



Erupcja Krakatau – skutki bezpośrednie i pośrednie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film edukacyjny](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Erupcja Krakatau – skutki bezpośrednie i pośrednie

Źródło: Lord Mountbatten, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Erupcja wulkanu, do której doszło 27 sierpnia 1883 roku, była jedną z największych naturalnych klęsk żywiołowych w dziejach. Liczba ofiar śmiertelnych to około 40 tysięcy osób. Inne źródła szacują ją na ponad 120 tysięcy. Wśród skutków erupcji najgroźniejsze (wyłączając obszar bezpośrednio przyległy do wulkanu) okazało się tsunami. Gazy i pyły uwolnione do atmosfery powodowały kolejne następstwa, które nie miały jednak niszczących i długofalowych skutków w skali całego globu.

Twoje cele

- Wymienisz i scharakteryzujesz wskaźniki określające wielkości erupcji wulkanicznych.
- Podasz przykłady największych erupcji wulkanicznych w przeszłości i scharakteryzujesz je.
- Przedstawisz przebieg oraz bezpośrednie i pośrednie skutki największych erupcji wulkanicznych na przykładzie erupcji wulkanu Krakatau.
- Ocenisz znaczenie gwałtownych i silnych zjawisk wulkanicznych dla ludności.

Przeczytaj

Wulkanizm – podsumowanie

Wulkanizm to słowo oznaczające procesy związane z wydostawaniem się na powierzchnię Ziemi lawy, gazów wulkanicznych i materiału piroklastycznego. Przejawem wulkanizmu jest powstawanie i aktywność wulkanów, występowanie ekshalacji i tworzenie się skał wulkanicznych. Proces ten ma wpływ na powstawanie charakterystycznych form rzeźby terenu.

Przed zapoznaniem się z tym e-materiałem warto przypomnieć sobie podstawowe kwestie dotyczące wulkanizmu. Wyjaśniono je szczegółowo w osobnych lekcjach. Przyczyny zjawisk wulkanicznych zostały opisane w materiale „[Przyczyny zjawisk wulkanicznych](#)”. Budowę i typy wulkanów przedstawiono w lekcji „[Budowa i typy wulkanów według różnych kryteriów](#)”. Produkty erupcji wulkanicznych i ich kategoryzację ujęto w w materiale „[Produkty erupcji wulkanicznych](#)”. O procesie erupcji wulkanu można przeczytać w temacie „[Erupcja wulkanu](#)”, o obszarach wulkanicznych - w materiale „[Obszary wulkaniczne na Ziemi](#)”, a o skutkach wulkanizmu - w temacie pt. „[Negatywne i pozytywne skutki zjawisk wulkanicznych](#)”. Natomiast metody przewidywania wybuchów wulkanów zostały opisane w lekcji „[Metody przewidywania wybuchów wulkanów i ich znaczenie](#)”.

Wielkość erupcji wulkanicznej

Wskaźnikiem rozmiarów (wielkości) erupcji najczęściej jest ilość produktów erupcji wyrażona **ilością wyemitowanej tefry lub lawy**. W celu określenia ilości tefry lub potoków lawowych należy przeprowadzić badania terenowe i określić przestrzenny

ich zasięg i grubości warstw tefry lub potoków lawy. Znając te parametry, można oszacować objętość tych produktów wulkanicznych. Obecnie stosuje się **skalę VEI** (ang. Volcanic Explosivity Index, **wskaźnik eksplozywności wulkanicznej**). Skala ta składa się z 9 stopni: od 0 do 8. Erupcje najsłabsze (VEI = 0–1) mają zwykle charakter efuzyjny z wyrzutem bardzo małej ilości tefry. Każdy następny stopień skali powyżej 1 odpowiada wyrzutowi 10-krotnie większej objętości tego materiału. Największe erupcje (VEI = 8) mają zwykle charakter eksplozywny i powodują wyrzut ogromnej ilości tefry. Skala ta bierze także pod uwagę wysokość słupa popiołów. Towarzyszy im często rozerwanie górnej części stożka (pod wpływem wzrostu ciśnienia wynikającego z nagromadzenia się tam magmy i innych produktów wulkanicznych) i powstania [kaldery](#). Może ona powstać także na skutek zapadnięcia się stropu komory magmowej.

