# Wulkany w Europie

W Europie istnieje kilkanaście czynnych wulkanów. Część z nich znajduje się na Islandii, gdzie erupcje wulkanów nie są niczym nadzwyczajnym. Jednak po wybuchu wulkanu Eyjafjöell, którego skutki odczuli mieszkańcy całej Europy, stały się one „zauważalne". Chmura pyłu wulkanicznego, która z powodu nietypowego układu prądów atmosferycznych, zamiast skierować się na biegun północny nadciągnęła nad Europę, spowodowała znaczne utrudnienia w ruchu lotniczym. Erupcja wulkanu Eyjafjöell na Islandii wywołała szereg spekulacji dotyczących dalszej eskalacji tego rodzaju zagrożeń w postaci spodziewanych erupcji innych wulkanów europejskich.

## Europejskie wulkany

Katla – jest czynnym wulkanem położonym w południowej części Islandii na lodowcu Mýrdalsjökull. Posiada krater o powierzchni 10 km². Katla jest najbardziej na południe wysuniętym wulkanem Islandii, jego wybuchy charakteryzują się dużą gwałtownością. Podczas wcześniejszych erupcji, bomby wulkaniczne spadały aż po Reykjavik, stolicę Islandii. Ostatnia erupcja wulkanu miała miejsce w 1918 roku. Wybuchy wulkanu zawsze powodowały duże zniszczenia, dlatego też jest on jednym z najbardziej znanych na Islandii. Niektórzy eksperci zapowiadają uaktywnienie się tego wulkanu w niedalekiej przyszłości. Argumentują to budową geologiczną Katli, która ma związek z sąsiednim wulkanem Eyjafjöll oraz w danymi historycznymi dotyczącymi erupcji obu wulkanów. Systemy magmowe obu wulkanów na głębokości 6 km dzieli odległość mniejsza niż 20 km. Głębiej są prawdopodobnie połączone i zasilane z tego samego ogniska magmowego, o czym może świadczyć prawie identyczny skład lawy. Może to stwarzać zagrożenie powstania reakcji łańcuchowej. Z danych historycznych, obejmujących ostatnie 1100 lat wynika, że Eyjafjöll wybuchał czterokrotnie, a Katla szesnaście razy. Trzy wybuchy Eyjafjöll w latach 920, 1612 oraz 1821 – 1823 były prekursorami erupcji Katli, która następowała ok. pół roku później (jednak zgodnie z dostępną wiedzą specjalistyczną prawidłowość tę trudno zweryfikować).

Hekla – wulkan w południowo-zachodniej Islandii, położony 115 km na wschód od stolicy kraju Reykjavíku. Jest najwyższym czynnym wulkanem wyspy (1491 m n.p.m.), należy też do najbardziej aktywnych. W czasie erupcji wulkan wyrzuca duże ilości różnych produktów wulkanicznych: bomby, popioły, gazy oraz lawę.

Beerenberg – jest drugim po Etnie, pod względem wysokości, aktywnym stratowulkanem, w znacznej części pokryty lodowcem. Ostatnio wybuchł w 1985 r. i towarzyszyło mu trzęsienie o sile 5 stopni w skali Richtera. Wulkan znajduje się na Wyspie Jan Mayen (Norwegia).

Marsili – to podwodna góra na Morzu Tyrreńskim znajdująca się w odległości 150 km od Kampanii, na południowy zachód od Neapolu. Jej wierzchołek znajduje się 450 m pod powierzchnią wody. O jego istnieniu naukowcy wiedzą od lat 50. ubiegłego wieku. Najnowsze dane pokazują, że wulkan jest aktywny. Według włoskiego Narodowego Instytutu Geofizyki i Wulkanologii, erupcja wulkanu może nastąpić w każdej chwili. Istnieje prawdopodobieństwo, że lawa, rozrywając ściany wulkanu, może wywołać fale tsunami, które uderzą w wybrzeża: Kampanii, Kalabrii i Sycylii. Wulkan Marsili nie wybuchał we współczesnej historii, co powoduje, że jego erupcja może być groźna. Stałe wybuchy wulkanów uwalniają bowiem energię i ciśnienie zarówno w przypadku Stromboli, jak i Etny, zlokalizowanych w największej w Europie aktywnej strefie wulkanicznej.

Stromboli – jest stale czynnym wulkanem we Włoszech, na Morzu Tyrreńskim. Nadwodna jego część tworzy, atrakcyjną turystycznie, wyspę Stromboli (12,6 km2, ok. 600 mieszk.). Erupcje Stromboli często występują seriami, np. co 10-12 min. i wyrzucają w powietrze bomby wulkaniczne, popioły i lapille (typ materiału piroklastycznego). Nad stożkiem stale unosi się stróżka dymu. Ostatni duży wybuch miał miejsce w 1993 roku, a w 2003 roku lawa osunęła się do

morza, tworząc niewielkie, lokalne tsunami.

