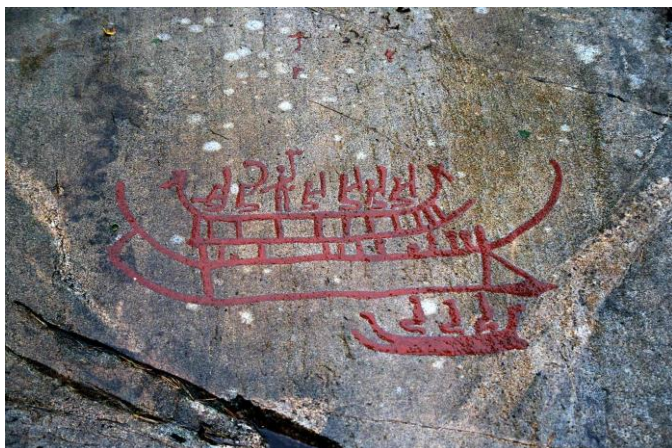


Kto porysował te skały?

Czasami na powierzchni odłaniających się warstw skalnych widoczne są linijne struktury, tworzące zespoły drobnych rowków, ciągnących się na długości od kilku centymetrów do nawet kilkuset metrów. Wygląda to tak jakby skały zostały porysowane przez gigantyczną szczotkę.

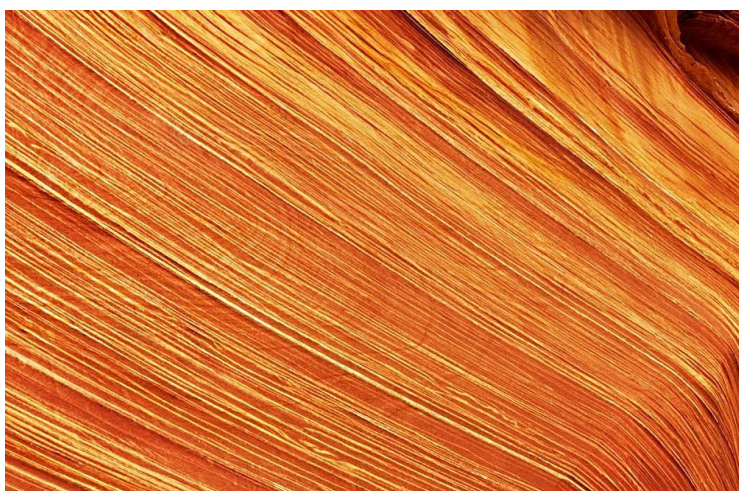
W odpowiedzi na tytułowe pytanie nie chodzi jednak o wskazanie sprawcy wandalizmu ani też autora dzieła artystycznego – np. prehistorycznych rytów naskalnych (Ryc. 1). Okazuje się bowiem,



Ryc. 1. Rysunki naskalne, Vitlycke, Szwecja

że rysy na skałach mogą powstawać w sposób naturalny. Wyjaśnieniu mechanizmów prowadzących do ich powstania poświęcony jest właśnie ten tekst. Wspomniane struktury, z pewnością nie są tak efektowne jak wymienione wcześniej przejawy aktywności artystycznej. Co więcej, z racji na nieatrakcyjny wygląd sporej części z nich, zazwyczaj w ogóle nie zwracamy na nie uwagi. A wydaje się, że warto – ich obecność pozwala bowiem wnioskować o procesach, które w przeszłości miały miejsce w środowisku przyrodniczym.

Nasz krótki przegląd zaczniemy od najczęściej chyba spotykanych, równoległych do siebie rowków, rozdzielonych grzbiecikami, które mogą się ciągnąć na bardzo długich odcinkach (Ryc. 2). Tego typu struktury są zazwyczaj spotykane w warstwowanych skałach osadowych, między innymi w piaskowcach, zbudowanych z licznych warstewek o niewielkiej miąższości. Przykład pokazany na zdjęciu (Ryc. 2) to odłaniające się w czterech stanach w USA (Utah, Arizona, Colorado i Nevada), dolnojurajskie, kwarcowe piaskowce Navajo (Navajo Sandstone). Powierzchnia tej odłoniętej i poddawanej obecnie wietrzeniu skały składa się z drobnych, rytmicznie powtarzających się, równoległych do siebie płytkich rowków i grzbiecików, dodatkowo podkreślonych różną kolorystyką. Obserwacje pod mikroskopem i badania laboratoryjne wskazałyby, że warstewki te mają nieco inną budowę. Ale ponieważ mało kto zabiera na wycieczkę mikroskop czy podręczne laboratorium, więc do wyjaśnienia tego stanu rzeczy posłużymy się wspomnianymi wcześniej zmianami koloru warstw. Zwróćmy uwagę, że wystające laminy są ciemniejsze, mają barwę czerwono-brunatną, pomarańczową czy też żółtą, podczas gdy te zagłębione są jasnożółte, niemal białe. Za pojawienie się tych intensywnych kolorów odpowiadają związki żelaza, obecne w spoiwie



