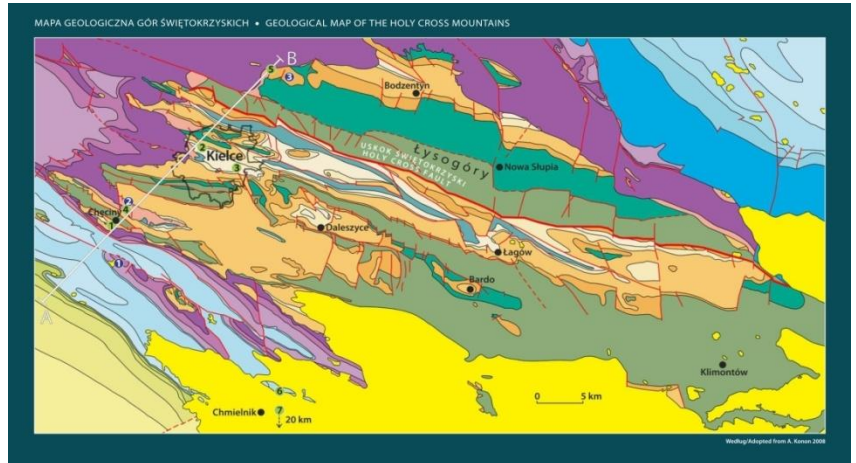


10 pytań o mapę geologiczną

Na prezentowanej w PAN Muzeum Ziemi w Warszawie wystawie „Z przeszłości geologicznej Ziemi”, znajdują się opracowania graficzne, między innymi przedstawiające mapę geologiczną i przekrój geologiczny przez Góry Świętokrzyskie.

Już na pierwszy rzut oka widać, że mapa ta (Ryc. 1) różni się bardzo od znanych i powszechnie używanych map topograficznych czy turystycznych. Aby ułatwić zrozumienie specyfiki **graficznych opracowań geologicznych**, z którymi można się zetknąć także poza Muzeum Ziemi, a co za tym idzie pomóc w odczytywaniu ich treści, powstał niniejszy tekst.



Ryc. 1. Mapa geologiczna Gór Świętokrzyskich

Jego forma została zainspirowana stronami internetowymi, na których pojawiają się zakładki FAQ – czyli często zadawane pytania. W tym przypadku te pytania mogłyby wyglądać następująco:

1. Co to jest mapa geologiczna?

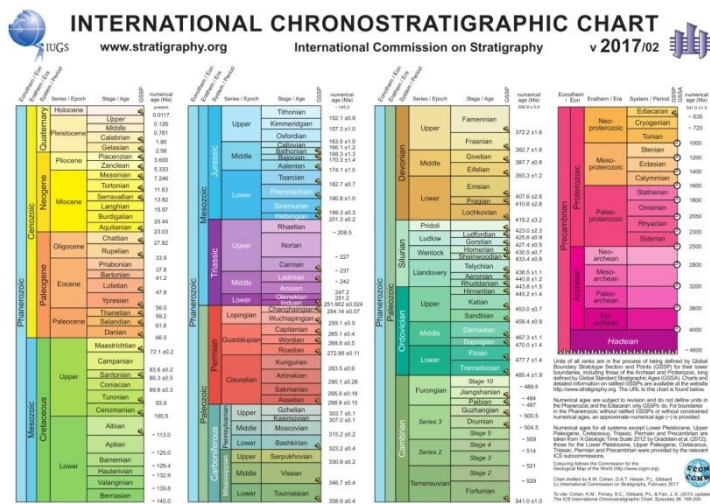
Mapa geologiczna jest opracowaniem kartograficznym, w którym, często na podkładzie topograficznym (przedstawiającym ukształtowanie terenu) ukazana jest budowa geologiczna danego obszaru. Na mapie zaznaczone są zasięgi występowania skał różniących się np. wiekiem lub litologią (składem), a także przebieg struktur głębokiej budowy geologicznej jak np. uskoki, nasunięcia oraz form powierzchniowych np. osuwisk czy wydm. Na mapie zaznaczone są również mające związek z budową geologiczną obiekty będące rezultatem działalności człowieka jak wyrobiska albo kamieniołomy.

