

*nauczaj
lepiej*

WYDANIE SPECJALNE

Geografia

w szkole

nr 2/2008



Katastrofy
wulkaniczne



Skąd się biorą
powodzie?

Jak powstają
huragany?

Katakлизmy

ISSN 0137-7566



10

9 770137 756828

„MONITOR ADMINISTRACYJNO-GOSPODARCZY

Miesięcznik dla szkół”



Co miesiąc:

- ▶ przypomnienie o zadaniach administracyjno-gospodarczych
- ▶ informacje o zmianach w przepisach kadrowych, finansowych itp.
- ▶ kadry pracowników niepedagogicznych
- ▶ administrowanie nieruchomością szkolną
- ▶ zarządzanie majątkiem szkoły
- ▶ komentarze specjalistów z: sanepidu, inspekcji pracy, straży poż., zeas-ów, organów prowadzących
- ▶ dokumentacja



**Rzetelny serwis
administracyjno-gospodarczy
tylko dla szkół!**

Zamów bezpłatny egzemplarz:
tel.: 022 244 84 00
faks: 022 244 84 10
e-mail: raabe@raabe.com.pl

RAABE Sp. z o.o., ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa
NIP 526-13-49-514, REGON 011864960, KRS 0000118704
Sąd Rejonowy dla m.st. Warszawy, XII Wydz. Gosp.
kapitał zakł. 50 000 PLN



Tylko dla prenumeratorów:
SERWIS WWW
- wzory dokumentów
i procedur do edycji

Spis treści

4. Ekstremalne zjawiska przyrodnicze – zagrożenia przyrodnicze – klęski żywiołowe

Który termin jest właściwszy?
Dorota Rucińska

8. Wulkan – przyjaciel czy wróg

Mirosław T. Karasiewicz

13. Wulkan – przyjaciel czy wróg

Scenariusz lekcji geografii z wykorzystaniem art. M. T. Karasiewicza
Bożena Sienkiewicz

14. Trzęsienia ziemi na świecie

Maria Hojny-Kołoś

22. Trzęsienia ziemi – nieprzewidywalne kataklizmy naturalne

Scenariusz lekcji z wykorzystaniem art. M. Hojny-Kołoś
Bożena Sienkiewicz

23. Tsunami

Marek Grad

27. Tsunami – groźne fale

Scenariusz lekcji geografii z wykorzystaniem art. M. Grada
Bożena Sienkiewicz

28. El Niño i ekstremalna pogoda

Anita Bokwa

31. El Niño oddziałuje na cały glob

Scenariusz lekcji geografii z wykorzystaniem art. A. Bokwy
Bożena Sienkiewicz

33. O cyklonach zwrotnikowych

Katarzyna Grabowska

39. Cyklony zwrotnikowe

Scenariusz lekcji geografii z wykorzystaniem art. K. Grabowskiej
Bożena Sienkiewicz

41. Powódzie – temat rzeka

Dorota Rucińska

45. Powódzie

Lekcja z wykorzystaniem art. D. Rucińskiej
Bożena Sienkiewicz

47. Susza – od anomalii pogodowej do klęski żywiołowej

Jerzy Makowski

51. O suszach na Ziemi

Lekcja geografii z wykorzystaniem art. J. Makowskiego
Bożena Sienkiewicz

53. Katastrofy naturalne

quiz geograficzny

Klęski żywiołowe – ważny temat geograficzny



Geografia klęsk żywiołowych – taka nazwa, choć nie w pełni adekwatna, jest najczęściej stosowana – to młoda, ale bardzo dynamicznie rozwijająca się gałąź geografii. Łączy ona wątki tak geografii fizycznej, jak i społeczno-ekonomicznej, musi bowiem zarówno wystąpić pewne nietypowe zjawisko przyrodnicze (szerzej o rodzajach tej nietypowości pisze D. Rucińska), muszą pojawić się też zagrożenia dotyczące społeczności ludzkiej. Dlatego też geografia klęsk żywiołowych jest jedną z najbardziej geograficznych gałęzi geografii, do tego mająca ogromne znaczenie praktyczne. Od zarania swego istnienia człowiek bał się nietypowych zjawisk przyrodniczych, dopiero w epoce oświecenia narodziła się wiara w możliwość „panowania nad przyrodą” i poskromienia wszelkich jej żywiołów. Jak bardzo okazała się ona złudna, świadczy nie tylko degradacja środowiska przyrodniczego, ale i doniesienia o klęskach nawiedzających różne regiony naszego globu. Oddając do rąk Czytelników specjalny numer „Geografii w Szkole” mamy nadzieję, że pomoże on w znalezieniu odpowiedzi na wiele trudnych pytań zadawanych przez uczniów, w zrealizowaniu interesujących lekcji (to naprawdę fascynująca tematyka), w przekonaniu, że geografia jest przedmiotem użytecznym. Warto odłożyć numer i mieć go pod ręką, za rok czy też dwa, gdy kolejny „Gustav” uderzy w wybrzeża Kuby lub Luizjany bądź kolejne trzęsienie ziemi dotknie Iran.

Ucząc o przyrodniczych zagrożeniach, o klęskach żywiołowych pamiętajmy jednak, że trzeba bardzo ostrożnie traktować doniesienia mass mediów o coraz to częstszych kataklizmach. To świetny temat, zwłaszcza w sezonie letnim, gdy politycy wyjadą na wakacje. Owszem, w przypadku niektórych zagrożeń dostrzec można trend rosnący, zwłaszcza w wybranych regionach, ale na próżno szukać go, jeśli chodzi o wiele innych zagrożeń. Na nasze postrzeganie, że klęsk jest coraz więcej, bardzo duży wpływ ma coraz lepszy monitoring środowiska, przepływ informacji oraz mass media.

Odsyłamy też Czytelników na stronę internetową czasopisma, gdzie znalazł się artykuł A. Maraska Lawiny śnieżne, który nie zmieścił się, z powodu ograniczonej ilości miejsca, w niniejszym numerze, a prezentuje problem tak istotny także w naszym kraju, zwłaszcza w Tatrach i Sudetach.

Florian Plit

Adres redakcji: 01-194 Warszawa, ul. Młynarska 8/12, tel. 022 244 84 73, faks 022 244 84 76, geografia@raabe.com.pl

Wydawca: Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Sp. z o.o., ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa, tel. 0-22 244 84 00, faks 0-22 244 84 20, e-mail: raabe@raabe.com.pl, www.raabe.com.pl

Prezes Zarządu: Michał Włodarczyk

Dyrektor wydawniczy: Józef Szewczyk, tel. 022 244 84 70, j.szewczyk@raabe.com.pl

Dział obsługi klienta: Anna Konon, tel. 022 244 84 11, faks 022 244 84 10, a.konon@raabe.com.pl

Dyrektor marketingu: Anna Gryczewska, a.gryczewska@raabe.com.pl

Kolportaż: Anna Niepiekło, tel. 022 244 84 78, faks 022 244 84 79, a.niepieklo@raabe.com.pl

Reklama: Andrzej Idziak tel. 022 244 84 77, faks 022 244 84 76, kom. 0 692 277 761, reklama@raabe.com.pl

Skład i łamanie: Vega design

Druk i oprawa: Pabianickie Zakłady Graficzne SA, 95-200 Pabianice, ul. P. Skargi 40/42

Fot. okładka: PAP, News Style Media

Indeks 359149. Nakład 2000 egz.

Ekstremalne zjawiska przyrodnicze – zagrożenia – klęski żywiołowe

Który termin jest właściwszy?

DOROTA RUCIŃSKA (UW, WGiSR)

Na jednej z konferencji padło pytanie *Który termin jest właściwy: (...) zagrożenia przyrodnicze, ekstremalne zjawiska przyrodnicze, klęski żywiołowe czy katastrofy naturalne?* Problem w tym, że staramy się wybrać tylko jeden z nich jako uniwersalny. Jednak na to pytanie nie ma prostej odpowiedzi, bowiem wszystkie są właściwe w zależności od tego, o czym mówimy. Poniżej przedstawiono dość obszerny, choć niestety wciąż nie wyczerpujący, zakres znaczeniowy pojęć dotyczących zjawisk ekstremalnych w przyrodzie, z którym możemy zetknąć się w literaturze.

Zakres znaczeniowy

W związku z szerokim zainteresowaniem społecznym ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi można często zetknąć się w mowie potocznej, a także w literaturze z kilkoma bliskoznacznymi, niejednokrotnie zamiennie stosowanymi sformułowaniami, których jednak zakres znaczeniowy pokrywa się tylko częściowo. Problem odpowiedniego ich stosowania jest wciąż aktualny, również w edukacji szkolnej. Ta ciągła aktualność problemu wynika po części z odwiecznego używania terminologii w sposób intuicyjny. Zaś naturalna konieczność ograniczania wprowadzania nowych haseł do podręcz-

ników szkolnych przedłuża stan braku uporządkowania, powodując nienaturalne omijanie niektórych pojęć, a w następstwie takich działań – zawężanie lub „rozmywanie” tematu. Obserwuje się również pewne tendencje czasowe i preferencje w doborze terminologii.

Oto kilka przykładów sformułowań związanych z ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi:

- przyrodnicze zagrożenia (Plit 1989, Lisowski 1993, 1996, 2000),
- klęska żywiołowa (Plit 1989, Lisowski 1993, 1996, 2000),
- zjawiska ekstremalne w przyrodzie (Plit 1989, Lisowski 1996),

W związku z szerokim zainteresowaniem społecznym ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi można często zetknąć się w mowie potocznej, a także w literaturze, z kilkoma bliskoznacznymi, niejednokrotnie zamiennie stosowanymi sformułowaniami, których jednak zakres znaczeniowy pokrywa się tylko częściowo. Problem odpowiedniego ich stosowania jest wciąż aktualny, również w edukacji szkolnej.



Fot. 1. Włochy, Sycylia – ziejąca ogniem Etna (2002 r.), najbardziej aktywny wulkan w Europie (fot. PAP EPA/Michele Naccari)

- klęski elementarne (Polaczkówna 1925, Bujak 1932, Plit 1989, Lisowski 1996),
- zagrożenia naturalne/przyrodnicze (Lisowski 1993, 1996),
- ekstremalne lub anomalne zjawiska przyrodnicze (Lisowski 1996, 2000, Warakowski 1997, Bokwa, Walczak 2004),
- szkodliwe zjawiska przyrodnicze (Lisowski 1996),
- katastrofa przyrodnicza (Lisowski 1996),
- katastrofa naturalna (Lisowski 1993),
- ekologiczna katastrofa naturalna (*Wielka Encyklopedia PWN* 2003, t. XIII, s. 383–385, hasło *katastrofa ekologiczna*, autorka: M. Ozga-Zielińska).

Należy dodać, iż jeszcze w latach 80. XX w. sygnalizowano brak hasła „klęski żywiołowe” w *Encyklopedii PWN* (Plit 1989). Ze wszystkimi wymienionymi powyżej pojęciami należy kojarzyć również **skutki zagrożenia**, rozumiane jako wszelkie zakłócenia (ograniczenia) w zaspokajaniu materialnych i niematerialnych potrzeb społecznych (Lisowski 1993).

W literaturze wymiennie stosowane są określenia zjawisk naturalnych (przyrodniczych) powodujących szkody. Są nimi: **klęska żywiołowa**, **katastrofa naturalna**, **zagrożenia naturalne**. W *Słowniku języka polskiego* (1981) odnajdziemy stwierdzenie (s. 1101), że **żywiol** jest to siła przyrody i jej przejaw, także wszelka siła, którą nie kieruje świadomość, że żywiol powoduje wielkie nieszczęście i zniszczenie. W filozofii starożytnej żywiol to każdy z elementów tworzącej świat materii: ogień, woda, powietrze, ziemia. Współcześnie żywiol może być rozumiany raczej jako zjawisko, którym nie kierowała ludzka świadomość. Hasło **klęska** rozumiane w jest *Słowniku języka polskiego* jako: *Klęska nieurodzaju, powodzi, pożaru. Klęski żywiołowe, losowe* (s. 931).

Klęski żywiołowe to zdarzenia żywiołowe zagrażające bezpieczeństwu życia i mienia większej liczby osób albo też mogące wywołać poważne zakłócenia gospodarki narodowej (Lisowski 1993). Zdarzenia te wiążą się z możliwością wprowadzenia przez stosowne władze „stanu klęski żywiołowej”. Pojęcie klęski żywiołowej dotyczy więc – w takim rozumieniu – zjawisk losowych, a nie tych, które mają charakter stały i z którymi walka może być prowadzona w sposób systematyczny. Są rodzajem katastrofy – klęska przyrodnicza (Lisowski 1996).

Katastrofy naturalne to według *Encyklopedii ONZ i stosunków międzynarodowych* termin międzynarodowy, rozumiany jako klęski żywiołowe, takie, jak powódzie, huragany, trzęsienia ziemi i morza, posuchy, pożary, szarańcza itp. Były one przedmiotem konwencji międzynarodowej z 1921 r. o pomocy dla krajów dotkniętych klęskami żywiołowymi (Osmańczyk 1982, s. 238). Z kolei w rozumieniu ekologów – katastrofa naturalna jest rodzajem **katastrofy ekologicznej** (*Wielka Encyklopedia PWN* 2003). Katastrofa naturalna wywołana jest przez czynniki w większym stopniu niezależne od człowieka,

przy czym należy się domyślać, że sformułowanie to oznacza przewagę czynników naturalnych nad antropogenicznymi. Najgroźniejsze w skutkach katastrofy naturalne noszą nazwę klęsk żywiołowych (Nowa *Encyklopedia Powszechna* 1995, s. 307).

Sięgając do *Wielkiej Encyklopedii PWN* (2003) nadal nie odnajdziemy samodzielnych haseł „katastrofy naturalne” (choć tom XIII uwzględnia ten termin przy okazji omawiania *katastrofy ekologicznej*; s. 383–385) oraz „zjawiska ekstremalne”. Przy hasle **klęska żywiołowa**, **naturalna** znajdziemy odwołanie do hasła **katastrofa ekologiczna**, autorkstwa M. Ozgi-Zielińskiej (*Wielka Encyklopedia PWN* 2003, t. XIII, s. 383–384). Podobnie jest w *Nowej Encyklopedii Powszechnej* (1995). Ponadto w tomie XIII *Wielkiej Encyklopedii PWN* (2003) na s. 383 zamieszczona jest mapa obszarów zagrożonych klęskami żywiołowymi (w legendzie mapy uwzględniono: suszę, wulkany i trzęsienia ziemi, szarańczę, zjawisko El Niño, powódzie, tsunami, falę na pełnym morzu powyżej 5 m, cyklon tropikalny, prędkość wiatru do 200 km/h, prędkość wiatru powyżej 200 km/h). Zamieszczono również tabelę z wykazem *Katastrofalnych klęsk żywiołowych na świecie w latach 1960–99* (s. 384). Według autorki niniejszego artykułu użyte w tytule tabeli sformułowanie *katastrofalne klęski żywiołowe* wydaje się swego rodzaju nadużyciem, skoro uznano, iż klęska żywiołowa jest najgroźniejszym rodzajem katastrof ekologicznych. Z opracowania dowiadujemy się również, że rozróżnia się trzy rodzaje katastrof ekologicznych: antropogeniczne, synergiczne i nieantropogeniczne (te ostatnie zwane są też katastrofami naturalnymi – wywołanymi przez czynniki niezależne od człowieka). Przy takim podziale ogólna definicja katastrofy ekologicznej, zwanej również klęską ekologiczną, rozumiana jest jako *trwałe (nieodwracalne w naturalny sposób) uszkodzenie lub zniszczenie dużego obszaru środowiska przyrodniczego, wpływające negatywnie, bezpośrednio lub pośrednio, na zdrowie, często życie ludzi. (...) K. e. prowadzi do nieodwracalnych jakościowych i ilościowych zmian w łańcuchach pokarmowych (zmienia się charakter przepływu materii, energii i informacji), wskutek czego następuje załamanie przynajmniej jednego z ogniw troficznych (producentów, konsumentów lub destrucentów), bez których nie może istnieć system*. M. Ozga-Zielińska, autorka hasła *katastrofy ekologicznej*, dodaje, że są one powodowane nagłymi i długoterminowymi, kumulującymi się w czasie zmianami warunków fizycznych i chemicznych siedliska, przekraczającymi granice tolerancji biocenozy. (...) *Katastrofy ekologiczne naturalne, określane mianem klęsk żywiołowych, są powodowane przez: powódzie, suszę, cyklony, trzęsienia ziemi, wybuchy wulkanów, tsunami, trąby powietrzne, lawiny, osuwiska, pożary lasów (powodowane wyładowaniami atmosferycznymi lub samozapłonem), długotrwałe, silne mrozy, a także występujące lokalnie rozwój pasożytów lub szkodników*. Istotny jest fakt, iż liczba ofiar śmiertelnych w wyniku naturalnych katastrof ekologicznych jest 20-krotnie większa niż w przypadku antropogenicznych (s. 384).

Przedstawiona powyżej definicja kładzie wyraźny nacisk na przyrodniczy aspekt zjawisk. Jednak, rozważając zmiany dokonane w ostatnich dziesięcioleciach w podejściu do zagadnienia klęsk żywiołowych, A. Lisowski (2000) wskazuje na społeczny aspekt **zagrożeń przyrodniczych**, powołując się na agendę ONZ – UNDRO (United Nations Disaster Relief Organization). Jednostka ta, zajmująca się koordynowaniem pomocy udzielanej ofiarom klęsk żywiołowych, postrzega zjawisko ekstremalne od strony szkodliwości i pozwala rozumieć **zagrożenia przyrodnicze** jako *prawdopodobieństwo wystąpienia w określonym czasie, na danym obszarze zjawiska przyrodniczego, które może wywołać szkody*. Szkody można zakwalifikować do dwóch grup, a mianowicie:

- 1) niewielkich szkód – zdarzenie nazwane jest wówczas **wypadkiem**,
- 2) dużych szkód i strat – zdarzenie nazwane jest wtedy **klęską żywiołową**, przy czym uwzględnia się tu:
 - a) liczbę ofiar śmiertelnych i rannych,
 - b) wartość szkód materialnych,
 - c) liczbę poszkodowanych materialnie i psychicznie (Lisowski 2000).

Definiowanie **klęski żywiołowej** według ONZ jest zatem ściśle związane z niekorzystnymi skutkami, jakie poniósł człowiek w wyniku zjawiska przyrodniczego, którego nie można dokładnie zlokalizować ani w czasie, ani w przestrzeni, co najwyżej można określić prawdopodobieństwo jego wystąpienia.

W literaturze można się zetknąć z jeszcze z innym rozumieniem przedstawionych wyżej pojęć. Według J. Whittowa (1980), zjawiska takie, jak pożar stepu spowodowany przez człowieka lub naturalne osunięcie się hałdy w Aberfan (miejscowość w południowej Walii, dotkniętej tragedią w 1966 r.) to raczej **klęska przyrodnicza** (*natural disasters*) niż **zagrożenie przyrodnicze** (*natural hazards*), a to ze względu na trudne rozgraniczenie zagrożeń antropogenicznych od przyrodniczych. Klęska (*natural disasters*) rozumiana jest jako oddziaływanie na system biologicznego przeżycia, porządkowy i wartościowy oraz na motywację człowieka. Klęski różnią się przewidywalnością, szybkością nadejścia, zakresem i skutkami (Walmsley, Lewis 1997, s. 179).

W celach prawnych i praktycznych, umożliwiających odpowiednim jednostkom sprawne i skuteczne podejmowanie określonych działań w przypadku zaistnienia klęski żywiołowej w naszym kraju, prawo polskie w Ustawie z dnia 18 kwietnia 2002 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 558) precyzuje, czym jest **stan klęski żywiołowej**:

Art. 1. Ustawa określa tryb wprowadzenia i zniesienia stanu klęski żywiołowej, a także zasady działania organów władzy publicznej oraz zakres ograniczeń wolności i praw człowieka i obywatela w czasie stanu klęski żywiołowej.

Art. 2. Stan klęski żywiołowej może być wprowadzony dla zapobieżenia skutkom katastrof naturalnych lub awarii technicznych noszących znamiona klęski żywiołowej oraz w celu ich usunięcia.

Art. 3.1. Ilekroć w ustawie jest mowa o:

1) klęsce żywiołowej – rozumie się przez to katastrofę naturalną lub awarię techniczną, których skutki zagrażają życiu lub zdrowiu dużej liczby osób, mieniu w wielkich rozmiarach albo środowisku na znacznych obszarach, a pomoc i ochrona mogą być skutecznie podjęte tylko przy zastosowaniu nadzwyczajnych środków, we współdziałaniu różnych organów i instytucji oraz specjalistycznych służb i formacji działających pod jednolitym kierownictwem (...).

Art. 4.1. Stan klęski żywiołowej może być wprowadzony na obszarze, na którym wystąpiła klęska żywiołowa, a także na obszarze, na którym wystąpiły lub mogą wystąpić skutki tej klęski.

2. Stan klęski żywiołowej wprowadza się na czas oznaczony, niezbędny dla zapobieżenia skutkom klęski żywiołowej lub ich usunięcia, nie dłuższy niż 30 dni.

Ustawa reguluje również: zasady działania organów władzy publicznej (rozdz. 2), zakres ograniczeń wolności i praw człowieka i obywatela (rozdz. 3), przepisy karne (rozdz. 4) oraz zmiany w przepisach obowiązujących oraz przepis końcowy (rozdz. 5). Ponadto szereg ustaw oraz rozporządzeń Rady Ministrów reguluje stan zwalczania skutków klęski żywiołowej.

Według A. Lisowskiego (1993) oraz UNDRO **katastrofa naturalna** to zjawisko przyrodnicze wywołujące szkody materialne i niematerialne. Jak wiadomo, katastrofa to wydarzenie nagle, tragiczne w skutkach, powodujące straty materialne, zniszczenie, wielkie nieszczęście (*Słownik języka polskiego*, 1981, s. 900). Spotkać się można z podobnie rozumianym pojęciem **katastrofa przyrodnicza**. Katastrofa jest w tym rozumieniu nie tylko zdarzeniem nagłym, lecz także incydentalnym, występującym w ograniczonym czasie i przestrzeni, o zróżnicowanym czasie nadejścia i trwania, częstości występowania i zakresie wywołanych szkód.

Podjęmowano próby wypracowania uniwersalnego kryterium w celu wyznaczenia podstawy zakwalifikowania zdarzenia jako katastrofy. Takimi kryteriami są najczęściej: liczba zabitych (ponad 10 osób), liczba rannych (ponad 100 osób), straty materialne (przekraczające wartość 1 miliona USD), a czasami także konieczność udzielenia pomocy międzynarodowej. Jeżeli zjawisko wystąpi na mniejszym obszarze, kryteria te mogą być proporcjonalnie niższe (Lisowski 1993).

Według A. Lisowskiego (1996) **kata-**

strofą jest nieodwracalne przejście systemu do nowego stanu równowagi. Przytaczana wyżej Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 558) o stanie klęski żywiołowej zawiera również odniesienie w art. 2 i art. 3 do katastrofy naturalnej. W międzynarodowej bazie danych dotyczących katastrof naturalnych EM-DAT (Emergency Disasters Data Base) zastosowano następujące kryteria zdarzeń uznawanych za katastrofy naturalne:

- 1) co najmniej 10 osób poniosło śmierć,
- 2) co najmniej 100 osób ucierpiało (zostało rannych lub pozbawionych dachu nad głową),
- 3) ogłoszono stan klęski żywiołowej,
- 4) zaapelowano o pomoc międzynarodową.

Do tych kryteriów nawiązał A. Lisowski (1993), rozróżniając dodatkowo **znaczące katastrofy naturalne** w przypadku, gdy: mają miejsce dwa z ostatnich wymienionych powyżej punktów (czyli ogłoszono stan klęski żywiołowej i zaapelowano o pomoc międzynarodową) oraz zdarzenia te stały się przyczyną znaczących strat materialnych. Wśród katastrofalnych zagrożeń w Europie wymienia się: powodzie, susze, pożary lasów, burze i wichury, lawiny (na skutek wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych), trzęsienia ziemi i wybuchy wulkanów (Bartkiewicz i in. 2005).

Zjawiska ekstremalne

Ze *Słownika języka polskiego* (1981) dowiadujemy się, czym jest **zjawisko** (s. 1023) oraz **ekstremalny** (s. 529), brak tam jednak wyjaśnienia dotyczącego **zjawisk ekstremalnych**. W opracowaniu A. Lisowskiego (2000) stykamy się ze sformułowaniem **przyrodnicze zjawiska ekstremalne (lub anomalne)**, w którym dostrzega się bliskość znaczeniową z pojęciem **zagrożenie przyrodnicze**. Ekstremalne zjawisko jest rozumiane jako odbiegające od przeciętnych (norm) wartości parametrów je charakteryzujących. Autor zwraca uwagę na dyskusyjną według niego kwestię trzech wymiarów:

- 1) norma,
- 2) odchylenia od niej,
- 3) częstotliwość występowania.

W analizach dotyczących Europy, wśród ekstremalnych zjawisk hydrometeorologicznych brane pod uwagę były: fale upałów i chłodu, burze i wichury, ekstremalne opady, jak również powodzie, susze, pożary oraz osuwiska (lawiny śnieżne i błotne). Niektóre z tych zdarzeń trudno bezpośrednio zaliczyć do zjawisk hydrometeorologicznych (np. pożary), jednak ich wystąpienie może być uwarunkowane wcześniejszym wystąpieniem określonych zjawisk meteorologicznych bądź osiągnięciem przez nie dużego nasilenia – przykładem mogą być pożary w Grecji w sierpniu 2007 r. po wystąpieniu fali upałów. Wśród konsekwencji zdarzeń wywołanych ekstremalnymi zjawiskami hydrometeorologicznymi są wymieniane, między innymi, ofiary śmiertelne (Bartkiewicz i in. 2005).

Poza fizycznym wymiarem norm zjawiska ekstremalnego o charakterze hydrometeorologicznym, dostrzegany jest aspekt skutków jego wystąpienia, niezależnie od strefy, w której miało ono miejsce. Podkreślany jest zawsze związany z nim stan zagrożenia życia, zdrowia oraz mienia ludzi (Zieliński 2005).

Obok zagadnień dotyczących zmian i zmienności klimatu, ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne znalazły się w ostatnich kilku latach w centrum zainteresowania specjalistów zajmujących się problematyką zmian globalnych. W opracowaniach IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatycznych; w 2007 r. instytucja ta otrzymała pokojową nagrodę Nobla) definiuje się **ekstremalne zjawisko pogodowe**. Określa się je mianem „rzadkiego” – na podstawie właściwego dla danego miejsca rozkładu prawdopodobieństwa występowania. Może to być odmiennie rozumiane w poszczególnych regionach. Zwykle przyjmuje się, że zjawisko rzadkie to takie, które nie jest częstsze niż określone przez wartości kwantyli 10- i 90-procentowych rozkładu prawdopodobieństwa występowania. Natomiast ekstremalne zjawisko klimatyczne jest średnią liczbą przypadków ekstremalnych zjawisk pogodowych w pewnym okresie (Miętus 2005). Za ekstremalne zjawiska klimatyczne uznawane są zjawiska występujące nieregularnie i często mające znamiona klęsk żywiołowych: susze, powodzie, długotrwałe przymrozki, długie i surowe zimy lub beżśnieżne zimy, huragany i sztormy i in. (Pruchnicki 1999). Oryginalne definicje angielskojęzyczne można odnaleźć w słowniku utworzonym na potrzeby prac prowadzonych przez specjalistów IPCC.

Klęski elementarne

Problematyką **klęsk elementarnych** zajmowali się już M. Polackówna (1925), F. Bujak oraz A. Walawender (1932), tworząc cenną bazę danych historycznych. Zjawiska te rozumiane są przez nich jako: głody, mory, pożary i wojny. Ich śladem poszli R. Werchracki (1938), S. Namaczyńska (1937), J. Szewczuk (1939), uzupełniając analizę o kolejne okresy historyczne. Spośród interesujących nas zjawisk przyrodniczych, na uwagę zasługuje umieszczenie wśród klęsk elementarnych **pożarów**, które wymieniane są także wśród zagrożeń naturalnych. Na początku rozwoju przyrodzownictwa klęski elementarne uznawano za naturalne czynniki regulujące liczebność populacji (Lisowski 2000).

Zagrożenia przyrodnicze (naturalne)

W stosowaniu pojęcia **zagrożenia naturalne (przyrodnicze)** zauważa się większy stopień ogólności, niż w przypadku pozostałych pojęć (Plit 1989). Może ono dotyczyć zjawisk biotycznych i abiotycznych. Jak już wspomniano, dostrzega się podwójny aspekt zagrożeń naturalnych –

przyrodniczy (wiążany ze zjawiskiem ekstremalnym lub anomalnym) i społeczny (wiążany z niekorzystnymi skutkami dla człowieka). Zaznacza się również, iż dla rozmiarów szkód wywołanych zjawiskiem ekstremalnym istotne znaczenie ma podatność społeczności na skutki zagrożeń. Rozmiary te mogą ulec ograniczeniu poprzez odpowiednią organizację systemu ochrony, z uwzględnieniem m.in. monitoringu, prognozowania zagrożeń, ostrzegania, a także poprzez budowę urządzeń ochronnych, wprowadzenie stosownych zasad użytkowania ziemi wraz z przestrzeganiem przepisów budowlanych, udzielanie szybkiej pomocy doraźnej oraz przygotowanie środków kompensujących straty (Lisowski, 2000).

Na mapie zamieszczonej w *Wielkiej Encyklopedii PWN* (2003) użyto pojęcia **zagrożeń naturalne** przy wyróżnianiu głównych obszarów geograficzno-klimatycznych, w których występują charakterystyczne dla każdego z nich zagrożenia naturalne – na przykład strefę umiarkowanych szerokości geograficznych cechować mogą huragany, lokalne wiatry dynamiczne w obszarach górsko-wyżynnych (w Polsce halny), lokalne trąby powietrzne, powodzie i susze, bardzo mroźne lub nadzwyczaj ciepłe zimy, nadzwyczajne opady śniegu, lawiny śniegowe i błotne, erupcje wulkanów. Na innej liście katastrofalnych zagrożeń w Europie znajdują się: powodzie, susze, pożary lasów, burze i wichury, lawiny, trzęsienia ziemi, wybuchy wulkanów (Bartkiewicz i inni, 2005). Jak widzi-

Zadanie

1. Wymień wszystkie terminy związane z ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi.
2. Jaka jest różnica między katastrofą naturalną a klęską żywiołową (wg definicji ONZ)?
3. Podaj przykłady ekstremalnych zjawisk przyrodniczych.
4. Podaj przykłady klęsk żywiołowych, które w ostatnich latach nawiedziły Polskę.

my, są to zagrożenia podobne, ale ujęte w sposób bardziej ogólny.

Z przeprowadzonego porównania zagrożeń przyrodniczych i antropogenicznych wynika, że różnią się one zasadniczo przewidywalnością oraz długotrwałością skutków, jakie powodują (powszechnie uznaje się, że przewidywalność i długotrwałość jest w przypadku zagrożeń antropogenicznych większa niż w odniesieniu do zagrożeń przyrodniczych) (Williams 1979, Walmsley, Lewis 1997).

Zakończenie

Przedstawiony w niniejszym artykule zbiór definicji oraz omówienie współczesnego stosowania czterech podstawowych terminów to początek rozważań nad ich interpretacją. Pragnę również zwrócić uwagę, że poruszony problem niejednokrotnie pogłębiają nierzetelne tłumaczenia tekstów obcojęzycznych na język polski, a także wprowadzanie nowych terminów o nieco odmiennym zakresie znaczeniowym, np.: **klęska klimatyczna** (Bar-

nier 1995), **ekstremalne zdarzenia przyrodnicze (naturalne)** (Warakomski 1997). O ile w pierwszym przypadku pomocne jest przytaczanie oryginalnego terminu w języku obcym, o tyle w drugim – precyzyjne definiowanie terminu.

Jest rzeczą zrozumiałą, że w literaturze naukowej często są definiowane nowe lub nie do końca przyjęte przez środowisko pojęcia, ale późniejsze użycie ich w innych materiałach bez owych definicji powoduje zamieszanie i niekiedy niewłaściwe rozumienie, czego efektem staje się następnie błędne stosowanie tych pojęć. Przestrzec chciałoby się również przed bezkrytycznym cytowaniem prasy codziennej, szczególnie gdy z wycinków gazet korzystają w celach dydaktycznych nasi uczniowie. Umiar należy zalecić również w tworzeniu przedziwnych, i chyba zbędnych, połączeń terminów – powstają wówczas twory o charakterze literackim, jak np. *ekstremalne katastrofy* czy *ekstremalne kataklizmy* bądź *klęski* i temu podobne.

LITERATURA:

- Barnier M., 1995, *Atlas wielkich zagrożeń. Ekologia, środowisko, przyroda*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa
- Bartkiewicz E., Leśny J., Juszcak R., 2005, *Ekstremalne zjawiska hydro-meteorologiczne w Europie w latach 1994–2004. Woda, Materiały z XXXI Ogólnopolskiego Zjazdu Agrometeorologów na temat „Wyzwania agrometeorologii wobec ekstremalnych zjawisk pogodowych”*, Bydgoszcz, wrzesień 2005 r.
- Bokwa A., Walczak M., 2004, *Encyklopedia Klimatologiczna ESPERE: Wykorzystanie nowych mediów w edukacji*, Wyd. UJ, Kraków
- Bujak F., 1932, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i krajach sąsiednich w latach 1450–1586*, Instytut Popierania Polskiej Twórczości Naukowej, Lwów
- Fritz C. E., 1961, *Disaster*, (w:) *Contemporary Social Problems* (red. R. K. Merton, R. A. Nisbet), Harcourt, Brace, Jovanovich, New York, s. 651–694
- Fritz C. E., 1968, *Disaster*, (w:) *International Encyclopedia of the Social Sciences* 4, s. 202–207
- IPCC, 2001, *Raport Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany Klimatu* (ang. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), Cambridge University Press, London
- Lisowski A., 1993, *Skutki występowania wybranych zagrożeń naturalnych i ich percepcja w Polsce*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa
- Lisowski A., 1996, *Antropogeniczne uwarunkowania klęsk żywiołowych*, „Przegląd Geograficzny”, t. LXVIII, z. 1–2, s. 67–78
- Lisowski A., 2000, *Klęski żywiołowe – od pokory wobec losu do akceptacji ryzyka*, „Czasopismo Geograficzne” z. LXXI, 1, s. 43–51
- Lisowski A., 2003, *Koncepcje przestrzeni w geografii człowieka*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa
- Miętus M., 2005, *Ekstremalne zjawiska klimatyczne z perspektywy IPCC. Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, seria: Monografie, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW, Warszawa
- Namaczyńska S., 1937, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i krajach sąsiednich w latach 1648–1696*, cz. I. *Zjawiska meteorologiczne i pomory*, „Badania z Dziejów Społecznych i Gospodarczych”, 23, Lwów
- Nowa Encyklopedia Powszechna, 1995, PWN, Warszawa
- Osmańczyk E. J., 1982, *Encyklopedia ONZ i stosunków międzynarodowych*, WPW, Warszawa
- Plit F., 1989, *Geografia klęsk żywiołowych – nowa gałąź geografii?*, „Przegląd Geograficzny”, t. LXI, z. 1–2, s. 115–120
- Polackówna M., 1925, *Wahania klimatyczne w Polsce w wiekach średnich*, (w:) „Prace Geograficzne wydawane przez prof. E. Romera”, zeszyt V, Książnica-Atlas, Lwów-Warszawa
- Słownik języka polskiego, 1981, PWN, Warszawa
- Szewczuk J., 1939, *Kronika klęsk elementarnych w Galicji w latach 1772–1848*, „Badania z Dziejów Społecznych i Gospodarczych”, 35, Lwów
- Walawender A., 1932, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i w krajach sąsiednich w latach 1450–1586* (red. F. Bujak), Instytut Popierania Polskiej Twórczości Naukowej, Lwów
- Walmsley D. J., Lewis G. J., 1997, *Geografia człowieka. Podejścia behawioralne*, PWN, Warszawa
- Warakomski W., 1997, *Problemy z klasyfikacją i przewidywaniem pogodowych zjawisk ekstremalnych*, (w:) *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Warszawa
- Werchracki R., 1938, *Klęski elementarne w Polsce w latach 1587–1647*, cz. I. *Zjawiska meteorologiczne, stan urodzajów i pomory bydła*, Sprawozdania, Tow. Nauk. Lwów, R. 18,3
- Whittow J., 1980, *Disasters: the anatomy of environmental hazards*, Penguin, Harmondsworth
- Wielka Encyklopedia PWN, 2001, 2002, 2003, tom II, VIII, XIII, XIV, Warszawa
- Williams N. J., 1979, *The definition of shopper types as an aid in the analysis of spatial consumer behaviour*, „Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie”, 70
- Zieliński J., 2005, *Meteorologia i hydrologia a bezpieczeństwo publiczne. Rola IMGW. Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, seria: Monografie, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW, Warszawa

- Źródła internetowe:
 - „Serwis Prawny”, Rzeczpospolita: <http://www.lex.pl/dziennik-ustaw>,
 - EM-DAT Emergency Disasters Data Base: <http://www.em-dat.net/>
 - Encyklopedia PWN: <http://encyklopedia.pwn.pl>
 - IPCC, Baede A., Glossary, Annex 1: <http://www.ipcc.ch/>
 - The Aberfan Disaster, 21 October 1966: <http://www.nuffield.ox.ac.uk/politics/aberfan/home.htm>;
 - <http://www.alangeorge.co.uk/aberfandisaster.htm>;
 - <http://www.south-wales.police.uk/fe/master.asp?n1=8&n2=253&n3=492>

Wulkan

– przyjaciel czy wróg¹⁾

Fot. 1. St. Zjednoczone, Hawaje, w. Hawaui, Park Narodowy Hawajskich Wulkanów – ognista lava wypływająca z jeziora lawowego Halemaumau w kraterze obecnie najaktywniejszego na świecie wulkanu Kilauea (fot. PAP EPA/HO)

Wulkany niemal zawsze stały się miejscem kultu, legend, opowieści czy wierzeń. Wzbudzały strach, szacunek i siały przerażenie, gdy zbliżała się bądź zachodziła erupcja o potężnej, nie do ogarnięcia, sile. Ich wybuch odczytywano jako wyraz gniewu bogów. Na Ziemi jest obecnie około 450 czynnych wulkanów.

MIROSŁAW T. KARASIEWICZ
(dr, UMK, Toruń)

Od kiedy pojawił się człowiek, wulkany wpływały na jego życie. Może jednak należałoby powiedzieć: wulkany wpłynęły na to, że w ogóle pojawił się człowiek. Właśnie działalności wulkanów zawdzięczamy, że na Ziemi powstały warunki umożliwiające zaistnienie pierwszych żywych organizmów.

Stygnała powoli Ziemia, targana wybuchami licznych wulkanów, większość swojego ciepła emitowała w kosmos. Wyrzucone w dużej ilości pyły i gazy zaczęły tworzyć ochronny klosz wokół planety, który stał się zaczątkiem atmosfery. Skraplająca się para wodna zaczęła wypełniać zagłębienia, tworząc hydrosferę. Żyjące już prawdopodobnie wtedy w pobliżu wulkanów siarkolubne bakterie o nazwie *Pyrodictium occultum* dały początek życia w środowisku wodnym (Edmaier, Jung-Hutting 2002). A w późniejszych etapach ewolucji, w innych już środo-

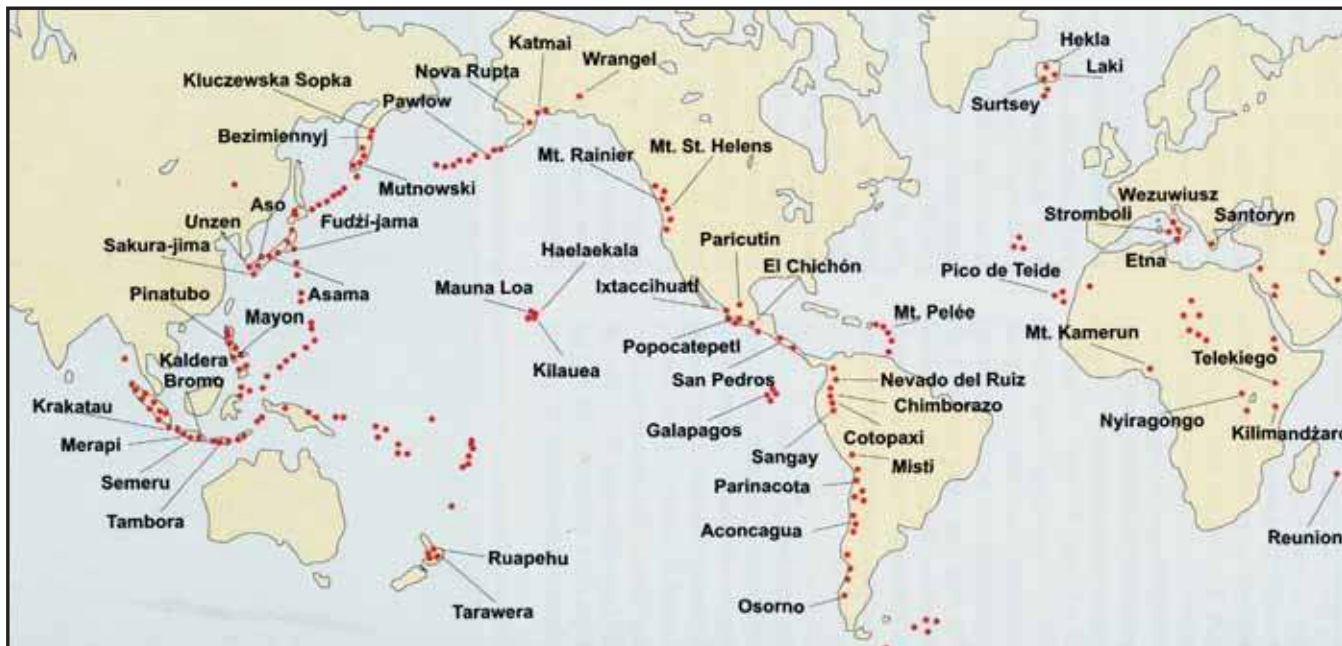
wiskach – innym, wyższym organizmom, w tym człowiekowi.

Towarzyszące ludziom wulkany niemal zawsze stały się miejscem kultu, legend, opowieści czy wierzeń. Wzbudzały strach, szacunek i siały przerażenie, gdy zbliżała się bądź zachodziła erupcja o potężnej, nie do ogarnięcia sile. Gdy wulkany utożsamiano z bogami, to wybuch odczytywano jako wyraz ich gniewu. W Nikaragui wierzono, że aby obłaskawić boga mieszkającego w grzmiącej górze, należy w czeluść krateru wrzucić młodą dziewczynę. Na Hawajach wyznawano kult bogini Pelee, mieszkającej w wulkanicznej górze, która gniewając się wyrwała włosy z głowy i paliła wszystko dookoła. W Japonii wierzono w magiczną moc eliksiru młodości i nieśmiertelności wydobywającego się z oparami świętej góry Fudzi. Starożytni Grecy mieli boga Hefajstosa, kowala mieszkającego we wnętrzu wulkanu, który wybuchał w czasie pracy tego boga w kuźni. Rzymianie mówili o bogu Vulcanosie, a wulkany uważali za miejsca walk tytanów z bogami.

