



Metody przewidywania trzęsień ziemi i ich znaczenie

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



Metody przewidywania trzęsień ziemi i ich znaczenie

Źródło: dostępny w internecie: pixy.org, domena publiczna.

Możliwość przewidywania trzęsień ziemi ma olbrzymie znaczenie. Trzęsienia ziemi mogą być katastrofalne w skutkach, prowadzą nie tylko do zniszczeń w zabudowie i infrastrukturze, ale przede wszystkim są przyczyną śmierci ludzi. Umiejętność przewidywania trzęsień z odpowiednim wyprzedzeniem pozwala na przygotowanie ludności do zbliżającego się zagrożenia i przeprowadzenie ewakuacji mieszkańców. Jednak prognozowanie trzęsień ziemi nie jest proste i od wielu lat poszukiwane są nowe metody, które umożliwią dokładne określenie lokalizacji, siły oraz czasu wystąpienia trzęsienia.

Twoje cele

- Omówisz klasyczne i współczesne metody przewidywania trzęsień ziemi.
- Ocenisz skuteczność metod przewidywania trzęsień ziemi.
- Omówisz znaczenie przewidywania trzęsień ziemi.

Trzęsienia ziemi spowodowane ruchami płyt tektonicznych występują najczęściej i mają największy zasięg. Stanowią one blisko 90% wszystkich trzęsień. Znacznie rzadziej występują trzęsienia spowodowane wybuchami wulkanów. Zjawiska wulkaniczne są

związane również z przemieszczaniem się magmy, ale także z wydobywaniem się gazów na powierzchnię, dlatego też mogą prowadzić do drgań i powstawania fal sejsmicznych. Najbardziej występują trzęsienia ziemi związane z występowaniem kopalń czy jaskiń i zapadaniem się ich stropów.

Siła trzęsień ziemi

Siła trzęsienia zależy zarówno od warunków, w których powstaje, jak również odległości od **epicentrum**. Do pomiaru siły trzęsień ziemi można używać różnych skal. Najczęściej stosuje się skalę Mercallego i skalę Richtera.

Skala Mercallego ma 12 stopni i mierzy intensywność wstrząsu, biorąc pod uwagę amplitudę drgań oraz czas drgania.

Charakterystyka skali Mercallego

Wielkość	Opis
1 stopień	Drgania wyczuwane tylko przez przyrządy.
2-3 stopnie	Lekkie drgania, odczuwane tylko przez niektórych ludzi.
4-5 stopni	Ogólnoodczuwalne wstrząsy, poruszanie się drobnych przedmiotów.
6-7 stopni	Wyraźne zniszczenia, odpadanie tynku, walenie się kominów.
8-10 stopni	Rozległe zniszczenia, powstawanie szczelin w ziemi, osuwisk.
11-12 stopni	Zmiany konfiguracji lądów, osuwiska, szczeliny, podniesienie się poziomu wód gruntowych.

Źródło: *Skale i skutki trzęsień ziemi*, pgi.gov.pl (dostęp 3.09.2021).

Skala Richtera mierzy energię, która zostaje wyzwolona poprzez trzęsienie ziemi, czyli tzw. **magnitudę**. Każdy stopień skali wskazuje na wyzwolenie energii 10 razy większej niż stopień poprzedzający. Najczęściej jednak skalę tę oznacza się do maksymalnie 10 stopni, co ma związek z najsilniejszym dotąd zanotowanym trzęsieniem ziemi, wynoszącym 9,5 stopnia w tej skali.

Charakterystyka wstrząsów w skali Richtera

Skala Richtera	Skutki	Średnia liczba trzęsień ziemi rocznie

Skala Richtera	Skutki	Średnia liczba trzęsień ziemi rocznie
< 2,0	Najmniejsze wstrząsy, rzadko odczuwane przez człowieka.	ok. 2 920 000
2,0–3,4	Wstrząsy odczuwane przez niewielką grupę ludzi.	ok. 800 000
3,5–4,2	Bardzo małe wstrząsy, odczuwane przez większość ludzi.	ok. 30 000
4,3–4,8	Odczuwane przez wszystkich, nieszkodliwe.	ok. 4800
4,9–5,4	Odczuwane przez wszystkich, powodują bardzo niewielkie zniszczenia.	ok. 1400
5,5–6,1	Średnie wstrząsy, powodują mniejsze uszkodzenia budynków.	ok. 500
6,2–6,9	Duże wstrząsy, powodują znaczne zniszczenia.	ok. 100
7,0–7,3	Poważne zniszczenia.	ok. 15
7,4–8,0	Ogromne zniszczenia.	ok. 4
8,1–8,9	Ogromne zniszczenia, katastrofalne skutki dla wielu krajów.	ok. 1
9,0	Trzęsienie, które może zburzyć wszystkie miasta na terenie większym niż kilkanaście tysięcy km ² .	ok. raz na 20 lat

Źródło: Skale i skutki trzęsień ziemi, pgi.gov.pl (dostęp 3.09.2021).

