



V. Litosfera. Procesy wewnętrzne

1. Skały. Budowa wnętrza Ziemi

Źródła wiedzy – badania bezpośrednie

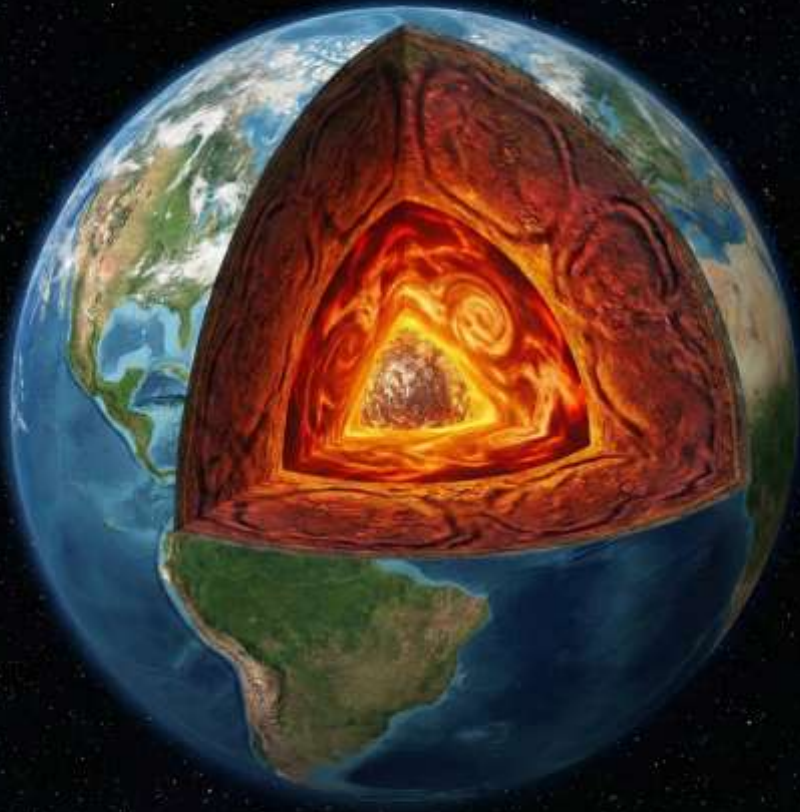
- 🌐 Wiedza na temat **budowy i właściwości wnętrza Ziemi** tylko w niewielkim stopniu opiera się na **bezpośrednich badaniach**.
- 🌐 Wynika to z faktu, że najgłębsze “dziury” w Ziemi sięgają ułamka procenta promienia ziemskiego:
 - 🌐 **wiercenie** dotarło do głębokości około 13,5 km,
 - 🌐 13 500 metrów (odwiert Exxon’a w dnie Morza Ochockiego na Sachalinie z 2014 r.);
 - 🌐 12 289 m (odwiert w Katarze z 2008 r.),
 - 🌐 12 262 m (odwiert SG-3 na Płw. Kolskim z 1989 r.),
 - 🌐 **kopalnie** udostępniają skały do głębokości około 4000 metrów,
 - 🌐 4000 metrów (kopalnia złota Mponeng w RPA; do niedawna najgłębszą kopalnią była TouTona też leżąca w RPA),
 - 🌐 temperatura na tej głębokości sięga powyżej 60°C,
 - 🌐 w celu wydobycia surowca konieczne jest zastosowanie klimatyzacji.



Najgłębsza kopalnia na świecie – Mponeng w RPA

Źródła wiedzy – badania pośrednie

- 🌐 Jako podstawowe źródło informacji służą **pośrednie badania geofizyczne**, polegające głównie na **badaniu przebiegu fal sejsmicznych** oraz w mniejszym stopniu na **badaniu zróżnicowania pola grawitacyjnego i magnetycznego Ziemi**, **analizie przewodnictwa elektrycznego skał** i innych właściwości fizycznych wnętrza naszej planety.



Pomiary sejsmiczne z wykorzystaniem wibratorów sejsmicznych i geofonów

1. W wybranych miejscach pojazdy wzbudzają fale sejsmiczne za pomocą wibratorów sejsmicznych



2. Odbite od skał fale sejsmiczne powracają na powierzchnię Ziemi i są rejestrowane przez geofony, czyli specjalistyczne czujniki

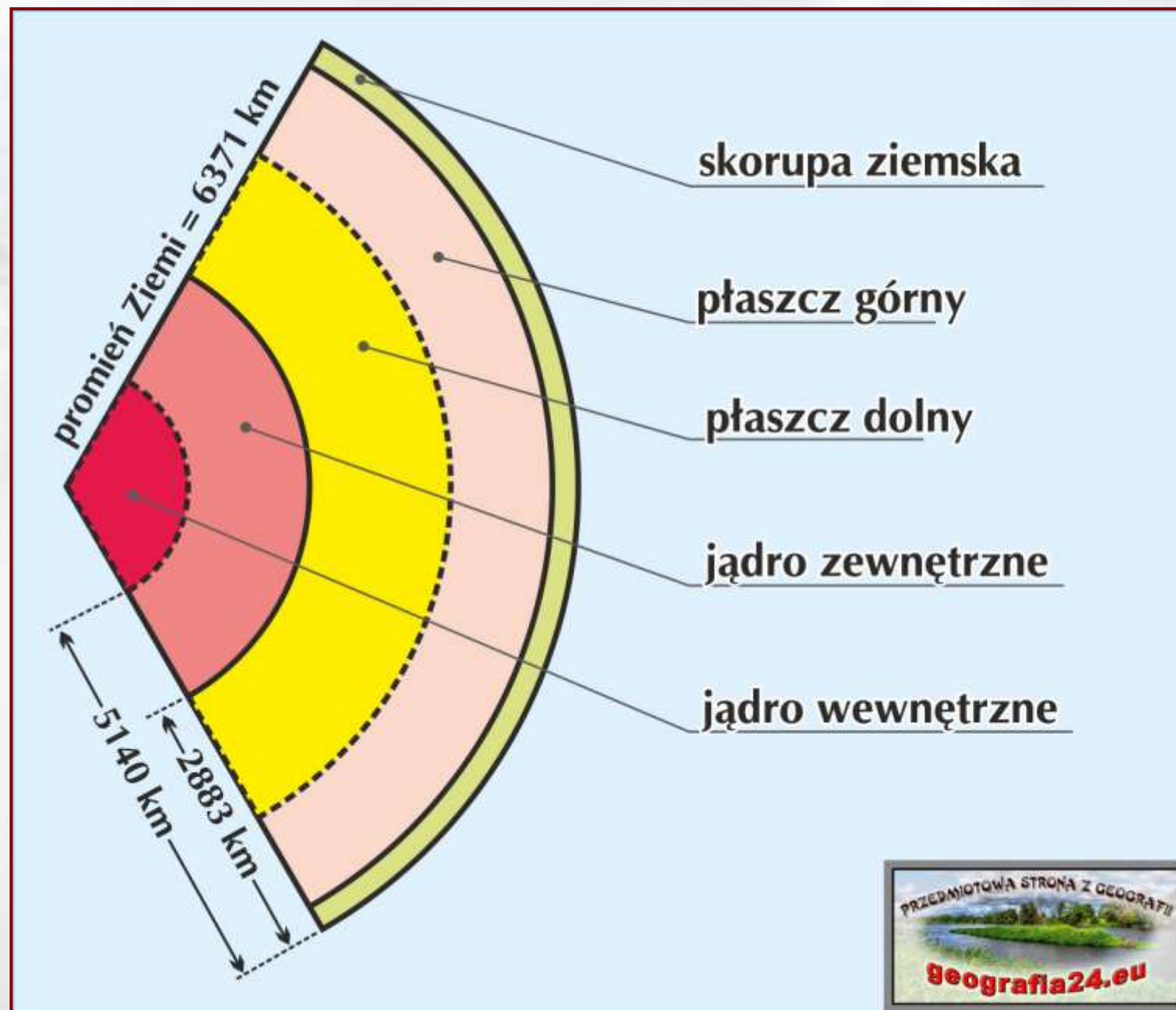


3. Sygnał rejestrowany przez geofony jest przekazywany kablami do dalszej obróbki, w celu wykonania przekroju terenu



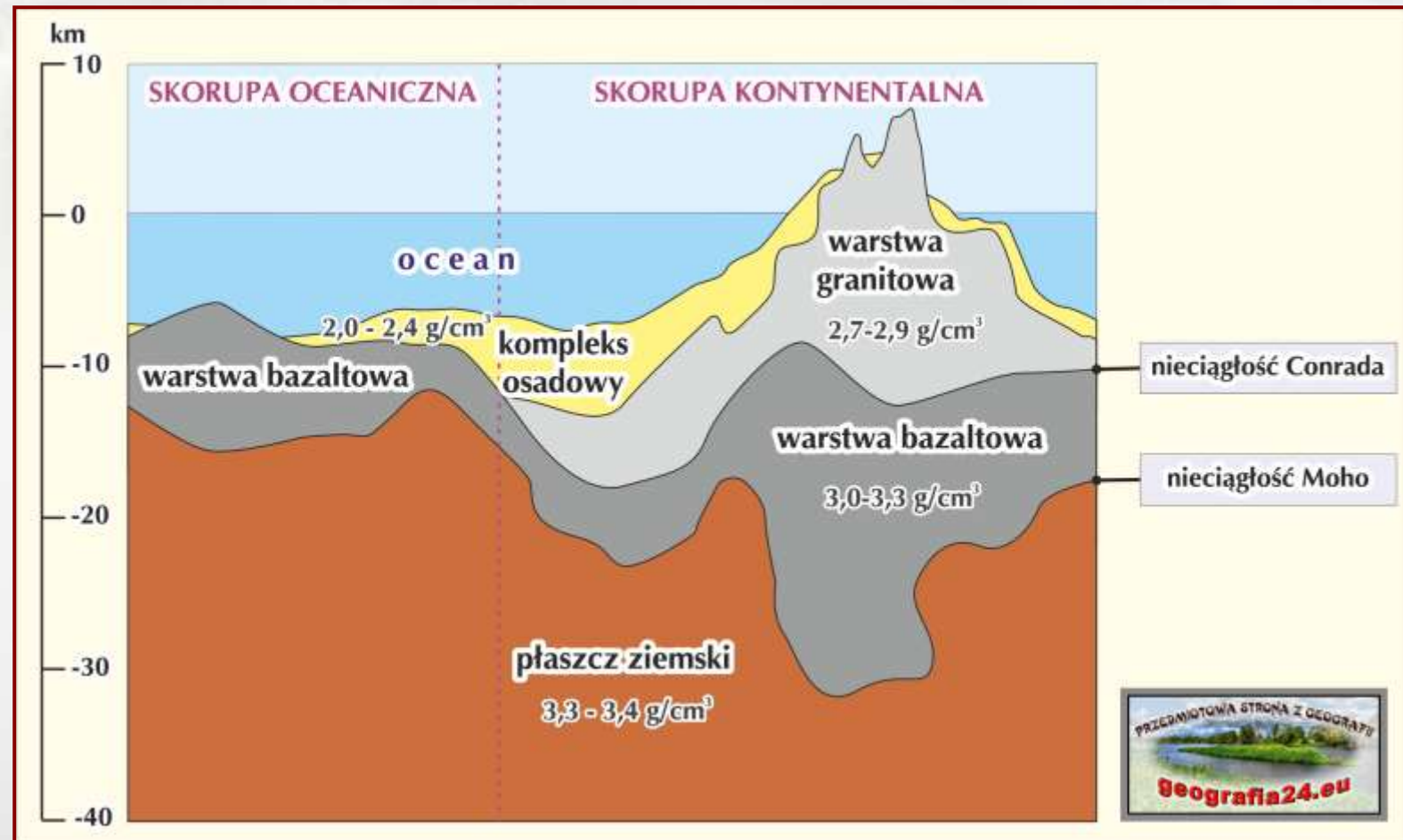
Fale sejsmiczne źródłem wiedzy o budowie Ziemi

- 🌐 **Rozchodzące się fale sejsmiczne** na pewnych głębokościach, skokowo zmieniają swoje parametry (przede wszystkim prędkość), ulegając dodatkowo załamaniu lub nawet odbiciu.
- 🌐 Dzięki obserwacji tych zjawisk możliwe jest poznanie **budowy wnętrza Ziemi** oraz wyodrębnienie kolejnych warstw, zwanych **geosferami**.
- 🌐 Warstwy te rozdzielone są przez **powierzchnie nieciągłości**, na których zachodzą nagłe zmiany właściwości ośrodka.
- 🌐 Powierzchnie nieciągłości są często związane ze stosunkowo cienkimi warstwami Ziemi, w obrębie których następuje bardzo szybka zmiana parametrów fizycznych skał.
- 🌐 Geosfery (warstwy Ziemi) różnią się od siebie m.in. **parametrami fizycznymi** (temperaturą i ciśnieniem) oraz **chemicznymi** (składem chemicznym).



