



Zróżnicowanie wielkości stopnia geotermicznego na Ziemi

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Zróżnicowanie wielkości stopnia geotermicznego na Ziemi

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

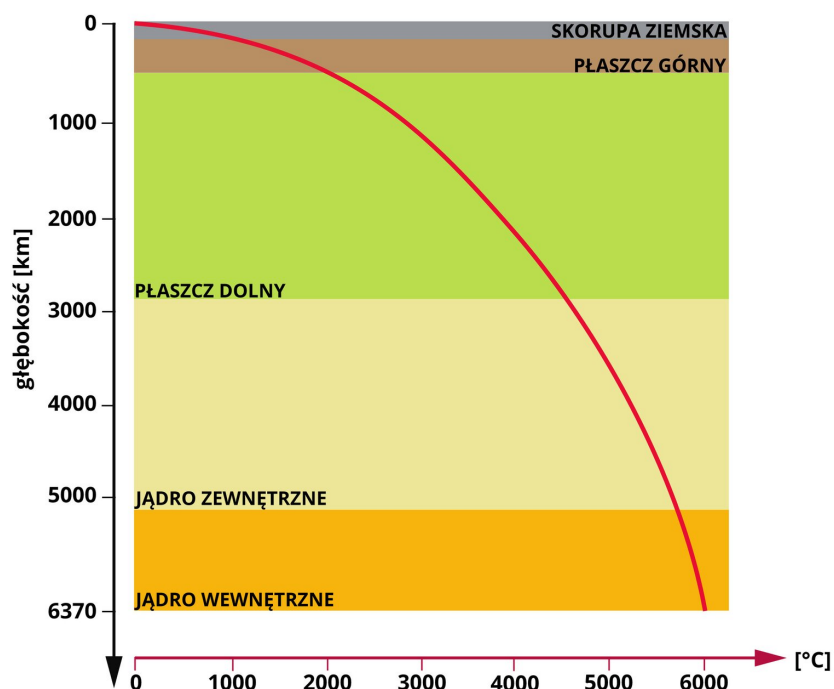
Temperatura powierzchni Ziemi zależy od docierającego do niej promieniowania słonecznego, dlatego zmienia się w ciągu doby i ulega wahaniom w ciągu roku. Te różnice zmniejszają się w głębiej położonych warstwach gruntu. Przeciętnie na głębokości około 15–20 metrów zanikają sezonowe wahania temperatur. Pomiary prowadzone w otworach wiertniczych wskazują, że temperatura wzrasta wraz z głębokością. Blisko powierzchni Ziemi rośnie z reguły szybko, im głębiej, tym tempo wzrostu temperatury jest znacznie wolniejsze. Zmiany te określa stopień geotermiczny.

Twoje cele

- Wyjaśnisz pojęcie stopnia geotermicznego.
- Opiszesz zróżnicowanie wielkości stopnia geotermicznego na Ziemi.
- Przedstawisz czynniki wpływające na wielkość stopnia geotermicznego.
- Wyjaśnisz znaczenie stopnia geotermicznego na Ziemi dla gospodarki człowieka.
- Obliczysz temperaturę w wybranych miejscach skorupy ziemskiej.

Przeczytaj

Temperatura skał najszybciej rośnie w najpłytszej, przypowierzchniowej warstwie [skorupy ziemskiej](#), do głębokości ok. 20 km (przeciętnie 30°C na 1 km). Głębiej wzrost ten następuje zdecydowanie wolniej. Różnymi metodami obliczono, że na głębokości 15 km panuje temperatura ok. 450°C, a na głębokości 120 km – ok. 1200°C. Gdyby temperatura Ziemi na całej długości jej promienia rosła tak samo szybko, jak w strefie przypowierzchniowej, to we wnętrzu Ziemi przekraczałaby 200 tys.°C. Tymczasem, według aktualnych hipotez badawczych, wynosi ona od 5 do 8 tys.°C.



Wykres zmiany temperatury we wnętrzu Ziemi

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Tempo wzrostu temperatury w skorupie ziemskiej określa [stopień geotermiczny](#). Jest to mierzona pionowo w głąb Ziemi odległość w metrach, która odpowiada wzrostowi temperatury skał o 1°C. Stopień geotermiczny zależy od rodzaju skał, ich przewodnictwa cieplnego, uwodnienia i zachodzących w nich procesów chemicznych, a także od bliskości ognisk magmowych. W kopalniach węgla, dzięki wyższej temperaturze, która panuje wskutek stałych procesów chemicznych (egzotermicznych), stopień geotermiczny jest mniejszy.