W Europie stosowana jest 12-stopniowa skala intensywności, nazwaną Europejską Skalą Makrosejsmiczną – EMS-98 (European Macroseismic Scale).

Europejska Skala Makrosejsmiczna – EMS-98

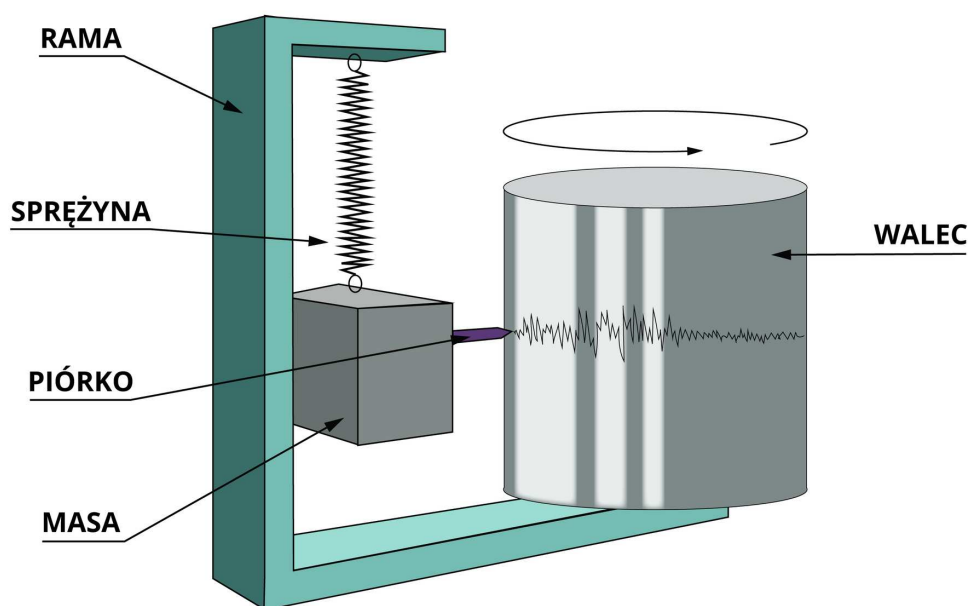
Stopień		Charakterystyka
I	NIEODCZUWALNE	Drgania nieodczuwalne, rejestrowane tylko przez przyrządy.
II	MAŁO ODCZUWALNE	Drgania odczuwane przez pojedyncze osoby przebywające w budowlach na wyższych piętrach i będące w stanie spoczynku.
III	SŁABE	Drgania odczuwane jako kołysanie przez nieliczne osoby przebywające w budynkach.

Stopień		Charakterystyka
IV	POWSZECHNIE ODCZUWALNE	Drgania odczuwane przez większość osób w budynkach. Obserwuje się lekkie kołysanie przedmiotów wiszących, drżenie szyb i naczyń. Drgania odczuwane przez nieliczne osoby znajdujące się na zewnątrz.
V	SILNE	Drgania odczuwane przez wszystkie osoby znajdujące się w budynkach z powodu kołysania się budynków. Następuje kołysanie przedmiotów wiszących i przesuwanie się mebli. Osoby śpiące wybudzają się. Na zewnątrz odczuwane przez wiele osób.
VI	LEKKO NISZCZĄCE	Powszechnie odczuwalne wewnątrz budynków, w budynkach obrazy spadają ze ścian, przesuwają i przewracają się meble, wielu ludzi opuszcza budynki; na budynkach powstają rysy w otynkowaniu, odpadanie tynku.
VII	NISZCZĄCE	Znaczne szkody, w mieszkaniach wszystkie przedmioty poprzysuwane i poprzewracane; ludzie w panice opuszczają budynki, pojawiają się rysy i spękania w murach, spadają dachówki.
VIII	BARDZO NISZCZĄCE	Budynki murowane ulegają poważnym uszkodzeniom. Wieże i kominy przewracają się. Budynki drewniane ulegają znacznym deformacjom.
IX	DESTRUKCYJNE	Mocne budynki murowane ulegają zawaleniu.
X	BARDZO DESTRUKCYJNE	Większość budynków ulega zniszczeniu aż do fundamentów. Drogi, mosty, tory kolejowe ulegają deformacjom i są poważnie uszkodzone.
XI	PUSTOSZĄCE	Budynki murowane zniszczone w całości. Zniszczeniu ulegają wały ziemne, rurociągi, szyny kolejowe. Zmiany w topografii terenu.
XII	CAŁKOWICIE PUSTOSZĄCE	Wszystkie konstrukcje ulegają całkowitemu zniszczeniu. Olbrzymie zmiany topograficzne. Liczne obrywy skalne, osuwiska. Poważne zmiany w sieci wodnej i wodach podziemnych.

