

Islandia oczami młodego geologa – relacja ze studenckiej wyprawy naukowej SKNG UW. (2018)

**Marciniak Dariusz¹, Szreter Anna², Baran Szymon¹, Błażejewicz Igor¹,
Cieślik Błażej¹, Górńska Anna¹, Jednoróg Barbara¹, Kacprzak Karolina¹,
Malczuk Piotr¹, Wojtyna Adam¹, Awdankiewicz Marek³**

Iceland in the eyes of young geologists – report from the scientific trip of SKNG UW. (2018). Prz. Geol., 67: 899–905.

A b s t r a c t. The geological field trip of the Student Science Association of Geologists at the University of Wrocław took place in September of 2018. The main goal of a 17-day and a 2850 km long trip around Iceland was to study the field geology and to gain the knowledge on active extensional tectonics, volcanism and magmatic processes in a complex geotectonic setting of the Atlantic Mid-ocean Ridge combined with the mantle plume, as exemplified by Iceland. The group visited several dozen spectacular geosites in the active volcanic systems of Askja, Hekla, Krafla, Laki, Torfajökull, few geothermal fields across the country along with many sites of general geological and touristic interest, like waterfalls, fiords, glacial lagoons and others. This fascinating field study tour greatly deepened the geological experience of participants, highlighting the diversity and complexity of natural tectonic and volcanic phenomena.

Keywords: student association, scientific trip, volcanoes, glaciers, geology of Iceland, University of Wrocław

Z naukowego i dydaktycznego punktu widzenia Islandia jest jednym z najciekawszych regionów wulkanicznych świata. Wynika to z jej specyficznej pozycji geotektonicznej, urozmaicenia struktur i form wulkanicznych, ich dużego nagromadzenia, doskonałego zachowania i stosunkowo łatwego dostępu do wielu z nich. Głównym celem obozu naukowego zorganizowanego przez Studenckie Koło Naukowe Geologów Uniwersytetu Wrocławskiego (SKNG UW.) było poznanie i dokumentacja różnorodnych przejawów wulkanizmu i osobliwości geologii Islandii. Wyprawa odbyła się w dn. 12–28 września 2018 r., wzięło w niej udział 12 studentów UW., jedna studentka Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz dwójka opiekunów: dr hab. prof. UW. Marek Awdankiewicz oraz dr Honorata Awdankiewicz, pracownik Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB).

Trasa wyprawy miała postać pętli opasującej większą część Islandii (ryc. 1). Z Reykjavíku przejechaliśmy przez wyżyny interioru pomiędzy lodowcami Langjökull i Hofsjökull do północnego wybrzeża i dalej ku wschodowi nad jezioro Mývatn. Dalej podążaliśmy na wschód i wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża na południe wyspy, kończąc ekspedycję w punkcie początkowym – w Reykjavíku. Kilkakrotnie robiliśmy krótsze i dłuższe wypadki w głąb wyspy, m.in. w rejonie wulkanów Krafla, Askja, Laki i Hekla. Łącznie przejechaliśmy ok. 2850 km. Objazdowy charakter trasy i stosunkowo długi czas wycieczki pozwoliły uczestnikom dosyć szczegółowo poznać georóżnorodność Islandii, szczególnie w odniesieniu do wulkanizmu.

Podczas tego typu wyprawy, której trasa wiodła w większości przez szutrowe, żwirowo-tufowe i skaliste drogi interioru, a jedynie sporadycznie drogą asfaltową, niezbędne były samochody terenowe o wysokim zawieszeniu i napędzie 4 × 4, które wypożyczyliśmy na miejscu. Jednym z większych wyzwania, które czekały na kierowców w inte-

riorze, były przejazdy przez brody bystrych islandzkich potoków. Warunki pogodowe bywały bardzo zmienne – od pełnego słońca przez gęstą deszcz po śnieżycę w ciągu godziny. Wrzesień, nawet jego druga połowa, to jednak wciąż dobry okres na podróż po tej wyspie, pod warunkiem, że przygotowujemy się na surowy klimat. Wiele pól namiotowych wciąż jest jeszcze czynnych, jednakże wymaganiem są dobre namioty i ciepłe śpiwory. Pewną rekompensatą trudnych warunków i równocześnie dużą atrakcją była często o tej porze roku możliwość obserwacji zórz polarnych, które towarzyszyły nam przez większość nocy.

Charakterystyka geologiczna odwiedzonych miejsc została zaczerpnięta w większości z przewodnika *Iceland* (Thordarson, Hoskuldsson, 2017), a częściowo z innych źródeł cytowanych w dalszej części artykułu.

