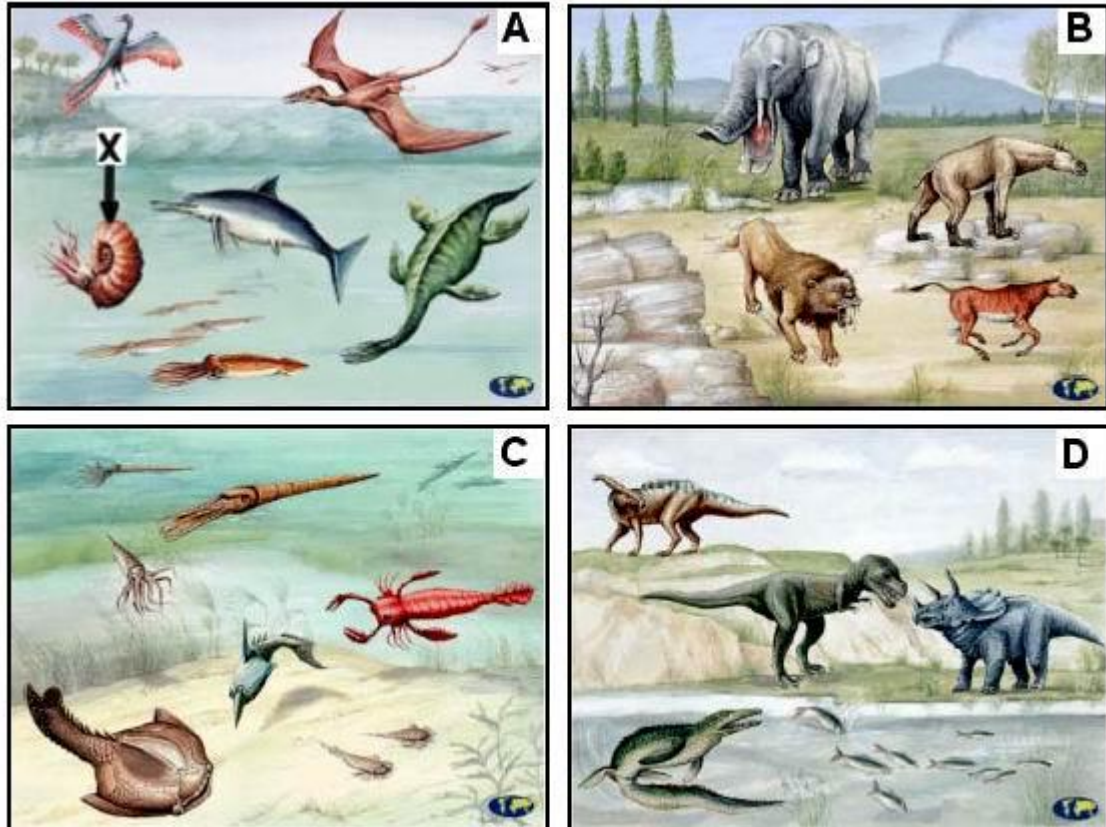


METODY BADAŃ GEOLOGICZNYCH

1. Geologia jest nauką zajmującą się przeszłością Ziemi (historią jej dziejów) oraz procesami, które w jej wnętrzu zachodzą i skutkami tych procesów we wnętrzu Ziemi.

Dlatego wyróżniamy dwie podstawowe dziedziny geologii:

- a) geologię dynamiczną zajmującą się procesami zachodzącymi we wnętrzu Ziemi i ich skutkami na powierzchni
- b) geologię historyczną zajmującą się dziejami Ziemi, czyli badaniem naszej planety w przeszłych epokach geologicznych



2. Mówiąc o przeszłych epokach geologicznych, procesach kiedyś zachodzących na naszej planecie oraz o organizmach żyjących kiedyś na Ziemi na ogół chcemy określić kiedy one żyły, kiedy zachodziły te procesy itd. Jednym słowem chcemy określić ich wiek.
3. Określamy więc wiek skał (kiedy one powstały i w jaki sposób), wiek skamieniałości (szczątków roślinnych i zwierzęcych organizmów, które kiedyś żyły na naszej planecie) a na podstawie ułożenia i rodzaju warstw skalnych możemy określić rodzaj i wiek procesów geologicznych, które miały miejsce w zamierzchłej przeszłości.
4. Dobrze, ale o jaki wiek chodzi? Wyróżniamy:

§ wiek względny - pozwala nam określić, która skała jest starsza a która młodsza względem drugiej. Nie powie nam jednak ile one mają lat.