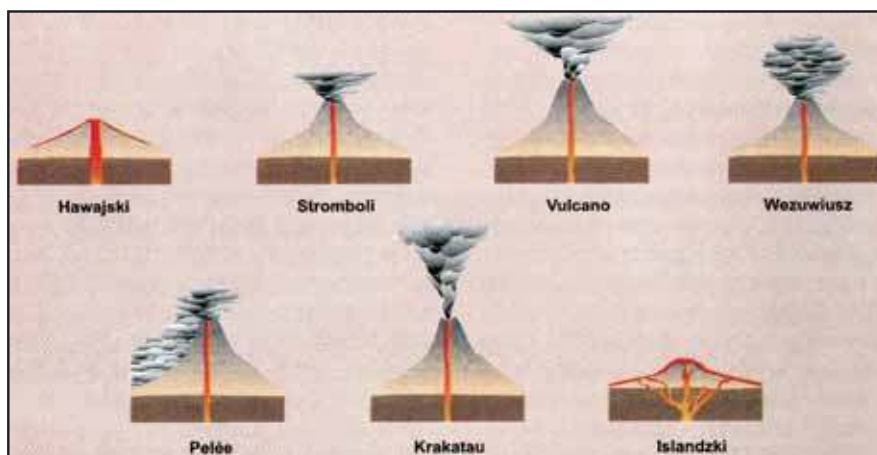


Fot. 2. Meksyk, wulkan Popocatepetl (w jęz. Azteków – dymiąca góra), 5452 m n.p.m. (drugi co do wysokości szczyt meksykański) – podczas erupcji w dniu 20.05.2008 r.; dymiący pióropusz wyrzucanych w powietrze wulkanicznych popiołów i kamieni osiągał wysokość 3 km (fot. PAP EPA/Melda Medina)

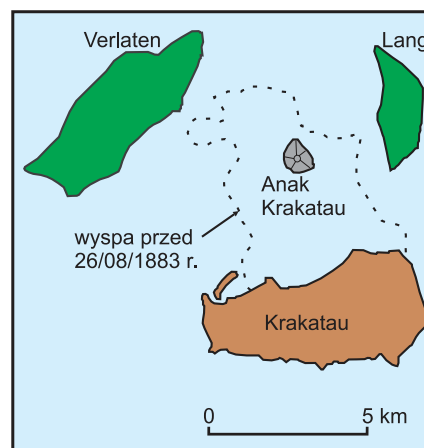
¹⁾ Szczegółowe informacje na temat zjawisk wulkanicznych, budowy wulkanów, rodzajów produktów wulkanicznych, poglądów na temat wulkanizmu znajdują Czytelnicy w artykule M. T. Karasiewicza w numerze 6/2008 czasopisma „Geografia w Szkole” (przyp. Redakcji).



Ryc. 1. Rozmieszczenie najbardziej znanych wulkanów (Preisner 2001)



Ryc. 2. Typy erupcji wulkanicznych (Preisner 2001); uwaga: typ Krakatau zamiennie nazywany jest typem Plinian



Ryc. 3. Rekonstrukcja wyspy Krakatau przed erupcją z 1883 roku (na podstawie Simkin, Fiske, 1983)

Hiszpańscy konkwistadorzy, przybywszy do Meksyku, zauwarzyli, jak panicznie rdzenni mieszkańcy bali się wulkanów. Gdy wybuchały, twierdzili, że bogowie gniewają się na nich. Hernando Cortés postanowił to wykorzystać i wysłał żołnierzy na szczyt wulkanu podczas jego erupcji, aby zyskać prestiż i wzbudzić szacunek tubylców.

Aktywność wulkaniczna

Wielkość czy skalę erupcji wulkanicznych trudno jest ocenić. Skala VEI (Volcanic Explosivity Index) w przybliżeniu określa siłę erupcji w stopniach od 0 do 8 – im wyższy stopień tym jest ona gwałtowniejsza. Skala oparta jest na określeniu kilku elementów charakteryzujących siłę czy energię wybuchu (patrz: Karasiewicz 2006). Wskazuje ją przede wszystkim wysokość słupa (kolumny) erupcyjnej (w km) i ilość wyrzucanego materiału (w m³ lub km³) (Ritchie, Gates 2001).

Zakłada się, że współczesna aktywność wulkaniczna (tab. 1 na s. 10) jest mniejsza

niż ta, która miała miejsce w przeszłości geologicznej. Obecnie w ciągu jednego roku zachodzi od 50 do 70, a nawet do 80 nowych erupcji. W każdym dziesięcioleciu aktywność wykazuje około 160–200 wulkanów. Rozmieszczenie najbardziej znanych wulkanów przedstawia ryc. 1.

Erupcje lawowe nazywane **efuzywnymi** cechują się spokojnym wylewem lawy, przy małym udziale gazów (fot. 1). Bardziej niebezpieczne są erupcje **eksplozywne**, z dużym ciśnieniem (fot. 2), oraz erupcje **mieszane**, tj. **eksplozywno-efuzywne**. Ze względu na sposób erupcji i jej przebieg wyróżnia się typy: hawajski, islandzki, Stromboli, Vulcano, Wezuwiusz, Glinian (Krakatau), Pelean – charakteryzujące się coraz gwałtowniejszym przebiegiem (ryc. 2). Erupcje hawajskie i islandzkie charakteryzują się spokojnym przebiegiem, wyróżniają się wylewem law (hawajski – efuzja centralna, islandzki – szczelinowa) i raczej nie są groźne. Kolejne cechuje występowanie magmy mniej ruchliwej, która, docierając do po-

wierzchni jako lawa, szybciej zastyga i powoduje zwiększenie ciśnienia gazów – ich nagromadzenie i ciśnienie wyzwala erupcję o coraz większej sile.

Spektakularne katastrofy wulkaniczne w historii Ziemi (tab. 2)

Poza szkodami bezpośrednimi, wybuchy wulkanów mogą wpływać na klimat dość dużych obszarów, a nawet na zmiany globalne. Erupcja wulkanu Tambora (Indonezja) w 1815 roku spowodowała wyrzucenie do atmosfery takiej ilości pyłów, popiołów i gazów (głównie niekorzystne są w takim przypadku związki siarki, np. SO₂), że rok ten przeszedł do historii jako rok bez lata. Skutki tego wybuchu w postaci obniżonej temperatury od późnej wiosny do wczesnej jesieni odczuwalne były nawet w Europie Zachodniej. Wybuch pociągnął za sobą śmierć 92 000 osób, a 80 000 zginęło z głodu, wywołanego przez przysypanie upraw materiałem piroklastycznym. Z kolei wspomniana już

Tabela 1. Najbardziej aktywne wulkany na świecie (dane szacunkowe, wybrane przykłady)

Kontynent	Państwo	Wulkan	Liczba erupcji (znana)	Pierwsza erupcja
Europa	Włochy	Etna	>205	6190 p.n.e.
	Włochy	Wezuwiusz	84	1150 p.n.e.
	Włochy	Stromboli	73	450 p.n.e.
	Islandia	Hekla	>170	1104*
Azja	Japonia	Aso-san	>130	553
	Japonia	Asama-jama	81	650
	Rosja	Kluczewska Sopka	>72	1697
	Indonezja	Gamalama	>61	1538
	Indonezja	Merapi	61	1006
Ameryka Północna i Środkowa	Gwatemala	Fuego	>59	1524
	Salwador	Izalco	>51	1770
	St. Zjedn. (Alaska)	Pawłof	36	1980
Ameryka Południowa	Chile	Lascar	>114	1848
	Ekwador	Cotopaxi	>58	1532
	Ekwador	Sangay	>55	1628
Afryka	Reunion	Piton de la Fournaise	>122	1640
	Kamerun	Kamerun	>14	450 p.n.e.
	Kongo	Nyiragongo	>14	1884
Australia i Oceania	USA (Hawaje)	Kilauea	>74	1750
	Nowa Zelandia	Ngauruhoe	ok. 60	550 p.n.e

*od chwili zasiedlenia wyspy.

Źródło: dane z literatury, ze Smithsonian Insitute oraz pochodzące ze stron internetowych

Tabela 2. Najbardziej fatalne w skutkach erupcje z lat 1700–2000 pod względem liczby ofiar (bezpośrednich i pośrednich)

Rok	Wulkan	Państwo	Ofiary
1631	Wezuwiusz	Włochy	4000
1672	Merapi	Indonezja	3000
1711	Awu	Indonezja	3200
1760	Makian	Indonezja	2000
1772	Papandajan	Indonezja	3000
1783/1784	Laki	Islandia	9300
1792	Unzen	Japonia	15200
1815	Tambora	Indonezja	92000
1822	Galunggung	Indonezja	4000
1856	Awu	Indonezja	3000
1883	Krakatau	Indonezja	36417
1902	Mt Pelée	Martynika	29000 (30000)
1902	Santa Maria	Gwatemala	6000
1919	Kelt	Indonezja	5100
1951	Lamington	Nowa Gwinea	2900
1982	El Chichón	Meksyk	2500
1985	Nevado del Ruiz	Kolumbia	25000

Źródło: za Bourseiller i Durieux (2002) – z uzupełnieniami autora

erupcja wulkanu Laki z lat 1783–1784 spowodowała globalne ochłodzenie okresu zimowego w związku z ograniczeniem ilości promieniowania słonecznego przez pyły zawieszone w atmosferze²⁾ (Thordarson i in. 2003, Schmincke 2006). Spowodowało to wymieranie stad owiec, pogorszenie plonów i w efekcie śmierć 9300 mieszkańców wyspy – w tym okresie stanowiło to 1/4 populacji.

W czerwcu 1991 r. doszło do wybuchu wulkanu Pinatubo na Filipinach (wyspa Luzon), w którego wyniku do atmosfery dostało się 6 mld m³ popiołów wulkanicznych o temperaturze 70°C (fot. 3). Zginęło wówczas 617 osób, 195 odniosło ranny, ale pośrednio dotkniętych skutkami zostało ponad milion osób. Zdarzenie to miało wpływ na globalne obniżenie średniej temperatury rocznej o 0,5°C w okresie dwóch lat (Schmincke 2006). Ten sam wulkan spowodował ogromne straty także dużo wcześniej, w wyniku erupcji w 1913 roku, która zbiegła się w czasie z tajfunem i ulewami w tym regionie. Powstałe lahary i spływy błotne zabiły około 300 osób. Liczba ofiar była bardzo mała, chociaż w sąsiedztwie wulkanu mieszkało wtedy około 1 mln osób, gdyż przeprowadzono sprawną akcję ewakuacyjną.

Lahary były też przyczyną zniszczenia miasta Armero leżącego u wschodnich podnóży wulkanu Nevado del Ruiz w Kolumbii. Do tragedii doszło po erupcji w 1985 r., a lahary dotarły do miasta oddalonego o 47 km od miejsca wybuchu, grzebiąc żywcem około 25 tys. ludzi. Główny lahar przemierzający się doliną rzeki Lagunillas pędził z prędkością 50 km/h i pokrył miasto 30-metrowej miąższości warstwą płynnego błota. Z 4500 domów ocalało tylko 80. Armero nigdy nie odbudowano (Bourseiller i Durieux 2002).

Najgroźniejszą tragedią związaną z lawiną gorącą (chmurą gorejącą) była zagłada miasteczka Saint-Pierre i jego mieszkańców na Martynice w 1902 roku. Dokonał tego wulkan Pelée, znajdujący się w północnej części wyspy. Wulkan przed tragedią milczał od 50 lat, a jego krater był wypełniony wodą, aż na początku maja 1902 roku ożywił się. Działalność jego nasilała się. A to wyrzucał popiół, który pokrył miasto, a to po jego zboczach spływał potok gorących laharów do rzeki Blanche. Rankiem 21 maja doszło do silnej erupcji eksplozywnej. Gorący obłok spłynął po stoku wulkanu wprost na mieszkańców Saint-Pierre. Powietrze stało się nieznosnie gorące i parzyło płuca, skórę. Miasto ogarnął ogień i pokrywał je popiół, a ludzie płonęli żywcem. W porcie ogień ogarnął statki, niektórym udało się w panice uciec przed żywiołem. Po dwóch dniach, kiedy powrócono w pobliże Saint-Pierre, okazało się, że wszystko pokrył szarobiały pył. Miasto i port uległy

2) Była to erupcja szczelinowa, która spowodowała największy na świecie w nowożytnych dziejach wypływ lawy, trwający od połowy 1783 r. do początku 1784 r. W powietrze wyrzuconych zostało przeszło 12 km³ materiału piroklastycznego, chmura popiołów dotarła nawet nad kontynent europejski. Erupcję wulkanu Laki uznano za największą klęskę żywiołową w dziejach Islandii (przyp. Red.).



Fot. 3. Erupcja Pinatubo 6 grudnia 1991 roku (fot. USGS)

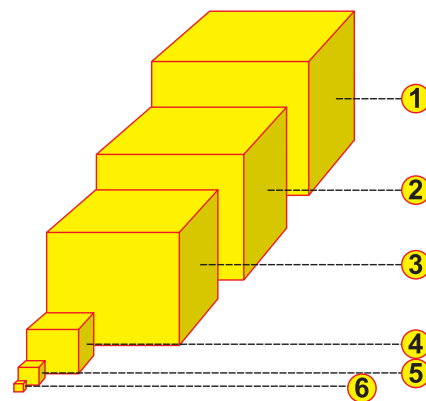
spaleniu, a po powierzchni morza pływały trupy ludzkie. Z 30 000 (29 000) tysięcy mieszkańców miasta ocalał tylko jeden – więzień zamknięty w lochach. Po tej tragedii wulkan Pelée nie zaprzestał swojej działalności. Kolejny gorący obłok przetoczył się przez zrujnowane miasto 2 czerwca 1902 roku i dokończył dzieła zniszczenia. Saint-Pierre zmieniło się w pustynię, pokrytą popiołem. Kolejna, silna erupcja nastąpiła 22 czerwca, a gorejąca chmura zeszła z wulkanu w innym kierunku i objęła swym skrajem miejscowość Morne-Rouge, w której zginęło 1500 mieszkańców.

W stanie Waszyngton w zachodniej części Stanów Zjednoczonych znajduje się kilka aktywnych wulkanów, w tym owiana złą sławą Świąta Helena. Znajduje się ona w Kordylierach, na południe od miasta Seattle. W 1980 roku aktywność wulkanu znacznie się ożywiła, notowano silne wstrząsy sejsmiczne związane z migracją magmy oraz nasilenie ekshalacji gazów. Eksplozja przyszła 18 maja 1980 roku i, według wyliczeń, miała siłę 500 razy większą od bomby atomowej zrzuconej w czasie II wojny światowej na Hiroszimę. Całkowicie rozerwana została północna część krateru, a materiał wulkaniczny pokrył powierzchnię ponad 40 tys. km². Jednak największych zniszczeń materialnych dokonały lahary, tj popioły, które pomieszały się z wodą ze stopionych podczas erupcji śniegów wypełniających krater. Zniszczeniu uległy lasy, drogi, mosty, zabudowania. Zginęło 57 osób. W wyniku katastrofy cał-

kowitej zmianie uległ krajobraz w otoczeniu 20 km od wulkanu, a sam stożek zmienił swój wygląd, między innymi obniżył się aż o 390 m, do wysokości 2560 m n.p.m. (Preisner 2001).

Do najbardziej spektakularnych erupcji wulkanicznych w czasach historycznych należy wybuch Krakatau, który miał miejsce 26–27 sierpnia 1883 roku. Ta niewielka wysepka leży między Jawą a Sumatrą, w Cieśninie Sundajskiej. Znajdował się na niej stożek wulkaniczny, który od dłuższego czasu nie wykazywał aktywności i paradoksalnie jego nazwę można przetłumaczyć jako *Milcząca Góra* (ryc. 3). W 1883 roku miały tam miejsce właściwie cztery wybuchy, a nacierająca główna erupcja sygnalizowana była wcześniej. Wyrzucanie dużej ilości popiołów i pyłów obserwowano już od maja.

Pierwszy wybuch opróżnił komorę wulkaniczną z jasnej lawy i powstała pierwsza fala tsunami, związana z podmorskimi osuwiskami. Drugi został spowodowany napłynięciem z głębi Ziemi gorącej, czarnej lawy. To spowodowało wymieszanie i wytworzenie ogromnej ilości gazów. Ich ciśnienie rozerwało stożek. Powstała wówczas jeszcze większa fala, która spustoszyła głównie wybrzeża Jawy. Miała ona przy brzegu wyspy około 40 m wysokości. Huk wybuchu był słyszalny w odległości 3600 km w Perth, a także w środkowej Australii, w Manili i na Cejlonie. Słyszano go na 12% powierzchni Ziemi! Fala ciśnienia spowodowanego tym hukiem wpłynęła na krótkotrwałe wahnięcia ciśnienia, np.



Ryc. 4. Porównanie wielkości erupcji z czasów geologicznych i historycznych:

- 1 – Fish Canyon, Kolorado, St. Zjedn., 3000 km³ materiałów piroklastycznych, 27,8 mln lat temu;
- 2 – Toba, Sumatra, Indonezja, 2800 km³ materiałów piroklastycznych, 73–74 tys. lat temu;
- 3 – Yellowstone, Huckelbery Ridge, St. Zjedn., 2500 km³ materiałów piroklastycznych, 2,2 mln lat temu;
- 4 – Yellowstone, Lava Creek Tuff, St. Zjedn.; 1000 km³ materiałów piroklastycznych, 600 tys. lat temu;
- 5 – Krakatau, Cieśnina Sundajska, Indonezja, 21 km³ materiałów piroklastycznych, rok 1883;
- 6 – Góra Św. Heleny, stan Waszyngton, St. Zjedn., 1 km³ materiałów piroklastycznych, rok 1980

w odległym o około 6000 km Tokio, barometr opadł o 1,45 milibara. Parowiec „Berouw” z 28 członkami załogi, który przepływał w pobliżu, został porwany przez falę i przeniesiony parę kilometrów w głąb wyspy na wysokość 10 m n.p.m. Świadkiem tego pozostał kocioł parowca, który przetrwał i rozpadł się dopiero w latach 80. poprzedniego stulecia. Latarnia morska stojąca na wybrzeżu Jawy została przez fale wręcz rozerwana i rozrzucona. Mimo to, uratował się latarnik, któremu udało się przetrwać nawałnicę w ruinach. Zniszczonych zostało 165 wiosek i miasteczek, zginęło 36 417 mieszkańców (Winchester 2003).

Kolejnego dnia, tj. 27 sierpnia, około godziny 16 miała miejsce ostatnia erupcja, a po opadnięciu pyłów okazało się, że wulkan znikł. Zapadł się do pustej komory wulkanicznej (ryc. 3). Ocenia się, że wyrzucone zostało 45 km³ skał (lawy, materiały piroklastyczne i rozerwane fragmenty wyspy), to jest taka ilość, która po rozłożeniu na Manhattanie dałaby warstwę grubą na 60 m. Dostania się do atmosfery dużej ilości SO₂ i drobnych cząstek na ok. 70% powierzchni Ziemi skutkowało zmianami barw nieba od żółtego do czerwonego i obniżeniem globalnej temperatury o 0,5°C w związku z odbijaniem promieni słonecznych od górnej granicy troposfery. Zmiany klimatyczne obserwowano do trzech lat po erupcji. Ważnych wskazówek o rozwoju wydarzeń w czasie erupcji Krakatau dostarczyli marynarze brytyjskich

i holenderskich statków handlowych, szczególnie tych, które przepływały wówczas przez Cieśninę Sundajską. Donosili oni o wyładowaniach elektrycznych, o duszących oparach siarki, o pyłe i metrowej warstwie pumeksu, blokującej cieśninę, o olbrzymich ilościach opadających popiołów i szlaki, która, gromadząc się na pokładach statków, przeciążała je, co groziło ich zatonięciem. Ale przede wszystkim mówili o ogłuszających grzmotach i łoskotach.

W 1927 roku w centrum byłego wulkanu powstał nowy stożek, nazwany Anak Krakatau (*Dziecko Krakatau*), który rósł bardzo szybko. W listopadzie 1992 roku jego wysokość wynosiła 199 m n.p.m., a pięć miesięcy później – już 280 m. Pomiarów systematycznie dokonuje Indonezyjska Służba Wulkanologiczna, monitorując cały czas Anak Krakatau. W latach 1992–2000 zauważalna była dość silna aktywność wulkanu, który w tym okresie wyrzucił około 50 mln m³ materiałów. Anak Krakatau zabił do tej pory jednego turystę i ranił pięciu, głównie bombami wulkanicznymi. Nadal jest aktywny. Przewiduje się, że może być w najbliższym czasie przyczyną podobnej tragedii, jaka zdarzyła się w 1883 roku.

Czasami wulkany zabijają cicho, bez wybuchów, grzmotów, wyrzucania lawy i materiałów piroklastycznych, bez wysokiej temperatury. Taki przypadek miał miejsce w Afryce, przy jeziorze kraterowym Nyos w 1986 roku. Jezioro to leży w Kamerunie na wysokości 900 m n.p.m. na zboczu nieczynnego wulkanu wchodzącego w skład kameruńskiego pasa wulkanicznego. W wyniku aktywności wulkanicznej w dnie jeziora gromadził się przez dłuższy czas dwutlenek węgla (CO₂), który nagle uwolnił się i wydostał na powierzchnię. Jako cięższy od powietrza, zaczął schodzić pobliskimi obniżeniami, zabijając wszystkie formy życia, nawet w miejscach oddległych od jeziora Nyos o 20–30 km. Śmierć poniosło wówczas 1700 okolicznych mieszkańców i około 3 tysięcy zwierząt. Zginęli bez ran, bez poparzeń. Dość długo nie potrafiono znaleźć przyczyny ich śmierci. Dopiero po dwóch latach rozwiązano zagadkę, że tragedię spowodował śmiertelny gaz, który wydobył się z wulkanicznego jeziora (Ritchie, Gates 2001).

Takich spektakularnych erupcji było bardzo dużo, wystarczy zwrócić uwagę na tabelę 2, gdzie wpisano tylko te wybuchy, które w ostatnich 300 latach spowodowały śmierć co najmniej 2000 osób. W publikacji z 2006 roku (Karasiewicz 2006) przedstawiono, że w latach 1956–2005 zanotowano aż 34 erupcje o skali VEI większej niż 4. Są dowody, że w przeszło-

ści geologicznej miały miejsce jeszcze bardziej spektakularne katastrofy wulkaniczne niż wybuchy wulkanów: Krakatau w 1883 roku, Tambora w 1815 roku, Katmai w 1912 roku, Laki w okresie 1783/1784, Pinatubo w 1991 roku, Święta Helena w 1980 roku. Zdarzały się katastrofy kilkanaście czy kilkadziesiąt razy silniejsze, kiedy podczas erupcji wyrzucanych było kilkaset km³ materiału, czego przykładem jest chociażby Toba (erupcja miała miejsce 73–74 tys. lat temu) czy Yellowstone (przed 2,2 mln lat) (ryc. 4).

Pośród katastrofalnych czynników będących następstwem aktywności wulkanicznej największe żniwo śmierci według J. C. Tanguya i in. (1998) zebrały nie same erupcje czy eksplozje. Po przeanalizowaniu głównych erupcji od 1783 roku, to jest od wybuchu wulkanu Laki na Islandii, do 1997 roku, a więc do erupcji Soufriere Hills na Wyspie Montserrat w Antylach Holenderskich, autorzy ci naliczyli prawie 222 000 ofiar. Okazało się jednak, że 30,3% tych ofiar zginęło z głodu oraz w wyniku rozwoju chorób epidemicznych po erupcji, 26,8% zabiły chmury gorące i lawiny piroklastyczne, 17,1% – lahary, a 16,9% – wzbudzone wybuchem fale tsunami. Pozostałe 8,9% zginęło w wyniku lawin gruzowych, opadów popiołowych, pumeksowych i bomb wulkanicznych, a także wylewów law i, w mniejszym stopniu, innych czynników, takich jak wyziewy trujących gazów czy wulkaniczne wstrząsy sejsmiczne.

Zakończenie

Mam nadzieję, że wymienione przykłady w przekonujący sposób uzmysławiają skalę oraz nieprzewidywalność zjawiska. Należy się tylko cieszyć, że żaden wulkan nie drzemie obok naszego domu.

Mimo potężnych katastrof, jakie wywołują wulkany i straszliwych efektów, takich jak utrata życia ludzkiego, jak materialne straty w rolnictwie, infrastrukturze przemysłowej czy transportowej, zniszczenie osiedli, miast, portów, ogromne koszty ewakuacji, zmiany w krajobrazie (powstanie nowych form terenu), zniszczenia roślinności naturalnej, człowiek nauczył się żyć z wulkanami i korzystać z tego, co dają. Szacuje się, że w bezpośrednim sąsiedztwie wulkanów mieszka około 550 mln ludzi. Wprawdzie według statystyk każdego roku w wyniku aktywności wulkanicznej ginie średnio około 1000 osób, jest to jednak dużo mniej zgonów niż spowodowanych wypadkami komunikacyjnymi, wypadkami przy pracy czy nawet w wyniku błędów medycznych.

Wulkany to jednak nie tylko katastrofy i tragedie. W wielu miejscach na świecie obecność wulkanów ma znaczenie gospodarcze, jak chociażby w Indonezji czy w Ameryce Środkowej. Wśród pozytywnych elementów obecności wulkanów i efektu działalności wulkanicznej wymienić należy bogate często złoża mineralne, wykorzystywane gospodarczo skały wulkaniczne, uwalniana energia wulkaniczna (np. termalna), wody lecznicze. Z popiołu i lawy powstaje pulchna, bogata w fosfor i potas gleba, która równomiernie wchłania wodę. Stąd stoki wulkanów są bardzo żyzne i pożądane pod uprawę – mimo ewidentnego niebezpieczeństwa, na całym świecie z gleb wulkanicznych korzysta ponad 300 mln rolników.

Wulkany i rejon wulkaniczne to także atrakcje turystyczne, które generują wysokie dochody, bo kto by nie chciał zobaczyć je z bliska, stanąć na brzegu jeziora kraterowego czy kaldery, zażyć kąpieli w gorącym źródle. Wulkany to także nowe lądy – erupcje podmorskie, trwające odpowiednio długo, powodują powstanie nowych wysp. Najlepszym tego przykładem jest Islandia, która wyłoniła się z oceanu około 30 mln lat temu jako mała wysepka, a dziś ma ponad 102 tys. km² powierzchni i nadal się rozrasta.

Innym dobrym przykładem jest niewielka wysepka Surtsey u południowych wybrzeży Islandii w archipelagu wysp Vestmannaeyar. Wybuch wulkanu miał tu miejsce 14 listopada 1963 roku na głębokości ok. 130 m. W niesłychanym tempie wylewająca się z podwodnego wulkanu lawa stygła w zimnej wodzie, tworząc wysoką górę. Wielka chmura dymów i popiołów szybko wzniosła się na wysokość 4 km, a po kilku godzinach – na 6 km, tak, że była widoczna w Reykjavíku. W końcu chmura osiągnęła wysokość 10 km. Po dwóch dniach wysepka lawy miała wysokość 40 m nad poziomem oceanu i 550 m długości, a 23 listopada była już wysoka na 100 m i na 900 m długa. Lawa, w postaci wielkich brył, wylatywała na wysokość nawet 1 km. Chmura popiołu dotarła 26 listopada do wyspy Heimaey i pokryła ją warstwą centymetrowej grubości. Na początku wulkan nie czynił wielkiego hałasu, ale później lawa wydobywała się przy odgłosach grzmotów. Widok był fascynujący, szczególnie nocą, kiedy wysepka była cała w ogniu, a wylatujące w powietrze ogniste bryły lawy co chwila oświeślały niebo. Proces powstawania nowej wyspy był tak fascynujący, że naukowcy z całego świata pilnie obserwowali to zjawisko. Przez blisko 4 lata trwały wylewy lawy na Surtsey. Zakończyły się dopiero 5 czerwca 1967 r. Ostatecznie wysepka osiągnęła powierzchnię 2,6 km² i wysokość 173 m n.p.m. Dla naukowców ciekawe było także to, co działo się po ostatecznym ukształtowaniu się nowej wyspy. Mieli oni możliwość kontrolowania dzień po dniu procesu powsta-

Zadanie

1. Który grecki bóg mieszkał we wnętrzu wulkanu?
2. Do jakiego rodzaju erupcji zaliczany jest typ hawajski?
3. Wymień cztery najbardziej aktywne wulkany Europy.

wania życia i naturalnej ekspansji roślinności na nowy ląd. Obecnie Surtsey jest naturalnym laboratorium, w którym nadal prowadzone są badania naukowe. Tylko naukowcy mają wstęp na wyspę. Zachowane są szczególnie środki ostrożności, nawet ubranie i obuwie jest sprawdzane przy wchodzeniu na ląd, aby żadne nasiona czy pyłki nie przedostały się tą drogą. Dla turystów są organizowane wycieczki samolotowe z Reykjavíku, dzięki czemu mogą oni obserwować wyspę Surtsey z góry.

Również w archipelagu Vestmannaeyar, na wyspie Heimey w 1973 roku człowiek wygrał batalię z wulkanem Helgafell o port i miasto (Ritchie, Gates 2001). W ziemi powstała szczelina o długości 1 600 m i szerokości ok. 400 m. Klęska była tym bardziej nieoczekiwana, że nastąpiła po kilku tysiącach lat uśpienia wulkanu. Z miasta Vestmannaeyar ewakuowano ok. 5 000 mieszkańców.

Erupcja na Heimaey trwała kilka miesięcy. Kluczowe dla ponownego zasiedlenia wyspy było ocalenie portu, któremu groziło zamknięcie przez lawę. Napływającą w kierunku portu lawę polewano zimną wodą, co miało spowodować jej skrzepnięcia i zatrzymanie poza portem. Dnie i noce pracowały pompy i ludzie, śmiała akcja zakończyła się pełnym powodzeniem i port został ocalony.

Opis przedstawionych w artykule katastrof uzmawia człowieka, jak jest nieporadny wobec sił natury – takie katastrofalne erupcje nie dość, że są trudne do przewidzenia, to są także nie do opanowania. Dodatkowo, trudno przewidzieć, jakie skutki pociągną za sobą. Czy będą miały tylko niewielki wpływ na krótkotrwałe wahania klimatu, czy też wpłyną na globalne zmiany klimatyczne, które przyczynią się do kolejnej katastrofy tzw. „wielkiego wymierania”.

LITERATURA:

- Bourseiller P., Durieux J., 2002, *Volcanoes*, Harry N. Abrams, Inc. Publisher, New York
- Karasiewicz M. T., *Współczesna aktywność wulkaniczna Ziemi*, (w:) *Idee i praktyczny uniwersalizm geografii. Geografia fizyczna* (red: P. Gierszewski, M. T. Karasiewicz), Dok. Geogr. nr 32, s. 135–140
- Preisner Z., *Wulkany*, Turpress, Toruń, s. 39
- Ritchie D., Gates A. E., 2001, *Encyclopedia of Earthquakes and Volcanoes*, Checkmark Books, New York, s. 306
- Schmincke H. U., 2006, *Volcanism*, Springer, s. 324
- Tanguy J.-C., Ribièrre C., Scarth A., Tjetjep W. S., 1998, *Victims from volcanic eruptions: a revised database*, Bull. Volcanol. 60, Springer-Verlag, s. 137–144
- Thordarson T., Larsen G., Stein órsson S., Self S., 2003, *The 1783–1785 A. D. Laki-Grímsvötn eruptions II: Appraisal based on contemporary accounts*, Jökull, 53, s. 11–48
- Winchester S., 2003, *Krakatoa: The Day the World Exploded – the 27 August 1883 eruption of Krakatoa*, Harper Collins Publishers
- Źródła internetowe:
 - www.skimountaineer.com/ROF/VolcanicSeven.html
 - www.volcano.si.edu/world/
 - www.volcano.si.edu/world/find_regions.cfm

Wulkan – przyjaciel czy wróg?

Scenariusz lekcji geografii z wykorzystaniem art. M. T. Karasiewicza

BOŻENA SIENKIEWICZ

(doradca metodyczny geografii, Warszawa)

Temat lekcji: *Wulkan – przyjaciel czy wróg?*

Cele lekcji:

- uświadamianie zagrożeń i skutków wywołanych wybuchami wulkanów,
- doskonalenie umiejętności czytania i interpretowania map i wykresów.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- wskazuje na mapie najbardziej aktywne obecnie wulkany na świecie,
- określa zagrożenia związane z erupcjami wulkanów,
- wymienia przykłady tragicznych w skutkach wybuchów wulkanów na świecie.

Metody i formy pracy: praca z tekstem źródłowym, praca z mapą, burza mózgów, miniwykład, pogadanka, praca zbiorowa, praca indywidualna.

Środki dydaktyczne: artykuł Mirosława T. Karasiewicza *Wulkan – przyjaciel czy wróg?* (patrz bieżący numer s. 10–13); ścienna mapa fizyczna świata, atlas geograficzny.

Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1. Nauczyciel pyta uczniów na podstawie wiadomości uzyskanych na poprzednich lekcjach:
 - Jakie procesy geologiczne związane są z działaniem czynników wewnętrznych?
 - Jakie są skutki procesów geologicznych, które mają źródło we wnętrzu Ziemi?

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

1. Rozmieszczenie wulkanów na kuli ziemskiej

- a. Nauczyciel poleca uczniom wymienienie na podstawie map w atlasie regionów świata, gdzie najliczniej występują wulkany. Poleca wykorzystać ryc. 1 *Rozmieszczenie najbardziej znanych wulkanów* w art. M. T. Karasiewicza.

2. Wielkość i skala aktywności wulkanicznej na świecie

- a. Nauczyciel prosi uczniów o wyszukanie w atlasie lub na mapie ściennej najwyższych wzniesień wulkanicznych na poszczególnych kontynentach.
- b. Rozdaje każdemu uczniowi ksero tabeli 1 z art. M. T. Karasiewicza i prosi o odpowiedź na pytania:
 - Gdzie na kuli ziemskiej jest największa aktywność wulkaniczna?
 - Jaka jest gęstość zaludnienia w tych regionach?

3. Skutki wybuchów wulkanów

- a. Nauczyciel proponuje uczniom krótkie sparafrazowanie tematu lekcji *Wulkan – przyjaciel czy wróg?*
- b. Dlaczego wróg? – pytania pomocnicze:
 - Jakie zagrożenia aktywności wulkanicznej niesie dla mieszkańców obszarów, na których występuje?
 - Dlaczego wybuchy wulkanów są przyczyną potężnych klęsk żywiołowych?
- c. Dlaczego przyjaciel? – pytania pomocnicze:
 - Jakie korzyści przynosi erupcja wulkanów?
 - Dlaczego ludność w strefie wulkanicznej licznie zamieszkuje?

4. Najbardziej fatalne w skutkach wybuchy wulkanów

- a. Nauczyciel rozdaje uczniom fragment tekstu mówiący o największych katastrofach wulkanicznych w historii (patrz rozdział *Spektakularne katastrofy wulkaniczne w historii Ziemi* art. M. T. Karasiewicza). Prosi o zapoznanie się z tekstem i przygotowanie krótkiej wypowiedzi na temat jednej z katastrof.

III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

1. Nauczyciel zachęca uczniów do krótkich odpowiedzi na pytanie: W jaki sposób człowiek może zniwelować negatywne skutki erupcji wulkanicznej?
2. Metodą „burza mózgów” zbiera jak najwięcej propozycji.

Trzęsienia ziemi na świecie

Czym jest trzęsienie ziemi, czy można je przewidzieć, jak tragiczne skutki niesie za sobą? Oto pytania, na które odpowiada autorka artykułu, seismolog z Instytutu Geofizyki PAN, pracownik Obserwatorium Sejsmologicznego w Ojcowie.

MARIA HOJNY-KOŁOŚ
(PAN, Instytut Geofizyki)

Zjawisko trzęsienia ziemi znane już było w zamierzchłej starożytności. Starożytni Grecy nazywali je *seismos* i przypisywali gniewowi Posejdona., mówiąc o nim „ten, który Ziemią trzęsie”. W przekazach historycznych pierwsze informacje o trzęsieniach ziemi pochodzą z 2150 r. p.n.e. znad Jordanu, a z 2100 r. p.n.e. – z Grecji. Z powstaniem trzęsień ziemi wiążą się dwa problemy. Omówimy je pokrótce.

Energia wewnątrz Ziemi

Pierwszy problem związany z genezą trzęsień ziemi dotyczy źródła sił motorycz-

nych powodujących gromadzenie się energii we wnętrzu Ziemi. Wiąże się on z dynamiką i ewolucją globu – z tzw. tektoniką płyt, oraz z siłami napędowymi globalnej tektoniki, jakimi są najprawdopodobniej konwekcja i segregacja grawitacyjna oraz towarzyszące im przejścia fazowe¹⁾.

Sztywne poruszające się względem siebie płyty litosfery, których granicami są ryfty oceaniczne, rowy oceaniczne i uskoki transformujące, zbliżają się do siebie lub rozsuwają bądź równolegle przesuwają względem siebie. Ruch ten, niestety, nie jest płynny, co doprowadza do zakleszczeń i akumulacji naprężeń wzdłuż granic płyt.

Granice płyt są **obszarami sejsmicznymi**, czyli obszarami o częstym występowaniu

trzęsień ziemi. Silna aktywność sejsmiczna cechuje te miejsca, gdzie płyty przesuwają się poziomo względem siebie (jest to obszar uskoków transformujących, np. Kalifornia), rozsuwają się (chodzi o grzbiety oceaniczne i ryfty kontynentalne, np.: Grzbiet Wschodniopacyficzny, Rów Wschodnioafrykański, Bajkalski System Ryftowy) i napierają na siebie (dotyczy to gór fałdowych, np.: Alp, Karpat) oraz podsuwają się jedna pod drugą w rejonie rowów oceanicznych (przykładem są tu Wyspy Japońskie).

Badając granice poszczególnych płyt litosfery uzyskano globalny obraz sejsmiczności Ziemi i wyróżniono **strefy silnie aktywne sejsmicznie**:

- strefę wokół Pacyfiku,
- strefę śródziemnomorską i azjatycką,
- strefę grzbietów podmorskich, systemów ryftowych oceanicznych i kontynentalnych.

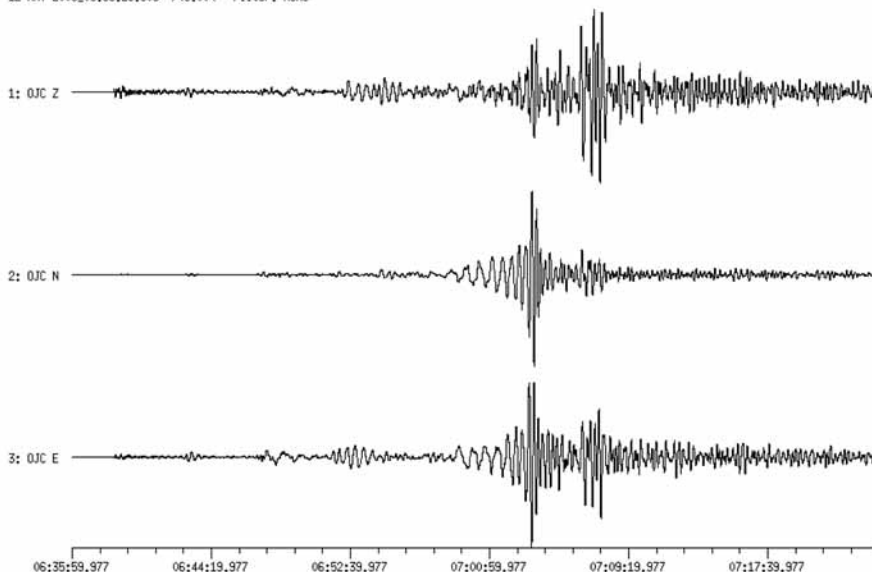
Oprócz stref silnie aktywnych sejsmicznie, występują na Ziemi **strefy pensejsmiczne**, gdzie wstrząsy są mniej częste

Tabela 1. Zjawiska sejsmiczne

Charakterystyka zjawiska	Magnituda	Przeciętna liczba zjawisk w ciągu roku
Wielkie	$M > 8$	1
Duże	$7 < M < 8$	18
Silne	$6 < M < 7$	120
Średnie	$5 < M < 6$	800
Lekkie	$4 < M < 5$	6 200
Małe	$3 < M < 4$	49 000
Bardzo małe	$M < 3$	3 285 000

Źródło: oprac. własne na podst. <http://www.sgp.org.pl>, 2008

12-MAY-2008_06:38:26.609 >48.00< Filter: None



Ryc. 1. Przykład zapisu trzęsienia ziemi zarejestrowanego w Obserwatorium Sejsmologicznym Instytutu Geofizyki PAN w Ojcowie: 12 maja 2008, Syczuan, Chiny, MS = 8,3

Źródło: Biuletyn Obserwatorium Sejsmologicznego IGF PAN w Ojcowie (1992–2008) oraz <http://www.igf.edu.pl/~nlkozlak>

1) Przejście fazowe, inaczej przemiana fazowa polega najogólniej na takiej przemianie układu fizycznego bądź chemicznego, z którą związana jest skokowa zmiana parametrów tego układu. Przykładem jest np. resublimacja, czyli bezpośrednie przejście substancji z fazy gazowej w fazę stałą z pominięciem stanu ciekłego (zestalenie się gazu) (przypp. Red.).



Fot. 1. Turcja, Adana – widok z lotu ptaka na zniszczenia wywołane trzęsieniem ziemi o sile 6,3 stopni w skali Richtera w czerwcu 1997 r. (fot. PAP EPA/STF)

i nie osiągają katastrofalnych natężeń, oraz **strefy asejsmiczne**, na ogół wolne od trzęsień ziemi lub tylko sporadycznie nawiedzone przez słabe wstrząsy.

Rozwój i przebieg procesów sejsmicznych

Drugi problem dotyczący procesów sejsmicznych to reakcja ośrodka na pole naprężeń. Naprężenie i struktura ogniska decyduje o rozwoju tych procesów, ich lokalizacji, a także o ich przebiegu w czasie i o rozkładzie wyzwanej w ich trakcie energii.

Gromadzące się w **ognisku trzęsienia ziemi** – czyli **hipocentrum** – naprężenia odkształcają i deformują skałę do granic wytrzymałości materiału na zniszczenie. Kiedy granica ta zostanie osiągnięta, następuje nagłe skruszenie, pęknięcie, przesunięcie fragmentów skał względem siebie. Uwolniona wówczas energia rozchodzi się w postaci energii kinetycznej drgań sejsmicznych, które są rodzajem ruchu falowego i nazywane są **falami sejsmicznymi**.

Fale sejsmiczne rozchodzą się z ogniska we wszystkich kierunkach. Do ich rejestracji służą przyrządy zwane **sejsmografami**. Pierwsze nowoczesne sejsmografy zostały

zbudowane około 1880 r. przez Johna Milne'a, angielskiego inżyniera pracującego w Japonii. Dwa lata później istniało już 50 stacji sejsmologicznych zaopatrzonych w aparaturę rejestrującą. Obecnie, w tysiącach obserwatoriów sejsmologicznych na całej kuli ziemskiej udoskonalona, sprawna i precyzyjna aparatura rejestruje fale sejsmiczne nawet z odległych części świata (ryc. 1).

Badanie fal sejsmicznych dostarcza informacji o trzęsieniach ziemi, o procesach zachodzących w ognisku trzęsienia, a także o procesach przebiegających we wnętrzu Ziemi i, co bardzo istotne, rokuje nadzieję na opracowanie metod prognozowania trzęsień ziemi.

Podstawowa informacja o trzęsieniu ziemi dotyczy jego wielkości. Miarą jest **magnituda (M)**, definiowana jako logarytm maksymalnej amplitudy (liczonej w mikronach) na zapisach trzęsienia ziemi (sejsmogramach), z uwzględnieniem odległości sejsmografów od ogniska wstrząsu oraz głębokości ogniska. Magnituda jest proporcjonalna do logarytmu iloczynu wielkości przesunięcia w wyniku wstrząsu i obszaru, na którym przesunięcie to wystąpiło. Wskaźnikiem tym posługujemy się przy klasyfikacji trzęsień ziemi, wyróżniając wstrząsy:

wielkie – $M > 8$, duże – $7 < M < 8$, silne – $6 < M < 7$, średnie – $5 < M < 6$, lekkie – $4 < M < 5$, małe – $3 < M < 4$, bardzo małe – $M < 3$ (tab. 1).

W celu określenia **intensywności (I)** zjawiska w danym miejscu posługujemy się skalą EMS-98, będącą modyfikacją 12-stopniowej skali Mercallego²⁾. Jest ona wyrażaną w stopniach miarą (subiektywną) siły odczuwanych drgań w **epicentrum** trzęsienia ziemi, miejscu na powierzchni ziemi położonym w najbliższej odległości od hipocentrum. Mówimy o skutkach na powierzchni: nieodczuwalnych ($I = 1^\circ$), bardzo lekkich ($I = 2^\circ$), lekkich ($I = 3^\circ$), średnich ($I = 4^\circ$), dość silnych ($I = 5^\circ$), silnych ($I = 6^\circ$; por. fot. 1), bardzo silnych ($I = 7^\circ$), niszczących ($I = 8^\circ$), pustoszących ($I = 9^\circ$), niweczących ($I = 10^\circ$), katastrofach ($I = 11^\circ$) i wielkich katastrofach ($I = 12^\circ$).