ŚRODOWISKO GEOTEKTONICZNE I ROZWÓJ WULKANIZMU NA ISLANDII

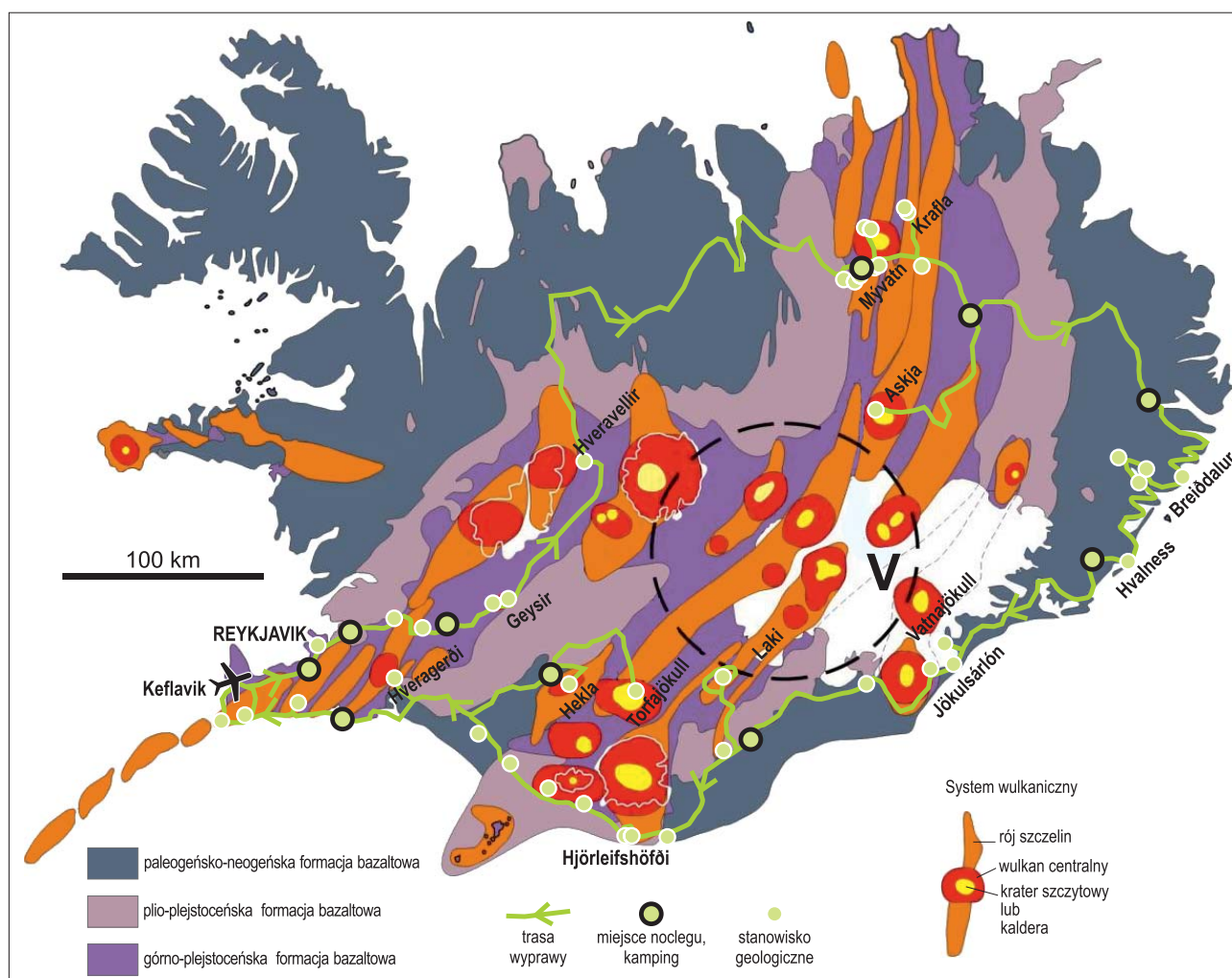
Islandia jest wyspą wulkaniczną, która swą genezę i wiele specyficznych cech zawdzięcza położeniu na rozbieżnej granicy płyt litosfery: eurazjatyckiej i północnoamerykańskiej, oraz na połączeniu dwóch środowisk generowania magm: ryftu oceanicznego oraz pióropusza płaszcza. Jest jednym z bardzo nielicznych miejsc na Ziemi, gdzie na lądzie można obserwować i badać aktywne współcześnie procesy i struktury geologiczne charakterystyczne dla stref spreadingu na dnie oceanu. Przecinający Islandię z SW na NE grzbiet środkowoatlantycki rozdziela się na wyspie na trzy strefy wulkaniczne, w obrębie których koncentruje się aktywność tektoniczna i wulkaniczna (ryc. 1).

Islandia to młoda wyspa – najstarsze rozpoznane tu skały wulkaniczne mają jedynie ok. 16 mln lat i występują pasowo wzdłuż zachodnich i wschodnich wybrzeży. Młodsze skały formacji pliolejtocenijskiej (3,3–0,7 Ma) spotkamy

¹ Studenckie Koło Naukowe Geologów, Uniwersytet Wrocławski, pl. Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław; darekmarciniak92@gmail.com

² Koło Naukowe Geoturystyka, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

³ Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, pl. Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław.



Ryc. 1. Trasa wyprawy Islandia 2018 na schematycznej mapie geologicznej Islandii (wg Thordarsona, Hoskuldsona, 2017, zmienione). Wschodnie najmłodszych wiekowo formacji wyznaczają przebieg współczesnych stref aktywności wulkanicznej: zachodniej (na NE od Reykjavíku), północnej (na N od Vatnajökull; V na mapie) i wschodniej (na S od Vatnajökull). Okrąg zaznaczony czarną przerywaną linią pokazuje położenie wierzchołka islandzkiego pióropusza płaszczu. Na mapie wyróżniono nazwy i lokalizacje miejsc opisanych w artykule

w wewnętrznych częściach wyspy, m.in. na półwyspie Reykjanes oraz w interiorze Islandii. Najmłodsze wulkanity, wydzielane jako formacja górnoplejstocenska (<0,7 Ma) występują wraz ze współczesnymi lawami w obecnie aktywnych strefach wulkanicznych. Ten symetryczny rozkład wulkanitów o różnym wieku odzwierciedla zarówno rozrost dna Atlantyku, jak i rozrost samej Islandii, której wschodnia i zachodnia część oddalają się od siebie w tempie ok. 2 cm/rok (patrz ryc. 1).

