

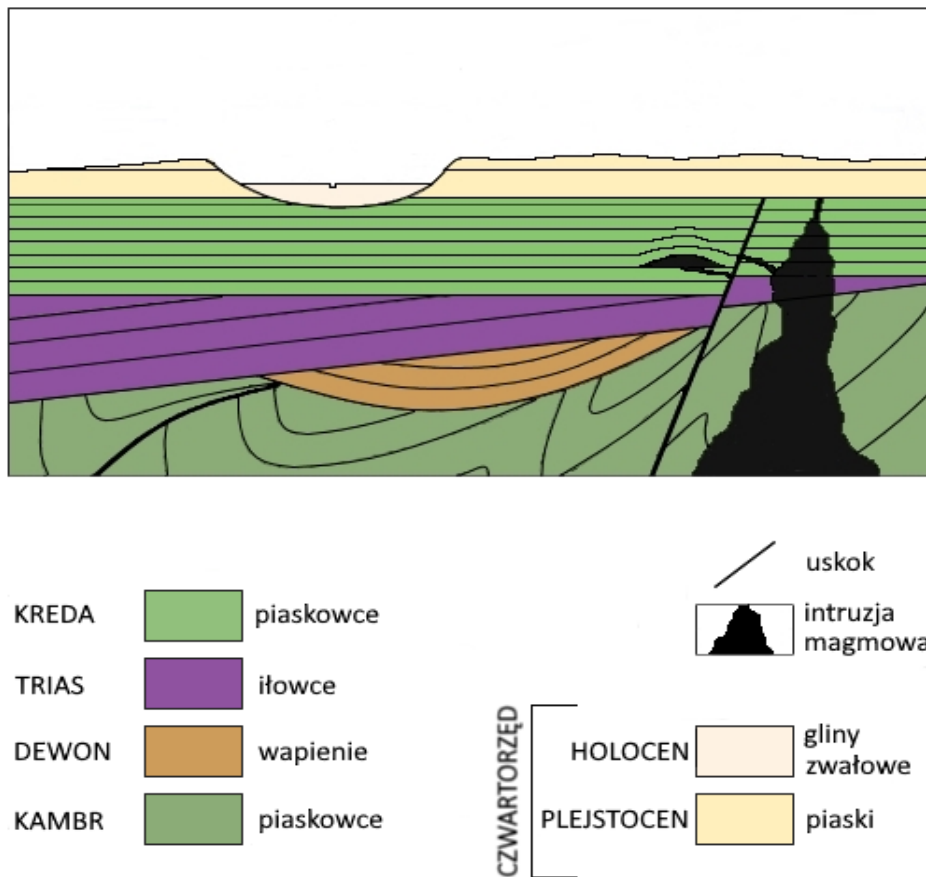
Jak odczytać przekrój geologiczny?

O tym, jakie skały znajdują się pod powierzchnią Ziemi niełatwo się przekonać, ponieważ ich wychodni nie spotykamy na każdym kroku. Najczęściej skalne podłoże maskowane jest przez pokrywy zwietrzelinowe lub, tak jak na większości obszaru Polski, przez bardzo młode osady polodowcowe, dodatkowo pokryte roślinnością. Czasem jednak, w odślonięciach, udaje się zobaczyć leżące na sobie uławiczone skały. Ich ułożenie dokumentuje wydarzenia z przeszłości, które doprowadziły do takiej, a nie innej budowy geologicznej w najbliższym otoczeniu tego miejsca. Rekonstrukcja układu warstw na większym obszarze, z racji na ich bardzo fragmentaryczną dostępność jest bardziej skomplikowana. Wymaga bowiem połączenia w spójną całość danych pochodzących z niekiedy odległych, punktowych obserwacji. Dostarczyć ich mogą odślonięcia znajdujące się m.in. na stromych górskich stokach, ścianach kamieniołomów, skarpach, dnach potoków, w małych „gospodarczych łomikach”, a nawet okruchy skał znajdujące na zaoranym polu. Ten niekompletny obraz uzupełniany jest danymi z rdzeni wiertniczych (o ile są dostępne) oraz interpretacjami pomiarów geofizycznych. Dopiero tak różnorodna mieszanka informacji daje podstawy do stworzenia syntetycznego obrazu budowy badanego obszaru, przedstawianego m.in. za pomocą przekroju geologicznego. Przekrój ten jest swoistym opowiadaniem, napisanym przy pomocy stworzonego przez geologów „pisma obrazkowego”. Graficzna wizualizacja okazuje się bowiem być najprostszym, a zarazem najlepiej działającym na wyobraźnię sposobem przekazu informacji o tym, jak wzajemnie ułożone są kompleksy skalne oraz czy i w jaki sposób zostały one zdeformowane. A to, pozwala na odtworzenie ich historii - kiedy i jakie procesy doprowadziły do obecnej budowy geologicznej. Niniejszy artykuł ma być, w założeniu, pomocą w zrozumieniu tego „pisma” osobom spoza kręgu profesjonalistów (patrz również tekst „10 pytań o mapę geologiczną” - <https://mz.pan.pl/pl/10-pytan-o-mape-geologiczna/>).