Ryc. 2. Piaskowiec Navajo

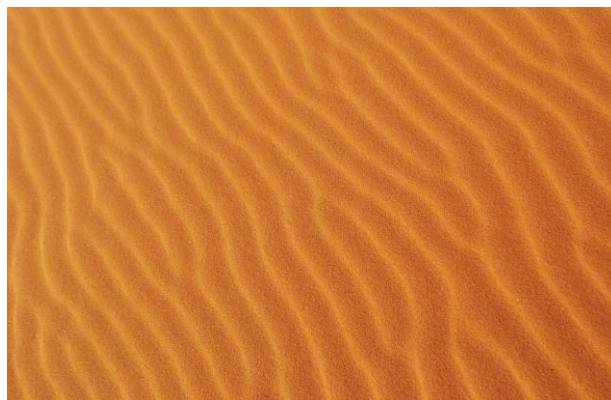
zlepiającym ziarna piasku. Związki te pochodzą ze zniszczonych, zwiertzałych minerałów krzemianowych zawierających pierwiastek żelazo. Migrujące przez skały roztwory (woda + węglowodory) rozpuściły i przetransportowały Fe, które w kontakcie z wodami gruntowymi ponownie się wytrąciło i sklepiło ziarna kwarcu. Warstewki o większej koncentracji żelaza są bardziej odporne na erozję i w efekcie dają wypukły relief, w przeciwieństwie do warstw „czystego”

piaskowca. Tak więc, to zróżnicowana odporność na wietrzenie poszczególnych warstw odpowiada za utworzenie się tej swoistej „skalnej tarki”.

Na powierzchniach warstw zbudowanych z piaskowców można również spotkać sekwencje nieco innych, bardziej obłych rowków i grzbiecików. Jak choćby, tych w triasowych piaskowcach z Gór Świętokrzyskich (Ryc. 3). Ich geometria jest zadziwiająco podobna do współczesnych zmarszczek wiatrowych (riplemarków eolicznych) powstających na lądzie, na powierzchniach luźnych osadów



Ryc. 3 Zmarszczki na powierzchni piaskowca



Ryc. 4. Zmarszczki na piasku - wydma

piaszczystych (Ryc. 4). Skąd to podobieństwo? Okazuje się, że te nierówności są po prostu utrwalonymi, w sprzyjających warunkach, zmarszczkami, sprzed około 250 mln lat temu. Wówczas podobnie jak obecnie istniały wydmy i plaże zbudowane z luźnego piasku. Ten wprawiany był w ruch przez wiatr formując, na powierzchni nieskonsolidowanego osadu, rytmicznie rozmieszczone nierówności o niemal prostoliniowym przebiegu i mniej więcej stałej odległości od siebie. Rozstęp zmarszczek zależy wprost od siły wiatru, a ich wysokość (zwykle nie przekraczająca kilku centymetrów) od dominującej wielkości ziaren. Ich cechą charakterystyczną jest asymetria – stoki dowietrzne są krótsze i stromsze niż zawietrzne. Zmarszczki są formami nietrwałymi (efemerycznymi) bowiem pod wpływem wiatru nieustannie się przemieszczają.

Zmarszczki o niemal identycznym kształcie powstawać mogą również pod wodą (Ryc. 5). Warunkiem koniecznym do ich uformowania jest oczywiście obecność piasku na dnie niezbyt



Ryc. 5. Zmarszczki (riplemarki) poprzeczne

głębokiego zbiornika. Ale decydującym czynnikiem, analogicznym do ruchu powietrza, jest ruch wody. Jednokierunkowy (prąd w rzece) lub oscylacyjny (wywołany przez falowanie w jeziorze lub morzu). Zmarszczki powstają przy niewielkiej prędkości prądu - od 25 do 100 cm/s, która wystarcza do poruszenia ziaren piasku. Przy wyższej prędkości zaczyna dominować erozja i zmarszczki się już nie tworzą. W porównaniu do zmarszczek wiatrowych, te mają większe rozmiary i osiągają wysokość od kilku do nawet 25 centymetrów. Ich wysokość zależy od wysortowania piasku, co ciekawe obecność piasku o słabej selekcji sprzyja tworzeniu się form wyższych.