Między magnitudą (M) w hipocentrum, a intensywnością (I) w epicentrum nie ma jednoznacznego związku. Trzęsienia ziemi o dużej magnitudzie mogą mieć niewielką intensywność na powierzchni, jeśli ognisko (hipocentrum) znajduje się głęboko. Natomiast trzęsienia ziemi płytkie, mimo nie dużej magnitudy, mogą w epicentrum mieć wysoką intensywność. Nie bez zna-

2) Skala Mercallego (skala Mercallego-Cancanigo-Sieberg, skala MCS) to 12-stopniowa skala stosowana przy określaniu wielkości trzęsienia ziemi – intensywność wstrząsu określana jest na podstawie wartości przyspieszania drgań gruntu. Skala ta stosowana jest też przy opisie skutków trzęsienia na powierzchni Ziemi. Na starym kontynencie stosuje się obecnie zmodyfikowaną skalę Miedwediewa-Kárnika-Sponhouera (skalę MKS) określającą skutki trzęsień ziemi w zależności od ich intensywności w skali 12-stopniowej: 1° – wyczuwane tylko przez przyrządy sejsmologiczne, przyspieszenie poniżej $1/4 \text{ cm/s}^2$; $2-3^\circ$ – lekkie drgania, odczuwalne tylko przez niektórych ludzi, przyspieszenie drgań gruntu $1/4-1 \text{ cm/s}^2$; $4-5^\circ$ – ogólnie odczuwalne wstrząsy, poruszanie się drobnych przedmiotów, przyspieszenie drgań gruntu $1-5 \text{ cm/s}^2$; $6-7^\circ$ – wyraźne zniszczenia, odpadanie tynku, walenie się kominów, przyspieszenie drgań gruntu $5-25 \text{ cm/s}^2$; $8-10^\circ$ – rozległe zniszczenia, powstawanie szczelin w ziemi, osuwiska, przyspieszenie drgań gruntu $25-100 \text{ cm/s}^2$; $11-12^\circ$ – zmiany konfiguracji lądów, osuwiska, szczeliny, podniesienie poziomu wód gruntowych, przyspieszenie drgań gruntu $100-1000 \text{ cm/s}^2$ (przyp. Red.).



SKUTKI TRZĘSIEŃ Z



Chiny 2008r.



Turcja - Izmit 1999r.



Grecja
1999r.



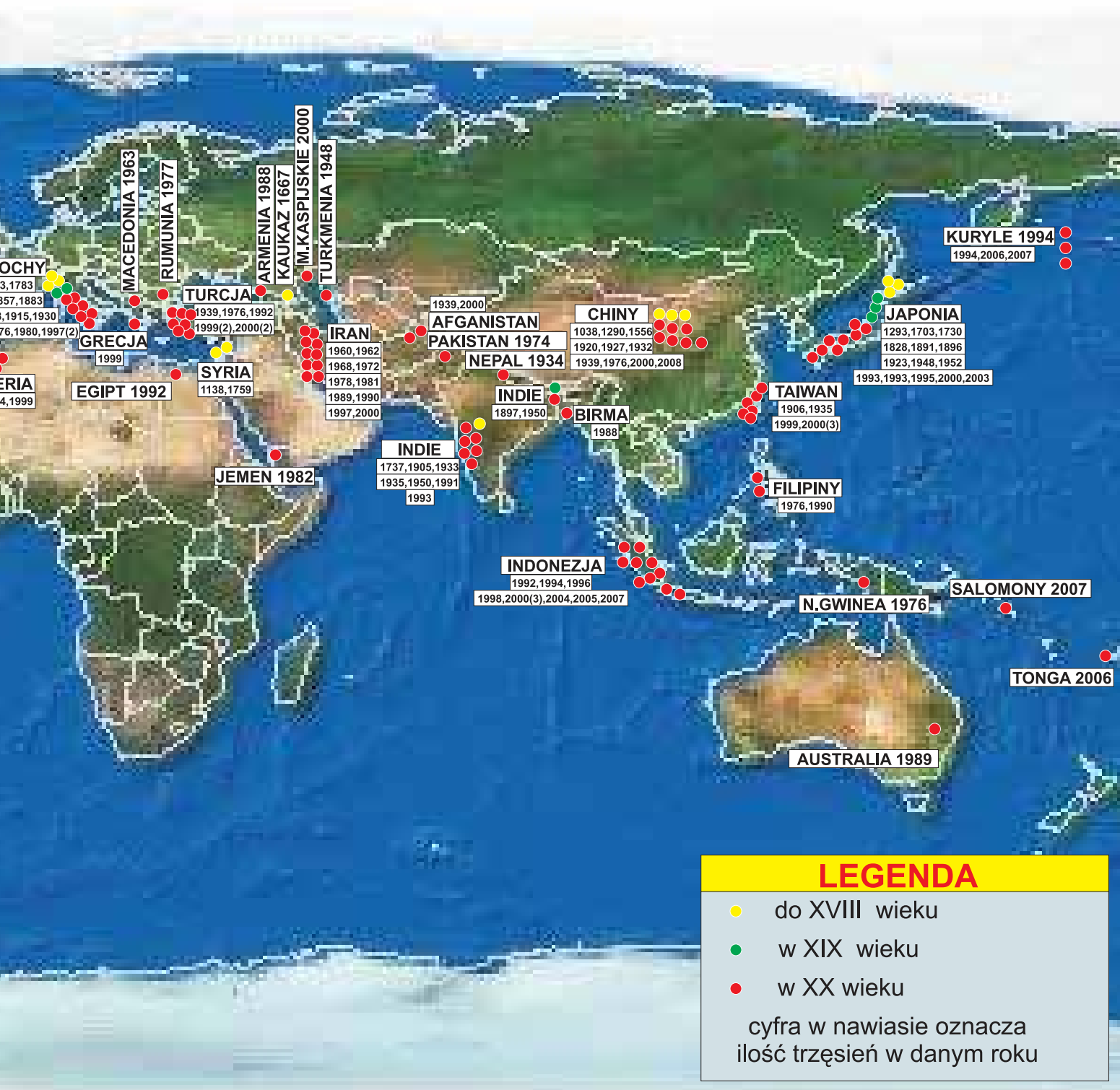
Taiwan
1999r.



Indie 2000r.



Ryc. 2. Tragiczne trzęsienia ziemi na świecie w latach 1000–2008



MIEMI



Japonia 2000r.



Alaska 1964r.



S.Francisco
1906r.

GŁÓWNE OBSERWATORIUM SEISMOLOGICZNE im. Maurycego Piusa Rudzkiego OJCÓW (OJC)

Opracowała: mgr Maria Hojny-Kołoś

*Na podstawie materiałów dostępnych
w Obserwatorium w Ojcowie*

oprac. graficzne mgr inż. Andrzej Skrzyński skand@igf.edu.pl

czenia jest też specyfika warunków środowiska naturalnego.

Przegląd archiwów obserwatoriów sejsmologicznych wykazuje, że wielkie katastrofy sejsmiczne, na szczęście, nawiedzają Ziemię bardzo rzadko (patrz zestawienia poniżej oraz ryc. 2).

1. Największe tragedie sejsmiczne na świecie w latach 1000–2008

1138.08.09, Syria, magnituda $>8,5$, liczba ofiar 230 000.

1290 r., Chiny – Chihli, magnituda ?, liczba ofiar 100 000.

1556.01.23, Chiny – Shanxi magnituda ?, liczba ofiar 830 000.

1703.12.31, Japonia – Odowawa, Tokio, magnituda ?, liczba ofiar 150 000.

1730.12.30, Japonia – Hokkaido, magnituda ?, liczba ofiar 137 000.

1737 r. Indie – Kalkuta, magnituda ?, liczba ofiar 300 000.

1908.12.28, Włochy – Messina, magnituda 7,5, liczba ofiar 100 000. Duże, o katastrofalnych skutkach trzęsienie ziemi na Sycylii. Zniszczone miasta: Messina i Reggio, drogi, mosty, linie kolejowe, przerwana łączność. Wstrząsowi towarzyszyło tsunami i liczne pożary.

1920.12.16, Chiny, magnituda 8,5, liczba ofiar 200 000. Wielkie, o katastrofalnych skutkach trzęsienie ziemi w prowincji Gansu (Kansu) w Chinach. Ogromne zniszczenia w wyniku zmian topograficznych na obszarze 450×150 km. Spowodowane były warunkami środowiska geograficznego. Fale wstrząsu wywołały na obszarze lessowym gwałtowne falowanie, liczne osunięcia gruntu i całkowite zniszczenie 10 miast.

1923.09.01, Japonia – Tokio–Jokohama, magnituda 8,3, liczba ofiar 143 000. Zniszczona stolica i główny port Japonii, bezpowrotna strata archiwów i dokumentów, zbiorów naukowych, dzieł sztuki, straty powiększone przez pożary, których gaszenie utrudniał brak wody i wzmagający się wiatr (80 km/h). Potężny ogień sunął przez Tokio, paląc ludzi żywcem i niszcząc wiele z pozostałych budynków. 600 tys. ludzi utraciło dach nad głową, zniszczeniu uległo 54% budynków murowanych, 10% żelbetowych (z 16 wieżowców zachowało się 6). Pojawiły się zmiany topograficzne terenu: nastąpiło podniesienie dna zatoki Sagami (o 1,6 m), obniżenie wybrzeża, uskoki o dł. 14 km i zrzutach 2-metrowych, ruchy prawoskrętne, pęknięcie skorupy od Jokohamy po Tokio wystąpiło tsunami (o wys. 11 m).

1976.07.27, Chiny – Tangshan, magnituda 8, liczba ofiar 250 000. Wielkie, o katastrofalnych skutkach trzęsienie ziemi. Doniesiono o około 800 000 rannych. Na obszarze $30\,000\text{ km}^2$ zawaliło się 93% budynków mieszkalnych, zabudowań przemysłowych, przestały istnieć drogi, mosty, szpitale, instalacja elektryczna, łącznościowa i wodna. Poważ-

nym zmianom uległo ukształtowanie powierzchni ziemi. Na dług. ok. 8 km powstał uskok o zmiennej głębokości i o szerokości dochodzącej do 30 m. Zniszczenia sięgały aż do Pekinu. Było to trzęsienie ziemi, które przyniosło prawdopodobnie najwięcej na terenie Chin ofiar w ludziach (według źródeł zagranicznych mogło zginąć nawet 650 000 osób). Niezwykłe, lecz często towarzyszące trzęsieniom ziemi zjawiska, jak np.: wielobarwna poświata, ogniste kule, oślepiające błyski, wydobywający się spod ziemi głuche grzmoty, gdyby nie zostały zlekceważone, być może tragedii na tak wielką skalę udałoby się uniknąć.

2004.12.26, Sumatra, Indonezja, magnituda 9,1, liczba ofiar 283 106. Wielkie i tragiczne, o katastrofalnych skutkach. Zginęło 14 100 osób, 1 126 900 przesiedlono w 10 krajach pld. Azji i wsch. Afryki. Następstwem trzęsienia ziemi było powstanie tsunami (o wys. 25 m). Obszar makrosejsmiczny objął Indie, Bangladesz, Sri Lankę, Tajlandię i Malediwy.

(Źródło: Biuletyn Obserwatorium Sejsmologicznego IGF PAN w Ojcowie (1992–2008); Janczewski E. W., 1955; <http://www.nors.no/Erthquake/GreatErthquakes.html>, 2008; <http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>, 2008; <http://www.igf.edu.pl/~nlkozlak>)

2. Trzęsienia ziemi o magnitudzie ≥ 9

1952.11.04, Kamczatka, magnituda 9.

1960.05.22, Chile, magnituda 9,5, liczba ofiar 1 655. Wielkie o katastrofalnych skutkach trzęsienie ziemi o nie notowanym dotychczas zasięgu, niezwyklej rozmiarach i nadzwyczajnej sile. Obszar zniszczeń – przeszło 120 tys. km², zamieszkanym przez 3 miliony ludzi. Zostało poszkodowanych 2 mln osób, ponad 15 000 zginęło, zniszczone miasta i porty, np. Concepción w 90 %, Valdivia i Saavedra zniknęły pod wodą. Miasto portowe Ancud na wyspie Chiloe przestało istnieć, zniknęło wiele wysp archipelagu Chiloe. Kilometrowe (do 10 m) tsunami dotarło do San Francisco, Hawajów, Nowej Zelandii, Australii, Nowej Gwinei, Japonii, Filipin. Wzdłuż jeziora Rinihue w ciągu kilku minut powstała rozpadlina o 5 km szer. i 45 km dług. Osuwiska zamknęły odpływ, powodując wezbranie wód w jeziorach, m. in. w Rinihue, grożąc zalaniem doliny rzeki Calle Calle, gdzie w resztkach miasta Valdivia schroniło się 40 tys. ludzi. Wybuchły wulkany: Osorno, Puyehue, Rinihue, Arowe i powstały nowe w Andach.

1964.03.28, Alaska – Zatoka Ks. Williama, magnituda 9,2, liczba ofiar 125. Największe amerykańskie trzęsienie ziemi o katastrofalnych skutkach. Epicentrum w terenach mało zaludnionych, o lekkiej drewnianej zabudowie i w godzinach popołudniowych, gdy większość ludzi przebywała na ulicy. Kataklizm dotknął

200 tys. ludzi, 700 zginęło, śmierć poniosło 125 osób. Wiele domów runęło, ucierpiały miasta: Anchorage, Valdez, Cordova, Seward. W jezdnich powstały głębokie szczeliny. Większość strat spowodowały osuwiska ziemne, nadbrzeżne lawiny śnieżne, wielkie fale morskie (wys. 10 m), które zalały tereny w okolicy Valdez do wys. 50 m n.p.m. Zniszczeniu uległy urządzenia portowe, linie komunikacyjne (wszystkie szosy wokół Anchorage i Seward). Pionowy ruch gruntu spowodował zmiany położenia brzegu morza. Plw. Kenai i wyspa Kodiak zapadły się o 2,3 m, zaś ląd wokół Zatoki Ks. Williama podniósł się o 1,6 m.

2004.12.26, Sumatra, Indonezja, magnituda 9,1, liczba ofiar 283 106. Skutki zostały opisane w punkcie 1.

(Źródło: Biuletyn Obserwatorium Sejsmologicznego IGF PAN w Ojcowie (1992–2008); Jahn A., 1964; Janczewski E. W., 1955; <http://www.neic.cr.usgs.gov/>, 2008; <http://www.sgp.org.pl>, 2008; <http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>, 2008; <http://www.igf.edu.pl/~nlkozlak>)

3. Wielkie trzęsienia ziemi o magnitudzie ≥ 8

1755.11.01, Portugalia – Lizbona, magnituda 8,8, liczba ofiar nieznana. Niemal doszczętne zniszczenie Lizbony i śmierć kilkudziesięciu tys. mieszkańców. Pierwszy, najsilniejszy wstrząs nastąpił ok. godziny 9.40 i spowodował zawalenie się wszystkich kościołów i wielkich gmachów oraz zniszczenie 3/4 ogólnej liczby domów. Spustoszenia dopełniły pożary i gwałtowny wichur. Drugi wstrząs, ok. godziny 10, spowodował osunięcie nabrzeża, na którym ludność szukała schronienia. Jeszcze jeden silny wstrząs dał się odczuć w samo południe. Po pierwszym wstrząsie morze cofnęło się znacznie, a po kwadransie runęło z powrotem na ląd w postaci fali o wysokości 15 m, zalewając wybrzeże do kilkuset metrów od brzegu.

1897.06.12, Indie (Assam)/Birma, magnituda 8,7, liczba ofiar 1500. Wszystkie zniszczenia zostały dokonane w przeciągu kilku minut. Pionowe przyspieszenia były tak ogromne, że wystarczyły do wyrzucenia w górę olbrzymich bloków skalnych. Na obszarze ok. 100 tys. km² zniszczone zostały budynki, szereg domów pograżyło się w miękkim gruncie do poziomu dachów. Stwierdzono zmiany topograficzne terenu. Pojawiły się uskoki o dług. 20 km, szer. 1,6 m, przesunięcia pionowe i poziome, zrzuty 3–10 m, otwierające i zamykające się szczeliny o dług. 11 km. Wody wypływające ze szczelin wyniosły piasek i muł, które pokryły okoliczne pola.

1906.04.18, Kalifornia San Francisco, magnituda 8,3, liczba ofiar 700. Trzęsienie ziemi spowodowało w przeciągu 40 se-

kund zniszczenie miasta. Wstrząs wywołał ożywienie uskoku św. Andrzeja na od-cinku 450 km. Pionowe zmiany były zni-kome, natomiast poziom na ogromnej przestrzeni wynosił 3 do 4 m. Wstrząs wywołał fontanny pia-sku z głębokości 24 m, zmiany struktury gruntu (likwację) oraz liczne pożary, któ-re wybuchły w ruinach i nie mogły być ugaszone z powodu przerwania sieci wo-dociągowej, rozszerzyły się na dzielnice mało uszkodzone, wyrządzając szkody dwudziestokrotnie większe od tych, któ-re spowodował sam wstrząs. Zniszczeniu uległy mocno skonstruowane budynki.

1950.08.15, Assam – Tybet, magnituda 8,6, liczba ofiar 780. Trzęsienie ziemi nawie-dziło południowe zbocze Himalajów na wschód od przełomu Brahmaputry. Spo-wodowało potężne obrywy skalne i osu-wiska. Liczne doliny zostały pocięte przez progi i groble skalne. Wielkie prze-strzenie lasów uległy zniszczeniu.

1985.09.19, Meksyk, magnituda 8,1, liczba ofiar 25 000. Epicentrum wielkie-go trzęsienia ziemi o $I = 11^\circ$ wyznaczo-no ok. 300 km na zachód od Meksyku. Zostało rannych 35 tys. osób, ponad 100 tys. pozostało bez dachu nad głową. Obszar makrosejsmiczny objął cały środkowy Meksyk. Zniszczone centrum miasta Meksyk, 412 budynków zawa-liło się, a 3 124 zostało poważnie uszkodzo-nych, 12-piętrowe domy obniżyły się do 3 pięter, z 15 wysokościowców zostały 3, najbardziej ucierpiały: szpitale, szko-ły, kompleksy mieszkaniowe, budynki rządowe. Przyczyną rozmiarów tragedii było położenie miasta na obszarze wy-suszonego jeziora i wysokie budownic-two. Miękkie podłoże zwielokrotniło drgania 2–5 razy i zmieniło ziemię w dygoczącą galare-tę rozkołysane bu-dynki burzyły się nawzajem.

1996.02.17, Indonezja, magnituda 8,2, liczba ofiar 166. W obszarze epicentral-nym wielkiego trzęsienia ziemi o $I = 11^\circ$ zginęło 166 osób, 423 odniosło obraże-nia, 58 zginęło, 5 043 domów zostało zniszczonych. Wielkich zniszczeń doko-nało też tsunami (wys. 7 m).

2005.03.28, Sumatra, Indonezja, magnitu-da 8,6, liczba ofiar 1313. W wyniku wielkiego trzęsienia ziemi o $I = 11^\circ$ zgi-nęło 1000 osób, 300 zginęło, 300 bu-dynków zostało zniszczonych na wy-spie Nias. W Simeulue 100 osób zginę-ło, a setki budynków uległo zniszcze-niu, w Kepuluan Banyak 200 osób zgi-nęło. Na zachód od Nias obserwowano trzymetrowe tsunami.

2008.05.12, Syczuan, Chiny, magnituda 7,9, liczba ofiar 68 800. Wielkie trzę-sienie ziemi, o $MS = 8,3^*$. Epicentrum wstrząsu w rejonie miasta Chengu. Obszar makrosejsmiczny rozciągał się od Pekinu po Pakistan i od Tajwanu po Wietnam, Tajlandię i Bangladesz. Intensywność wstrząsu w obszarze epi-

centralnym oceniono na 10° w skali Mercallego. Zginęło 68 500 osób, a rannych zostało 368 565. Zniszczeniu lub całkowitemu zasypaniu uległy drogi i 80% budynków. Sytuację utrudniły osuwiska, powodujące spiętrzanie wód i zagrożenie powodziowe. Setki tysięcy ludzi ewakuowano.

* MS – magnituda z fal powierzchniowych.

(Źródło: Biuletyn Obserwatorium Sejsmolo-gicznego IGF PAN w Ojcowie (1992–2008); Mazur M., 1990; <http://www.neic.cr.usgs.gov/>, 2008; <http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>, 2008; <http://www.igf.edu.pl/~nlkozlak>)

4. Trzęsienia ziemi o magnitudzie < 8

1891.10.28, Japonia Mino–Owari, magni-tuda >7, liczba ofiar 7 270. Duże trzę-sienie ziemi – wielka katastrofa sejsmicz-na. Wszystkie budynki, drogi, mosty, to-ry zostały zniszczone. Wystąpiły zmiany topograficzne terenu: przesunięcia usko-kowe (poziome do 4 m, pionowe do 7 m), pęknięcia i szczeliny. Powstały wiel-kie osuwiska i jeziora zaporowe.

1960.02.29, Maroko, magnituda 5,9, liczba ofiar 12 500. Średnie trzęsienie ziemi, które nawiedziło Maroko, poja-wiło się dokładnie pod Adagirem, obra-cając miasto w ciągu paru sekund w ru-inę. Tysiące ciał zostało pogrzebanych pod gruzami. Zbudowano całkowicie nowe miasto $I = 11^\circ$.

1963.06.23, Skopie, magnituda 6,9, liczba ofiar 1078. Trzęsienie ziemi nastąpiło o godzinie 6.17 czasu miejscowego i trwało 20 sekund. Intensywność wstrząsu w epicentrum oceniono na 9o w skali Mercallego. Epicentrum znajdo-wało się na ówczesnym Placu Wolno-ści. Zniszczeniu uległo 80% zabudowy miasta i większość zabytków, ocalał je-den z symboli miasta – most kamienny na rzece Wardar pochodzący z XV w. Zginęło 1078 osób, a 3 383 zostało ran-nych. W celu upamiętnienia wydarzenia w niezmiennym stanie zachowa-no budynek zrujnowanej Poczty Głównej. Było to drugie najsilniejsze trzęsie-nie ziemi w historii Skopie poprzednie miało miejsce w 518 r.

1970.03.31, Peru, magnituda 7,8, liczba ofiar 86 000. Najtragiczniejsze trzęsie-nie ziemi w Ameryce Południowej, spo-wodowało powstanie lawiny niosą-cej 80 mln m^3 lodu, błota i skał, która z prędkością 160 km/h spadła na mia-sto Yungay, grzebiąc żywcem 20 000 mieszkańców. $I = 11^\circ$.

1977.03.04, Rumunia, magnituda 7,2, liczba ofiar 2 500. W wyniku trzęsienia ziemi został zniszczony Bukareszt. Roz-legły obszar makrosejsmiczny. Wstrząs odczuty był w Moskwie, Turcji, Polsce i Finlandii. $I = 9^\circ$. W Krakowie (os. Pod-wawelskie) na wyższych piętrach: Przed-mioty zawieszone silnie się kołysały, nie-które sprzęty przewracały się, przesuw-

ły się obrazy, drzwi zamknięte otwierały się, zatrzymywały się zegary wahadłowe, z akwariów wychłapywała się woda.

1980.10.10, Algieria, magnituda 7,7, liczba ofiar 3 500. Epicentrum u pod-nóża Atlasu Tellskiego: Potężny grzmot, falująca powierzchnia zadrżała i usunę-ła się ludziom spod nóg, a domom spod fundamentów. Powstały szczeliny dłu-gości kilkuset i głębokości kilku metrów, w górach w miejscowości Beni-Raszed w kilku miejscach ziemia rozsunała się, powstały głębokie leje, wewnątrz któ-rych znalazły się całe wioski wraz z mieszkańcami, w sekundę później le-je zamknęły się grzebiąc ludzi i domy. Zniszczone miasto Al-Asnam. $I = 10^\circ$.

1988.12.07, Armenia, magnituda 6,8, liczba ofiar 25 000. Trzęsienie ziemi w płn. Armenii, zniszczenie ponad 20 miast i 342 wiosek. Całkowitemu znisz-czeniu uległo miasto Spitak. Około 19 tys. ludzi rannych, a 500 tys. pozabawio-nych dachu nad głową. $I = 10^\circ$.

1989.10.17, Kalifornia, magnituda 7,1, liczba ofiar 63. Epicentrum 100 km na pd. od San Francisco). Zniszczone mo-sty, drogi, autostrady (zerwany górny poziom autostrady, spadł się i 245 ton betonu spadło na niższy poziom zabija-jąc 42 osoby). Zniszczone miasta i wsie, domy uległy przesunięciu i zapadnięciu do poziomu 3. piętra, zniszczona sieć energetyczna, gazowa, wodociągowa, komunikacyjna. Liczne pożary, Rucho-me piaski, likwacja, dokonały reszty zniszczeń. Szczególnie ucierpiała dziel-nica Marina w San Francisco, $I = 10^\circ$.

1992.10.12, Egipt, magnituda 5,6, liczba ofiar 1000. Odczute w całym Egipcie. W Kairze zawa-liły się pojedyncze bu-dynki. W mieszkaniach otwierały się szafki, lodówki, wychłapywała się woda z naczyń, przerwana została łączność te-lefoniczna, ludzi ogarnęła panika. $I=9o$. Trzęsienie odczute zostało w Izraelu.

1993.09.29, Indie, magnituda 6,4, liczba ofiar 9 700. Bardzo płytkie (6 km) trzęsie-nie ziemi o $I=8o$ w nocy zaskoczyło lu-dzi, raniąc 30 tys. osób. Odczute zostało w Bombaju, Hajderabadzie, Madrasie.

1994.01.17, Kalifornia (Los Angeles), ma-gnituda 6,8, liczba ofiar 60. Silne, płyt-kie trzęsienie ziemi (18 km), o $I = 10^\circ$, odczute od Meksyku po Nevadę. Trwa-ło 30 sek. Spowodowało wyniesienie gruntu o 15 cm, powstanie lawiny ka-mieni (blokada dróg), szczeliny, pęknięć gruntu, 600 zostało rannych, 20 tys. straciło dach nad głową, 1,3 mln po-zbawionych elektryczności, 600 tys. wody. Zniszczeniu uległo wiele budyn-ków, liczne mosty, autostrady, rurociągi wodne, gazowe, łączność telefoniczna, sieć energetyczna, wybuchały pożary (50). Szkody w Los Angeles, Ventura, Orange, San Bernardino.

1994.02.15, Indonezja, magnituda 7, liczba ofiar 2 000. Płytkie (23 km), silne

trzęsienie ziemi o $I = 10^\circ$, pozbawiło 75 tys. osób dachu nad głową, 2000 osób zostało rannych, zginęło 2000. Trzęsienie wywołało lawiny błotne, ziemne i pożary.

1995.01.16, Japonia – Kobe, magnituda 6,8, liczba ofiar 5 530. Trzęsienie ziemi o $I = 10^\circ$ zraniło ok. 37 tys. osób, ponad 20 tys. pozbawiło domów, 140 tys. osób w wyniku trzęsienia ziemi zostało ewakuowanych. 200 tys. budynków uszkodzonych. Zniszczone miasto Kobe, wielki port, „klejnot nowoczesnej Japonii”, miasto kultury. Zburzone świątynie, biblioteki, posągi. Przewrócone autostrady, poskręcane linie kolejowe, drogi popękane, zawalone wiadukty, zniszczona instalacja wodna, gazowa, elektryczna, łączność telefoniczna. Przyczyną tak wielkich strat były: duża gęstość zaludnienia, położenie (styk płyt), przestarzałe budownictwo, budownictwo przeciwhuraganowe, liczne wstrząsy wtórne i pożary.

1997.09.26, Włochy Środkowe, magnituda 5,6, liczba ofiar 9. Trzęsienie ziemi o $I = 8^\circ$ sparaliżowało życie stolicy Umbrii Perugii, ludzi ogarnęła panika. Zniszczone zabytki środkowych Włoch, straty: Urbino – popękła fasada katedry z 1477 r., Nocera Umbra – zawaliła się średniowieczna dzwonnica i kilka budynków, Beavagna – zniszczona została XIII-wieczna katedra, Foligno – zawaliła się wieża katedry romańskiej, Fabriano – ucierpiała fasada kościoła San Biagio e Romualdo, Asyż, bazylika św. Franciszka – zniszczeniu uległy freski Giotto.

1999.01.25, Kolumbia, magnituda 5,8, liczba ofiar 2 000. Trzęsienie ziemi o $I = 10^\circ$ nawiedziło wsch. Kolumbię w pobliżu Obando (obszar uprawy kawy). Uszkodzeniu uległy przede wszystkim wyższe budynki. 4200 osób zostało rannych, ok. 700 uznano za zaginięte lub zmarłe, 250 000 bezdomnych. Najbardziej zniszczonym miastem była Armenia – 907 osób zabitych i około 60% budynków zniszczonych. Około 60% budynków zostało zniszczonych w Calarca i około 50% w Periera. Osuwiska spowodowały obsunięcia się dróg na odcinku Minizals-Bogota.

1999.08.17, Turcja, magnituda 7,4, liczba ofiar 18 000. Duże, płytkie trzęsienie ziemi (5 km), o godzinie 3 nad ranem, o $I = 10^\circ$, trwało 45 sekund, zaskakując ludność we śnie. Epicentrum: Izmit – ośrodek przemysłu petrochemicznego, leżący 90 km na zachód od Stambułu. Całkowite zniszczenie miasta. 500 tys. ludzi bez dachu nad głową, 50 tys. rannych. Zniszczeniu uległy: drogi, linie telefoniczne, zakłady przemysłowe, miasta. Zagrożeniem dla ocalałych były pożary i groźba epidemii.

1999.09.06, Grecja, magnituda 5,8, liczba ofiar 400. Płytkie trzęsienie ziemi (5



Fot. 2. Indonezja – droga w Lais w prowincji Bengkulu, zniszczona przez trzęsienie ziemi w dniu 12.09.2007 r. o sile 8,4 stopnia w skali Richtera oraz przez wstrząsy wtórne (hipocentrum znajdowało się na głęb. 10 km, a epicentrum w odległości 153 km na południowy zachód od Bengkulu) (fot. PAP EPA/Mast Ihram)

km). $I = 8^\circ$. Epicentrum w Menidi u stóp Parnasu. Zniszczeniu uległy: linie energetyczne, telefoniczne, zabudowania (ponad 100 budynków poważnie uszkodzonych).

1999.09.20, Tajwan, magnituda 7,6, liczba ofiar 2 321. Duże, płytkie trzęsienie ziemi (10 km), o $I = 10^\circ$. Epicentrum 40 km na wsch. od Nanton. Trzęsienie ziemi spowodowało zburzenie wieżowców, częściowe zniszczenie 52 tys. budynków, a 614 – całkowite. Zniszczone zostały: drogi, sieć energetyczna, telefoniczna i wodociągowa. Liczne pożary.

2001.01.26, India, magnituda 7,6, liczba ofiar 20 085. Duże, o $I = 10^\circ$ trzęsienie spowodowało zranienie 166 836 ludzi, zniszczonych 339 tys. budynków, a 783 tys. uszkodzonych. Zniszczenie wielu mostów i dróg w Gudżaracie. Trzęsienie

ziemi odczuwano w Bangladeszu i Nepalu oraz w Pakistanie.

2003.05.21, Algieria, magnituda 6,8, liczba ofiar 2 266. Silne, o $I = 9^\circ$. Rannych zostało 10 261 osób, 180 000 budynków uległo zniszczeniu. Trzęsienie odczuwano w Hiszpanii, we Włoszech i na wyspach Morza Śródziemnego. Obserwowano dwumetrowe tsunami.

2003.12.26, Iran, magnituda 6,6, liczba ofiar 31 000. Silne trzęsienie ziemi o $I = 10^\circ$. Ok. 30 000 rannych. Maksymalne zniszczenia w mieście Bam. W obszarze epicentralnym dużych zniszczeń dokonały lawiny ziemne.

2005.10.08, Pakistan, magnituda 7,6, liczba ofiar 86 000. Duże, o $I = 10^\circ$. 69 000 osób zostało rannych. Trzęsienie wywołało lawiny ziemne i kamieniste, które zniszczyły wiele dróg. Odczu-

te w Indii, Afganistanie, Chinach, Tadżykistanie i Kazachstanie.

2006.05.26, Indonezja, magnituda 6,3, liczba ofiar 5 749. Silne, o $I = 10^\circ$. 38 568 ludzi zostało rannych, 600 000 straciło dach nad głową.

2007.08.15, Peru, magnituda 7,9, liczba ofiar 540. Duże, o $I = 10^\circ$ trzęsienie ziemi z epicentrum 200 kilometrów na południe od Limy, w Pisco. W mieście zniszczeniu uległo 85% budowli, 38 000 domów legło w gruzach. Bez dachu nad głową pozostało 44 000 rodzin. Setki zwłok na ulicach, rannych ponad 2 000 osób. Przerwana łączność, zawalone mosty, rozpadliny na autostradach utrudniły niesienie pomocy poszkodowanym.

(Źródło: Biuletyn Obserwatorium Sejsmologicznego IGF PAN w Ojcowie (1992–2008), Janczewski E. W., 1955; <http://www.nors.no/Earthquake/GreatEarthquakes.html>, 2008; <http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>, 2008; <http://www.igf.edu.pl/~nklozlak>)

Zjawiska towarzyszące trzęsieniom ziemi

Trzęsieniom ziemi towarzyszą zwykłe zjawiska: świetlne, akustyczne, zmiany topograficzne, zaburzenia w reżimie wód gruntowych i wgłębnych, wydmy gazy oraz fale tsunami (o tsunami patrz artykuł Marka Grada w tym numerze „Geografii w Szkole”, s. 23–27).

Zjawiska świetlne występują w postaci spokojnego jarzenia barwy białej, czerwonej lub niebieskiej, ruchomych słupów świetlnych podobnych do zorzy polarnej, kul ognistych, krótkich mignięć, przypominających wyładowania elektryczności w atmosferze, błysków jarzeniowych. W Tangshan w 1976 r. pojawiła się na niebie wielobarwna poświata, której towarzyszyły białe, oślepiające błyski i przelatujące kule ogniste, a w Syczuanie w 2008 r. obserwowano wielobarwną poświatę.

Zjawiska akustyczne, takie jak głuche dudnienie, przeciągłe grzmoty, ciężkie uderzenie lub odległe wybuchy, których przyczyną jest początkowe drganie powstające w ognisku trzęsienia ziemi, cechują się dość wysoką częstotliwością i małymi amplitudami. Drgania te docierają do powierzchni Ziemi w postaci fali podłużnej, której energia wychodzi częściowo w powietrze jako fal akustyczna uchwytana dla ucha, jeśli jej częstotliwość przekracza kilkanaście cykli na sekundę. Wiele osób nie słyszy tych odgłosów, ponieważ nie są one wrażliwe na niskie tony. Niepokój ogarniający zwierzęta (konie, psy, papugi, bażanty, ryby), można tłumaczyć dużą wrażliwością na niskie tony.

Zmiany topograficzne terenu to szczeliny (fot. 2 na s. 20), uskoki, przesunięcia pionowe i poziome wzdłuż uskoku. Przykładowo, w Japonii w 1891 r. (Mino-Owari) obserwowano ruchy poziome do 4 m, zrzuty pionowe do 7 m, także w Ja-

ponii w 1923 r. (Kwanto) pomiary wykazały, że dno zatoki Sagami podniosło się do 1,9 m n.p.m., podczas gdy obszar w głębi łądu obniżył się, po czym powstały uskoki o długości 14 km i wysokości zrzutu 2 m; w indyjskim stanie Assam w 1897 r. zauważono liczne uskoki o długości 20 km (!) i szerokości 1,6 m oraz zrzuty pionowe do 3 m, a także otwierające się i zamykające szczeliny o długości 11 km; w Kalifornii w 1906 r. powstały szczeliny i poziome przesunięcia o długości 6 m wzdłuż uskoku św. Andrzeja.

W Peru w 1970 r. trzęsienie ziemi spowodowało powstanie lawiny niosącej 80 mln m³ lodu, błota i skał z prędkością około 160 km/h. Lawina ta spadła na miasto Yungay, grzebiąc 20 000 mieszkańców.

Skutkami trzęsień są też zmiany wydajności studni artezyjskich i źródeł, zmiany poziomu wód w studniach, zmęczenie wód, powstanie bijących fontann wynoszących na powierzchnię piasek itd. Na przykład w 1882 r. nad Bajkałem z pęknięć w gruncie podczas trzęsienia ziemi były fontanny wody na wysokość 6 metrów.

Do zjawisk poprzedzających trzęsienia ziemi należą:

- 1) deformacje i zmiany naprężeń na powierzchni i w skorupie ziemskiej;
- 2) anomalie grawimetryczne;
- 3) anomalie magnetyczne, zmiany oporu elektrycznego;
- 4) zmiany hydrogeochemiczne i hydrogeotermiczne;
- 5) zmiany poziomu wód w otworach pomiarowych;
- 6) zmiany statystyki zjawisk sejsmicznych;
- 7) występowanie anomalnych zjawisk pełzania;
- 8) zmiany prędkości fal podłużnych i poprzecznych;
- 9) pojawianie się lub – na odwrót – znikanie zjawisk mikrosejsmicznych;
- 10) zmiany mechanizmu zachodzących dotąd w danym miejscu trzęsień ziemi.

Czy można przewidzieć trzęsienia ziemi?

Precyzyjna obserwacja zjawisk towarzyszących i poprzedzających stanowi podsta-

wę opracowania metod przewidywania wstrząsów. W celu zwiększenia precyzji pomiarów wykorzystuje się techniki laserowe i satelity (pomiaru GPS).

W Parkfield kalifornijscy sejsmolodzy zainstalowali precyzyjną aparaturę do pomiarów pionowych i poziomych przemieszczeń gruntu, anomalii magnetycznych, przewodności elektrycznej skał, zmian przyspieszenia ziemskiego, zmian poziomu wód w otworach pomiarowych, zawartości radonu w wodach podziemnych i zmian prędkości fal sejsmicznych. Na Wyspach Kurylskich na długo przed trzęsieniami o magnitudach powyżej 4, obserwowano spadek poziomu wód w odwiertach o głębokości 400–600 m. Około 10 dni przed trzęsieniem spadek ten był silniejszy, potem poziom zaczynał się podnosić, a na 2–3 dni przed trzęsieniem stabilizował się. Nie tylko zmiany poziomu wód są obserwowane w odwiertach, zauważono również wpływ ropy naftowej na krótko przed dużym trzęsieniem ziemi w Tangshan we wschodnich Chinach ($M = 8,0$). Na obszarze metropolitalnym Tokio prowadzi się głębokich otworach obserwacje mikrosejsmiczne i pomiary nachyleń. Można w ten sposób wykrywać bardzo słabe wstrząsy. W wyniku badań stwierdzono występowanie serii słabych wstrząsów poprzedzających trzęsienie ziemi w Tokio w 1974 r. Przykładem udanych prognoz było trzęsienie ziemi w Chinach w 1975 r. Złożyły się na to kompleksowe obserwacje licznych zjawisk, w tym także zachowania zwierząt. Coraz większego znaczenia nabierają też obserwacje hydrogeochemiczne, np. na Islandii.

Jednak szczegółowe prognozowanie nie jest nadal możliwe. Dziś sejsmolodzy potrafią wskazać miejsce, w którym istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia trzęsienia, lecz nie są w stanie określić dokładnie wielkości i czasu zjawiska. Istnieje jednak możliwość oceny zagrożenia sejsmicznego i brania jej pod uwagę przy projektowaniu budynków w obszarach sejsmicznych, szczególnie w odniesieniu do budowli specjalnego znaczenia, takich jak np.: zakłady przemysłowe, mosty, szpitale, budowle monumentalne, specjalne budowle ziemne, duże zapory wodne, elektrownie jądrowe.

LITERATURA:

- Biuletyn Obserwatorium Sejsmologicznego IGF PAN w Ojcowie (1992–2008)
- Czechowski A., Teisseyre R., 1981, *Wnętrze Ziemi kształtuje jej powierzchnię*, Wiedza Powszechna, Warszawa
- Jahn A., 1964, *Alaska*, „Poznaj Świat”, nr 7, s. 29–30
- Janczewski E. W., 1955, *Zarys sejsmologii ogólnej i stosowanej*, Wyd. Geol., Warszawa
- Makowski J., 1994, *Trzęsienia ziemi*, „Poznaj Świat”, nr 3, s. 43–46
- Mazur M., 1990, *Wielkie i tragiczne trzęsienia ziemi*, maszynopis
- Mazurek T., 1981, *O skalach trzęsień ziemi*, „Poznaj Świat”, nr 2, s. 23–24

- Mizerski W., 1981, *Dlaczego Ziemia drży*, „Poznaj Świat”, nr 2, s. 21–22
- Mizerski W., 1986, *Kontynenty w ruchu*, Iskry, Warszawa
- Zuchiewicz W., 1997, *Strefy współczesnej aktywności wulkanicznej i sejsmicznej*, (w:) *Encyklopedia geograficzna świata*, t. IX, Opress, Kraków, s. 50–51
- Strony internetowe:
 - <http://www.neic.cr.usgs.gov/>, 2008
 - <http://www.nors.no/Earthquake/GreatEarthquakes.html>, 2008
 - <http://www.sgp.org.pl>, 2008
 - <http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>, 2008
 - <http://www.igf.edu.pl/~nklozlak>
 - <http://www.esc.washington.edu/tsunami/sumatra.html>

Trzęsienia ziemi

– nieprzewidywalne kataklizmy naturalne

Scenariusz lekcji z wykorzystaniem art. M. Hojny-Kołoś

BOŻENA SIENKIEWICZ

Temat lekcji: Trzęsienia ziemi – nieprzewidywalne kataklizmy naturalne.

Cele lekcji:

- uświadamianie zagrożeń i skutków wywołanych trzęsieniami ziemi,
- rozwijanie umiejętności myślenia przy czynowo-skutkowego.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- definiuje terminy epicentrum, hipocentrum,
- wyjaśnia, w jaki sposób dochodzi do trzęsień ziemi,
- wskazuje na mapie obszary o największej sejsmiczności na Ziemi,
- wymienia skutki trzęsień ziemi,
- wskazuje sposoby niwelowania tych skutków.

Metody i formy pracy: praca z tekstem źródłowym, praca z mapą, burza mózgów, mini wykład, pogadanka, praca zbiorowa, praca grupowa.

Środki dydaktyczne: artykuł M. Hojny-Kołoś *Trzęsienia ziemi na świecie*, tablica graficzna lub foliogram *Trzęsienia ziemi* –

ruch płyt litosfery we wnętrzu Ziemi, zestawienia 1–4 z wykorzystywanego na lekcji artykułu – do pracy grup zadaniowych, atlas geograficzny, mapa ścienna Tektonika płyt litosfery.

Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1. Poleć uczniom przeanalizowanie w atlasie mapy *Tektonika płyt litosfery* pod kątem odpowiedzi na pytania:
 - W jaki sposób budowa wnętrza Ziemi wpływa na jej powierzchnię?
 - Na jakie części dzieli się litosfera?
2. Wyjaśnij, co dzieje się w miejscach zderzenia płyt litosfery.