Stopień geotermiczny zmienia się w granicach od kilku do stu kilkudziesięciu metrów – przeciętnie dla Ziemi wynosi on 33 m. Bardzo małą wartością stopnia geotermicznego charakteryzują się np. czeskie kopalnie węgla brunatnego – 5,2 m, a bardzo dużą kopalnie

złota w RPA – ponad 109 m. W Europie średnia wartość stopnia geotermicznego wynosi ok. 33 m, w Polsce to ponad 47 m, a na Półwyspie Kolskim w Rosji osiąga ponad 120 m.

To, że temperatura wzrasta wraz z głębokością, ma ogromne znaczenie praktyczne. Jeżeli temperatury w kopalniach osiągają wartości wyższe niż temperatura ciała człowieka, praca tam jest bardzo trudna. Od szybkości wzrostu temperatury zależy możliwość eksploatacji niżej położonych pokładów. Człowiek nie może pracować w miejscu, w którym temperatura osiąga powyżej 40–45°C, ponieważ jest to niebezpieczne dla jego zdrowia i życia.

Stopień geotermiczny wpływa na temperaturę skał, a także wód podziemnych. Energia cieplna skał, wody i gruntu pod powierzchnią Ziemi jest zaliczana do odnawialnych źródeł energii i nazywana energią geotermalną (geotermiczną, geotermią). To dzięki energii cieplnej wnętrza naszej planety woda na dużych głębokościach osiąga wysoką temperaturę, dlatego m.in. na jej powierzchnię wypływają gorące źródła, które mogą być wykorzystywane przez ludzi w lecznictwie (gorące wody wypełniają baseny w ośrodkach uzdrowiskowych i rekreacyjnych), do kąpieli, ogrzewania budynków mieszkalnych, a nawet produkcji energii elektrycznej. Wody geotermalne są także wydobywane za pomocą głębokich odwiertów.

Zasadniczy problem związany z wykorzystaniem wód geotermalnych stanowi ich temperatura (pożądana jest temperatura powyżej 40°C), a przede wszystkim ich ilość. Z tego powodu w Polsce są wykorzystywane w małym stopniu, głównie na Podhalu. Należy zaznaczyć, że ciągle trwają poszukiwania tych wód (o odpowiedniej temperaturze i ilości) – geolodzy twierdzą, że w naszym kraju istnieją bogate zasoby energii geotermalnej, które mogą zaspokoić nawet 30% zapotrzebowania na energię ciepłą.

Ważne!

Stopnia geotermicznego nie należy mylić z gradientem geotermicznym, który określa przyrost temperatury na jednostkę odległości w głąb Ziemi i jest podawany w °C/m, lub w °C/km.

Polecenie 1

Prawidłowa temperatura ciała człowieka wynosi $36,6^{\circ}\text{C}$. W wyższej temperaturze praca jest bardzo trudna. Od wielkości stopnia geotermicznego zależy możliwość eksploatacji pokładów złóż niżej położonych, wyznacza on bowiem dolną granicę, poniżej której, ze względu na wysoką temperaturę (powyżej $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$), nie można już pracować. Na obszarze Zagłębia Górnośląskiego w Polsce stopień geotermiczny wynosi $31\text{--}35\text{ m}$ (przyjmij średnią 33 m). Oblicz, czy możliwa jest tutaj eksploatacja węgla na głębokości 1600 m . Na powierzchni przyjmij średnią roczną temperaturę powietrza wynoszącą 7°C .

Wskutek różnicy temperatur między głębszymi warstwami skorupy ziemskiej a jej powierzchnią następuje przepływ ciepła skierowany ku powierzchni. Ponieważ skały są złymi przewodnikami ciepła, tempo przepływu jest z reguły powolne, natomiast wyraźnie wzrasta, jeżeli w głębi Ziemi występują prądy konwekcyjne. Na ogół przepływ ciepła przez skorupę ziemską jest bardziej intensywny w obszarach górskich, a przede wszystkim wulkanicznych. Dno oceaniczne charakteryzuje się zbliżoną do powierzchni lądu wielkością przepływu ciepła – najniższe wartości występują w głębokich [rowach oceanicznych](#).