Najczęściej spotykanymi skałami wulkanicznymi na Islandii są bazalty toleitowe – główny typ law grzbietów śródoceanicznych w ogólności. Jednak anomalny charakter islandzkiego odcinka grzbietu śródatlantyckiego przejawia się znacznie większym urozmaiceniem odmian bazaltów. Obok toleitów występują tu bazalty przejściowe (na południu) i alkaliczne (na zachodzie). Geochemiczną różnorodność bazaltów odzwierciedla heterogeniczność płaszczowych źródeł magm i procesów wytapiania. Na Islandii występuje tzw. wulkanizm bimodalny, opisany po raz pierwszy właśnie tutaj przez R. Bunsena w 1851 r. (patrz: Wilcox, 1999); miejscami oprócz bazaltów w dużych ilościach pojawiają się skały kwaśne, jak dacyty czy ryolity, a znacznie rzadziej spotyka się skały pośrednie, typu

andezytów, znane pod lokalną nazwą islandytów. Magmy kwaśne pochodzą z przetapiania niższych partii skorupy Islandii, a pośrednie tworzą się w procesach mieszania i frakcjonalnej krystalizacji pierwotnych stopów.

ZERODOWANE, ALE NIEZAPOMNIANE KOMPLEKSY WULKANICZNE

Wzdłuż wschodnich wybrzeży i fiordów obserwowaliśmy mioceniczne bazalty, które należą do najstarszych na wyspie. Serie bazaltowe przyjmują tam formę płaskowyzów o budowie płytowej, składających się z dziesiątek i setek nawarstwionych pokryw lawowych. Często są przecinane dajkami o biegu nawiązującym do regionalnych struktur ekstensyjnych. Dajki mają zwykle skład bazaltowy, ale także ryolitowy lub mieszany. Przykład złożonej dajki z ryolitem w części środkowej i brzegami zbudowanymi z bazaltu mogliśmy obserwować na nadmorskich klifach w Breiðdalur (ryc. 2A – patrz okładka główna). W sąsiedztwie udokumentowano wiele innych żył bazaltu, dolerytu i ryolitu, tworzących rój dajek. Dalej na południe, na skalistym cyplu Hvalness odsłaniają się gabra i granofiry. Wykazywały one zmienne i skomplikowane relacje

przestrzenne (np. enklawy gabra w granofirze, żyły granofiru w gabrze i inne). Takie struktury są określane w literaturze jako kompleksy sieciowo-żyłowe (ang. *net-veined complexes*) (ryc. 2B – patrz str. 926). Roje dajek i inne intruzje tego rejonu reprezentują subwulkaniczne i plutoniczne poziomy dawnych, mioceńskich wulkanów, a złożone dajki i kompleksy sieciowo-żyłowe świadczą o procesie mieszania magm w ich systemach zasilających (Thordarson, Larsen, 2007). Analogiczne zjawiska zachodzą zapewne współcześnie w głębszych partiach aktywnych, bimodalnych systemów wulkanicznych, jak Askja, Hekla i in.

BYĆ NA ISLANDII I NIE WIDZIEĆ WULKANÓW?

Na Islandii jest rozpoznanych ok. 30 systemów wulkanicznych uznawanych za aktywne (ryc. 1). Podstawowy typ stanowią szczelinowe systemy wulkaniczne. W większych z nich dodatkowo występuje wulkan centralny, niekiedy zwieńczony kalderą. Na podstawie obserwacji i danych archiwalnych podaje się, że na Islandii jedna erupcja występuje średnio co trzy do pięciu lat. Do najciekawszych systemów wulkanicznych, które udało nam się odwiedzić, należą: Krafla, Askja, Laki, Torfajökull i Hekla.

Krafla

Północna strefa wulkaniczna jest jedną z najaktywniejszych na Islandii. Występuje tam złożony system wulkaniczny Krafla. Tworzy go system szczelin rozciągający się południkowo na długości 100 km z kalderą o średnicy ok. 10 km. Około 3800 lat temu erupcje szczelinowe w południowej części spowodowały wylewy law, które zatamowały wyloty dolin i spiętrzyły wody, tworząc tzw. starożytnie jezioro Mývatn (ryc. 3).

Nad wschodnim wybrzeżem Mývatn dominuje Hverfjall. Ten wysoki na 150 m pierścień tufowy – wulkan o kształcie mocno ściętego stożka z rozległym kraterem na szczycie –