Etna – położona na wschodnim wybrzeżu Sycylii, najwyższy europejski wulkan. Ma ponad 270 kraterów bocznych, a jego dolne stoki są gęsto zaludnione. Od V wieku udokumentowano tu 80 dużych wybuchów, z których najsilniejszy był w 1669 roku i spowodował zniszczenie Katanii. Od 2001 r. notowany jest znaczny wzrost aktywności Etny. Ostatnia erupcja wulkanu miała miejsce 6 listopada 2009 roku.

Wezuwiusz – położony we Włoszech, nad Zatoką Neapolitańską, jest zaliczany do grupy pięciu najniebezpieczniejszych wulkanów świata.

Santoryn – położony w Kajmeni w Grecji, w połowie II tysiąclecia p.n.e. zniszczył część wyspy, spowodował gigantyczne tsunami i zapadnięcie się ścian krateru. Po wybuchu, od stałego lądu oddzieliła się wyspa Thirazja, a w 1573 i 1711 wysepki – Mała, Wielka i Nowa Kajmeni.

| **Nazwa wulkanu** | **Położenie** | **Pierwsza erupcja** | **Liczba erupcji** | **Ostatnia erupcja** | **Wysokość** |
|---|---|---|---|---|---|
| Etna | Włochy (Sycylia) | 6190 p.n.e. | 209 | 2001 | 3 323 |
| Grimsvatn | Islandia | 1332 | 45 | 1996 | 1 719 |
| Hekla | Islandia | 4650 p.n.e. | 23 | 2000 | 1 491 |
| Katla | Islandia | 930 | 19 | 1955 | 1 363 |
| Wezuwiusz | Włochy | 1150 p.n.e. | 84 | 1944 | 1 277 |
| Stromboli | Włochy | 450 p.n.e. | 84 (silniejsze) | 2006 | 926 |
| Santoryn | Grecja (Thira) | 1470 p.n.e. | 13 | 1956 | 564 |
| Marsili | Włochy | nie wybuchał | nie wybuchał | nie wybuchał | – 450 |
| Beerenberg | Wyspa Jan Mayen (Norwegia) | brak danych | brak danych | 1985 | 2277 |

Przewidywane skutki wybuchu jednego z omawianych wulkanów uzależnione są od jego charakteru, skali i czasu erupcji oraz kierunku wiatru.

Erupcja wulkanu powoduje uwolnienie do atmosfery gazów (głównie: para wodna, dwutlenek siarki, siarkowodór, dwutlenek węgla, chlorowodór, fluorowodór) pyłów oraz aerozoli. Zagrożenie stwarza także lawa, większe cząsteczki ciał stałych wyrzucanych z wulkanu oraz wysoka temperatura i duża energia kinetyczna emitowanych substancji. Gazy wulkaniczne, stanowią zagrożenie dla zdrowiu i życiu ludzi oraz zwierząt.

Większość zagrożeń występuje jednak lokalnie – w pobliżu wulkanu. Odległość Polski np. od Islandii (ponad 2 tys. km) powoduje, że większość zagrożeń spowodowanych erupcją wulkanu w Islandii nie występuje w Polsce. Na większe odległości od wulkanu przenoszone mogą być jedynie gazy, pyły i aerozole. Zaznaczyć należy, że niektóre substancje (np.: dwutlenek węgla, dwutlenek siarki) emitowane przez wulkan są także emitowane przez inne źródła – takie jak przemysł czy silniki spalinowe i są ciągle obecne w środowisku bytowania człowieka. Obecność niektórych z tych substancji jest w Polsce monitorowana w sposób ciągły.

Popioły, które wydobywają się z krateru tworzą w stratosferze warstwę zanieczyszczeń, która przy znacznej skali erupcji może spowodować zmiany klimatyczne – ochłodzenie. Nie istnieje żadne zagrożenie dla zdrowia mieszkańców Polski, dopóki pył powulkaniczny nie opadnie na wysokość kilku metrów nad powierzchnie ziemi.
Po opadzie pyłu szczególnie narażone na ewentualne problemy zdrowotne związane z układem oddechowym są dzieci, osoby starsze oraz osoby z chorobami układu oddechowego.