- wiek bezwzględny - określa wiek skał w latach

Jak długi jest czas geologiczny:

Zdarzenie	Lat temu	Data w kalendarzu
Powstanie Ziemi	4500 mln	1 stycznia godz. 00:00
Najstarsze datowane skały	3940 mln	10 lutego
Pierwsze ślady życia	3200 mln	16 kwietnia
Normalny skład oceanu i atmosfery	1000 mln	1 października
Prymitywne zwierzęta „wyższe”	800 mln	1 listopada
Początek paleozoiku	570 mln	12 listopada
Pierwsze rośliny lądowe	400 mln	28 listopada
Superkontynent (Pangea)	250 mln	10 grudnia
Wymarcie dinozaurów	65 mln	26 grudnia
Pojawienie się przodków człowieka	4 mln	31 grudnia, godz. 18:00
Koniec ostatniego zlodowacenia	13 000	31 grudnia, godz. 23:56:20
Narodzenie Chrystusa	2000	31 grudnia, 14 s przed północą

Wg T.H. van Andela

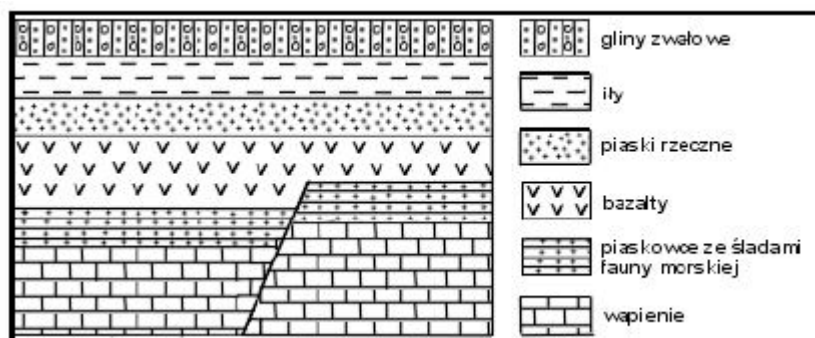
Źródło: Makowska D., ZIEMIA, WSiP, Warszawa1998

5. Do określania wieku względnego i bezwzględnego służą różne metody. Opisz niektóre z nich.

Metody badania wieku względnego skał:

- 1) metoda stratygraficzna - bada wiek względny na podstawie wzajemnego ułożenia warstw skalnych. Opiera się ona na kilku zasadach:
- zasadzie superpozycji zgodnie z którą osady młodsze spoczywają na osadach starszych;
 - zasadzie pierwotnego poziomego ułożenia warstw skalnych (chodzi o to, że zgodnie z założeniem kiedyś wszystkie osady powstawały w zbiornikach wodnych a więc warstwy układały się poziomo jedna na drugiej. Oczywiście w późniejszym czasie mogły one ulec przemieszczeniu np. na skutek ruchów tektonicznych);
 - zasadzie zgodnie z którą procesy prowadzące do zaburzenia pierwotnego ułożenia warstw muszą być młodsze od tych osadów

Podsumowując dzięki tej metodzie możemy określić w porządku chronologicznym powstanie poszczególnych warstw na danym obszarze. W ten sposób dowiemy się która jest najstarsza (znajduje się najniżej) a która najmłodsza (znajduje się na górze profilu). Cały problem polega na tym, że rzadko kiedy serie skalne zalegają poziomo. Przez tak długi okres czasu większość z nich uległa zaburzeniom. Następnie uzyskane informacje przedstawiamy za pomocą profili geologicznych.