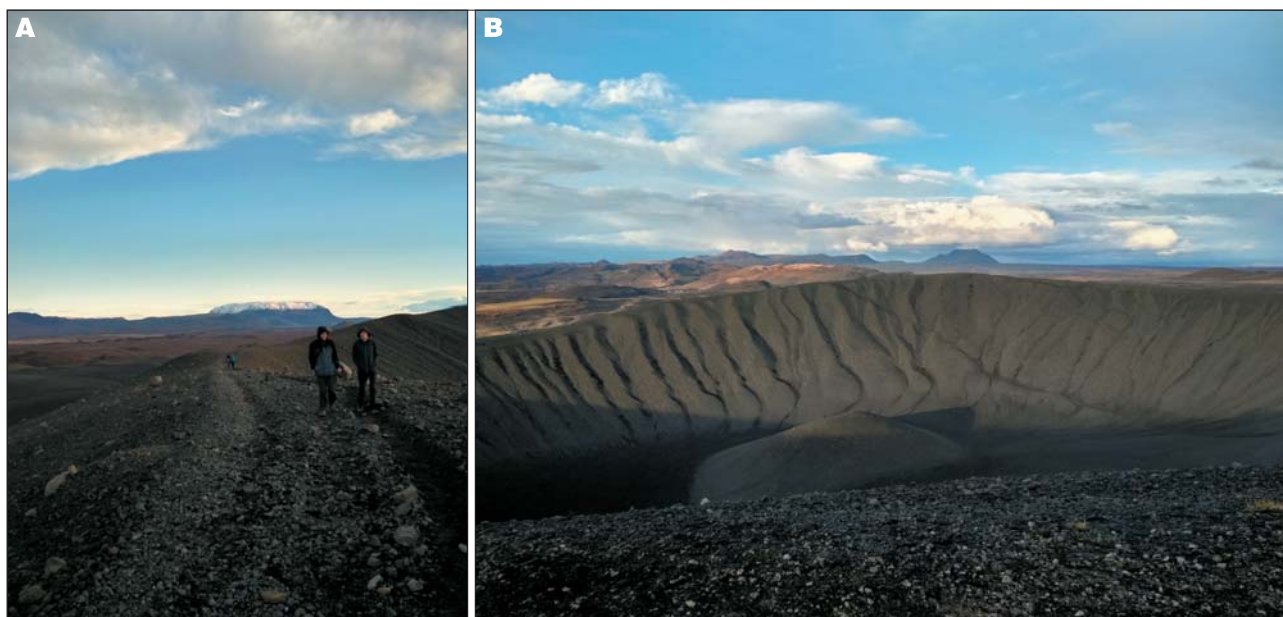
jest efektem erupcji freatomagmowej sprzed 2700 lat. Choć wulkan nie jest aktywny, duże wrażenie robi niecka krateru z odsłoniętymi miejscami warstwami tufów i tufów lapillowych (ryc. 4B) oraz widoki na pobliskie jezioro Mývatn i położone nieco dalej góry stołowe Blálfjall (ryc. 4A) i Sellandafjall.

Wizytówką rejonu Mývatn są licznie występujące wokół brzegów jeziora tzw. pseudokrater. Są to formy niedużych rozmiarów, ich średnica nie przekracza 100 m i w odróżnieniu od *prawdziwych* wulkanów nie posiadają sięgającego w głąb kanału dostarczającego lawę. Pseudokrater w otoczeniu jeziora Mývatn powstały ok. 2300 lat temu w efekcie eksplozji pary wodnej, gdy lawa wdarła się na obszar jeziora (Einarsson, 1991). Szczególnie efektywnie prezentują się one w Skutustadir na południowym brzegu jeziora. W tym samym czasie co pseudokrater powstał też kompleks Dimmuborgir – zespół filarów, tuneli lawowych (ryc. 4C – patrz str. 925) i innych fantazyjnych form bazaltowych utworzonych na skutek spiętrzenia lawy w formie jeziora, a później szybkiego jej odpłynięcia. Pseudokrater Mývatn uchodzą za *podręcznikowe* przykłady tego typu form, a dawne jezioro lawowe Dimmuborgir jest strukturą jedyną w swoim rodzaju.

W rejonie Leihmjukur na północ od jeziora Mývatn znajdują się systemy szczelin erupcyjnych i pola lawowe pochodzące z ostatnich okresów wzmożonej aktywności wulkanicznej i sejsmicznej Krafli w XVIII i XX w., znanych jako *ognie Mývatn* i *ognie Krafla* (1724–1729, 1975–1984). Zapisy historyczne i bezpośrednie obserwacje pokazują, że aktywność ta przejawiała się rozciąganiem skorupy, licznymi trzęsieniami ziemi i efuzją kilkunastokilometrowych potoków lawy. Wędrówka przez pola urozmaiconych law sznurowych, płytowych i zbrekcjowanych, wśród wciąż gorących szczelin, z których wydobywa się para, dostarcza niezapomnianych wrażeń. Pokazuje też, że podziały law bazaltowych na główne typy (aa, pahoehoe) w terenie nie



Ryc. 3. Pseudokrater na południowym brzegu jeziora Mývatn. Fot. B. Jednoróg



Ryc. 4. **A** – pierścień tufowy wokół krawędzi krateru wulkanu Hverfjell, z widokiem na górę stołową Bláfjall, **B** – pierścień tufowy krateru, wulkan Hverfjall. Fot. D. Marciniak

zawsze sprawdzają się, a odmiany o pośrednich cechach są bardziej normą niż wyjątkiem.

Askja

Askja, podobnie jak Krafla, jest położona w północnej strefie wulkanicznej, stanowi najbardziej rozległy system wulkaniczny Islandii, rozciągający się na ok. 200 km, aktywny od kilkuset tysięcy lat. Centralny wulkan Askja znajduje się w południowej części całej struktury, a w jego kalderze są usytuowane jezioro Öskjuvatn oraz krater Viti (bliźniacza nazwa dla krateru z systemu wulkanicznego Krafla; ryc. 5). Dwie najmłodsze erupcje, które najsilniej wpłynęły na dzisiejszy wygląd wulkanu, miały miejsce

w 1875 i 1961 r. W efekcie erupcji z 1875 r. ukształtowała się dzisiejsza kaldera, której średnica wynosi 8 km, a opad tefry pokrył znaczne obszary północno-wschodniej Islandii. Wewnątrz kalderki powstało jezioro Öskjuvatn (220 m głębokości, uznawane za najgłębsze na Islandii) oraz znacznie mniejszy, niespełna 200-metrowy, lecz efektywny krater Viti.