## Zagrożenie związane z gazami powulkanicznymi:

– para wodna – zagrożenie wynika głównie z wysokiej temperatury pary,
– dwutlenek siarki – zagrożenie dla życia występuje jedynie w bezpośredniej odległości od wulkanu. W XX wieku zanotowano jedynie kilka (sic!) przypadków zgonów wśród osób w starszym wieku w pobliżu wulkanu. Niższe stężenia mogą wywoływać podrażnienie oczu, gardła a także dróg oddechowych. Może następować synergia z innymi czynnikami szkodliwymi (czynniki chemiczne, pyły). Wobec dużej odległości od miejsca uwolnienia dwutlenku siarki, oraz wysokiej zdolności do dyfuzji z powodu niewielkich rozmiarów cząsteczek, stężenie w powietrzu na terenie Polski będzie znikome (może nawet być nierejestrowane). – siarkowodór – w XX w. zanotowano około 50 przypadków śmiertelnych zatrucia siarkowodorem pochodzącym z naturalnych źródeł geologicznych. Z opracowań naukowych wynika, że efektem ekspozycji w odległości kilkukilometrowej od źródła był jedynie ból głowy. Przewlekła ekspozycja może powodować inne schorzenia. Może następować synergia z innymi czynnikami szkodliwymi (inne czynniki chemiczne, pyły). – dwutlenek węgla ($CO_2$) – około 2000 ofiar śmiertelnych w XX wieku. Zagrożenie występuje jedynie w pobliżu źródła emisji w obniżeniach terenu.
– chlorowodór (HCL) – zagrożenie dla zdrowia jedynie w bezpośredniej odległości od źródła.
– fluorowodór (HF) – brak danych o istnieniu zagrożenia fluorowodorem pochodzenia wulkanicznego w większej odległości od miejsca emisji. Istnieją doniesienia o śmierci zwierząt w pobliżu wulkanu i chorobach ludzi zamieszkujących w rejonie wulkanicznym.

## Zagrożenie związane z pyłami (PM) i aerozolami powulkanicznymi:

Zagrożenie dla zdrowia wynika głównie ze szkodliwego oddziaływania na układ oddechowy. Grupami szczególnie zagrożonymi są dzieci, osoby starsze oraz chore (szczególnie cierpiące na choroby związane z układem oddechowym). Pył wulkaniczny jest szkodliwy dla ludzi jedynie, gdy zacznie opadać na taką wysokość, że ludzie zaczną oddychać powietrzem zanieczyszczonym pyłem.
Drobne cząsteczki mogą unosić się dość długo w atmosferze. Czynniki pogodowe odgrywają tu największą rolę. Ruchy poziome mas powietrza są korzystne, ponieważ rozpraszają zanieczyszczenia zmniejszając ich stężenie. Natomiast ruch zanieczyszczonego powietrza w dół przyspiesza opadanie cząstek. Nieruchomość mas umożliwia swobodny opad do niższych warstw. Opady atmosferyczne powodują opad pyłu, oczyszczając jednocześnie powietrze. Pył mokry posiada właściwości ścierne, jednak nie unosząc się w powietrzu nie stwarza zagrożenia dla układu oddechowego.

Usytuowanie Polski w Europie, duże odległości od czynnych wulkanów powoduje, że do Polski mogą docierać głównie drobne frakcje pyłów, które są szkodliwe ze względu na łatwość przedostawania się ich do układu oddechowego. W przypadku pyłów powulkanicznych ryzyko dla zdrowia zwiększać może sytuacja, gdy wulkan emituje głównie drobne pyły oraz cząsteczki mogące zawierać w swoim składzie szkodliwe substancje chemiczne oraz zaabsorbowane gazy powulkaniczne. Wszystkie te czynniki zwiększają potencjalną szkodliwość pyłów.
Skład chemiczny pyłów powulkanicznych jest skorelowany bezpośrednio ze składem magmy. Szkliste frakcje pyłu posiadają dużą zawartość krzemu i relatywnie niską zawartość magnezu i żelaza. Frakcje szkliste i mineralne zawierają prawie zawsze krzem, glin, potas, sód, wapń i magnez (w postaci tlenków).

## Skutki ekonomiczne erupcji wulkanów:

Raport Oxford Economics „Ekonomiczny wpływ wstrzymania ruchu lotniczego w wyniku oddziaływania pyłu wulkanicznego" (przedstawionego 26 maja br. podczas X Globalnego Szczytu Branży Turystycznej zorganizowanego z inicjatywy Światowej Rady Podróży i Turystyki w Pekinie) – wskazuje, że w ciągu siedmiu dni między 15 a 21 kwietnia br. w europejskiej przestrzeni powietrznej odbyło się ponad 100 tys. mniej lotów niż w poprzednim tygodniu, co oznacza spadek o 53 proc. Straty lotnictwa netto wyniosły po uwzględnieniu odroczonych podróży 2,2 mld USD. Straty poniesione w wyniku spadku ruchu turystycznego wyniosły po uwzględnieniu kwot wydanych przez pasażerów zatrzymanych w miejscowościach docelowych 1,6 mld USD netto. Ponieważ skutki wybuchu odczuło 7 mln pasażerów i cały międzynarodowy ruch lotniczy, w tym regionalny ruch w Europie, konsekwencje gospodarcze dotknęły cały świat.