Mapy geologiczne przygotowywane są w różnej dokładności. Od przeglądowych np. w skali 1:1 000 000, obejmujących niekiedy całe kraje (np. Polskę) po obejmujące niewielki obszar i zawierające bardzo dużo szczegółów (np. Mapa Geologiczna Tatr w skali 1:10 000). Tak dokładne mapy sporządza się najczęściej dla obszarów o skomplikowanej budowie geologicznej. Podstawową mapą geologiczną w Polsce jest Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski (SMGP) w skali 1:50 000 pozwalająca na śledzenie przebiegu granic geologicznych na znacznym obszarze (powierzchnia arkusza to ok. 300 km²), a jednocześnie zawierająca stosunkowo dużo szczegółów bowiem 1 mm na mapie odpowiada 50 metrom w terenie. Teren Polski jest pokryty 1069 arkuszami mapy.

Ciekawostka: Pokrycie całej Polski arkuszami SMGP trwało 52 lata.

2. Dlaczego mapa jest taka kolorowa i co oznaczają poszczególne kolory?

Mapa geologiczna ma zupełnie inną kolorystykę niż mapy ogólnogeograficzne, co wynika z jej specyfiki. Na mapie wyróżnione są bowiem obszary występowania różnych skał. Na większości map geologicznych wyróżnikiem jest ich wiek. Skupiająca najwybitniejszych specjalistów Międzynarodowa Komisja Stratygraficzna stworzyła obowiązujący na całym świecie ujednolicony schemat, zwany Międzynarodową



Ryc. 2. Międzynarodowa Tabela Stratygraficzna

Ciekawostka: Mimo tego, że jednoznacznie określono jakimi kolorami należy oznaczać na mapie skały różnego wieku to i tak, na każdym arkuszu mapy, wszystkie zastosowane kolory są szczegółowo objaśnione (Ryc. 3). Każdy z nich bowiem, oprócz odniesienia do wieku „ukrywa” również ważne informacje o występujących tam rodzajach skał (np. piaskowce, wapień czy granity).

Ryc. 3. Objasnienia do mapy geologicznej Gór Świętokrzyskich (patrz. Ryc. 1)

KOD	Wiek	Kolor	Opis	Opis
KREDA	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
JURA	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
TRIAS	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
PERM	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
KARBON	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
DEWON	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
ORDOWIK-SYLUR	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
KAMBR	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny
	główny	ciemnoniebieski	główny	główny

3. Skąd wiadomo gdzie znajdują się różne skały?

Prace nad mapą rozpoczynają się od zapoznania z istniejącymi już mapami i opracowaniami geologicznymi dotyczącymi danego terenu. Bardzo ważna jest analiza ukształtowania powierzchni terenu (rzeźby), dawniej wykonywana głównie na podstawie analizy rysunku poziomowego na mapach topograficznych, a obecnie również na zdjęciach lotniczych, satelitarnych, a także numerycznych modelach terenu skonstruowanych na podstawie lotniczego skaningu radarowego czy laserowego. Ukształtowanie powierzchni terenu jest bowiem bezpośrednio związane z występowaniem skał różniących się odpornością na wietrzenie. W dużym uproszczeniu, w miejscach gdzie występują skały o mniejszej odporności niż otaczające, powstały obniżenia, a w miejscach obecności skał o większej odporności (potocznie zwanych twardszymi) wzniesienia. Na tej podstawie geolog projektuje swoje prace terenowe, które są nadal podstawowym źródłem informacji. W ich trakcie musi odnaleźć wszystkie miejsca gdzie skały wyłaniają się na powierzchni terenu spod pokrywy roślinnej i zwietrzelin. Miejsca te muszą zostać zlokalizowane i zaznaczone na mapie, a znalezione tam skały szczegółowo opisane. Odślonienia mogą mieć charakter naturalny (skałki, urwiska itp.) lub sztuczny (wyróbiska, skarpy przy drogach, kamieniołomy – Ryc. 4). Zdarzają się jednak obszary gdzie nie ma odślonień. W tym przypadku wykonawca mapy musi skorzystać z danych pochodzących z wiercen geologicznych lub wykonanych samodzielnie wkopów czy sondowań (Ryc. 5).



