

Vývoj ostrova Surtsey. Jak vypadá 62 let od vynoření z mořského dna?

Drsné podmínky severní části Atlantského oceánu tvarují dnes přibližně jeden kilometr čtvereční rozlehlý ostrov už přes půl století. Surtsey, v překladu ostrov ohnivého ďábla, se vynořil z mořského dna při sopečné erupci v r. 1963, která trvala přes tři a půl roku. Nachází se zhruba 30 km od jižního pobřeží Islandu v oblasti velmi silných oceánských proudů, kde se vyskytují bouře s až dvacetimetrovými vlnami a větrem dosahujícím rychlostí přes 150 km/h. Zároveň je nejjižnějším místem Islandu asi 30 km nad 63. rovnoběžkou severní zeměpisné šířky.



Tento unikátní vulkanický ostrov je přísně chráněn a symbolizuje tak vývoj pozemského života bez lidských zásahů. Během erupce v letech 1963–67 se ze 140metrové hloubky oceánu vynořily hned tři ostrovy, ale pouze jeden, Surtsey, odolal 62 let mořskému příboji a silným větrům až dodnes. Pro svou unikátnost je zapsán do světového dědictví UNESCO, ale na rozdíl od jiných světových lokalit na Surtsey nikdo nesmí s výjimkou výzkumu vstoupit a je přísně střežen. Tím se stal panenskou přírodní laboratoří, neovlivněnou lidskými zásahy, kde vědci dlouhodobě sledují procesy kolonizace nové země vegetací a zvířenou.

Název Surtse-ey, Surtův-ostrov, pochází ze staré norské mytologie, ve které Surtur figuruje jako pán ohnivých démonů. Působivá erupce inspirovala Islandčany tak, že byl ostrov tímto názvem pojmenován. Přitom jsou místní na erupce zvyklí asi tak

1 Surtsey 27. srpna 1966. Proudí láva ze tří malých sopečných kuželů. Erupce začala v listopadu 1963 a rychle se vytvořil nový ostrov, od dubna 1964 s výrony lávy. Erupce pokračovaly až do r. 1967. Malý ostrov Jólnir v pozadí vznikl 800 m jihozápadně od Surtsey od konce října 1965 a procházel opakovanými epizodami růstu a destrukce, v říjnu 1966 působením eroze zanikl. Foto R. Williams, U.S. Geological Survey

jako Češi na povodně. Mají totiž v dlouhodobém průměru jednu erupci každé 3–4 roky a od r. 2021 i několikrát za rok na vulkanicky aktivním poloostrově Reykjanes. Island se zapsal novodobě do celosvětové historie hlavně erupcí sopky Eyjafjallajökull v r. 2010, jejíž vulkanický materiál, který pronikl až do vyšších částí troposféry (a nižších částí stratosféry ve vyšších

zeměpisných šířkách), byl unášen vzdušnými proudy směrem na jihovýchod k Evropě a způsobil přerušování letecké dopravy. Ostrov Surtsey, který je součástí menšího vulkanického systému Vestmannaeyjar, zmíněný Eyjafjallajökull a nebezpečný stratovulkán Katla tvoří dohromady jeden vulkanický celek – východní vulkanickou zónu. Katla patří mezi nejaktivnější sopky Islandu a při svých erupcích ohrožuje nedařlé ostrovy Vestmannaeyjar včetně Surtsey vlnami tsunami.

Vývoj a přirozené osídlování ostrova

Unikátní vývoj ostrova je studován islandskými vědci z různých oborů především věd o Zemi a biologie, kteří založili Surtseyskou vědeckou společnost a mají každoročně zajištěný přístup na ostrov, aby zdokumentovali probíhající změny (Grétarsdóttir a kol. 2023). Od r. 1990 je zde detailně dokumentován vývoj složení společenstev v ekosystému. Výzkum vede Borgþór Magnússon, vedoucí biologických expedic na Surtsey (obr. 2). Jednou z členek těchto expedic je i rostlinná ekoložka Járngeirður Grétarsdóttir z Islandského přírodovědeckého institutu (Natural Science Institute of Iceland, obr. 3), která poskytla pro tento článek současnou fotografii z ostrova.