Punktem wyjścia będzie stworzony przez autora przekrój (Ryc. 1), na którym zilustrowanych zostało kilkanaście różnych wydarzeń geologicznych. Nadmieniam, że powstał on tylko i wyłącznie w celu przedstawienia procesu interpretacji budowy geologicznej i nie ma odpowiednika w realnym świecie. Tak więc ten ćwiczeniowy materiał nie jest ilustracją sekwencji wydarzeń, które kiedykolwiek czy też gdziekolwiek się wydarzyły. Celem jego istnienia, jak wspomniałem, nie jest zatem odtworzenie historii geologicznej konkretnego obszaru, lecz pokazanie uniwersalnego toku rozumowania, jakie powinno zostać przeprowadzone podczas analizy podobnych przekrojów.

Zanim jednak przejdziemy do szczegółów, przypomnę dwie naczelne zasady stosowane w geologii, bez których jakakolwiek rekonstrukcja przeszłości geologicznej nie byłaby możliwa. Pierwsza z nich to „zasada aktualizmu geologicznego” druga zaś „zasada superpozycji”. Założeniem tej pierwszej jest to, że wszystkie naturalne procesy zachodzące na Ziemi, od jej powstania po czasy współczesne, miały takie same źródła oraz przebieg. Dzięki temu na podstawie obserwacji współczesnych procesów można odtwarzać te, które wydarzyły się w przeszłości. Tymczasem druga ze wspomnianych zasad wskazuje, że w serii niezaburzonych skał, warstwy młodsze zawsze leżą na starszych (patrz również teksty: „Co jest starsze” -

<https://mz.pan.pl/pl/co-jest-starsze/> oraz „Niekompletna księga czasu” – <https://mz.pan.pl/pl/niekompletna-ksiega-czasu/>).



Ryc. 1

Skorupa ziemna jest miejscem, w którym zachodzą dynamiczne procesy nieustannie zmieniające jej wewnętrzną strukturę. Część budujących ją skał jest warstwowa i właśnie te są najwrażliwszymi obiektami do interpretacji. Większość z nich to skały osadowe (piaskowce, wapienie, margle, łupki i in.), które tworzą się na dnie zbiorników wodnych (przeważnie mórz i oceanów), aczkolwiek są też takie, które powstają w warunkach lądowych. O takim przypadku będzie mowa pod koniec tego tekstu. Ale na razie wróćmy na dno morza, na które opada i gdzie gromadzi się materiał mineralny dostarczany z lądu lub wytrącany z wody pod wpływem naturalnych procesów fizykochemicznych. Z czasem, procesy lityfikacji doprowadzą do przemiany luźnego osadu w zwięzłą skałę, w której kolejne warstwy leżą poziomo na sobie. Jednakże pod wpływem pojawiających się później w skorupie ziemskiej, różnie ukierunkowanych sił, początkowy układ warstw ulega zaburzeniu. Powstające deformacje mogą mieć różny charakter - ciągły lub nieciągły. Te pierwsze mogą przybrać formę fałdów o różnej geometrii. Z tymi drugimi wiąże się przerwanie ciągłości warstw i często ich wzajemne przemieszczenie. Najczęściej przybierają one formę spękań, uskoków i nasunięć. Dodatkowo należy pamiętać, że na obserwowany współcześnie układ warstw wpływ mają nie tylko procesy mające źródło wewnątrz skorupy ziemskiej (endogeniczne) ale również te, które oddziałują na nią z zewnątrz (egzogogeniczne). Jeśli np. pakiet skał znajdzie się na powierzchni

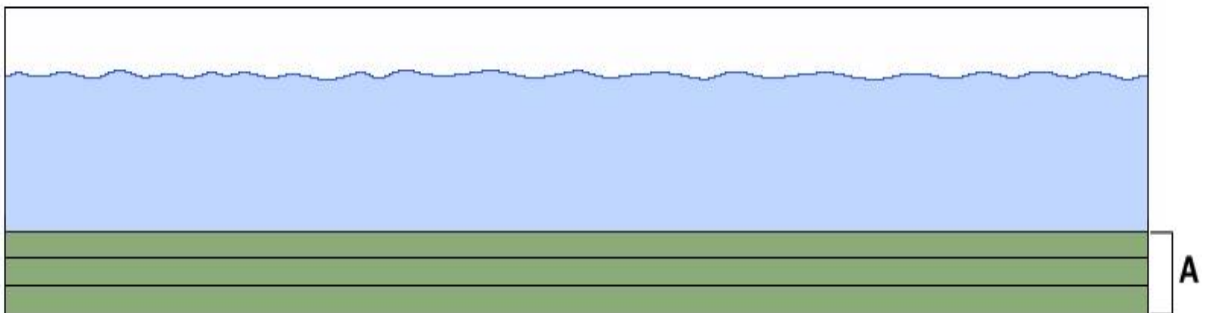
Ziemi, za sprawą erozji poddany będzie niszczeniu - stąd w profilu geologicznym może być później niekompletny lub wręcz całkowicie zniknąć. A powstała na tej drodze powierzchnia erozyjna może być podstawą, na której utworzony zostanie kolejny zespół warstw. Pamiętajmy również o tym, że w obręb istniejących już pakietów warstw, które robią wrażenie całkowicie ustabilizowanych, może wdrzeć się intruzja magmowa i zmienić ich wzajemne relacje.