**Zestawienie strat gospodarczych w wyniku zamknięcia ruchu lotniczego na jeden tydzień w podziale na regiony:**

- Ameryki: 957 mln USD PKB
- Azja: 517 mln USD PKB
- Europa: 2,632 mld USD PKB
- Bliski Wschód i Afryka: 591 mln USD PKB.

Wyniki raportu nawiązują do bardziej szczegółowych badań opublikowanych w ubiegłym roku przez Oxford Economics, według których sektor lotniczy odpowiada za 1,5 bln USD globalnego PKB, generuje 33 mln miejsc pracy i 35 procent handlu światowego. W wyniku erupcji wulkanów, jak miało to miejsce w przypadku wulkanu Eyjafjöell, może nastąpić wstrzymanie pracy niektórych gałęzi przemysłu (np. przemysłu motoryzacyjnego w Niemczech) uzależnionego od dostaw produktów drogą lotniczą (przy przedłużającym się o kilka dni paraliżu ruchu lotniczego prognozowano obniżenie tempa wzrostu PKB w Europie o 0,1 proc). Znaczne pogorszyła się też kondycja finansowa i gospodarcza tych państw, które kształtują swój PKB głównie z wpływów czerpanych z turystki (np. Cypru). Ponadto utrudniony powrót do kraju miało tysiące turystów zarówno z Polski jak i innych państw, przebywających na wczasach w krajach Afryki Płn. i wyspach basenu Morza Śródziemnego.

## Możliwości przeciwdziałania zagrożeniom:

W celu ograniczenia ewentualnych skutków erupcji wulkanu, ważne jest aby określić z odpowiednim wyprzedzeniem, na podstawie spodziewanej lub zaistniałej sytuacji, siłę i rodzaj erupcji wulkanu oraz spodziewany kierunek przemieszczania się chmury wulkanicznej. Pozwoli to na wyprzedzające opublikowanie odpowiednich komunikatów ostrzegawczych i przygotowanie do wdrożenia procedur działań w sytuacjach kryzysowych. Wydaje się konieczna w tym celu współpraca środowisk naukowych z dziedziny geologii, odpowiedzialnych za monitorowania tego typu zagrożeń z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). W Polsce za monitorowanie zagrożeń i katastrof naturalnych oraz innych zjawisk naturalnych mających cechy klęsk żywiołowych oraz ocenę i zapobieganie ich skutkom odpowiada Państwowy Instytut Geologiczny*** (PIG).
Światowy system przeciwdziałania zagrożeniom oparty jest głównie na ograniczaniu osadnictwa w terenach bezpośrednio zagrożonych, edukacji społeczeństwa, opracowaniu procedur ewakuacji oraz stałemu monitorowaniu zagrożeń. Elementy monitoringu to: – system monitorowania stożków wulkanicznych oparty na pozycjonowaniu satelitarnym – GPS; – monitorowanie możliwości wybuchu wulkanu za pomocą stacji sejsmicznych; – Centra Ostrzegania o Pyłach Wulkanicznych (VAACs – Volcanic Ash Advisory Centres) zbierające informacje dotyczące chmur pyłu wulkanicznego i ich potencjalnego zagrożenia dla lotnictwa na całym świecie; – VAACs są

wspierane m.in. przez Europejską Agencję Kosmiczną ESA, która dostarcza dane na temat stężenia dwutlenku siarki poprzez specjalny serwis SACS (Support to Aviation Control Service);
– dane z satelitów Envisat, Metop, EOS-Aura, Aqua.

RCB prowadzi stałą współpracę ze specjalistami w zakresie monitorowania omawianych zagrożeń.

***

wg § 7 ust. 1 pkt. 10 Statutu Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego do zakresu działalności w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych Instytutu należy w szczególności monitorowanie zagrożeń i katastrof naturalnych oraz innych zjawisk naturalnych mających cechy klęsk żywiołowych oraz ocena i zapobieganie ich skutkom (Uchwała Rady Naukowej z dnia 26 listopada 2009 r.). Państwowy Instytut Geologiczny działa na podstawie Ustawy o jednostkach badawczo-rozwojowych z 25 lipca 1985 r. (Dziennik Ustaw z 2001 r. Nr 33, poz. 388) oraz przepisów wykonawczych wydanych na jej podstawie. Organem nadzorującym jest Ministerstwo Środowiska.