Źródło: *Skale i skutki trzęsień ziemi*, pgi.gov.pl (dostęp 3.09.2021).

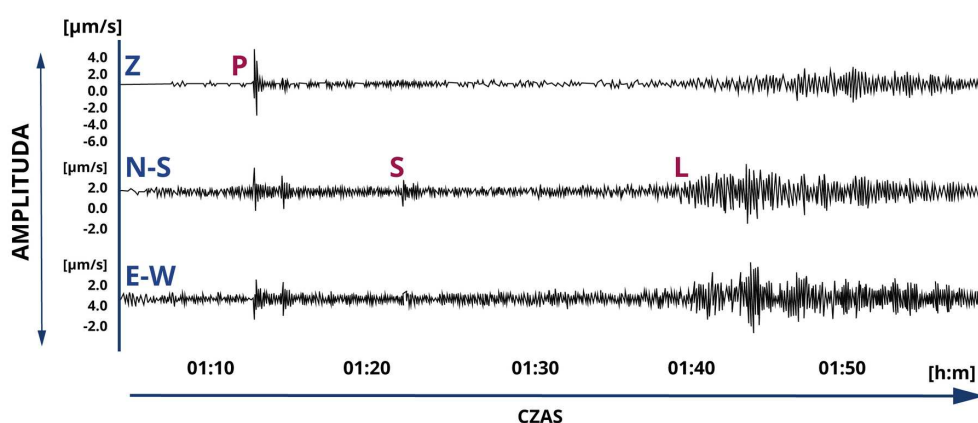
Pomiar trzęsienia ziemi

Pomiar siły trzęsienia ziemi jest możliwy dzięki **sejsmografom**, czyli urządzeniom, które rejestrują drgania w skorupie ziemskiej. Podstawowym elementem sejsmografu jest wahadło, czyli element zawieszony swobodnie, który reaguje ruchem na pojawiające się trzęsienie skorupy ziemskiej. Zapis trzęsienia ziemi tradycyjnie odbywał się za pomocą rylca, który odrysowywał trzęsienie na powierzchni stykającego się z nim walca (zob. poniższy rysunek). Później stosowano zapis za pomocą taśmy światłoczułej, a obecnie sejsmografy obsługiwane są za pomocą komputerów. Bez względu na zastosowany sposób zapisu, efektem jest **sejsmogram**, dzięki któremu można opisać przebieg trzęsienia.



Budowa sejsmografu

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, Zakład Sejsmologii i Fizyki Wnętrza Ziemi, [Sejsmografy, igf.edu.pl](http://sejsmografy.igf.edu.pl), licencja: CC BY-SA 3.0.



SEISMOGRAM TRZĘSIENIA NA MORZU JAPOŃSKIM Z 30 MARCA 2010 R.
P - FALE PODŁUŻNE
S - FALE POPRZECZNE
L - FALE POWIERZCHNIOWE

Sejsmogram trzęsienia na Morzu Japońskim z 30.03.2010 r.

Metody przewidywania trzęsień ziemi

Możliwość przewidywania trzęsień ziemi ma związek z pewnymi zjawiskami, które poprzedzają trzęsienie właściwe. Można do nich zaliczyć:

- spiętrzanie gruntu, które jest jednak niewidoczne gołym okiem i wymaga aparatury pomiarowej (przykładem może być wypukłość Palmdale koło Los Angeles),
- różną charakterystykę fal sejsmicznych (fale sejsmiczne pionowe zmniejszają swoją prędkość na kilka miesięcy lub tygodni przed trzęsieniem i ponownie przyspieszają tuż przed nim),
- zmianę poziomu wody w studniach,
- wzrost zawartości radonu w wodach gruntowych.