Jak już wspomniano, analizie poddany zostanie przekrój (Ryc. 1) w taki sposób, że każdy z etapów historii geologicznej, który pozostawił ślad w postaci zmiany w pierwotnym układzie warstw, zostanie przedstawiony na osobnej ilustracji.

Podczas interpretacji, w głównej mierze skupimy się na odtwarzaniu charakteru wydarzeń, ich skutków oraz kolejności, czyli wieku względnego, odczytywanego z wzajemnych relacji przestrzennych warstw. Ponieważ poszczególnym kompleksom warstw przypisano kolory odpowiadające, zgodnie z Międzynarodową Tabelą Stratygraficzną okresom geologicznym, z taką tylko dokładnością pokusimy się o uporządkowanie historii tego obszaru w czasie. Dla uproszczenia obrazu, na przekrój nie wprowadzono szrafur określających litologię skał budujących poszczególne warstwy, ale informacje o tym zostały podane w objaśnieniach pod pierwszym przekrojem.

A zatem do dzieła!

Historia obszaru przedstawionego na przekroju (Ryc. 1) rozpoczyna się w kambrze, w

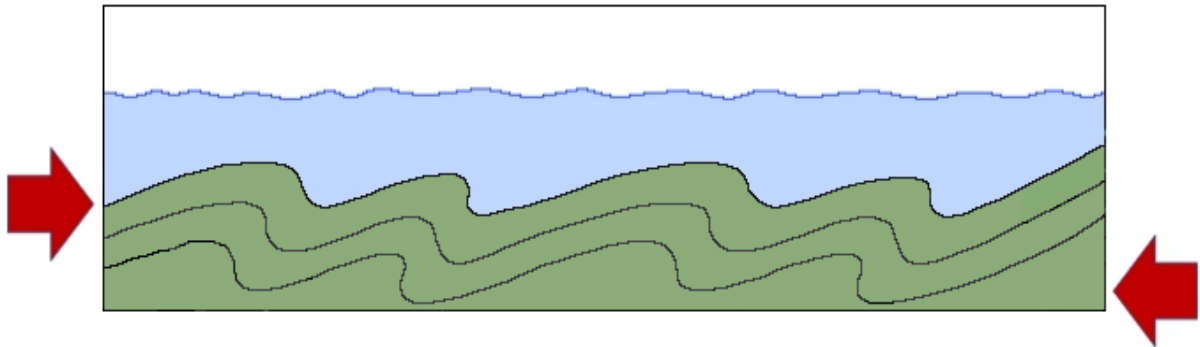


Ryc. 2

zbiorniku wodnym (morzu), od sedimentacji piasku, z którego utworzył się pakiet poziomo leżących warstw piaskowcowych, oznaczony symbolem „A” (Ryc. 2).

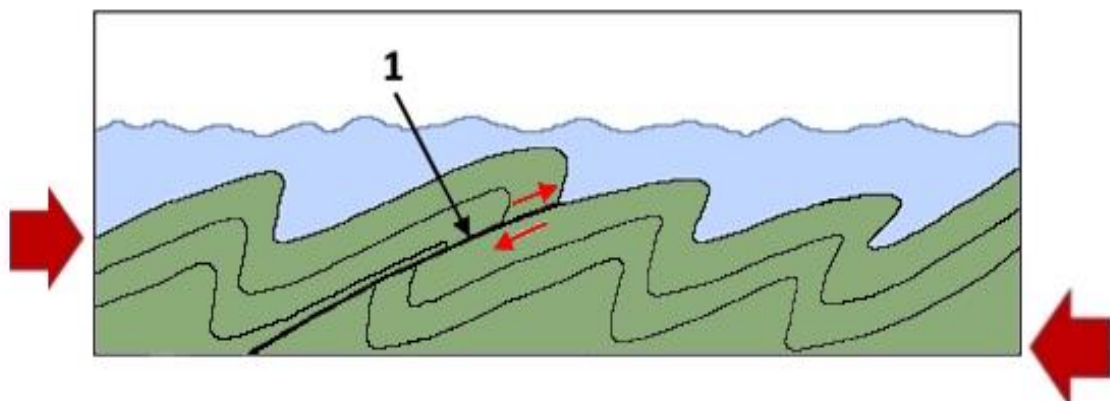
I choć wiemy, że w morzach, w zależności od odległości od brzegu i głębokości powstają różne skały, dla ułatwienia przyjęto, że podczas danego „morskiego” epizodu powstawał tylko jeden ich rodzaj, tak jakby te czynniki nie ulegały zmianie. W rzeczywistości, jeśli zbiornik powiększa się i pogłębia to, wobec oddalania się źródeł dostarczanego do niego materiału, składane na dnie osady sukcesywnie ulegają zmianie, charakterystycznej dla cyklu transgresywnego. To znaczy, że dochodzi do sedimentacji składników o coraz drobniejszym uziarnieniu i coraz lepszym wysortowaniu (sukcesja: brekcje/zlepieńce – piaskowce – mułowce – iłowce). Odwrotne następstwo warstw świadczy oczywiście o zaniku i spłycaaniu morza czyli jego regresji.