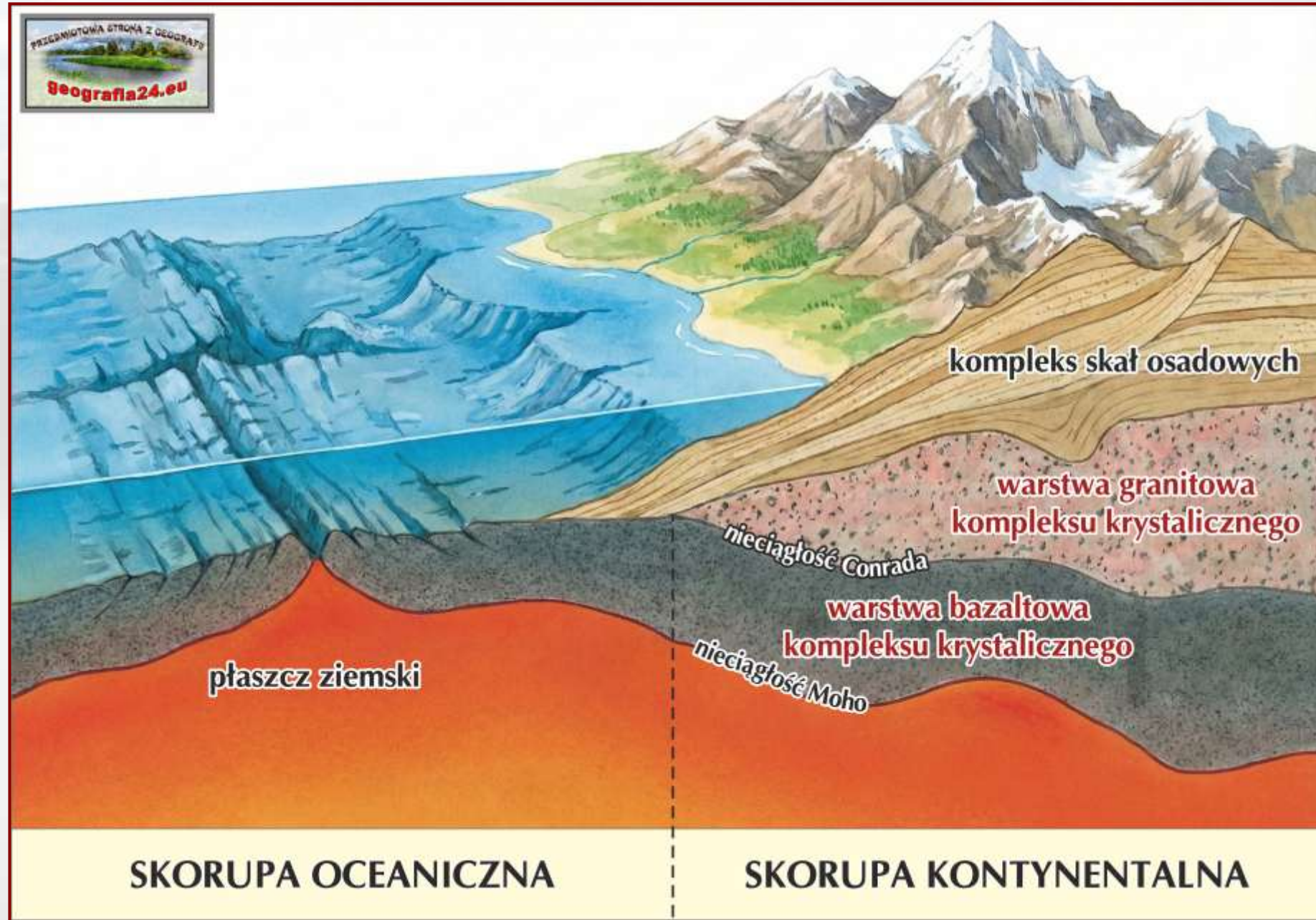
Skorupa ziemska

- 🌐 **Skorupa ziemska** – wierzchnia, niejednorodna i najmniejsza objętościowo geosfera Ziemi (stanowi niecały 1% masy planety), zbudowana ze wszystkich znanych pierwiastków chemicznych, w tym niektórych cennych i wykorzystywanych gospodarczo.
- 🌐 Dolną granicę skorupy wyznacza **strefa nieciągłości Moho (Mohorovičića)**, a poniżej niej znajduje się płaszcz ziemski.
- 🌐 W obrębie skorupy ziemskiej wyróżnia się dwie mniejsze struktury, różniące się zasięgiem przestrzennym oraz rodzajem skał:
 - 🌐 **skorupa kontynentalna** – pod lądami,
 - 🌐 **skorupa oceaniczna** – pod oceanami.



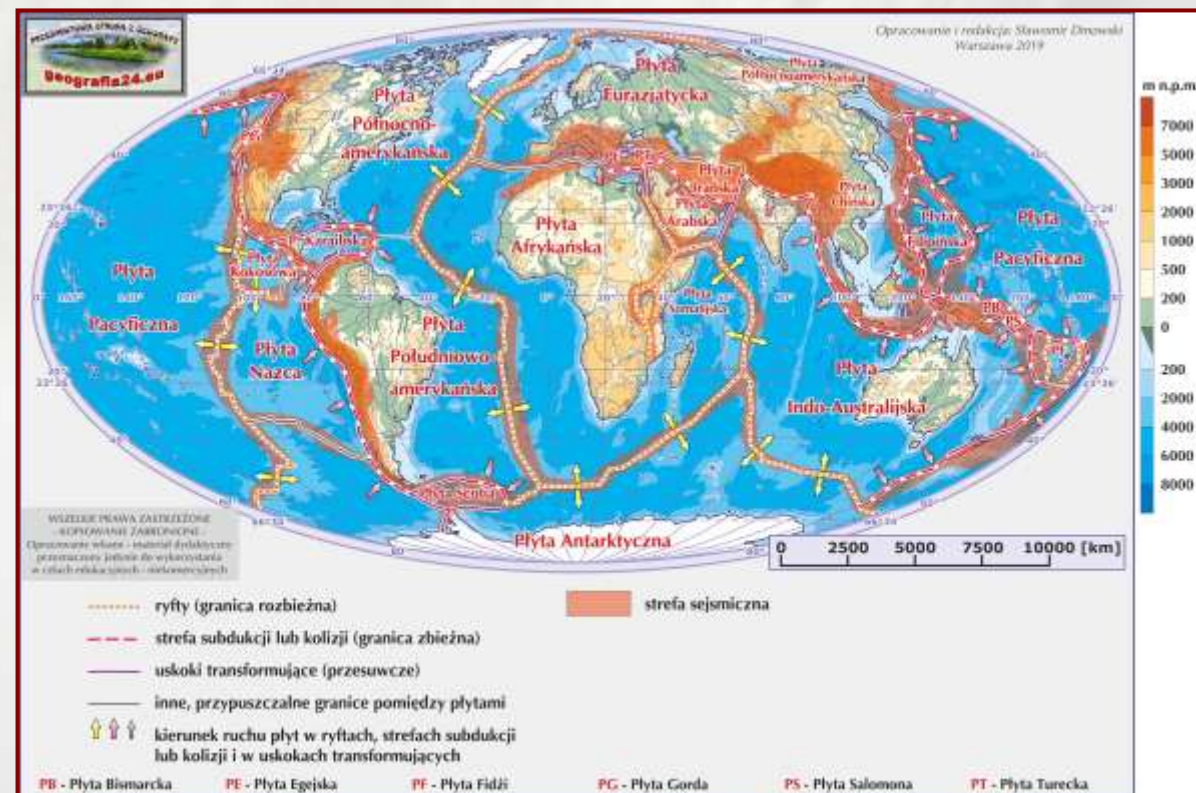
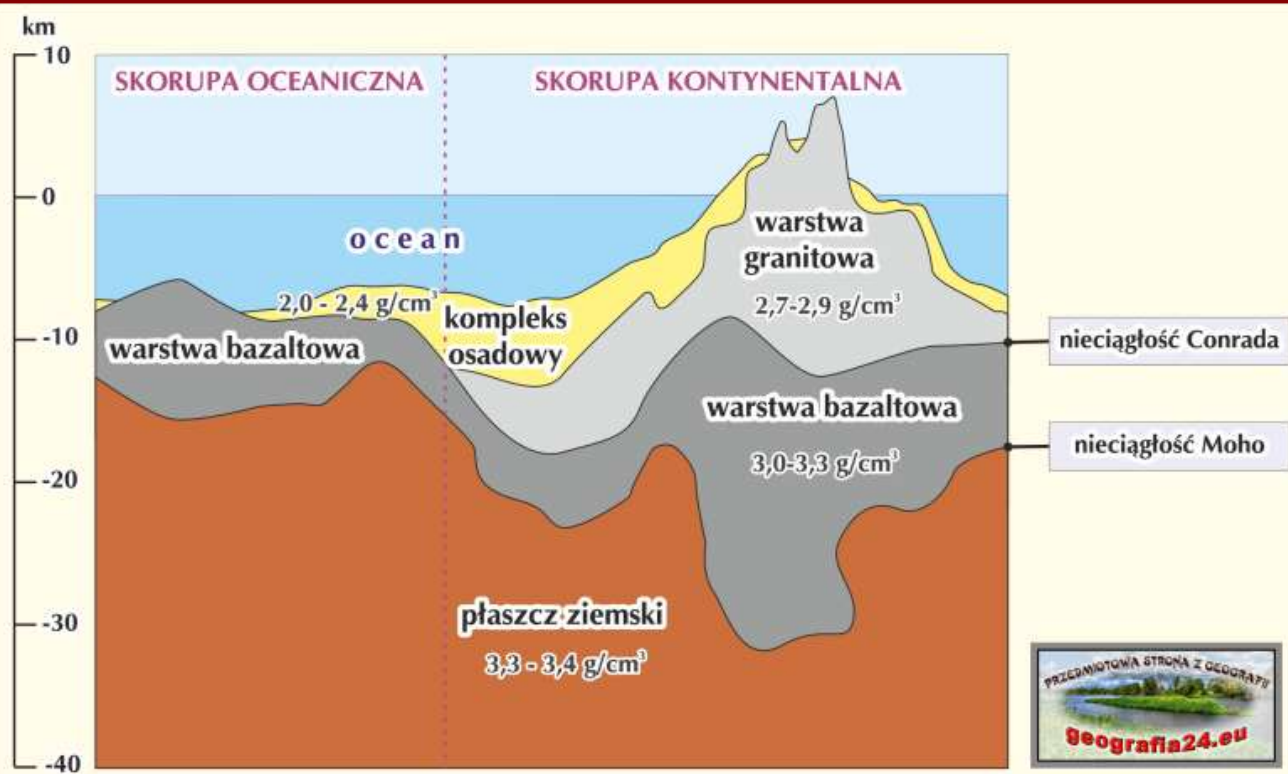
Skorupa ziemska – kontynentalna

- 🌐 **Skorupa kontynentalna** – wierzchnia część Ziemi, znajdująca się pod kontynentami, ukształtowana już w **prekambrze** (nawet 4,2 mld lat temu).
- 🌐 Charakteryzuje się **najmniejszą średnią gęstością skał** spośród wszystkich warstw Ziemi, wynoszącą około **2,7 g/cm³**.
- 🌐 W jej obrębie wyróżnia się dwie warstwy, licząc od góry:
 - 🌐 **wierzchni – kompleks skał osadowych**,
 - 🌐 **dolny – kompleks krystaliczny**, obejmujący:
 - 🌐 **warstwę granitową**,
 - 🌐 **warstwę bazaltową**.