Dotychczasowe próby przewidywania trzęsień ziemi oraz ich skuteczność

Czas	Opis
od starożytności	Jedną z pierwszych metod przewidywania trzęsień ziemi była obserwacja zachowania zwierząt, np. szczurów. W sytuacji zbliżającego się trzęsienia ziemi zwierzęta zaczynają się inaczej zachowywać, zmieniają miejsce bytowania. Obecnie również zwraca się uwagę na tę metodę i w niektórych środowiskach uznaje się, że konieczne są dokładne badania nad zwierzętami. Badania takie prowadzone są w Japonii i Chinach.
lata 70. XX w.	We Włoszech postulowano konieczność badania emisji radonu, którego stężenie w wodach gruntowych rośnie w sytuacji zbliżającego się trzęsienia ziemi. Nie jest to jednak jedyna przyczyna wzrostu stężenia tego pierwiastka, dlatego metoda została uznana za nieskuteczną.
lata 70. XX w.	Na podstawie różnej prędkości fal sejsmicznych pionowych przewidziano trzęsienie ziemi w 1971 roku w San Fernando.
lata 70. XX w.	Na podstawie zmian, jakie zachodzą w skałach, można było przewidzieć trzęsienie ziemi w Hollister w San Andreas w 1974 roku. Przed trzęsieniem ziemi zaobserwowano wzrost objętości skał, zmiany oporu elektrycznego i pola elektromagnetycznego, a także wzrost przepuszczalności gazów.
lata 70. XX i obecnie	Informacji o zbliżającym się trzęsieniu ziemi może dostarczyć obserwacja chmur. Przed trzęsieniem ziemi dochodzi do ogromnego spiętrzenia chmur.

Czas	Opis
współcześnie	W USA w ramach SAFOD, czyli San Andreas Fault Observatory at Depth, trzęsienia ziemi przewiduje się poprzez prawie 3 km odwierty w ziemi, gdzie obserwuje się spękania skał, co pozwoliło dwukrotnie przewidzieć trzęsienie – raz na dwie, a za drugim razem na 10 godzin przez głównym wstrząsem.
współcześnie	PRE-EARTHQUAKES to projekt wspólny państw europejskich i Rosji, angażuje 20 systemów satelitarnych i 100 stacji naziemnych, w tym ESA, NASA i ROSKOSMOS. Dzięki projektowi opracowano dynamiczną ocenę ryzyka sejsmicznego DASR.
współcześnie	Ragnar Slung z Uniwersytetu w Uppsali prowadzi badania na zlecenie Szwedzkiej Agencji Badań Przemysłu Obronnego. Za istotne w przewidywaniu trzęsień ziemi uznaje badanie niewielkich wstrząsów (które poprzedzają właściwe trzęsienie) oraz monitorowanie zmian naprężenia skał.
współcześnie	Pracownicy ośrodków naukowych w Rosji i Japonii badają stan atmosfery, a dokładnie jonosfery, która zmienia swój skład na kilka dni przed trzęsieniem ziemi. Trzęsienie z 2011 roku w Fukushima potwierdziło wyniki badań.

Źródło: oprac. na podstawie P. Węgrzyn, *Trzęsienia ziemi i szósty zmysł zwierząt*, „Foton” 2008, nr 103, s. 23–32; cordis.europa.eu (dostęp 3.09.2021); USGS, *The San Fernando, California, earthquake of February 9, 1971; a preliminary report published jointly by the U.S. Geological Survey and the National Oceanic and Atmospheric Administration*, USGS, 1971.