Nasza wizyta w kalderze Askja, przy kraterze Viti, była krótka z uwagi na nadciągającą śnieżycę i planowane prewencyjne zamknięcie drogi. Mimo niesprzyjającej pogody wulkaniczny krajobraz robił imponujące wrażenie (ryc. 5), a liczne bloki i lapille pumeksu okrywające teren na całej niemal trasie dojazdu do Askja pozwoliły docenić skalę erupcji z 1875 r.



Ryc. 5. Ośnieżona krawędź kalderki Öskjuvatn i krater Viti w kompleksie wulkanicznym Askja. Fot. B. Jednoróg

Laki

Laki jest wulkanem szczelinowym o rozciągłości ok. 30 km, położonym na południowy zachód od lodowca Vatnajökull. Erupcja Laki z czerwca 1783 r. jest zaliczana do jednej z największych erupcji efuzyjnych na świecie, w jej efekcie wylało się 12,3 km³ lawy (dla porównania – typowe wylewy w czasach historycznych mają objętości dziesiątych lub setnych części km³). Trwała ok. 8 miesięcy i zakończyła się w lutym 1784 r. Pozostałością wielkiej erupcji Laki jest pasmo ok. 140 stożków i kraterów (znane jako Lakagigar – kratery Laki) ułożonych wzdłuż 27-kilometrowego systemu szczelin, otoczonych przez rozległe potoki lawy. Z góry Laki podziwialiśmy rozległą panoramę całego systemu wulkanicznego, na tle czapy Vatnajökull na północy i Myrdalsjökull na południu. Ze ścieżek biegnących wokół góry mogliśmy z bliska zapoznać się z wewnętrzną strukturą i osadami piroklastycznymi kraterów i stożków, typowych dla szczelinowych erupcji bazaltów. Pokryte mchem lawy Laki świadczą o tym, że nawet w tak surowym klimacie jak islandzki roślinność bardzo szybko wkracza na powulkaniczne tereny i zaciera ślady nawet największych erupcji.

Landmannalaugar – Torfajökull

Torfajökull należy do największych wulkanów Islandii, ma kalderę o średnicy 18 km. Wulkan ten wyróżnia największe na Islandii nagromadzenie ryolitów, które ilościowo przeważają nad bazaltami (ryc. 6A – patrz str. 925). Jest on aktywny od co najmniej 100 tys. lat, a ostatnie erupcje miały miejsce w XV w.

W czasie wyprawy odwiedziliśmy region Landmannalaugar przy północnej krawędzi kalderę Torfajökull. Obszar ten stanowi duże pole geotermalne i jest znany z wyjątkowego ubarwienia położonych tu wzgórz wulkanicznych (*tęczowe wzgórza*). Czarne, brunatne, czerwone i żółte kolory w różnych odcieniach są związane z urozmaiconą litologią i przeobrażeniami naprzemianległych warstw obsydianu, tufów i innych skał piroklastycznych. Dużą atrakcją stanowi młody potok blokowej lawy obsydianowej – Laugahraun, z 1477 r. (ryc. 6B, C). W pobliżu miejsca wypływu lawy znajdują się aktywne fumarole.

Hekla

Jednym z największych i najbardziej rozpoznawanych wulkanów Islandii jest Hekla, położona w południowej strefie wulkanicznej, gdzie notowane są silne trzęsienia

ziemi o magnitudzie do 8 w skali Richtera. Szczyt wznosi się na wysokość 1490 m n.p.m. i jest charakterystyczny ze względu na symetryczny stożkowaty kształt (szczególnie w panoramie od SW), odbiegający od bardziej rozłożystych form innych islandzkich wulkanów. Hekla zaliczana jest do stratowulkanów wykazujących dużą aktywność w holocenie. Jej erupcje mają zazwyczaj charakter eksplozyjno-efuzyjny. Produktem są lawy bazaltowe, andezytowe i ryolitowe. Największe erupcje i spowodowane przez nie zniszczenia miały miejsce w latach 1300, 1341, 1510, 1693 i 1766. Zazwyczaj katastrofalne w skutkach wybuchy były powiązane z poprzedzającym je długim okresem spoczynku. Ostatnia erupcja miała miejsce 26 lutego 2000 r.

Nazwę Hekla można tłumaczyć jako *zakapturzona*. Rzeczywiście, w czasie naszego kilkudniowego pobytu w okolicy jej szczyt szczelnie zakrywały chmury, a gdy pogoda się poprawiła podjęliśmy próbę wejścia na Hekłę i obejrzenia kraterów i pól lawowych pod szczytem wulkanu. W drodze na szczyt napotkaliśmy warunki zimowe, w tym silny islandzki wiatr, oblodzenie, a miejscami śnieg. Ponownie okazało się, że połowa września to termin, w którym nie wszystkie obiekty geologiczne na Islandii są łatwo dostępne. Naszą wędrowkę zakończyliśmy na wysokości ok. 250 m poniżej szczytu.

CIEPŁO Z WNĘTRZA ZIEMI

Obszary geotermalne licznie występujące na Islandii to strefy, gdzie temperatura w przypowierzchniowych warstwach skorupy ziemskiej jest wyraźnie wyższa od typowych wartości. Miarą tych anomalii jest gradient geotermiczny: jego średnia wartość wynosi 35°C/km, a w wysokotemperaturowych polach geotermalnych Islandii dochodzi do 200–250°C/km (Kranz, 2006). Wyróżniono 28 takich pól, są one związane z aktywnymi systemami wulkanicznymi, a ich rozmieszczenie odpowiada zatem strefom ryftowym (ryc. 1). Dotarliśmy do pól: Geysir (ryc. 7B – patrz str. 925), Hverageðri k. Reykjanes (ryc. 7D – patrz str. 925), Hverir i Namaskarð k. Krafla (ryc. 7C), Landmannalaugar (ryc. 7A – patrz str. 925) i Hveravellir.