VEI	Objętość tefry [km ³]	Wysokość pióropusza [km]	Globalna częstość występowania
0	> 0,000001	< 0,1	codziennie
1	> 0,00001	0,1-1	codziennie
2	> 0,001	1-5	co tydzień
3	> 0,01	3-15	co roku
4	> 0,1	10-25	~ co 10 lat
5	> 1	> 25	~ co 50 lat
6	> 10	> 25	~ co 100 lat
7	> 100	> 25	~ co 1000 lat
8	> 1000	> 25	~ co 10 000-100 000 lat

M. Awdankiewicz, *Największe erupcje wulkaniczne na Ziemi*, „Kosmos” 2011, t. 60, nr 3-4, s. 292-293.

Wadą skali VEI jest porównywalność wielkości erupcji jedynie w odniesieniu do ich eksplozywności. Nawet bardzo duże wylewy lawy podczas [erupcji efuzywnych](#), którym towarzyszy zwykle niewielki wyrzut tefry, będą odznaczały się niskimi wartościami wskaźnika VEI. Należy także dodać, że [tefra](#) charakteryzuje się dużą porowatością, natomiast lawy mają bardziej zbitą strukturę. Żeby porównać rozmiary [erupcji eksplozywnych](#) i efuzyjnych, wykorzystuje się **wskaźnik DRE** (z ang. Dense Rock Equivalent, **odpowiednik litej skały**). Wartość DRE jest obliczana na podstawie objętości i porowatości produktów erupcji i dzięki temu związana jest z pierwotną objętością wyrzuconej magmy. Naukowcy zbadali, że objętość tefry jest około 2 do 3 razy większa od objętości magmy, z której powstała, natomiast objętości potoków lawowych są podobne do pierwotnej objętości magmy.

Z uwagi na zmienną gęstość produktów erupcji oblicza się **magnitudę** erupcji. Wyznacza się ją na podstawie masy magmy wyemitowanej podczas wybuchu wulkanu:

$$\text{magnituda} = \log_{10}(\text{masa wyemitowanej magmy, w kg}) - 7$$

Polecenie 1

Podczas erupcji pewnego wulkanu masę wyemitowanej magmy określono na 10^9 t. Oblicz magnitudę erupcji.

Istnieje jeszcze inny parametr dotyczący wielkości erupcji - **intensywność**. Określa on tempo erupcji, czyli masę magmy wydobywającej się z wulkanu w jednostce czasu:

$$\text{intensywność} = \log_{10}(\text{tempo erupcji magmy, w kg/s}) + 3$$

Polecenie 2

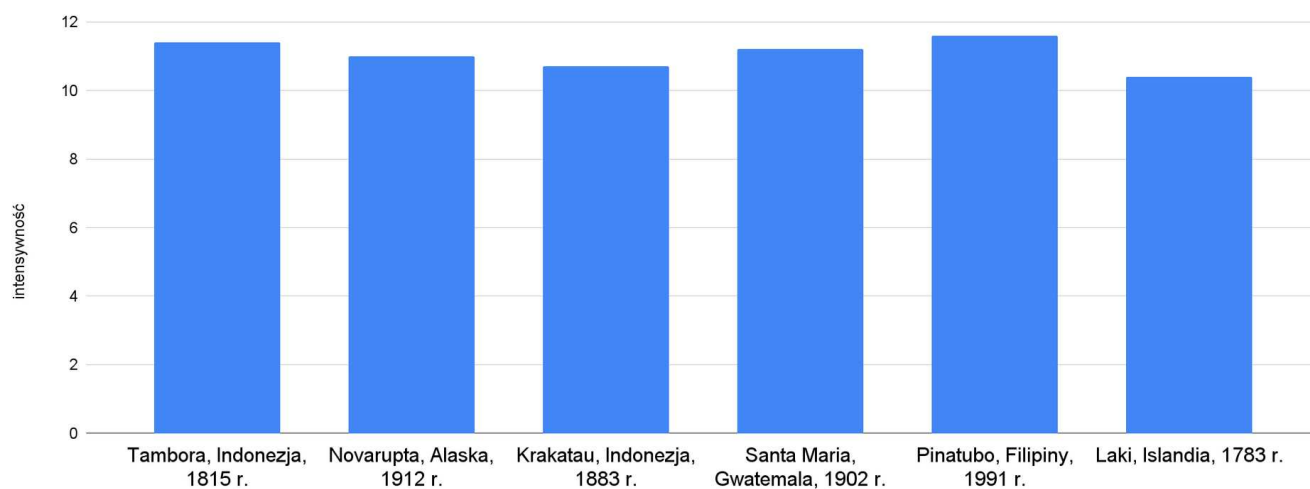
Z pewnego wulkanu podczas erupcji wydobywała się magma z prędkością 1000 kg/s. Oblicz intensywność erupcji.

Polecenie 3

Przeanalizuj poniższą tabelę, a następnie porównaj największe erupcje wulkaniczne pod względem objętości tefry, objętości magmy, VEI i intensywności. Oceń konieczność stosowania różnych parametrów podczas porównywania erupcji eksplozywnych (eksplozywnych) i efuzyjnych (efuzywnych).

Erupcja	Objętość tefry [km ³]	Objętość magmy (DRE), [km ³]	VEI	Intensywność
ERUPCJE EKSPLOZYWNE				
Tambora, Indonezja, 1815 r.	160	50	7	11,4
Novarupta, Alaska, 1912 r.	28	12	6	11,0
Krakatau, Indonezja, 1883 r.	20	10	6	10,7
Santa Maria, Gwatemala, 1902 r.	20	8,6	6	11,2
Pinatubo, Filipiny, 1991 r.	11	5	6	11,6
ERUPCJE EFUZYJNE				
Laki, Islandia, 1783 r.	0,9	15	4	10,4

M. Awdankiewicz, *Największe erupcje wulkaniczne na Ziemi*, „Kosmos” 2011, t. 60, nr 3–4, s. 292–293.



Intensywność wybranych erupcji

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

Słownik

stratowulkan

rodzaj wulkanu, którego magma charakteryzuje się dużą zawartością krzemionki

erupcja efuzywna (efuzyjna)

erupcja wulkanu, która przebiega w sposób spokojny; z wulkanu wydobywa się lawa - zwykle zasadowa, uboga w krzemionkę, a bogata w oliwin i skalenionce; ze względu na skład chemiczny odznacza się małą lepkością, więc wylewa się na duże obszary; oprócz lawy ze stożka wydostaje się także para wodna; dotyczy wulkanów tarczowych

erupcja eksplozywna (eksplozyjna)

erupcja wulkanu, która przebiega w sposób gwałtowny; z wulkanu wydobywa się lawa - zwykle kwaśna, bogata w krzemionkę, a uboga w oliwin i skalenionce; ze względu na skład chemiczny odznacza się dużą lepkością, więc często może zakrzepnąć jeszcze w kominie wulkanicznym; w wyniku wzrostu ciśnienia możliwe jest w takiej sytuacji rozerwanie górnej części stożka; oprócz lawy ze stożka wydostaje się także tefra, gazy i para wodna; dotyczy wulkanów stożkowych

kaldera

koliste, dość płytkie i rozległe zagłębienie w szczytowej części wulkanu powstałe w wyniku erupcji eksplozywnej wulkanu stożkowego

tefra (materiał piroklastyczny)

ogół stałych produktów erupcji wulkanicznej: bloki skalne (z wyrwanych ścian), bomby wulkaniczne, lapille (kamyczki), piasek i popioły wulkaniczne (najdrobniejsze cząstki rozpylonej lawy) oraz pumeks (porowata skała, z której uwolniona została duża ilość gazów w trakcie stygnięcia)

Film edukacyjny

Erupcja wulkanu Krakatau

Zapoznaj się z filmem, a następnie wykonaj polecenia.

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1Exp20Ts>

Erupcja wulkanu Krakatau

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

Film opisuje erupcję wulkanu Krakatau.

Polecenie 1

Na podstawie ilości wyrzuconego materiału i wysokości słupa popiołów określ skalę wybuchu (VEI) Krakatau w 1883 roku.

Polecenie 2

Jakie bezpośrednie i pośrednie skutki miała erupcja wulkanu Krakatau w 1883 roku?

Polecenie 3

Oceń i uzasadnij, czy w przyszłości bioróżnorodność na wyspie Krakatau osiągnie poziom sprzed eksplozji.

Polecenie 4

Zastanów się i zapisz, co może wydarzyć się na tym obszarze w ciągu najbliższych lat, pamiętając, że jest to obszar aktywny sejsmicznie. Jakie mogą być tego konsekwencje?

Grafika interaktywna

Wybrane najsilniejsze erupcje wulkaniczne ze względu na wybuch w dziejach świata

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., oprac. na podstawie W. Mizerski, *Geologia dynamiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010; volcano.si.edu licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Wyjaśnij związek między położeniem wymienionych wyżej wulkanów a siłą erupcji.

Polecenie 2

Korzystając z dostępnych źródeł, sprawdź VEI opisanych erupcji. Przyporządkuj te erupcje do odpowiedniej skali eksplozywności. Wyjaśnij, dlaczego przedstawione powyżej bardzo silne erupcje wulkaniczne dotyczą najczęściej stratowulkanów.

VEI 3

Fuego, 2018 r.

St. Helens, 1980 r.

Katmai, 1912 r.

VEI 4

El Chicón, 1982 r.

Tambora, 1815 r.

Nevado del Ruiz, 1985 r.

VEI 5

Pinatubo, 1991 r.

Puyehue, 2011 r.

Wezuwiusz, 79 r.

VEI 6

Bezimienny, 1956 r.

Pelée, 1902 r.

VEI 7

Polecenie 3

Korzystając z różnych źródeł informacji geograficznej, a także z własnej wiedzy, wymień zjawiska poprzedzające wybuch wulkanu. Jakie są sposoby ograniczania skutków wybuchów wulkanów?

Polecenie 4

Wybierz jedną z opisanych erupcji i, korzystając z różnych źródeł informacji geograficznej, opisz ją szerzej.

Dla nauczyciela

SCENARIUSZ LEKCJI

Imię i nazwisko autora: Kamil Kaliński

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Erupcja Krakatau – skutki bezpośrednie i pośrednie

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres rozszerzony, klasa IV

PODSTAWA PROGRAMOWA

XVIII. Problemy środowiskowe współczesnego świata: tropikalne cyklony, trąby powietrzne, sztormy, powodzie, tsunami, erozja gleb, wulkanizm, wstrząsy sejsmiczne, powstawanie lejów krasowych, zmiany klimatu, pustynnienie, zmiany zasięgu lodowców, ograniczone zasoby wody na Ziemi, zagrożenia georóżnorodności i bioróżnorodności.

Uczeń:

3) przedstawia genezę i skutki geologicznych zagrożeń (wulkanizm, trzęsienia ziemi, powstawanie lejów krasowych).

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:

- wymienia i charakteryzuje wskaźniki wielkości erupcji wulkanicznych,
- podaje przykłady największych erupcji wulkanicznych w dziejach i charakteryzuje je,
- przedstawia przebieg oraz bezpośrednie i pośrednie skutki największych erupcji wulkanicznych na przykładzie erupcji wulkanu Krakatau,
- ocenia znaczenie gwałtownych i silnych zjawisk wulkanicznych dla ludności.

Strategie nauczania: konektywizm, odwrócona klasa

Metody nauczania: dyskusja, praca z e-materiałem, prezentacja multimedialna, JIGSAW

Formy zajęć: praca indywidualna, praca w grupach, praca całego zespołu klasowego

Środki dydaktyczne: e-materiał, komputer, projektor multimedialny (lub tablety z dostępem do internetu), mapa Azji Południowo-Wschodniej

Materiały pomocnicze

Awdankiewicz M., *Największe erupcje wulkaniczne na Ziemi*, „Kosmos” 2011, t. 60, nr 3–4, s. 227–234.

Karasiewicz M. T., *Współczesna aktywność wulkaniczna na Ziemi*, Zakład Geomorfologii i Paleogeografii Czwartorzędu, Instytut Geografii UMK, Toruń 2006.

Kotlarz P., *Katakлизmy, które zmieniły obraz Ziemi (perspektywa antropologiczno-historyczna)*, Fundacja Kultury „WOBEC”, Gdańsk 2019.

Mizerski W., *Geologia dynamiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.

Największe erupcje wulkaniczne XXI wieku na świecie, arcgis.com [dostęp 6.07.2021].

[World Organization of Volcano Observatories](http://www.volcanoobservatories.org) [dostęp 6.07.2021].

PRZEBIEG LEKCJI

Kilka lekcji wcześniej nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z grafiką interaktywną pt. *Wybrane najsilniejsze erupcje wulkaniczne w dziejach świata*. Uczniowie wykonują w parach (lub grupach) polecenie 4 do tego multimedium, na przykład w formie prezentacji multimedialnej.

Faza wprowadzająca

- Czynności organizacyjne (powitanie, sprawdzenie obecności).
- Sprawdzenie zadania domowego.
- Dialog z uczniami mający na celu usystematyzowanie podstawowych wiadomości na temat wulkanizmu. Najważniejsze treści zawarte w e-materiałach wymienionych na początku części „Przeczytaj” (*Wulkanizm – podsumowanie*).
- Przedstawienie celów lekcji.

Faza realizacyjna

- Nauczyciel inicjuje dyskusję klasową na temat miar wielkości erupcji wulkanicznej. W tym celu posiłkuje się fragmentem części „Przeczytaj” wyświetlonym na ekranie. W trakcie tej części lekcji nauczyciel objaśnia uczniom sposób obliczania wybranych wskaźników, po czym chętni uczniowie rozwiązują polecenia obliczeniowe z tej części e-materiału na tablicy.

- Następnie nauczyciel wyświetla na ekranie grafikę interaktywną. Prosi uczniów o wykonanie poleceń od 1 do 3. Chętni uczniowie zgłaszają swoje pomysły. Nad przebiegiem tej części lekcji czuwa nauczyciel.
- W kolejnym etapie lekcji nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z filmem edukacyjnym. Następnie dzieli uczniów na cztery grupy. Każda z grup wykonuje jedno polecenie do tego multimediu, np. grupa I – polecenie 1. itd. Uwaga! Ważne, aby liczebność grup była taka sama lub większa niż liczba grup. W ten sposób możliwy będzie do wykonania kolejny etap pracy w grupach.
- Po zakończonej pracy nauczyciel tworzy nowe grupy w taki sposób, żeby w nowej grupie znalazła się przynajmniej jedna osoba z każdej z pierwotnych grup. Nowe grupy siadają w wyznaczonym przez nauczyciela miejscu.
- Zadaniem uczniów w nowo utworzonych grupach jest przekazanie swojej wiedzy, czyli tego, co ustalili w poprzednich grupach swoim kolegom i koleżankom (w ramach propozycji odpowiedzi na polecenia do e-materiału).
- Po zakończonym zadaniu uczniowie wracają do pierwotnych zespołów i wymieniają się zdobytymi informacjami.
- Następnie nauczyciel rozpoczyna dyskusję nad zdobytymi w grupie informacjami.
- W ostatnim etapie fazy realizacyjnej chętni uczniowie przedstawiają swoje prezentacje na temat innych katastrofalnych erupcji wulkanicznych. Po zakończonych prezentacjach następuje klasowa dyskusja na ich temat.

Faza podsumowująca

- Uczniowie dzielą kartkę w zeszycie na trzy części. W pierwszej części zapisują trzy rzeczy, których się nauczyli, w drugiej – dwie rzeczy, które chcieliby poznać jeszcze lepiej, a w trzeciej – jedno pytanie, które chcieliby zadać. Chętni uczniowie prezentują swoje notatki na forum klasy. Następuje wśród uczniów próba odpowiedzi na postawione pytania.
- Nauczyciel nagradza aktywnych uczniów i przypomina cele zajęć.
- Pożegnanie i zaproszenie na kolejną lekcję.

Praca domowa

- Znajdź odpowiedź na nurtujące cię pytania postawione w fazie podsumowującej – sporządź notatkę w zeszycie.
- Opcjonalnie można także prosić o zapoznanie się z kolejnym tematem lekcji (w przypadku blended learning).

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimediu

Grafika interaktywna i film edukacyjny mogą posłużyć zarówno w trakcie lekcji (w fazie realizacyjnej i podsumowującej), jak i przed lekcją (do strategii odwróconej klasy) oraz po lekcji (w celu utrwalenia wiadomości). Mogą także znaleźć swoje zastosowanie na lekcji powtórzeniowej, a także jako studium przypadku podczas omawiania zagadnień

dotyczących procesów endogenicznych (zakres podstawowy: V. 1, V. 2; zakres rozszerzony: V. 8, V. 9) lub geozagrożeń (zakres rozszerzony: XVIII. 4).