Ważnym źródłem ciepła jest również rozpad substancji promieniotwórczych. Pierwiastki promieniotwórcze (w bardzo małych ilościach) rozsiane są niemal we wszystkich skałach skorupy ziemskiej. Ich rozpad wyzwala znaczne ilości energii cieplnej. Ilość substancji promieniotwórczych jest największa w skałach kwaśnych (np. w granitach), mniejsza w zasadowych (np. w bazaltach), w meteorytach jest natomiast znikoma.

Miejsce w Polsce	Stopień geotermiczny [m]	Miejsce na świecie	Stopień geotermiczny [m]
Lądek Zdrój, Cieplice Śląskie	20,0	Larderello (Włochy)	1,5
Górny Śląsk (Paruszowice)	32,0	Budapeszt (Węgry)	15,0
Kujawy (Szubin)	33,0	Japonia	23,0
Karpaty (średnio)	42,0	Bristol (Wielka Brytania)	37,9
Zakopane	47,1	Masyw Czeski	66,0
Olsztyn	57,9	Krzywy Róg (Ukraina)	112,5
Pisz	96,0	Wyspy Bahama	180,2

Stopień geotermiczny w Polsce i w wybranych miejscach na świecie

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Podsumowując:

- w pobliżu ognisk magmowych, gorących źródeł czy młodych gór fałdowych wartości stopnia geotermicznego są niższe;
- na obszarach starych [tarcz](#) i [platform kontynentalnych](#) wartości stopnia geotermicznego są wyższe.

Polecenie 2

Przeanalizuj podane poniżej informacje. Korzystając z map geologicznych (w atlasie geograficznym), sprawdź budowę geologiczną miejsc, w których występują wymienione kopalnie. Uwzględniając stopień geotermiczny w tych miejscach, wyjaśnij, dlaczego eksploatacja surowców mineralnych odbywa się tam na różnych głębokościach, np. w Polsce nie są eksploatowane pokłady węgla z głębokości większych niż w kopalni Budryk. Przemysł trudności, które napotkałby turysta, gdyby trasa turystyczna została otwarta w najgłębszej polskiej kopalni. Czy byłyby takie same jak w kopalni na Ukrainie? Uzasadnij swoją odpowiedź.

Rosnące zapotrzebowanie na surowce sprawia, że kopalnie sięgają do coraz głębszych złóż. Najgłębsze kopalnie świata (np. kopalnia złota TauTona w Republice Południowej Afryki) – miejsca, do których dotarł człowiek bezpośrednio pod powierzchnię Ziemi – mają ok. 4000 m głębokości. Tylko po złoto opłaca się sięgać na ponad 4 km w głąb Ziemi. Największym problemem w ultragłębokich miejscach wydobywania jest temperatura. W Polsce najgłębszy szyb węglowy osiągnął ok. 1290 m głębokości. Znajduje się na Górnym Śląsku, w kopalni Budryk. Najgłębiej położona trasa turystyczna na świecie została udostępniona do zwiedzania na Ukrainie. W kopalni rud żelaza w miejscowości Krzywy Róg można zjechać na głębokość 1556 m pod ziemię.

Polecenie 3

Oblicz i porównaj temperatury w kopalni na Węgrzech i w Polsce na głębokości 450 m. Przyjmij średnie roczne temperatury powietrza – w Polsce $+7^{\circ}\text{C}$, a na Węgrzech $+10^{\circ}\text{C}$. Stopień geotermiczny dla Polski to 47 m, a dla Węgier - 15 m. Przedstaw wnioski ważne z punktu widzenia pracy górników.

Słownik

platforma kontynentalna

fragment płyty litosferycznej składający się z podłoża krystalicznego (cokołu lub fundamentu) i pokrywy osadowej

rów oceaniczny

wydłużone zagłębienie dna oceanicznego, o stromych stokach i płaskim dnie, występujące w strefie subdukcji

skorupa ziemska

zewnątrzna część litosfery, ograniczona od góry atmosferą i hydrosferą, a od dołu granicząca z górną warstwą płaszcza ziemskiego, zbudowana głównie ze związków krzemu i glinu

stopień geotermiczny

mierzona pionowo w głąb Ziemi odległość w metrach, która odpowiada wzrostowi temperatury skał o 1°C

tarcza kontynentalna

rozległy fragment cokołu płyty kontynentalnej pozbawiony pokrywy osadowej

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Na mapie wyróżniono różne miejsca na kuli ziemskiej. Zaznaczając je, dowiesz się, jakie wartości stopnia geotermicznego w nich występują. Zapoznasz się również z informacjami dotyczącymi głównych czynników odpowiedzialnych za jego zróżnicowanie.