Ryc. 4. Kamieniołom Rzepka koło Chęciny



Ryc. 5. Praca sondą ręczną

Jednakże informacje te pochodzą z punktów rozproszonych w terenie, a zadaniem geologa jest zaznaczenie na mapie całych obszarów, na których występują różne skały. Dlatego musi być on wrażliwy na wszystkie elementy środowiska geograficznego, które mają związek ze skałami występującymi w podłożu. Oprócz analizowania ukształtowania terenu musi również zwracać uwagę na zmiany koloru gleby i jej zawilgocenia, a także na zmiany szaty roślinnej.

***Ciekawostka:** W ostatnich latach wielce przydatnym narzędziem pracy geologa w terenie stały się drony. Pozwalają bowiem spojrzeć na okolicę z zupełnie innej perspektywy.*

4. Co to jest przekrój geologiczny?

To autorska, graficzna interpretacja wgłębnej budowy geologicznej jakiegoś obszaru, sporządzona na podstawie analizy jej powierzchniowego obrazu (mapy) oraz danych uzyskanych z badań wgłębnych (patrz pytanie 6). Innymi słowy na mapie przedstawia się, rozprzestrzenienie skał różnego wieku i obraz budowanych przez nie struktur geologicznych w płaszczyźnie poziomej (Ryc. 1). Tymczasem przekrój ilustruje te struktury w płaszczyźnie pionowej wzdłuż wybranej linii przecinającej mapę (Ryc. 6). Linię przekroju dobiera się tak aby pokazać najbardziej charakterystyczne elementy budowy geologicznej danego obszaru. Przekroje, rysowane są zwykle w tej samej skali (zarówno poziomej jak i pionowej) co mapa. Kąty pod którymi nachylone są warstwy i uskoki są wówczas rzeczywiste, a zinterpretowane fałdy są takie jak w rzeczywistości tyle, że zmniejszone.

Na obszarach gdzie najmłodsze osady, np. pozostawione przez lodowce i rzeki tworzą grube pokrywy, tak jak w północnej Polsce, tylko one są pokazane zarówno na mapie jak i przekroju. Natomiast na obszarach górskich, gdzie takie osady występują tylko miejscami, przykrywając starsze skały cieniutką warstwą, często są na mapach i przekrojach wręcz pomijane - tak jak na mapie i przekroju na naszej wystawie (Ryc. 1 i 6).



Ryc. 6. Przekrój geologiczny przez Góry Świętokrzyskie (przewyższony)

Ciekawostka: Czasami, dla uczytelnienia przekrojów, na których trzeba pokazać wiele warstw o małej miąższości (co jest trudne, a czasem wręcz niemożliwe) są one przewyższane. To znaczy, że ich skala pionowa jest większa niż pozioma. Np.: skala pozioma 1:50 000 (czyli 1 cm na przekroju odpowiada 500 m w terenie) a skala pionowa 1:5 000 (odpowiednio 1 cm = 50 metrom). Mówimy wtedy o 10-cio krotnym przewyższeniu. Niestety, powoduje ono zafałszowanie nachylenia (upadu) warstw.

5. Czy kolory wydzielen na przekroju są takie same jak na mapie?

Oczywiście. Jak wcześniej wspomniano mapa jest powierzchniową dokumentacją budowy geologicznej, a przekrój jej interpretacją wgłębną. Ponieważ na mapie i przekroju pojawiają się te same ogniwa geologiczne, muszą wyglądać tak samo – czyli mieć te same konwencjonalne kolory. Jednakże na przekrojach często ukazanych jest więcej wydzielen niż na mapie. Nie wszystkie bowiem są widoczne na powierzchni terenu. Wydzieleniom tym, zgodnie z Międzynarodową Tabelą Stratygraficzną (Ryc. 2) przypisuje się barwy odpowiadające ich wiekowi.

Ciekawostka: Wśród wydzielen oznaczonych tym samym kolorem stosuje się zasadę, że im jaśniejszy jego odcień tym jest ono młodsze.