analiza profilu geologicznego na końcu tematu

- 2) metoda tektoniczna - pozwala określić wiek ruchów skorupy ziemskiej. Oczywiście opiera się ona również na tych trzech zasadach ale zajmuje się przede wszystkim określeniem, w którym momencie czasowym miało miejsce zaburzenie (przemieszczenie) warstw skalnych i jakiego rodzaju to był proces (czy trzęsienie ziemi, czy coś innego)
- 3) metoda petrograficzna - na podstawie składu mineralnego skały oraz jej struktury i tekstury pozwala określić w jaki sposób dana skała powstała oraz jakie warunki panowały na Ziemi:
np. Kopię w ogrodzie dół i analizuję rodzaje skał tworzących odkrywkę. Jeżeli znajdę tam bazalt to wiem, że niedaleko musiał być wulkan tarczowy; jeżeli znajdę wapień koralowy to wiem, że w jego okresie powstania na obszarze mojego ogródka panowało płytkie, ciepłe morze; jeżeli znajdę pokład gliny z glazikami to wiem, że przez mój ogród przeszedł kiedyś lodowiec itp. Potem określam wzajemne ułożenie tych warstw i ustawiam je chronologicznie (wulkanizm, zalew morski, zlodowacenie) itd.
- 4) metoda paleontologiczna - pozwala określić wiek względny skał na podstawie zawartych w nich skamieniałości przewodnich - skamieniałości przewodnie to szczątki organizmów, które żyły w dawnych epokach geologicznych na dużym obszarze i w krótkim okresie czasu. Znalezienie takiej skamieniałości pozwala mi określić kiedy powstała skała, w której taka skamieniałość się znajduje (jest to możliwe bo dany typ takich organizmów żył krótko! I na dużym obszarze... nigdy więcej też się nie pojawił dlatego mam pewność, że dana skała pochodzi z okresu życia tego organizmu). Oczywiście do naszych czasów przetrwały głównie pancerzyki, szkieleciki itp. Żadnych tkanek miękkich (one mogą tylko zachować się w lodzie, bagnie lub solance a takie jednostki są krótkotrwałe w skali geologicznej). Często możemy też spotkać odciski np. piór, liści, pni w skałach

Głównymi skamieniałościami przewodnimi, które powinien znać uczeń LO są:

- Trylobity - skamieniałość paleozoiczna



(gł. początek paleozoiku) (gł. sylur i dewon) (gł. jura).

- Graptolity - skamieniałość paleozoiczna
- Amonity - skamieniałość mezozoiczna



Metody opisane powyżej (szczególnie pierwsza i ostatnia) pozwoliły stworzyć tabelę stratygraficzną. Przedstawia ona dzieje Ziemi. Podzielono je na główne jednostki czasowe, czyli ery. Te z kolei podzielono na okresy, następnie na podokresy i epoki. Należy pamiętać, że prezentacji dziejów Ziemi zawsze dokonuje się od najstarszej ery do najmłodszej, czyli tabeli stratygraficznej należy uczyć się "od dołu", czyli najstarszej ery

Era	Okres	Epoka	Wiek granic (mln lat)	
KENOZOIK	czwartorzęd	holocen	0,01-	
		plejstocen	1,6-	
	trzeciorzęd	neogen	pliocen	
			miocen	
		paleogen	oligocen	23,3-
			eocen	
			paleocen	65-
MEZOZOIK	kreda	kreda górna		
		kreda dolna	146-	
	jura	jura górna		
		jura środkowa		
		jura dolna	208-	
	trias	trias górny		
		trias środkowy		
trias dolny		245-		
PALEOZOIK	perm	perm górny		
		perm dolny	290-	
	karbon	karbon górny		
		karbon dolny	362-	
	dewon	dewon górny		
		dewon środkowy		
		dewon dolny	408-	
	sylur	sylur górny		
		sylur dolny	493-	
	ordowik	ordowik górny		
		ordowik środkowy		
ordowik dolny		501-		
kambr	kambr górny			
	kambr środkowy			
	kambr dolny	570-		
PREKAMBR	PROTEROZOIK		2500-	
	ARCHAİK		4500-	