Widocznymi na powierzchni przejawami aktywności geotermalnej są gorące źródła (ryc. 7A – patrz str. 925) (wśród nich gejzery), fumarole (ryc. 7B, D – patrz str. 925), solfatary i kociołki błotne (ryc. 7C). Do powstania gejzerów konieczna jest obfitość wody, przecięcie poziomu wody gruntowej z powierzchnią terenu oraz czynnik, który zablokuje stałość konwekcji i umożliwi odpowiedni wzrost ciśnienia w systemie podziemnych szczelin, niezbędny do wyzwolenia erupcji. Z obszarami geotermalnymi wiąże się



Ryc. 6A. Panorama pola geotermalnego Landmannalaugar. Widoczny obsydianowy potok lawowy Laugahraun (w środku zdjęcia) w otoczeniu starszych law i tufów budujących *tęczowe wzgórza*. Fot. M. Awdankiewicz



Ryc. 7. Przykłady przejawów aktywności geotermalnej na Islandii. **C** – kociołki błotne na polu geotermalnym Hverir k. Krafla. Fot. A. Szreter; **E** – siarkowe wykwyty na szczycie wzniesienia Námafjall nad polem geotermalnym Hverir. Fot. A. Wojtyna

też obecność ewaporatów i asocjacje charakterystycznych minerałów (ryc. 7E). Na podstawie koloru stref przeobrażonych można określić bezpieczne do przejścia obszary (z reguły ciemne – tlenki Fe, minerały ilaste i zeolity; obszary jasne i szare są znacznie gorętsze) (Mihajlov, 2010).

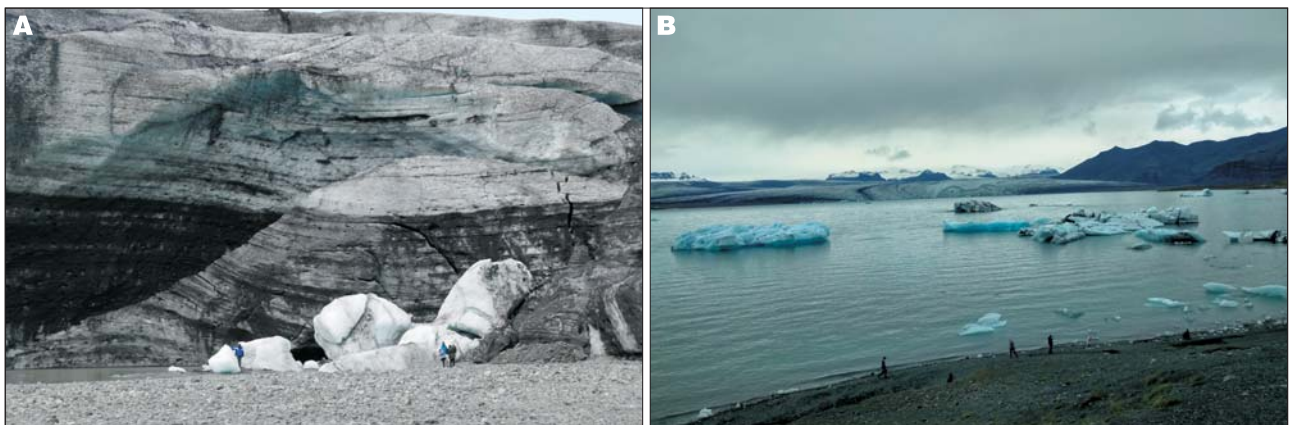
Pola geotermalne, które odwiedziliśmy, umożliwiły obserwację wszystkich opisanych powyżej form i zachodzących tam procesów. Położone w interiorze pole Hveravellir obfitowało w martwicowe naskorupienia towarzyszące gorącym źródłom i fumarolom. Należące do obszaru Namadkarð pole geotermalne Hverir ukazywało najszerzą gamę kolorów związanych z bogatą mineralizacją pozbawionego roślinności terenu (ryc.7C). Najczęstszymi i najbardziej efektywnymi formami były tam kociołki błotne. Położona na wzgórzu, ponad polem geotermalnym Hverir – góra Námafjall, to jedyne miejsce, gdzie napotkaliśmy krasowijące gipsowe formy i efektywne naskorupienia niemal czystej siarki (ryc. 7E). Z kolei fumarole towarzyszące młodemu potokom lawowemu pozwalały nam ogrzać dłonie w trakcie wędrówki po Leirhnjúkur i Landmannalaugar. Wszystkie te przejawy aktywności geotermalnej pozwalają wprost i bezpośrednio, a przy tym bezpiecznie, odczuć aktywność gorącego wnętrza Ziemi.