Skorupa ziemska – oceaniczna

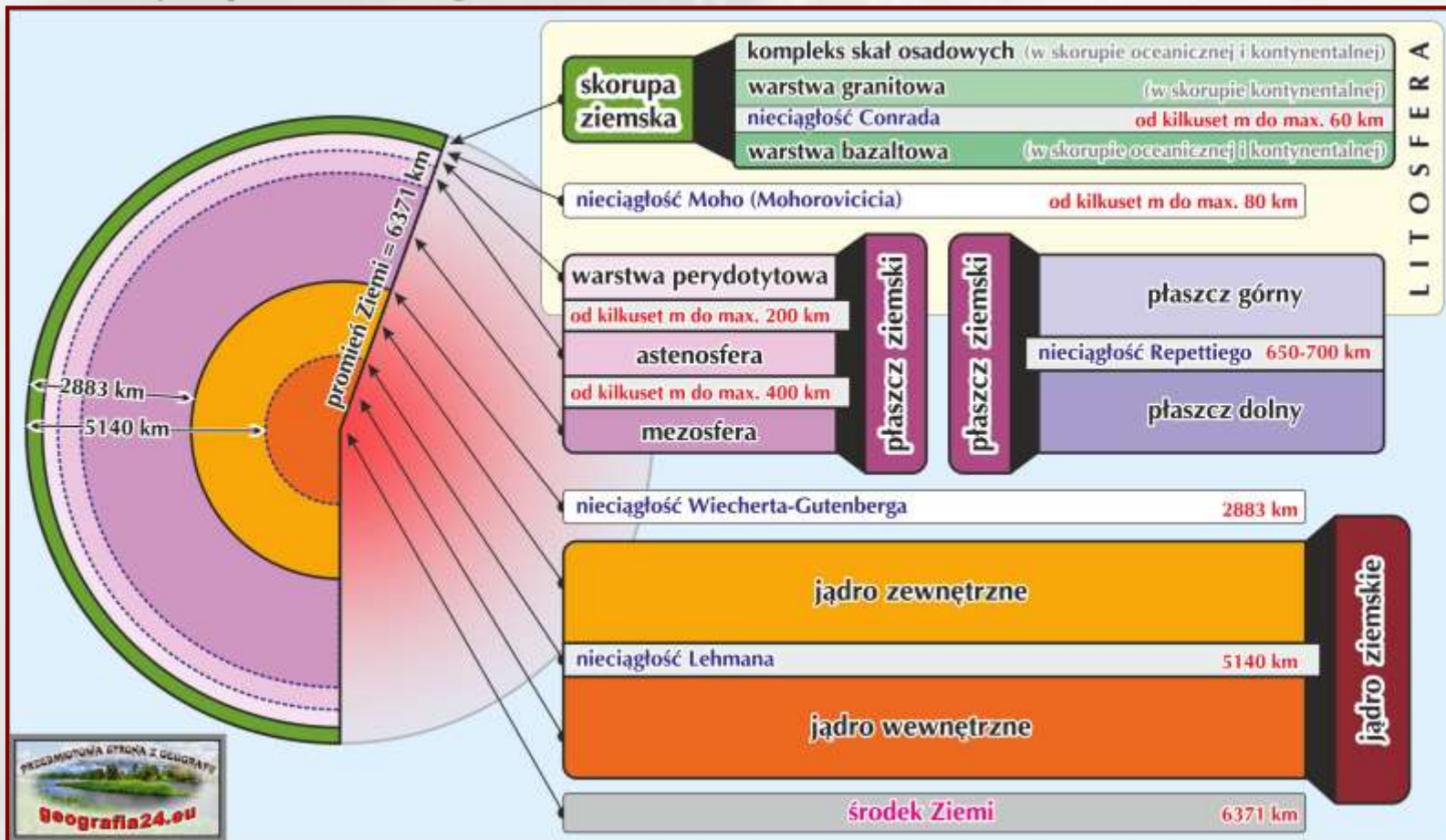
- 🌐 **Skorupa oceaniczna** – o średniej gęstości skał wynoszącej **około $3,0 \text{ g/cm}^3$** oraz miąższości wahającej się:
 - 🌐 **od kilkuset metrów** – w centralnych częściach grzbietów śródoceanicznych,
 - 🌐 **do około 7-15 km** – w brzeżnych strefach oceanów (przy kontynentach);
- 🌐 tworzy się nieustannie w **strefach ryftowych** i zostaje przetapiana w **strefach subdukcji** – proces ten najczęściej nie przekracza **100-200 mln lat**;
- 🌐 cechuje się budową podobną (choć prostszą) do skorupy kontynentalnej, za wyjątkiem faktu, że **bezpośrednio pod kompleksem skał osadowych zalega bazaltowa warstwa kompleksu krystalicznego**,
- 🌐 **brak warstwy granitowej!**



Płaszcz ziemski

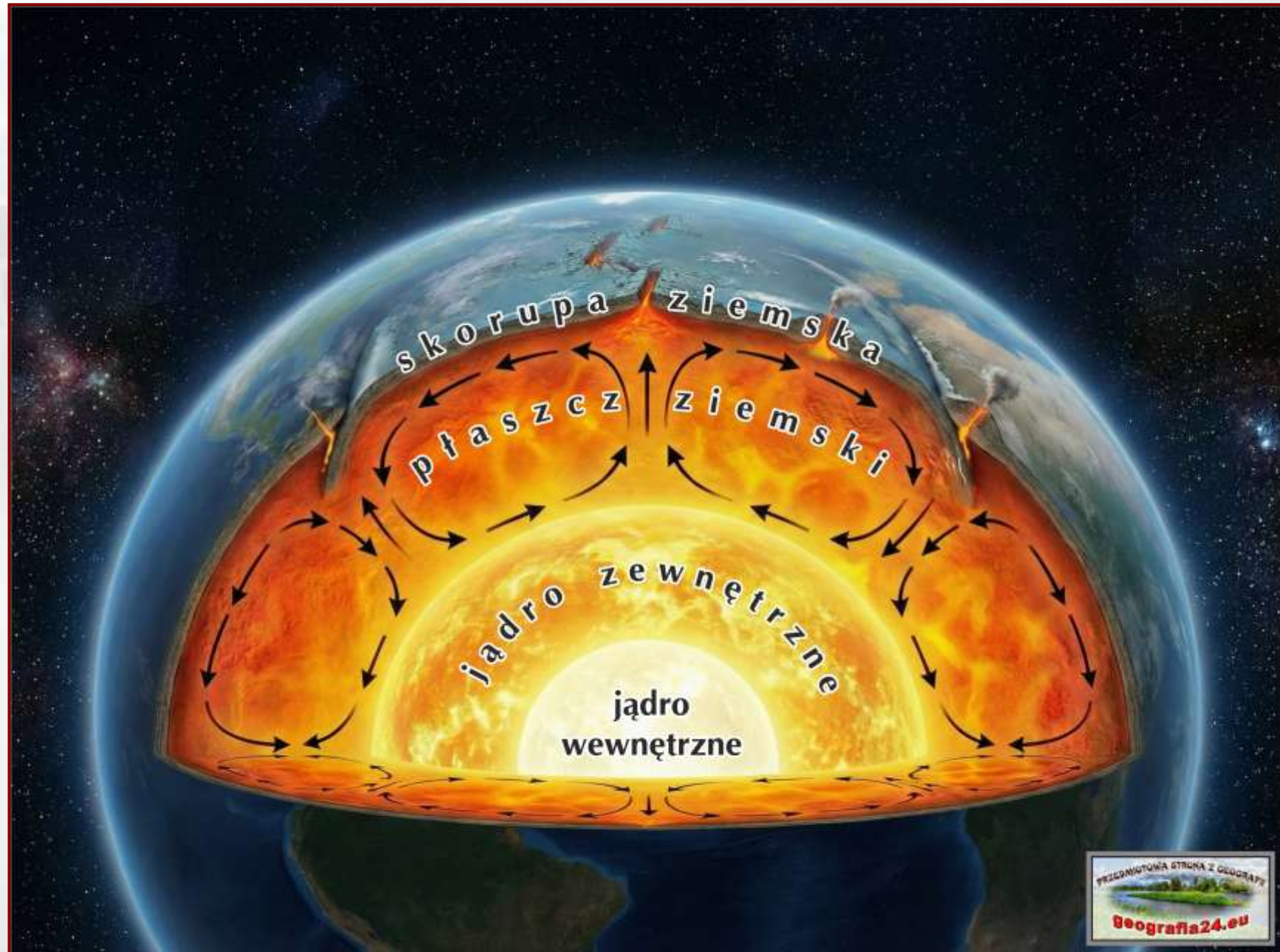
🌐 **Płaszcz ziemski** – jest najgrubszą warstwą obejmującą około **2/3 masy Ziemi** (około 68%), wykazującą pewne cechy stanu skupienia ciekłego i znajdującą się pomiędzy:

- 🌐 **nieciągłością Moho (Mohorovičicia)** – stanowi ona **granice ze skorupą ziemską**,
 - 🌐 występuje na głębokości od kilkuset metrów do **maksymalnie 80 km**;
- 🌐 **nieciągłością Wiecherta-Gutenberga** – stanowi ona **granice z jądrem ziemskim**,
 - 🌐 występuje ona na głębokości **około 2900 km (2883 km)**.



Płaszcz ziemski

- 🌐 **Płaszcz ziemski** jest geosferą bardzo istotną z punktu widzenia sejsmiki.
- 🌐 W wyniku **konwekcji cieplnej**, prowadzących do powstania **prądów konwekcyjnych** (zamkniętego obiegu ciepła w płaszczu ziemskim), następuje ruch materii skutkujący występowaniem na powierzchni Ziemi, m.in. **trzęsień ziemi**, **ruchów górotwórczych** oraz **wulkanizmu**.
- 🌐 Jest to także główna przyczyna **wędrówki kontynentów**.



Jądro Ziemi (barysfera)

🌐 **Jądro Ziemi (barysfera)** – jest warstwą obejmującą około 31% masy Ziemi, znajdującą się poniżej **nieciągłości Wiecherta-Gutenberg**.

🌐 W składzie dominują: **nikiel (Ni)** i **żelazo (Fe)** – stąd jego dawna nazwa – **nife**.

🌐 W jego obrębie możemy wyróżnić dwie odmienne części.

🌐 **Jądro zewnętrzne** – będące w **stanie ciekłym** (zanikają w nim fale poprzeczne).

🌐 W jego obrębie **występują prądy konwekcyjne**, przyczyniające się do powstania **ziemskiego pola magnetycznego**.

🌐 Sięga do głębokości wynoszącej około 5140 km (do **nieciągłości Lehmana**).

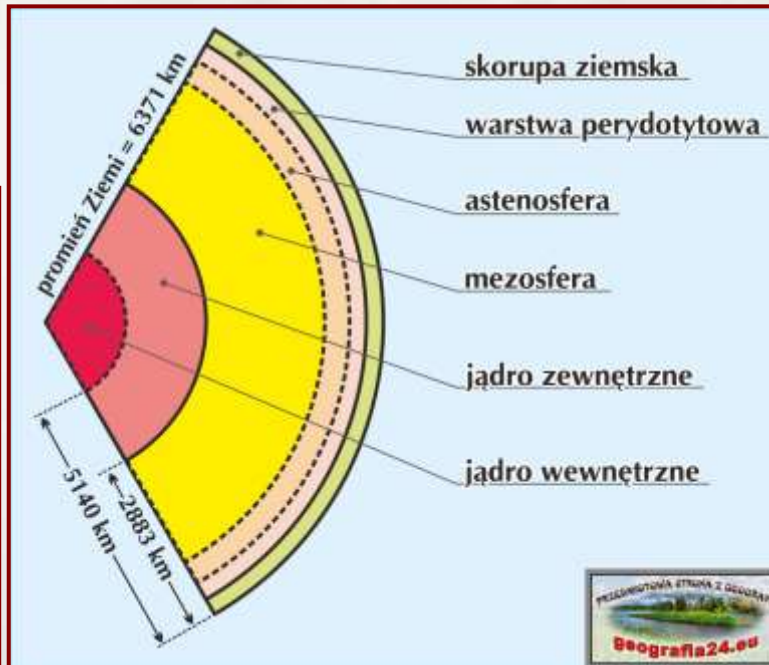
🌐 **Jądro wewnętrzne** – będące w **stanie stałym** (przenikają przez nie fale podłużne).

