicznych na powstanie głównych struktur tektonicznych i ukształtowanie powierzchni Ziemi na wybranych przykładach.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,
- kompetencje cyfrowe,
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wyjaśnia zakres badań geologii historycznej i nauk z nią powiązanych,
- charakteryzuje główne zasady geologiczne,
- rozróżnia pojęcia wieku względnego i bezwzględnego skał,
- wymienia i opisuje główne metody określania wieku skał,
- dokonuje podziału dziejów Ziemi,
- charakteryzuje dzieje Ziemi pod względem geologii, klimatu i świata żywego,
- podaje przykłady źródeł wiedzy na temat przeszłości geologicznej danego obszaru,
- analizuje i interpretuje przekrój geologiczny.

Strategie nauczania: odwrócona klasa

Metody nauczania: dyskusja, praca z e-materiałem, prezentacja

Formy zajęć: praca indywidualna, praca w grupach, praca w parach, praca całego zespołu klasowego

Środki dydaktyczne: e-materiał, komputer, projektor multimedialny (lub tablety z dostępem do internetu)

Materiały pomocnicze

Czubla P., Mizerski W., Świerczewska-Gładysz E., *Przewodnik do ćwiczeń z geologii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

Dzik J., *Dzieje życia na Ziemi. Wprowadzenie do paleobiologii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992.

Mizerski W., *Geologia historyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.

PRZEBIEG LEKCJI

Kilka lekcji wcześniej nauczyciel dzieli uczniów na grupy i prosi o przygotowanie prezentacji multimedialnych na temat wybranego okresu geologicznego (lub ery geologicznej; w zależności od liczby i liczebności grup). Uczniowie ustalają z nauczycielem: zakres tematyczny prezentacji (w zależności od ich preferencji, zainteresowań), szacunkowy czas jej trwania i źródła informacji – nauczyciel proponuje zapoznać się z e-materiałem powtórzeniowym, innymi e-materiałami opisującymi szczegółowo dane zagadnienia oraz literaturą (m.in. wskazaną wyżej) – polecenie 1 do materiałów multimedialnych.

Faza wprowadzająca

- Czynności organizacyjne (powitanie, sprawdzenie stanu klasy).
- Sprawdzenie zadania domowego.
- Dialog z uczniami mający na celu podsumowanie ostatniej lekcji.
- Przedstawienie celów lekcji.

Faza realizacyjna

- Nauczyciel inicjuje dyskusję klasową na temat pojęcia i zakresu badań geologii historycznej, zasad geologicznych i podziału dziejów Ziemi. W tym celu wyświetla na ekranie odpowiednie fragmenty e-materiału.
- Następnie uczniowie, pracując w parach, układają quiz (np. w formie interaktywnej) dotyczący wybranych metod badania wieku względnego i bezwzględnego skał. Pracują, wykorzystując zdobytą już wiedzę, e-materiał i inne źródła informacji geograficznej. Po zakończonej pracy wybrane pary uczniów prezentują na ekranie przygotowany quiz, a pozostali uczniowie go rozwiązują. Nad przebiegiem pracy czuwa nauczyciel.
- Następnie uczniowie przedstawiają swoje prezentacje. Uczniowie dokonują podziału dziejów Ziemi, charakteryzują je pod względem geologii, klimatu i świata żywego, podają przykłady źródeł wiedzy na temat przeszłości geologicznej danego obszaru. Po każdym wystąpieniu następuje klasowa dyskusja. Uczniowie dyskutują także nad poleceniem 2 do materiałów multimedialnych. Nauczyciel wyjaśnia niezrozumiałe kwestie, posiłkując się wyświetlonym na ekranie fragmentem bloku „Przeczytaj” lub grafiką interaktywną.
- Nauczyciel rozpoczyna dyskusję na temat innych, wybranych zagadnień, które nie zostały omówione podczas prezentacji, a które są zawarte w e-materiale.
- Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne (np. 2 i 3 zawarte w sekcji „Gra edukacyjna” – analiza i interpretacja przekroju geologicznego) i grają w grę edukacyjną. Nad przebiegiem tej części lekcji czuwa nauczyciel, który wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

Faza podsumowująca

- Uczniowie układają po trzy pytania podsumowujące dla kolegi/koleżanki. Pytania i odpowiedzi następują na zmianę w parach.
- Nauczyciel nagradza aktywnych uczniów (również tych, którzy najlepiej rozwiązali quizy), ocenia pracę w grupach, prezentacje multimedialne i przypomina cele zajęć.
- Pożegnanie i zaproszenie na kolejną lekcję.

Praca domowa

- Wykonanie wybranego polecenia z części „Przeczytaj”.
- Opcjonalnie można także prosić o zapoznanie się z kolejnym tematem lekcji (w przypadku blended learning).

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Grafika interaktywna i gra edukacyjna mogą posłużyć w fazie realizacyjnej oraz podsumowującej, a także po lekcji (w celu utrwalenia wiadomości) i przed lekcją (strategia odwróconej klasy). Mogą znaleźć zastosowanie na zajęciach poświęconych związkom budowy wnętrza Ziemi z ruchem płyt litosfery (zakres podstawowy: V. 1) oraz dotyczących

przebiegu głównych procesów wewnętrznych prowadzących do urozmaicenia powierzchni Ziemi (zakres podstawowy: V. 2). Mogą zostać wykorzystane na innych lekcjach z zakresu dynamiki procesów geologicznych i geomorfologicznych (zakres rozszerzony: V. 1, V. 2, V. 9, V. 10).