U PODNÓŻA TOPNIEJĄCYCH LODOWCÓW

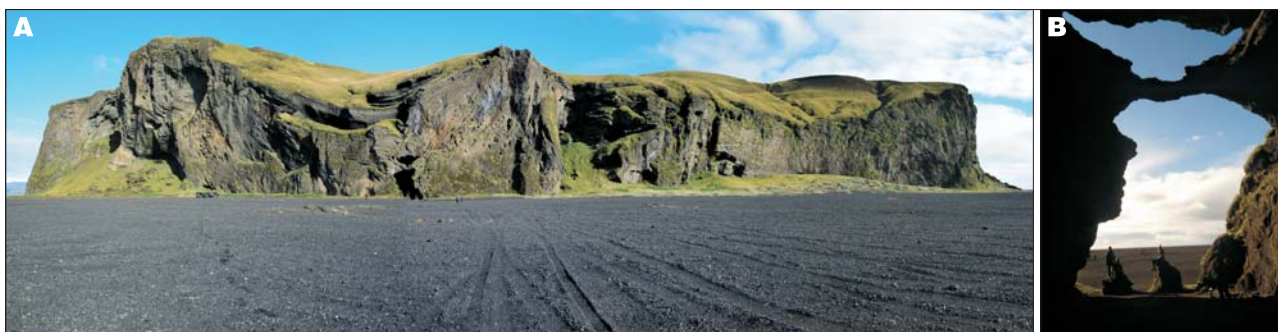
Od wieków Islandia nazywana jest potocznie *krainnu lodu i ognia*. Występuje tam trzynaście lodowców, które łącznie pokrywały w październiku 2018 r. 11 % powierzchni

wyspy. Największy z lodowców Vatnajökull (czoło lodowca na ryc. 8A), położony w południowo-wschodniej części Islandii, stanowi czapę lodową, pod którą występują najbardziej aktywne wulkany Islandii: Bardanbunga i Grimsvötn.

To właśnie u podnóża jednego z jeziorów Vatnajökull mieliśmy okazję z bliska obejrzeć lodowiec, obserwować trwające współcześnie procesy, w tym formowanie się osadów środowiska glacialnego i proglacialnego. Rzeki wypływające spod lodowca wyrzeźbiły na południu Islandii kaniony, a naniesione osady fluwioglacjalne uformowały delty i sandry (w języku islandzkim: *sandur*). Od czasu przyspieszonej recesji lodowca Vatnajökull w krajobrazie Islandii pojawiły się laguny lodowcowe (Björnsson, Pálsson, 2008). Jedną z takich lagun, Jökulsárlón, mieliśmy okazję odwiedzić, podróżując wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża Islandii (ryc. 8B). Lagunę bogatą w kry barwy śnieżnobiałej i błękitnej obserwuje się tam z *diamentowej plaży*. Podlodowcowa aktywność wulkaniczna lub geotermalna jest przyczyną specyficznego islandzkiego zjawiska – powodzi glacialnych, zwanych w języku islandzkim *jökulhlaup*. Proces ten, z natury gwałtowny, doprowadza do niszczenia dróg, mostów i elektrowni wodnych na przedpolu lodowca (Björnsson, Pálsson, 2008). Znacząco wpływa też na akumulację osadów, ponieważ w krótkim czasie (np. dwóch lub trzech tygodni) transportuje około pięć razy więcej materiału niż zwykły przepływ rzek wypływających spod lodowca (Björnsson, Pálsson, 2008).



Ryc. 8. **A** – południowe czoło lodowca Vatnajökull w sąsiedztwie laguny Jökulsárlón (fot. B. Jednoróg); **B** – laguna Jökulsárlón. W tle widoczny lodowiec Vatnajökull. Fot. D. Marciniak



Ryc. 9. A – panorama góry HjórlEIFshöfði, skały ją budujące powstały w czasie erupcji podlodowcowej, a ukształtowała ją późniejsza działalność morza oraz sedimentacja osadów. Fot. M. Awdankiewicz; B – Jaskinia mistrza Yody wewnątrz góry HjórlEIFshöfði. Wewnątrz niej odsłaniają się tufy pochodzące z erupcji typu surtsey. Fot. S. Baran

Na południu Islandii, w sąsiedztwie miejscowości Vik i Myrdal, mieliśmy możliwość obserwować plejstoceny i współczesne formy obrazujące zmiany linii brzegowej spowodowane erozją morską oraz akumulacją osadów glacialnych na przykładzie góry HjórlEIFshöfði. Jest ona zbudowana z plejstoceny skał wulkanoklastycznych, ograniczona pionowymi klifami o wysokości rzędu 100 m i wyrasta z płaskiej równiny nadmorskiej. Jest efektem podlodowcowej erupcji wulkanu, ale możliwość wejścia do niej *suchą stopą* zawdzięczamy wspomnianemu procesowi powodzi glacialnej. Jeszcze w XVII w. HjórlEIFshöfði było wyspą oddaloną 2 km od brzegu. W XVII w. nastąpiła jednak podlodowcowa erupcja wulkanu Katla, zakończona *jökulhlaup*, która pozostawiła za sobą wielkie ilości osadów glacialnych wzdłuż brzegu oceanu, przesuwając linię brzegową ponad 2 km na południe. Dziś samotna góra HjórlEIFshöfði o stromych zboczach (ryc. 9A) stanowi atrakcję geoturystyczną, a na ścianach klifów i wewnątrz nadbrzeżnej (niegdyś) jaskini (ryc. 9B) odsłaniają się urozmaicone skały wulkanoklastyczne (Watton i in., 2013).

ZAKOŃCZENIE

Islandia to miejsce niezwykle na geologicznej mapie świata – tę znaną tezę w pełni potwierdzają nasze doświadczenia zdobyte w czasie wyprawy. Oprócz wulkanów i odsłoneń skał wulkanicznych, głównych obiektów naszego zainteresowania, po drodze odwiedziliśmy inne, znane z przewodników atrakcje ogólnoturystyczne, jak niezwykle liczne wodospady, malownicze fiordy, klify, plaże, pustkowia interioru. Tektonika, wulkanizm, zlodowacenia, działalność oceanu i rzek, wiatru i deszczu oraz cała gama powiązanych z nimi procesów wyjątkowo silnie ujawniają na Islandii swoją rolę podstawowych sił kształtujących środowisko, w którym żyje człowiek. Równocześnie łatwo stwierdzić, że dwa tygodnie to zdecydowanie za mało, aby pełniej zrozumieć, jak funkcjonują złożone systemy geolo-

giczne Islandii, skąd bierze się różnorodność wulkanów i skał wulkanicznych, jakie prawa rządzą ich ewolucją? Na pewno wielu uczestników naszej wyprawy jeszcze powróci na Islandię w poszukiwaniu dalszych odpowiedzi i nowych wrażeń.