🌐 Sięga aż do wnętrza Ziemi, znajdującego się na głębokości 6371 km.

🌐 Temperatura wynosi tu około 6000°C.

🌐 Ciśnienie sięga około 400 GPa.

🌐 Gęstość dochodzi do około 14 g/cm³.





Mineraty

Minerały

- 🌐 **Minerały** – są podstawowymi składnikami, z których zbudowane są skały.
- 🌐 Pod tym określeniem ukrywają się powstałe **w naturalnych procesach** przebiegających w środowisku przyrodniczym Ziemi (na powierzchni lub we wnętrzu Ziemi):
 - 🌐 najczęściej – **związki chemiczne**,
 - 🌐 rzadziej – **pierwiastki chemiczne**.
- 🌐 Minerały posiadają ściśle **określony skład chemiczny** oraz zwykle **budowę krystaliczną**.
- 🌐 Niektóre minerały, zwane **mineraloidami** nie mają budowy krystalicznej, np. **opal, rtęć**.
 - 🌐 Z tegoż względu czasem nie są one zaliczane do minerałów.
- 🌐 Badaniami minerałów zajmuje się **mineralogia**.



Ile na świecie jest minerałów?

- 🌐 **Liczbę znanych minerałów** określa się obecnie na **około 4 000** (wg niektórych źródeł **nawet 5 000**).
- 🌐 Obecność niektórych spośród nich stwierdzono również w próbkach materii kosmicznej, docierającej na Ziemię w postaci meteorytów bądź pobranej z powierzchni Księżyca.
- 🌐 Każdego roku odkrywa się od kilku do kilkunastu nowych minerałów.



Minerały skałotwórcze

- 🌐 Szczególnie istotną rolę pełnią **minerały skałotwórcze**, których jest zaledwie kilkadziesiąt (budują one skorupę ziemską).
- 🌐 Trudno dokładnie stwierdzić, jakie minerały budują płaszcz i jądro Ziemi.
- 🌐 W przypowierzchniowej części skorupy ziemskiej niewątpliwie dominują **skalenie** (do 15 km głębokości stanowią one około 58%) i **kwarce**, a także w mniejszym stopniu: **pirokseny**, **miki** (tyszczyki), **magnetyt**, **hematyt**, **oliwiny**, **amfibole** i **kalcyt**.
- 🌐 Tym samym większość spośród podstawowych minerałów skałotwórczych stanowią **krzemiany** i **glinokrzemiany**, co doskonale odzwierciedla skład chemiczny skorupy ziemskiej.



Kwarc



skaleń



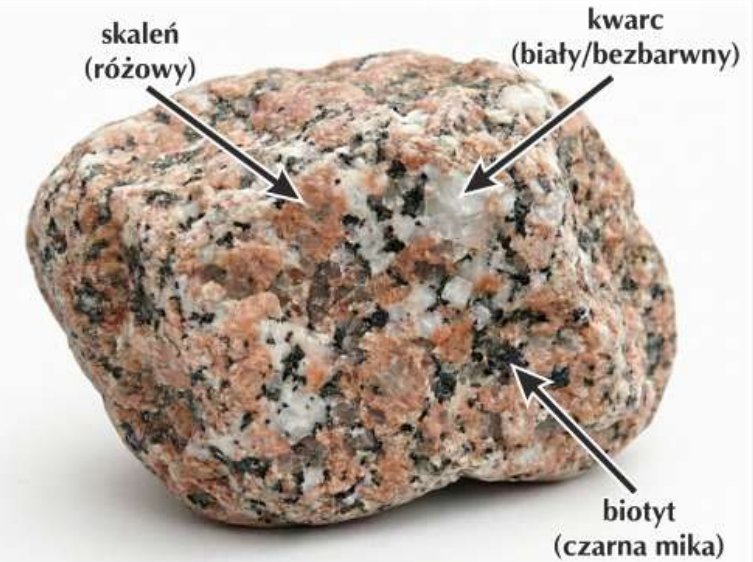
Piroksen



miki



Minerały budujące skałę magmową – granit



Granit zbudowany jest głównie z kwarcu, który ma barwę bezbarwną, szarą lub mlecznobiłą, skaleń o barwie białej, różowej lub szarej oraz miki – czarnej (biotyt) lub jasnej, srebrzystej (muskowit).

Klasyfikacje minerałów. Podział ze względu na skład chemiczny

☛ **Minerały** będące **pierwiastkami chemicznymi**:

- ☛ mają one najprostszy skład chemiczny;
 - ☛ ich nazwy tworzy się przez dodanie do nazwy pierwiastka określenia “rodzimy”,
 - ☛ np. **siarka rodzima**, **złoto rodzime**;
 - ☛ odstępstwo od powyższej reguły stanowią nazwy dwóch odmian krystalicznego węgla: **diamentu** i **grafitu**.
- ☛ **Minerały rodzime** występują stosunkowo rzadko w przyrodzie ze względu na dużą aktywność chemiczną większości pierwiastków.

☛ **Minerały** będące **związkami chemicznymi** posiadają **własne nazwy mineralogiczne** odmienne od nazw budujących je związków chemicznych:

- ☛ **kwarc** – na przykład jest dla chemika **dwutlenkiem krzemu** (SiO_2),
- ☛ **halit** – **chlorkiem sodu** (NaCl),
- ☛ **kalcyt** – **węglan wapnia** (CaCO_3).



Kwarc



Halit

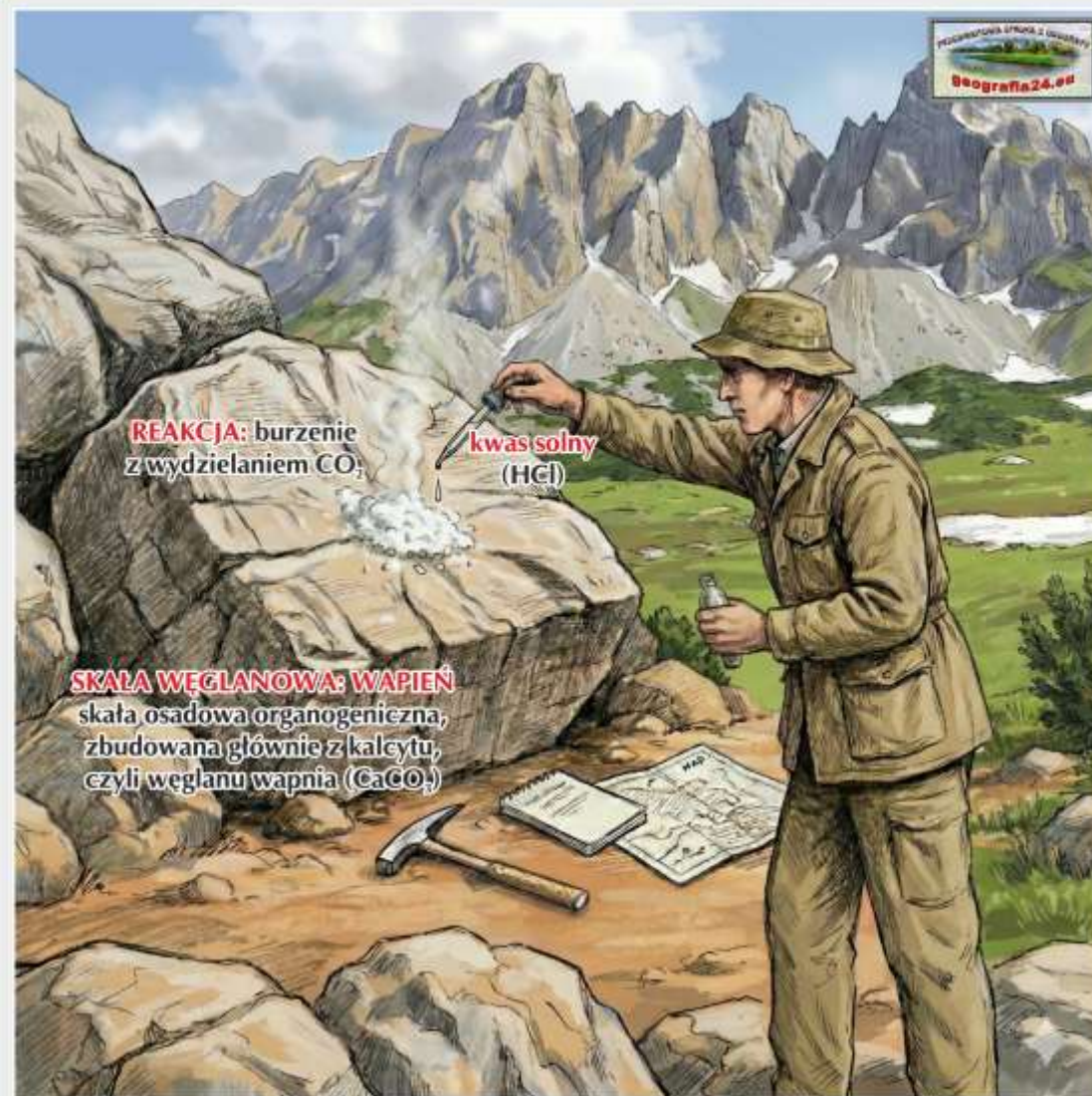


Kalcyt

Rozpoznawanie minerałów

- 🌐 **Rozpoznawanie minerałów** jest jedną z typowych czynności, którą możemy wykonać w terenie, domu lub szkole.
- 🌐 W tym celu stosujemy **metody makroskopowe**, bazujące na rozpoznawaniu minerałów z wykorzystaniem:
 - 🌐 **zmysłów**, czyli po tym co widzimy, czujemy (smak, dotyk);
 - 🌐 **prostyh narzędzi**, np.: szkła, igły lub noża (m.in. oceniamy twardość), lupy, magnesu, a nawet swojego “ciała” (palców, nogi, paznokcia);
 - 🌐 z wykorzystaniem **wiedzy z zakresu chemii**:
 - 🌐 **rozpoznajemy polewając je rozcieńczonym kwasem solnym (HCl) i np.:**
 - 🌐 **węglany:**
 - 🌐 **kalcyt**, czyli **węglan wapnia** – CaCO_3 powinien się łatwo “burzyć”,
 - 🌐 **dolomit** – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ w reakcję wejdzie trudniej – dopiero po sproszkowaniu;
 - 🌐 **siarczki:**
 - 🌐 **piryt**, czyli **siarczek żelaza** – FeS_2 i **galena**, czyli **siarczek ołowiu** – PbS po polaniu wydają bardzo cuchnący (tzw. “cuchnące jaja”) i bardzo toksyczny (trujący) siarkowodór – H_2S (więc należy zachować dużą ostrożność – używać bardzo małej ilości kwasu).

Rozpoznawanie skał węglanowych za pomocą rozcieńzonego kwasu solnego (HCl)



Podczas polewania kwasem solnym skała burzy się – pojawiają się bąbelki gazu CO_2 .
Silne burzenie → wapień, słabe → dolomit, brak → skała nie mająca w składzie węglanu wapnia

Twardość minerałów

- 🌐 **Twardość minerałów** – odporność minerału na zarysowanie, określa się w dziesięciostopniowej **skali Mohsa**.
- 🌐 W skali tej ustalono wzorcowe wartości dla 10 minerałów, przy czym każdy kolejny jest twardszy od poprzedniego.
- 🌐 Minerał o wyższym stopniu twardości ma zdolność zarysowania minerału przypisanego do stopnia niższego.