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

1. Zaprezentuj planszę lub foliogram (z pomocy dydaktycznych dostępnych w pracowni) *Trzęsienia ziemi – ruch płyt litosfery we wnętrzu ziemi*.
2. Wyjaśnij uczniom znaczenie terminów: epicentrum, hipocentrum, sejsmograf.
3. Przedstaw na podstawie tekstu z artykułu, czym jest **magnituda (M)**.

a. Praca uczniów w zespołach zadaniowych:

4. Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy zadaniowe.
5. Każdej grupie rozdaje odpowiednie zestawienie (1–4 z art. M. Hojny-Kołoś *Trzęsienia ziemi na świecie*) i kartę pracy (ryc. 1).
6. Zapisuje na tablicy pytania pomocnicze do pracy zespołowej:
 - Jak dużą liczbę ofiar ludzkich mogą pochłaniać trzęsienia ziemi, z czym jest ona porównywalna (np. z wielkością którego miasta w Polsce)?
 - Jakie zmiany topograficzne terenu powodują trzęsienia ziemi?
 - W jakich regionach świata mają największe nasilenie?
 - Jakie są skutki trzęsień ziemi o epicentrach podmorskich lub nadmorskich?
 - Jakie zjawiska towarzyszą trzęsieniom ziemi?

grupa 1 – tab. 2. *Największe tragedie sejsmiczne od 1000 r. do 2008 r.*

grupa 2 – tab. 3. *Największe trzęsienia ziemi na świecie o magnitudzie ≥ 9*

grupa 3 – tab. 4. *Wielkie trzęsienia ziemi o magnitudzie ≥ 8*

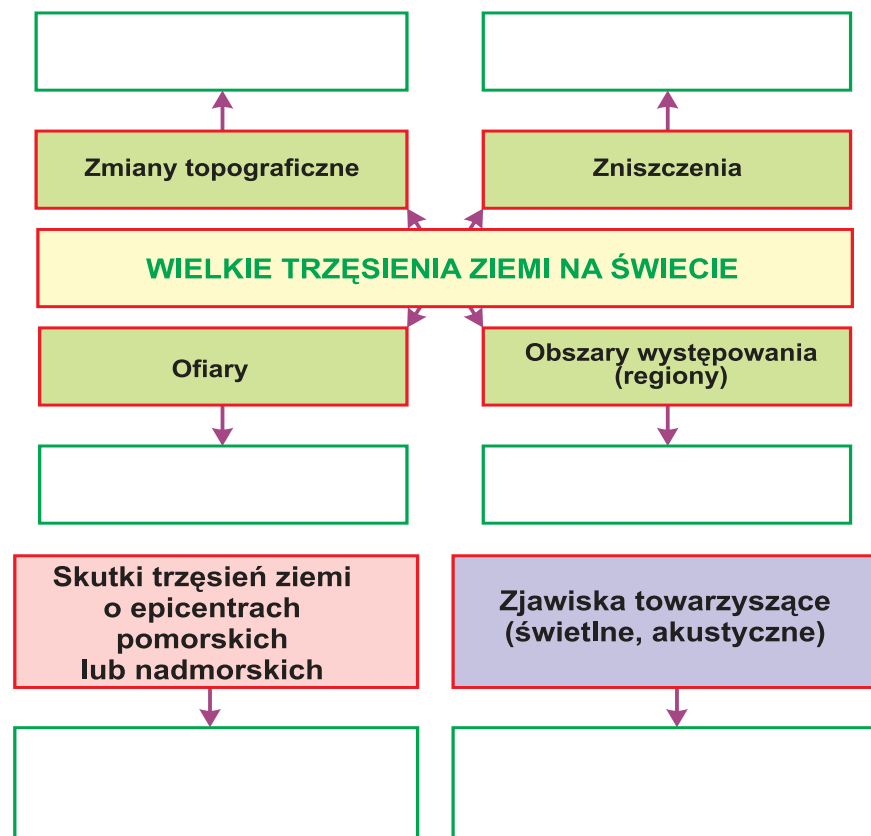
grupa 4 – tab. 5. *Trzęsienia ziemi o magnitudzie < 8*

b. Prezentacja prac zespołów:

7. Nauczyciel zaprasza przedstawicieli grup, aby kolejno prezentowali swoje opracowania na forum klasy.
8. Po każdej prezentacji uzupełnia i podsumowuje efekty ich pracy.
9. Poleca uczniom, aby na podstawie map w atlasie określili regiony świata o największej sejsmiczności.
10. Zapisuje wnioski:
 - Granice poszczególnych płyt litosfery to obszary sejsmiczne.
 - Strefy silnie aktywne sejsmicznie to:
 - strefa wokół Pacyfiku;
 - strefa śródziemnomorska i azjatycka;
 - strefa grzbietów podmorskich, systemów ryftowych oceanicznych i kontynentalnych.

III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

1. Nauczyciel zapisuje w widocznym miejscu (np. na tablicy szkolnej lub na planszy) następujące zdanie. *Trzęsienia ziemi były i są najbardziej dramatycznym w skutkach przejawem procesów zachodzących we wnętrzu naszego globu.*
2. Inspiruje uczniów do krótkich wypowiedzi.
3. Metodą „burzy mózgów” zachęca klasę do podania jak największej liczby sposobów niwelowania skutków trzęsień ziemi, np.: prognozowanie trzęsień ziemi i ostrzeganie ludności, specjalne konstrukcje budynków, mostów, dróg, zabezpieczenia instalacji gazociągów, wodociągów, frakcji linii energetycznych, edukacja mieszkańców, przygotowanie zapasów żywności.



Ryc. 1. Karta pracy



Fot. 1. Tajlandia – tsunami uderza znieścaka i nawet w miejscach nie leżących bezpośrednio nad morzem
(źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Tsunami>)

Trzęsienia ziemi i fale tsunami każdego roku powodują śmierć tysięcy ludzi i ogromne zniszczenia.

Najsilniejsze trzęsienia ziemi występują na obrzeżach płyt litosfery i są wynikiem ich wzajemnego przemieszczania.

Fale tsunami generowane są głównie przez silne, płytkie trzęsienia oceaniczne.

Nagle przemieszczenie dna oceanu na dużym obszarze powoduje wypiętrzenie warstwy wody, będące źródłem bardzo długich fal przebiegających ocean z prędkością 500–850 km/h. Przy zbliżeniu się do szelfu fala zwalnia, ulegając spiętrzeniu.

Na wybrzeżu jej amplituda może osiągać od kilku metrów do 30–40 m wysokości, powodując ogromne zniszczenie.

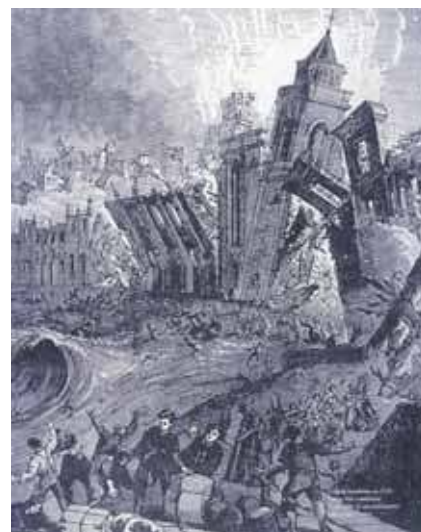
MAREK GRAD
(prof. dr hab. , UW, Instytut Geofizyki)

Trzęsienia ziemi i fale tsunami każdego roku powodują śmierć tysięcy ludzi i ogromne zniszczenia. Trzęsienia ziemi, w szczególności te najsilniejsze, występują na obrzeżach płyt litosfery i są wynikiem ich wzajemnego przemieszczania. Źródłem tego ruchu, swego rodzaju napędem dla płyt, są procesy konwekcyjne zachodzące głęboko we wnętrzu Ziemi. Pod wpływem wzajemnego przemieszczania w strefach kontaktu płyt następuje gromadzenie naprężeń w sztywnej litosferze, a do trzęsienia ziemi dochodzi, gdy naprężenia przekroczą wytrzymałość ośrodka skalnego. Fale tsunami (z jap. *tsu* – port, *nami* – fala) mogą być generowane przez silne, płytkie trzęsienia ziemi pod oceanami, jak również w wyniku podwodnych erupcji wulkanów, a także osuwisk. Rozchodzą się w oceanie w postaci bardzo długich fal, których amplituda gwałtownie wzrasta na szelfie.

Lizbona, trzęsienie ziemi i tsunami 1 listopada 1755 roku

1 listopada 1755, o godzinie 9:16 czasu lokalnego, ok. 250 km na południowy-zachód od Lizbony, pod dnem Atlantyku wystąpiło silne trzęsienie ziemi, którego magnitudę ocenia się obecnie na $M = 8,7$. Trzęsienie nastąpiło w dniu Wszystkich Świętych, kiedy duża część spośród ok. 250 000

mieszkańców Lizbony była w kościołach. Wiele z kamiennych budowli zakolysało się gwałtownie i zawaliło. Wkrótce wybuchły pożary, a ci mieszkańcy, którym udało się uniknąć śmierci pod gruzami domów, zaczęli tłumnie zbierać się nad przepływającym przez stolicę Portugalii Tagiem, tu szukając schronienia. Tymczasem około 30 minut po trzęsieniu na brzeg rzeki dotarła wywołana wstrząsami sejsmicznymi fala tsunami o wysokości sięgającej 6 m. Wiele osób utonęło (ryc. 1). W wyniku trzęsienia



Ryc. 1. Miedzioryt przedstawiający zniszczenie Lizbony przez trzęsienie ziemi i tsunami w dniu 1 listopada 1755 r. (Kozak J. i Musson R. M. W., 1997)

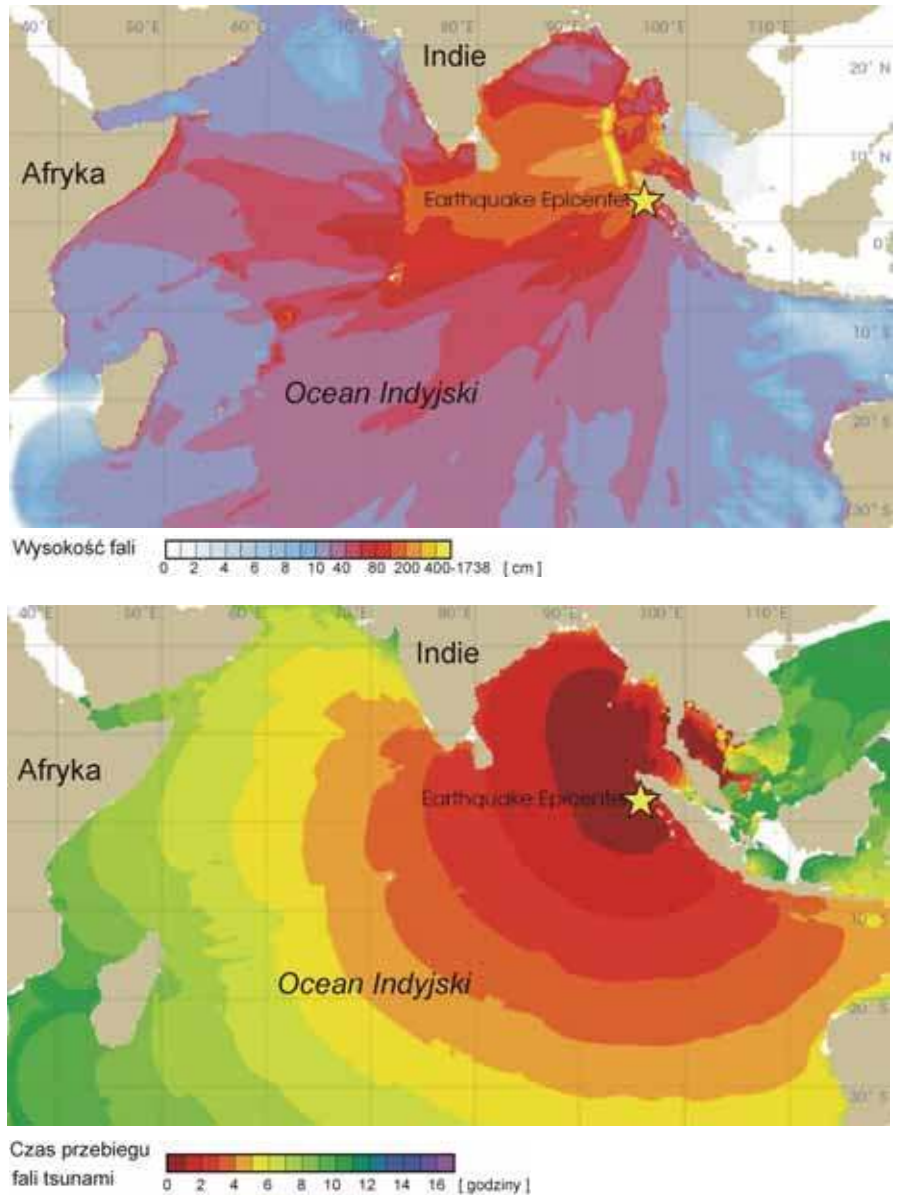
ziemi, pożarów i tsunami zginęła 1/4 populacji miasta, uchodzącego w XVIII wieku za jedno z najpiękniejszych i najbogatszych w Europie.

Fale tsunami spowodowały wówczas ofiary i zniszczenia również w południowej Hiszpanii oraz w okolicach Gibraltaru. Z mniejszą intensywnością tsunami osiągnęło wybrzeża Francji, Wielkiej Brytanii, Irlandii, Belgii i Holandii. Po przejściu przez Atlantyk, w godzinach popołudniowych fale tsunami o wysokości ok. 1 m zaobserwowane zostały na Martynice i Barbadosie (Bolt B. A., 1999; Kozak J. i Musson R. M. W., 1997).

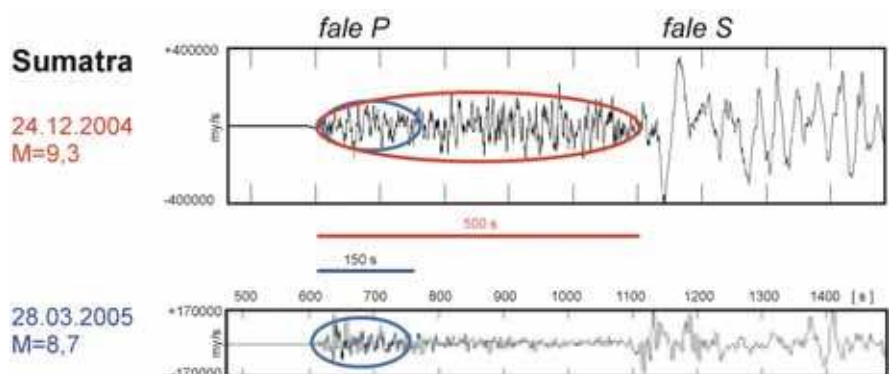
Sumatra–Andaman, trzęsienie ziemi i tsunami 26 grudnia 2004 roku

W niedzielę 26 grudnia 2004 roku, w drugi dzień Świąt Bożego Narodzenia o godzinie 07:58:53 czasu lokalnego (odpowiednio 00:58:53 czasu uniwersalnego UT), u północnych wybrzeży Sumatry wystąpiło katastrofalne w skutkach, ogromne trzęsienie ziemi. Związane z nim fale tsunami dokonały ogromnych zniszczeń w wielu krajach wokół Oceanu Indyjskiego (fot. 1–2). Fale tsunami dotarły do wybrzeży Indonezji, Malezji, Tajlandii, Birmy (Myanmaru), Bangladeszu, Indii, Sri Lanki, Malediwów, a nawet do Somalii, Tanzanii i Kenii w Afryce (ryc. 2).

Epicentrum trzęsienia ziemi (początek strefy rozrywu) znajdowało się ok. 250 km na zachód od prowincji Banda Aceh na północy Sumatry ($\varphi = 3,30^\circ\text{N}$, $\varphi = 95,96^\circ\text{E}$), 1260 km od Bangkoku i 1590 km od Dżakarty (epicentrum oznaczono na ryc. 2 żółtą gwiazdką). Według różnych źródeł ocenia się, że ognisko znajdowało się na głębokości 10–30 km. W pierwszych doniesieniach, tuż po trzęsieniu, jego magnitudę oceniono na 8,0, poprawiając ją wkrótce na $M = 8,7$, a następnie na $M = 9,0$ (np. Ambrosius B. i in., 2005). Analiza drgań własnych Ziemi pozwoliła na dokładne obliczenie momentu sejsmicznego¹⁾, którego wartość wyniosła $1,0 \times 10^{30}$ dyna. cm, co odpowiada magnitudzie $M = 9,3$ (Stein S. i Okal E. A., 2005). Oznacza to, że trzęsienie u wybrzeży Sumatry było drugim co do wielkości od czasu rozpoczęcia instrumentalnych rejestracji na początku XX wieku (ryc. 3). Większym było jedynie trzęsienie ziemi w 1960 roku u wybrzeży Chile, którego magnituda wyniosła $M = 9,5$. Długość rozrywu powstałego w wyniku trzęsienia ziemi u wybrzeży Sumatry wyniosła 1200 km (w przybliżeniu żółta linia na ryc. 2, na północ od epicentrum oznaczonego żółtą gwiazdką), a obszar o szerokości ok. 200 km został przemieszczony średnio o 11 m (Stein S. i Okal E. A., 2005).



Ryc. 2. Rozchodzenie się fal tsunami na Oceanie Indyjskim po trzęsieniu ziemi u wybrzeży Sumatry; kolorami oznaczono wysokość fali tsunami i czas jej przebiegu, zaś żółta gwiazdka – położenie epicentrum wstrząsu z 26 grudnia 2004 r. (Earthquake Epicenter)

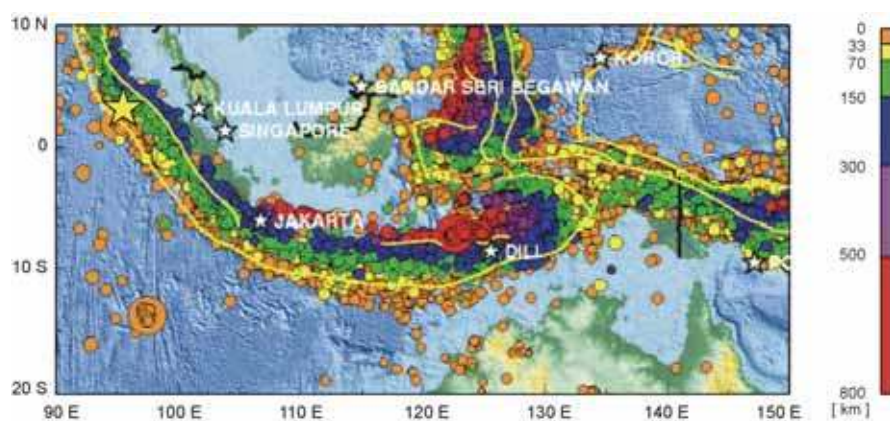


Ryc. 3. Porównanie sejsmogramów wstrząsu z 26 grudnia 2004 r. ($M=9,3$) oraz z 28 marca 2005 r. ($M=8,7$) zwracają uwagę na długość trwania trzęsienia grudniowego (ok. 500 s) i jego znacznie większą amplitudę w porównaniu z trzęsieniem marcowym; obie rejestracje pochodzą ze stacji FUR, odległej ok. 6 400 km od epicentrow obu trzęsień

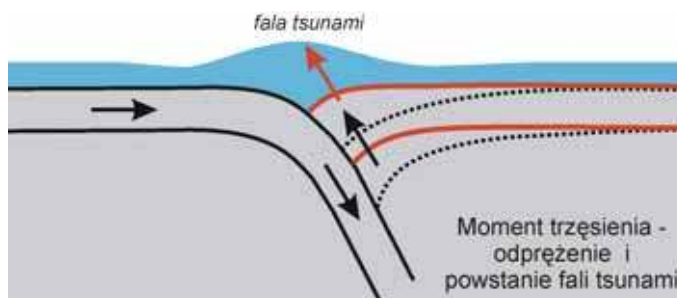
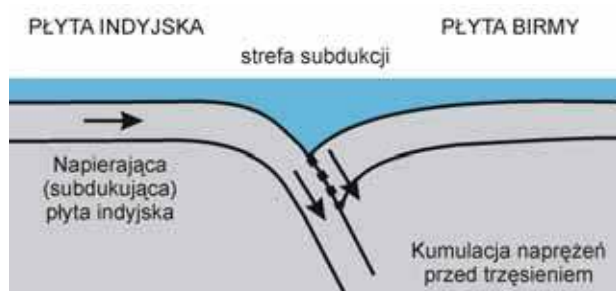
1) Moment sejsmiczny jest wielkością używaną przez sejsmologów do pomiaru wielkości trzęsienia ziemi. Skalar momentu sejsmicznego (M_0) jest zdefiniowany przez równanie $M_0 = \mu \cdot A \cdot u$, gdzie: μ to moduł sprężystości poprzecznej skal uczestniczących w trzęsieniu ziemi (z reguły ok. 30 gigapaskali), A jest obszarem rozerwania wzdłuż usłoku geologicznego, powstałego w miejscu, w którym trzęsienie ziemi wystąpiło, zaś u jest średnim przesunięciem na A . Dla współczesnych trzęsień ziemi moment sejsmiczny zwykle jest szacowany na podstawie rejestrów drgań gruntu powstających podczas trzęsienia (sejsmogramów). Z kolei dla trzęsień ziemi, które wystąpiły zanim dostępne były nowoczesne urządzenia pomiarowe, moment można oszacować na podstawie geologicznych ocen wielkości rozerwania usłoku i przesunięcia. Jednostką w układzie SI jest niutonometr ($\text{N} \cdot \text{m}$), a jednostką pochodną – dyna · centymetr ($\text{dyn} \cdot \text{cm}$), przy czym $1 \text{ N} \cdot \text{m} = \text{dyn} \cdot \text{cm} \cdot 10^7$ (przyp. Red.).



Fot. 2. Północne wybrzeże Sumatry (prowincja Banda Aceh,) po tsunami (28 grudnia 2004 r.) i przed tsunami (23 czerwca 2004 r.)



Ryc. 4. Sejsmiczność Indonezji – zestawienie epicentrów trzęsień ziemi w rejonie Indonezji w latach 1990–2000; kolory oznaczają głębokość ogniska



Ryc. 5. Schemat mechanizmu powstawania trzęsienia ziemi i fali tsunami dla zjawiska z 26 grudnia 2004 r.

Był to najdłuższy rozryw, jaki kiedykolwiek zaobserwowano. Czas trwania procesu rozrywania wyniósł ok. 500 s (ryc. 4), co oznacza średnią prędkość rozrywu ok. 2,5 km/s (Henstock T. i in., 2005; Ni S., 2005). W trakcie trzęsienia płyta indyjska zagłębiła się pod płytę Birmy (rozłam odwrócony, o małym nachyleniu ok. 10° w kierunku północno-wschodnim). Na całym tym obszarze w przeciągu pierwszego tygodnia po trzęsieniu ziemi (do 1 stycznia 2005) zarejestrowanych zostało ponad 100 wstrząsów następnych (*aftershocks*) o magnitudzie $M > 5,0$. Największy z nich, który wystąpił 3 godziny po wstrząsie głównym, miał magnitudę $M = 7,1$. Trzydzieści innych miało magnitudę $M = 6,0$ lub większą. Nie stwierdzono fal tsunami, które byłyby wynikiem wstrząsów następnych.

Duża aktywność sejsmiczna w rejonie Sumatry nie jest zaskoczeniem. W latach 1976–2003 odnotowano tam sześć bardzo silnych trzęsień ziemi o magnitudzie $M > 7,0$. Ryc. 4 przedstawia zestawienie epicentrów trzęsień ziemi w rejonie Indonezji w latach 1990–2000. Są to trzęsienia o różnej wielkości, niemniej trudno byłoby znaleźć obszar, gdzie wstrząsy nie występowały. Dodatkowa informacja zawarta jest w oznaczeniu kolorem głębokości ogniska. Kolory żółty i pomarańczowy oznaczają trzęsienia płytkie, o głębokości do 70 km, granatowy, fioletowy i czerwony oznaczają ogniska znacznie głębsze, ponad 150, 300 i 500 km. Zwraca uwagę sekwencja trzęsień – od płytkich od strony oceanu, do najgłębszych pod łukiem wysp. Położenie ognisk wyznacza powierzchnię oceanicznej litosfery płyty indyjskiej zagłębiającej się (subdukującej) pod płytę Birmy (porównaj model na ryc. 5). Granicę płyt stanowi Wielki Uskok Sumatry (*Great Sumatran Fault*), przebiegający w kierunku SE–NW, który jest równoległy do wybrzeża Sumatry i do rowu Sunda (na ryc. 5 żółta linia na zachód od Dżakarty). Ruch względny płyt ma kierunek N10E (ku północy, ze skretem o 10° w kierunku wschodnim), a jego średnia prędkość jest rzędu 5–6 cm/rok (Natawidjaja D. H. i in., 2004; Khan S. A. i Gudmundsson Ó., 2005).

Trzęsienia ziemi należące do grupy największych wystąpiły w strefie subdukcji w roku 1797 ($M = 8,4$), 1833

Tabela 1. Najtragiczniejsze w skutkach tsunami w latach 1850–2000 (Bernard E. N., 2001)

Lp.	Miejsce trzęsienia Ziemi	Rok	Liczba ofiar
1	Krakatau	1883	35 500
2	Chile	1868	25 674
3	Japonia	1896	21 959
4	Filipiny	1976	8 000
5	Indonezja	1899	3 620
6	Japonia	1933	3 064
7	Japonia	1854	3 000
8	Papua N. Gwinea	1998	2 182
9	Japonia	1923	2 144
10	Indonezja	1861	1 700
11	Indonezja	1992	1 500
12	Japonia	1946	1 330

($M = 8,7$), 1861 ($M = 8,5$) i 2000 ($M = 7,9$), wszystkie na południe od ogniska trzęsienia z 26 grudnia 2004 roku. W miejscu trzęsienia ziemi z roku 1861 wystąpiło silne trzęsienie w dniu 28 marca 2005 roku o magnitudzie $M = 8,7$, głębokości 40 km i rozrywie długości ok. 350 km (patrz porównanie sejsmogramów na ryc. 3). Przesuwanie się aktywności sejsmicznej na południe stwarza zagrożenie kolejnych bardzo silnych trzęsień, podobnie jak 100 lat temu (Vigny C. i in, 2005; Henstock T. i in., 2005). Przypuszczenia te poparte są pomiarami GPS przemieszczeń w obszarze południowej Sumatry – w miejscu trzęsienia ziemi z roku 1833 akumulacja przemieszczeń wynosi obecnie ok. 6 m (Vigny C. i in, 2005; Ambrosius B. i in. 2005).

Mechanizm powstawania fal tsunami

Fale tsunami generowane są głównie przez silne oceaniczne i podmorskie trzęsienia ziemi, jak również przez podwodne

erupcje wulkanów oraz osuwiska. Jednak nie wszystkie silne trzęsienia ziemi generują silne fale tsunami. Proces ten zależy od wielu czynników, takich jak mechanizm źródła trzęsienia ziemi, jego głębokość, geometria dna oceanicznego, rodzaj skał budujących podłoże oceanu (Gusiakov V. K., 2001). Ocenia się, że 85% przypadków tsunami występuje w Oceanie Spokojnym, ale pojawiają się one również w Oceanie Indyjskim i Atlantyku. W czasach historycznych m.in. Morze Śródziemne i Morze Karaibskie były nawiedzane przez lokalnie niszczące tsunami (np. Papadopoulos G. A. i Vassilopoulou A., 2001).

Nagle przemieszczenie dna oceanicznego (szczególnie pionowe) na dużym obszarze powoduje wypiętrzenie (lub obniżenie) warstwy wody, będące źródłem bardzo długich fal (rzędu 150–250 km), przebiegających ocean z prędkością 500–850 km/h. Prędkość fali tsunami (c_{tsunami}) zależy od głębokości oceanu i można ją wyrazić jako:

$c_{\text{tsunami}} \approx (gh)^{1/2}$, gdzie: g – przyspieszenie ziemskie (ok. 10 m/s^2), h – głębokość oceanu (w metrach).

W oceanie o głębokości 2, 4 i 6 km prędkości fal tsunami wynoszą odpowiednio ok. 140, 200 i 240 m/s (Dahlen F. A. i Tromp J., 1998). Są więc one kilkudziesięciokrotnie wolniejsze od fal sejsmicznych (prędkość fali P w płaszczu Ziemi wynosi 8–10 km/s). Jest to istotne z punktu widzenia możliwości identyfikacji silnych trzęsień ziemi przed nadejściem fal tsunami. Na otwartym oceanie głębokowodna fala tsunami charakteryzuje się amplitudą $\sim 0,1$ –1 m (ryc. 3). Zbliżając się do szelfu tsunami zwalnia, ulegając spiętrzeniu. Na wybrzeżu jej amplituda może osiągać od kilku m do nawet 30–40 m wysokości, powodując ogromne zniszczenie (ryc. 2, fot. 1, fot. 2).

Fale tsunami są słabo tłumione i mogą przemierzać ogromne odległości światowego oceanu. Tsunami powstałe po trzęsieniu ziemi w Chile (1960) dotarło na Hawaje po 14 godzinach i spowodowało w Hilo śmierć 61 osób, a 282 zostało po-

ważnie rannych. Ze względu na małą odległość ogniska trzęsienia ziemi od Sumatry, fala tsunami wygenerowana w dniu 26 grudnia 2004 roku dotarła do wybrzeża w ciągu zaledwie kilku-kilkunastu minut, a wysokość fali sięgnęła kilkunastu metrów. Po ok. 2 godzinach fala osiągnęła wybrzeża Indii i Sri Lanki, po 4 godzinach Malediwy, a po 7–9 godzinach wybrzeża Afryki. Istotne jest, że wraz z odległością amplituda fali tsunami maleje (ryc. 2).

Czy możemy uniknąć tragicznych skutków trzęsień ziemi i tsunami?

Ocenia się, że tsunami wywołane trzęsieniem ziemi u północnych wybrzeży Sumatry w dniu 26 grudnia 2004 roku spowodowało śmierć blisko ćwierć miliona ludzi (Henstock i in., 2005; Khan, Gudmundsson, 2005), głównie w basenie Oceanu Indyjskiego, ale również w Afryce (ok. 300 ofiar śmiertelnych w Somali, Tanzanii i Kenii). Poza rdzennymi mieszkańcami śmierć poniosło wielu turystów pochodzących z 55 różnych krajów (w tym 11 ofiar to Polacy).

Najtragiczniejsze w skutkach tsunami w latach 1850–2000 zestawione zostały w tabeli 1, jednak pełniejszy obraz daje liczba 120 000 ofiar w tym samym okresie tylko w obszarze wokół Pacyfiku. Podczas dekady 1990–1999 odnotowane zostały na świecie 82 przypadki tsunami, z których 11 spowodowało śmierć 4 600 osób i zniszczenia na sumę ok. 1 miliarda USD. Dekada była typowa dla wieku, który minął – średnio z jednym katastrofalnym i pięcioma średnimi tsunami rocznie (Bernard, Hebenstreit, 2001). Przy analizie tabeli zwraca uwagę fakt, że II połowie XX wieku duże straty spowodowały tsunami tylko wokół Oceanu Indyjskiego: Filipiny (1976), Indonezja (1992) i Papua Nowa Gwinea (1998).

Nie bez znaczenia jest fakt, że od kilkudziesięciu lat na obszarze Pacyfiku skutecznie funkcjonuje międzynarodowy system monitorowania i ostrzegania (*The Pacific Tsunami Warning Center*). Strefa cale-

LITERATURA:

- Ambrosius B., Simson W., Vigny C., Socquet A., Abu S., Chalermchon Satirapod, Hashizume M., Subarya C., 2005, *GPS measurements in SE Asia: Sunda-lal motion and deformation before and after the December 26, 2004, Magnitude 9.0 earthquake*, Geophys. Res. Abstr., 7, 10337
- Bernard E. N., 2001, *Recent developments in tsunami hazard mitigation*, (w:): *Tsunami Research at the End of a Critical Decade*, G. T. Hebenstreit (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 7–15
- Bolt B. A., 1999, *Earthquakes*, 4th ed., W. H. Freeman and Company, New York, 366
- Bullen K. E., Bolt B. A., 1993, *An introduction to the theory of seismology*, 4th ed. Cambridge University Press, Cambridge, 499
- Dalen F. A., Tromp J., 1998, *Theoretical Global Seismology*, Princeton University Press, New Jersey, 1025
- Gusiakov V. K., 2001, „Red”, „green” and „blue” tsumanigenic earthquakes and their relation with conditions of oceanic sedimentation in the Pacific, (w:): *Tsu-*

nami Research at the End of a Critical Decade, G. T. Hebenstreit (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 17–32

- Henstock T., McNeill L., Tappin D., 2005, *Recent sea-floor deformation at the 26 December 2004 Indian Ocean earthquake rupture zone: results from the HMS Scott 2005 survey*, Geophys. Res. Abstr., 7, 11183
- Khan S. A., Gudmundsson Ó., 2005, *GPS analyses of the Sumatra–Andaman earthquake*, Eos, Trans. Am. Geophys. Un., 86 (9), 89, 94
- Kozak J., Musson R. M. W., 1997, *European earthquakes in the 18th century through contemporary pictorial documentation*, Pure appl. geophys., 150, 305–327
- Natawidjaja D. H., Sieh K., Ward S. N., Cheng H., Edwards R. L., Galetzka J., Suwargadi B. W., 2004, *Paleogeodetic records of seismic and aseismic subduction from central Sumatran microatolls, Indonesia*, J. of Geophys. Res., 109 (B4), B04306
- Ni S., Kanamori H., Helmlinger D., 2005, *Energy radiation from the Sumatra earthquake*, „Nature”, 434, 582
- Papadopoulos G. A., Vassilopoulou A., 2001, *Histo-*

rical and archeological evidence of earthquakes and tsunamis felt in the Kythira Strait, Greece, (w:): *Tsunami Research at the End of a Critical Decade*, G. T. Hebenstreit (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 119–138

- Stacey F. D., 1969, *Physics of the Earth*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 414
- Stein S., Okal E. A., 2005, *Speed and size of the Sumatra earthquake*, „Nature”, 434, 581–582
- Vigny C., Simons W. J. F., Abu S., Bamphenyu R., Satirapod C., Hashizume M., Subarya C., Tregoning P., Ambrosius B. A. C., 2005, *Monitoring of the December 26th mega-thrust earthquake in SE Asia by GPS*, Geophys. Res. Abstr., 7, 10732
- Strony internetowe:
 - US Geological Survey, National Earthquakes Information Center: <http://neic.usgs.gov/>
 - National Oceanic & Atmospheric Administration: <http://noaa.gov/>
 - Incorporated Research Institutions for Seismology: <http://www.iris.edu/hq>
 - DigitalGlobe: <http://www.globexplorer.com/disasterimages>

go oceanu objęta jest ostrzeganiem w ciągu 60 minut po wystąpieniu trzęsienia ziemi, które wygenerowało fale tsunami, strefy regionalne – 20 minut, a lokalnie – nawet 5 minut. Niestety, na Oceanie In-

dyjskim, w tym w rejonie zatoki Bengalskiej, wcześniej nie było takich systemów ostrzegania, co okazało się katastrofalne w skutkach 26 grudnia 2004 roku. Po tragicznym w skutkach trzęsieniu ziemi,

u wybrzeży Sumatry oraz na Oceanie Indyjskim zaczęto instalować urządzenia do monitorowania trzęsień i tsunami, a system monitoringu na Pacyfiku ma uzyskać znaczące wzmocnienie sprzętowe.

Tsunami

– groźne fale

Scenariusz lekcja geografii
z wykorzystaniem art. M. Grada

BOŻENA SIENKIEWICZ

Temat lekcji: *Tsunami – groźne fale.*

Cele lekcji:

- rozwijanie myślenia przyczynowo-skutkowego w kontekście powstawania i zagrożeń falami tsunami,
- doskonalenie umiejętności czytania i interpretowania map i wykresów.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- wyjaśnia, czym jest tsunami,
- wymienia przyczyny tsunami,
- wskazuje na mapie obszary ich występowania,
- opisuje skutki tsunami,
- podaje sposoby przeciwdziałania tym skutkom.

Metody i formy pracy: praca z mapą, burza mózgów, mapa skojarzeń, wykład informacyjny, pogadanka, praca zbiorowa, praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- artykuł: M. Grad *Tsunami* („Geografia w Szkole” nr specjalny 2/2008, s. 00–00),
- szkolny atlas geograficzny,
- ścienna mapa fizyczna świata.

Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1. Nauczyciel zapisuje na tablicy temat lekcji i krótko zapoznaje uczniów z jej celami.
2. Nauczyciel informuje uczniów: *Fale tsunami każdego roku powodują śmierć tysięcy ludzi i ogromne zniszczenia.* Kieruje do nich pytanie: Z czym kojarzy się wam tsunami?
 - a. Metodą „burzy mózgów” nauczyciel uzyskuje od uczniów jak największą liczbę skojarzeń.
 - b. Każde z tych skojarzeń zapisuje w formie podanej przez ich autorów.
 - c. Wypowiedzi uczniów porządkuje na tablicy w postaci mapy skojarzeń.
3. Po przejrzaniu zapisanych skojarzeń, podkreśla te, które wiążą się z przyczynami tsunami:
 - trzęsienia ziemi pod oceanami,
 - podwodne erupcje wulkanów,
 - osuwiska.

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

A. Sejsmiczność na kuli ziemskiej.

1. Nauczyciel poleca uczniom przeanalizowanie mapy sejsmiczności w atlasie pod kątem odpowiedzi na pytania:
 - Które obszary mają największą aktywność sejsmiczną na oceanach?
 - Od czego zależy taka lokalizacja tych obszarów?
2. Podsumowuje wypowiedzi uczniów, zwracając uwagę na ukształtowanie dna oceanicznego oraz na intensywność wybuchów wulkanów i trzęsień ziemi.
3. Wnioski sformułowane przez uczniów nauczyciel zapisuje na tablicy szkolnej.

B. Trzęsienia ziemi i tsunami w czasie świąt.

- a. Wszystkich Świętych – 1 listopada 1755, Lizbona.
 4. Nauczyciel czyta głośno opis trzęsienia ziemi i tsunami w tekście artykułu M. Grada.
 5. Pokazuje ryc. 2 z tego artykułu.
- b. Boże Narodzenie – 26 grudnia 2004, Sumatra–Andamany.
 6. Nauczyciel pyta uczniów, co wiedzą z mediów o katastrofie tsunami w czasie świąt Bożego Narodzenia 2004 r. na Sumatrze.
 7. Proponuje uczniom wizualizację tej katastrofy:
 - Jaka pora roku panowała w grudniu 2004 r. w tej części świata?
 - Jaka tam była wówczas pogoda?
 - Dlaczego ludzie chętnie tam wyjechali na odpoczynek i spędzanie dni świątecznych?
 8. Czyta głośno fragment artykułu (drugi akapit *Sumatra–Andamany, trzęsienia ziemi i tsunami 26 grudnia 2004 roku*) pokazując mechanizm powstawania fal tsunami (ryc. 5 na s. 25).
 9. Nauczyciel poleca uczniom śledzenie na mapie obszarów tej tragedii.
 10. Prosi uczniów o krótkie wypowiedzi na temat:
 - Jak mogą reagować, nieświadomi konsekwencji, ludzie, widząc na horyzoncie wysoką ścianę wody?
 - Jak należy się w takiej sytuacji zachować?

C. Skutki tsunami.

11. Nauczyciel rozdaje uczniom fragment tekstu (ostatni akapit), mówiący o skutkach niektórych tsunami na kuli ziemskiej oraz powieloną tabelę 1 z art. M. Grada.
12. Prosi uczniów o wypisanie obszarów, gdzie najczęściej notuje się katastrofane skutki tsunami.
13. Nauczyciel przedstawia uczniom ryc. 4 – *Sejsmiczność Indonezji. Zestawienie epicentrum trzęsień ziemi w rejonie Indonezji w latach 1990–2000* z art. M. Grada.

D. Ostrzeganie i przeciwdziałania przed tsunami.

14. Nauczyciel zaprasza uczniów do krótkich wypowiedzi na temat ostrzegania o niebezpieczeństwie tsunami i sposobów przeciwdziałania ich skutkom.

III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

1. Nauczyciel podsumowuje pracę uczniów, zadając pytania:
 - Czym jest tsunami?
 - Jakie są przyczyny jego powstawania?
 - Gdzie na kuli ziemskiej to zjawisko występuje najczęściej?
 - Jakie skutki powodują fale tsunami?
 - W jaki sposób można przeciwdziałać tym skutkom?
2. Nauczyciel poleca uczniom znalezienie w różnych źródłach informacji na temat podwodnego trzęsienia ziemi w grudniu 2004 r.

El Niño i ekstremalna pogoda

Artykuł przedstawia wpływ El Niño na pojawianie się ekstremalnych zjawisk pogodowych – ulewnych opadów deszczu (prowadzących często do powodzi lub spływów ziemnych bądź błotnych), huraganów, upałów i susz, których efektem mogą być rozległe pożary, silnych sztormów na morzu i innych – w skali zarówno regionalnej, jak i globalnej.

ANITA BOKWA
(dr, UJ, Zakład Klimatologii)

Ekstremalne zjawiska pogodowe występujące w Ameryce Południowej lub Australii są czasem przypisywane oddziaływaniu zjawiska El Niño i nazwa ta na stałe weszła do języka mass mediów. El Niño jest jednak tylko częścią oceaniczno-atmosferycznego systemu cyrkulacyjnego zwanego ENSO (od El Niño/*Southern Oscillation*, czyli El Niño/Oscylacja Południowa).

ENSO jako element globalnej cyrkulacji atmosferycznej

Oscylacja Południowa, atmosferyczny komponent tego systemu, ma trzy stadia: ciepłe – El Niño, chłodne – La Niña i neutralne (okres, w którym nie występuje ani El Niño, ani La Niña) (*Encyklopedia...*, 2003–2004). Aby zrozumieć El Niño oraz jego oddziaływanie na środowisko przyrodnicze i działalność człowieka konieczna jest zatem znajomość wszystkich tych elementów.

a. Oscylacja Południowa. W czasie lata na półkuli południowej (czyli zimy na półkuli północnej) w rejonie południowego Pacyfiku obserwowany jest charakterystyczny rozkład ciśnienia atmosferycznego z ośrodkiem niżowym nad Indonezją i wyżowym we wschodniej części oceanu u wybrzeży Chile. Różnica ciśnień między tymi ośrodkami sięga około 20 hPa (Martyn, 1987). W latach 20. XX w. Gilbert Walker odkrył fluktuacje tej różnicy ciśnienia, które obecnie nazywa się Oscylacją Południową lub cyrkulacją Walkera. Polega ona na okresowym osłabieniu gradientu barycznego i zmianach rozmieszczenia ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia na półkuli południowej. Zazwyczaj głębokie niży i towarzyszące im silne opady atmosferyczne występują nad Amazonią, środkową Afryką i Indonezją, ale co kilka lat przesuwają się nad środkowy i wschodni Pacyfik, pozostawiając Afrykę, Indonezję i Australię na pastwę suszy (Barry, Chorley, 1989).

Odkrycie Oscylacji Południowej było pierwszym krokiem do stwierdzenia, że warunki pogodowe w odległych od siebie częściach obszarów okołorównikowych Oceanu Spokojnego są ze sobą powiązane.

Pod koniec lat 60. XX w. Jakob Bjerknes, norweski meteorolog i profesor Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles, dokonał pierwszego szczegółowego opisu funkcjonowania El Niño. Odkrył on związek między Oscylacją Południową a zjawiskiem El Niño, znany teraz jako „El Niño/*Southern Oscillation*”, w skrócie ENSO. Wahania temperatury oceanu podczas występowania zjawisk El Niño i La Niña są połączone z wielkoskalowymi wahaniami ciśnienia atmosferycznego, występującymi między zachodnimi i wschodnimi częściami okołorównikowego obszaru Oceanu Spokojnego. Wskaźnik Oscylacji Południowej (*Southern Oscillation Index*, SOI) został opracowany, aby mierzyć natężenie tej oscylacji oraz określać jej fazę. Wskaźnik oblicza się mierząc zmianę ciśnienia atmosferycznego pomiędzy wschodnią (Tahiti) i zachodnią (Darwin) częścią Pacyfiku (*Encyklopedia...*, 2003–2004; Philander, 1990).

b. El Niño. Wzdłuż zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej płynie zimny Prąd Peruwiański (Humboldta), odgałęzienie Dryftu Wiatrów Zachodnich. Zimne wody oceaniczne są bogate w tlen, plankton i ryby. W okolicach równika Prąd Peruwiański skręca na zachód, a towarzyszy mu *upwelling*, czyli podnoszenie się ku górze zimnych, przydennych wód oceanicznych (Scott, 1992).