Składamy podziękowania za pomoc w realizacji wyprawy: dziekanowi Wydziału Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska UW. dr. hab. prof. UW. Henrykowi Marszałkowi, Radzie Kół Naukowych Uniwersytetu Wrocławskiego, prodziekanowi ds. studenckich UW., dr. hab. prof. UW. Rafałowi Wojciechowskiemu, dr. Michelle Maree Parks z Iceland MetOffice, naszej koleżance studiującej w Islandii – Kamili Rajcy, wypożyczalni samochodów IcePol, prorektorowi dr. hab. prof. AGH Annie Siwik oraz dziekanowi GGiOŚ, prof. dr. hab. inż. Jackowi Matyszkiewiczowi. Redakcji Przeglądu Geologicznego, Zewu Północy oraz Studenckiego Radia Luz dziękujemy za objęcie naszej wyprawy patronatem medialnym.

LITERATURA

- BJÖRNSSON H., PÁLSSON F. 2008 – Icelandic glaciers. Institute of Earth Sciences, University of Iceland. *Jökull*, 58: 365–386.
- EINARSSON P. 1991 – The Krafla rifting episode 1975–1989. [W:] Gardarsson A., Einarsson Á. (red.), *Nát-túra Mývatns*, (The Nature of lake Mývatn), Icelandic Nature Sci. Soc., Reykjavík, 97–139.
- KRANZ K. 2006 – Geothermal energy in Iceland. Technische Universität Bergakademie Freiberg, 1–15.
- MIHAJLOV I. 2010 – Expedition – Arthur D. Storke Memorial. Iceland field guide. Department of Earth and Environmental Sciences, Columbia University.
- THORDARSON T., HÖSKULDSSON A. 2017 – Classic geology in Europe 3: Iceland – Second Edition. Dunedin Academic Press Ltd, London.
- THORDARSON T., LARSEN G. 2007 – Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. *J. Geodynam.*, 43 (1): 118–152.
- WATTON T.J., JERRAM D.A., THORDARSON T., DAVIES R.J. 2013 – Three-dimensional lithofacies variations in hyaloclastite deposits. *J. Volcan. Geotherm. Res.*, 250: 19–33.
- WILCOX R.E. 1999 – The Idea of Magma Mixing: History of a Struggle for Acceptance. *J. Geol.*, 107 (4): 421–432; doi: 10.1086/314357

Praca wpłynęła do redakcji 18.12.2018 r.
Akceptowano do druku 10.09.2019 r.

PRZEGLĄD

GEOLOGICZNY



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



Cena 12,60 zł (w tym 8% VAT)

TOM 67 Nr 11 (LISTOPAD) 2019

Indeks 370908 ISSN-0033-2151

Wydobycie i import ropy naftowej w Polsce
Rola wód podziemnych w zasilaniu mokradeł
Mineralizacja kasyterytowo-siarczkowa
w sztolniach pasma łupkowego
Starej Kamienicy (Sudety)

Zdjęcie na okładce: Ryolitowo-bazaltowa dajka przecinająca bazalty wieku miocenijskiego, klif w okolicach Breithdalur na Islandii. Wewnętrzna część dajki składa się z ryolitu, a zewnętrzna – z bazaltu. W sąsiedztwie udokumentowano wiele innych niezgodnie zalegających żył bazaltu, dolerytu i ryolitu, które tworzą rój dajek. Fot. B. Jednoróg (patrz art. D. Marciniaka i in. na str. 899).

Cover photo: Basalt-rhyolitic dyke intruding Miocene basalts. Cliff in the vicinity of the Breithdalur coast. Dyke has a complex composition with a rhyolite inside and a basalt in the rim. In the neighbourhood there are many more documented dykes build of basalt, dolorite and rhyolite as a part of dyke swarm. Photo by Barbara Jednoróg (see article D. Marciniak et al. on p. 899).

Islandia oczami młodego geologa – relacja ze studenckiej wyprawy naukowej SKNG UW. (2018) – patrz str. 899

Iceland in the eyes of young geologists – report from the scientific trip of SKNG UW. (2018) – see p. 899



Ryc. 4C. Tunele lawowe kompleksu Dimmuborgir.
Fot. M. Awdankiewicz



Ryc. 6B. Obsydianowe lawy blokowe w Landmannalaugar.
Fot. M. Awdankiewicz



Ryc. 6C. Obsydianowe lawy blokowe w Landmannalaugar.
Fot. B. Jednoróg



Ryc. 7A. Fumarole towarzyszące młodemu potokowi wulkanicznemu Laugahraun w Landmannalaugar. Fot. A. Szreter



Ryc. 7B. Gorące źródło na polu geotermalnym Geysir, widoczna charakterystyczna błękitna barwa wody i martwicowe wykwity wokół zbiornika. Fot. A. Szreter



Ryc. 7D. Fumarole obok *gorącej rzeki* na polu geotermalnym Hveragerði, płw. Reykjannes. Fot. S. Baran



Ryc. 2B. Maficzne enklawy w granofirze na półwyspie Hvalness. Fot. D. Marciniak