Twardość minerałów - skala Mohsa

1. Talk



kruszy się w palcach

2. Gips



pozostaje rysa po paznokciu

3. Kalcyt



pozostaje rysa po monecie z brązu

4. Fluoryt



pozostaje rysa po żelaznym gwoździu

5. Apatyt



pozostaje wyraźna rysa po ostrzu stalowym

6. Ortoklaz



pozostaje słaba rysa po ostrzu stalowym

7. Kwarc



słabo zarysowuje szkło

8. Topaz



pozostawia rysę na szkłe

9. Korund



pozostawia wyraźną rysę na szkłe

10. Diament



tnie szkło



Określanie twardości minerału



Twardość minerału określa się, sprawdzając, które minerały ze skali Mohsa potrafią go zarysować, a które on sam jest w stanie zarysować. Na tej podstawie ustala się jego stopień twardości w skali Mohsa. Jedynym minerałem, który może zarysować korund jest diament.



Skafy

Skąły

- 🌐 **Skąłami** – nazywamy zespoły różnorodnych minerałów lub wielu ziaren tego samego minerału, powstałe w warunkach naturalnych.
- 🌐 Definicja wyklucza spośród skął beton i wszelkie inne “*skąłopodobne*” materiały wytwarzane przez człowieka.
- 🌐 Najprostszy **podział skął oparty jest na ich genezie** i pozwala wyróżnić trzy główne grupy:
 - 🌐 **skąły magmowe,**
 - 🌐 **skąły osadowe,**
 - 🌐 **skąły metamorficzne (przeobrażone).**
- 🌐 Skąły magmowe i metamorficzne ujmowane są niekiedy w jedną grupę **skął krystalicznych.**
- 🌐 Badania skął stanowią przedmiot zainteresowań **petrografii.**





Skąły magmowe

Skąły magmowe

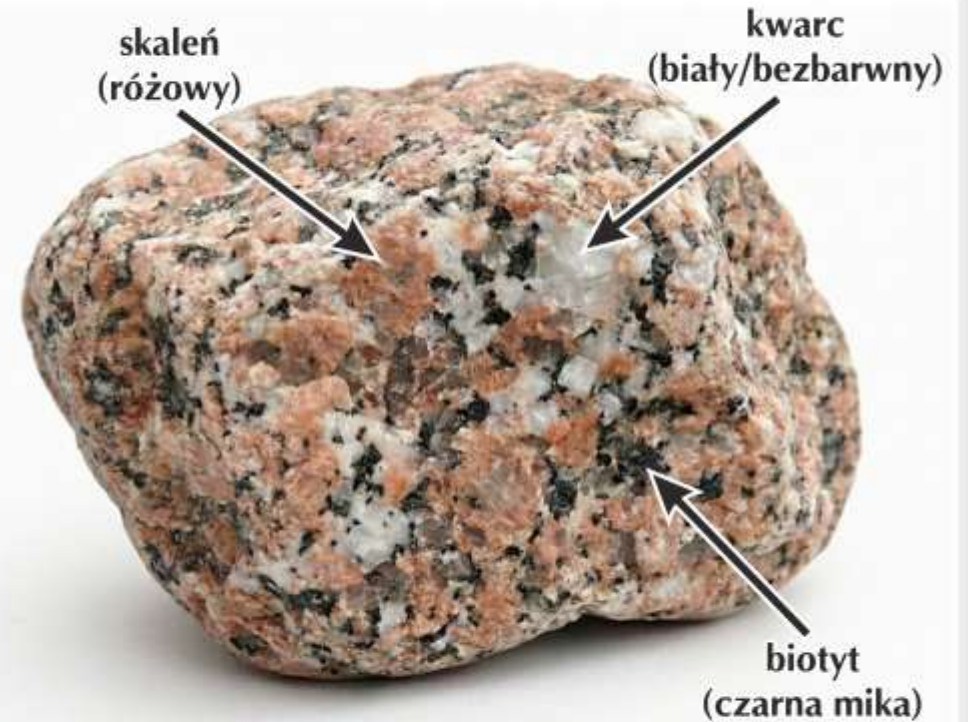
- 🌐 **Skąły magmowe** – powstają w wyniku krzepnięcia stopu krzemianowego w głębi Ziemi lub na jej powierzchni.
 - 🌐 Są najstarszymi skąłami na naszej planecie i dały początek innym typom skął.
 - 🌐 **Magma** lub **lawa** składa się głównie z **krzemianów** i **glinokrzemianów**, z domieszką tlenków, siarczków oraz dużą ilością wody i gazów.
 - 🌐 Wśród minerałów dominują przede wszystkim:
 - 🌐 **skalenie**, **kwarc**, **mika**, **pirokseny**, **oliwiny** i **amfibole**.



Tatry – granitowy szczyt Rysy



Minerały budujące skąłę magmową – granit

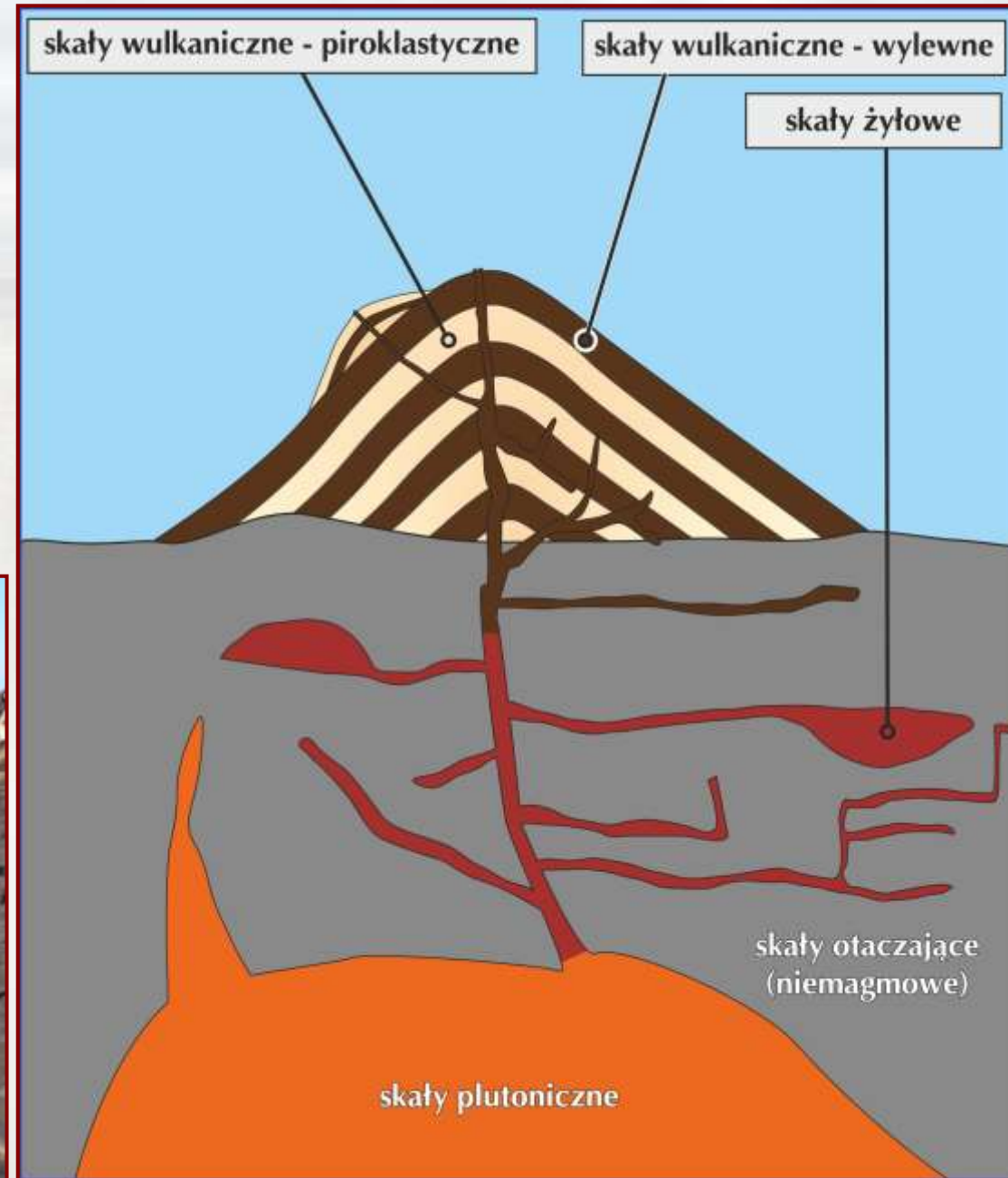


Granit zbudowany jest głównie z kwarcu, który ma barwę bezbarwną, szarą lub mlecznobiłą, skaleń o barwie białej, różowej lub szarej oraz miki – czarnej (biotyt) lub jasnej, srebrzystej (muskowit).

Podział skał magmowych ze względu na miejsce krystalizacji magmy

🌐 **Miejsce krzepnięcia magmy** stanowi podstawę do podziału skał magmowych na trzy grupy:

- 🌐 **skały wulkaniczne (wylewne i piroklastyczne)** – krzepną na powierzchni Ziemi lub na niewielkich głębokościach,
 - 🌐 proces ten trwa stosunkowo krótko (gwałtownie),
- 🌐 **skały żyłowe (pośrednie)** – powstają zwykle na średnich głębokościach,
- 🌐 **skały plutoniczne (głębinowe)** – krzepną najczęściej na znacznych głębokościach,
 - 🌐 proces ten trwa zwykle bardzo długo.



Skały wylewne - **bazalt**

Struktura skał magmowych wulkanicznych – **skrytokrystaliczna**

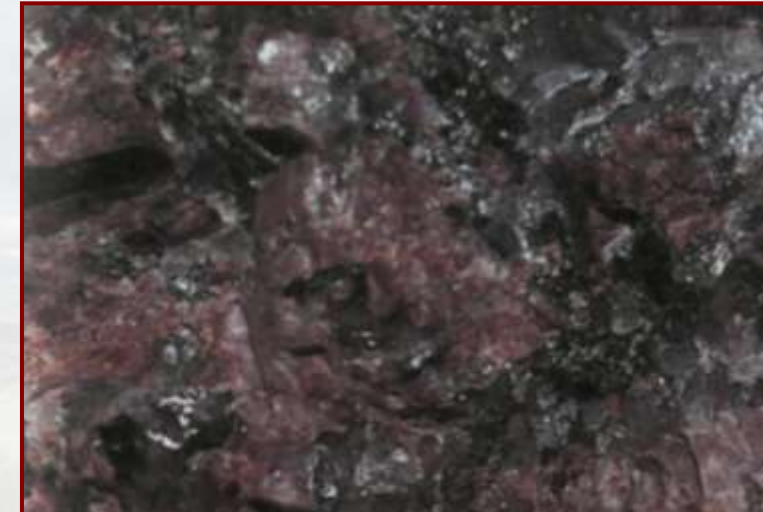
- 🌐 **Struktura skrytokrystaliczna** – powstaje w wyniku szybkiej krystalizacji podczas gwałtownego zastygania materii (lawy lub magmy) bezpośrednio na powierzchni Ziemi lub tuż pod nią, często na dnie oceanów.
- 🌐 Skała o takiej strukturze posiada bardzo słabo wykształcone kryształy – bardzo małe, trudne lub całkowicie niewidoczne gołym okiem, np. **bazalt**.