Podane w tabeli przykłady mogą stwarzać wrażenie, że nauce udało się opracować metody pozwalające precyzyjnie określić czas i miejsce wystąpienia trzęsienia ziemi. Niestety, ciągle jeszcze są to jednostkowe przypadki. Najbardziej spektakularnym przykładem jest bez wątpienia trzęsienie ziemi o sile 7,3 stopnia w skali Richtera, które 4 lutego 1975 roku nawiedziło miasto Haicheng w prowincji Liaoning, w północno-wschodnich Chinach. Miasto uległo zniszczeniu, ale ofiar było relatywnie niewiele, około 200 osób, ponieważ sejsmolodzy na podstawie obserwacji nietypowego zachowania zwierząt przewidzieli trzęsienie i ostrzegli ludność przed niebezpieczeństwem. Była to pierwsza w historii pomyślna prognoza trzęsienia ziemi. Zarządzono ogólną ewakuację, w wyniku czego milion osób zamieszkających w tym rejonie opuściło domy. Zaledwie pięć i pół godziny po ostatnim ostrzeżeniu nastąpił niszczycielski wstrząs.

Niestety system oparty na badaniu występowania radonu nadal nie doczekał się twardych dowodów potwierdzających jego skuteczność. Emisja tego gazu ze skorupy ziemskiej nie musi być bowiem powiązana z nadchodzącym trzęsieniem ziemi i z tego względu jest powodem dużej liczby fałszywych alarmów, co sprawia, że technologia ta jest mało

wiarygodna. Duże nadzieje wiązano z pomiarami promieniowania elektromagnetycznego w żyłach kwarcu, na poziom którego mają wpływ naprężenia poprzedzające trzęsienie ziemi. Niestety nie znaleziono sposobu na oddzielenie promieniowania elektromagnetycznego kwarcu od promieniowania generowanego przez inne minerały.

Zdaniem specjalistów mimo prowadzenia intensywnych i wielokierunkowych badań obecnie nie potrafimy dokładnie przewidzieć czasu trzęsienia ziemi w krótkim okresie. Znacznie łatwiej jest przewidywać możliwości wystąpienia takich zdarzeń w dłuższych, minimum dziesięcioletnich okresach.

Znaczenie przewidywania trzęsień ziemi

Trzęsienia ziemi, zwłaszcza te o większej sile, wywołują znaczące skutki ekologiczne oraz powodują straty gospodarcze, stwarzają także zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi i zwierząt. Do najważniejszych skutków trzęsień ziemi należy zaliczyć:

- zniszczenia zabudowy (budynków, dróg, infrastruktury),
- ofiary w ludziach,
- obrywanie materiału skalnego (np. na brzegach lub w dolinach),
- ruchy osuwiskowe,
- pęknięcia na powierzchni ziemi,
- zmiany poziomu wód gruntowych,
- fale tsunami (jeśli trzęsienie ziemi występuje w dnie oceanicznym),
- zmiany ukształtowania terenu.

Skoro jeszcze nie dysponujemy metodami pozwalającymi na precyzyjne przewidywanie występowania trzęsień ziemi, być może należy skoncentrować się na zapobieganiu ich skutkom. Największe znaczenie w tym względzie mają działania z zakresu inżynierii lądowej, a w szczególności związane z mechaniką konstrukcji, ponieważ większość strat i ofiar powodowana jest przez zaburzenie stabilności podłoża i zniszczenie zabudowy (nie licząc oczywiście skutków wtórnych wywołanych przez tsunami). Zapobieganie polega generalnie na odpowiednim projektowaniu konstrukcji obiektów budowlanych, tak aby były one zdolne wytrzymać wstrząsy powstałe podczas trzęsień ziemi.



Symulacja wpływu fal sejsmicznych na budynek o zwykłej konstrukcji (po lewej) i budynek przystosowany konstrukcyjnie do drgań gruntu (po prawej)

Źródło: V. Shustov, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY 3.0.

Słownik

epicentrum

miejsce na powierzchni Ziemi, do którego dochodzą fale, znajdujące się dokładnie nad hipocentrum

hipocentrum

ognisko trzęsienia ziemi, znajduje się głęboko pod powierzchnią ziemi

sejsmograf

urządzenie rejestrujące siłę trzęsienia ziemi

sejsmogram

zapis przebiegu trzęsienia ziemi dokonany za pomocą sejsmografu

Audiobook

Polecenie 1

Określ mocne i słabe strony metod przedstawionych w audiobooku.

Polecenie 2

Skorzystaj z innych źródeł informacji i podaj kilka przypadków, kiedy systemy przewidywania trzęsień ziemi i wczesnego ostrzegania o ich wystąpieniu spełniły swoje zadanie.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PLTTt7Pu8>

Sejsmolodzy nie ustają w wysiłkach znalezienia metod precyzyjnego przewidywania trzęsień ziemi, pozwalających im z odpowiednim wyprzedzeniem wydać ostrzeżenia dla ludności. Niekiedy sięgają przy tym po niekonwencjonalne rozwiązania. Przyjrzyjmy się niektórym z nich.