6. Skąd wiadomo jakie skały znajdują się pod powierzchnią ziemi i jak są ułożone?

Informacje o tym pochodzą z wielu obserwacji. Po pierwsze zbierane są w miejscach w których odsłaniają się warstwy skalne. Jeśli to tylko możliwe geolog mierzy kompasem rozciągłość warstwy (podając jej azymut, zwany też biegiem) oraz kąt pod jakim jest nachylona (upad warstwy).



Ryc. 7. Fałd w kamieniołomie Ślichowice w Kielcach – obecnie Rezerwacie Geologicznym im. Jana Czarnockiego

Często pierwotne ułożenie warstw bywa zaburzone przez powstałe w ich obrębie pęknięcia, wzdłuż których doszło do przesunięcia skał (uskoki, nasunięcia). Czasem uskoki są widoczne w odsłonięciach. Dodatkowym, bardzo ważnym źródłem informacji o tym jakie skały znajdują się głębiej i jak są ułożone, są głębokie wiercenia. Dzięki nim możemy np. dowiedzieć się na jakiej głębokości występują skały odsłaniające się kilkaset metrów dalej lub te, które w ogóle nie odsłaniają się w okolicy.

Wielce pomocne są również pomiary geofizyczne. Na uzyskiwanych wykresach można prześledzić jak w głębi ziemi układają się granice warstw o różnych właściwościach fizycznych czyli zapewne o różnej litologii. Na podstawie analizy takiego zbioru informacji, na przekroju rysowane jest ułożenie warstw pod powierzchnią terenu.

Ciekawostka: Powierzchni uskoków bardzo często nie widać bezpośrednio w terenie. Jednak o ich obecności świadczyć może np. nagła zmiana kierunku osi wzgórza lub jej przesunięcie albo też poprzeczne rozcięcie przez potok, który wciął się w mniej odporne na wietrzenie, spękanne skały w podłożu.

7. Skąd wiadomo które skały powinny się pojawić na przekroju, bo przecież nie wszystkie odsłaniają się na powierzchni terenu?

Niestety nie jest tak, że do czasów współczesnych zachowały się wszystkie skały powstałe od początku istnienia naszej planety. Na danym obszarze oprócz okresów, podczas których w zbiornikach wodnych (np. morzach) gromadził się materiał, który z czasem przekształcił się w masywne skały, były i takie gdy na skutek wydzwignięcia ponad poziom morza skały były poddawane erozji, czyli niszczącemu działaniu rzek, lodowców, czy wiatru i niekiedy zostały całkowicie zniszczone. Tak więc część skał mogło nie zachować się czasów współczesnych (w przypadku Gór Świętokrzyskich nie znajdziemy skał powstałych od górnego karbonu do dolnego permu, co obejmuje okres trwający prawie 70 milionów lat). Dzięki badaniom naukowym wiemy jednak, które warstwy na danym obszarze nie zachowały się i na przekroju nie mogą się pojawić. Pozostałe, w zależności od głębokości interpretacji, powinny jednak zostać narysowane. A to, że część z nich, zwłaszcza tych starszych nie będzie sięgało do powierzchni terenu może wynikać z ich ułożenia, deformacji lub, jak to jest na większości obszaru Polski, z ukrycia pod warstwą młodych osadów polodowcowych.

Ciekawostka: Uznaje się, że jeśli nie mamy bezspornych dowodów na to, że jest inaczej to zakładamy, że miąższość poszczególnych warstw skalnych nie zmienia się.

8. Skąd wiadomo jaki jest wiek skał?

Wiek skał określany jest w dwojaki sposób. A zatem, czy dana skała jest starsza czy też młodsza względem innych skał (wiek względny), lub przez określenie jej wieku mierzonego latami (wiek bezwzględny).

Spśród wielu metod określania wieku względnego najprostsze jest ustalenie go na podstawie ułożenia warstw skalnych. Jeśli ich położenie nie zostało zaburzone (np. przez sfałdowanie lub poprzemieszczanie przez uskoki) to warstwy młodsze zawsze leżą na starszych (zasada superpozycji).