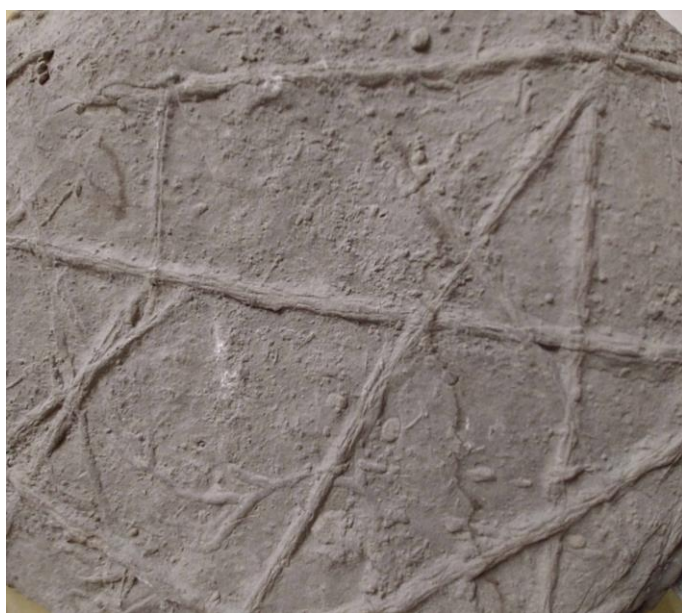
Ułożenie prostych lub lekko falistych zmarszczek, powstających pod wodą, podobnie jak wiatrowych, zależy od kierunku ruchu czynnika formującego je i powodującego ciągłe przemieszczanie – są do niego prostopadłe. Tak więc, wszystkie rodzaje tego typu zmarszczek przez to, że mają określoną orientację w stosunku do kierunku ruchu powietrza lub wody, są wskaźnikami kierunku transportu osadu, z którego są zbudowane.

Innymi formami związanymi z przepływem wody są drobne rysy, będące śladami wleczenia po dnie, przez prąd wody, różnych przedmiotów (Ryc. 6). Kształty i rozmiary pozostawionych śladów zależą oczywiście od kształtu i wielkości obiektów niesionych przez prąd - na przykład okruchów skał, skorupiek, muszelek (bądź ich fragmentów), a nawet kręgów ryb. Te drobne wyżłobienia najłatwiej mogą powstawać na powierzchni dna pokrytego miękkim, bardzo drobnoziarnistym, osadem ilastym. Jednakże, z racji na konsystencję takiego osadu, szansa na przetrwanie tych śladów jest znikoma. Chyba, że ich został szybko przysypany materiałem o zupełnie innych właściwościach (np. piaskiem). Diametralnie różne cechy tych osadów sprawiają, że podczas ich twardnienia (lityfikacji), na ich styku powstaje powierzchnia oddzielności. Dlatego, po jednej jej stronie mogą zachować się rowki, po drugiej ich wypełnienia piaskiem (odlewy) nazywane hieroglifami wleczeniowymi.



Ryc. 6. Hieroglify wleczeniowe

Miejscami o wyjątkowo sprzyjających warunkach do powstawania takich form, z racji na ukierunkowany ruch wody i częstą zmianę rodzaju materiału składanego na dnie, były stoki kontynentalne, na których rozwijały się podmorskie osuwiska. Z powstałych w taki sposób skał, będących w dużej mierze przekładanecem iłowców i piaskowców (utwory fliszowe) zbudowane są Karpaty zewnętrzne (Beskidy). Ślady wleczenia – rowki i hieroglify są zatem doskonałymi wskaźnikami kierunków przepływu i transportu materiału przez spływy podmorskie.



Ryc. 7. Hieroglify organiczne

Co ciekawe, część zbliżonych w formie rowków (bądź ich odlewów – czyli hieroglifów) znajdowanych na powierzchniach skał fliszowych może też mieć zupełnie inną genezę. Mogą być bowiem dziełem żywych organizmów – śladami ich aktywności życiowej, na przykład pływania po dnie morskim (Ryc. 7).