W 2013 roku na Uniwersytecie w Bergamo rozpoczął się projekt badawczy Earthquake Network, którego celem jest opracowanie i utrzymanie globalnego systemu ostrzegania o trzęsieniach ziemi opartego na sieciach smartfonów. System wykorzystuje do wykrywania fal sejsmicznych zamiast tradycyjnych sejsmometrów akcelerometri w prywatnych smartfonach uczestników projektu poprzez specjalnie w tym celu opracowaną aplikację. Smartfony z zainstalowaną aplikacją Earthquake Network są węzłami sieci sensorowej projektu. Kiedy akcelerometr wykryje przekraczające ustalony próg przyspieszenie, smartfon wysyła sygnał do centralnego serwera. Ponieważ smartfony wykrywają przyspieszenie niekoniecznie wywołane trzęsieniem ziemi, serwer implementuje algorytm statystyczny, który rozpoznaje rzeczywiste

trzęsienia ziemi na tle szumu tła. Metody statystyczne leżące u podstaw algorytmu zapewniają kontrolę nad prawdopodobieństwem fałszywego alarmu.

Gdy tylko zostanie wykryte trzęsienie ziemi, wysyłane jest ostrzeżenie. Dzięki temu mieszkańcy terenów położonych w dalszej odległości od epicentrum i punktu wykrywania mogą zostać zaalarmowani o wystąpieniu wstrząsu. Jest to możliwe, ponieważ dane przepływają przez sieć komórkową szybciej niż fale trzęsienia ziemi. Łączna liczba smartfonów z zainstalowaną aplikacją wynosi około 750 000, a liczba aktywnych smartfonów waha się od około 30 000 do około 120 000 w zależności od pory dnia. Najwięcej uczestników projektu mieszka w Meksyku, Chile, Włoszech, Ekwadorze, Peru i Stanach Zjednoczonych.

Od początku projektu sieć smartfonów wykryła ponad 600 trzęsień ziemi, głównie w Chile. Na przykład trzęsienie ziemi o sile ośmiu i trzech dziesiątych w Illapel zostało wykryte przez smartfony w mieście Valparaíso. Smartfony w Santiago otrzymały ostrzeżenie 10 sekund przed trzęsieniem ziemi, podczas gdy smartfony w Mendozie otrzymały ostrzeżenie 20 sekund wcześniej.

Zaletą projektu Earthquake Network jest wykrywanie trzęsień ziemi w czasie rzeczywistym, możliwość ustalenia epicentrum w celu zlokalizowania obszarów geograficznych dotkniętych trzęsieniem ziemi oraz określenie jego siły. Wadą – zbyt krótki czas ostrzeżenia liczący co najwyżej kilkadziesiąt sekund i uzależnienie sprawności systemu od liczby użytkowników aplikacji przebywających w strefie trzęsienia ziemi.

Podobne prace są prowadzone od 2016 roku w Laboratorium Sejsmologicznym Berkeley na Uniwersytecie Kalifornijskim. Opracowano tam aplikację mobilną MyShake działającą na podobnej zasadzie jak Earthquake Network. Aplikacja wykorzystuje akcelerometry w telefonach do rejestrowania wstrząsów i przekazywania tych informacji do laboratorium. Planuje się, że w przyszłości informacje te zostaną wykorzystane do wydawania wczesnych ostrzeżeń. W ciągu roku aplikacja rejestruje prawie 400 trzęsień ziemi na całym świecie.

W 2020 roku także Google ogłosił, że jego system operacyjny Android zacznie używać akcelerometrów w urządzeniach do wykrywania trzęsień ziemi i wysyłania danych na firmowy serwer. Ponieważ miliony telefonów mają zainstalowany system Android, może to spowodować powstanie największej na świecie sieci wykrywania trzęsień ziemi. Początkowo system gromadził jedynie dane o trzęsieniach ziemi i nie wysyłał ostrzeżeń. Dane zbierane przez urządzenia z Androidem były wykorzystywane tylko do szybkiego dostarczania informacji o trzęsieniu ziemi za pośrednictwem wyszukiwarki

Google Chrome. Od kwietnia 2021 roku firma Google ogłosiła wprowadzenie systemu alertów w Grecji i Nowej Zelandii, a w dwa miesiące później objęto nim Turcję, Filipiny, Kazachstan, Kirgistan, Tadżykistan, Turkmenistan i Uzbekistan.