Wracając jednak do piaskowców pakietu „A”, nieco później zaczęła na nie działać para przeciwstawnych sił, skierowanych poziomo ale przesuniętych względem siebie w pionie (patrz strzałki), które uaktywniły się w górnej części skorupy ziemskiej. Siły te mogły być np. wynikiem działania tektoniki płyt.



Ryc. 3

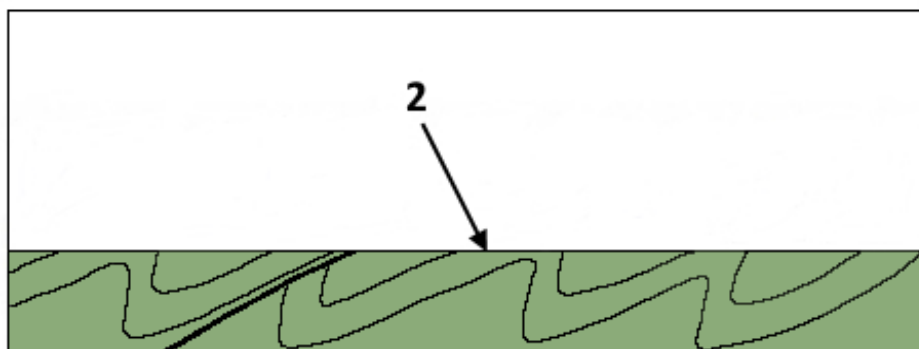
Taki układ sił nosi nazwę ścinania. Pod jego wpływem, skonsolidowane, ale mające jeszcze spory zapas plastyczności warstwy kompleksu „A” zaczęły się deformować i formować fałdy (Ryc. 3). Jak widać fałdy te są asymetryczne, wyraźnie pochylone w prawą stronę, co jest skutkiem owego przesunięcia w pionie sił względem siebie. Należy jednak podkreślić, że ścinanie nie jest jedynym mechanizmem fałdowania. Fałdy mogą bowiem powstawać również pod wpływem prostego ściskania – o czym będzie mowa w dalszej części tego tekstu. Czy owo fałdowanie musiało, tak jak na ilustracji, odbywać się pod dnem zbiornika? Niekoniecznie - fałdowane być mogą również skały budujące obszar lądowy, np. w brzeżnej części kontynentalnej płyty litosfery, pod wpływem nacisków wywołanych przez podsuwającą się pod nią płytę oceaniczną. Dla uproszczenia przyjęto jednak, że skały analizowane na „naszym” przekroju zawsze były fałdowane pod dnem morskim.



Ryc. 4

Ponieważ ścinanie nie ustało, w którymś momencie przekroczony został próg plastyczności skał i powstało, nachylone pod niewielkim kątem (zwykle ok. 30°) pęknięcie „1” – powierzchnia ścięcia (Ryc. 4). Wzdłuż niej pakiet leżących wyżej warstw nasunął się na te leżące poniżej i w ten sposób utworzone zostało nasunięcie. Czy na tak zdeformowanych skałach osadziły się później w morzu kolejne warstwy? Z tego przekroju niestety tego nie

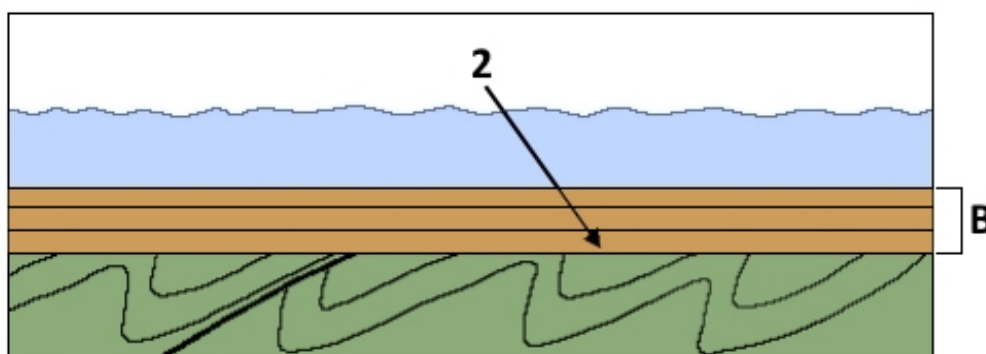
odczytamy, bowiem kolejny, zachowany ślad wskazuje, że w późniejszym etapie analizowany obszar stał się lądem. Pomińmy tu rozważania czy było to efektem ruchów orogenicznych, z którymi związane było fałdowanie (ich wiek wskazywać może na orogenezę kaledońską), czy też epejrogenicznego podniesienia rozległego obszaru w całości. Tak czy inaczej, ląd zaczął być poddawany niszczącemu działaniu erozji, która dążyła do wyrównania rzeźby terenu (Ryc. 5).



Ryc. 5

To jakiej miąższości pakiet skał został wówczas zniszczony i jak dalece wyrównana została formująca się powierzchnia erozyjna (oznaczona symbolem „2”) zależało od czasu trwania erozji, jej intensywności oraz odporności niszczonej skał. W tym przypadku w całości usunięte zostały (o ile istniały) osady morskie, które być może spoczywały na utworzonych wcześniej fałdach oraz znaczna część samych fałdów. W ten sposób, w powstałej luce erozyjnej, bezpowrotnie zniknęła część zapisu geologicznej historii tego obszaru.