V raném stadiu vzniku ostrova musela nejdříve vychladnout a utuhnout žhavá láva nad mořskou hladinou, protože erupce probíhala až do r. 1967. Už během aktivní erupce se na vychladlých částech mohla začít zachytávat první semena rostlin, které vytvořily příhodné podmínky pro usídlení prvních živočišných druhů na ostrově. Sousední ostrovy Vestmannaeyjar byly formovány před tisíci let stejným způsobem, a tak pozorování vývoje mladého ekosystému na Surtsey pomohlo poodhalit vědcům zákonitosti takových kolonizačních procesů. Ne všechny části ostrova byly lávovým proudům vystaveny po celou dobu více než tříleté erupce. I když erupce na Surtsey skončila v r. 1967, neznamena to, že vulkanická aktivita z oblasti vymizela. Pouze se přesunula o 20 km a o 7 let později se v r. 1973 vytvořila nová puklinová erupce přímo mezi domy v rybářském městě na ostrově Heimaey.

První rostliny na Surtsey

Kolonizace nově vzniklého ostrova probíhala záhy po jeho vzniku na místech, kde nedocházelo k čerstvým lávovým výlevům. První cévnatá rostlina zde byla objevena už v r. 1965, tedy dva roky po vynoření ostrova z mořského dna a před skončením erupcí. Byla to pomořanka přímořská (*Cakile maritima*), typická pro islandskou flóru (obr. na 2. str. obálky). Také mechorosty a lišejníky patří k prvním druhům objeveným na Surtsey v r. 1967 a každým rokem přibývaly jejich nové druhy. Mechy byly při kolonizaci ostrova úspěšnější než lišejníky, protože využívaly ke svému růstu pemzu zadržující vlhkost a samotné hydrotermální průduchy. Vývoj lišejníků byl spíše vázán na aktivitu ptactva, protože ptáci výrazně ovlivňují podmínky, které lišejníkům umožňují růst a šíření. Zajišťují přísun živin, mění mikroklima a šíří fragmenty stélky lišejníků nebo spory. A tak se lišejníky pro-sazovaly později než mechy. V r. 2003 bylo zdokumentováno na Surtsey 53 druhů



2 Vedoucí biologických expedic na Surtsey a zakladatel Surtseyské vědecké společnosti Borgþór Magnússon při mapování zdejší vegetace. Každoročně jezdí na Surtsey od r. 1990.

3 Rostlinná ekoložka Járngerður Grétarsdóttir z Islandského přírodovědeckého institutu, členka biologických expedic na Surtsey, na jeho vrcholu v r. 2020. V pozadí jsou vidět další, starší ostrovy souostroví Vestmannaeyjar – Ostrovy západních mužů.

mechorostů a v r. 2008 už jen 38 druhů. Úbytek byl způsoben přirozenou sukcesí, kdy jsou pionýrské druhy vytlačovány vyššími rostlinami, dále změnami mikroklimatu, a někdy i možnými revizemi dat při dalším výzkumu.

Celkově pak bylo nejvíce druhů cévnatých rostlin – 65 – zaznamenáno v r. 2007, zhruba 40 let po vzniku ostrova. Toto číslo je velmi vysoké ve srovnání se staršími okolními ostrovy, kde se počty rostlinných druhů pohybují jen mezi 2–30, tedy alespoň o polovinu méně než na mladém Surtsey. Mezi nejrozšířenější patří kuřinečka prýšcovitá (*Honckenya peploides*, obr. na 2. str. obálky) v málo oživených vulkanických oblastech spolu s ječmenicí písečnou (*Leymus arenarius*). Dalším hojným druhem na vulkanických polárních pouštích je silenka jednokvětá (*Silene uniflora*), vyskytující se speciálně na tmavé vulkanické tefře, sopečném materiálu vyvrženém při erupci, kde tvoří nádherný kontrast bílého květu na černém substrátu (obr. 4).

Ječmenice má velký význam ve studeném pouštním systému vyšších zeměpisných šířek, a především na Islandu, který je největší evropskou pouští studených oblastí (kromě evropské části okolí Kaspického moře) s rozlohou přibližně Slovenska (kolik 44 tisíc km², Arnalds a kol. 2016). Má totiž až několik metrů dlouhé pevné kořeny, zabráňující přenosu písku a prachu, tvorbě a pohybu dun, a tím i častým prachovým bouřím, které jsou typickou součástí přírody Islandu (blíže v Živě 2024, 5: 227–229). V minulosti se tyto kořeny využívaly k tvorbě pevných provazů a ze semen se v období



nedostatků dělala mouka a pekl chleba. Ve větru se listy ječmenice pohybují krouživým pohybem a vytvářejí tak obrazce v sopečném písku (obr. 5).

Travnatým oblastem ostrova Surtsey dominují lipnice luční (*Poa pratensis*), již zmíněná ječmenice písečná, dále kostřava *Festuca richardsonii* a zblochanec oddálený (*Puccinellia distans*), spolu s pouštními druhy jako hlavní taxony rostlin. V posledních desetiletích se na ostrově daří i několika druhům vrb (*Salix*) a vědci se domnívají, že by se místní ekosystém mohl v budoucnosti rozšířit o břízu pýřitou (*Betula pubescens*) a změnit se na zakrslý les.

Vývoj fauny a její vliv na rozmístění surtseyské flóry

První ptáci vidění na Surtsey byli rybáci dlouhoocasí (*Sterna paradisaea*) a raci tříprstí (*Rissa tridactyla*) hned v období vzniku ostrova. Mezi prvními hnízdícími ptáky byli pozorováni alkoun obecný (*Cephus grylle*) a buňáček malý (*Hydrobates pelagicus*). Bylo to v r. 1970, tedy méně než 10 let po vzniku ostrova a jen pět let po nalezení první cévnaté rostliny. První druhy ptáků závisely čistě na zásobách potravy z oceánu, buňáček malý loví drobné hlavonožce, koryše, medúzy a ryby, alkoun obecný je rybožravý a loví i koryše. Velmi důležitým krokem ve vývoji flóry a fauny na ostrově se stal vznik kolonie racků žlutonohých

(*Larus fuscus*) na holé lávové poušti a skaliscích v r. 1985. Nastartovala rychlý vývoj složení společenstev v ekosystému (sukcesi) a kolonizace ostrova byla od té doby velmi dobře zdokumentována. Celkem zde bylo pozorováno 16 hnízdících druhů. Rackové jako „ekosystémoví inženýři“ jsou velmi důležitou součástí potravního řetězce, protože přinášejí na neúrodnou pustinu semena v trusu a zároveň různými organickými zbytky hnojí pomalu se vytvářející půdu. Umožnili růst rostlin a vytvořili podmínky pro příchod dalších organismů. I když nejsou na souši potravně závislí, jejich přítomnost výrazně ovlivnila vývoj celého ostrovního ekosystému. Spolu s kolonií racků se na ostrově objevilo např. mnoho dužnatých plodů, jako má šicha černá (*Empetrum nigrum*). Je ale důležité zdůraznit, že první semena byla na Surtsey zanesena hlavně větrem a oceánskými proudy. Detailnější pohled na hnízdiště racků žlutonohých (obr. 6 a 7) poukazuje na zdejší rozmanitou flóru právě díky jejich významné roli v ostrovním ekosystému. Občas bývají na Surtsey spatřeni i oblíbení papuchalci severní (*Fratercula arctica*, obr. 8). Jejich populace na Islandu ale v posledních desetiletích drasticky poklesla. Studie těl papuchalků prokázala přítomnost parazitů – střevních hlístů a ektoparazitů jako roztočů a vší – ve většině vzorků, nejsou však jedinou příčinou vymírání těchto ptáků.

Dnes najdeme na Surtsey významnou kolonii tuleně kuželozubého (*Halichoerus grypus*), který dorůstá velikosti přes 3 m. Přítomnost velkých savců na ostrově poukazuje na vysoký stupeň sukcese tohoto izolovaného přírodního systému. Dále je živočišná říše na ostrově zastoupena hmyzem, pavoukovci, plži a máloščetnatci. Do r. 2006 zde bylo pozorováno 354 druhů živočichů, z nichž 144 je považováno za trvale sídlící.

I když se dlouhodobě kladla omezení proti jakémukoli lidskému zásahu na ostrově, kuriozitou je, že i člověk neplánovaně zasáhl do vývoje Surtsey. Donedávna směli ročně vstoupit na ostrov a obstarat potřebná měření a pozorování vždy pouze dva z vědců účastnících se výzkumu. V r. 2011 zde byla objevena mladá rostlina rajčete a biologové se nestačili divit, jak se tam mohla dostat. Po dlouhých teoriích došli k velmi vtipnému závěru. Jeden člen z týmu expedice se přiznal, že si na inkriminovaném místě musel odskočit k nutné potřebě potvrzující, že rajčatové semínko projde trávicí soustavou. Surtsey se nachází na hodně větrném místě i za přívětivého počasí, což může vědcům ztěžovat práci a pobyt v již tak extrémních podmínkách (obr. 9).

Pompeje severu: geologická minulost, současnost i budoucnost souostroví Vestmannaeyjar

Surtsey je součástí vulkanicky aktivního souostroví Vestmannaeyjar, které sehrálo významnou roli v historii Islandu (viz obr. 3 a 9). Dochází tu k intenzivní interakci vnitřních a vnějších geologických procesů. Zároveň zde oceán poskytoval obrovské množství zdrojů potravy a obživy pro obyvatelé, takže právě na této malé ploše několika kilometrů čtverečních bylo po staletí největší město Islandu, Heimaey, s dokonale krytým přístavem a několika tisíci obyvateli.

Erupce, při níž ostrov Surtsey vznikl, byla jednou z nejdéle trvajících erupcí, které se na Islandu novodobě udály. Ostrov postupně měnil jednak rozlohu, jednak výšku. Po svém vzniku byl 174 m nad hladinou moře, asi 300 m od mořského dna, a měřil 2,5 km². V průběhu následujícího roku vznikly při erupci i další ostrovy. Ty ale nevydržely nápor mořských vln déle než několik měsíců. Specifický zrod ostrova, při němž docházelo k lávovým výlevům i explozím sopečného materiálu ve vodním prostředí, dal v geologii název novému typu erupcí – erupce surtseyského typu. Na jejím konci v r. 1967 měl ostrov rozlohu 2,7 km² a jeho povrch byl z 60–70 % tvořen sopečným materiálem (tefrou) a z 30–40 % lávou. Dodnes se silou kombinace vnějších geologických procesů zmenšil na pouhý 1 km². Největší podíl na tom mají silné větry a s nimi spojené procesy vodní eroze, vlny a oceánské proudy.

Ukončením erupce na Surtsey ale vulkanická aktivita této oblasti neskončila. Jak už bylo zmíněno, v r. 1973 se vytvořila nová puklinová erupce na ostrově Heimaey – ve městě, které zajišťuje 20 % celkového vývozu ryb Islandu. Heimaey je největším z ostrovů Vestmannaeyjar, v doslovném překladu Souostroví západních mužů. Název získaly po prvních obyvatelích Islandu, což byli století před prvními Vikingy irští



mníši, kteří se sem nechávali odvážet. Erupce začala v noci v lednu 1973, kdy se nic netušící obyvatelé probudili a měli vedle svých domů přes kilometr dlouhou trhlinu, z níž tryskaly desítky metrů vysoké lávové fontány, tvořící neproniknutelnou ohňovou stěnu. Na okraji města vznikl nový kráter Eldfell (Ohnivá hora) a ostrov se oproti původní rozloze rozšířil o celých 20 %. Nové lávové pole naštěstí výrazně neomezilo příjezdovou cestu pro lodě do chráněného přístavu.

Název Pompeje severu získala tato událost díky podobnosti s erupcí vulkánu Vesuv v Itálii. Tam byla erupce ve své době také neočekávaná, i když z dnešního pohledu jisté signály před ní proběhly. Z Heimaey se naštěstí podařilo všechny obyvatele evakuovat na Island. Důsledkem bylo vystěhování téměř celého ostrova a pozastavení veškerých pracovních činností. Na konci zmíněné lávové trhliny se vyvýšil 225metrový Eldfell, který způsobil rozlehlé lávotoky po celém okolí a do moře. Erupce

trvala pět měsíců až do července 1973. Žhavá láva přímo zničila 347 domů a dalších 70 se zhroutilo pod tíhou sopečného popela, který pokryl město až čtyřmetrovou vrstvou. Padající popel byl doprovázen sopečnými bombami z kráteru – až metrovými kusy žhavého magmatu, které během pádu zchladne a může dopadat jako obří balvan. Mnoho dalších domů bylo poškozeno a zaplněno jedovatými sopečnými plyny. Místní hasiči se snažili valící se stěnu roztavené horniny zastavit pomocí vodních děl s mořskou vodou a to se podařilo. Tato metoda zde byla využita poprvé na světě a dodnes mnohé inspiruje. Díky včasnému nasazení ochlazování lávy vodními děly došlo k zachování úzkého průjezdového pásu pro lodě do přístavu. Bylo použito 5,5 milionu tun vody obsahující 180 tisíc tun soli, kterou lze ještě dnes vidět v utuhlé lávě. V plánu byly i návrhy amerických sil vybombardovat lávě koridor, který by ji odváděl směrem do moře, místo na město (osobní sdělení). Z toho ale sešlo.



4 Silenka jednokvětá (*Silene uniflora*) je na Surtsey hojným druhem, zvláště na tmavé vulkanické teře, jak označujeme sopečný materiál vyvržený při erupci.

5 Ječmenice písečná (*Leymus arenarius*) pokrývá surtseyskou vulkanickou polární poušť a zabráňuje jejímu rozšiřování podobně jako na velkých islandských pouštích. Má několik metrů dlouhé kořeny. Ve větru se její listy pohybují krouživým pohybem a vytvářejí obrazce v písku.

6 Pohled na jižní část ostrova Surtsey, kde hnízdí kolonie racků žlutohých (*Larus fuscus*). Tato kolonie má velký vliv na kolonizaci ostrova rostlinami, protože ptáci sem přinášejí v zaživacím traktu semena rostlin. Tím se dostávají semena i živiny do substrátu a neustále se tak zlepšují půdní podmínky. Dochází k přenosu živin nejen z pevniny, ale i z oceánu na ostrov.

7 Detailnější pohled na hnízdiště racků žlutohých na Surtsey a rozmanitou flóru v této oblasti díky jejich významné roli v místním ekosystému

8 Papuchalci severní (*Fratercula arctica*) jsou občas také spatřeni ve strmých skalních útesech na Surtsey.

9 Surtsey se rozkládá na velmi větrném místě, což může vědcům ztížit práci a pobyt v extrémních podmínkách. Snímky: J. Grétarsdóttir

Při záchranných pracích zahynul jeden hasič a celkem bylo zničeno 417 domů. Většina popela byla odstraněna z budov a hřbitova až v r. 1975. Po evakuaci se zpátky nevrátilo 1 800 původních frustrovaných obyvatel a dodnes jejich počet poklesl na asi 4 000. Přitom ještě na začátku 20. století bylo Heimaey největším a jedním z nejbohatších měst Islandu. Malá islandská ekonomika byla touto přírodní událostí natolik postižena, že došlo k zavedení speciální 2% hypoteční daně z prodeje pro všechny islandské obyvatele, aby mohlo dojít k obnově. Jediný přínos této tragické události je po letech využití geotermální energie k vytápění domů a ohřívání vody. Na druhou stranu kvůli erupci není na ostrově přirozený zdroj podzemní vody, a tak musel být vybudován vodovod z hlavního ostrova, Islandu.

Budoucnost Surtsey

Vulkanické ostrovy jako Surtsey, Vestmannaeyjar a Island jsou příkladem aktivních vulkanických zón, díky kterým vznikly a existují. Surtsey během své 62leté existence dosáhl r. 2007 stavu, kdy se rychlost sukcese zpomalila. Pokud by se na ostrov dostala např. bříza, mohla by sukcese dále pokračovat. Vědci ze Surtseyské vědecké společnosti dávají důraz na maximální ochranu přírodního dědictví, které by mohlo být poškozeno povolením vstupu

např. pro turisty nebo vystavení ostrova zemědělské činnosti. To je do jisté míry umožněno také malou rozlohou ostrova. Pravidelné každoroční biologické exkurze umožňují vědcům důkladně dokumentovat a studovat unikátní vývoj a změny chráněného ekosystému. Na Surtsey je umístěna automatická meteorologická stanice, která poskytuje aktuální údaje o větru, teplotě, vlhkosti, atmosférickém tlaku a srážkách. K dispozici jsou proto i dlouhodobá meteorologická měření, která ukazují podobný trend jako na okolních stanicích (Petersen a Jónsson 2020). Surtsey tak slouží jako jedinečná živoucí laboratoř bez přímých lidských zásahů. Přesto bude do budoucnosti pravděpodobně vystaven nepřímým vlivům spojeným se změnou klimatu a lidskou činností, jako jsou např. invazní druhy a různé způsoby znečištění, zdůrazňující nutnost jeho dlouhodobé ochrany a výzkumu.

Od vzniku v r. 1967 se ostrov zmenšil asi o 25–30 % své původní rozlohy a je vystaven silné erozi působením mořských vln, větru a počasí. Surtsey postupně eroduje, zmenšuje se, ale díky pevné sopečné hornině zřejmě zanikne až za stovky či tisíce let.

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živý.