Co ciekawe, część zbliżonych w formie rowków (bądź ich odlewów – czyli hieroglifów) znajdowanych na powierzchniach skał fliszowych może też mieć zupełnie inną genezę. Mogą być bowiem dziełem żywych organizmów – śladami ich aktywności życiowej, na przykład pływania po dnie morskim (Ryc. 7).

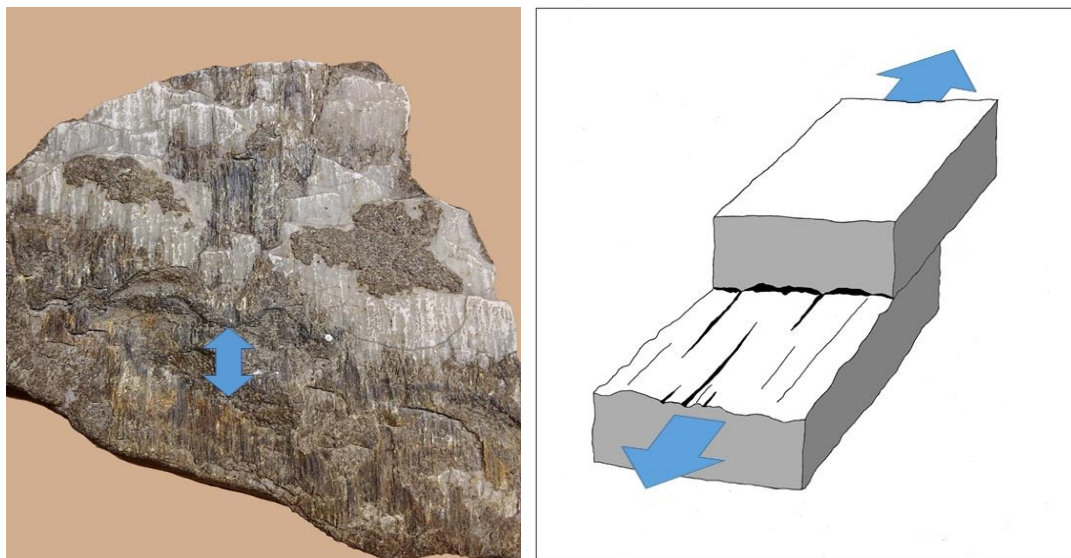


Ryc. 8. Zespoły spękań ciosowych

Czasem na powierzchni skalnej widoczne są z kolei zespoły prawidłowo, geometrycznie uporządkowanych, przecinających się rowków (Ryc. 8). W tym przypadku są to ślady spękań tnących warstwy skalne. Zdziwiające jest utrzymywanie kierunków w obrębie poszczególnych zespołów spękań, a także odległości pomiędzy nimi. Takie spękania, nazywane spękaniami ciosowymi lub po prostu ciosem, powstają w rezultacie uwolnienia energii nagromadzonej w skałach pod ciężarem nadkładu lub nacisków tektonicznych. Podczas wypiętrzania i/lub denudacji nadkładu dochodzi do odprężania skał i otwierania spękań. Przyjmuje się, że o orientacji spękań decydują kierunki sił tektonicznych, które oddziaływały na skały. Tak więc cios jest doskonałym narzędziem,

które można wykorzystać do odtworzenia dawnego układu sił tektonicznych działających na skały (ściskania i rozciągania) oraz ich zmian w czasie.

Jeśli natomiast, wzdłuż powstałego pęknięcia doszło do przemieszczenia skał – mamy do czynienia z uskokiem. Powierzchnie skał w obu skrzydłach uskoku nie są oczywiście gładkie jak lustro. Są nierówne i właśnie te nierówności, podczas ruchu skał wzdłuż uskoku tarty wzajemnie o siebie i żłobiły mniejsze lub większe rowki. Ślady te noszą nazwę rys tektonicznych i wskazują kierunek przemieszczenia skał wzdłuż powierzchni uskoku (Rys. 9).