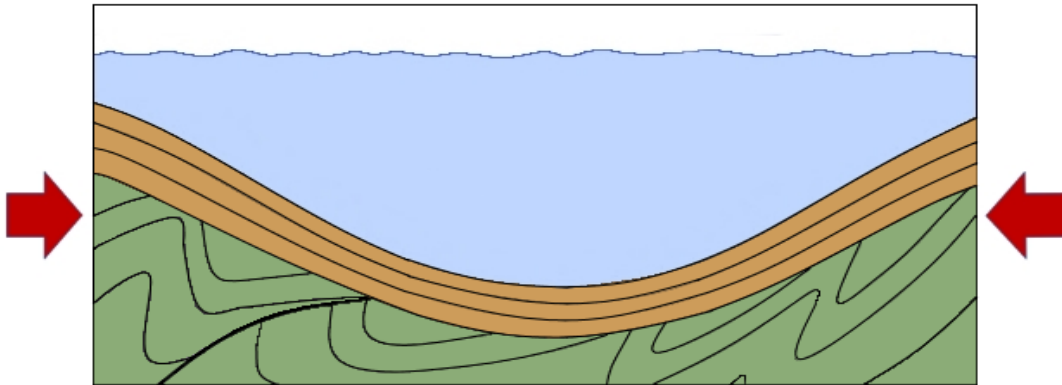
Kolejnym etapem, zilustrowanym na przekroju (Ryc. 6) jest powrót (w dewonie) sedimentacji w zbiorniku wodnym, której przyczyną mogła być transgresja morska spowodowana ruchami



Ryc. 6

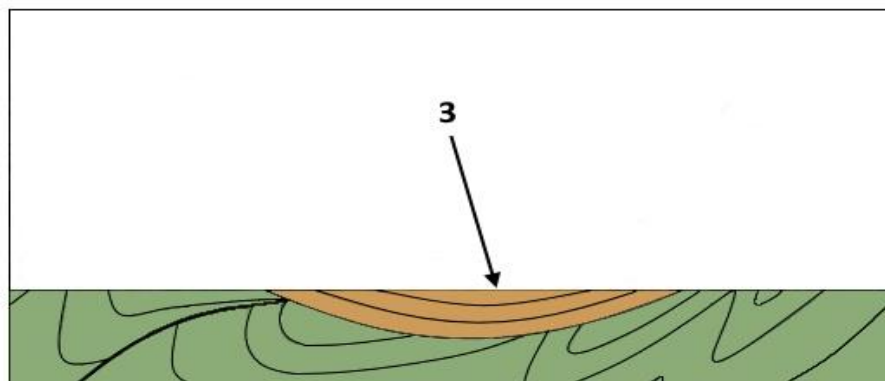
epejrogenicznymi (obniżenie obszaru) lub podniesieniem poziomu morza. I tak na płaskiej powierzchni erozyjnej „2” rozpoczyna się gromadzenie, tym razem mułu wapiennego, z którego powstały, poziomo leżące warstwy (pakiet „B”). Jak wyraźnie widać, kontaktują one niezgodnie ze starszymi utworami. W dalszej kolejności, na płasko leżące ławice zaczęło

oddziaływać ściskanie, czyli para sił o przeciwnych zwrotach, ale działających wzdłuż tej samej osi (nie były przesunięte względem siebie). W takich właśnie warunkach tworzą się fałdy symetryczne (czyli stojące), a w tym przypadku synklina – fałd skierowany ku dołowi (Ryc. 7). Biorąc pod uwagę moment fałdowania, zapewne można go powiązać z początkiem orogenezy hercyńskiej. Oczywiście owo ściskanie nie działało wyłącznie na kompleks „B” ale także na wszystkie starsze struktury, co spowodowało ich przemodelowanie. Jeśli wrócimy do Ryc. 1,



Ryc. 7

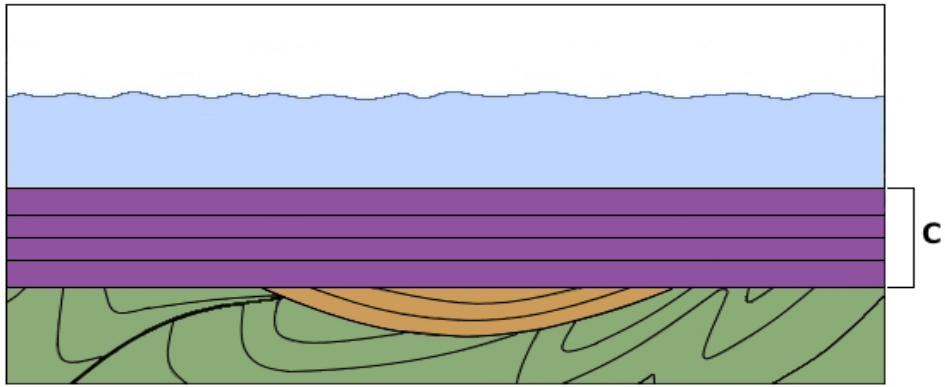
to zauważymy, że synklina powstała podczas drugiego epizodu fałdowego, jest obecnie od góry ścięta przez kolejną płaską powierzchnię erozyjną oznaczoną jako „3” (Ryc. 8).