Stopień geotermiczny w wybranych miejscach w Europie

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Stopień geotermiczny w wybranych miejscach na świecie

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawną definicję stopnia geotermicznego.

- ☐ Średni spadek temperatury we wnętrzu skorupy ziemskiej liczony co 100 m.
- ☐ Średnia zmiana temperatury wody w oceanach mierzona na każde 1000 m głębokości.
- ☐ Mierzona pionowo w głąb Ziemi odległość w metrach, która odpowiada wzrostowi temperatury skał o 1°C .
- ☐ Mierzona w metrach głębokość, na której temperatura wzrasta o $0,6^{\circ}\text{C}$.

Ćwiczenie 2



Oblicz, jaka teoretycznie może być temperatura w jednej z kopalni w RPA na głębokości 1750 m. Średnia roczna temperatura powietrza w RPA wynosi $+16^{\circ}\text{C}$, a stopień geotermiczny – 117 m. Wynik zaokrąglij do pełnego stopnia. Wybierz prawidłową odpowiedź.

- ☐ 24°C
- ☐ 31°C
- ☐ 42°C
- ☐ 15°C
- ☐ 0°C

Ćwiczenie 3



Wstaw poprawne sformułowania w tekście.

W Polsce, w porównaniu do RPA, występuje stopień geotermiczny. W RPA dzięki wartości stopnia geotermicznego praca górników na dużych głębokościach. Gdyby polskie kopalnie węgla kamiennego osiągnęły głębokość 2000 m, to górnicy .

nie mieliby dostępu do tlenu

porównywalny

mniejszy

nie mogliby wydobywać surowców

mogliby wydobywać surowce

możliwa jest

nie jest możliwa

większy

Ćwiczenie 4



Zaznacz poprawne odpowiedzi. Wartość stopnia geotermicznego jest uzależniona od:

☐ głębokości zalegania ciał magmowych

☐ przewodnictwa cieplnego skał

☐ wód powierzchniowych, w tym występowania bagien

☐ ciśnienia atmosferycznego

Ćwiczenie 5



Uporządkuj miejsca według rosnącego stopnia geotermicznego.

Sapporo (Japonia)



Minas Gerais (Brazylia)



Santoryn (Grecja)



Półwysep Kolski (Rosja)



Witwatersrand (RPA)



Zagłębie Górnośląskie (Polska)



Ćwiczenie 6



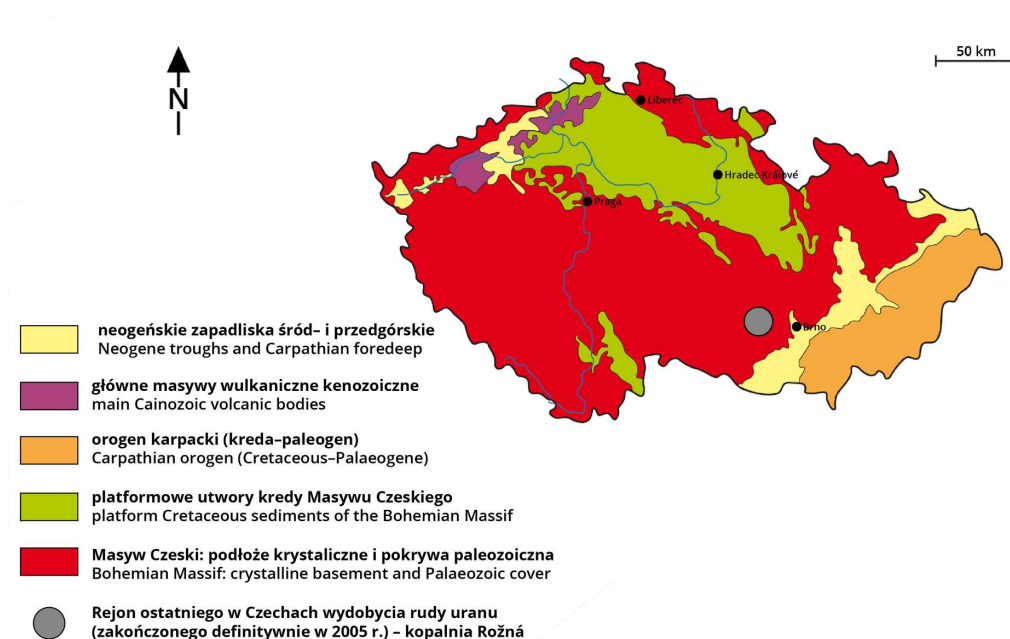
Zaznacz, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Na obszarze starych tarcz kontynentalnych stopień geotermiczny osiąga najwyższe wartości.	☐	☐
Średnia wartość stopnia geotermicznego dla kuli ziemskiej wynosi 3,3 m.	☐	☐
W Zakopanem (Polska) wartości stopnia geotermicznego są niższe niż w Budapeszcie (Węgry).	☐	☐
Od wielkości stopnia geotermicznego zależy możliwość eksploatacji głębiej położonych pokładów surowców mineralnych.	☐	☐