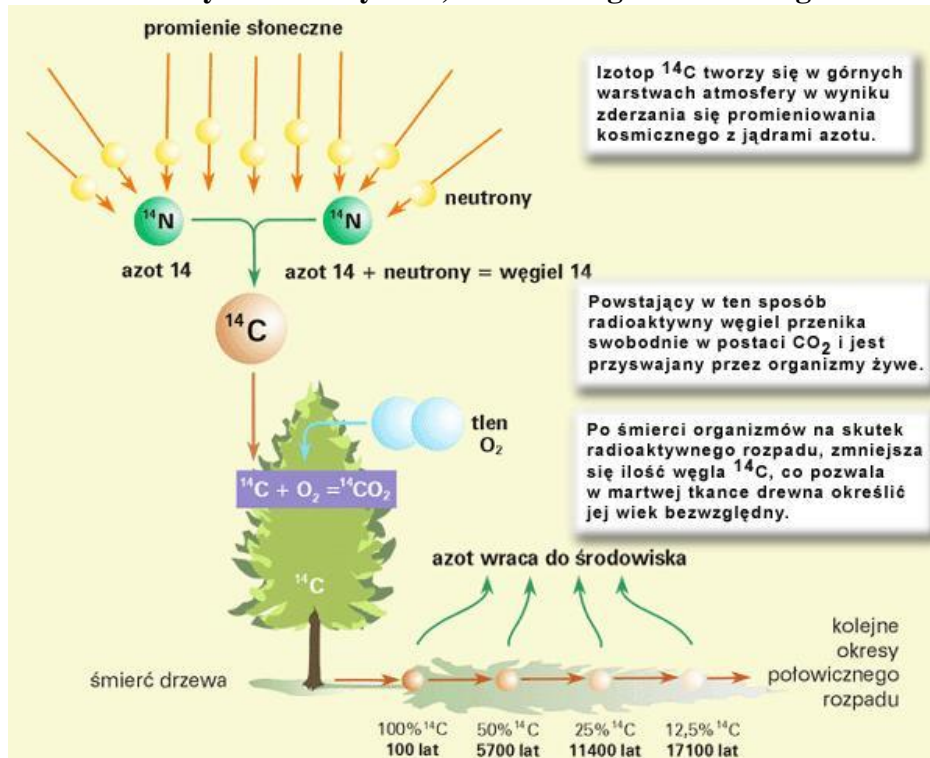
Źródło: B. Lewnadowska – Szwarz, A. Mrula: „system przyrodniczy Ziemi”, Wyd. empi², Poznań 2002

Metody badania wieku bezwzględnego skał

Jak już napisałam te metody pozwalają określić wiek skały w latach Do tego typu metod możemy zaliczyć:

1) metody radiometryczne - izotopowe. Polegają one na badaniu zawartości w skałe pierwiastka radioaktywnego i pierwiastka, który powstaje na skutek rozpadu tego pierwszego. Każdy pierwiastek po pewnym czasie ulega rozpadowi. Okres jaki mija do momentu kiedy ze 100% izotopu zostanie 50% nazywamy czasem połowicznego rozpadu. Porównując ilość izotopu i pierwiastka wtórnego oraz znając czas połowicznego rozpadu izotopu możemy określić wiek bezwzględny skały. "IZOTOPOWE DATOWANIE, radiodatowanie, metoda określania wieku badanej próbki wykorzystująca prawa rozpadu promieniotwórczego.

- Do oceny wieku materiałów pochodzenia org. stosuje się metodę węgla (zapropionowaną 1946 przez W.F. Libby'ego) polegającą na pomiarze stosunku ilości zawartych w nich izotopów węgla ^{12}C i ^{14}C . Promieniotwórczy izotop ^{14}C powstaje w atmosferze z zawartego w niej azotu w wyniku reakcji ^{14}N (n, p) ^{14}C (jądrowa reakcja) i rozpada się (z okresem połowicznego rozpadu 5730 lat) w wyniku przemiany; ^{14}C wchodzi w różne reakcje chem., m.in. prowadzące do utworzenia CO_2 ; w procesie fotosyntezy CO_2 jest przyswajany przez organizmy żywe, w których utrzymuje się ustalony stosunek pomiędzy ilością węgla promieniotwórczego i niepromieniotwórczego; po obumarciu substancji org. — wskutek zmniejszania się zawartości promieniotwórczego ^{14}C — stosunek ten się zmienia. Oznaczając stosunek zawartości izotopów obu węgla w próbce można określić czas obumarcia badanego obiektu; metoda ta pozwala na datowanie obiektów nie starszych niż 70 tys. lat; stosowana gł. w archeologii.