Ryc. 8

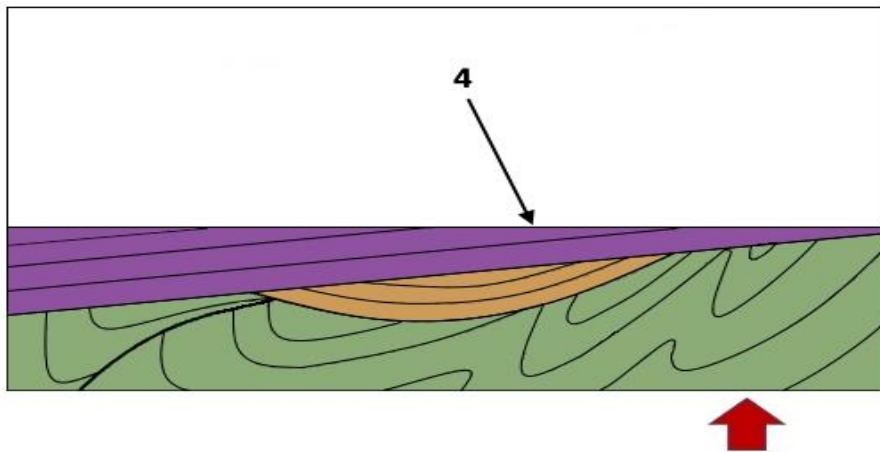
Wskazuje to niezbicie na obecność, na tym obszarze, kolejnego epizodu lądowego, co prowadzi do poprzedzonej ustąpieniem morza erozji. I ponownie, jak wcześniej w przypadku kompleksu „A”, tu również część najmłodszych warstw została całkowicie usunięta i powstała kolejna luka erozyjna.

A, że historia lubi się powtarzać, podobnie jak to było wcześniej z kompleksem „B”, po kolejnej transgresji morskiej, na dnie doszło do nagromadzenia materiału, tym razem ilastego, który utworzył pakiet iłowców „C” (Ryc. 9). Później, w wyniku nierównomiernego dźwignia tego



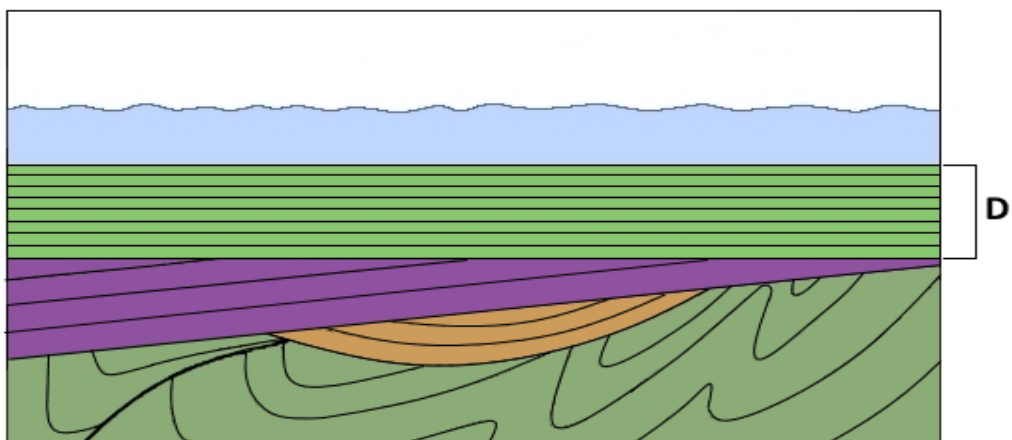
Ryc. 9

obszaru (orogeneza alpejska?), pakiet ten, został pochylony i utworzył monoklinę (Ryc. 10). Skutki tego ruchu dotknęły także wszystkich wcześniej utworzonych i zdeformowanych



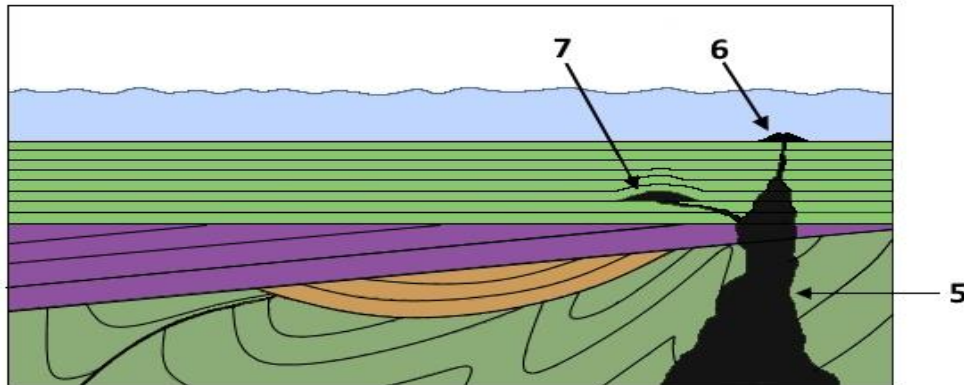
Ryc. 10

warstw oraz powierzchni erozyjnych, które razem zostały wychylone o ten sam kąt. Etap ten zakończył się ponowną erozją w warunkach lądowych i powstaniem następnej powierzchni erozyjnej „4” (Ryc. 10).