Na obszarze występowania gorących źródeł działają trzy zakłady, które wykorzystują energię geotermalną: zakład przetwórstwa spożywczego, hodowla ryb i elektrownia. Występuje tutaj również kilkadziesiąt budynków mieszkalnych. Woda pozyskiwana ze źródeł osiąga temperaturę około 200°C (wody przegrzane). Przeanalizuj tę sytuację i wskaż kolejność, w jakiej wymienione zakłady i budynki mieszkalne powinny skorzystać z gorących źródeł, tak aby ich użycie było jak najefektywniejsze. Uzasadnij odpowiedź.

Mapa przedstawia budowę geologiczną Republiki Czeskiej – w większości są to utwory tworzące Masyw Czeski. W jego południowej i południowo-zachodniej części do końca XX wieku eksploatowano złoża uranu. Rudy uranu odkryto tutaj nawet na głębokości 1200 metrów. Średni stopień geotermiczny dla Masywu Czeskiego wynosi 66 metrów. Korzystając z mapy i uzyskanych wcześniej informacji na temat stopnia geotermicznego, określ jego wielkość w Masywie Czeskim. Następnie oblicz temperaturę w kopalni rudy uranu, gdyby prace odbywały się na wspomnianej głębokości 1200 m (średnia temperatura powietrza dla okolic Pragi Czeskiej i Brna wynosi około $+9^{\circ}\text{C}$).



Źródło: P. Migoń, E. Pijet-Migoń, *Czeski Raj – nowy europejski geopark*, „Geoturystyka” 2006, nr 4 (7), s. 22 (zmodyfikowane), dostępny w internecie: geopark.org.pl.

Dla nauczyciela

SCENARIUSZ LEKCJI

Imię i nazwisko autorki: Anna Ruszczyk

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Zróżnicowanie wielkości stopnia geotermicznego na Ziemi

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres podstawowy, klasa I

Podstawa programowa

V. Litosfera: związek budowy wnętrza Ziemi z tektoniką płyt litosfery, procesy wewnętrzne i zewnętrzne kształtujące powierzchnię Ziemi i ich skutki, skały.

Uczeń:

1) wyjaśnia związek budowy wnętrza Ziemi z ruchem płyt litosfery i jego wpływ na genezę procesów endogenicznych.

Kształtowane kompetencje kluczowe

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,
- kompetencje cyfrowe,
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- definiuje stopień geotermiczny,
- określa zróżnicowanie wielkości stopnia geotermicznego na Ziemi,
- wskazuje czynniki różnicujące wielkość stopnia geotermicznego,
- wyjaśnia znaczenie stopnia geotermicznego na Ziemi dla gospodarki człowieka,
- oblicza temperaturę w wybranych miejscach skorupy ziemskiej.

Strategie nauczania: asocjacyjna, problemowa

Metody nauczania: pogadanka, dyskusja, burza mózgów, mapa mentalna, metody operatywne (praca z e-materiałem, praca z mapą)

Formy zajęć: praca indywidualna, praca w parach, praca w grupach

Środki dydaktyczne; tablica interaktywna/monitor dotykowy/tablety, e-materiał, atlas, mapa fizyczna Europy i świata, arkusze papieru, pisaki, ewentualnie podręcznik

Materiały pomocnicze

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

Szczepanik T., *Geologia dynamiczna*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1977, s. 35–36.