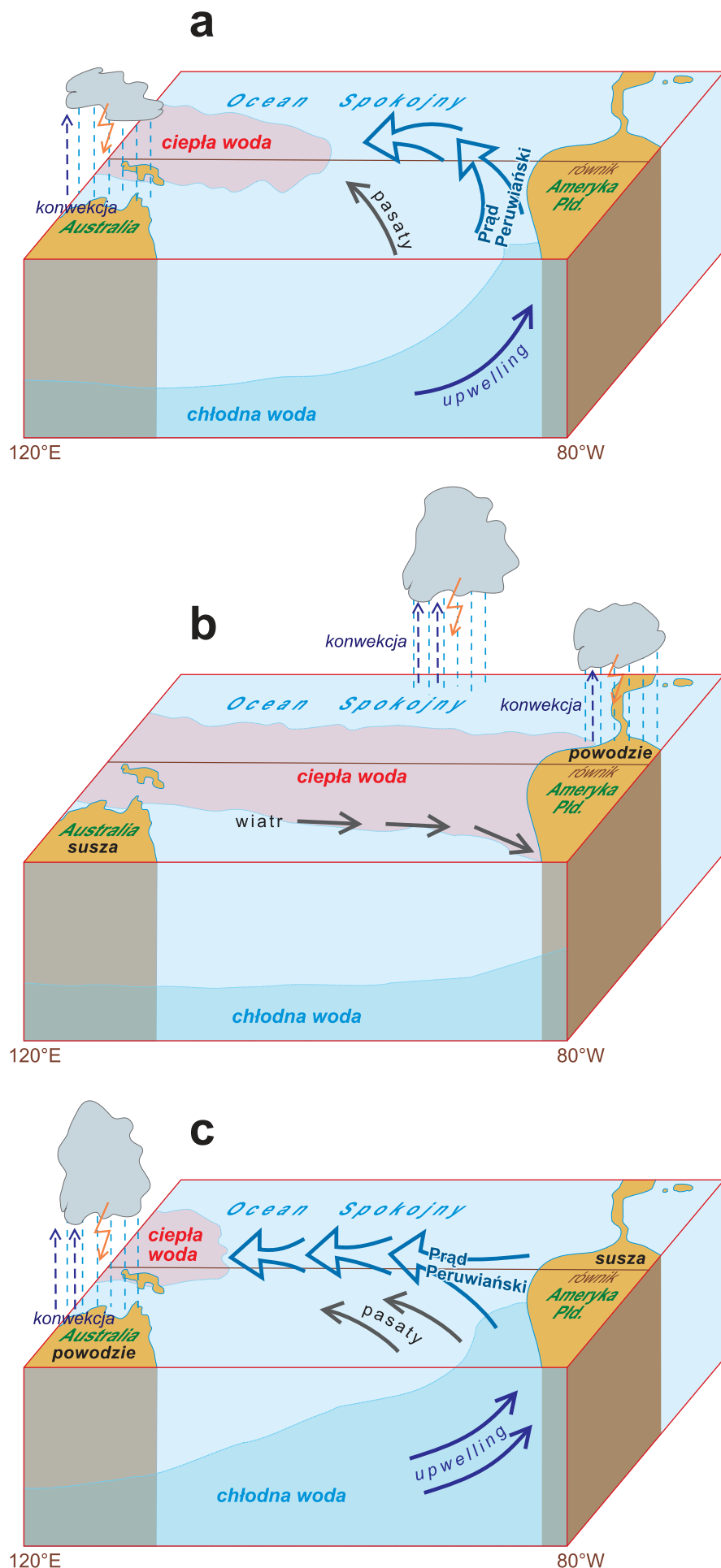
Przemieszczanie się wód oceanicznych na zachód jest związane z oddziaływaniem pasatów, które w okołorównikowym obszarze Pacyfiku wieją z południowego wschodu. Wody powierzchniowe stają się coraz cieplejsze w miarę przesuwania się na zachód, gdyż podlegają dłuższemu wystawieniu na działanie promieniowania słonecznego. Temperatura powierzchni Oceanu Spokojnego w strefie okołorównikowej jest o 6–8°C wyższa po stronie zachodniej niż po wschodniej. Ponadto wiatr, przemieszczając masy wody na zachód, powoduje wzrost poziomu oceanu o około 0,5 m u brzegów Indonezji w porównaniu z wybrzeżami Ekwadoru. Właśnie dlatego, aby została wyrównana różnica w poziomie wód oceanicznych, po wschodniej stronie Pacyfiku dochodzi do podnoszenia się zimnych wód z głębszych warstw oceanu (*Encyklopedia...*, 2003–2004). Tak wygląda sytuacja normalna (ryc. 1 a).

Jednak każdej zimy Prąd Peruwiański staje się nieco cieplejszy niż w innych porach roku. Pasaty południowo-wschodnie słabną, a ciepłe wody z zachodniej części Pacyfiku docierają aż do wybrzeży Ameryki Południowej i przemieszczają się dalej na południe (Scott, 1992). Równomierne rozmieszczenie ciepłych, przypowierzchniowych mas wody na całym okołorównikowym obszarze Oceanu Spokojnego wpływa na ograniczenie *upwellingu*, co z kolei prowadzi do radykalnego zmniejszenia różnorodności biologicznej (*Encyklopedia...*, 2003–2004). Ocieplenie wód oceanicznych powoduje spadek zawartości tlenu, a co za tym idzie zmniejszenie się ilości ryb i niekorzystne zmiany w ich składzie gatunkowym. Ocieplenie trwa około miesiąca, po czym temperatura wody wraca do poprzedniego stanu, podobnie jak skład gatunkowy ryb i ich ilość (Ahrens, 1991; Schönwiese, 1997).

Zjawisko okresowego ciepłego prądu morskiego płynącego z północy na południe od dawna było znane peruwiańskim rybakom i zostało przez nich nazwane *El Niño* (z hiszp. *mały chłopczyk, dzieciątko*), ku czci Dzieciątka Jezus, jako że ocieplenie rozpoczyna się w okolicy Bożego Narodzenia.

Zazwyczaj ciepłe wody nie docierają dalej jak do 4–6° (ryc. 1 b). Co 2–7 lat zdarzają się jednak tzw. przypadki silnego El Niño, kiedy osłabienie różnicy ciśnień (a zatem i siły wiatrów) jest szczególnie duże, a ciepłe wody docierają aż do 12°S (Ahrens, 1991; *Encyklopedia...*, 1987). Pasaty południowo-wschodnie zostają wtedy zastąpione przez wiatry zachodnie, skręcające u wybrzeży Ameryki Południowej na południe. Wiatry te przynoszą ogromne masy ciepłych wód w postaci tzw. fal Kelvina (wybrzuszeń powstających w warstwie ciepłych wód powierzchniowych). Poziom morza we wschodniej części Pacyfiku wzrasta o około 30 cm. Taka sytuacja może się utrzymywać nawet do 2 lat. Silne El Niño występuje najczęściej równocześnie z wyraźnie zaznaczoną Oscylacją Południową, stąd też całe zjawisko nazywa się ENSO (El Niño/*Southern Oscillation*) (Ahrens, 1991; Scott, 1992).

El Niño ociepla wody Pacyfiku przeciętnie o około 3°C, ale maksymalnie o 10°C. Powoduje to wzmożenie parowania i konwekcji, co prowadzi do tworzenia się opadów atmosferycznych.



Ryc. 1. Schemat cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej w czasie: a – warunków normalnych, b – El Niño, c – La Niña (źródło: <http://www.pme1.noaa.gov/tao/elnino/nino-home.html>, zmienione)

ferycznych, m.in. na terenach pustynnych, powstałych dzięki obecności zimnego Prądu Peruwiańskiego (Atakama) (Schnwiese, 1997). W tym samym czasie Afryka i Australia cierpią z powodu suszy wywołanej przesunięciem opadów w inne regiony.

Najczęściej nazwę El Niño stosuje się tylko do tzw. silnych przypadków tego zjawiska, z których najlepiej poznane i opisane są te z lat 1864, 1877–1878, 1884, 1891, 1899–1900, 1925–1926, 1939–1941, 1957–1958, 1972–1973, 1982–1983, 1987–1988 (Barry, Chorley, 1989; *Encyclopedia...*, 1987; Scott, 1992), 1991–1992, 1994 i 1997 (Strona..., 2008).

c. La Niña. W przeciwieństwie do El Niño, zjawisko La Niña (z hiszp. *mała dziewczynka*) jest określane jako obniżenie temperatury powierzchniowych wód oceanicznych w stosunku do warunków normalnych, w środkowym i wschodnim okołorównikowym obszarze Oceanu Spokojnego. Podczas występowania zjawiska La Niña pasaty przybierają na sile. Zjawisko upwellingu ulega wzmocnieniu, zimne prądy morskie przemieszczają się wzdłuż równika i zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej. Temperatura powierzchniowych wód oceanicznych zmniejsza się o 4°C poniżej wartości normalnych (ryc. 1 c). Zjawisko to jest także nazywane fazą odwrotną do El Niño, chociaż tak naprawdę jest to druga, chłodna faza Oscylacji Południowej, dopełniająca niejako El Niño. La Niña powoduje, że ciepłe wody i występowanie opadów koncentrują się w zachodniej części Pacyfiku.

W przeszłości zjawisko La Niña przyciągało mniejszą uwagę niż El Niño, gdyż jego wpływ na gospodarkę i rybołówstwo jest raczej korzystny niż destrukcyjny. Badania nad La Niña rozwinęły się w latach 80. XX w., gdy zjawisko to wystąpiło z większym niż zazwyczaj natężeniem. W latach 1950–1997 przez 31% tego okresu trwało El Niño, podczas gdy La Niña – przez 23%, zaś około 46% przypadło na sytuację neutralne (normalne).

La Niña może, ale nie musi występować po El Niño. Od 1975 roku zjawisko to wystąpiło o połowę rzadziej niż El Niño. Warunki typowe dla La Niña trwają w przybliżeniu 9–12 miesięcy, ale niekiedy mogą się przedłużać nawet do dwóch lat (*Encyklopedia...*, 2003–2004).

Ekstremalne zjawiska pogodowe związane z ENSO

Globalne znaczenie zjawisk El Niño i La Niña odnosi się głównie do pasa równikowego basenu Oceanu Spokojnego. ENSO jest przyczyną występowania zwiększonych opadów deszczu, powodzi, silnych sztormów, ale też suszy, a czasami również niszczycielskich pożarów. W szerokościach międzyzwrotnikowych przesunięcie na wschód strefy burz (z nad obszaru Indo-

nezi nad środkowy Pacyfik) wywołuje susze na północy Australii, w Indonezji i na Filipinach (bez względu na porę roku). Gdy na półkuli północnej trwa zima, w południowo-wschodniej Afryce i w północnej Brazylii jest dużo bardziej sucho niż zazwyczaj. Natomiast podczas lata na półkuli północnej w Indiach może dochodzić do zmniejszenia opadów monsunowych. Dotyka to zwłaszcza północno-zachodnich Indii, powodując tam znaczne straty w plonach roślin uprawnych. Dochodzi też do zwiększenia opadów wzdłuż zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej w strefie międzyzwrotnikowej oraz w obszarach położonych w podzwrotnikowych szerokościach geograficznych w Ameryce Północnej i Południowej.

W czasie ENSO w zimie niższe atmosferyczne średnich szerokości geograficznych wzmacniają się we wschodnim obszarze północnego Pacyfiku. Powoduje to napływ niezwykle ciepłego powietrza nad zachodnią Kanadę, Alaskę i najbardziej na północ wysunięte części Stanów Zjednoczonych. W Zatoce Meksykańskiej mają wtedy miejsce silne sztormy, a wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych występuje więcej opadów niż zazwyczaj w tym regionie (Encyklopedia... 2003–2004).

Dotychczas nie stwierdzono istnienia wyraźnego wpływu wspomnianych zjawisk na kontynent europejski. Nie znaczy to jednak, że El Niño i La Niña nie wpływają na pogodę w Europie. ENSO powoduje wzrost temperatury atmosfery w tropikalnych obszarach nad środkowym i wschodnim Pacyfikiem, co ma wpływ na globalną cyrkulację atmosfery, np. prądy strumieniowe (ang. *jet streams*) w umiarkowanych szerokościach geograficznych na wschodnim Pacyfiku w czasie zimy na półkuli północnej są silniejsze. Ponadto układy baryczne i towarzyszące im fronty atmosferyczne tworzące się w czasie ENSO w umiarkowanych szerokościach geograficznych przemieszczają się wzdłuż innych szlaków niż zazwyczaj, co powoduje anomalie opadowe i termiczne w wielu regionach (Strona..., 2008). Wpływ ENSO na klimat Europy jest jednak najprawdopodobniej ograniczony do jej części północno-zachodniej; badania nad wpływem Oscylacji Południowej na temperaturę dowiodły, że w przypadku naszego kraju istnienia takich związków nie można potwierdzić (Marsz, 1999).

Opisując szkody spowodowane przez tzw. przypadki silnego El Niño, najczęściej podaje się to, które wystąpiło w latach 1982–1983, gdyż było ono przyczyną wielu klęsk w różnych miejscach na świecie. Związane z nim powodzie, susze i pożary spowodowały śmierć około 2000 osób, a wynikłe z nich szkody oszacowano na 13 mld dolarów (Encyklopedia..., 2003–2004). Ten przypadek ENSO zapisał się serią niezwykle niszczycielskich zjawisk pogodowych. Dotkliwe susze dotknęły wówczas Australię, In-

die, Indonezję, Filipiny, Meksyk, Amerykę Środkową i południową Afrykę, zaś katastrofalne powodzie zniszczyły tereny południowo-wschodnich Stanów Zjednoczonych, Kuby i południowo-zachodnich części Ameryki Południowej (McKnight, 1987). W Ekwadorze i w północno-zachodnim Peru w okresie od listopada 1982 do czerwca 1983 roku spadło 2,5 razy tyle opadów atmosferycznych co zwykle. Przykładowo, na stacji meteorologicznej Guayaquil w Ekwadorze zanotowano 2636 mm, a norma dla okresu 1951–1960 wynosiła 1022 mm. Równocześnie południowe Peru i Boliwia cierpiały na skutek dotkliwej suszy (Philander 1990). Cyklony tropikalne pojawiły się w rejonach, gdzie dotychczas prawie nie występowały: na Tahiti i na Hawajach. Temperatura wód powierzchniowych wzrosła o 8°C w pasie okołorównikowym o długości 12 800 km, co spowodowało masowe wymarcie ryb, koralu i ptaków morskich, pozbawionych pożywienia (McKnight, 1987). W Peru i Ekwadorze załamało się rybołówstwo i przemysł przetwórczy z nim związany, który ledwie co zdolano odbudować po silnym przypadku El Niño z 1972 roku. Australię dotknęły pożary, w których zginęło 75 osób (Scott, 1992). Na zachodnim wybrzeżu Ameryki Południowej szerzyły się epidemie tyfusu i zachorowań na salmonellę (Swerpel, 1993). Niezwykłość tego przypadku El Niño polegała także na tym, że nie miał on wielu cech charakterystycznych dla tego zjawiska. Przede wszystkim nie rozpoczął się w okresie Bożego Narodzenia, ale między czerwcem a październikiem 1982 roku. Ponadto ocieplenie wód u wybrzeży Peru nie było poprzedzone pojawieniem się ciepłych wód w pasie okołorównikowym. Wiele innych zjawisk towarzyszących wystąpiło równocześnie z El Niño lub nawet wcześniej, a nie później, jak to ma miejsce zazwyczaj (Encyklopedia..., 1987).

W latach 1997–1998 pojawiło się na Oceanie Spokojnym jeszcze silniejsze El Niño, niż zarejestrowane w latach 1982–1983. Ostrzegano przed nim już w połowie 1997 roku. Do marca 1998 roku spowodowało straty sięgające 34 mld dolarów oraz śmierć 24 tys. osób na całym świecie. Wystąpienie różnego rodzaju katastrofalnych

zjawisk pogodowych dotknęło 111 mln osób, a 6 mln musiało opuścić swoje domostwa. Przykładowo, podczas zimy 1997/1998 fale wywołane silnymi wiatrami i niezwykle wysoki poziom morza znacząco przyczyniły się do zniszczeń w rejonie Zatok San Francisco, ocenianych na setki milionów dolarów, a wywołanych przez powodzie i sztormy. Ponad 35 000 osób zostało ewakuowanych, a prawie 7 000 było odciętych od świata w wyniku powodzi na rzece Paragwaj. Niezwykle silne opady deszczu spowodowały powodzie, które dotknęły 60 000 ludzi w stolicy Paragwaju Asuncion i w paragwajskich prowincjach: Concepción, San Pedro, Presidente Hayes i Alto Paragwaj (Encyklopedia..., 2003–2004). We wrześniu 1997 roku temperatura przypowierzchniowych wód oceanicznych środkowego i wschodniego Pacyfiku równikowego była najwyższa od 50 lat, a wiatry wschodnie występujące między 150°E i 120°W najsłabsze od 30 lat (Strona..., 2008). El Niño 1997/1998 było najsilniejsze spośród wszystkich notowanych przypadków tego zjawiska od 1877 roku (Lorenc 1998).

Podsumowanie

Oscylacja Południowa, El Niño i La Niña są zjawiskami naturalnymi, których nie można przewidzieć z dużym wyprzedzeniem, można jedynie monitorować zjawiska zwykle je poprzedzające, na tej podstawie ostrzegając mieszkańców zagrożonych regionów przed możliwymi anomaliami pogodowymi. Nie wszystkich jednak martwi występowanie El Niño. U wybrzeży Kalifornii dzięki ociepleniu się wód oceanu pojawiły się egzotyczne ryby, normalnie tam nie docierające, co nie tylko przyciągnęło wielu wędkarzy, ale także znacznie uaktywniło cały ruch turystyczny. Ciepłsza woda przyciąga coraz większe rzesze miłośników sportów wodnych. U wybrzeży Ameryki Południowej pojawiły się olbrzymie ilości krewetek, dzięki czemu właściciele krewetkowiec (statków do połowu krewetek) zbiili fortunę (Swerpel, 1993). Te doraźne korzyści nie mogą nam jednak przesłonić poważnych niebezpieczeństw, jakie niesie ze sobą ciągle nie do końca zbadane El Niño.

LITERATURA:

- Ahrens C. D., 1991, *Meteorology Today*, West Publishing Company, St. Paul, New York, Los Angeles, San Francisco
- Barry R. G., Chorley R. J., 1989, *Atmosphere, Weather and Climate*, Routledge, London and New York
- *Encyclopedia of Earth Sciences*, t. XI: *The Encyclopedia of Climatology*, 1987, red. J. E. Oliver, R. W. Fairbridge, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- *Encyklopedia klimatologiczna ESPERE*, 2003–2004, dział tematyczny: *Pogoda*, blok tematyczny: *Cyrkulacja atmosfery*, <http://www.espere.net>
- Lorenc H., 1998, *El Niño – fenomen ziemskiego klimatu*, Wiad. IMGW, XXI, 3, 63–75
- Marsz A. A., 1999, *Rozmiary wpływu Oscylacji Południowej na niektóre cechy klimatu rejonu południowego wybrzeża Bałtyku*, „Przegl. Geofiz.”, t. XLIV, nr 1–2
- Martyn D., 1987, *Klimaty kuli ziemskiej*, PWN, Warszawa
- McKnight T. L., 1987, *Physical Geography, A Landscape Appreciation*, Prentice-Hall, New Jersey

- Philander S. G., 1990, *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, Academic Press Inc., San Diego
- Schniewiese C.-D., 1997, *Klimat i człowiek*, Prószyński i S-ka, Warszawa
- Scott R. C., 1992, *Physical Geography*, West Publishing Company, St. Paul, New York, Los Angeles, San Francisco
- Swerpel S., 1993, *El Niño – dzieciątko ziemskiego klimatu*, „Wiedza i Życie”, nr 12
- Tematyczne strony internetowe o El Niño:
 - opracowana przez agencję rządową St. Zjednoczonych *National Oceanic and Atmospheric Administration*: <http://www.elnino.noaa.gov/>, data pobrania: 07.2008
 - opracowana przez agencję rządową St. Zjednoczonych *National Aeronautics and Space Administration*: <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/ElNino/>
 - opracowana przez Biuro Meteorologiczne Australii: <http://www.bom.gov.au/climate/glossary/elnino.shtml>

El Niño oddziałuje na cały glob

Scenariusz lekcji z wykorzystaniem art. A. Bokwy

BOŻENA SIENKIEWICZ

Temat lekcji: *El Niño oddziałuje na całą kulę ziemską.*

Cele lekcji:

- doskonalenie myślenia przyczynowo-skutkowego w kontekście powstawania i konsekwencji globalnej cyrkulacji atmosferycznej ENSO;
- wdrażanie do syntezy i wnioskowania.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- wyjaśnia, czym jest Oscylacja Południowa,
- przedstawia warunki tworzenia się i konsekwencje działania El Niño,
- wskazuje na mapie obszary jego występowania,
- wymienia ekstremalne zjawiska związane z ENSO i ich skutki.

Metody i formy pracy: wykład informacyjny, dyskusja, burza mózgów, mapa myśli, pogadanka, praca zbiorowa, praca indywidualna.

Środki dydaktyczne: artykuł A. Bokwy *El Niño i ekstremalne zjawiska*, atlas geograficzny, ścienna mapa fizyczna świata.

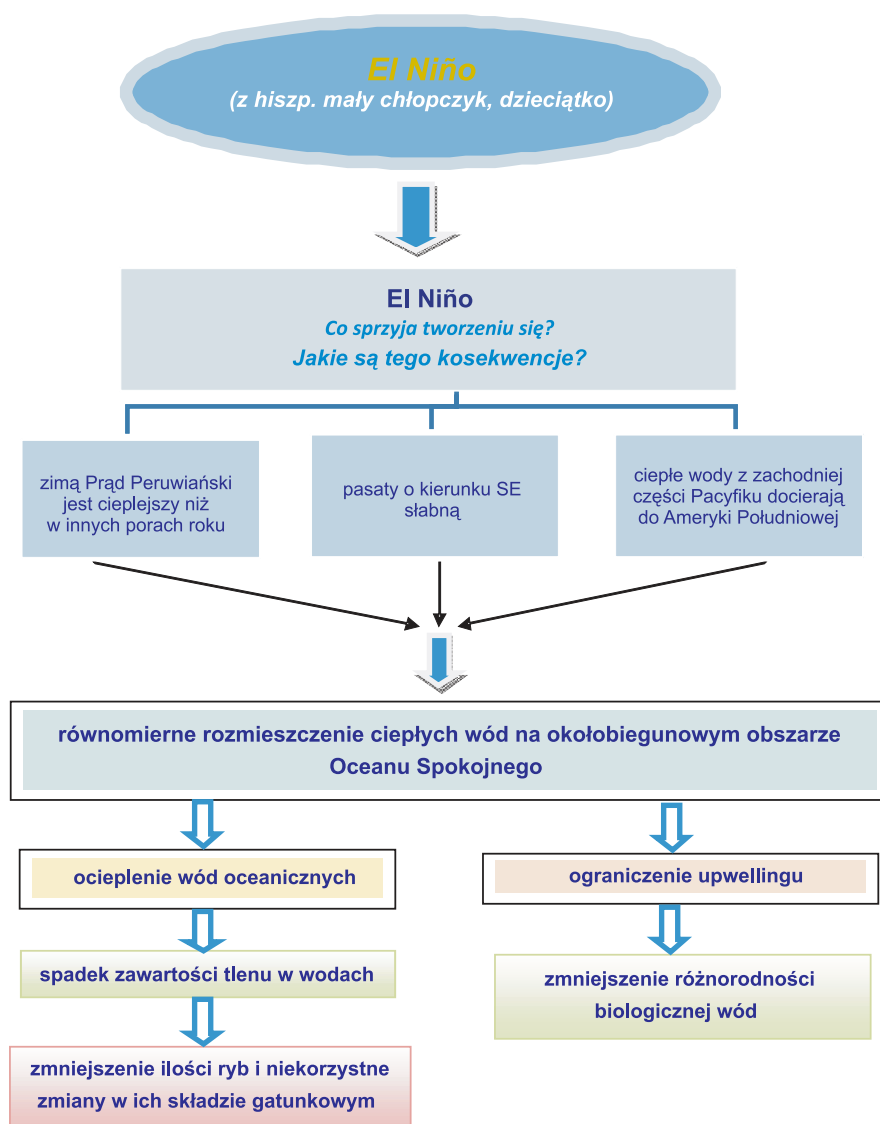
Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

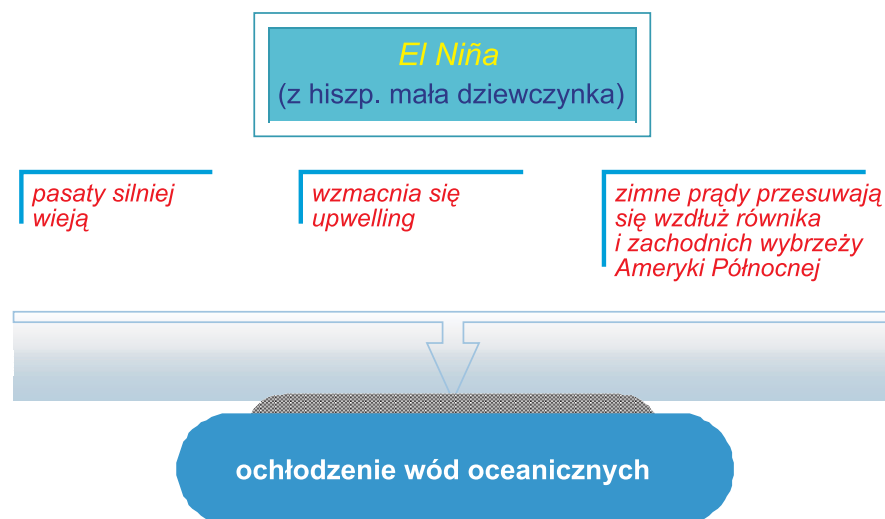
1. Nauczyciel zapisuje na tablicy temat lekcji i krótko zapoznaje uczniów z jej celami.
2. Wyjaśnia uczniom, czym jest:
 - a) ENSO – element globalnej cyrkulacji atmosferycznej,
 - b) Oscylacja Południowa – jako komponent systemu cyrkulacyjnego ENSO. mający trzy stadia:
 - ciepłe (El Niño),
 - chłodne (La Niña),
 - neutralne (okres, w którym nie występuje ani El Niño, ani La Niña).

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

1. Nauczyciel poleca uczniom przeanalizowanie w atlasie (mapa klimatyczna świata) rozkładu ciśnienia atmosferycznego w rejonie okołorównikowym Pacyfiku na półkuli południowej.
2. Zwraca ich uwagę na różnice ciśnienia między Indonezją a wybrzeżem Chile.
3. Nauczyciel pyta uczniów, jakie mogą być konsekwencje tych różnic.
4. Prosi ich uczniów o odpowiedzi na pytania:



Ryc. 1. Schemat tworzenia się El Niño i konsekwencje działania tego zjawiska



Ryc. 2. Schemat tworzenia się La Niña

- a. Czym jest Oscylacja Południowa?
- b. Gdzie występuje?

A. El Niño.

5. Nauczyciel prowadzi krótką pogadankę dotyczącą następującej tematyki:
 - Prądy morskie i ich wpływ na klimat.
 - Pasaty – ich kierunek, obszary występowania.
6. Prosi uczniów o prześledzenie w atlasie przebiegu zimnego Prądu Peruwiańskiego (Humbolda). Zaprasza uczniów do krótkich wypowiedzi na temat: *Wpływ Prądu Peruwiańskiego na klimat obszarów, do których dociera.*
7. Nawiązując do wcześniej wiedzy uczniów na temat wpływu prądów morskich na klimat i ruchu wody morskiej nauczyciel przedstawia warunki tworzenia się i konsekwencje działania El Niño. Wykorzystuje schemat przedstawiony na ryc. 1.

B. La Niña.

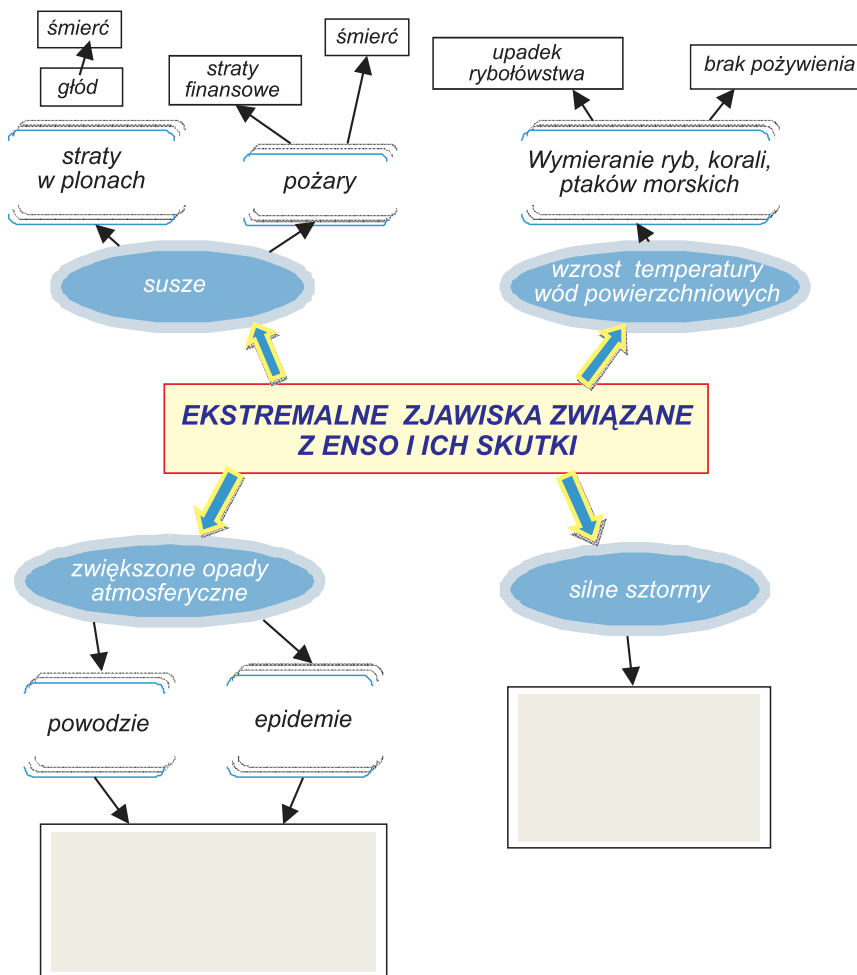
8. Następnie nauczyciel wyjaśnia uczniom krótko proces tworzenia się La Niña. Przedstawia im schemat tego procesu (ryc. 2).

C. ENSO a ekstremalne zjawiska pogodowe.

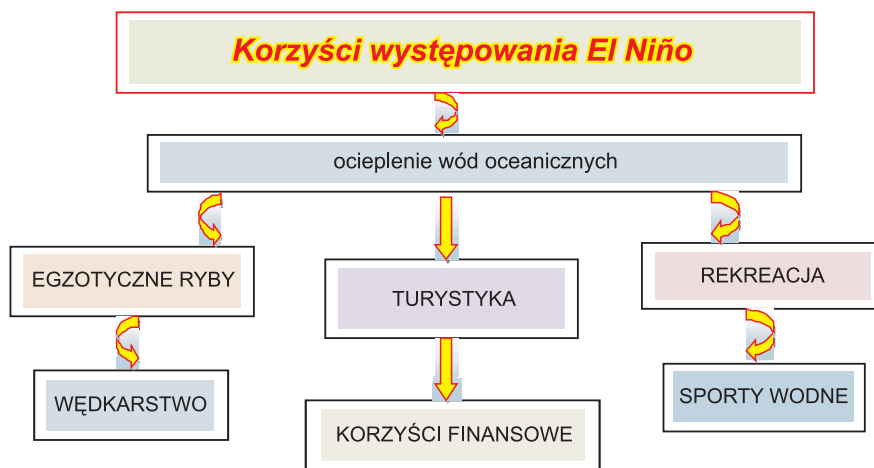
9. Nauczyciel proponuje uczniom dyskusję nt. *Ekstremalne zjawiska pogodowe związane z ENSO.*
10. Zapisuje na tablicy szkolnej pytania do dyskusji:
 - Co sprzyja tworzeniu się El Niño?
 - Jakie ekstremalne zjawiska pogodowe towarzyszą El Niño?
 - Jakie powodują konsekwencje klimatyczne w poszczególnych regionach: regionalne i globalne?
 - Czy jesteśmy w stanie zapobiec tym zjawiskom?
11. W czasie dyskusji nauczyciel powinien okazywać zainteresowanie i zaciekawienie wypowiedziami uczniów:
 - a. Zadaje pytania mniej aktywnym uczniom, np. *Co sądzicie na ten temat?*
 - b. Parafrazuje wypowiedzi uczniów: *Jeśli dobrze zrozumiałam, uważasz że ...*
12. Podsumowuje dyskusję:
 - a. Pokazuje uczniom schemat (ryc. 3).
 - b. Zaprasza uczniów do jego uzupełnienia.

D. Korzyści El Niño.

13. Nauczyciel przedstawia uczniom również korzyści przynoszone przez El Niño, wykorzystując schemat (ryc. 4).



Ryc. 3. Schemat: Ekstremalne zjawiska związane z ENSO i ich skutki



Ryc. 4. Schemat: Korzyści występowania El Niño

III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

1. Na zakończenie lekcji nauczyciel podsumowuje pracę uczniów, zadając pytania:
 - Czym jest Oscylacja Południowa?
 - Jakie czynniki sprzyjają tworzeniu się El Niño?

- Jakie są konsekwencje jego działań?
 - Gdzie na kuli ziemskiej największe wpływy ma El Niño?
 - Jakie występują ekstremalne zjawiska pogodowe związane z ENSO?
2. Poleca uczniom znalezienie w różnych źródłach informacji na temat El Niño.

O cyklonach zwrotnikowych



Fot. 1. Kuba, huragan Gustav, wiejący z prędkością 220 km/h, przechylił palmy w prow. Pinar del Rio na zachodzie wyspy; z czterech zachodnich prowincji Kuby ewakuowano 250 tys. osób, co pozwoliło uniknąć ofiar w ludziach; huragan zaatakował Karaiby pod koniec sierpnia 2008 r. (fot. PAP EPA/Alejandro Ernesto)

W artykule przedstawiono mechanizmy powstawania i charakterystykę cyklonów zwrotnikowych (tropikalnych), ze szczególnym uwzględnieniem północnej części Oceanu Atlantyckiego w okresie 1851–2007. Autorka przedstawia też tragiczne skutki cyklonów po ich dotarciu nad ląd stały. Cyklon tropikalny w zależności od regionu nazywany jest także huraganem, tajfunem, orkanem czy willy-willy.

KATARZYNA GRABOWSKA
(dr, UW, Zakład Klimatologii)

Na początku września 2008 roku mass media donosiły o huraganie Gustaw, który miał zaatakować wybrzeża Stanów Zjednoczonych, a „po drodze” dokonał zniszczeń na Kubie i Haiti. Cztery miesiące wcześniej tajfun o dźwięcznej nazwie Nargis (fot. 1 i 2) spowodował śmierć kilkudziesięciu tysięcy osób w południowej części Birmy i zrównał z ziemią setki miejscowości. Takie informacje docierają do nas w niektórych latach dość często. Co wywołuje te gwałtowne i tragiczne w skutkach zjawiska? Czym jest tajfun i huragan? Zaczniemy jednak od definicji cyklonu zwrotnikowego.



Fot. 2. Birma – wioska Bongolay w dniu 12 V 2008 r., 10 dni po przejściu przez ten rejon cyklonu Nargis (PAP/EPA/HO)

Cyklon zwrotnikowy

Jest to głęboki niż baryczny (bez frontów atmosferycznych), tworzący się w strefie międzyzwrotnikowej, wyłącznie jednak nad wodami morskimi, nad którymi zalegają grube warstwy ciepłego i wilgotnego powietrza. W porównaniu z niżami umiarkowanych szerokości geograficznych cyklony charakteryzują się mniejszą średnicą, sięgającą kilkuset kilometrów, ciśnieniem w centrum spadającym niekiedy poniżej 900 hPa oraz bardzo silnymi wiatrami przekraczającymi 33 m/s (119 km/h). Zwykle towarzyszą im ulewne deszcze i burze (Niedźwiedz, 2003).

W poszczególnych regionach świata cyklony zwrotnikowe noszą różne nazwy:

- **huragan** (hiszp. *huracan* – nawałnica, silny wiatr; *Hunraken* – u Majów bóg sztormowej pogody) – na Atlantyku u wybrzeży Antyli, Ameryki Środkowej i Północnej oraz na wschodnim Pacyfiku,
- **tajfun** (chiń. *taj fung* – wielki wiatr) – na północno-zachodnim Pacyfiku, u wybrzeży wschodniej i południowo-wschodniej Azji,
- **cyklon** (gr. *kyklos* – krąg, zwoje węża) – na Oceanie Indyjskim u wybrzeży Indii,
- **silny cyklon tropikalny** – na południo-

wo-zachodnim Pacyfiku i w południowo-wschodniej części Oceanu Indyjskiego (fot. 1),

- **silny sztorm cykloniczny** – północna część Oceanu Indyjskiego,
- **willy-willy** (ang. *whirl wind* – wiatr wirowy) – u wybrzeży Australii (Malinowski, 2002),
- **orkan** – na Oceanie Indyjskim w okolicach wyspy Chagos i w archipelagu Maskarenów¹⁾.

Cyklony zworotnikowe mają także nazwy lokalne:

- **bagujo** – na Filipinach,
- **cordonazo** – u wybrzeży Kalifornii i Meksyku,
- **mauritius** – na wschód od Madagaskaru (Ziętara, Świąchowiec, 2001).

Cyklony zworotnikowe powstają pomiędzy 5 a 25° szerokości geograficznej północnej lub południowej. Jest tak, ponieważ poniżej 5° szerokości geograficznej pozioma składowa siły Coriolisa jest za słaba na stworzenie wiru cyklonicznego (w odległości do 500 km od równika), natomiast powyżej 25° wody morskie są zbyt chłodne.

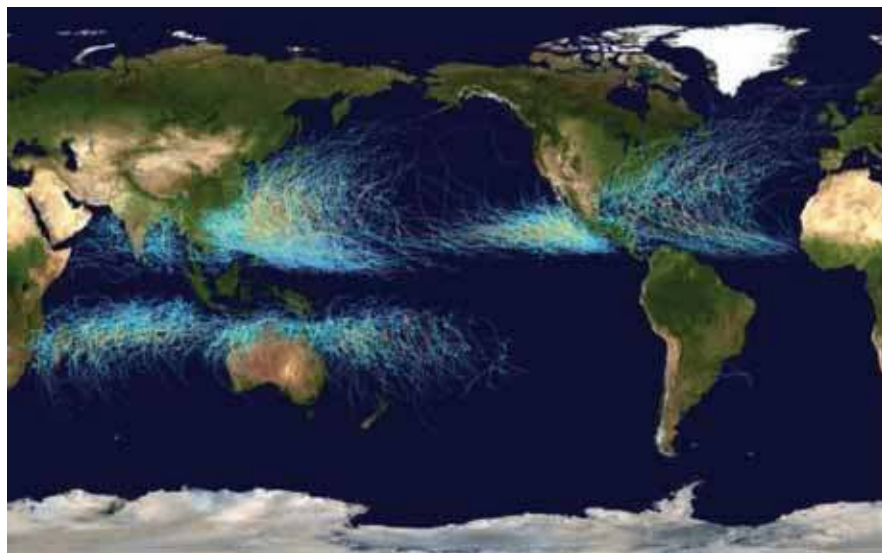
Zazwyczaj na Ziemi tworzy się corocznie około 100 burz tropikalnych. Z tego tylko niektóre przekształcają się w huragany, a większość nigdy nie dociera nad ląd. W zachodniej części Oceanu Spokojnego średnio pojawia się 20 tajfunów, na Oceanie Atlantyckim – 6 huraganów, na północy Oceanu Indyjskiego – 8 cyklonów. Średnio 10% zaburzeń pogody w strefie międzyzworotnikowej przeradza się w huragany, a ich cykl rozwojowy wynosi przeciętnie 10 dni. Im większy cyklon, tym mniejsze prawdopodobieństwo utworzenia się kolejnego cyklonu w tym samym rejonie (Ziętara, Świąchowiec, 2001, s. 24).

Możemy wyróżnić siedem obszarów, na których powstają i rozwijają się cyklony (ryc. 1 i 2):

- 1) północno-zachodni Pacyfik (Morze Żółte, Filipiny, Pacyfik na zach. od 170°E),
- 2) północno-wschodni Pacyfik (na zachód od Meksyku),
- 3) północno-zachodni Atlantyk (Morze Karaibskie, Małe Antyle, Zatoka Meksykańska),
- 4) północny Ocean Indyjski (Zatoka Bengalska, Morze Arabskie),
- 5) południowo-zachodni Pacyfik (od Nowej Gwinei i północnej Australii do wysp Samoa),
- 6) południowo-wschodni Ocean Indyjski (od płn.-zach. Australii do Wysp Kokosowych),
- 7) południowo-zachodni Ocean Indyjski (od Madagaskaru po Maskareny).



Ryc. 1. Średnie trasy i nazwy cyklonów zworotnikowych, obszary ich rozwoju (1–7 – patrz opis w tekście) (uzupełnione za Holec, Tymański, 1973)



Rys. 2. Tory ruchu cyklonów w latach 1985–2005 (http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/23/Global_tropical_cyclone_tracks-edit2.jpg)

Warunki powstawania cyklonów zworotnikowych

Jakie warunki sprzyjają powstawaniu cyklonów? Aby cyklon zworotnikowy mógł się narodzić, temperatura wód oceanicznych aż do głębokości 50–60 metrów powinna być wyższa niż 26,5°C, gdyż dopiero wtedy ocean stanowi wystarczająco duży zbiornik energii. Musi też wystąpić taki rozkład pionowy temperatury i wilgotności powietrza, który umożliwia konwekcję²⁾, sprzyjającą rozwojowi wypiętrzonych chmur burzowych *Cumulonimbus*. Prędkość wiatru w całej troposferze powinna być podobna – w ten sposób powstające dzięki konwekcji chmury nie są rozpraszane i mogą stworzyć cykloniczny wir. Ponadto temperatura powietrza musi być nieco niższa niż temperatura wody, a w górnej troposferze nad cyklonem powinna wystąpić antycyklonalna cyrkulacja powietrza.

W strefie międzyzworotnikowej pojawiają się zaburzenia w atmosferze (zafalowanie mas powietrza), występujące początkowo jako słabe niże zworotnikowe – **zaburzenia tropikalne**, często o niezamkniętych izoba-

rach. Cyrkulacja ta pojawia się na dużej wysokości i przy powierzchni ziemi może być bardzo słaba lub w ogóle nie występować. Towarzyszą jej słabe wiatry (poniżej 10 m/s – 36 km/h) (Ziętara, Świąchowiec, 2001).

Zaburzenia tropikalne mogą przekształcić się w **niże tropikalne** (depresje tropikalne). Cyrkulacja powietrza sięga w tym przypadku aż do powierzchni ziemi, a prędkości wiatru dochodzą do 17 m/s (63 km/h). Niże tropikalne mają co najmniej jedną izobarę³⁾ zamkniętą. Mogą dać początek burzom tropikalnym.

Burze tropikalne (sztorm tropikalny) charakteryzują się wyraźną cyrkulacją pionową, o zamkniętych (nawet kilku) izobarach. Prędkości wiatru sięgają od 17 do 33 m/s, czyli 63–118 km/h.

Jeśli prędkość wiatru przekroczy 33 m/s (119 km/h), to mamy już do czynienia z **cyklonem zworotnikowym** (huraganem, tajfunem itd. – patrz wykaz powyżej) (Malinowski, 2002).

W pełni rozwinięty cyklon ma kształt wielkiego wiru w postaci leja, którego średnica w górnej części może dochodzić

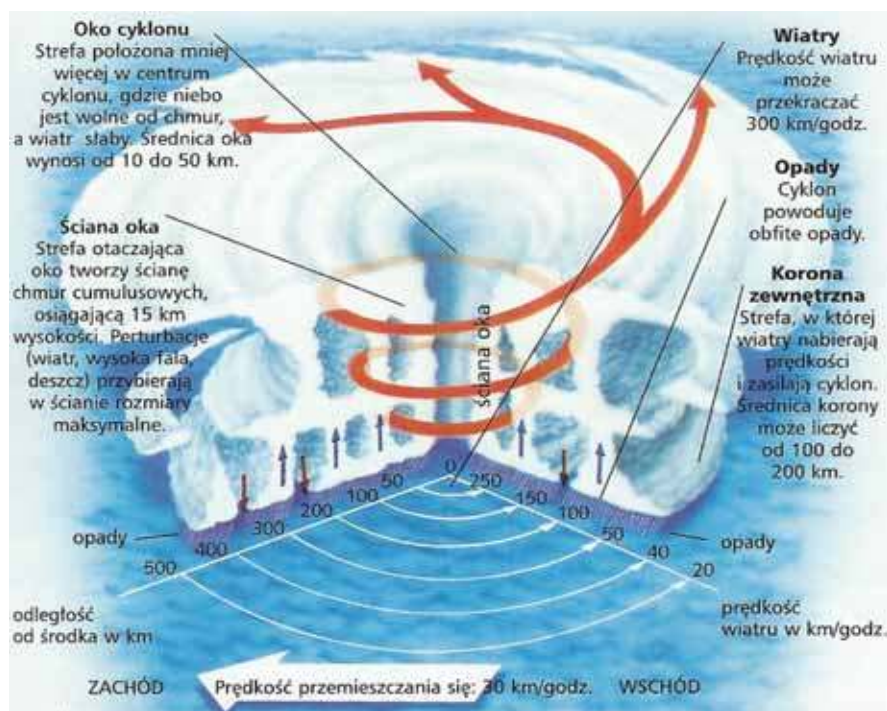
1) W Polsce *orkanem* nazywa się gwałtowny wiatr, którego prędkość przekracza 33 m/s, a który jest skutkiem ogromnej różnicy ciśnienia między Oceanem Atlantyckim a wschodnią częścią Europy i Azją, wówczas gdy w tych regionach występują duże różnice temperatury powietrza, co ma miejsce zwłaszcza w miesiącach zimowych. Orkany powodują w naszym kraju niekiedy znaczne zniszczenia, a, co gorsza, także ofiary śmiertelne (przyp. Red.).