Bazalt w czasie powstawania (po lewej) i będący już wykrystalizowaną skałą (po prawej) o strukturze skrytokrystalicznej

Struktura skał magmowych plutonicznych – **jawnokrystaliczna**

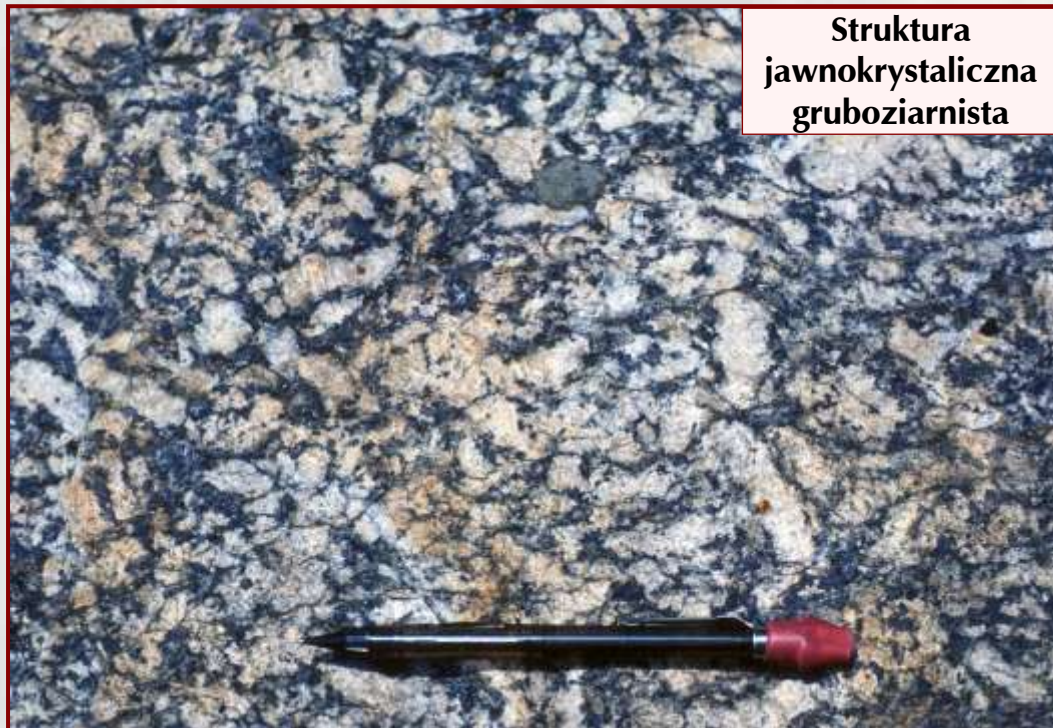
- ☛ Skały plutoniczne (głębiny) charakteryzują się występowaniem **struktury jawnokrystalicznej** – ukształtowanej w trakcie długotrwałej krystalizacji magmy na dużej głębokości (ziarna kryształów są świetnie widoczne).
- ☛ Struktura tak powstałych skał może być (np. w przypadku granitów):
 - ☛ **gruboziarnista** – kiedy tworzy się na największych głębokościach,
 - ☛ ukształtowane kryształy są wtedy bardzo dużych rozmiarów,
 - ☛ **średnioziarnista** – gdy powstaje na nieco mniejszych (choć znacznych) głębokościach,
 - ☛ powstałe kryształy są mniejsze.



Grube różowe ziarna skalenia i szaroniebieskie ziarna kwarcu w granicie świadczą o dużej głębokości, na której zachodziła krystalizacja



Drobniejsze niż na poprzedniej fotografii ziarna w granicie karkonoskim dowodzą płytszej strefy krystalizacji



Struktura
jawnokrystaliczna
gruboziarnista



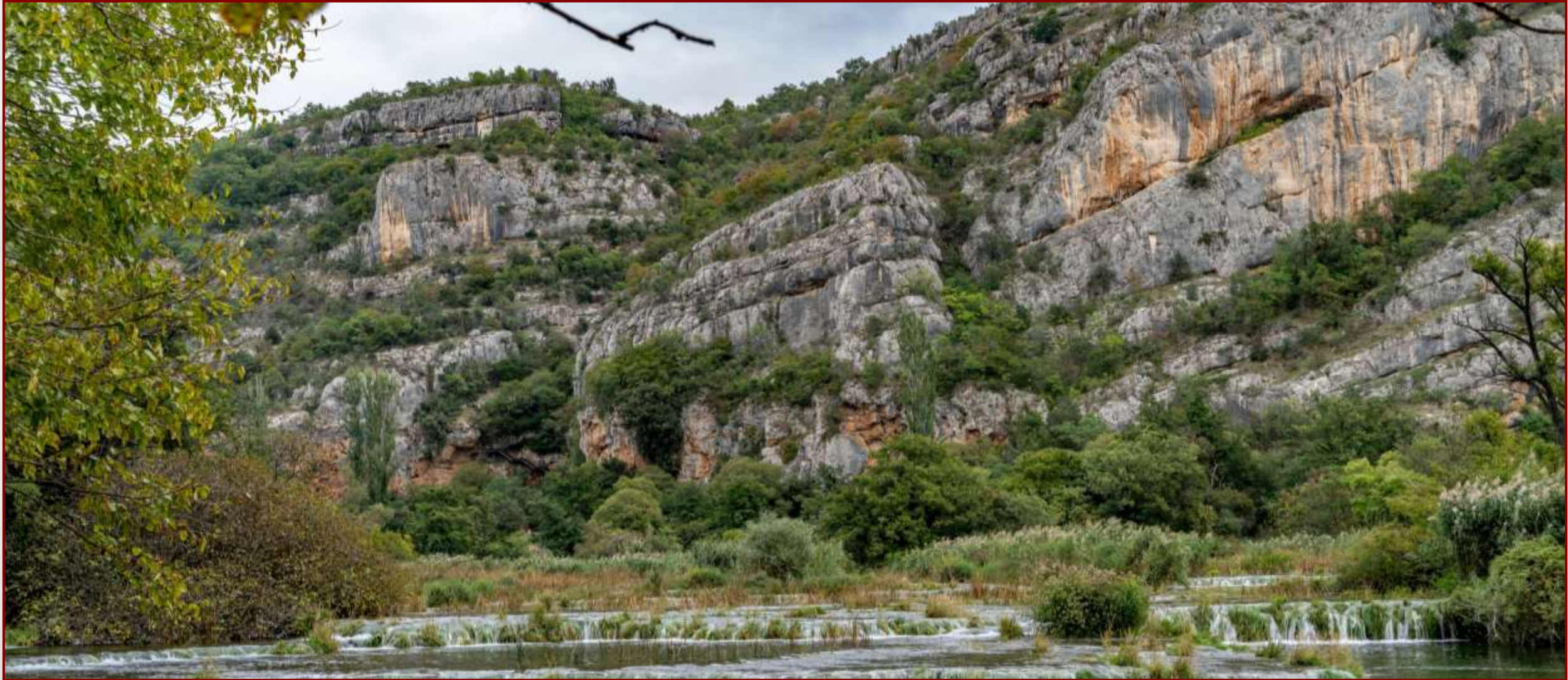
Struktura
jawnokrystaliczna
średnioziarnista



Skąły osadowe

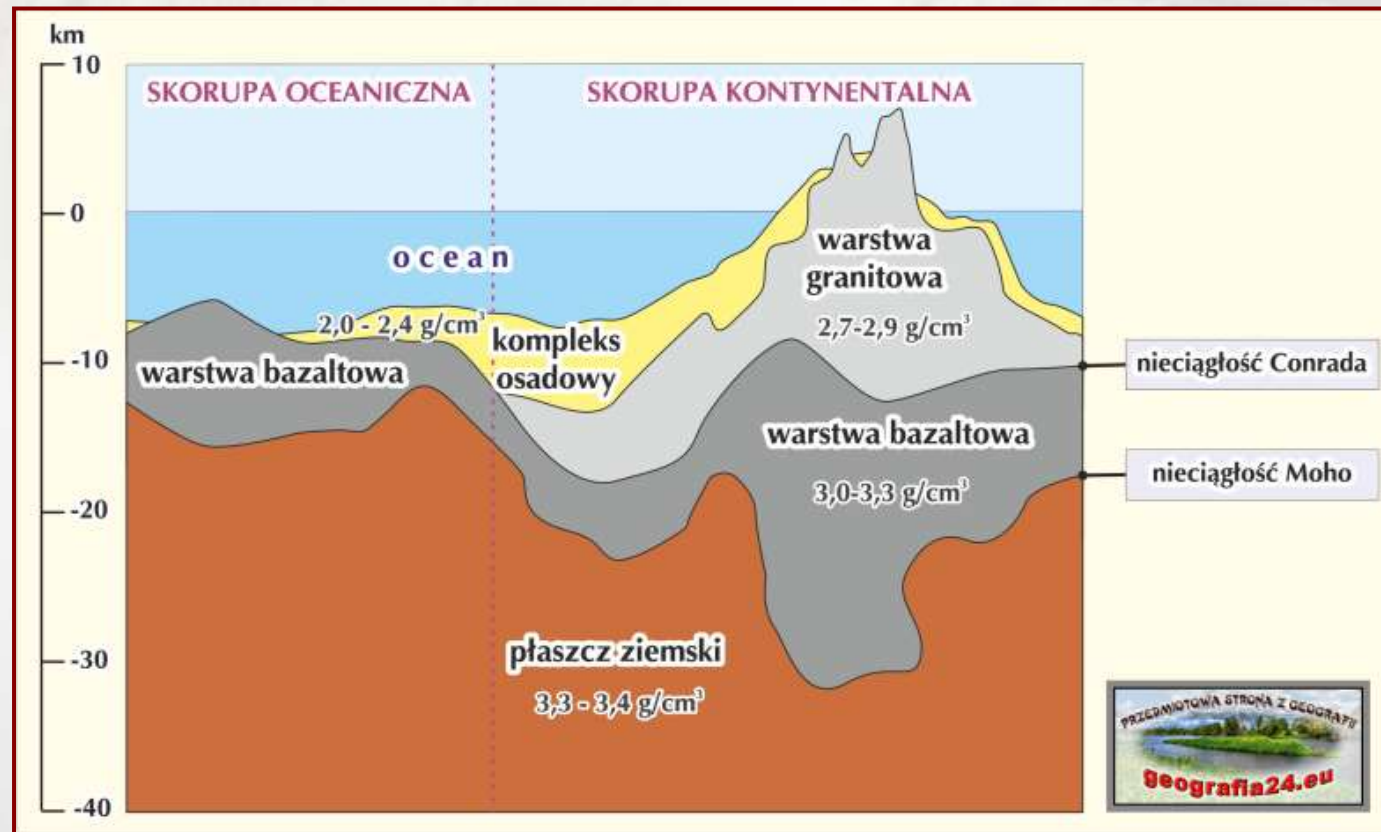
Powstawanie skał osadowych i ich przekształcanie

- 🌐 **Skały osadowe** – powstają w wyniku gromadzenia się na powierzchni Ziemi materiału okruchowego pochodzącego z wietrzenia skał, osadów chemicznych wytrącanych z roztworów oraz szczątków organizmów żywych.
- 🌐 Posiadają one najczęściej **budowę warstwową** i często zawierają **skamieniałości**.



Występowanie skał osadowych

- 🌐 Skały osadowe tworzą **nieciągłą pokrywę na powierzchni skorupy** zarówno kontynentalnej, jak i oceanicznej.
- 🌐 Jej grubość waha się w granicach:
 - 🌐 **od zera** na obszarze odsłoniętych tarcz i grzbietów śródoceanicznych,
 - 🌐 **do ponad 20 kilometrów** w młodych łańcuchach górskich.
- 🌐 Przyjmuje się, że mimo tak szerokiego rozpowszechnienia i miejscami dużej miąższości skał osadowych, budują one mniej aniżeli 10% skorupy ziemskiej.
- 🌐 Pozostałe ponad 90% przypada na skały krystaliczne (skały magmowe i skały metamorficzne).



Minerały budujące skały osadowe

☛ **Minerały skałotwórcze skał osadowych** stanowią dość liczną grupę.