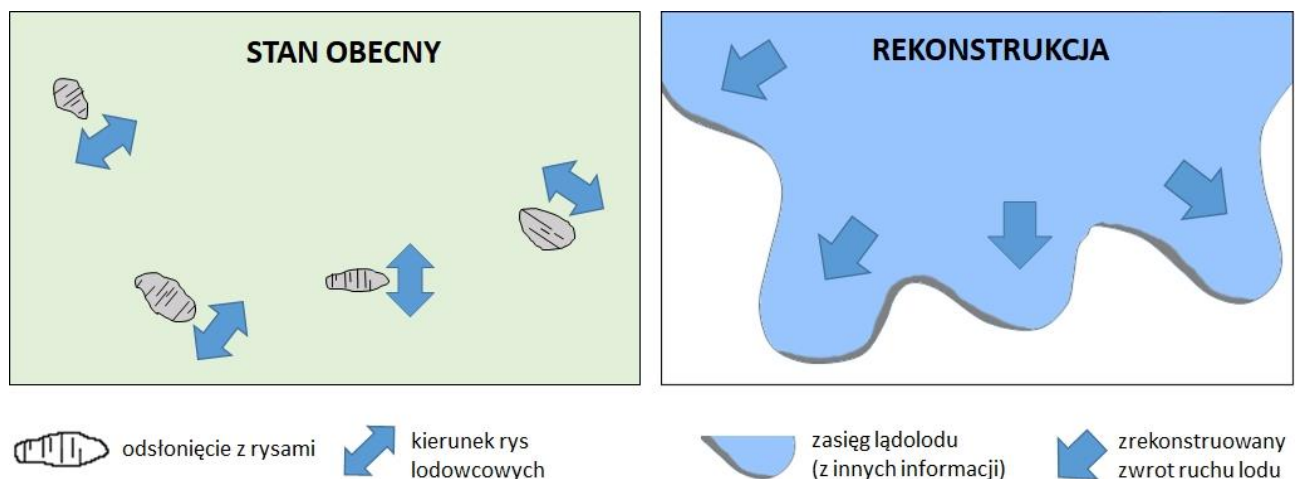
Ryc. 9. Rysy tektoniczne na powierzchni uskoku

Rysy o podobnym wyglądzie i mechanizmie sprawczym znaleźć można również na powierzchniach skał, na które w przeszłości nasunął się lodowiec lub lądolód. One również powstały na skutek tarcia. W tym przypadku jednak, o wychodnie skał tarty piasek, żwir, a nawet pokaźne głazy, które znalazły się pod stopą lodowca. Przemieszczały się one wraz z lodem, w który często były

wmarznięte i pod jego obciążeniem szorowały o skalne podłoże. Z racji na obecność, w tym „materiale ściernym” okruchów o różnej frakcji (średnicy) odmienne były też efekty jego działania. Drobny materiał polerował powierzchnię skał tworząc wygłady lodowcowe (Ryc. 10). Grubszy natomiast drapał i żłobił rowki, które pozostawiły na skalnej powierzchni ślady w postaci zespołów równoległych do siebie rys lodowcowych (Ryc. 10). Orientacja rys wskazuje na kierunek ruchu lodu w danym miejscu. Na podstawie wielu obserwacji można precyzyjnie odtworzyć, w którą stronę przemieszczały się różne części nasuwającego się lodowca lub lądolodu (Ryc. 11).



Ryc. 10. Rysy lodowcowe (na pierwszym planie) i wygład lodowcowy (w głębi)



Ryc. 11. Rekonstrukcja ruchu różnych fragmentów lodowca

Tak więc – porysowana skała wcale nie musi oznaczać - zniszczona. W przedstawionych przypadkach rysy są pozostawionym przez naturę „zapisem informacji”, które potrafimy odczytać i zrozumieć.

Dr Ryszard Szczęsny

Autor składa podziękowania dr Joannie Urodzie za pomoc w pozyskaniu okazów do zdjęć.

Wykorzystano:

Caputo M.V. 2011, *Geology and Sedimentary Highlights of the Paria Canyon–Vermilion Cliffs, Wilderness, Utah and Arizona*, w: D.A. Sprinkel, T.C. Chidsey, Jr., and P.B. Anderson [red.], *Geology of Utah's Parks and Monuments, 2010 Utah Geological Association Publication 28 (third edition)*, 559-587.

Dżułyński S. 2001. *Atlas struktur sedymentacyjnych fliszu karpackiego*. Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R. 1986. *Zarys sedymentologii*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Jaroszewski W. [red.] 1978, *Przewodnik do ćwiczeń z geologii dynamicznej*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Jaroszewski W., Marks L., Radomski A. 1985, *Słownik geologii dynamicznej*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Książkiewicz M. 1979, *Geologia dynamiczna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

<https://www.nps.gov/zion/learn/nature/navajo-colors.htm>

<https://utahgeology.com/navajo-sandstone/>

<https://www.wikipedia.org/>

Ilustracje:

Ryc. 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11 - autor

Ryc. 2, 4, 5 – <https://www.pexels.com>

Ilustracja tytułowa – autor