2) Konwekcja – ruchy pionowe w atmosferze spowodowane działaniem sił wyporu, które powoduje różnica temperatury między poruszającymi się cząsteczkami powietrza a otoczeniem (konwekcja termiczna) lub w wyniku przemieszczania się mas powietrza w sposób wymuszony w górę stoku, albo z powodu wypchnięcia cieplej, lżejszej masy powietrza przez masę zimną, cięższą na froncie chłodnym (konwekcja wymuszona – dynamiczna) (Niedźwiedz, 2003).

3) Izobara – linia na mapie łącząca miejsca o jednakowym ciśnieniu atmosferycznym, zredukowanym do poziomu morza (Niedźwiedz, 2003).



Rys. 3. Cyklon Katrina nad południowym Atlantykiem – marzec 2004 (http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Cyclone_Catarina_from_the_ISS_on_March_26_2004.JPG)



Rys. 4. Budowa cyklonu zwrotnikowego (Dineen, Walker, 1995)

do 1000 km, a dolna wynosi 300–500 km (ryc. 3 i 4). Obejmuje on jednorodną masę powietrza sięgającą do granicy troposfery, czyli do wysokości około 15 km.

Ciśnienie w centrum cyklonu spada poniżej 980 hPa. Dla porównania, ciśnienie normalne na poziomie morza waha się od

980 do 1030 hPa. W umiarkowanych szerokościach geograficznych poziomy gradient ciśnienia⁴⁾ wynosi średnio 2 hPa/100 km, w cyklonach – około kilkudziesięciu hPa/100 km, natomiast w trąbach powietrznych – aż kilkadziesiąt do 100 hPa/kilkaset metrów. Jak dotąd najniższe ciśnienie na

świecie – 870 hPa – wystąpiło w oku tajfunu Tip na zachód od wyspy Guam 12 X 1979 roku. Na Atlantyku rekord spadku ciśnienia w oku cyklonu należy do huraganu Wilma (15–25 X 2005) i wyniósł 19 X 2005 roku 882 hPa, przy prędkości wiatru sięgającej 295 km/h. Niewiele wyższe ciśnienie pojawiło się podczas huraganu Gilbert 13 IX 1988 roku – 885 hPa.

Centralną część cyklonu stanowi „oko”, które ma średnicę od 8 do 40 km i rozciąga się przez całą wysokość wiru. Powstaje tam stosunkowo stabilna strefa prawie całkowitej ciszy, przemieszczająca się nad powierzchnią ziemi. Charakteryzuje się ona niewielkim zachmurzeniem, powietrze jest tam suche i cieplejsze od powietrza otaczającego „oko huraganu” (ryc. 3 i 4).

W zewnętrznej części cyklonu rozwijają się bardzo silne prądy wstępujące, sięgające górnej granicy troposfery. Panujące wewnątrz układu niskie ciśnienie wciąga powietrze otaczające cyklon, które przemieszcza się do góry i na zewnątrz układu. Najsilniejsze prądy wstępujące rozwijają się wokół oka i powodują powstawanie grubej, zwartej, silnie rozbudowanej ściany chmur kłębiastych deszczowych *Cumulonimbus*. Towarzyszą im obfite nawałne deszcze oraz gwałtowne zjawiska burzowe (ryc. 4).

Czynnikami powodującymi w cyklonach zwrotnikowych katastrofalne zagrożenia są: wiatr, opady i fala przyptykowa (huragano-

4) Poziomy gradient ciśnienia – spadek ciśnienia atmosferycznego, liczony na jednostkę odległości (100 km lub 1° geograficzny) w kierunku od wysokiego do niskiego ciśnienia (Niedzwiedz, 2003).

Zadanie

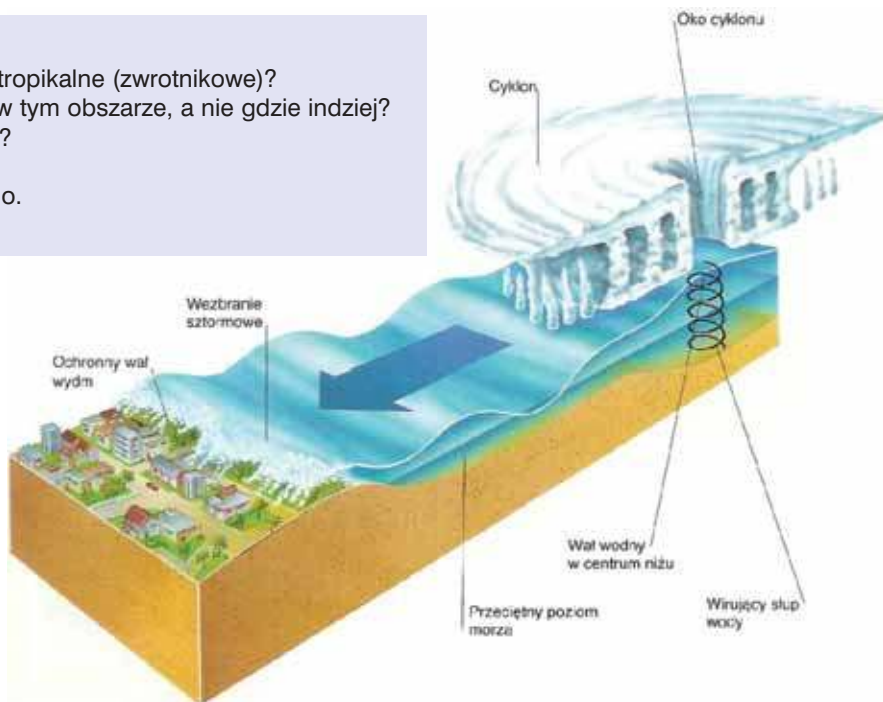
1. W jakim obszarze występują cyklony tropikalne (zwrotnikowe)?
2. Dlaczego cyklony występują właśnie w tym obszarze, a nie gdzie indziej?
3. W jakich warunkach powstają cyklony?
4. Gdzie występują tajfuny?
5. Omów budowę cyklonu zwrotnikowego.
6. Co to jest „oko cyklonu”?

we wezbranie, nagon sztormowy). Prędkość wiatru, szacowana na podstawie wartości ciśnienia w centrum huraganu, może sięgać nawet 85 m/s, czyli 305 km/h. Najsilniejsze wiatry występują w połówkach cyklonu bardziej oddalonych od równika (na półkuli północnej i południowej). Tam prędkości związane z cyrkulacją cykloniczną (lewoskrętną na półkuli północnej i prawoskrętną na południowej) nakładają się na prędkość przemieszczania całego układu. Najczęściej cyklony wędrują ze wschodu na zachód i po kilku lub kilkunastu dniach „życia” (średnio 10, a nawet 20 dni), mogą skrócić w kierunku wyższych szerokości geograficznych – na północ lub południe, w zależności od półkuli, zaś kiedy dostaną się w strefę wiatrów zachodnich w umiarkowanych szerokościach geograficznych przemieszczają się na wschód, przekształcając się w cyklony „po-zawrotnikowe”, odznaczające się mniejszą aktywnością, ale nadal zagrażające huraganowymi wiatrami). W części cyklonu bliższej równika i nazywanej przez marynarzy „połówką żeglowną”, prędkości te odejmują się i siła wiatru oraz falowanie morza i opady są mniejsze (Malinowski, 2002). Cyklony 5. kategorii, w których prędkość wiatru prawie osiągnęła bądź przekroczyła 300 km/h, to np.: Mitch (311,3 km/h, 22–29 X 1998 – Ameryka Środkowa, Nikaragua, Honduras), Floyd (300 km/h, 16 X 1999 – wschodnie wybrzeże St. Zjednoczonych – Karolina Północna, Wirginia, Maryland, Delaware), Wilma (295 km/h, 15–25 X 2005 – Jamajka, Kajmany, Haiti, Kuba, Honduras, Nikaragua, Belize, St. Zjednoczone, Bahamy), Babs (293,4 km/h, 25 X 1998 – Filipiny), Rita (290 km/h, 17–26 IX 2005 – Bahamy, Kuba, Belize, Meksyk, Nikaragua, St. Zjednoczone) (Ziętara, Święchowicz, 2001).

Najczęściej prędkość przemieszczania całego układu wynosi od 10 do 20 km/h (średnio 16 km/h). Może on jednak przyspieszyć do 40 km/h, a nawet do 120 km/h lub, przeciwnie, zwalniać czy nawet zatrzymać się w miejscu.

„Pokłosie” cyklonu – gwałtowne ulewę, podniesienie się poziomu morza, powódzie i ...migracje roślin i zwierząt

W chmurach zasilanych ciepłym i wilgotnym powietrzem kondensują się ogrom-



Rys. 5. Powstanie huraganowej fali sztormowej ((Dineen, Walker, 1995)



Rys. 6. Trasy burz tropikalnych i huraganów na północnym Atlantyku w 2005 roku (<http://www.wunderground.com/hurricane/at2005.asp>)

ne ilości pary wodnej, która zamienia się w deszcz. Największe opady występują na zewnątrz strefy z najsilniejszymi prędkościami wiatru i zgromadzone są w części cyklonu bardziej oddalonej od równika, w odległości około 40–100 km od oka cyklonu. Natężenie opadów wynosi od 13 do 25 mm/h, ale jeśli układ przemieszcza się powoli (i ta sytuacja jest groźniejsza), to opad o tak dużym natężeniu może trwać

nawet kilka bądź kilkanaście godzin (np. huragan Mitch z 22–29 X 1998 r.) (ryc. 4).

Podczas typowego cyklonu w ciągu doby spada około 9 bilionów litrów deszczu, powodując wielkie powodzie i zalanie terenów przybrzeżnych. Rekordowe wielkości opadu zanotowano na wyspie Reunion na Oceanie Indyjskim podczas cyklonu Denise (7–8 XII 1966 r.). W nocy z 7 na 8 grudnia 1966 roku w ciągu 12 godzin spa-

5) Przyptyw syzygijny – maksymalny przyptyw, podczas którego Słońce, Ziemia i Księżyc znajdują się na jednej linii. Występuje on co 14 dni, w czasie pełni oraz nowiu Księżyca. Wtedy to siły pływotwórcze (oddziaływania grawitacyjne Słońca i Księżyca) działają na Ziemię w jednym kierunku (choć zwrot tych sił może być przeciwny lub pokrywać się). Jeśli za 1 przyjmimy wysokość fali wywołanej tylko przez Księżyc, to przyptyw syzygijny osiąga 1,46. Przy minimalnym przyptywie kwadraturowym (kiedy Księżyc i Słońce są ustawione względem Ziemi tak, że tworzą z nią dwie prostopadłe) ta wartość wynosi 0,54 (http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82yw_syzygijny; <http://geografik.webpark.pl/falowanie.htm>).

Tabela 1. Skala intensywności huraganów Saffira-Simpsona (zmienione, za Ziętara, Świąchowicz, 2001): TD – niż tropikalny, TS – burza tropikalna, H1, H2, H3, H4, H5 – kolejne kategorie huraganów

Stopień skali	Maksymalna ustalona prędkość wiatru				Minimalne ciśnienie baryczne (hPa)	Wysokość spiętrzenia fal (m)	Stopień zniszczeń	Przykłady
	m/s	km/h	PPH	knt				
TD	<17	<63	<39	<34				
TS	17–33	63–118	39–73	34–63	<1006			Bret (2005)
Skala intensywności huraganów Saffira-Simpsona								
H1	34–42	119–153	74–95	64–82	>980	1,0–1,7	minimalne	Allison (1995)
H2	43–49	154–177	96–110	83–95	979–965	1,8–2,6	średnie	Georges (1998)
H3	50–58	178–210	111–130	96–113	964–945	2,7–3,7	rozległe	Fran (1996)
H4	59–70	211–250	131–155	114–135	944–920	4,0–5,5	ekstremalne	Andrew (1992)
H5	>70	>250	>155	>135	<920	>5,5	katastrofalne	Mitch (1998)

dło tam 1144 mm opadu, a w ciągu 24 godzin – 1825 mm (http://pl.wikipedia.org/wiki/Cyklon_tropikalny). Na tej samej wyspie, w styczniu 1980 roku, podczas cyklonu Hiacinthe, spadło w ciągu 3 dni 3240 mm deszczu, a w ciągu 10 dni – 5678 mm. W Stanach Zjednoczonych huragan Alberto spowodował w 1994 roku nawalne deszcze sięgające 530 mm (stan Georgia), natomiast huragan Claudette w 1979 roku w Teksasie przyniósł 1150 mm opadu (Ziętara, Świąchowicz, 2001). Na Jamajce w 1906 roku spadło 2430 mm deszczu w ciągu czterech huraganowych dni, natomiast na wyspie Puerto Rico (o powierzchni 8870 km²) podczas tego zjawiska całkowita masa wody pochodząca z ulew wyniosła 2600 mln ton (!).

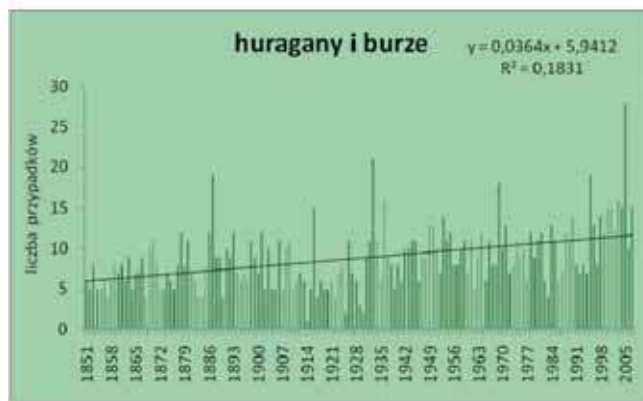
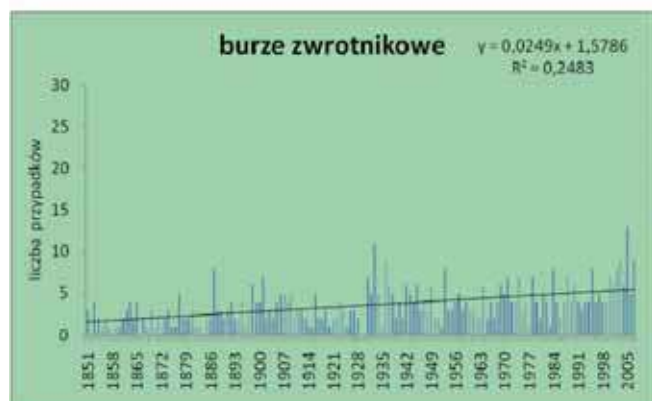
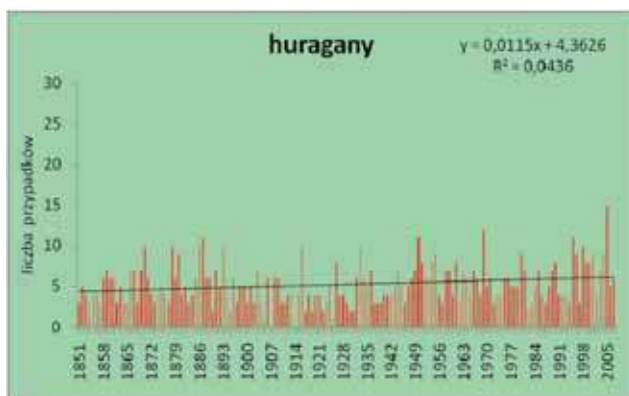
W czasie tajfunu w Baguio na Filipinach w lipcu 1911 roku przez cztery dni zanotowano opad wysokości 2 233 mm. Na wyspie Mauritius 7–8 XII 1966 roku wystąpił w ciągu jednej doby opad o połowę niższy niż na Reunion, czyli 508 mm. Z kolei w Australii, w Mont-Mollay, w stanie Queensland, w czasie trzech dni w lutym 1889 roku spadło ponad 1600 mm deszczu (Tamulewicz, 2001). Intensywność opadów może spowodować czasem zmianę zasolenia wody morskiej wokół wysp, przez które przeszedł cyklon (Riezanow, 1986).

Każdy huragan powoduje, że w stabilnej strefie najniższego ciśnienia w „oku cyklonu” poziom morza podnosi się nawet o 3 m, natomiast z otaczających obszarów o wyższym ciśnieniu woda jest zasysana do miejsca o ciśnieniu niskim. Powstają

tam wielkie fale przypominające tsunami. Na Przylądku Dobrej Nadziei podczas huraganu w 1922 roku zaobserwowano fale dochodzące do 30 m wysokości. W podobnej sytuacji na Pacyfiku pojawiły się gigantyczne fale dochodzące aż do 37 m wysokości. Huraganowy wał wodny ma często szerokość nawet 80 km, pustosząc wybrzeże w miejscu, gdzie „oko cyklonu” przekracza linię brzegową (ryc. 5).

Najbardziej niebezpieczne jest nałożenie się na siebie fal z huraganowego sztormu na fale pływowe, szczególnie syzygijne⁵⁾. Taki właśnie nagon sztormowy spowodował katastrofalną powódź u wybrzeży Zatoki Bengalskiej w 1876 roku. Woda podniosła się tam wówczas o 13 metrów. Utonęło wtedy 100 tys. osób. Tyle samo pochłonęła epidemia spowodowana brakiem wody pitnej i żywności, oraz ciężkimi warunkami sanitarnymi. Przeszło sto lat wcześniej, bo w 1737 roku, na tym samym wybrzeżu podobna powódź (spowodowana wiatrem o prędkości ok. 200 km/h) uśmierciła 300 tys. ludzi (Riezanow, 1986). W 1970 roku w Bangladeszu zginęło również około 300 tys. osób, gdy woda zalała kilka tysięcy zamieszkałych, nisko położonych wysepek. Fale o wysokości od 10 do 20 m wdarły się w deltę Gangesu w strefie wybrzeża o szerokości 400 km. Prędkość wiatru dochodziła do 240 km/h. Skutki tego cyklonu, który pozbawił dachu

Rys. 7. Zmienność i tendencje dotyczące liczby huraganów i burz zwrotnikowych oraz ogółem huraganów i burz na północnym Oceanie Atlantyckim w latach 1851–2007 (opracowanie własne)



nad głową 5 mln ludzi, spowodował zasolenie pól ryżowych, brak wody pitnej, plagę szarańczy, epidemie i głód, odczuwano przez wiele lat. W 1991 roku wystąpił w tym samym regionie następny tak tragiczny cyklon o nazwie 2B. W powodzi wywołanej wiatrem o prędkości do 240 km/h i 6-metrowymi falami zginęło 250 tys. osób, a domy straciło prawie 10 mln ludzi. Konsekwencją tej klęski żywiołowej była epidemia cholery i głód.

W celu zabezpieczeniu przed zalaniem mieszkańców nisko położonych obszarów Bangladeszu budowane są na tych terenach schrony „przeciwburzowe” na palach, więc woda może pod nimi swobodnie przepłynąć, nie zagrażając ludziom. Budynki te projektuje się tak, by wytrzymały uderzenie silnych wiatrów tajfunowych (Challoner, 2001).

Huragan Mitch, który w 1998 roku zaatakował wybrzeże Ameryki Środkowej, także przyniósł śmierć kilkunastu tysięcy osób, a kilka tysięcy do dziś nie odnaleziono. Bezpośrednią przyczyną tragedii były powodzie i spływy gruzowo-błotne na terenach górzystych, gwałtowne opady trwające kilka dni oraz fale sztormowe. Na przełomie sierpnia i września (25 VIII–8 IX) 1979 roku huragan David 2. kategorii spowodował wielkie fale sztormowe, które zrównały z ziemią tysiące domów, zabiły 2 068 ludzi i zniszczyły wiele plantacji na wyspach Morza Karaibskiego (Tamulewicz, 2001).

W okresie od 27 VIII do 15 IX 1900 roku w miasteczku Galveston położone na wysepce w Zatoce Meksykańskiej u wybrzeży Teksasu uderzył huragan 4. kategorii z prędkością wiatru 217 km/h. Huragan gnał przed sobą fale o wysokości 7 m, które zniszczyły 3600 budynków i uśmierciły 6000 mieszkańców miasteczka (łącznie na drodze, po której żywioł przeszedł, zginęło 12 000 ludzi). Pragnąc przeciwdziałać negatywnym efektom ewentualnych huraganów w przyszłości ponad 2 tys. odbudowanych domów podniesiono na palach o więcej niż 2 m, aby zwiększyć ich odporność na wezbrania sztormowe, a w porcie wybudowano 6-metrowej wysokości opaskę chroniącą miasto przed zalaniem. Kiedy w sierpniu (5–23 VIII) 1915 roku na Galveston ponownie uderzył huragan 4. kategorii, spowodował tym razem śmierć już „tylko” 405 osób. Zabiegi chroniące miasto spełniły więc swoją rolę.

Cyklony zwrotnikowe mogą brać udział w migracjach roślin i zwierząt i pomagać w zasiedleniu wielu wysepek koralowych i wulkanicznych na Oceanie Spokojnym. Mogą zabierać i przenosić ptaki, ryby, owady, szczątki roślin. Na przykład w 1865 roku huragan przeniósł na Gwadelupę nieznaną tam wcześniej pelikany (Graniczny, Miżerski, 2007, str. 90).

Zanikanie cyklonu

Kiedy cyklon dotrze nad suchy ląd, zostaje odcięty od dopływu ciepła i wilgoci pochodzących z wody morskiej, a jego ruch

jest hamowany przez tarcie o podłoże. Zaczyna wówczas zanikać, ale ciągle jeszcze dysponuje ogromną energią (gdyby tę energię wyzwoloną przez przeciętny huragan w ciągu jednej doby przetworzyć na prąd elektryczny, to byłaby ona równa energii zużywanej w Stanach Zjednoczonych przez pół roku; tylko 3% zamieniane jest na energię kinetyczną wiatru). W 1967 roku na wybrzeże Stanów Zjednoczonych wkroczył huragan Beulah jeszcze z taką mocą, że na swej trasie utworzył aż 141 tornad (Tamulewicz, 2001). Cyklon traci energię również wtedy, gdy znajduje się w wyższych szerokościach geograficznych (jest tam chłodniej) lub trafi na zimny prąd morski.

Sezonowość cyklonów zwrotnikowych

Cyklony zwrotnikowe na obu półkulach powstają głównie na przełomie lata i jesieni. W tym okresie powierzchnia wód oceanicznych ma najwyższą temperaturę. **Sezonem huraganów** nazywamy więc okres roku, kiedy pojawiają się one najczęściej. Na Oceanie Atlantyckim, Karaibach, w Zatoce Meksykańskiej oraz w centralnej części Pacyfiku sezon huraganów rozpoczyna się 1 VI, a kończy 30 XI. Z kolei na wschodnim Pacyfiku trwa on od 15 V do 30 XI. Jedynie w północnej części Oceanu Indyjskiego maksimum tworzenia się cyklonów przypada zarówno na maj, jak i listopad, co jest związane z cyrkulacją monsunową (w trakcie sezonu monsunu letniego temperatura wód oceanicznych nieznacznie spada i w tym czasie jest ona za chłodna dla cyklonów) (Holdys, 2003). Na Oceanie Atlantyckim 90% huraganów powstaje od sierpnia do października i w tym czasie są one najgroźniejsze.

Pięć kategorii cyklonów zwrotnikowych. Imiona huraganów

Cyklony mogą się różnić pod względem siły i spowodowanych przez nią zniszczeń, dlatego też wprowadzono, powszechnie używaną, pięciostopniową skalę Saffira-Simpsona (opracowaną w St. Zjednoczonych). Uwzględnia ona maksymalną ustaloną prędkość wiatru, minimalne ciśnienie atmosferyczne w środku układu, wysokość spiętrzenia fal sztormowych, stopień zniszczenia, opis szkód i przykłady niszczycielskich huraganów (tab. 1).

Zasadę nadawania huraganom imion wprowadził Australijczyk Clement Wragge (1852–1922). *Sam nazywał je imionami kobiet, przede wszystkim tych, których nie lubił. Od roku 1970 układa się listę imion żeńskich i męskich obowiązuje w danym roku. Pojawiający się huragan otrzymuje kolejne imię z listy* (Tamulewicz, 2001, s. 203). Na Atlantyku i północno-wschodnim Pacyfiku używa się po kolei 6 list imion. Pozostałe części Pacyfiku i Ocean Indyjski mają swoje odrębne listy. Wszystkie listy imion cyklonów dla każdego regionu strefy międzyzwrotnikowej można zobaczyć na stronie internetowej: <http://hurricane.accuweather.com/hurricane/facts.asp?partner=accuweather&traveler=0&fact=stormnames2>.

Imiona cyklonów, które spowodowały wiele ofiar śmiertelnych i ogromne straty materialne, wycofuje się z użycia i zastępuje nowymi, zaczynającymi się na tę samą literę alfabetu (np. po 1998 r. Gaston zastąpił Georges’a, a Matthews – Mitcha). Od 1950 roku na Atlantyku nie używa się już 37 stosowanych wcześniej imion. Jeśli zabraknie w danym sezonie imion dla huraganów, a tak zdarzyło się w 2005 roku, to następne otrzymują nazwę kolejnych liter alfabetu greckiego (np.: Alpha, Beta, Gamma itd.) (ryc. 6).

Liczba notowanych cyklonów

W latach 1851–2007 na północnym Atlantyku pojawiło się razem 1384 burz i huraganów, przy czym huraganów było więcej – 827 (stanowiły więc 60% wszystkich nawałnic zwrotnikowych), zaś burz – 557 (40%). Na Atlantyku w 1933 roku zanotowano największą w XX wieku liczbę burz tropikalnych – było ich 21, z czego 10 przekształciło się w huragany. W 1995 roku powstało ich odpowiednio 19 i 11, a w 1969 roku – 18 i 12. Jednak rekord ten został pobity w 2005 roku, kiedy to burz tropikalnych wystąpiło aż 28, a z nich powstało 15 huraganów. Regularnie prowadzone od 1851 roku badania wykazały, że również w 1887 roku narodziło się 19 burz, z których 11 stało się huraganami (ryc. 7). Bywały jednak lata, kiedy żadna burza zwrotnikowa nie zmieniała się w huragan, np. w 1907 i 1914 roku (burz było odpowiednio: 5 i 1). Czasami jednak wszystkie burze przekształcały się w huragany i tak działo się w latach: 1852 – 5 cyklonów, 1858 – 6, 1866 – 7, 1884 – 4, 1929 – 3 i 1930 – 2.

W badanym okresie 1851–2007 zarówno liczba huraganów, jak i burz zwrotnikowych wykazała tendencję rosnącą, choć była ona niewielka. Jeśli chodzi o huragany wzrost ten wyniósł zaledwie 1 dzień na 100 lat, przy burzach tropikalnych – 2,5 dnia na 100 lat, a w przypadku obu zjawisk łącznie – 3,6 dnia na 100 lat (ryc. 7).

W przypadku huraganów obserwowano zmniejszenie się ich liczby od 1894 do 1932 roku, wtedy to średnio rocznie pojawiały się 4 cyklony. Okres ich większej aktywności rozpoczął się po 1947 roku i trwał do końca badanych lat. Było wówczas przeciętnie w roku 6 huraganów. Natomiast od 1851 do 2007 roku średnio w roku wystąpiło 5 tych niszczycielskich zjawisk. W rozpatrywanych latach burz i huraganów liczonych łącznie pojawiało się średnio w roku prawie 9, a po 1931 roku – średnio nawet 10,5 (ryc. 7).

Trochę niepokojący wydaje się fakt, że od 1995 do 2007 roku huraganów na Atlantyku pojawiło się więcej, bo średnio w roku 8 (w porównaniu do średniej ze 157 lat wynoszącej 5), a burz i huraganów liczonych razem – 15 (średnia z wielolecia – 9). Tak więc ostatnich kilkanaście ciepłych lat miało wpływ na zwiększenie się aktywności burz i huraganów w omawianym rejonie świata.

Ochrona przed tragicznymi skutkami cyklonów

Najpoważniejszym skutkiem cyklonów jest śmierć ludzi, a następnie straty materialne (zatopienie dużej strefy wybrzeża, zniszczenie budynków, linii energetycznych, infrastruktury miejskiej, upraw na polach, portów i statków). Prawie 12% (czyli 35 mln) mieszkańców Stanów Zjednoczonych osiedliło się w strefie wybrzeża narażonej na uderzenia huraganów. Jedy- nym sposobem uniknięcia bezpośredniego zagrożenia jest ewakuacja ludności. Stan pogotowia ogłasza się tam na 36 godzin przed wkroczeniem huraganu na ląd, a ostrzeżenie dotyczy wybrzeża szeroko- ści 500 km.

Prognozując możliwość wystąpienia te- go zjawiska bierze się pod uwagę obserwa- cje z meteorologicznych satelitów geosta- cjonarnych, pomiary naziemne i uzyskane z radarów meteorologicznych oraz z samo- lotów patrolowych wyposażonych w odpow- iednią aparaturę pomiarową. Kiedy na- stępuje potwierdzenie prognozy, rozpoczyna się ewakuacja tysięcy ludzi lub nawet setek tysięcy ludzi. Trwa ona, niestety, od 12 do 24 godzin i nie zawsze jest sku- teczna, jak to miało miejsce podczas ude- rzenia huraganu Katrina w Nowy Orlean (23–31 VIII 2005 r.), czy też ataku Rity (18–26 IX 2005) i Wilmy (15–26 X 2005) – oba były 5., najwyższej, a więc najgroźniejszej kategorii (Ziętara, Świąchowicz, 2001).

Oczywiście działania ochronne są kosztowne, niekiedy bardzo. Drogi pro- jekt ochrony w 2008 roku ogłosiły amery-

kańskie stany Luizjana i Missisipi, które przeznaczyły 40 mld dolarów na otocze- nie specjalnymi wałami przeciwpow- dziowymi w pasie o szerokości po- nad 100 km wzdłuż wybrzeża Zatoki Meksykańskiej miejscowości zagrożonych zalewem sztormowym. W czasie huraga- nu Katrina (oprócz zalania Nowego Orle- anu) na 19 km w głąb lądu wdarły się 9- metrowej wysokości fale, niszcząc całko- wicie miasto Biloxi. Dlatego też, zbudow- ane tam zostaną nowe osiedla mieszka- niowe, które będą w stanie przetrwać naj- silniejszy nawet cyklon zwrotnikowy. Przygotowujący te działania mają nadzie- ję, że nie powtórzy się już dramatyczna sytuacja z sierpnia i września 2005 roku, kiedy to podczas huraganów Katrina i Rita

panował chaos ewakuacyjny, a sytuacja wymknęła się władzom spod kontroli ([http://www. twojapogoda. pl/archi- wum_maj2008. html](http://www.twojapogoda.pl/archiwum_maj2008.htm)).

Od 1 VI 2008 roku na Karaibach na wy- spie Tobago działa radar meteorologiczny (sponsorowany przez Unię Europejską), ułatwiający ostrzeganie przed huraganami. Podobne urządzenia mają powstać w Gu- janie, na Barbadosie i w Belize, czyli miej- scach jak dotąd o słabej ochronie mete- orologicznej ([http://www. twojapogoda. pl/archiwum_czerwiec2008. html](http://www.twojapogoda.pl/archiwum_czerwiec2008.htm)).

Dzięki takim zabiegom i projektom, podczas kolejnych huraganów więcej osób zyska szansę na przeżycie. Możliwe też będzie ograniczenie strat material- nych.

LITERATURA:

- Challoner J., 2001, *Huragany i tornada*, seria: *Patrzeć, podziwiać, poznaję*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa
- Dineen J., Walker J., 1995, *Kłęski żywiołowe*, Wy- dawnictwo Arkady, Warszawa
- Graniczny M., Mizerski W., 2007, *Katastrofy przy- rodnicze*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Holec M., Tymański P., 1973, *Podstawy meteorologii i nawigacji meteorologicznej*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk
- Holdys A., 2003, *Monsunie przyjdź*, (w:) *Duży For- mat*, „Gazeta Wyborcza” z 6 III 2003, Warszawa
- Malinowski S., 2002, *Cyklon tropikalny*, (w:) Wojnow- ski J. (red.), 2002, *Wielka Encyklopedia PWN*, tom 6, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 241–242
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, *Słownik meteorologiczny*, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW, Warszawa
- Riezanow I., 1986, *Wielkie katastrofy w historii Zie- mi*, PWN, Warszawa
- Tamulewicz J., 2001, *Pogoda i klimat*, (w:) *Nasza Ziemia – wody i klimat Ziemi*, Wydawnictwo Kurpisz, Poznań
- Ziętara T., Świąchowicz J., 2001, *Cyklony tropikalne, trąby powietrzne, powódzie*, (w:) *Encyklopedia geo- graficzna świata*, Suplement, Agencja Publicystyczno- -Wydawnicza „Opres”, Kraków
- Strony internetowe:
 - http://pl.wikipedia.org/wiki/Cyklon_tropikalny
 - http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82yw_syzyjiny
 - <http://geografik.webpark.pl/falowanie.htm>
 - http://www.twojapogoda.pl/archiwum_maj2008.htm
 - http://www.twojapogoda.pl/archiwum_czerwiec2008.htm
 - [http://hurricane.accuweather.com/hurricane/facts. asp?partner=accuweather&traveler=0&fact =stormnames2](http://hurricane.accuweather.com/hurricane/facts.asp?partner=accuweather&traveler=0&fact=stormnames2)
 - [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ 2/23/Global_tropical_cyclone_tracks-edit2.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/23/Global_tropical_cyclone_tracks-edit2.jpg)
 - [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ 8/89/Cyclone_Catarina_from_the_ISS_on_March _26_2004.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Cyclone_Catarina_from_the_ISS_on_March_26_2004.JPG)
 - <http://www.wunderground.com/hurricane/at2005.asp>

Cyklony zwrotnikowe

Scenariusz lekcji geografii z wykorzystaniem art. K. Grabowskiej

BOŻENA SIENKIEWICZ

Temat lekcji: Nieprzewidywalne cyklony zwrotnikowe

Cele lekcji:

- rozwijanie myślenia przyczynowo-skutkowego w kontekście po- stawiania i zagrożeń cyklonów tropikalnych,
- doskonalenie umiejętności czytania i interpretowania map i wykre- sów.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- wyjaśnia, czym są cyklony zwrotnikowe,
- opisuje warunki tworzenia się i wygląd cyklonów,
- wskazuje na mapie obszary ich występowania,
- wymienia zagrożenia wywoływane przez cyklony zwrotnikowe,
- podaje sposoby przeciwdziałania skutkom cyklonów.

Metody i formy pracy: praca z tekstem źródłowym, burza mó- zgów, mapa skojarzeń, miniwykład, pogadanka, praca zbiorowa, pra- ca indywidualna.

Środki dydaktyczne: artykuł K. Grabowskiej *O cyklonach zwrotni- kowych*, foliogram *Nazwy cyklonów zwrotnikowych w poszczególnych regionach świata* (zał. 1), foliogram *Katastrofalne zagrożenia cyklonów*

zwrotnikowych (zał. 2), foliogram *Katastrofalne skutki cyklonów zwrot- nikowych* (zał. 3), szkolny atlas geograficzny; ścienna mapa fizyczna świata.

Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1. Zapisz na tablicy temat lekcji i krótko zapoznaj uczniów z jej cela- mi.

A. Co to są cyklony zwrotnikowe?

2. Zapytaj uczniów: *Z czym kojarzą się wam cyklony?*
 - a. Metodą „burzy mózgów” zbierz jak najwięcej skojarzeń.
 - b. Odpowiedzi zapisz na tablicy lub poproś o to jednego z uczniów.
3. Przyjrzyj się zapisanym skojarzeniom i podkreśl te, które są zgod- ne z zdefiniowanym terminem.

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

A. Jak powstają cyklony zwrotnikowe?

1. Rozdaj uczniom fragment tekstu mówiący o powstawaniu cyklo- nów z artykułu K. Grabowskiej *O cyklonach zwrotnikowych*.
2. Poproś uczniów o zapoznanie się z tym tekstem i przygotowanie krótkiej wypowiedzi na temat:

- warunków tworzenia się (temperatura wody oceanicznej, cyrkulacja powietrza,...),
 - szerokości geograficznych, w której tworzą się cyklony zworotnikowe,
 - miesięcy, w których powstają.
3. Zaproś uczniów do krótkich wypowiedzi na te tematy.
- B. Jakiego kształtu mają cyklony?**
4. Przedstaw uczniom kilka zdjęć cyklonów, wykorzystaj ryc. 3 i 4 z artykułu.

ZAŁĄCZNIK 1

Nazwy cyklonów zworotnikowych w poszczególnych regionach świata (na podst. art. K. Grabowskiej O cyklonach zworotnikowych)

Huragan (hiszp. *huracan* – nawałnica, silny wiatr; *Hunraken* – u Majów bóg sztormowej pogody) – na Atlantyku u wybrzeży Antyli, Ameryki Środkowej i Północnej oraz na wschodnim Pacyfiku.

Tajfun (chiń. *taj fung* – wielki wiatr) – na północno-zachodnim Pacyfiku u wybrzeży wschodniej i południowo-wschodniej Azji.

Cyklon (gr. *kyklos* – krąg, zwoje węża) – na Oceanie Indyjskim u wybrzeży Indii.

Silny cyklon tropikalny – na południowo-zachodnim Pacyfiku i w południowo-wschodniej części Oceanu Indyjskiego.

Silny sztorm cykloniczny – północna część Oceanu Indyjskiego.

Willy-willy (ang. *whirl wind* – wiatr wirowy) – u wybrzeży Australii.

Orkan – na Oceanie Indyjskim w okolicach wyspy Chagos i w archipelagu Maskarenów.

Nazwy lokalne:

Bagujo – na Filipinach.

Cordonazo – u wybrzeży Kalifornii i Meksyku.

Mauritius – na wschód od Madagaskaru.

ZAŁĄCZNIK 2

Katastrofalne zagrożenia cyklonów zworotnikowych

CZYNNIKI POWODUJĄCE ZAGROŻENIA

WIATR	OPADY ATMOSFERYCZNE	FAŁA PRZYPIYKOWA
-------	------------------------	---------------------

PRĘDKOŚĆ	NATĘŻENIE	WYSOKOŚĆ
----------	-----------	----------

REKORDOWE PRĘDKOŚCI: • Mitch (311,3 km/h, 22-29 X 1998 – Ameryka Środkowa, Nikaragua, Honduras, • Floyd (300 km/h, 16 X 1999 – wschodnie wybrzeże St. Zjedn. – Karolina Północna, Wirginia) • Wilma (295 km/h, 15-25 X 2005 – Jamajka, Kajmany, Haiti, Kuba, Honduras, Nikaragua, Belize, St. Zjedn., Bahamy), • Babs (293,4 km/h, 25 X 1998 – Filipiny), • Rita (290 km/h, 17-26 IX 2005 – Bahamy, Kuba, Belize, Meksyk, Nikaragua, St. Zjedn.)	REKORDOWE WIELKOŚCI: • Cyklon Denise (7-8 XII 1966 r.) na wyspie Reunion na Oceanie Indyjskim w ciągu 24 godzin spadło 1825 mm deszczu. • Cyklon Hiacinthe (styczeń 1980 r.) w ciągu 3 dni spadło 3240 mm, a w ciągu 10 dni – 5678 mm deszczu. • Huragan Alberto w 1994 r. w stanie Georgia (St. Zjedn.) spadło 530 mm deszczu. • Huragan Claudette w 1979 r. w Teksasie spadło 1150 mm deszczu.	REKORDOWE WYSOKOŚCI: • Wybrzeże Zatoki Bengalskiej w 1876 roku. Woda podniosła się o 13 m. Utonęło 100 tys. osób. • Bangladesz w 1970 roku. Fale o wysokości od 10 do 20 m wdarły się w deltę Gangesu w strefie wybrzeża o szerokości 400 km. Zginęło około 300 tys. osób.
--	---	---

5. Poproś o dokładny opis wyglądu cyklonu, ze szczególnym zwróceniem uwagi na:
- kształt i wymiary,
 - wielkość ciśnienia atmosferycznego w centrum i w zewnętrznej części cyklonu,
 - towarzyszące warunki pogodowe.

C. Jak nazywają się cyklony zworotnikowe w wybranych miejscach kuli ziemskiej?

6. Wyświetl foliogram Nazwy cyklonów zworotnikowych w poszczególnych regionach świata (zał. 1).

D. Gdzie na kuli ziemskiej występują cyklony?

7. Poleć uczniom zlokalizowanie cyklonów w poszczególnych obszarach świata na mapie w atlasie.

8. Wykorzystaj z tekstu K. Grabowskiej:

- ryc. 1. Średnie trasy i nazwy cyklonów zworotnikowych, ich obszary rozwoju ...;
- ryc. 2. Toru ruchu cyklonów w latach 1985–2005...

E. Ile huraganów i burz zworotnikowych obserwuje się na północnym Oceanie Atlantyckim?

9. Poleć uczniom przeanalizowanie ryc. 7. Zmienność i tendencje liczby huraganów, burz zworotnikowych oraz ogółem huraganów i burz na północnym Oceanie Atlantyckim w latach 1851–2007 z artykułu K. Grabowskiej.

10. Poproś uczniów o odpowiedź na pytania:

- Kiedy zanotowano największą liczbę cyklonów i burz?
- Jakie tendencje obserwuje się w liczbie huraganów i burz na północnym Oceanie Atlantyckim?

F. Jakie skutki powodują cyklony zworotnikowe?

11. Wyświetl foliogramy:
- *Katastrofalne zagrożenia cyklonów zworotnikowych* (zał. 2);
 - *Katastrofalne skutki cyklonów zworotnikowych* (zał. 3).
12. Poprowadź z uczniami pogadankę na temat czynników i skutków cyklonów.
13. Zaproponuj indywidualne uzupełnienie schematu (zał. 3).
- G. W jaki sposób przeciwdziała się tym skutkom?**
14. Metodą „burzy mózgów” zbierz od uczniów jak najwięcej propozycji.
15. Odpowiedzi zapisz na tablicy lub poproś o to jednego z uczniów.

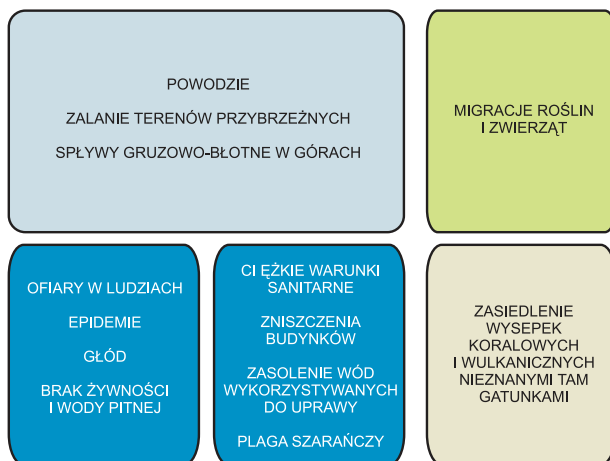
III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

1. Przedstaw zasadę nadawania huraganom imion.
2. Poproś uczniów o zaproponowanie własnej zasady nazywania cyklonów.
3. Podsumuj pracę uczniów.

ZAŁĄCZNIK 3

Katastrofalne skutki cyklonów zworotnikowych

SKUTKI CYKLONÓW



Powodzie – temat rzeka

Edukacja o zagrożeniach naturalnych, w tym o powodzi i osuwiskach ziemi, jest ważnym elementem długofalowej edukacji społecznej. Stanowi jedno z trzech podstawowych ogniw, obok monitoringu środowiska i przekazywania informacji o środowisku oraz podejmowania działań przez społeczeństwo. Wszystkie te ogniwa wspólnie stanowią o powodzeniu przetrwania w obliczu groźnego zjawiska naturalnego.