Wykorzystuje się również skamieniałości znajdujące w warstwach skalnych. Najbardziej wartościowe są te, które żyły na bardzo dużym obszarze ale bardzo krótko w historii Ziemi (skamieniałości przewodnie). Znalezienie takich samych skamieniałości przewodnich, nawet w bardzo odległych od siebie miejscach wskazuje, że warstwy w których występują są równowiekowe. Skamieniałościami przewodnimi są na przykład trylobity (Ryc. 8), graptolity, belemnity i amonity.

Ryc. 8. Trylobit (dewon, Maroko)

Przełomem w określaniu wieku bezwzględnego skał było odkrycie zjawiska promieniotwórczości pierwiastków i stwierdzenie, że każdy z nich podlega naturalnemu rozpadowi. Ponieważ każdy pierwiastek promieniotwórczy rozpada się ze stałą, właściwą dla niego szybkością, określaną jako czas połowicznego rozpadu, porównanie ilości pierwiastka w stanie niezmiennym z ilością substancji będącej rezultatem jego rozpadu jest kluczem do określenia czasu jaki upłynął od powstania danej skały. Metoda ta ma jednak ograniczenia bowiem nie w każdej skale znajdują się minerały (np. cyrkon, biotyt) zawierające pierwiastki promieniotwórcze. Dla skał magmowych i metamorficznych najlepiej sprawdzają się pomiary izotopu uranu (^{238}U – powstaje z niego ołów) oraz izotopu potasu (^{40}K – powstaje argon). Tymi metodami można datować nawet najstarsze skały na Ziemi.

W skałach osadowych wiek bezwzględny określa się badając obecne w nich szczątki organiczne. U podstawy datowania leży porównanie ilości izotopu węgla ^{14}C do całkowitej ilości węgla. Niestety metoda ta sprawdza się dla obiektów nie starszych niż 50-60 tysięcy lat.

Międzynarodowa Tabela Stratygraficzna jest stale aktualizowana przez Międzynarodową Komisję Stratygraficzną, tak aby uwzględniała aktualny stan wiedzy o wieku skał.

***Ciekawostka:** Czas połowicznego rozpadu uranu ^{238}U wynosi ponad 4,5 miliarda lat, a izotopu węgla ^{14}C tylko 5730 ± 40 lat.*

9. Praca geologa w terenie kojarzy się często z rozbijaniem skał młotkiem. Czy to prawda?

Rzeczywiście młotek geologiczny (Ryc. 9) obok kompasu (Ryc. 10) był przez dziesięciolecia podstawowym narzędziem w pracy geologa terenowego. Młotek nadal jest niezastąpiony jako narzędzie do rozbijania skał w celu ich rozpoznania, wydobywania minerałów czy skamieniałości. Ale obecnie zestaw narzędzi „terenowych” jest zdecydowanie większy (i cięższy). Dla usprawnienia pracy geolog zabiera ze sobą w teren również odbiornik GPS, sondę, łopatkę, szpachelkę, czasem laptop/tablet, a bywa, że i drona. Bardzo ważnym urządzeniem staje się smartfon. Dzięki odpowiednim aplikacjom może bowiem zastąpić odbiornik GPS, a także kompas.



Ryc. 9. Młotek geologiczny



Ryc. 10. Kompas geologiczny

***Ciekawostka:** Młotki geologiczne różnią się. Te przeznaczone do rozbijania warstwowanych skał osadowych mają płaską końcówkę, a te do masywnych skał magmowych, tak jak na Ryc. 9, szpiczastą.*

10. Jak zdobyć mapę geologiczną interesującego nas rejonu Polski?

Dzięki cyfryzacji dostęp do map geologicznych Polski jest niezwykle prosty – poprzez portal internetowy Centralnej Bazy Danych Geologicznych (<http://geoportal.pgi.gov.pl>) lub aplikację mobilną GeoLOG (<https://geolog.pgi.gov.pl/>). Dostęp do map jest całkowicie bezpłatny!

Ryszard Szczęsny

Wykorzystano:

Czwartorzęd. Osady. Metody Badań. Stratygrafia. Lindner L. (red). Wydawnictwo PAE, 1992

International Commission of Stratigraphy;

Wystawa "Z przeszłości geologicznej Ziemi", Nosowska E. (red). PAN Muzeum Ziemi w Warszawie, 2016.

WWW.pgi.gov.pl

Zdjęcia własne autora.