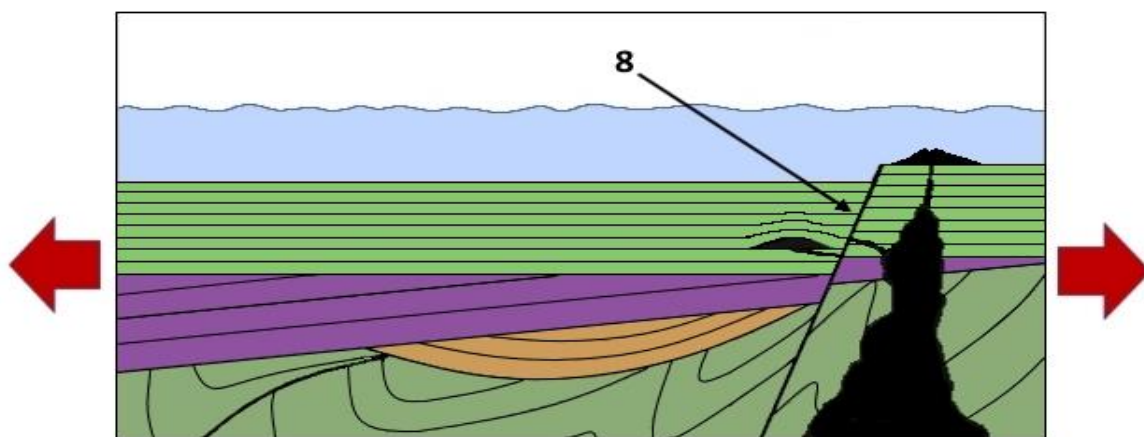
Ryc. 11

Powrót sedimentacji morskiej w kredzie, dokumentuje zespół piaskowców „D”, o znacznej miąższości (Ryc. 11). Po jego utworzeniu, zapewne w neogenie, miało miejsce zupełnie nowe wydarzenie - intruzja magmowa „5” (Ryc. 12). Intruzja rozcięła wszystkie powstałe wcześniej kompleksy skalne i wydostała się na dno zbiornika wodnego, gdzie uformowany został



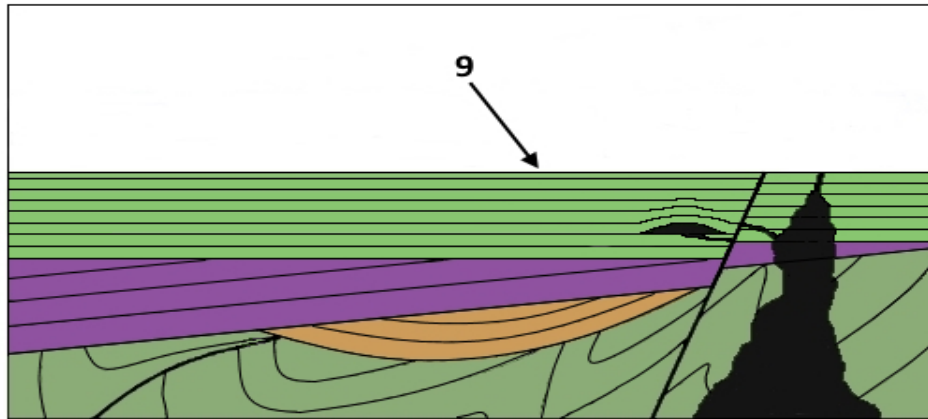
Ryc. 12

niewielki, podmorski wulkan „6”. Wraz z wulkanem, powstał również laccolit „7”. Magma wykorzystując skośny do warstwowania kanał (będący obecnie niezgodną żyłą) wcisnęła się pomiędzy piaskowcowe warstwy kompleksu „D”. Na końcu powstało, podobne do grzyba nabrzmienie, które zgodnie z kształtem laccolitu wypchnęło nadległe warstwy ku górze. W kolejnym etapie skały zostały przecięte i przesunięte przez stromy uskoki normalny „7”, zrzucający warstwy w „lewym” skrzydle (Ryc. 13). Uskoki tego typu tworzą się zwykle jako efekt pojawienia się rozciągania w obrębie skorupy ziemskiej (czyli procesu odwrotnego do ściskania) i są nachylone pod kątem ok. 60°. Nie można również wykluczyć, że przyczyna utworzenia uskoku tkwi w głębszym podłożu - mógł to być ruch bloków skał o zróżnicowanym