DOROTA RUCIŃSKA

Powodzie, które dotknęły nas w latach 1997 i 2001 przypominały wielu środowiskom w naszym kraju o istnieniu poważnego problemu. W roku 2002 przyjęto ustawę o stanie klęski żywiołowej (Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej, Dz. U. z dnia 22 maja 2002 r.). Środowiska naukowe opracowały mapy obszarów zalewowych oraz monografie powodzi w dorzeczach Odry (Dubicki, 1999) i Wisły (Grela, 1999).

Szczególną uwagę pragnę zwrócić na wydane przez IMGW opracowania popularizacyjne dotyczące zagrożenia powodzią i przedstawiające możliwości ograniczania jej skutków. Chodzi tu między innymi o przewodnik metodyczny *Zdążyć przed powodzią* oraz materiały dydaktyczne dla nauczycieli *Jak sobie radzić z powodzią*. Przekazując wiedzę o powodzi nie można pominąć wątków wspólnych dla wszystkich zagrożeń naturalnych.

Nie żyjemy w lokalnej przestrzeni

Chcąc sprostać trudnym wymogom edukacyjnym zawartym w dotychczasowych *Podstawach programowych* (2002, 2003), polegającym na całościowym ujmowaniu zagadnień, skłaniani jesteśmy do pogłębiania wiedzy uczniów w sposób pozwalający zrozumieć specyfikę przyrodniczych zjawisk ekstremalnych: przedstawiając je w różnych skalach, ukazując ich udział we współzależnościach między elementami środowiska, w którym żyje człowiek, oraz wyjaśniając związki przyczynowo-skutkowe między różnymi elementami środowiska geograficznego. Podkreśla się znaczenie zdobycia umiejętności stosowania opanowanej wiedzy w praktyce, jak również kształtowanie odpowiedzialnej i kreatywnej postawy, pozwalającej na pełnienie ważnych ról w środowiskach lokalnych i krajowych, co w przypadku przeciwdziałania skutkom groźnych zjawisk przyrodniczych pozostawia szerokie pole do działań edukacyjnych.

Temat powodzi można ograniczyć do zdarzeń w naszym kraju lub rozszerzyć o specyfikę innych zdarzeń ze świata. Omówienie w pierwszym przypadku, skupi się na typowych w Polsce powodziach opadowych, roztopowych i zatorowych oraz sztormowych. W drugim – pozwoli na skojarzenie podo-



Fot. 1. Rzeka Pesig-Portrero zalana materiałem piroklastycznym
(źródło: <http://www.myuplink.net/lahars.html>)

bieństw przyczyn i skutków, przy nawiązaniu do nieco odmiennych zjawisk. Takie właśnie rozwiązanie wydaje się być pomocne w całościowej prezentacji zagadnienia, w zainteresowaniu uczniów tematem zagrożeń naturalnych oraz w zrozumieniu przez nich uniwersalności wiedzy zdobytej na lekcji poświęconej na przykład powodzi. Istotne jest, by zagrożenie to nie było kojarzone wyłącznie z rzeką podobną do Odry lub Wisły. Klęski żywiołowe powodowane przez opady deszczu i wezbrania rzek są dość zróżnicowane.

Powodzie rzeczne

W przypadku **powodzi rzecznych** mamy najczęściej do czynienia z powodzią opadową. Można się z nimi spotkać w różnych regionach świata, także w Polsce. Typowymi obszarami występowania są doliny rzek górskich i podgórskich. Charakterystyczną cechą jest szybkość, zarówno powstawania, jak i przemieszczania. Brak jednak reguły, co do zagrożenia powodzią. Do klęsk przyrodniczych dochodzi kilku zazwyczaj w wyniku współwystąpienia niżu genuńskiego (przyczyna powodzi w Polsce w 1997 i 2001 r.), może to być silny wyż blokujący drogę tego niżu na wschód i wymuszający jego wędrówkę ku północy. Może to być również zablokowanie niżu przez rzeźbę terenu, nad którym przechodzi. Jest to częsta przyczyna długotrwałych opadów w regionach górskich.

Chmury zaklinowane między szczytami powodują wówczas długotrwałe opady i intensywny odpływ wody opadowej w kotlinie śródgórskiej. W 1993 roku taka właśnie sytuacja spowodowała intensywny opady w kotlinie alpejskiej. Wody opadowe dotarły do doliny Rodanu i wywołały powódź w szwajcarskim miasteczku Brig. Tylko odpowiednio wczesna i sprawna reakcja lokalnych służb ratowniczych ograniczyła skutki zjawiska (zginęły dwie osoby).

Wśród powodzi rzecznych wyróżnia się powodzie spowodowane deszczami nawałnymi, tzw. szybkie powodzie (*flash flood*). Zazwyczaj towarzyszą one burzom, charakteryzującym się krótkotrwałym, bardzo intensywnym opadem deszczu, przy czym określenie krótkotrwały należy rozumieć w odniesieniu do zjawisk trwających od kilkunastu minut do kilku godzin. Takie powodzie są niezwykle groźne zarówno w obszarach zabudowanych, jak i w środowisku naturalnym. Doliny, które są zazwyczaj suche, urokliwe strumyki i potoki, jak również ulice stają się wówczas rwącymi potokami. W miastach szybkie powodzie powodują podtopienia i wyłanie nawet niewielkich cieków rzecznych. Przykładowo, powódź tego typu miała miejsce w lipcu 2001 roku w Gdańsku.

Deszcze nawałne mogą być również przyczyną gwałtownych osunięć ziemi i powodzi błotnych. W Polsce mieliśmy do czynienia z taką właśnie sytuacją

w Miechowie w 1995 roku oraz w Makowie Podhalańskim w 2001 roku.

Szybkie powodzie są zagrożeniem dla turystów, szczególnie w obszarach słynących z suchego klimatu. Takim jest na przykład Antelope Canyon (Lower Antelope Canyon) w stanie Arizona, niezwykła atrakcja turystyczna, położona w obszarze Indianckiego Rezerwatu Navaho. W sierpniu 1997 roku, a więc w okresie wakacyjnym, niespodziewane nadejście tego typu powodzi spowodowało śmierć kilkunastu europejskich turystów. Podobne zagrożenia mają inne parki narodowe w regionie, np. Zion National Park.

Opady i osuwiska

Zarówno opady deszczu, jak i powiązana z nimi powódź to zjawiska przyczyniające się do powstawania osunięć ziemi. Gwałtowne opady atmosferyczne są charakterystyczne dla zachodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych w okresie od listopada do kwietnia i są traktowane jako realne zagrożenie powodzią. Lata 1977 i 1978 były wyjątkowe pod tym względem i obfitowały w ulewne deszcze. Szczególne ich skutki zaobserwowano w południowej Kalifornii w październiku 1978 roku, gdzie kilkanaście lat wcześniej na stokach zbudowanych ze skał osadowych przeprowadzono prace niwelacyjne służące przygotowaniu obszaru pod budownictwo. Stopniowe nasączenie skał osiągnęło stan krytyczny w momencie nasycenia wodą opadową iłów na głębokości 20 m. Nasycenie zmniejszyło tarcie wewnętrzne osadów, co doprowadziło do poślizgu warstwy na stoku nachylonym pod kątem 25°. W miejscowości Bluebird Canyon doszło do wielkiego osunięcia konsekwentno-strukturalnego. Zniszczonych zostało 40 domów, ponad 200 osób ewakuowano.

Intensywne lub długotrwałe opady deszczu są uważane za główną przyczynę naturalną uruchamiającą osuwiska w zachodnim obszarze Karpat – na terenie Czech, Słowacji i Polski. Deszcze i powodzie w lipcu 1997 roku uaktywniły ponad 20 000 osuwisk w naszym kraju i były przyczyną nagłego przemieszczania się mas ziemi. Z kolei ogromne ulewy w 2001 roku sprawiły, że ruchy osuwiskowe obserwowano na terenach m.in. Beskidu Makowskiego, Wyspowego, Sądeckiego, a po powodzi spowodowanej opadami także w Gródku nad Dunajcem, Łącku, Podegrodziu, Łaskowej i Łososinie Dolnej. Najgroźniejsze osunięcie, trwające około piętnastu minut, miało miejsce w lipcu 1996 roku w Lachowicach koło Suchej Beskidzkiej, gdzie zniszczeniu uległo kilkanaście domów oraz droga. Także wówczas procesy osuwiskowe zostały uaktywnione przez opady deszczu.

Ulewy, które miały miejsce w 2002 roku, były przyczyną osuwisk m.in. na terenie Muszyny. Zniszczonych lub uszkodzonych zostało tu ponad sto budynków mieszkalnych. Duże straty zanotowano również w Tyliczu, Łącku, Kamienicy i Krynicy Zdroju.

Występujące dość często zjawisko osuwisk pociągnęły za sobą działania władz. Wprowadzono m.in. ustawę o szczególnych zasadach odbudowy, remontów i rozbiorów obiektów budowlanych zniszczonych lub uszkodzonych w wyniku działania żywiołu (Dz. U. z dnia 14 sierpnia 2001 r.) oraz Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów w sprawie ustalenia wykazu gmin i miejscowości, w których stosuje się szczególne zasady odbudowy, remontów i rozbiorów obiektów budowlanych zniszczonych lub uszkodzonych w wyniku działania żywiołu (Dz. U. z dnia 10 września 2001 r.).

W jakich warunkach środowiskowych powstają osuwiska ziemi? Na terenie Karpat, podobnie jak w innych górach, bodźcem do uruchomienia procesów stokowych jest zazwyczaj obfity deszcz. Gwałtowności zjawiska sprzyja stromość stoków, ułożenie warstw i uskoków, fliszowa budowa geologiczna, na którą składają się naprzemianległe warstwy skał przepuszczalnych (piaskowców) i nieprzepuszczalnych (łupków, margli i iłowców) oraz obecność warstw zwietrzelinowych o dużej miąższości. Współwystępowanie cech geologicznych (kąt nachylenia stoku, podłoże skalne, naprzemianległe ułożenie warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych, istnienie warstwy zwietrzliny) oraz zjawisk meteorologicznych (silne opady deszczu, burze) warunkuje lokalizację tego typu osuwisk ziemi.

Innym przykładem jest Tajwan, nazywany przez naukowców wielkim laboratorium ruchów masowych. Budowa geologiczna wzniesień w centralnej części tej wyspy sprzyja osuwiskom. Podłoże skalne składa się z warstw zalegających w tym samym kierunku co zbocze, co umożliwia ześlizgiwanie się wierzchniej warstwy – zwietrzliny. Struktura zwietrzliny sprzyja wchłanianiu opadu. Woda opadowa – typowy tajfun docierający do wyspy niesie ze sobą ilość wody zbliżoną do rocznego opadu na Wyspach Brytyjskich – powoduje poluzowanie między strukturami wierzchnimi a podłożem skalnym. Zwietrzlina zwiększa swój ciężar i w rezultacie ze wzmoczoną siłą zachodzi proces osuwiskowy. Ziemia osunęła się tu m.in. w 1992 roku – w miastach zostały zalane domy, zaś w górach doszło do osunięcia ziemi, które spowodowało śmierć 2000 osób, a 100 000 zostało bez dachu nad głową.

W oczywisty sposób narażone są na osuwiska przedgórza Himalajów, charakteryzujące się intensywną erozją. Nachylenie stoków, opady deszczu związane z porą monsunową oraz ekstremalne temperatury powietrza decydują o wietrzeniu skał i częstym występowaniu tego typu zjawisk na przykład w Nepalu i Bhutanie.

Należy dodać, że w podobny sposób powstają w różnych regionach górskich, np. w Andach, a także na przedgórzu Alp, osuwiska i spływy błotne.

Takie specyficzne powodzie powstają między innymi w pobliżu wulkanów. Leżące u ich podnóża osady ludzkie zagrożone są

powstałymi nagle potężnymi potokami materiałów piroklastycznych przesyconych wodami opadowymi. Materiały te można porównać do spływających mas betonu. Błotniste rzeki popiołów wulkanicznych – lahary – przypominające rozpuszczony beton, spływają dolinami do niżej położonych miejsc, gdzie pokrywają teren warstwą o kilkumetrowej miąższości i stopniowo zastygają.

Podczas wybuchu wulkanu Pinatubo na Filipinach latem 1991 roku, kiedy to chmura pyłu wzbiła się na wysokość aż 40 km, będące jego następstwem opady deszczu spowodowały powstanie laharów, które spływały nawet 5 razy w ciągu dnia. Trzy lata później w 1994 roku podobne zjawisko w tym regionie spowodował tajfun. Spływający po zboczach Pinatubo materiał piroklastyczny zatamował rzekę Pasig-Portrero w odległości 12 km od wulkanu (fot. 1), tworząc „cementowe jezioro”. Jesienią, gdy opady były jeszcze większe, woda zaczęła przepłukiwać zebrany materiał. W końcu utworzona wcześniej bariera pękła, a materiał spłynął doliną rzeki kilkanaście kilometrów poniżej, w kierunku miasta San Antonio. Żywiol spowodował śmierć 15 osób.

Strefy subdukcji są typowymi miejscami aktywności wulkanicznej. Napływające na taki obszar znad oceanu, szczególnie w okresie cyklonów tropikalnych, wilgotne masy powietrza, jak ma to miejsce w przypadku wulkanu Sakura-Jima leżącego w południowej części Kiusiu (Japonia), zwiększają prawdopodobieństwo powstawania laharów. W celu ochrony wzniesionych w pobliżu Sakura-Jimy miast, wybudowano sieć kanałów mającą za zadanie odprowadzenie w bezpiecznym kierunku wody opadowej połączonej z masami pyłu wulkanicznego.

W 1998 roku, po przejściu huraganu Mitch nad Ameryką Środkową, doszło do zejścia lahara po stokach wulkanu Casita (Nikaragua). W ciągu 3 minut masy ziemi osunęły się na miasteczka El Porvenir i Rolando Rodriguez, grzebiąc pod sobą 2000 osób.

Do powodzi i spływów błotnych dochodzi również w górzystych regionach Peru podczas intensywnych opadów związanych z nadejściem El Niño. Na przełomie lat 1997 i 1998, gdy El Niño osiągnęło niezwykłą intensywność, na ląd spadły obfite deszcze. Aż 92 000 ludzi dotkniętych było ich skutkami, zaś ponad 100 osób zginęło. Zniszczone zostały drogi (w tym 70 km dróg głównych), ponad 100 mostów i ponad 600 szkół oraz blisko 200 000 ha obszarów rolnych wraz ze zwierzętami hodowlanymi. Lato 1998 roku to również powodzie w Ekwadorze, Indiach i Bangladeszu, a także osunięcia ziemi na przedgórzach Himalajów.

Powodzie w Europie w ostatnich latach

Rok 2005 obfitował w Europie w burze i ulewne deszcze, które spowodowały podtopienia, zerwanie mostów, zalanie ulic

i domów. Szczególnie dotknięty był północny wschód Bułgarii, gdzie ogłoszono stan klęski żywiołowej. Zamknięto linię kolejową Sofia–Warna. Z brzegów wystąpiło wiele rzek, a zbiorniki retencyjne okazały się niezdolne do przyjęcia tak wielkiej ilości wody. Ofiary śmiertelne odnotowano nie tylko w tym kraju, ale także w Rumunii.

Podtopienia obserwowano również w Holandii, Belgii (zalanych kilkanaście wsi, pomocy udzielało wojsko) i Francji (na północy kraju ewakuowano turystów z kilku kempingów koło Arras, w okolicach Lille zalane zostały drogi i linie kolejowe).

W maju 2007 roku obserwowaliśmy nawałnice w Polsce. Powódź dotknęła okolice Ostrowca Świętokrzyskiego oraz Kielce, Kunów i Lublin. Zalana została wówczas również stolica Bułgarii Sofia (powódzie w środkowej części tego kraju) oraz środkowa część Hiszpanii (na południe od Madrytu).

Lipiec bieżącego roku dał o sobie znać w różnych miejscach Polski, głównie jednak na Podhalu. Powtórzyła się sytuacja sprzed dwóch lat, kiedy to Dolina Kościeliska także spływała wodą. Znowu intensywne opady i ukształtowanie terenu stały się przyczyną zagrożenia. Wprowadzono stan pogotowia przeciwpowodziowego w Zakopanem, Kościelisku, Bukowinie Tatrzańskiej, Poroninie, Nowym Sączu i powiecie gorlickim. Wybudowane wzdłuż rzek i potoków drogi przejęły, jak zwykle w takich sytuacjach, rolę transportową dla spływających dużych ilości wody (np. Białka wylała na drogę w Nowej Białej, blokując całkowicie przejazd samochodów). Zagrożone były mosty i... stojące na nich grupy nieroztropnych gapiów!

Wysoki stan wody przyczynił się do zamknięcia mostów na drodze z Bukowiny do Jurgowa i Czarnej Góry, jak również w Brzegach, Jurgowie (rzeka porwała fragment mostu) i Krempachach nad Białką. Do groźnego osunięcia ziemi na drogę doszło w Tylmanowej.

Poważnym zagrożeniem podczas silnych opadów deszczu są awarie urządzeń hydrotechnicznych. Często ma miejsce przerwanie wałów przeciwpowodziowych bądź uszkodzenie tamy. W lipcu 2008 roku wykryto nieszczelność zapory w Kuźnicach. Na szczęście deszcze ustały i wody zaczęły opadać, tym samym zagrożenie zalania centrum Zakopanego oddaliło się. W czasie lipcowych opadów tego roku wezbrały również San, Wisłok i Wisłoka. Podniesiony stan wody obserwowano także w Warszawie. Straty na samym Podhalu szacowano na dziesiątki milionów złotych.

W roku 2008 lipiec zapisał się także w pamięci mieszkańców zachodniej Ukrainy (zginęło wówczas 30 osób, w tym kilko dzieci, ewakuowano około 20 000 ludzi) i północnej Rumunii (zginęły 4 osoby, ewakuowano 11 000) oraz w stolicy Mołdawii, Kiszyniowie (zginęły 3 osoby).

Na Ukrainie była to największa powódź od stu lat. Pięć dni opadów w południowo-zachodnich Karpatach spowodowało wy-



Fot. 2. Ukraina, okolice Iwano-Frankowska – domy w jednej z wiosek zalane w wyniku powodzi w lipcu 2008 r.; powódź spowodowała śmierć około 30 osób, ponad 20 000 trzeba było ewakuować, zalanych zostało ponad 40 000 domów (fot. PAP EPA/Aleksander Prokopenko)

stąpienie z brzegów rzek: Prutu, Dniestra i Seretu. Klęską dotkniętych zostało łącznie sześć regionów. Zniszczonych zostało 488 miejscowości (z których najbardziej ucierpiał Iwano-Frankowsk – fot. 2), a także 579 kilometrów dróg i 700 mostów, oraz ponad 28 000 ha obszarów rolnych. Na pomoc powodziom w zwalczaniu skutków powodzi wyjechali polscy strażacy.

Powodzie sztormowe

Powodzie sztormowe u wybrzeży południowego Bałtyku odnotowano już kilkadziesiąt lat temu. Jeden z największych sztormów miał miejsce w Kołobrzegu i Świnoujściu w grudniu 1913 roku.

W Holandii, klęska powodzi z lutego 1953 roku trwale zapisała się w historii kraju. Zdarzenie stało się istotnym elementem edukacji zarówno lokalnej społeczności, jak i zagranicznych turystów; w miejscowości Schouwenet-Duiveland utworzono Muzeum Katastrofalnych Powodzi (*Watersnoodmuseum*).

Intensywne opady deszczu na Morzu Północnym oraz niesione silnym wiatrem z północnego-zachodu w stronę wybrzeża Holandii masy wody spowodowały podniesienie poziomu morza w estuariach, a następnie zostały wtłoczone w koryta rzek. Wylały rzeki: Ren, Maas i Waal. Miejscami woda podniosła się o 4 m. Zginęło wówczas ponad 1800 osób, zalanych zostało ok. 260 000 ha ziemi, zniszczeniu uległo wiele domów, gospodarstw rolnych, utonęło wiele zwierząt hodowlanych, a ok. 500 000 osób musiało opuścić region zamieszkania.

Specyfika ukształtowania powierzchni, nadmorskie położenie Holandii oraz prognozy ocieplenia klimatu stymulują do podejmowania w tym kraju badań i inwestycji służących polepszeniu ochrony przeciwpowodziowej. Przykładem są testowane nowoczesne „domy na wodzie”, których wytwarzaniem zainteresowane są również inne kraje i miasta położone nad morzem i rzekami.

Wspomniana wyżej powódź sztormowa z 1953 roku wiązała się z utworzeniem potężnego niżu nad Północnym Atlantyku. W centrum niżu ciśnienie jest słabsze, słabnie też w tym miejscu nacisk powietrza na wodę, co wpływa na powstanie rozległego wybrzuszenia na powierzchni morza (spadek ciśnienia o 1 mb powoduje podniesienie wody o 1 cm). Wypiętrzenie wody nie jest groźne na otwartym oceanie, jednak zetknięcie się ogromnych mas wody z wybrzeżem stanowi już poważne zagrożenie. Zbyt wąskie gardło Cieśniny Kaletańskiej nie jest w stanie przepuścić jej dalej do Kanału La Manche. Stosunkowo płytkie wody w tym regionie potęgują zjawisko, doprowadzając do wtłaczania mas wody morskiej w ujścia rzek w Holandii, Francji, a także w Wielkiej Brytanii (ujście Tamizy).

Ulewne deszcze często powodują w miastach szybkie wypełnienie kanałów odprowadzających wodę opadową. Podczas powodzi, całkowicie zalane wodą, niewidoczne dla brodzących w wodzie powodziarzy, stanowią one niekiedy przyczynę złamań kończyn i w rezultacie nawet utonięć. Zamknięta zwykle żeliwną pokrywą studzienka, ulega pod ciśnieniem wypływającej z kanału wody otwarciu, stając się niewidoczną zasadzką w mętnej wodzie wartkich strumieni spływających ulicami.

Zabezpieczenia hydrotechniczne

We wszystkich częściach świata budowane są zabezpieczenia, które od wieków pomagają człowiekowi funkcjonować blisko rzek oraz wybrzeży i stwarzają poczucie bezpieczeństwa. Najczęściej są to wały przeciwpowodziowe, kanały, zapory lub domy na palach. Jednak doświadczenia wykazują, iż zmiany pogodowe stopniowo zaburzają owo poczucie.

W części południowo-wschodniej Stanów Zjednoczonych powodzie są często powodowane przez huragany nadchodzą-



Fot. 3. Stany Zjednoczone, Nowy Orlean – helikopter przelatuje nad zalanym miastem w poszukiwaniu osób, które przeżyły powódź wywołaną huraganem Katrina w 2005 r. (fot. PAP EPA/Liz Roll)

ce znad Atlantyku. W 2005 roku huragan Katrina wskazał słabe punkty konstrukcji hydrotechnicznych – wybudowanych przed laty w strefie brzegowej wałów w postaci wysokich, betonowych ogrodzeń. Po katastrofie naturalnej w 1953 roku, w Wielkiej Brytanii powstała, ukończona w 1984 roku, konstrukcja mająca chronić Londyn przed powodzią (*The Thames Barrier*). Postawiona 13 km od ujścia rzeki (a kilkadziesiąt km od Londynu, położonego w wyższym biegu rzeki), ma szerokość nieco ponad 500 m. Składa się z kilku ruchomych bram, które po podniesieniu osiągają 18 m wysokości i blokują wpływanie wody z Morza Północnego. Podwodne bramy można podnieść w ciągu 15 minut.

Powódź sztormowa, mogąca nadejść od północnego wschodu Wysp Brytyjskich, jest realnym zagrożeniem dla stolicy Zjednoczonego Królestwa. Obecnie rozpatruje się budowę kolejnej tamy, która dodatkowo pomogłaby zniwelować podnoszenie poziomu morza wynikające ze zmian klimatycznych (podnoszenie poziomu oceanów szacuje się na mniej więcej 20 cm w ciągu 100 lat). Brytyjczycy, podobnie jak Holendrzy, pamiętają powódź z lutego 1953 roku. Odnotowano wówczas blisko 3-metrowe wahanía wód w hrabstwach wschodniej Anglii: Essex i Norfolk. Zginęło 307 osób. Najbardziej ucierpiała położona u ujścia Tamizy Wyspa Canvey.

The Thames Barrier ma za zadanie chronić Londyn, zaś system podziemnych kanałów – Tokio. Stolica Japonii wielokrotnie zalewana była wodą niesioną przez tajfuny znad Pacyfiku oraz przez wylewające rzeki. W 2006 roku zakończono budowę długiej na 6 km sieci kanałów o 10-metrowej średnicy, wykutych w skale na głębokości przekraczającej 50 m, połączonych z ogromną komorą mogącą pomieścić około 400 mln l wody. Zgromadzona w podziemnym zbiorniku woda może być przetrzymywana do momentu bezpiecznego wypompowania jej na powierzchnię. Tajfuny w Japonii mają miejsce średnio 23 razy w roku (zwykle częściej niż huragany na Atlantyku).

Niosą one wiele zagrożeń. Japończycy obawiają się przede wszystkim zwiększenia częstości pojawiania się cyklonów, a także skutków podwyższania temperatury wód oceanicznych, oraz powodzi.

Tak jak, jak pod koniec sierpnia 2005 roku huragan Katrina, osiągający 5. stopień w skali Saffira-Simpsona, zniszczył Nowy Orlean (fot. 3), w maju 2008 roku tajfun Nargis o sile 4 stopni uderzył w wybrzeże Birmy (UNOSAT). Wiatr, o prędkości dochodzącej do 250 km/h, właczał wodę morską w ujścia rzek, głównie w deltę Irrawadi. Towarzyszyły temu typowe dla tajfunów intensywne opady deszczu. Sytuację pogorszyło utrudnianie dotarcia pomocy międzynarodowej do dotkniętych klęską żywiołową ludzi. Wojskowi, sprawujący władzę, przez blisko 3 tygodnie zwlekali z udzieleniem zezwolenia dla niosących pomoc pracowników ONZ. Po pertraktacjach z rządem, uzyskał je Światowy Program Żywnościowy (*World Food Program*). Według szacunków ONZ, zginęło wówczas ok. 80 000 ludzi, a setki tysięcy pozostały bez dachu nad głową. Całkowicie zniszczonych zostało 450 tys. domów, straty sięgnęły 4 mld dol. W pięciomilionowym Rangunie zabrakło elektryczności. Powódź dotknęła też obszary rolnicze – zniszczonych zostało 600 000 ha pól.

Birma zawarła wcześniej umowy na dostarczenie ryżu do Bangladeszu i Sri Lanki, tak więc zaistniało niebezpieczeństwo braku żywności na większym obszarze. W Polsce akcję pomocy powodziarzom podjęły Caritas, Polska Akcja Humanitarna oraz PCK.

Długotrwałe opady deszczu

Monsun letni regularnie powoduje powódzie w południowej Azji, jednak długotrwałe, ciągłe opady w tym okresie potrafią doprowadzić do klęski żywiołowej. Tak się stało w sierpniu 2007 roku w północnych Indiach (głównie Asam, Bihar i Uttar Pradesh), na obszarze całego Bangladeszu, w Nepalu i Pakistanie. Po 20 dniach nieustającego deszczu poziom rzek podniósł się miejscami nawet o 10 m. Opady zmu-

siły blisko 20 mln ludzi (w tym ponad 14 mln w Indiach, a ok. 5 mln w Bangladeszu) do opuszczenia swych domów.

W stanie Uttar Pradeś powódź dotknęła 2 546 wiosek, zaś w Biharze – ponad 6 500. W tym drugim stanie Indii była to największa powódź od 30 lat. Żywiół zniszczył ponad 630 000 ha pól uprawnych. Według Nepalskiego Czerwonego Krzyża, ponad 21 500 rodzin w Nepalu (ok. 127 000 ludzi) odczuło dotkliwie powódź i osunięcia ziemi. Osunięcia dotknęły m.in. region Terai. W graniczącym z Indiami nepalskim mieście Biratnagar spadło 223 mm deszczu w ciągu doby. Osunięcia ziemi spowodowane monsunem miały wówczas miejsce także w Bhutanie.

Oficjalne źródła podawały różne liczby ofiar monsunu. Tylko w Indiach zginęło ponad 1200 osób.

Długotrwałe opady doprowadziły do klęski żywiołowej w 1993 roku w Stanach Zjednoczonych. Na przełomie wiosny i lata przez blisko dwa miesiące padał deszcz w rolniczym stanie Iowa. Wylała Missisipi z licznymi dopływami. Około 70% wałów ochronnych, służących nie wytrzymało naporu wody.

Zakończenie

Edukacja o zagrożeniach naturalnych, w tym o powodzi i osuwiskach, jest ważnym elementem długofalowej edukacji społecznej. Stanowi jedno z trzech podstawowych ogniw, obok monitoringu środowiska i przekazywania informacji o środowisku oraz podejmowania działań przez społeczeństwo. Wszystkie te ogniwa wspólnie stanowią o powodzeniu przetwarzania w obliczu groźnego zjawiska naturalnego. Nauczając o potencjalnych zagrożeniach, kształtujemy świadomość przyszłego społeczeństwa, które, pracując w różnych branżach gospodarki bądź pełniąc różne funkcje w administracji państwowej w różnych częściach kraju i świata, będzie lepiej przygotowane do stanięcia twarzą w twarz z żywiołem i jego skutkami.

LITERATURA:

- Dubicki A., i inni, 1999, *Dorzecze Odry. Monografia powodzi*, lipiec 1997, IMGW
- Grela J., i inni, 1999, *Dorzecze Wisły. Monografia powodzi*, lipiec 1997, IMGW
- Siudak M., Tyralska-Wojtyca E. (red.), 2005, *Jak sobie radzić z powodzią*, Materiały dydaktyczne dla nauczycieli, IMGW, Kraków
- *Zagrożenia naturalne. Wiedza i fakty*, 2002, IMGW, Warszawa
- *Zdążyć przed powodzią. Przewodnik metodyczny na temat lokalnych systemów monitoringu i ostrzeżeń powodziowych*, 2005, IMGW, Kraków
- Strony internetowe:
 - <http://www.nps.gov/zion/planyourvisit/flashfloods.htm>
 - http://www.pgi.gov.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=1563&Itemid=2
 - <http://www.watersnoodmuseum.nl/>
 - http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/prod_free.asp?id=66
 - <http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/pinatubo/lahar/>
 - http://www.chinadaily.net/world/2007-08/10/content_6022101.htm
 - http://www.environment-agency.gov.uk/regions/thames/323150/335688/341764/341767/?version=1&lang=_e
 - <http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html>

Powodzie

Lekcja z wykorzystaniem art. D. Rucińskiej

BOŻENA SIENKIEWICZ

Temat lekcji: Powodzie – od anomalii pogodowej do klęski żywiołowej.

Cele lekcji:

- kształtowanie umiejętności dostrzegania związków przyczynowo-skutkowych w środowisku geograficznym,
- uświadamianie regionalnych i globalnych zagrożeń związanych z powodziami.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- definiuje pojęcia: wezbranie, powódź,
- wyjaśnia przyczyny powstawania powodzi w różnych regionach świata,
- wskazuje na mapie obszary klęsk żywiołowych powodowanych przez opady deszczu i wezbrania rzek,
- określa skutki powodzi.

Metody i formy pracy: praca z tekstem źródłowym, burza mózgów, wykład informacyjny, dyskusja, pogadanka, praca zbiorowa, praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- artykuł D. Rucińskiej *Powodzie – temat rzeka* („Geografia w Szkole” nr 2 specjalny, 2008),
- atlas geograficzny,
- mapa ścienna geograficzna świata.

Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1. Przeczytaj głośno początek artykułu D. Rucińskiej.
2. Zapytaj uczniów:
 - a. Dlaczego wprowadzono ustawę o stanie klęski żywiołowej z 18 kwietnia 2002 roku?
 - b. Do czego ona zobowiązuje środowiska lokalne i ogólnokrajowe?

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

A. Pojęcia: wezbrania a powódzie.

Poproś uczniów o zdefiniowanie pojęć: wezbrania, powódzie.

- a. Metodą „burzy mózgów” zbierz wypowiedzi uczniów.
 - b. Zapisz je na tablicy lub poproś o to jednego z uczniów.
2. Przyjrzyj się zapisanym określeniom i podkreśl te, które są zgodne z definiowanymi terminami:
 - wezbranie – wzrost poziomu wody (w rzece, jeziorze lub morzu);
 - powódź – wezbranie powodujące zagrożenie życia ludzi oraz szkody materialne (zniszczenie domów, dróg, upraw, zabytków kultury materialnej i duchowej).

B. Przyczyny wezbrań w Polsce.

3. Zaprosz uczniów do wypowiedzi na temat przyczyn powodujących wezbrania.
4. Odpowiedzi zapisuj na tablicy.
5. Poleć uczniom przeanalizowanie w atlasie mapy rozkładu opadów atmosferycznych w Polsce.

- Które obszary mają najwyższe opady atmosferyczne w lecie?
- Które rzeki są zagrożone wezbraniem?

C. Powodzie rzeczne i ich skutki.

6. Zainicjuj i poprowadź krótką dyskusję:
 - Jakie są przyczyny powodzi w Polsce i na świecie?
 - Co sprzyja powodziom w górach i na obszarach podgórskich?
 - Jakie skutki powodują powodzie?
 - Które obszary górskie w Polsce i na świecie są narażone na spływy błotne i osuwiska?
7. W podsumowaniu dyskusji przedstaw uczniom poniższy schemat (ryc. 1).
8. Poproś uczniów o uzupełnienie schematu o:
 - skutki powodzi,
 - obszary zagrożone powodzią w Polsce,
 - obszary zagrożone powodzią na świecie.
9. Przedstaw przykłady tragicznych w skutkach powodzi i spływów błotnych (rozdział *Opady i osuwiska* w art. D. Rucińskiej).

D. Powodzie sztormowe.

10. Zaproponuj uczniom pogadankę. Zapisz pytania:
 - Co to jest sztorm?
 - Jakie czynniki przyczyniają się do powodzi sztormowych?
 - Które obszary w Polsce, Europie i na świecie są narażone na powodzie sztormowe?
 - Jakie są skutki tych zjawisk?

E. Monsun letni i powódzie.

11. Zapytaj uczniów:
 - Czym jest monsun letni?
 - Jaki ma on wpływ na klimat regionów, do których dociera?
 - Które państwa obejmuje?
 - Jakie skutki dla tych państw przynoszą długotrwałe opady związane z monsunem letnim?

F. Powodzie w Europie w ostatnich latach

12. Zapytaj uczniów, co wiedzą na temat lipcowych powodzi w Polsce i w Europie w roku 2008.
13. Poleć zlokalizowanie na mapie terenów powodzi w roku 2008.
14. Przedstaw kilka informacji o katastrofalnych skutkach (tab. 1 na s. 46, opracowana na podstawie art. D. Rucińskiej *Powódź – temat rzeka*).

III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

1. Przeczytaj z artykułu D. Rucińskiej *Powodzie – temat rzeka* rozdział *Zabezpieczenia hydrotechniczne*, który jest pobudzeniem do refleksji nad skalą zagrożeń powodzią. Jeśli jest wystarczająca ilość czasu, możesz rozdać uczniom cały ten rozdział do indywidualnego przeczytania.
2. Zachęć uczniów do odpowiedzi na pytanie: W jaki sposób człowiek próbuje zmniejszać skutki powodzi?
3. Metodą „burzy mózgów” zbierz jak najwięcej propozycji będących odpowiedziami uczniów na pytanie: W jaki sposób można zabezpieczyć się przed skutkami powodzi?
4. Podsumuj pracę uczniów na lekcji.



Ryc. 1. Schemat: Powodzie rzeczne

Tabela 1. Największe powodzie w Europie w ostatnich latach

Rok	Kraje	Skutki powodzi
2005	Bulgaria, Rumunia	Ofiary w ludziach, zerwanie mostów, zalanie domów i ulic.
	Holandia, Belgia	Ofiary śmiertelne, zalanie kilkunastu wsi
	Francja	Zalanie dróg, linii kolejowych, ewakuacja turystów z pól kempingowych w północnej części kraju.
2007	Polska: Kielce, Ostrowiec Świętokrzyski, Lublin, Kunów	Ranni, ewakuacja ludności, zalane ulice, centra handlowe, podziemne parkingi.
	Bulgaria: Sofia, Słoneczny Brzeg	Zalane miejscowości, pola kempingowe, ewakuacja ludności miejscowej i turystów, lawiny błotne.
	Hiszpania: na południe od Madrytu	Ofiary w ludziach, zalane ulice miast, zniszczone samochody i mieszkania, ewakuacje mieszkańców i turystów.
2008	Polska: Zakopane, Kościelisko, Bukowina Tatrzańska, Poronin, Nowy Sącz, powiat gorlicki	Podtopienie domów, zniszczenie samochodów, uszkodzenie dróg, mostów, osunięcia ziemi, awarie urządzeń hydrotechnicznych.
	Ukraina	30 osób zginęło, ewakuowano 20 000 osób, ucierpiały liczne miasta, zniszczonych zostało 28 000 ha pól uprawnych, 579 km dróg, 700 mostów.
	Rumunia	4 osoby śmiertelne, 11 000 ewakuowano.
	Moldawia	Śmierć trzech osób, zalane tereny.

Susza – od anomalii pogodowej do klęski żywiołowej

Susza jest nie tylko zjawiskiem klimatycznym. Jej wystąpienie wpływa na inne elementy środowiska przyrodniczego: wody (powierzchniowe i podziemne), szatę roślinną, pokrywę glebową, świat zwierzęcy oraz na przebieg (rodzaj, natężenie) niektórych zewnętrznych procesów kształtujących rzeźbę powierzchni Ziemi – wietrzenie, erozję, akumulację. Często jej skutki wykraczają daleko poza granice regionu przez nią dotkniętego.

JERZY MAKOWSKI
(prof. dr hab., UW, WGiSR)

Susza, nazywana także posuchą, jest naturalnym zjawiskiem klimatycznym, które przejściowo może wystąpić praktycznie w dowolnym regionie Ziemi. Nie ma roku, aby gdzieś nie było suszy. W niektórych regionach zdarzają się one często i powtarzają mniej lub bardziej regularnie – nawet co kilka, kilkanaście lat. W innych są tak rzadkie – występują raz na kilkadziesiąt lat lub jeszcze rzadziej – że wydają się zjawiskiem wyjątkowym i nawet najstarsi mieszkańcy nie biorą pod uwagę możliwości ich wystąpienia. Jednak o suszach zdarzających się w przeszłości, zwłaszcza tych najbardziej dotkliwych, wspominają stare kroniki (w Polsce źródłem takich informacji jest m.in. kronika Jana Długosza). Ponadto ślady susz zapisały się w stanowiskach archeologicznych i w odsłonięciach geologicznych. Mówią one o suszach przed setkami, a nawet tysiącami lat, bo susze w dziejach Ziemi występowały zawsze, odkąd tylko pojawiła się atmosfera.

Co to jest susza?

Mimo powszechności tego zjawiska, nie ma jednej, powszechnie przyjętej definicji suszy. Najczęściej przyjmuje się, że susza oznacza długotrwałą, lecz przejściową niedobór opadów atmosferycznych (w stosunku do średnich miesięcznych lub rocznych sum opadów), utrzymujący się przez wiele dni (niekiedy podaje się, że okres ten wynosi co najmniej 15 dni), kilka tygodni, miesięcy, a nawet kilka lat (w skrajnych przypadkach kilkanaście). Często też zamiast o suszy, zwłaszcza gdy nie jest ona zbyt dotkliwa, mówi się o latach suchych lub posusznych, w których brakowało wody, w odróżnieniu od lat wilgotnych, z dużą ilością opadów, kiedy groziła powódź.

Różna częstotliwość występowania suszy jest cechą klimatu poszczególnych regionów Ziemi. W regionach o klimacie suchym, np. na pustyniach, skąpe, a do tego nieregularne opady atmosferyczne, są czymś zupełnie na-



Fot. 1. Indie, Tezpur (prow. Assam) – rolnik modli się o deszcz na swym całkowicie wyschniętym polu ryżowym podczas suszy, która dotknęła ten region w 2006 r., niszcząc ponad pół miliona hektarów upraw (fot. PAP EPA/STR)

turalnym. O tym, jak bardzo nieregularne mogą tam być opady, świadczy przykład Neuquén – miasta położonego na północnym skraju Wyżyny Patagońskiej. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych, obliczona dla około 100 lat obserwacji, wynosi tam 129 mm; minimalna roczna suma – 26 mm w 1920 roku – jest prawie 5-krotnie niższa, a maksymalna – 295 mm – 2,5-krotnie wyższa od średniej wieloletniej. Inaczej jest w regionach o klimacie bardzo wilgotnym, np. w Amazonii, gdzie deficyt opadów, jeśli nawet wystąpi, to zjawisko wyjątkowe. Podczas, gdy w Neuquén zmniejszenie i tak niskich opadów oraz (lub) wydłużenie okresu bezdeszczowego między nimi (czyli pory suchej) może pozostać niezauważone, o ile nie przeciągnie się nadmiernie, to w Amazonii, gdzie naturalne są prawie codzienne obfite, intensywne opady atmosferyczne (deszcze zenitalne), już samo zmniejszenie ich intensywności (nie mówiąc już o kilkudniowym okresie bez deszczu) może być uznane za suszę.

Z wieloletnich obserwacji w różnych strefach klimatycznych wynika, że im niższe, mniej regularne i zmienne w czasie

opady atmosferyczne (cecha obszarów suchych), tym prawdopodobieństwo wystąpienia suszy rośnie. Obniża się ono w miarę wzrostu średnich rocznych sum opadów i rosnącej regularności ich występowania.

Co wywołuje suszę?

Jak dotąd nie udało się w pełni ustalić przyczyn powstawania susz. Wystąpienie tego zjawiska traktuje się jako anomalię klimatyczną, przejawiającą się, dłuższym niż zwykle, utrzymywaniem się pogody bezdeszczowej. Taki typ antycyklonalnej (wyżowej) pogody w anomalnie długim okresie wiązany jest przeważnie z regionalnymi zaburzeniami cyrkulacji atmosferycznej (być może z przebiegiem prądów strumieniowych w górnej troposferze), które nie są łatwe do wyjaśnienia.

Coraz częściej jednak sądzi się, że zakres zakłóceń cyrkulacji atmosferycznej, przejawiający się wystąpieniem suszy w jakimś regionie (a katastrofalnie obfitych opadów w innym), jest znacznie szerszy niż regionalny. Istnieją mocne podstawy do przypuszczeń, że ich głębsza przyczyna tkwi w złożonych oddziaływaniach między oceanem

a atmosferą. Mają więc one charakter globalny, a nie regionalny. Najbardziej obiecującym wyjaśnieniem występowania susz są zjawiska zachodzące w strefie równikowej Oceanu Spokojnego, nazywane ogólnie *El Niño*¹⁾. Silne *El Niño* wpływa na pogodę na rozległych obszarach Ziemi. W latach 1982–1983 spowodowało ono prawdopodobnie susze w Australii i na Hawajach, kolejną po klęsce z początku lat 70. suszę w strefie Sahelu oraz – na skutek opóźnienia monsunu letniego – susze w południowej części Półwyspu Indyjskiego i w Archipelagu Malajskim (zakończony pożarami lasów na Borneo)²⁾. Nie zawsze jednak skutki są tak rozległe. Z *El Niño* z lat 1997–1998 ponownie kojarzono suszę w Archipelagu Malajskim, ale w innych regionach dotkniętych wówczas suszą, 15 lat wcześniej spadło tam więcej opadów niż zwykle.

Przyczyna anomalii pogodowych (w tym susz) na półkuli północnej może tkwić w wahanach ciśnienia atmosferycznego nad północnym Atlantykiem (dokładniej: między Niżem Islandzkim a Wyżem Azorskim), nazywanych Oscylacją Północnego Atlantyku, w skrócie NAO (*North Atlantic Oscillation*). NAO, wraz z Okolórównikową weZmiennością Atlantyku (*Tropical Atlantic Variability* – TAV) i Południkową Wsteczną Cyrkulacją Atlantyku (*Atlantic Meridional Overturning Circulation* – AMOC), wywiera istotny wpływ na cyrkulację atmosferyczną nad ogromnym obszarem rozciągającym się od Ameryki Północnej po Syberię i od Morza Arktycznego po północną Afrykę, zwłaszcza jednak w Europie umiarkowanych i podzwrotnikowych szerokości geograficznych. Dodatnia faza NAO sprzyja napływowi do Europy stosunkowo ciepłego i wilgotnego powietrza znad Atlantyku. Faza ujemna oznacza słabnięcie cyrkulacji zachodniej na korzyść cyrkulacji z sektora wschodniego, z którą wiąże się występowanie pogody wyżowej, mroźnej zimą, upalnej latem, z opadami poniżej normy.