Źródło: B. Lewnadowska – Szwarz, A. Mrula; System przyrodniczy Ziemi, Wyd. emp², Poznań 2002

- Wiek minerałów zawierających tor, uran lub ich domieszki (np. wiek uraninitu, torytu, monacytu) określa się metodą ołowiową (pierwszą zaproponował 1907 B. Boltwood, nową, udoskonaloną podał 1956 W. Weserüll), która opiera się na pomiarach zawartości izotopów promieniotwórczych ^{238}U , ^{235}U lub ^{232}Th oraz

powstających z nich, w wyniku kolejnych przemian (promieniotwórcze rodziny), trwałych izotopów ołowiu ^{206}Pb , ^{207}Pb lub ^{208}Pb ; wiek mineralów oblicza się na podstawie stosunku zawartości poszczególnych par izotopów, np. ^{238}U i ^{206}Pb . Metodę uran-olów stosuje się do badania wieku bezwzględnego najstarszych skał na Ziemi, gdyż czas połowicznego rozpadu ^{238}U wynosi 4,5 miliarda lat.

- Do oceny wieku mineralów potasu, zwł. biotyty i muskowitu, wykorzystuje się stosunek zawartości ^{40}K i produktu jego rozpadu ^{40}Ar metoda potasowo-argonowa. Służy ona przede wszystkim do skał bazaltowych wieku trzeciorzędowego
- Dobre wyniki daje także metoda rubidowo-strontowa, pozwalająca ustalić wiek związków chem. na podstawie wyników pomiaru zawartości promieniotwórczego ^{87}Rb i trwałego ^{87}Sr ."

Niektóre izotopy promieniotwórcze o szerokim zastosowaniu do określania wieku skał

Izotopy macierzyste	Izotopy potomne	Okres połowicznego rozpadu	Zakres użyteczności
Rubid-87	Stront-87	49 mld lat	> 100 mln lat
Tor-232	Ołów-208	14 mld lat	> 200 mln lat
Uran-238	Ołów-206	4,5 mld lat	> 100 mln lat
Potas-40	Argon-40	1,3 mld lat	> 0,1 mln lat
Uran-235	Ołów-207	0,7 mld lat	> 100 mln lat
Węgiel-14	Azot-14	5370 lat	< 40 000 lat

--- Źródło: D. Makowska, ZIEMIA podręcznik do szkoły średniej, WSiP, Warszawa 1998

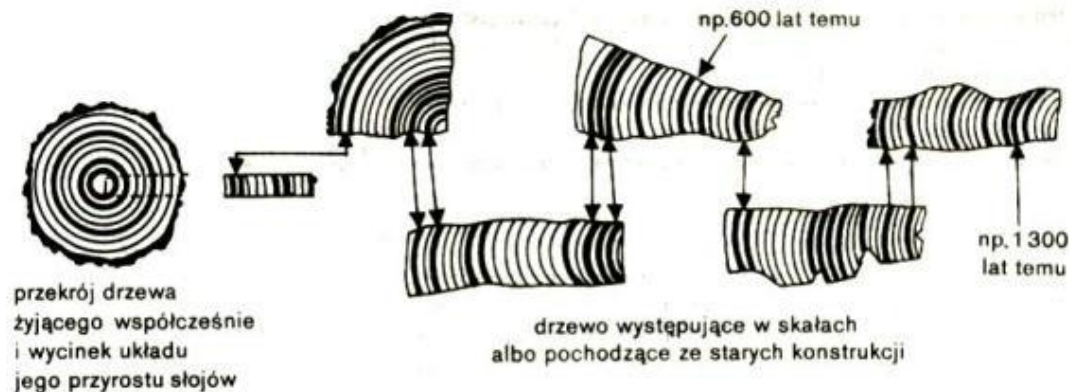
2) Dendrochronologia

Dendrochronologia - to jedna z najbardziej dokładnych metod badania wieku bezwzględnego skał. Niestety jej zasięg czasowy jest bardzo ograniczony. Można podać wiek skały z dokładnością do 1 roku.