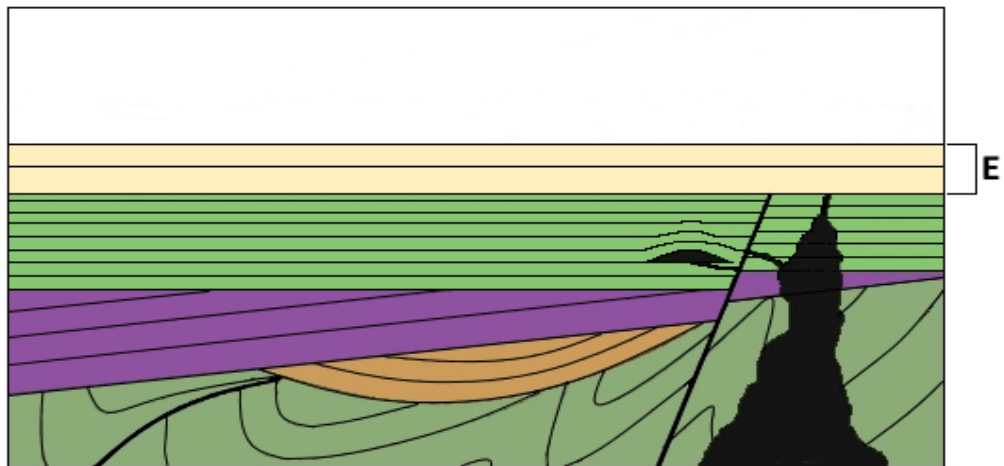
Ryc. 13

zwróceniu lub amplitudzie. Utworzony za sprawą uskoku próg, a także istniejący wcześniej wulkan zostały, po ustąpieniu morza, zlikwidowane przez erozję (Ryc. 14), która doprowadziła do utworzenia kolejnej powierzchni zrównania „9”. Wkrótce (w plejstocenie)



Ryc. 14

na tej powierzchni złożone zostały kolejne warstwy tworzące kompleks „E” (Ryc. 15). Tym razem jednak, była to glina zwałowa osadzona przez lądolód.

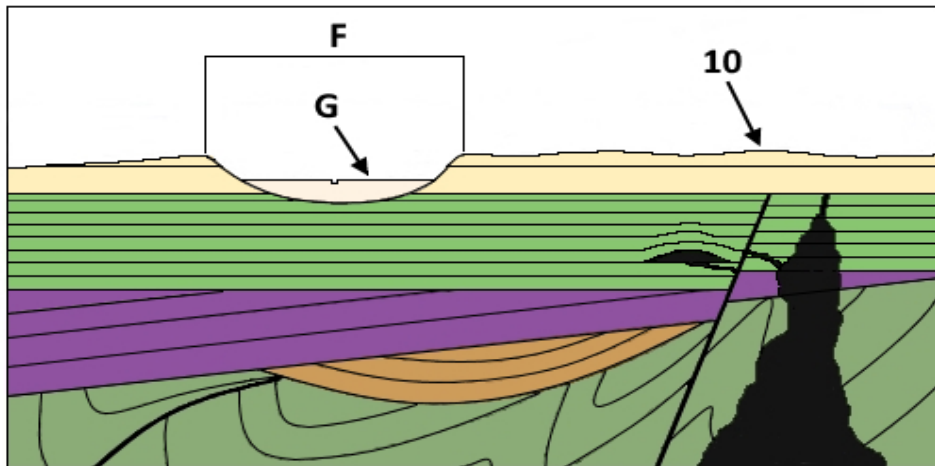


Ryc. 15

Ponieważ powierzchnia uskoku nie przecina tych warstw, jest to dowód na to, że uskok powstał przed utworzeniem kompleksu „E” i co więcej, że nie jest aktywny współcześnie (nie dochodzi do powierzchni terenu - patrz Ryc. 16). Ponadto warstwy wszystkich kompleksów młodszych od „C” mają nadal położenie poziome. To wskazuje, że po ich utworzeniu, w tym rejonie nie było już żadnych ruchów tektonicznych prowadzących do fałdowania lub wychylania warstw. Proszę również zauważyć, że powstanie osadu polodowcowego, jakim jest glina kompleksu „E”, nie wymagało obecności zbiornika wodnego (wcześniej wspominałem o takiej możliwości). A zatem jest to przypadek, który doskonale znamy z obszaru centralnej i północnej Polski.

Tak więc, dotarliśmy wreszcie niemal do końca tej historii (Ryc. 16). Jak widać, współcześnie aktywne są tylko te procesy, które w głównej mierze, kształtują rzeźbę terenu. Z jednej strony holocenijska erozja działa powierzchniowo, starając się usunąć gliny polodowcowe „E” z całego obszaru (linia „10”), ale ma również przebieg linearny, skoncentrowany wzdłuż doliny rzecznej

„F”. Wycięła ona zagłębienie sięgające kredowego podłoża, w którym gromadzona jest (akumulowana) część osadów „G” transportowanych przez rzekę.



Ryc. 16

Zamiast podsumowania.

I kto by pomyślał, że taki, na pierwszy rzut oka niezbyt skomplikowany, niewielki przekrój może być nośnikiem tylu informacji. Mając nadzieję, że udało się osiągnąć założony cel dydaktyczny, życzę powodzenia w interpretacji kolejnych przekrojów - na szkolnych sprawdzianach, czy też na maturze. Możliwe, że znajdą się również i tacy, którzy zechcą uczynić to, ot tak, dla przyjemności.

Dr Ryszard Szczęsny

Wykorzystano:

Książkiewicz M. 1979. *Geologia dynamiczna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
International Stratigraphic Chart, International Commission of Stratigraphy

Ilustracje własne autora