W ostatnich latach przyczyny susz upatrywane są ogólnie w globalnym ociepleniu. Zwraca się uwagę, że obserwowany wzrost temperatury powietrza w przyziemnej warstwie atmosfery już teraz jest wystarczająco wysoki, by powodować zakłócenia w cyrkulacji oceanicznej i wymianie energii między atmosferą i oceanem. Może też sprzyjać występowaniu anomalii pogodowych, w tym susz.

Przyrodnicze konsekwencje suszy

Susza jest nie tylko zjawiskiem klimatycznym. Jej wystąpienie wpływa na inne

elementy środowiska przyrodniczego: wody (powierzchniowe i podziemne), szatę roślinną, pokrywę glebową, świat zwierzęcy oraz na przebieg (rodzaj, natężenie) niektórych zewnętrznych procesów kształtujących rzeźbę powierzchni Ziemi – wietrzenie, erozję, akumulację.

Geografowie wyróżniają kilka rodzajów susz, przede wszystkim **suszę atmosferyczną** (meteorologiczną), przejawiającą się długotrwałym niedoborem opadów atmosferycznych (lub ich brakiem) w danym regionie w stosunku do średnich wieloletnich sum opadów na tym obszarze. Jeśli niedostatkowi opadów atmosferycznych towarzyszy wysoka temperatura powietrza i bardzo niska jego wilgotność, to na skutek intensywnego parowania (ewapotranspiracji) następuje silne przesuszenie gleby – zmniejszenie zasobów wody w glebie – powodujące przerwę w wegetacji roślin, a następnie ich usychanie. Takie zjawisko nazywane jest **suszą glebową**, a w regionach rolniczych – **suszą rolniczą** (fot. 1). Dłuższe utrzymywanie się suszy atmosferycznej bądź powtarzanie się jej w kolejnych latach może prowadzić do obniżania poziomu wód gruntowych, spadku wielkości przepływu w rzekach, okresowego wysychania mniejszych rzek i/lub jezior, wysychania źródeł. Takie zjawiska są już przejawem **suszy hydrologicznej**.

Na obszarach bezludnych lub słabo zaludnionych, mało zmienionych przez człowieka, na przykład w głębi obszarów pustynnych lub rozległych połaci wilgotnych lasów równikowych, susze mogą być przez długi czas niezauważane, a i później nie pozostawiają na ogół trwałych następstw w środowisku przyrodniczym. Naturalne ekosystemy, mimo okresowego zakłócenia równowagi, są w stanie do niej powrócić dzięki ujemnym sprzężeniom zwrotnym, które amortyzują i niwelują wahania, o ile nie pojawi się jakiś nowy czynnik, który równowagę ponownie zburzy.

Inaczej jest w przypadku obszarów trwale przekształconych przez człowieka, od dawna zamieszkanymi i intensywnie wykorzystywanych gospodarczo (rozmaite agroekosystemy, obszary gęsto zaludnione, zurbanizowane, uprzemysłowione). Ich równowaga ekologiczna jest na ogół chwiejna, zwykle podtrzymywana przez człowieka, a wszelkie zakłócenia, na przykład wywołane suszą, szybko się pogłębiają (w wyniku dodatnich sprzężeń zwrotnych), osiągając nierzadko duże natężenie. Wystąpienie suszy na takich obszarach

może w istotny sposób wpływać na warunki życia oraz na gospodarkę.

Skutki suszy najszybciej odczuwają rośliny. W naturalnych zbiorowiskach roślinnych, jakie by one nie były (suchy step, sawanna, las), następstwa suszy atmosferycznej i glebowej pojawiają się później niż w zbiorowiskach wykorzystywanych przez człowieka (pastwiska) lub silnie przekształconych, zamienionych w pola uprawne³⁾. Niedobór wody powoduje wędnięcie roślin, tym szybsze, im wyższa jest temperatura powietrza, a następnie ich zasychanie. Na pastwiskach oznacza to gwałtowne załamanie jakości i ilości dostępnej paszy, zaś na polach uprawnych następuje, w najlepszym przypadku, drastyczny spadek plonów, a w najgorszym – nawet całkowita ich utrata. Skutki ostrej, długotrwałej suszy, wcześniej lub później, dotyczą ludzi.

Przykłady klęsk żywiołowych wywołanych suszą

Jedną z najbardziej dramatycznych na świecie susz w XX wieku nawiedziła strefę Sahelu⁴⁾ w Afryce. Była to wyjątkowa klęska żywiołowa, a jej skutki trwają praktycznie do dziś. Susza zaczęła się w 1968 roku, bezpośrednio po kilkuletnim dość wilgotnym okresie w połowie lat 60. i trwała do 1974 roku. Pierwszym widocznym następstwem suszy było zmniejszenie plonów, a w następnych latach – brak jakichkolwiek zbiorów z pól uprawnych. Kolejnym skutkiem suszy było wyschnięcie traw na pastwiskach, osuszenie większości okresowych rzek, jezior i mokradeł (często występujących na Sahelu) oraz obniżenie poziomu wody w studniach, uniemożliwiające ich eksploatację. Wszystko to wywołało trudną do opisanego klęskę głodu. W latach 1972 i 1973 śmierć poniosło, jak się szacuje, 50 tys. do 250 tys. ludzi (dokładne dane do dziś nie są znane). W następstwie braku paszy i wody padło na Sahelu około 3,5 mln sztuk bydła. Kolejne lata przyniosły jeszcze kilka nawrotów suszy.

Skutki posuchy na Sahelu wykroczyły daleko poza granice regionu przez nią dotkniętego. Klęska głodu zmusiła tych, co przeżyli, do migracji ku wilgotniejszym i zasobniejszym w wodę regionom leżącym na południe od Sahelu. Znaczny odsetek migrantów trafił, między innymi, do Wybrzeża Kości Słoniowej, Beninu, Nigerii i Republiki Środkowoafrykańskiej. We wszystkich krajach dotkniętych tragedią poważnie nasiliła się migracja ze wsi do miast. Wiele grup ludności zaniechało

1) W rzeczywistości mamy tu do czynienia z wieloma złożonymi zjawiskami, określanymi wspólnie mianem ENSO. Szerzej na ten temat w artykule Anity Bokwy *El Niño i ekstremalne zjawiska pogodowe* w tym samym numerze „Geografii w Szkole”.

2) Z *El Niño* z przełomu lat 1982/1983 wiąże się też wystąpienie katastrofalnie obfitych opadów na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej (głównie w Stanach Zjednoczonych) i zachodnim wybrzeżu Ameryki Południowej (Ekwador, Peru).

3) Wiaże się to przede wszystkim ze zróżnicowaną wrażliwością roślin na wystąpienie deficytu wody w glebie. W przypadku gatunków uprawianych przez człowieka ich wrażliwość jest z reguły bardzo wysoka, zwłaszcza jeśli niedobór wody pojawi się w okresie kwitnienia i w fazie zawiązywania nasion. Określony deficyt wody ma dużo większe skutki niż tylko proporcjonalny do jego wielkości spadek plonów (np. koniec uprawy w danym roku) (Lisowski A., 1983 (red.), *Agroekologiczne podstawy uprawy roślin*, Warszawa).

4) Sahel – region geograficzny w Afryce między pustyniami Sahary na północy, a strefą sawann na południu. Za północną granicę Sahelu przyjmuje się często przebieg izohiety 200 mm (rzadziej 100 mm), za południową – 500 mm. Na zachodzie Sahel osiąga wybrzeże Oceanu Atlantyckiego, a na wschodzie – podnóża Wyżyny Abisyńskiej i brzoży Morza Czerwonego. Pora deszczowa na Sahelu trwa od 1 miesiąca na północy do 3 miesięcy na południu. Charakterystyczną cechą klimatu regionu jest nieregularność opadów i często zdarzające się susze (Plit F., 2004, *Sahel*, (w:) *Wielka Encyklopedia Powszechna*, t. 24, Warszawa, PWN, s. 225).



Fot. 2. Stany Zjednoczone, Temecula (stan Kalifornia) – strażacy walczą z ogniem, jaki szybko zbliża się do jednej z rezydencji w tej miejscowości (maj 2005 r.); pożary lasów wywołane suszami są częstym zjawiskiem w tej części kraju (fot. PAP EPA/Francis Specker)

koczowniczego trybu życia, powodując liczne lokalne konflikty o pastwiska, o ziemię pod uprawy, o dostęp do źródeł wody⁵⁾. W niektórych krajach konflikty były tak ostre, że doprowadziły do upadku rządów. Niedobór wody sprawił też, że w wioskach nad jeziorem Czad praktycznie zniknęło tradycyjne rybołówstwo.

Nie mniej dramatyczny przebieg miała susza na Wielkich Równinach w Stanach Zjednoczonych, w stanach: Kansas, Nebraska, Oklahoma, Teksas i Nowy Meksyk, w latach 30. XX wieku. Regularną uprawę ziemi praktykowano tam wówczas już od ponad 70 lat, a dość obfite opady zawsze zapewniały plony, co sprzyjało powodzeniu rolników i rozwojowi produkcji. Jednak w 1931 roku rozpoczęła się susza, jakiej farmerzy gospodarujący na tych ziemiach jeszcze nie znali. Brak opadów wczesną wiosną w niektórych regionach spowodował szybkie przesuszenie gleby i wyschnięcie żdźbeł kielkującej pszenicy i kukurydzy. Gdzie indziej susza pojawiła się późną wiosną i latem. Wszędzie reszty dokonał wiatr, który przybrał teraz na sile, dmąc coraz mocniej (...). Zbita, twarda powierzchnia ziemi rozspalała się w proch; z pól wzniosła się kurzawa, tworząc siwe pióropusze niby ospałe kłęby dymu (...) [który osiadał (J. M.)] na kukurydzy, na słupach ogrodzeń, na drutach, zasypał dachy, chwasty i drzewa⁶⁾. Tak J. Steinbeck opisywał burzę pyłową, która rozszalała się nad wysuszoną ziemią. Niczym nie osłonięta gleba na powierzchni około 3 mln ha błyskawicznie uległa erozji wietrznej, a 3,5 mln osób (farmerów i ich rodzin) porzuciło „pola bez gleby”, opuściło domy i ruszyło dalej na zachód. Susza powróciła na Wielkie

Równiny także w połowie XX w., jednak jej skutki nie były już tak tragiczne.

W latach 30. minionego wieku burze pyłowe towarzyszące suszy nawiedziły też tereny rolnicze w Australii, przynosząc podobne skutki, głównie na przepasionych pastwiskach oraz ziemiach uprawnych, użytkowanych w przeszłości kosztem lasu. Burze pyłowe zdarzają się także współcześnie.

Trwająca od początku XXI wieku susza w Nowej Południowej Walii jest najcięższą od ponad 100 lat. Pustoszy pola uprawne, niszczy pastwiska, wysusza zbiorniki wody i rzeki. Zbiory pszenicy są niższe, a hodowcy wyprzedają owce i bydło nie znajdujące dość paszy, aby przeżyć. Do tego dochodzą hordy zdziczałych osłów i wielbłądów, pustoszące gospodarstwa.

Susze a gospodarowanie na terenach suchych i półsuchych

Skutki susz najszybciej i najdotkliwiej odczuwają mieszkańcy regionów suchych i półsuchych, które, na dobrą sprawę, w ogóle nie powinny być zamieszkane⁷⁾. Sahel i wiele innych regionów o podobnych cechach środowiska – przejściowych między pustynią a sawanną lub pustynią a widnym lasem zrzucającym liście w porze suchej – nadają się co najwyżej do okresowego wykorzystywania w latach wilgotnych, gdy przejściowo oferują dostatek paszy dla wypasanych zwierząt, a zupełnie wyjątkowo dają szansę na uprawę mało wymagających roślin w miejscach szczególnie uprzywilejowanych pod względem zasobów wody.

Tak było w ciągu stuleci. Dla większości ludów zamieszkujących Sahel stada bydła, kóz, owiec i wielbłądów były podstawą życia: dostarczały mięsa, mleka, skór, były

symbolem bogactwa, decydowały o pozycji ich właściciela w społeczności. Przez wieki praktykowano koczowniczy wypas. Podczas pory deszczowej wędrowano ku obszarom suchym (szczególnie daleko w latach wilgotnych), by wykorzystać okresowe pastwiska. W latach suchych wędrowniki miały mniejszy zasięg, lecz pozwalały przetrwać.

Zmiany nastąpiły stosunkowo niedawno, bo w drugiej połowie XX wieku, pod wpływem rosnącej liczby mieszkańców. Koczownicy osiedlili się, wielu spośród nich zajęło się uprawą roli. Nastąpił wzrost liczby hodowanych zwierząt, co spowodowało dramatyczny wzrost presji na zasoby środowiska przyrodniczego.

Rosnąca gęstość zaludnienia zmieniła więc prawie wszystko. Brak pastwisk dla coraz liczniejszych stad bydła oraz niedostatek ziemi pod uprawy zmusza hodowców, rolników do ciągłego przesuwania granicy wypasów oraz pól uprawnych ku pustyniom, gdzie coraz trudniej o wodę, a jej zasoby są niewielkie. W latach obfitych opadów jeszcze to się udaje. Właściciele stad ulegają złudzeniu, że tak będzie już zawsze.

I tak jest, ale tylko do momentu wystąpienia suszy. Przez pewien czas mieszkańcy owych „submarginalnych” regionów jeszcze się bronią. Szukają choćby skrawków pastwisk nadających się do wypasu, drążą otwory w korytach wysychających rzek w poszukiwaniu wody, pogłębiają studnie. Pogłębiająca się susza niweczy jednak wszystkie wysiłki. Roślinność może nie wyschłaby tak szybko, gdyby nie była mocno zniszczona przez nazbyt liczne stada zwierząt. Poziom wody w rzekach i w studniach może nie obniżyłby się tak drastycznie, gdyby nie zniszczono naturalnej roślinności, zwłaszcza gdyby nie wycięto lasów. Pokrywa roślinna ochroniłaby też głębie przed wywiewaniem.

Susze a pożary lasów

Przedłużającym się suszom, przy wysokiej temperaturze powietrza, bardzo często towarzyszą pożary lasów. Są one jednym z najgroźniejszych zjawisk nękających mieszkańców regionów nawiedzonych posuchą. Większość pożarów ma naturalne przyczyny (wyładowanie elektryczne), do części nieumyślnie przyczynił się człowiek (iskra z pojazdu, porzucona butelka, która zogniskowała promienie słoneczne), niektóre są dziełem szaleńców podkładających ogień. Wszystkim bez wyjątku sprzyja bezdeszczowa, upalna pogoda i wiatr.

O tym, jak groźne i nieprzewidywalne może być to zjawisko, świadczą pożary lasów uznawanych do niedawna za ... nie-

5) Niekiedy uważa się, że kolejna susza na Sahelu, zapoczątkowana w 1983 roku, była jedną z przyczyn tragedii rozgrywającej się współcześnie w Dar-Furze. Jej podłożem był konflikt o dostęp do wody, pastwisk i ziemi nadającej się pod ewentualną uprawę.

6) Cytat pochodzi z książki J. Steinbecka *Grona gniewu*, w tłumaczeniu A. Liebfelda.

7) E. P. Eckholm (1978) określa takie ziemie mianem „submarginalnych” i uważa, że nadają się one co najwyżej do niezbyt intensywnej hodowli, jeśli nie wyłącznie do zalesienia. Jego pogląd sprzeczny jest z aktualnością.

palne. Za takie uważano wilgotne lasy równikowe, rosnące w regionach otrzymujących bardzo wysokie opady atmosferyczne: w Amazonii, Kotlinie Konga, na Archipelagu Malajskim. Zmianę poglądów przyniosły ogromne pożary na Borneo na przełomie lat 1982/1983. Obszary ogarnięte pożogą otrzymały od lipca 1982 roku do kwietnia 1983 roku zaledwie 30% sumy opadów, które są notowane w przeciętnym roku. Pastwą płomieni padło około 7 mln ha lasów. Późniejsze badania na Archipelagu Malajskim i w innych obszarach występowania wilgotnych lasów równikowych wykazały, że susze i towarzyszące im pożary zdarzały się tam także wcześniej.

Dwa regiony Ziemi, Australia i Kalifornia (fot. 2), są szczególnie często nawiedzane przez pożary. Nie ma roku, by prasa, radio i telewizja o nich nie informowały. W obu tych regionach płoną suche, widne lasy bądź zbiorowiska krzewów, potocznie nazywane buszem, a płomienie niszczą podmiejskie domy na przedmieściach Sydney, Adelajdy oraz wielkich miast zachodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych.

Susze sprzyjają też pożarom w Europie. Ich pastwą najczęściej padają lasy i zarośla na Półwyspie Iberyjskim, w południowej Francji, na półwyspach Apenińskim i Bałkańskim. W Polsce letnia susza także wzmacnia niebezpieczeństwo wystąpienia pożarów lasu. Służby leśne badają stan wilgotności ściółki i przy nadmiernym jej przesuszeniu ogłaszają stany alarmowe, a nawet zakazy wchodzenia do lasów. Mimo to, co roku płonie ich tysiące hektarów.

Szarańcza

Pośrednio z suszami związana jest plaga szarańczy. Wielu badaczy, a przede wszystkim osób, które doświadczyły skutki nalołów szarańczy, uważa ją za klęskę gorszą od pożaru. Szarańcza⁸⁾ pojawia się zwykle po suszy, gdy powracają deszcze, a pola okrywają się świeżą zielenią. Czas i miejsce pojawienia się fazy stadnej szarańczy nie są stałe. Pojawia się niespodziewanie i od razu w masowych ilościach. Największe stado szarańczy, o powierzchni około 100 km², liczące około 40 miliardów osobników, obserwowano w Etiopii w 1958 roku. Stado o powierzchni kilku km², liczące kilka miliardów osobników, występuje dość powszechnie.

Zniszczenia powodowane przez szarańczę są całkowite. Na polach uprawnych nie pozostaje nawet jeden zielony listek. Stado szarańczy o powierzchni kilku km² potrafi w ciągu doby zjeść kilkadziesiąt hektarów kukurydzy. Spanikowanych mieszkańców



Fot. 3. Senegal, Dakar – szarańcza pustynna podczas inwazji w 2004 r. (fot. PAP EPA/Nic Bohma)

australijskich miast, o które „otarły się” chmury szarańczy, trzeba było uspokajać zapewnieniami, że owad nie jada suszacego się prania, nawet bawełnianych podkoszulków (o ile, rzecz jasna, nie są zielone).

W 2000 roku zagony szarańczy przetoczyły się przez kraje Azji Środkowej. Dwa lata później, w 2004 roku, plaga dotknęła kilkanaście krajów w Afryce⁹⁾ (fot. 3). Trudno powiedzieć, czy zagraża Europie. Do Polski stada szarańczy znad Morza Czarnego zapuszczały się jeszcze w XVIII wieku dość powszechnie. Dziś obszary występowania szarańczy są stale monitorowane. Podejmuje się też akcje zapobiegające masowym wylęgom. Nie zawsze są one jednak skuteczne.

Inne gospodarcze konsekwencje suszy

Skutki suszy dotyczą także inne niż rolnictwo działy gospodarki. Susza hydrologiczna z reguły oznacza zmniejszenie przepływu rzek, co może zakłócać pracę elektrowni wodnych, a nawet ją uniemożliwiać. Przy rzekach wykorzystywanych jako szlaki transportowe zmniejszony przepływ utrudnia przewóz towarów i czyni go bardziej kosztownym. Dostatecznej ilości wody nie zapewniają wtedy nawet jeziora zaporowe. Jeśli wykorzystywane są one jako źródło wody dla elektrowni bądź też do nawadniania czy do celów komunalnych lub przemysłowych, to wystąpienie suszy hydrologicznej poważnie ogranicza zaopatrzenie odbiorców, których potrzeby, właśnie w związku z suszą i upałami, mogą być nawet większe niż przeciętne. Latem 1975 roku, podczas suszy w Wielkiej Brytanii – kraju o klimacie bądź co bądź wilgotnym – niedobór wody był tak po-

ważny, że wezwano mieszkańców do jej oszczędzania. Od tego czasu upowszechniły się tam podobne apele, które niekiedy są zastępowane administracyjnymi zakazami podlewania trawników i mycia samochodów.

Można sądzić, że susza i bezdeszczowa, słoneczna pogoda nie przeszkadza tylko turystom przebywającym w nadmorskich kurortach, korzystającym z plaży i kąpeli. Tak może być przez kilka dni. W 2007 roku towarzyszące suszy pożary lasów w Grecji dotarły aż na wybrzeże Morza Egejskiego, zagrażając bezpieczeństwu turystów w hotelach. Z wielu miejscowości trzeba ich było ewakuować. Do innych miejscowości nie można było, z powodu pożarów i dymu, dojechać. W miastach południowej Europy, wysoka temperatura powietrza i silne nasłonecznienie sprzyjały takiemu nagrzanemu budynków, nawierzchni ulic, nawet piasku plaż, że pobyt na świeżym powietrzu był zaprzeczeniem odpoczynku.

Susze i upały podczas lata 2008 roku także zebrały swoje żniwo, podobnie jak w 2003 roku. W południowej Europie w wielu regionach temperatura powietrza przekraczała w ciągu dnia 40°C i przyczyniła się do śmierci dziesiątków osób. W wielkich metropoliach ogłoszono stan alarmu, a władze apelowały o nie wychodzenie z domu bez potrzeby między godzinami 12.00 a 18.00. Apelowano również o oszczędzanie energii elektrycznej wobec kłopotów z zaopatrzeniem i zwiększonym zapotrzebowaniem na nią ze względu na nieustanną pracę urządzeń chłodzących.

8) Szarańcza to ogólna nazwa kilku gatunków tropikalnych i subtropikalnych owadów z rodziny szarańczowatych (*Acrididae*) wykazujących skłonność do tworzenia tzw. fazy stadnej, odbywającej dalekie wędrówki i powodującej ogromne szkody w uprawach. Najbardziej znane gatunki to: szarańcza pustynna (najgroźniejsza) – występująca od południowej Hiszpanii, przez całą północną Afrykę, Azję Mniejszą, aż po Indie, szarańcza wędrowna – zamieszkująca południową Europę, część Azji i Afryki (w Polsce nie widziana od dziesięcioleci), dwa gatunki australijskie oraz jeden amerykański.

9) Szarańcza zaatakowała wówczas w Afryce takie kraje, jak Algieria, Burkina Faso, Czad, Egipt, Etiopia, Gambia, Gwinea, Gwinea Bissau, Libia, Mali, Mauretania, Maroko, Niger, Senegal, Sudan, Tunezja, a ponadto Wyspy Zielonego Przylądka i Wyspy Kanaryjskie. W Azji dotknięte klęską były Arabia Saudyjska, Izrael, Jordania, Liban i Syria. Szarańcza dotarła też do Portugalii i na grecką Kretę (przyp. od Red.).

0 suszach na Ziemi

Lekcja geografii z wykorzystaniem art. J. Makowskiego

BOŻENA SIENKIEWICZ

Temat lekcji: Susza – od anomalii pogodowej do klęski żywiołowej

Cele lekcji:

- kształtowanie umiejętności czytania i interpretowania map tematycznych, wyciągania wniosków,
- uświadamianie regionalnych i globalnych zagrożeń związanych z suszami.

Przewidywane osiągnięcia:

uczeń:

- definiuje pojęcie suszy,
- wyjaśnia przyczyny powstawania susz na kuli ziemskiej,
- wskazuje na mapie obszary pustynne i półpustynne,
- wymienia przykłady obszarów najczęściej dotkniętych suszą na świecie,
- określa konsekwencje przyrodnicze i gospodarcze suszy.

Metody i formy pracy: praca z tekstem źródłowym, burza mózgów, mapa skojarzeń, wykład informacyjny, pogadanka, praca zbiorowa, praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- artykuł Jerzego Makowskiego *Susza – od anomalii pogodowej do klęski żywiołowej* („Geografia w Szkole” nr specjalny 2/2008),
- szkolny atlas geograficzny,
- mapy ścienne: fizyczna i krajobrazowa świata.

Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WSTĘPNA

1. Zapisz na tablicy temat lekcji i krótko zapoznaj uczniów z jej celami.

A. Co to jest susza?

2. Poproś uczniów o zdefiniowanie pojęcia „susza”.
 - Metodą „burzy mózgów” zbierz jak najwięcej propozycji definicji.
 - Odpowiedzi zapisz na tablicy lub poproś o to jednego z uczniów.
2. Przyjrzyj się zapisanym określeniom i podkreśl te, które są zgodne z definiowanym terminem:

Susza – długotrwały, lecz przejściowy niedobór opadów atmosferycznych (w stosunku do średnich miesięcznych lub rocznych sum opadów) utrzymujący się przez wiele dni (niekiedy podaje się, że okres ten wynosi co najmniej 15 dni), kilka tygodni, miesięcy, a nawet kilka lat (w skrajnych przypadkach, kilkanaście).
Susza – brak opadów w dłuższym okresie, w którym opady zwykle występują.

II. CZĘŚĆ ZASADNICZA

A. Czynniki powodujące susze

1. Zaproś uczniów do swobodnych wypowiedzi na temat czynników powodujących susze.
2. Odpowiedzi zapisz na tablicy.
3. Poleć uczniom prześledzenie w atlasie map: rozkładu opadów atmosferycznych i temperatury powietrza na Ziemi i poleć im odpowiedź na pytania:

- Które obszary na kuli ziemskiej są skrajnie suche, gdzie opady są minimalne?
 - Które obszary mają najwyższą temperaturę powietrza?
4. Następnie poleć uczniom przeanalizowanie na odpowiednich mapach w atlasie przebiegu zimnych prądów morskich i ich wpływu na klimat wybrzeży, do których docierają (temperatura powietrza, opady atmosferyczne).
 - Dlaczego na pustyni Atacama opady atmosferyczne są rzadkością?
 - Dlaczego jedna z najstarszych pustyń na Ziemi – Namib – jest uważana za najbardziej suchą pustynię na Ziemi?

B. El Niño – tworzenie się i oddziaływanie na klimat

5. Wykorzystując dotychczasową wiedzę uczniów na temat wpływu prądów morskich na klimat i ruchu wody morskiej, przedstaw warunki tworzenia się i konsekwencje działania El Niño. Opisz krótko:
 - co sprzyja tworzeniu się El Niño;
 - jakie ekstremalne zjawiska pogodowe towarzyszą El Niño; szczególną uwagę uczniów zwróć na susze.
6. Wyjaśnij uczniom znaczenie skrótu: NAO – Oscylacja Północna. Czym jest i które obszary obejmuje (s. 48 w tym numerze – art. J. Makowskiego)?

C. Globalne ocieplenie

7. Zainicjuj i poprowadź wśród uczniów dyskusję:
 - Czym objawia się globalne ocieplenie na Ziemi?
 - W jaki sposób człowiek przyczynia się do tego ocieplenia?
 - Jakie dalsze tendencje zmian klimatycznych na Ziemi przewidujecie?
8. Poproś uczniów o sformułowanie wniosków końcowych z dyskusji.

D. Obszary kuli ziemskiej należące do półsuchych i suchych

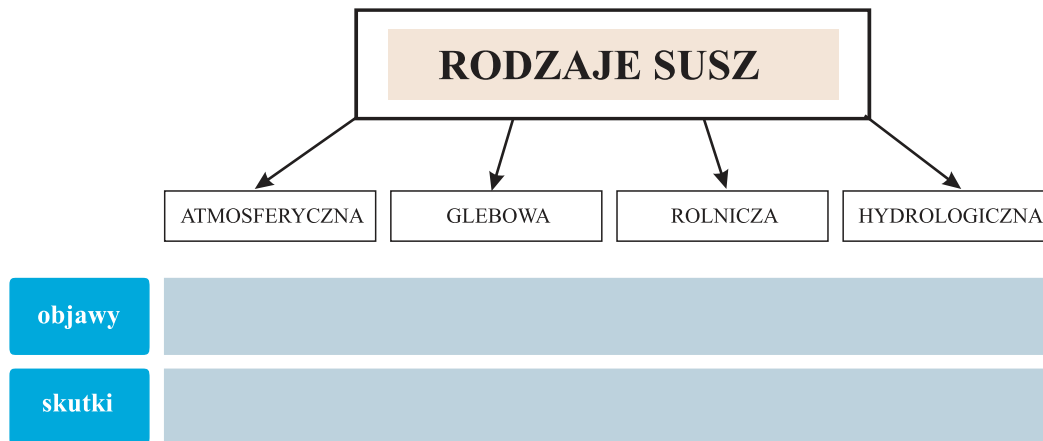
9. Poleć uczniom zlokalizowanie na mapie krajobrazowej świata obszarów pustyń, półpustyń oraz innych obszarów półsuchych.

E. Rodzaje susz

10. Przedstaw uczniom rodzaje susz i krótko je scharakteryzuj (ryc. 1).
11. Podziel klasę na cztery grupy (wg liczby rodzajów susz). Poleć uzupełnienie schematu (ryc. 1), wpisując w odpowiednim miejscu objawy i skutki danej suszy.
12. Poproś przedstawicieli poszczególnych grup o krótką prezentację.

F. Klęski żywiołowe wywołane suszą

- Sahel w Afryce
13. Zawieś w widocznym miejscu schemat przedstawiony na ryc. 2 i zaproś uczniów do krótkich wypowiedzi na temat skutków lokalnych i globalnych jednej z najbardziej dramatycznych susz XX wieku.
 - Wielkie równiny w Stanach Zjednoczonych
 14. Zadaj uczniom pytania:
 - Które stany Stanów Zjednoczonych położone są na Wielkich Równinach?
 - Jakie gleby tam występują?
 - Jakie uprawy przeważają?



Ryc. 1. Schemat: Rodzaje susz

- Jakie skutki dla rolnictwa miała tam wielka susza w latach 30. XX w.?
- Australia
- 15. Przeczytaj głośno fragment tekstu z art. J. Makowskiego od słów: *Trwająca od początku XXI wieku susza w Nowej Południowej Walii* do słów: *dochodzą hordy dzikich osłów i wielbłądów pustoszące gospodarstwa*. Zaproś uczniów do swobodnych wypowiedzi, zwracając uwagę na przyczyny i skutki tej suszy.

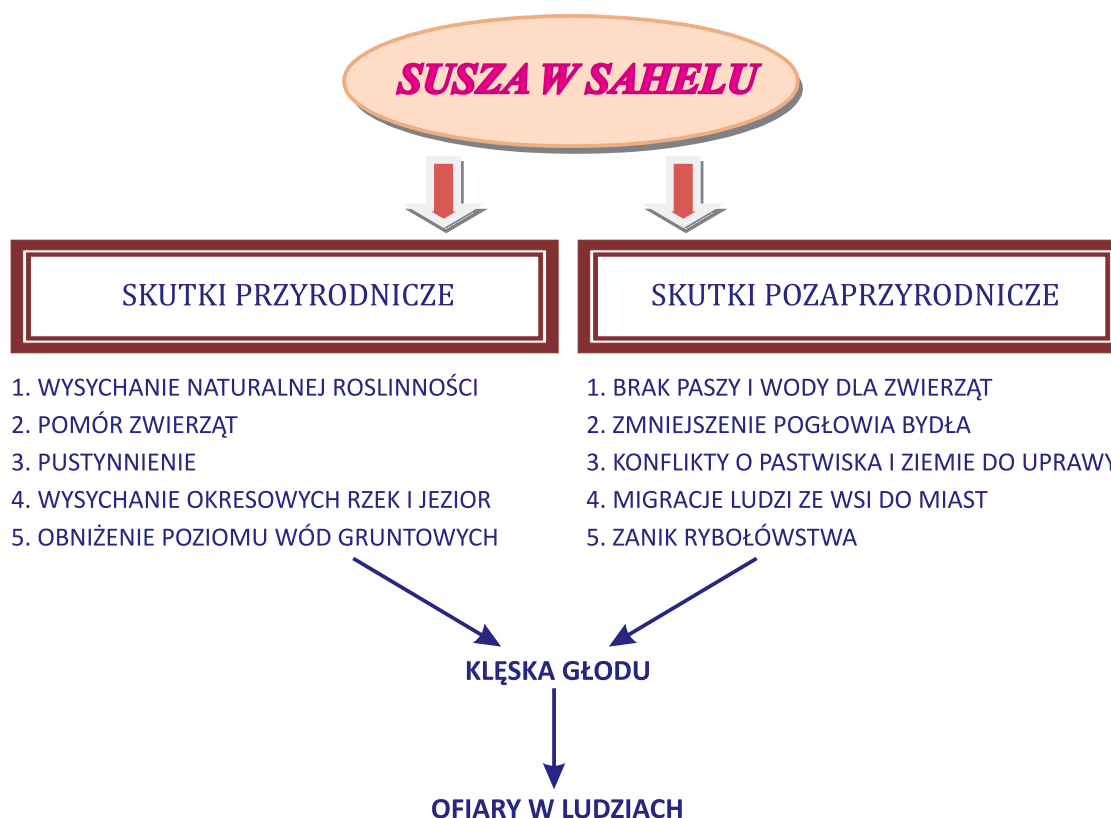
G. Susze a pożary lasów

16. Zaproponuj uczniom pogadankę nt. *Susze a pożary lasów*. Zapisz na tablicy następujące pytania:
- Jakie czynniki sprzyjają pożarom lasów?

- Które obszary na świecie są szczególnie zagrożone pożarami?
- Gdzie w Europie pożary w ostatnich latach sięją największe spustoszenie?
- Jak przedstawia się zagrożenie pożarowe w Polsce?
- Jakie skutki powodują pożary?
- W jaki sposób możemy zapobiegać pożarom?

III. CZĘŚĆ KOŃCOWA

- Podsumuj pracę uczniów na lekcji.
- Zapytaj o:
 - przyczyny występowania susz na świecie;
 - skutki tych susz:
 - przyrodnicze,
 - gospodarcze.



Ryc. 2. Schemat: Skutki przyrodnicze i pozaprzyrodnicze suszy w Sahelu

Katastrofy naturalne

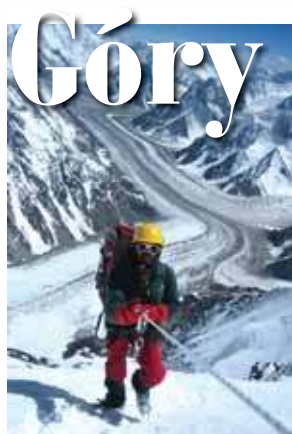
– quiz geograficzny

1.	Na którym kontynencie leży wulkan Sangay?
2.	Ile było trzęsień ziemi na świecie w XX wieku o magnitudzie ponad 9?
3.	Jaką wysokość może mieć fala tsunami na otwartym oceanie, a jaką osiąga docierając do wybrzeża morskiego?
4.	Które ze zjawisk: El Niño czy La Niña charakteryzuje się obniżeniem temperatury powierzchniowych wód oceanicznych?
5.	Jakie imię nosił cyklon, który w maju 2008 r. zaatakował Birnę?
6.	Czy w Polsce występują orkany?
7.	Jaką lokalną nazwę noszą cyklony na Filipinach?
8.	W jaki sposób starano się w Nikaragui obłaskawić boga mieszkającego we wnętrzu wulkanu?
9.	W którym roku miał miejsce wybuch wulkanu Krakatau, który rozerwał wyspę?
10.	Jaki jest mechanizm powstawania osuwisk?
11.	Na zdjęciu (poniżej) widać ulice Wrocławia zalane wodami Odry i jej dopływów. Była to najtragiczniejsza powódź w Polsce w XX w. W którym roku miała miejsce?
12.	Które stany Stanów Zjednoczonych dotknęła tragiczna susza w 1931 roku?
13.	Czy Polska została kiedykolwiek dotknięta plagą szarańczy?
14.	Jaką intensywność według skali Saffira-Simpsona miał huragan Katrina, który uderzył w Nowy Orlean w sierpniu 2005 r.?
15.	Czy fala tsunami, która przeszła przez Ocean Indyjski 26 grudnia 2004 r., dotarła także do wybrzeży Afryki?



Fot. 1. Wrocław – ulice zalane wodami powodziowymi (fot. PAP/Adam Hawalej)

W 2009 roku ukaza się dwa wydania specjalne
„Geografii w Szkole”



- Czy góry są niebezpieczne?
- Kim są mieszkańcy gór?
- Górskie krajobrazy
- Zdobywcy szczytów
- Himalaje, Andy i...
- Jak ujarzmić góry?

Ludność świata



- Rasy i ludy
- Trendy i prognozy demograficzne dla świata
- Człowiek i środowisko
- Jak żyją inni?
- Problemy zdrowotne ludzkości

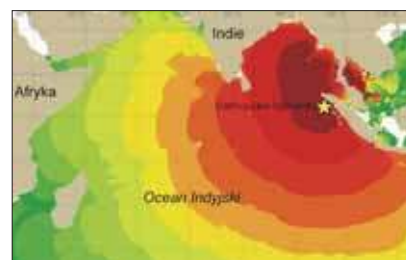
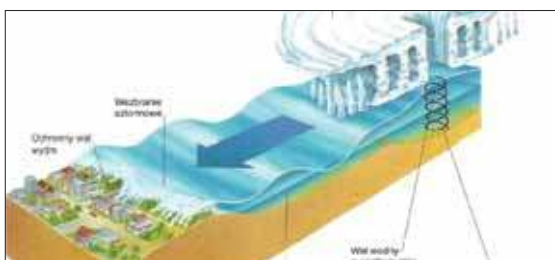
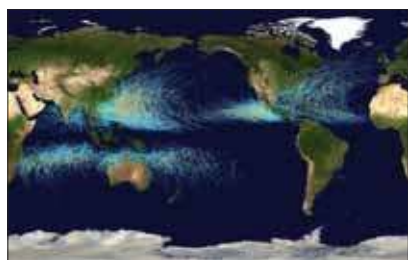
W każdym wydaniu znajdziecie

Scenariusze lekcji,
zadania

Materiały do
kopiowania

Statystykę, mapy,
wykresy

Artykuły problemowe



WARUNKI PRENUMERATY 2009

Prenumerata dwumiesięcznika „Geografia w Szkole” obejmuje 6 kolejnych wydań i 2 wydania specjalnie.

Prenumerata roczna płatna jest z góry, jednorazowo – wraz z pierwszą przesyłką zostanie przesłana faktura z kwotą rocznej opłaty.

Możliwość rezygnacji z prenumeraty. Rezygnację należy przesłać w formie pisemnej, najpóźniej do 20. dnia każdego miesiąca (liczy się data wpływu pisma do Wydawnictwa). Pieniądze za niewykorzystane edycje zostaną zwrócone.

W przypadku braku rezygnacji prenumerata zostanie automatycznie przedłużona na kolejne 6 edycji.

Przy realizacji zamówienia wysyłany jest bieżący numer czasopisma.

Zamówienia prosimy przysłać faxem – 022 244 84 10.

TAK



**Zamawiam prenumeratę 6 kolejnych edycji
pisma „Geografii w Szkole” z 2 wydaniem specjalnym**

Cena prenumeraty rocznej w 2009 r. – 119,40 zł.

Znam i akceptuję warunki prenumeraty. Upoważniam wydawnictwo RAABE Sp. z o.o. do wystawienia faktury VAT bez mojego podpisu.
Należność zapłacę w terminie 14 dni od daty otrzymania faktury.

imię i nazwisko	
nazwa przedszkola	
ulica, nr domu	
miejsowość	
e-mail	

stanowisko	
nr kierunkowy	nr telefonu
nr kierunkowy	nr faksu
oświadczam, że jestem płatnikiem VAT, nr NIP	
pieczęćka instytucji	

Dobrowolnie wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez wydawnictwo RAABE Sp. z o.o. z siedzibą przy ul. Młynarskiej 8/12, 01-194 Warszawa, w celach marketingowych, a w szczególności zgadzam się na otrzymywanie informacji handlowej drogą elektroniczną. Mam prawo do wglądu i poprawiania moich danych osobowych.

podpis

podpis

Pismo rekomendowane przez OSKKO

SEDNO



Magazyn dyrektora szkoły

NOWOŚĆ • NOWOŚĆ • NOWOŚĆ

Wszystko, co dotyczy pracy dyrektora

Tylko istotne zagadnienia, niezbędne informacje,
palące problemy

- ➡ Komentarze na temat najistotniejszych zmian prawnych
- ➡ Porady dotyczące zarządzania, rozwoju i pracy szkoły
- ➡ Najlepsze rozwiązania organizacyjne i kadrowe
- ➡ Pozyskiwanie funduszy
- ➡ Dobre praktyki oraz innowacje pedagogiczne
- ➡ Wymiana doświadczeń

**Przystępnie
i profesjonalnie**

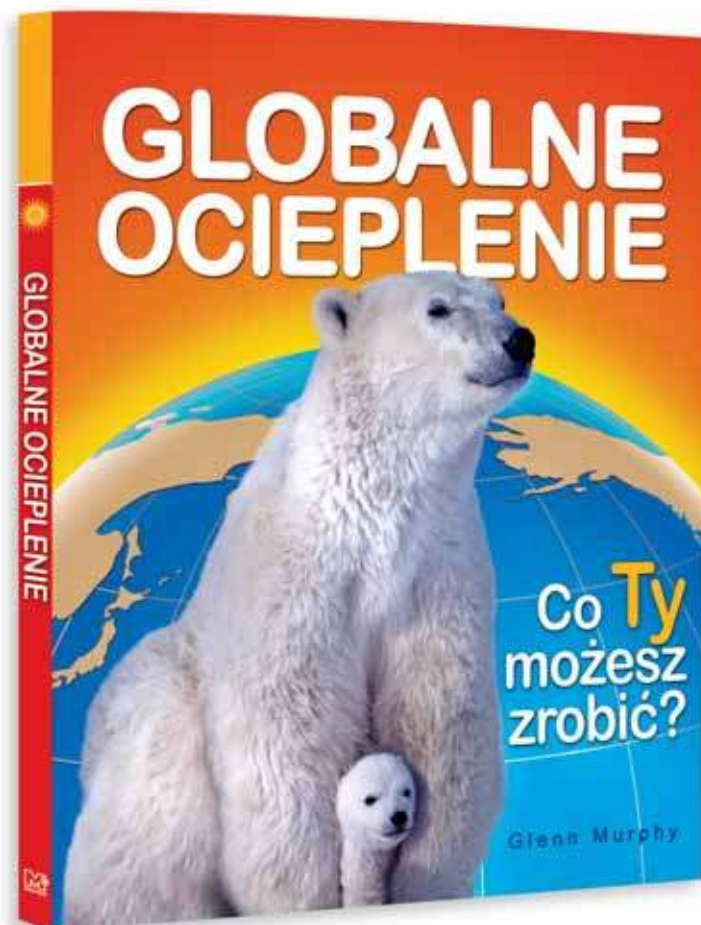
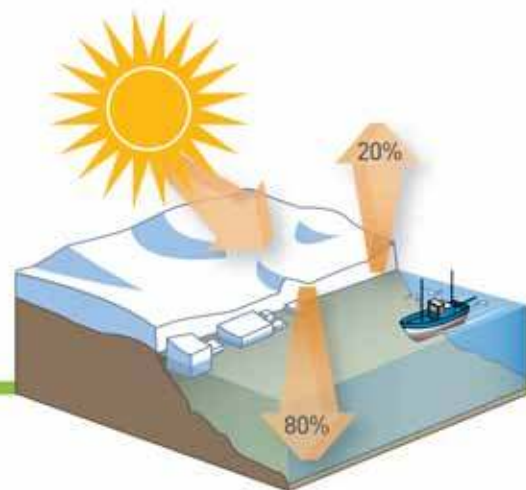
BEZPŁATNE KONSULTACJE
Tylko dla prenumeratorów
– serwis „Zapytaj eksperta”!

Już wkrótce pierwszy numer!



GLOBALNE OCIEPLENIE

doskonała książka do nauki
na lekcjach geografii



UWAGA!

Zamów!

telefonicznie 022 862 86 26

faksem 022 631 72 30

mailem p.wegrzynski@multicobooks.pl

Oferta promocyjna dla czytelników „Geografii w szkole”
Na hasło: Geografia – **rabat 25%**

Oferta ważna do 10 listopada 2008 r.