"Dendrochronologia, nauka i metoda datowania wieku zjawisk przyrodniczych, obiektów i znalezisk archeologicznych oraz rekonstrukcji zmian klimatu opierająca się na analizie rocznych przyrostów drzew (słojów, pierścieni), których szerokość uzależniona jest od warunków pogodowych. Duże przyrosty obserwuje się w latach korzystnych, np. o wysokiej średniej temperaturze okresu wegetacyjnego, małe - w latach niekorzystnych."

W dendrochronologii wykorzystuje się pnie jednego gatunku drzew ściętych współcześnie oraz pnie starsze, pochodzące ze starych budynków, zachowane w torfowiskach itp. Porównując wzorzec słojów z pni o różnym wieku, pochodzących z tego samego obszaru, można określić sekwencję pierścieni przyrostowych za czas znacznie przekraczający długość życia pojedynczego drzewa. W ten sposób tworzy się dendrogram - wykres grubości słojów danego gatunku na określonym obszarze. Gdy znajdujemy kolejny kawałek drewna (oczywiście tego gatunku) porównujemy go z tym wykresem - możemy dokładnie określić z których lat pochodzi a także kiedy powstały skały, w których się znajdował.

Sporządzono skale dendrologiczne służące do dokładnego datowania próbek drewna, najdłuższe liczą w Europie 7272 lata (dęby z Irlandii), w Ameryce - ok. 10 tys. lat (sosna oścista w USA).



Ryc. 100. Analiza dendrochronologiczna. Sloje rocznych przyrostów różnią się grubością. Lata suche, lata zimne dają cieńsze sloje od lat wilgotnych i lat ciepłych. Porównując układy przyrostów słoje drzew o znanym wieku z układami przyrostów fragmentów drewna w konstrukcjach albo w osadach określa się czas śmierci drzew, a pośrednio wiek budowli czy skał. Analiza ta daje wiek w latach kalendarzowych i stosuje się ją do weryfikacji np. datowania ^{14}C

Źródło: W. Stankowski, *Geografia fizyczna, Podręcznik dla szkoły średniej, WSiP, Warszawa 1987*

3) warwochronologię itd

Najdłuższa rekonstrukcja zmian klimatu (średniej temperatury lata za ostatnie 1400 lat) opiera się na analizie dendrochronologii sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*), rosnącej w północnej Szwecji.

Warwochronologia - polega na badaniu deglacjacji zlodowacenia skandynawskiego na podstawie ilości warw w jeziorach zastoiskowych, tworzących się u czoła wycofującego się lądolodu. Warwa to osad jeziorny powstający w ciągu 1 roku. Warwa składa się z warstewki jasnej (zimowej) i ciemnej (letniej). Licząc warwy i porównując ich grubość z różnych jezior powstających na drodze wycofującego się lądolodu można wydatować, jak cofał się lądolód.

analiza przekroju geologicznego na podstawie ryciny zamieszczonej powyżej

Na obszarze, którego dotyczy zamieszczony profil geologiczny panowało morze o czym świadczą serie wapieni. Następnie doszło do sedymentacji piaskowców ze śladami fauny morskiej - możemy domyślać się, że badany obszar znajdował się blisko wybrzeża. Osady te zostały następnie zuskokowane na skutek ruchów załomowych spowodowanych najprawdopodobniej trzęsieniem ziemi. W okolicy doszło do erupcji wulkanicznej - z faktu, że doszło do powstania skał bazaltowych można wysnuć wniosek, że był to wulkan tarczowy na wyspie lub w dnie oceanicznym. Następnie obszar został wynurzony gdyż doszło do sedymentacji osadów rzecznych (piaski rzeczne) a później jeziornych (iły). Klimat oziębził się a na badany obszar nasunął się lodowiec lub lądolód o czym świadczy seria glin zwałowych (osady moreny dennej). Biorąc pod uwagę tę ostatnią serię osadową możemy wnioskować, że osady rzeczne zdeponowane wcześniej są skutkiem działania wód fluwioglacjalnych a iły powstały w jeziorze zastoiskowym.