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca

- Nauczyciel wprowadza uczniów w tematykę zajęć – pogadanka na temat głębokości wydobycia surowców mineralnych.
- Nauczyciel podaje temat lekcji i jej cele.

Faza realizacyjna

- Nauczyciel przedstawia wykres zmian temperatury wraz ze zmianą głębokości (grafika w części „Przeczytaj” e-materiału), prosi o analizę i wyciągnięcie wniosków – jak zmienia się temperatura wraz ze zmianą głębokości w przypowierzchniowych warstwach Ziemi (do głębokości 20 m), a jak na większych głębokościach? Uczniowie wspólnie analizują występowanie różnych temperatur na różnych głębokościach, rozmawiają o tempie zmian temperatury.
- Wprowadzenie pojęcia stopnia geotermicznego – nauczyciel prosi o przedstawienie definicji na podstawie e-materiału, następnie uczniowie szukają przykładów wartości stopnia geotermicznego w różnych miejscach na Ziemi (e-materiał lub inne dostępne źródło).
- Uczniowie wyszukują dane miejsca w atlasie, wskazują je również na mapie fizycznej świata.
- Burza mózgów – przyczyny występowania na Ziemi różnych wartości stopnia geotermicznego.
- Uczniowie zapisują na tablicy podawane przyczyny (nauczyciel weryfikuje, ewentualnie podpowiada).
- Nauczyciel wyjaśnia terminy, które pojawiają się w trakcie rozmowy (nauczyciel sam może wskazywać niektóre nazwy, uczniowie nie muszą jeszcze znać wszystkich z nich): np. tarcze i platformy kontynentalne, rowy oceaniczne, młode góry fałdowe, wulkanizm.
- Następnie nauczyciel prosi uczniów, aby pracując w parach, zapoznali się z grafiką interaktywną w e-materiale.
- Krótka dyskusja na temat wartości i przyczyn zróżnicowania stopnia geotermicznego w podanych miejscach w Europie i na świecie (utrwalenie przyczyn zróżnicowania

wartości stopnia geotermicznego).

- Nauczyciel dzieli uczniów na grupy (każda otrzymuje arkusz papieru) – zadaniem uczniów jest opracowanie mapy myśli na temat: „W jakim celu ludziom może się przydać znajomość stopnia geotermicznego?”.
- Uczniowie mogą korzystać z różnych źródeł informacji, nauczyciel kontroluje pracę, wspiera w razie potrzeby.
- Po upływie określonego przez nauczyciela czasu uczniowie prezentują na forum klasy swoje mapy myśli.
- Możliwa krótka dyskusja i podsumowanie pracy grup.

Faza podsumowująca

- Nauczyciel wprowadza uczniów do ćwiczeń z e-materiału (dobrze byłoby, gdyby uczniowie indywidualnie wykonali wszystkie ćwiczenia), nauczyciel wspomaga uczniów w trudniejszych zadaniach.
- Nauczyciel ocenia pracę i zaangażowanie uczniów podczas lekcji; podsumowuje etapy lekcji, zestawiając je z założonymi celami.
- Nauczyciel pyta o ewentualne trudności i o to, co było nową wiedzą dla uczniów, co było im znane, do czego mogą wykorzystać poznany na lekcji materiał.

Praca domowa

(polecenie podobne do polecenia 3. z części „Przeczytaj” e-materiału)

- Oblicz i porównaj temperatury w kopalni na Węgrzech i w Polsce na głębokości 550 m. Przyjmij średnie roczne temperatury powietrza – w Polsce $+7^{\circ}\text{C}$, a na Węgrzech $+10^{\circ}\text{C}$. Stopień geotermiczny dla Polski to 47 m, a dla Węgier 15 m. Przedstaw wnioski ważne z punktu widzenia pracy górników.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Grafikę interaktywną można wykorzystać na lekcji z zakresu rozszerzonego dotyczącej wód podziemnych i źródeł – ich występowania i znaczenia gospodarczego (IV. 3). Grafikę interaktywną można wykorzystać na lekcji powtórzeniowej z zakresu podstawowego, z działu V („Litosfera”).