☛ W jej skład wchodzi:

☛ **pochodzące ze zwietrzałych skał magmowych i metamorficznych:**

☛ **kwarc, granaty, skalenie i miki;**

☛ **jak też nowe minerały,** powstające w środowisku sedymentacji skał osadowych:

☛ **chalcedon, opal, kalcyt, dolomit, gips, halit i minerały ilaste.**



Kwarc



Skaleń potasowy

Kalcyt



Opal



Chalcedon



Gips



Halit



Podział skał osadowych ze względu na genezę (rodzaj gromadzonego materiału)

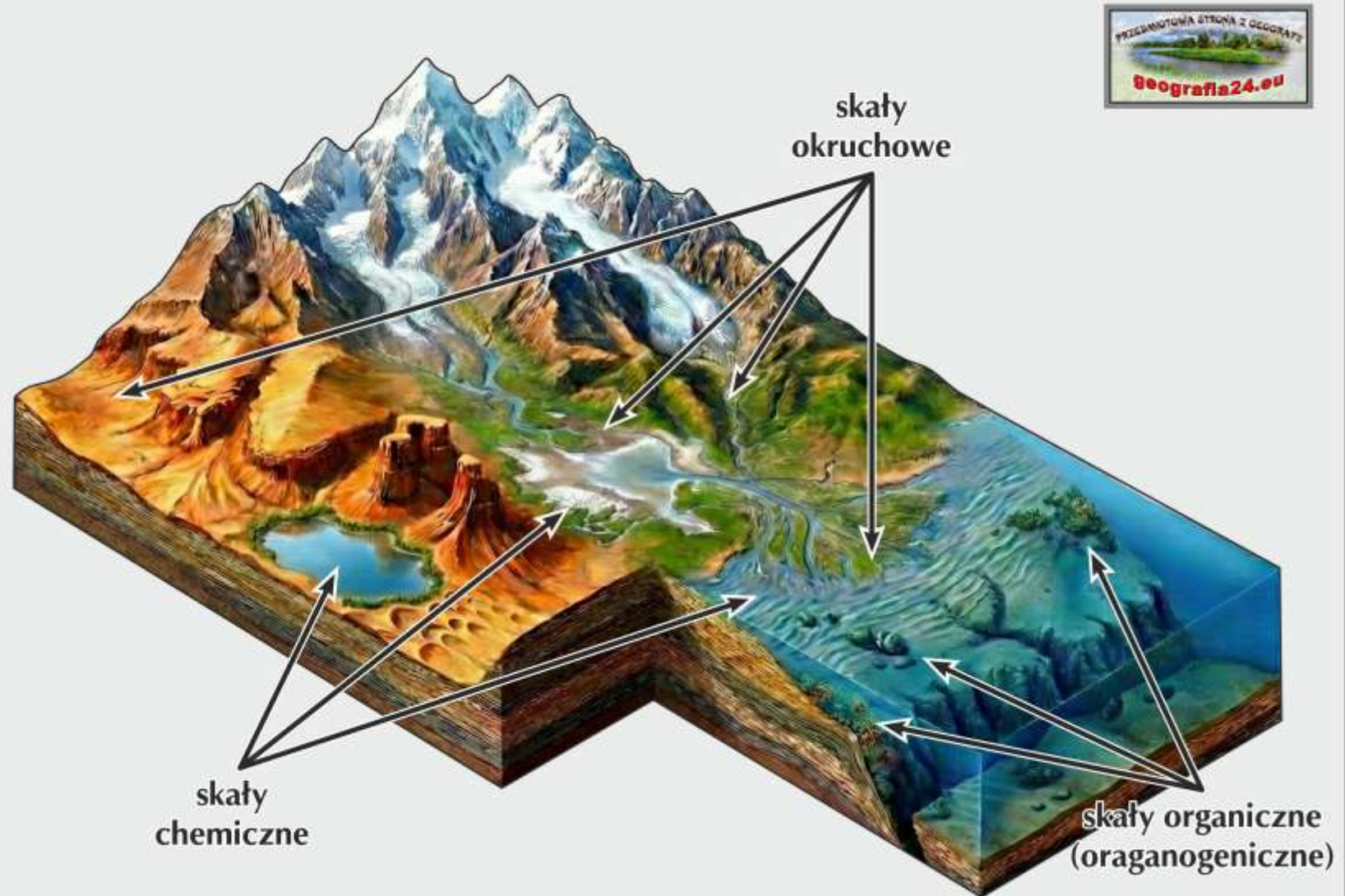
❶ Rodzaj gromadzącego się materiału decyduje o wyróżnieniu podstawowych **grup skał osadowych**:

❶ **okruchowych** – nagromadzenia utworów skalnych, powstałe ze zwietrzałych lub zerodowanych skał starszych (każdego rodzaju),

❷ **organogenicznych (organicznych)** – powstają najczęściej w środowisku wodnym, wskutek nagromadzenia się szczątków roślinnych lub zwierzęcych,

❸ **chemicznych** – powstają w wyniku wytrącania się substancji w czasie odparowania wody z płytkich akwenów wodnych (mórz, zatok, jezior) lub w czasie wypływu na powierzchnię Ziemi wysoko zmineralizowanych wód ze źródeł czy też w wyniku procesów krasowych.

Środowisko powstawania skał osadowych (podział skał osadowych wg genezy)



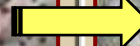
A. Skały okruchowe

- 🌐 **Skały okruchowe** – utwory nagromadzone na powierzchni skorupy ziemskiej na skutek procesów wietrzenia, transportu i sedymentacji.
- 🌐 Budulec skał okruchowych pochodzi ze **zniszczenia (rozdrobnienia)** starszych skał magmowych, osadowych i metamorficznych.
- 🌐 Wynika z tego, że dominują w nich minerały obcego pochodzenia (starsze).
- 🌐 Świeżo złożone skały okruchowe są **luźne** i mogą później przekształcić się w skałę **zwięzłą** (w procesie **lityfikacji**).



Podział skał okruchowych ze względu na frakcje

- Najważniejszym kryterium różnicującym skały okruchowe jest **frakcja** – wielkość ziaren wchodzących w skład skały.
- Wyróżnia się cztery **podstawowe frakcje skał okruchowych**.

FRAKCJA	NAZWA SKŁADNIKÓW	SKAŁA		WYMIARY SKŁADNIKÓW	
		luźna	zwięzła		
Żwirowa	Blok (kanciasty) Głaz (obtoczony)	 Głazowisko	 Blokowisko	>100 mm	
	Okruch (kanciasty) Otoczak (obtoczony)	 Gruz	 Żwir	  Zlepieniec Brekcja	2 mm – 100 mm
Piaskowa	Ziarno	 Piasek	 Piaskowiec		0,1 mm – 2 mm
Mułowa lub pyłowa	Ziarno	 Less	 Muł	 Mułowiec	0,01 mm – 0,1 mm
Iłowa	Ziarno	 Ił	 Iłowiec		<0,01 mm

B. Skały organogeniczne (organiczne)

- 🌐 **Skały organogeniczne** – powstają z nagromadzenia szczątków organicznych.
- 🌐 Najczęściej sedymencja odbywa się w **zbiornikach wodnych (morskich)**.
- 🌐 Na lądzie o wiele rzadziej pojawiają się warunki sprzyjające akumulacji szczątków organicznych.
- 🌐 Powstają one dzięki gromadzeniu się:
 - 🌐 **szczątków roślinnych**,
 - 🌐 **szczątków zwierzęcych** (muszli, szkieletów, pancerzyków lub skorup).



Skąły organogeniczne (organiczne) – roślinne

- 🌐 **Ze szczątków roślinnych** tworzą się **torf**, przekształcający się w **węgle** (węgiel brunatny, z którego tworzy się węgiel kamienny).
- 🌐 Na bagnie, obumarłe szczątki roślin, w warunkach prawie beztlenowych ulegały powolnemu gniciu, wskutek czego zamieniały się najpierw w **torf**, a w wyniku gromadzenia się na nich innych skał w węgle, najpierw **brunatny**, zaś w wyniku dalszego wzrostu ciśnienia w **kamienny** oraz w **antracyt**.



Torf



Kopalnia **węgla brunatnego**



Węgiel kamienny

Przekształcanie torfu kolejno w węgiel brunatny i węgiel kamienny



1. Torf – tworzą go nagromadzone, słabo rozłożone szczątki roślin.
2. Węgiel brunatny – powstaje z przekształcenia sprasowanego torfu w procesie karbonizacji (najczęściej po kilkudziesięciu milionach lat); jest on kruchy, słabo zwiezły i ciemnobrązowy.
3. Węgiel kamienny – powstaje po dalszym zgniataniu i nagrzewaniu węgla brunatnego (zwykle po kolejnych setkach milionów lat); jest on twardy, czarny i bardzo zasobny w pierwiastek węgla.

Skąły organogeniczne (organiczne) – **zwierzęce**

☛ Gromadzące się **szczątki zwierząt** umożliwiają powstanie różnych **skół organogenicznych (organicznych)**.



Skąły organogeniczne (organiczne) – **zwierzęce skąły węglanowe**

🌐 Gromadzące się szczątki zwierząt (głównie gatunki morskie) umożliwiają powstanie **skąły węglanowych**:

- 🌐 **wapieni** (np. wapieni koralowych, muszlowych, gąbkowych),
- 🌐 **kredy piszącej**.



Kreda pisząca

Zbudowana jest głównie z szczątków skorupiek kokolitów oraz skorupiek otwornic. Cechuje się znaczną kruchością, miękkością i porowatością. Występowanie: Wyżyna Lubelska (okolice Chełma)



Wapień (z amonitem)

Najbardziej rozpowszechnione skąły węglanowe, utworzonymi w wyniku nagromadzenia węglanowych szczątków zwierząt (niekiedy też i roślin) w postaci węglanu wapnia (kalcytu – CaCO_3), zawierającymi domieszki licznych składników, wstawki muszli i szkieletów. Występowanie: Wyżyny: Krakowsko-Częstochowka, Lubelska, Roztocze, Beskidy, Tatry i Pieniny

Skąły organogeniczne (organiczne) – **zwierzęce i roślinne**: skąły palne

- 🌐 **Ropa naftowa i gaz ziemny – skąły palne** – swoje powstanie zawdzięczają **planktonowi roślinnemu i zwierzęcemu**.
- 🌐 Szczątki organizmów planktonicznych, przysypane innymi osadami na dnie morza, podlegały przemianom w beztlenowym środowisku, przy podwyższonym ciśnieniu i temperaturze.
- 🌐 W wyniku długich przemian powstały organiczne związki chemiczne – głównie **łańcuchowe węglowodory nasycone**.
- 🌐 Węglowodory o dłuższych łańcuchach tworzą ciecz o barwie od jasnożółtej do brunatnoczarnej – **ropę naftową**.
- 🌐 Lżejsze węglowodory – gazowe – wchodzą w skład **gazu ziemnego**.

Proces powstawania ropy naftowej i gazu ziemnego w środowisku beztlenowym



1. Gromadzenie organizmów morskich – na dnie mórz i oceanów osadzają się szczątki roślin i organizmów morskich, głównie planktonu.
2. Przekształcanie szczątków – wraz z narastaniem nadległych warstw rośnie ciśnienie i temperatura, co prowadzi do stopniowego przekształcania materii organicznej.
3. Powstawanie ropy i gazu – w obrębie pułapki stratygraficznej szczątki ulegają przemianie w ropę naftową i gaz ziemny.
4. Wydobywanie – ropa naftowa i gaz ziemny są pozyskiwane z głębokich złóż za pomocą platformy wiertniczej.



C. Skały chemiczne

- 🌍 **Skały chemiczne** – powstają w wyniku wytrącania się substancji w czasie odparowania wody z płytkich akwenów wodnych (mórz, zatok, jezior) lub w czasie wypływu na powierzchnię Ziemi wysoko zmineralizowanych wód ze źródeł czy też w wyniku procesów krasowych.



Morze Martwe – miejsce wytrącania się osadów

Skąły chemiczne – ewaporaty

- 🌐 Wskutek **oddziaływania gorącego i suchego klimatu w obrębie akwenów wodnych** (fragmentów mórz, zatok lub jezior słonych) dochodzi do **wytrącania się oraz osadzania na dnie**, zgodnie z tzw. **cyklem ewaporatowym** kolejnych rodzajów skał, zwanych **ewaporatami**, m.in.:
- 🌐 **wapieni** – tworzą się na początku, już przy dość niewielkim odparowaniu wody (nagromadzenie kalcytu),
 - 🌐 **gipsu i anhydrytu** – osadzają się gdy pozostaje około 20% pierwotnej objętości wody,
 - 🌐 **solí kamiennej** – osadza się gdy pozostaje około 10% pierwotnej objętości wody (nagromadzenie halitu),
 - 🌐 **solí potasowej i solí potasowo-magnezowej** – przy jeszcze większym stężeniu – w najbardziej suchym środowisku, w miejscu dawnego bardzo dużego zbiornika wodnego (sole potasowo-magnezowe powstają na końcu w najbardziej skrajnych warunkach).