Nieco inne podejście do wczesnego ostrzegania przed trzęsieniami ziemi przyjęli Linux Foundation i IBM. Ogłosiły one pierwszy w pełni otwarty system bazujący na sieci tanich sejsmometrów i dedykowanego im oprogramowania oraz aplikacji mobilnej, które można stosować w odległych regionach, w pobliżu miejsc zagrożonych występowaniem trzęsień ziemi. Wszystkie komponenty tego systemu są otwarte i dostępne na GitHub – serwisie internetowym udostępniającym darmowy hosting programów open source, na którym znajdują się repozytoria danych projektu. Projekt ten wspiera między innymi Amerykańska Agencja do spraw Rozwoju zarządzająca pomocą humanitarną po klęskach żywiołowych.

Pewne znaczenie w informowaniu o trzęsieniach ziemi mają także media społecznościowe, głównie Twitter i Facebook. Za ich pośrednictwem możliwe jest przekazywanie w czasie rzeczywistym informacji o wystąpieniu klęski żywiołowej i jej skutkach. Służba Geologiczna Stanów Zjednoczonych testuje obecnie możliwość wykorzystania Twittera do tworzenia map trzęsień ziemi.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.

Trzęsienia ziemi powodowane są najczęściej:

- ☐ wyburzeniami zabudowy na szeroką skalę.
- ☐ nieprawidłowym wydobywaniem surowców mineralnych w kopalniach.
- ☐ nieprawidłową gospodarką wodną człowieka.
- ☐ przemieszczeniami magmy pod powierzchnią ziemi, w skorupie ziemskiej.

Ćwiczenie 2



Zaznacz skutki trzęsienia ziemi.

☐ lawiny błotne

☐ zmiany w poziomie wód gruntowych

☐ powstawanie żyznych gleb na tufach

☐ tsunami

☐ wygięcie konstrukcji żelaznych, np. szyn kolejowych, mostów

☐ wypiętrzanie gór

☐ powstawanie strefy spreadingu i strefy subdukcji

☐ zniszczenia budynków i straty w ludziach

Ćwiczenie 3



Przyporządkuj właściwe terminy do definicji.

definicja	termin
miejsce na powierzchni Ziemi położone bezpośrednio nad ogniskiem trzęsienia ziemi	
obszar, na którym nie występują trzęsienia ziemi	
źródło trzęsienia ziemi położone w głębi skorupy ziemskiej, z którego rozchodzą się fale sejsmiczne	
obszar często nawiedzany przez trzęsienia ziemi	

hipocentrum

obszar sejsmiczny

obszar asejsmiczny

obszar pensejsmiczny

centrum sejsmiczne

epicentrum

Ćwiczenie 4



Zaznacz prawdziwe stwierdzenie.



Metody przewidywania trzęsień ziemi dają pewne efekty, ale wymagają dalszych badań i obserwacji.



Metody przewidywania trzęsień ziemi nie mają obecnie żadnej praktycznej skuteczności i zastosowania.



Metody przewidywania trzęsień ziemi są obecnie bardzo dobrze opracowane i charakteryzują się wysoką skutecznością.



Metody przewidywania trzęsień ziemi mogą być stosowane jedynie w przypadku trzęsień powodujących tsunami.

Ćwiczenie 5



Wyjaśnij, na czym polega działanie sejsmografu i sejsmometru. Zastanów się, czy można zamiennie stosować te terminy.

Ćwiczenie 6



Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Każde państwo indywidualnie prowadzi własne badania nad sposobem przewidywania trzęsień ziemi i podważa wyniki uzyskane przez instytuty badawcze innych państw.	☐	☐
Jedną ze skutecznych metod przewidywania trzęsień ziemi jest badanie spękania skał poprzez wykonanie głębokich odwiertów w ziemi.	☐	☐
Zwierzęta pozwalały na przewidywanie trzęsień ziemi tylko w starożytności.	☐	☐
Według niektórych badaczy trzęsienia ziemi mogą zostać przewidziane poprzez obserwację atmosfery.	☐	☐



Poniższa tabela zawiera listę najtragiczniejszych trzęsień ziemi w ciągu ostatnich 50 lat. Wymień 5 czynników, które spowodowały tak dużą liczbę ofiar.

rok	obszar	liczba ofiar
1970	Peru	ok. 66 tys.
1976	Tangshan, Chiny	ok. 240 tys.
1988	Spitak, Armenia	ok. 25 tys.
2001	Gudźarat, Indie	ok. 20 tys.
2003	Bam, Iran	ok. 30 tys.
2004	Sumatra, Indonezja	ok. 300 tys.
2004	Syczuan, Chiny	ok. 90 tys.
2004	Haiti	ok. 200 tys.

Ćwiczenie 8



Zaznacz regiony świata, w których monitoring trzęsień ziemi nie jest potrzebny.

- ☐ Półwysep Apeniński, Himalaje, Półwysep Kamczatka
- ☐ Antarktyda, Wielkie Góry Wododziałowe, Ural
- ☐ Półwysep Skandynawski, Wyżyna Brazylijska, Grenlandia
- ☐ Archipelag Malajski, Wyspy Japońskie, Andy

Dla nauczyciela

SCENARIUSZ LEKCJI

Imię i nazwisko autorki: Magdalena Fuhrmann

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Metody przewidywania trzęsień ziemi i ich znaczenie

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

Podstawa programowa

Zakres podstawowy

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

Uczeń:

2) wyjaśnia przebieg głównych procesów wewnętrznych prowadzących do urozmaicenia powierzchni Ziemi (ruchy epejrogeniczne, ruchy górotwórcze, wulkanizm, plutonizm, trzęsienia ziemi).

Zakres rozszerzony

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:

4) wskazuje na mapie regiony występowania geozagrożeń i podaje przykłady działań ograniczających ich skutki.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne

Uczeń:

- omawia metody przewidywania trzęsień ziemi,
- ocenia skuteczność metod przewidywania trzęsień ziemi,
- omawia znaczenie przewidywania trzęsień ziemi.

Strategie nauczania: asocjacyjna

Metody i techniki nauczania: blended learning, IBSE

Forma zajęć: praca indywidualna, praca w grupach

Środki dydaktyczne: e-materiał, komputer, projektor multimedialny, zeszyt

Materiały pomocnicze

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

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca

- Wprowadzenie do tematyki zajęć – uczniowie wyjaśniają, czym są trzęsienia ziemi, jakie są ich skutki. Nauczyciel zwraca uwagę na znaczenie przewidywania trzęsień ziemi w kontekście zapobiegania ich skutkom.
- Przedstawienie celów lekcji.

Faza realizacyjna

- Omówienie/przypomnienie najważniejszych wiadomości dotyczących trzęsień ziemi – jak powstają, jaki jest ich przebieg, pomiar siły trzęsień ziemi, ich skutki.
- Nauczyciel dzieli uczniów na 4 grupy. Zadaniem uczniów jest omówienie skuteczności poszczególnych metod przewidywania trzęsień ziemi. Uczniowie w trakcie pracy mogą korzystać z e-materiału oraz dostępnych źródeł informacji.
- Po upływie ustalonego czasu liderzy grup prezentują rezultaty pracy. Podczas wspólnej dyskusji uczniowie oceniają poszczególne metody pod względem ich znaczenia, skuteczności i łatwości wprowadzenia w życie. Nauczyciel czuwa nad przebiegiem wykonania zadania.
- Następnie, nadal pracując w grupach, uczniowie zapoznają się z audiobookiem i wykonują polecenie 2. zawarte w tej części e-materiału. Wskazani przez nauczyciela uczniowie lub ochotnicy prezentują odpowiedzi.

Faza podsumowująca

- Uczniowie wykonują wskazane przez nauczyciela ćwiczenia z sekcji „Sprawdź się”.

- Podsumowanie najważniejszych treści, szczególnie tych, które sprawiały uczniom najwięcej problemów podczas zajęć.
- Przypomnienie celów lekcji.
- Nauczyciel ocenia pracę uczniów podczas lekcji, biorąc pod uwagę ich zaangażowanie i możliwości.

Praca domowa

- Korzystając z dostępnych źródeł informacji, określ możliwość wystąpienia trzęsienia ziemi w 3 wybranych przez Ciebie regionach na świecie. Uzasadnij swoją odpowiedź.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Audiobook może zostać wykorzystany podczas innych zajęć dotyczących geozagrożeń (zakres rozszerzony: XVIII. 3).