Gips



Anhydryt



Sól kamienna



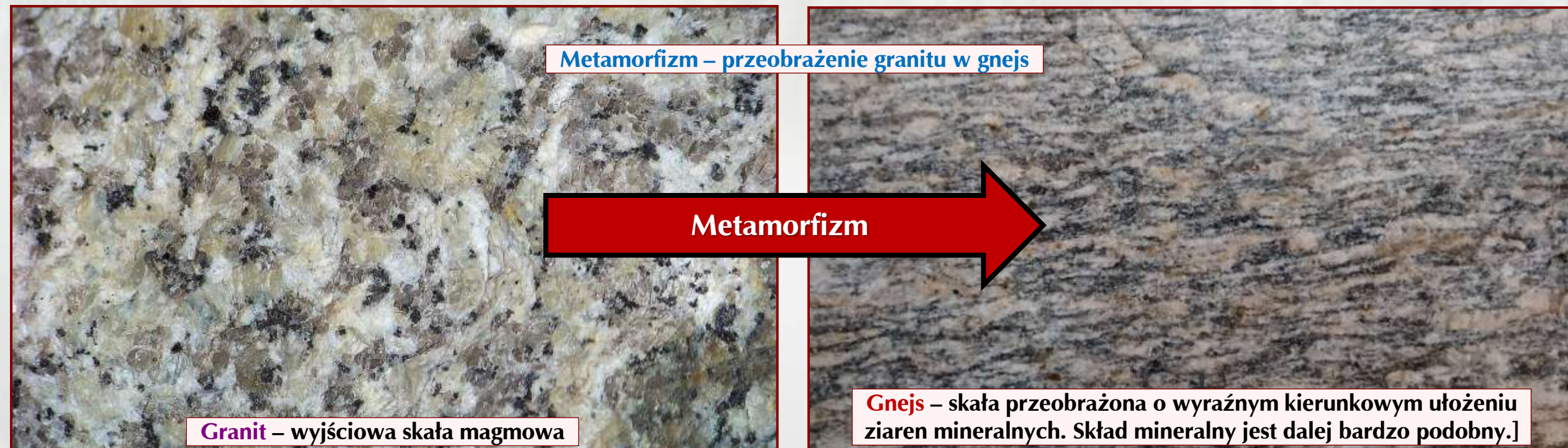
Sól potasowa



Skąły metamorficzne (przeobrażone)

Skąły metamorficzne (przeobrażone)

- 🌐 **Skąły metamorficzne** – tworzą się w wyniku **przeobrażenia skał (metamorfizmu)** – oddziaływania podwyższonego ciśnienia i temperatury, a czasem także i związków chemicznych, na istniejące już skały magmowe i osadowe.
- 🌐 Działanie poszczególnych czynników metamorfizmu jest zróżnicowane w zależności od rodzaju metamorfizmu i głębokości, na jakiej proces ten zachodzi:
 - 🌐 **wskutek oddziaływania ciśnienia statycznego** – dochodzi do zmniejszania objętości składników skały,
 - 🌐 **wskutek działania ciśnienia dynamicznego** – zachodzi proces kruszenia skał,
 - 🌐 **wskutek działania wysokiej temperatury** – następuje zmiana składu mineralnego i budowy skał mających bezpośredni kontakt z bardzo gorącą upłynnioną magmą,
 - 🌐 temperatura oddziałuje zwykle na małym obszarze – w sąsiedztwie ciała magmowego.



Przykłady skał metamorficznych i “wyjściowych”

Wapień – skała osadowa



Piaskowiec kwarcytowy – skała osadowa



Bazalt – skała magmowa



Marmur – skała przeobrażona



Kwarcyt – skała przeobrażona



Eklogit – skała przeobrażona



Surowce i złoża

Surowiec mineralny

🌐 **Surowiec mineralny** – wydobywana ze złóż kopalina użyteczna, która posiada określone zastosowanie w gospodarce, np. **ropa naftowa w energetyce**.



Definicja złoża

- 🌐 **Złoże** – zgodnie z definicją to naturalne nagromadzenie użytecznych minerałów lub skał, które nadaje się do opłacalnej eksploatacji w obecnych warunkach ekonomicznych i przy dzisiejszym poziomie techniki.
- 🌐 W zależności od zapotrzebowania i wynikającej z tego często ceny końcowej za surowiec, może ono być wykorzystywane lub nie.
- 🌐 I tak niektóre surowce straciły na znaczeniu, np. krzemienie i szkliwo wulkaniczne.
- 🌐 Inne, do niedawna niewykorzystywane, jak np. boksyty, rudy uranu, minerały ziem rzadkich, odgrywają obecnie bardzo ważną rolę w gospodarce.



Dawne narzędzia krzemienne



Uran (po lewej) i elektrownia atomowa (po prawej)

Metody eksploatacji surowców mineralnych

- 🌐 O podjęciu eksploatacji i doborze najlepszej metody wydobywania decydują **kryteria bilansowości** oraz **forma występowania danego złoża**.
- 🌐 Wśród metod eksploatacji obecnie są wykorzystywane:
 - 🌐 **metoda odkrywkowa** – podstawowa metoda eksploatacji złóż położonych do głębokości 200 m,
 - 🌐 **metoda głębinowa (podziemna)** – podstawowa metoda eksploatacji złóż położonych poniżej 200 m pod powierzchnią ziemi (obecnie najgłębsza kopalnia, położona w RPA, eksploatująca złoża złota tą metodą ma około 4 km),
 - 🌐 **metoda otworowa** – stosowana przy wydobywaniu surowców w stanie ciekłym (ropa naftowa) lub gazowym (gaz ziemny),
 - 🌐 **metoda otworowa podziemnej ekstrakcji (wytopu podziemnego)** – służąca do eksploatacji złóż zlokalizowanych w rejonach o skomplikowanej budowie geologicznej.



Znaczenie gospodarcze złóż

🌐 Dla gospodarki istotny jest **podział kopalin i złóż ze względu na sposób ich wykorzystania**, według którego wyszczególnia się:

- 🌐 surowce energetyczne,
- 🌐 surowce metalurgiczne (metaliczne),
- 🌐 surowce chemiczne,
- 🌐 surowce skalne:
 - 🌐 surowce budowlane,
 - 🌐 surowce szklarskie i ceramiczne,
 - 🌐 surowce jubilerskie.



Zastosowanie gospodarcze surowców energetycznych

🌐 Przykłady **surowców energetycznych** i ich zastosowania:

🌐 **ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel kamienny i brunatny oraz rudy uranu** – produkcja energii elektrycznej i ciepłej.



Zastosowanie gospodarcze surowców metalurgicznych (metalicznych)

☛ Przykłady **surowców metalurgicznych (metalicznych)** i ich zastosowania:

- ☛ **rudy żelaza** – produkcja stali, która jest materiałem wyjściowym do wyrobu wielu artykułów,
- ☛ **rudy miedzi** – produkcja przewodów elektrycznych i układów scalonych, rur, pokryć dachowych, monet oraz jest to surowiec w rzemiośle artystycznym i jubilerskim,
- ☛ **rudy cynku** – blach stalowych w celu zabezpieczenia przed korozją oraz jest to składnik wielu stopów,
- ☛ **rudy ołowiu** – produkcja akumulatorów i baterii, kabli, rur, amunicji, farb, ciężarków, ekranów zabezpieczających przed promieniowaniem RTG,
- ☛ **rudy niklu** – dodatek stopowy do stali specjalnych: kwasoodpornych, nierdzewnych i żaroodpornych, do produkcji narzędzi chirurgicznych, pokryć statków, turbin oraz jest to surowiec do produkcji pokryw ochronnych, monet,
- ☛ **boksyty** – produkcja aluminium, które jest materiałem wyjściowym do wytwarzania: przewodów elektrycznych, blach, elementów konstrukcji i pokryć środków transportu, opakowań,
- ☛ **kobalt** – dodatek stopowy do wyrobu stali i innych stopów oraz stosowany do produkcji elektrod akumulatorowych, trwałych magnesów, a także jako katalizator chemiczny oraz jest to dodatek w przemyśle szklarskim i ceramicznym,
- ☛ **chrom, wanad, mangan, tytan** – składniki stopowe poprawiające walory użytkowe stali,
- ☛ **metale szlachetne: złoto, srebro, platyna** – są bardzo odporne chemicznie oraz są stosowane do produkcji urządzeń precyzyjnych (np. medycznych) i aparatury chemicznej.



Zastosowanie gospodarcze surowców chemicznych

🌐 Przykłady **surowców chemicznych** i ich zastosowania:

- 🌐 **sól kamienna** – produkcja chemii gospodarczej i kosmetyków, tworzyw sztucznych; środek konserwujący i smakowy w przemyśle spożywczym oraz wykorzystywana do posypywania dróg zimą, a także jest to ważny składnik procesu technologicznego w wielu gałęziach przemysłu: włókienniczym, azotowym, rafineryjnym, farmaceutycznym itd.,
- 🌐 **sól potasowa i potasowo-magnezowa** – produkcja nawozów sztucznych a także ma zastosowanie w przemyśle: farmaceutycznym, szklarskim, włókienniczym, elektrometalurgii, fotografice, pirotechnice itd.,
- 🌐 **siarka** – produkcja kwasu siarkowego i środków ochrony roślin oraz materiałów pirotechnicznych, gumy i betonu siarkowego,
- 🌐 **fosforyty** – produkcja nawozów sztucznych,
- 🌐 **węgiel** – zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym i karbochemicznym – produkcja tworzyw sztucznych, fenolu, smoły, farb i lakierów, kauczuku syntetycznego,
- 🌐 **diament** – produkcja urządzeń szlifierskich i tnących oraz wyrobów jubilerskich,
- 🌐 **grafit** – produkcja ołówków, elektrod, tygli,
- 🌐 **ropa naftowa** – zastosowanie w przemyśle petrochemicznym – produkcja benzyny, nafty, olejów, parafiny, smarów, wazelin, asfaltu oraz tworzyw sztucznych.



Zastosowanie gospodarcze surowców skalnych – budowlanych

🌐 Przykłady **surowców skalnych – budowlanych** i ich zastosowania:

- 🌐 **gips** – zastosowanie jako spoiwo wiążące w tynkach, zaprawach, płytach kartonowo-gipsowych oraz w medycynie do utwardzania opatrunków, a także jako surowiec rzeźbiarski i modelarski oraz jako alabaster używany do produkcji elementów dekoracyjnych,
- 🌐 **wapień** – jako materiał budulcowy; jako spoiwo budowlane – produkcja cementu,
- 🌐 **piasek** – do wyrobu betonu, tynku, utwardzania podłoża,
- 🌐 **żwir** – do utwardzania nawierzchni drogowych,
- 🌐 **granit, bazalt** – jako kruszywo wykorzystywane do utwardzania nawierzchni dróg oraz produkcji kostki brukowej oraz w budownictwie stosowane jako materiał wykończeniowy – schody, posadzki, elementy dekoracyjne, a także w kamieniarstwie – pomniki, rzeźby, nagrobki,
- 🌐 **marmur** – jako kruszywo do nawierzchni (np. ścieżek ogrodowych) oraz jako materiał wykończeniowy i dekoracyjny, a także stosowany jako surowiec rzeźbiarski.



Zastosowanie gospodarcze surowców skalnych – szklarskich i ceramicznych

🌐 Przykłady **surowców skalnych – szklarskich i ceramicznych** i ich zastosowania:

- 🌐 **piasek kwarcowy** – surowiec do produkcji szkła,
- 🌐 **glina, ity, dolomit** – produkcja cegły i wyrobów ceramicznych.



Zastosowanie gospodarcze surowców skalnych – jubilerskich

🌐 Przykłady **surowców skalnych – jubilerskich** i ich zastosowania:

🌐 **kamienie szlachetne i półszlachetne:**

🌐 np.: **diamenty, szmaragdy, szafiry, rubiny, beryl, agat, turkus, turmalin;**

🌐 **metale szlachetne:**

🌐 np.: **złoto, srebro, platyna** – surowce do wyrobu biżuterii i dekoracyjnych dodatków.



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -