

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,

Katedra fyzickej geografie a geoekológie

PREČO MÔŽU VULKANICKÉ ERUPCIE OHROZIŤ ŽIVOT ČLOVEKA?

RNDr. Ladislav Šimon, PhD.

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave

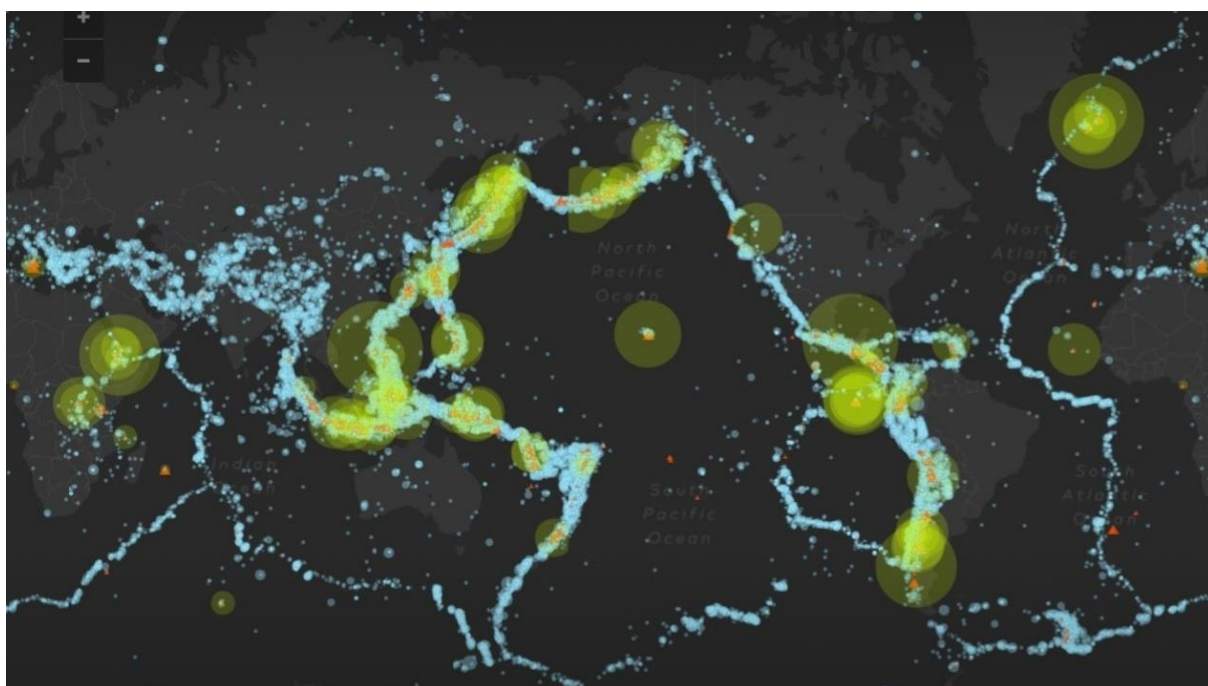
TEXT K PREDNÁŠKE

2018

Prednáška a text sú súčasťou riešenia projektu: KEGA č. 003UK-4/2017: Terénne vyučovanie geovied s využitím vybraných náučných chodníkov

Na úvod.

Vulkanický explozívny index (skratka VEI) s hodnotou 0 až 8 je relatívnou mierou explozivity vulkanických erupcií. Základ škály vulkanického explozívneho indexu vytvorili Ch. Newhall z USGS a S. Self z Univerzity Hawaii USA v roku 1982, aby upozornili na nebezpečie vulkanického výbuchu na planéte Zem, ktorá môže ohroziť život človeka na Zemi, ba dokonca ju môže zničiť. Škála vulkanického explozívneho indexu sa časom modifikovala obohatením o nové informácie z vulkanických výskumov, ktoré získali vulkanológovia za posledných 30 rokov.

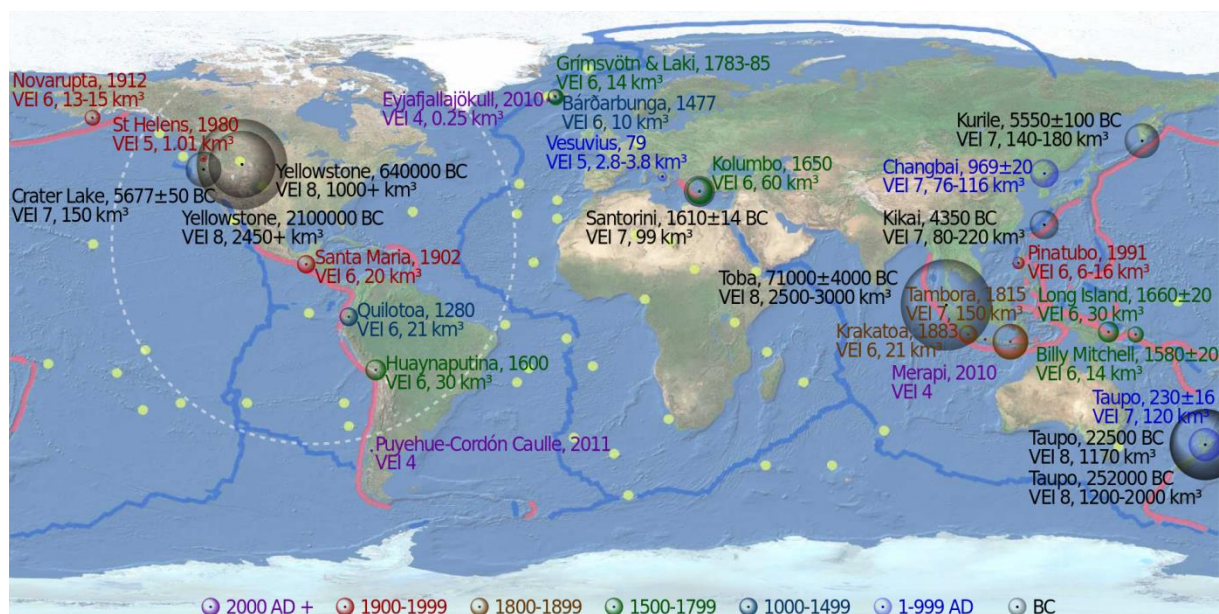


Vysvetlivky: zelená: vulkanický smog, orandžová: vulkanizmus, modrá: zemetrasenie:

Obrázok je súčasť webovej aplikácie "Erupcie, zemetrasenia a emisie" (alebo "E3"). Webová aplikácia znázorňuje od roku 1960 časovo prerušovanú animáciu sopečných erupcií a zemetrasení. Od roku 1978 tiež ukazuje emisie sopečného plynu (oxid siričitý, SO₂) ktoré sú k dispozícii na zabezpečenie globálneho monitorovania SO₂. Údaje o erupcii a emisiách plynov sa získavajú z databázy Volcanoes of the World, ktorú spravuje Program globálneho vulkanizmu, ktoré sú dostupné na webe Smithsonian Institution <https://volcano.si.edu/E3>.

Na obrázku nižšie je lokalizácia najvýznamnejších vulkanických erupcií na planéte Zem s vulkanickým explozívnym indexom 4 až 8 (VEI4 až VEI8). Hodnotu VEI4 mala sopka na Islande Eyjafjallajokull s produkciou lávy 0,25 km³ v roku 2010. Hodnotu VEI5 mala sopka v USA Mount St. Helens s produkciou lávy do 1 km³ v roku 1980. Hodnotu VEI6 mala sopka

na Filipínach Pinatubo s produkciou lávy 16 km³ v roku 1991. Hodnotu VEI7 mala sopka v Grécku Santorini s produkciou lávy 7,99 km³, ktorá vybuchla pred 1610 rokmi. Hodnotu VEI7 sopka v Indonézii Tambora s produkciou lávy 150 km³ ktorá katastroficky vybuchla v roku 1815. Hodnotu VEI7 mala sopka v Indonézii Krakatau v Indonézii s produkciou lávy 21 km³ v roku 1883. Najvyššiu hodnotu VEI8 mal supervulkán Yellowstone v USA s produkciou lávy viac ako 1000 km³ asi pred 640 000 rokmi. Hodnotu VEI8 naposledy na Zemi mal výbuch supervulkánu Taupona na Novom Zélande s produkciou lávy 1170 km³ asi pred 22 500 rokmi.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20242551>

Najhuľnejší výbuch sopky rok 1883

Explózia Krakatau 1883 mala silu 200 megaton. Na porovnanie najsilnejšia bomba čo vybuchla na Zemi bola sovietská vodíková bomba AN602 v roku 1961 mala silu 50 megaton a výbuch vytvoril atomový hríb o výške 64 km. Ak by nikto chcel prekonať gravitačnú energiu Zeme, ktorá ju drží pokope a zničiť planétu Zem potreboval silu výbuchu 50 biliard megaton (=50 000 biliónov=50 000 000 000 000 000 megaton). Dnes vďaka jadrovému odzbrojeniu je na svete asi 24 000 jadrových hlavíc s celkovou energiou 7 000 megaton. Najviac nahromadená energia na Zemi bola v čase studenej vojny v roku 1973, vtedy jadrové zbrane mali energiu 27 333 megaton!



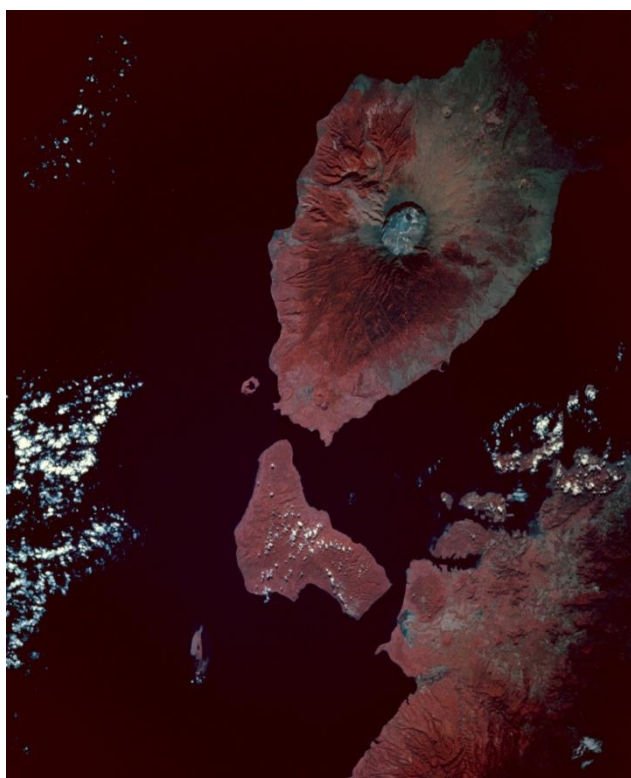
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Krakatoa_eruption_lithograph.jpg

Sopka Krakatoa je vysoká iba 813 metrov, nachádza sa Indonézii a je známa nielen tým, že sa považuje za jednu z najničivejších sopiek vôbec, ale tiež tým, že má na svedomí najhlasnejší výbuch v histórii vďaka freatomagmatickej erupcii. Hlavný výbuch prišiel v roku 1883, kedy pri výbuchu vystúpil sopečný prach až do výšky 30 km. Najväčšie erupcie prišli 27. augusta, kedy 4 obrovské výbuchy vyvolali 4 veľké vlny tsunami, vysoké okolo 30 metrov. Zvuky týchto explózií boli údajne počuteľné až niekoľko tisíc kilometrov ďaleko. Pri erupcii došlo k zrúteniu magmatického krbu (je to v podstate zásobáreň magmy – teda miesto pod sopkou, kde je magma, môže byť hlboké až niekoľko desiatok kilometrov). Po tomto zrútení sa do „voľných priestorov“ nahrnula morská voda a táto masívna premena na páru znamenala túto najhlasnejšiu a najničivejšiu explóziu. Nasledujúci deň sopka utíchla a takmer (na malé výnimky) nastalo. V roku 1927 tu vznikol nový vulkán, ktorý sa nazýva Anak Krakatau (Syn Krakatoa). Čo sa týka

následkov, tak vplyvom týchto cunami a erupcií zahynulo vyše 36 000 ľudí. 165 miest, dedín bolo zničených, ďalšie desiatky vážne poškodené. Ročná teplota na Zemi sa znížila o 1,2 stupňa (až do roku 1888). Zvyšky sopečného popola a častíc sa rozptýlili v atmosfére a malo to za následok ďalších niekoľkých rokoch červeného sfarbenia slnka.



<https://www.flickr.com/photos/volcanoes/2084010843>



Satelitný snímok z raketoplánu Space Shuttle zhotovený pre NASA v roku 1992. Vidieť kalderu stratovulkánu Tambora z erupcie 1815.

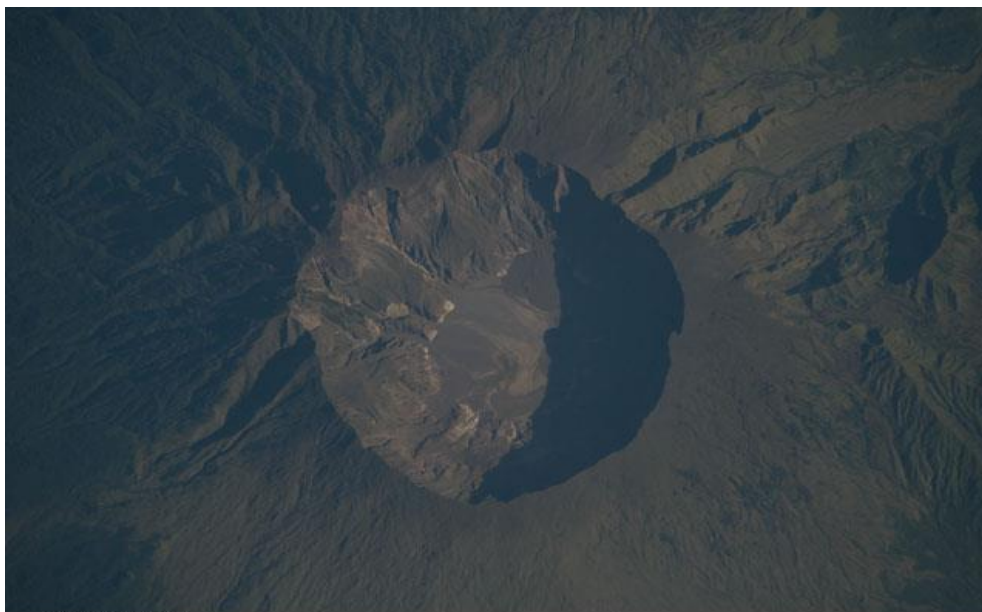
Katastrofická erupcia 1815

Katastrofická erupcia stratovulkánu Tambora na ostrove Sumbawa v Indonézii bola 10. apríla 1815. Erupciu sopky Tambora 1815 bolo počuť do vzdialenosti 2 800 km. V Jakarte na Jave 1 300 km od sopky bol desivý hluk. 300 km od sopky bola tma až do 19.4. 1815 podľa svedectva vojnovnej lode Bénéares britskej Východoindickej spoločnosti. Erupcia sopky Tambora 1815 mala priamych 71 000 obetí. Dediny Pekat a Tambora zmizli zo sveta, boli pokryté popolom o hrúbke 2 až 3 m. Extremná explózia vyvrhla 175 kubických kilometrov lávy, popola, plynov a stĺp dymu siahla až do výšky 40 km. Explózia Tambory 10. apríla 1815 uvoľnila energiu zodpovedajúcu asi 170 000 atomovým bombám zhodených na Hirošimu.

Rok 1816 bol na Zemi rok bez Slnka. Rieka Temža v Londýne zamrzla. Paríž postihli obrovské záplavy. V Bologni je masová hystéria kvôli aerosólovému závoju na oblohe. Erupcia sopky Tambora 10.4. 1815 spôsobila v globálnom meradle pokles priemerných teplôt o 1 až 2 stupne, v regionálnom meradle až o 5 až 10 stupňov celzia. V júni 1816 v Anglicku a Nemecku sneží a v auguste úrodu zničil mráz. Hladomor. Kvôli hladomoru v Európe ľudia utekajú do Ameriky, avšak odnášajú tam aj cholery, ktorá v Európe vypukla v roku 1830. V roku 1832 sa do Ameriky rozšírila cholera z anglických prístavov. Nový druh baktérie *Vibrio cholerae* vznikol v Indii a odtiaľ sa rozšírila do celého sveta. Po erupcii Tambora 1815 sa v Bengalskom zálive voda ochladila a tým sa vytvorili podmienky na vznik nového, oveľa agresívnejšieho kmeňa baktérie cholery, ktorému ľudia nedokázali odolávať. Ochorenie rozsievalo smrť, v konečnom dôsledku však viedlo k premene a modernizácii miest. Po preukázaní súvislosti s nedostatočnými hygienickými podmienkami sa v rámci boja s epidémiou začalo o sanáciu slumov, budovaním vodovodov, väčší dôraz sa kladlo na lekársku starostlivosť. Výkazy netiekli po uliciach do riek, z ktorých sa používala voda na pitie. Mestá New York, Londýn, Hamburg a iné si vybudovali kanalizačnú sieť. Viliam I. (1797- 1888) z rodu Hohenzollern s manželkou nastúpili na stuttgarský trón v lete 1816 v roku bez slnka a ako reakciu na katastrofálnu situáciu vybudoval panovnícky pár základy systému sociálnej politiky. Na jar 1817 nechal zriadiť vývarovne pre chudobných, špitály a poľnohospodárske záložne, prichádza s programom vytvárania pracovných miest a pri ministerstve vnútra zriaďuje komisiu pre chudobných. Viliam I. vyvodil dôsledky aj z krízy v zásobovaní potravín. V roku 1818 zriaďuje poľnohospodársky ústavný výskum efektívnych metód chovu dobytku, ktorý pôsobí dodnes ako Univerzita Hohenzollern a stále je pojem v odbore vied o poľnohospodárstve. Každoročné výstavy majú pre roľníkov názorne predstaviť možnosti postupov. V súčasnosti je Stuttgart v Nemecku jeden z najväčších festivalov na svete. Je to tiež dedičstvo Tambory 1815.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=700163>



<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS020&roll=E&frame=06563>

Stratovulkán Tambora je stále aktívny nepretržite už 200 rokov od 5. apríla 1815. Začal byť aktívny, podľa záznamov vojenských dôstojníkov anglických bojových lodí už od 5. apríla 1815, ale explodoval až 10. apríla. V súčasnosti na Tambore pozorovať intenzívnu fumarolovú aktivitu a slabé explózie pyroklastík v kaldere. Na svahu sopky sa tvoria parazitické pyroklastické kužele. Magmatický krb v hĺbke 8 km je vyprázdnený, z ktorého bol zdroj magmy pre erupciu 1815, ale akumuluje sa ďalšia magma z plášťa. Pred erupciou sa pôvodný magmatický krb Tambory naplňal 4 400 rokov. Výbuch sopky Tambora 1815 motivoval

Ferdinanda II. Borbone, kráľa Sicílie založiť prvú vulkanologickú monitorovaciu stanicu na svete. Založil ju v roku 1841 na sopke Vezuv pri Neapoli s názvom „Osservatorio Vesuviano“.

Najaktívnejší vulkán na svete Etna

Erupcie Etny sú väčšinou pokojné, efuzívne vulkanická činnosť, ale občas sa vyskytnú aj explozívne erupcie s katastrofickými následkami. Posledná katastrofická erupcia sa udiala v marci roku 1669. Predchádzali jej silné zemetrasenia s epicentrami na južných svahoch sopky. 11. marca 1669 sa otvorila veľká trhlina, lávové prúdy zničili mestečko Nicolosi, neskôr ešte ďalšie dve mestá a viacero dedín. V apríli 1669 prenikli až do hlavného mesta Sicílie Catania. Hradby mesta ochránili mesto a odklonili lávu do prístavu. Avšak pokračujúca vulkanická aktivita prenikla cez hradby dňa 30. apríla 1669 a lávové prúdy zničili celú západnú časť mesta Catania. Celkový objem vyvrhutej lávy bol približne 830 km³. Ďalšia erupcia s pomerne veľkým lávovým prúdom sa odohrala v roku 1928, zničila mesto Mascali. V roku 1992-1993 boli prevedené úspešné záchranné práce na odklonení lávy, smerujúcej na mestečko Zafferana Etnea. V rokoch 2002-2003 sopka vyprodukovala veľké mračná popola a prachu, ktoré boli viditeľné až z Líbye na druhej strane.



Lávový prúd z Etny v roku 2003. Foto Ladislav Šimon

Slovensko krajina vyhasnutých sopiek

Tret'ohorné a štvrtohorné sopečné horniny Slovenska sú súčasťou rozsiahlej sopečnej oblasti karpatského oblúka. Vznik sopečnej činnosti je spojený s procesmi subdukcie a zaoblúkovej extenzie vývoja karpatského oblúka. Sopečná činnosť bola aktivovaná v dôsledku kolízie dvoch litosferických dosiek, africká sa nasúvala na európsku litosferickú dosku. Výsledkom sopečnej aktivity je vznik rôznorodých litologických a genetických typov hornín a sopečných foriem.

Sopečná činnosť v treťohorách vyformovala aj najväčšiu sopku v Európe Štiavnický supervulkán s výškou až 4,5 km, ktorá následne prešla kalderovým vývojom, aj najmladšiu sopku v strednej Európe monogenetický vulkán Putikov vršok pri Novej Bani, datovaný na 102 tisíc rokov. Sopečné horniny pokryli veľké plochy na strednom, južnom a východnom Slovensku. Vulkanizmus vytvoril sopečné pohoria Poľana, Štiavnické vrchy, Javorie, Vtáčnik, Kremnické vrchy, Krupinská planina, Cerová vrchovina, Slanské vrchy, Vihorlat a Zemplínske vrchy.

Najmladšia sopka v strednej Európe – vulkán Putikov vršok.

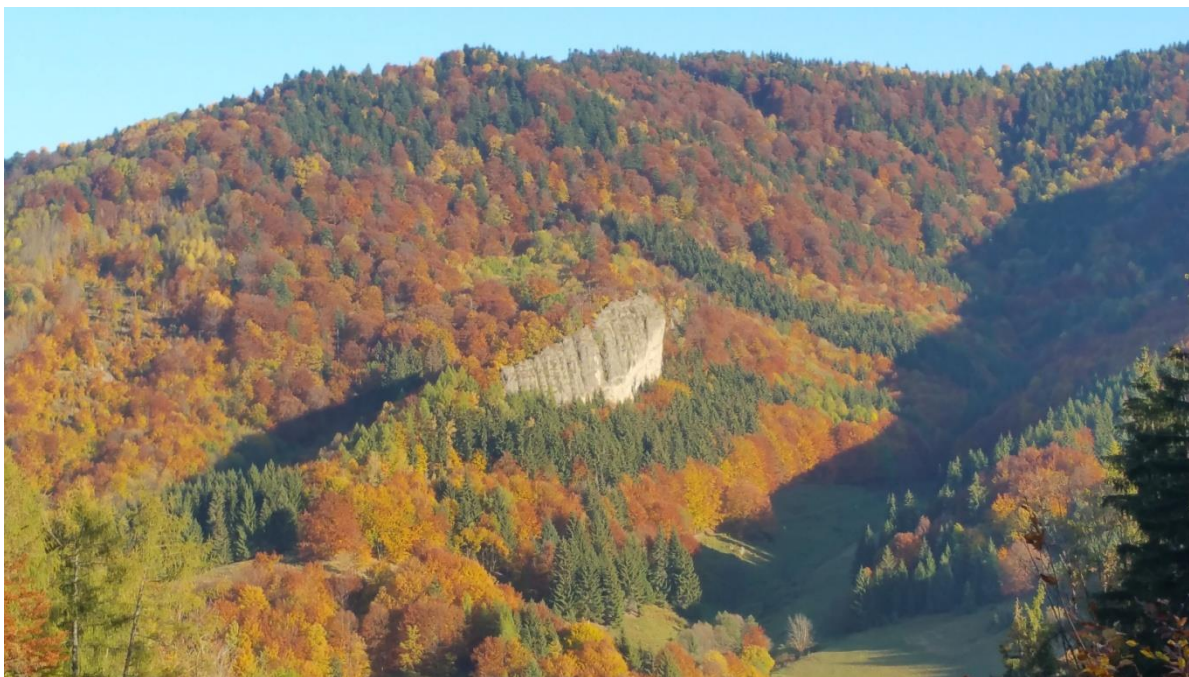
Vulkán Putikov vršok je naša najmladšia sopka v strednej Európe. Nachádza sa neďaleko Novej Bane v časti Brehy pri obci Tekovská Breznica. Vybúchla pred 100-tisíc rokmi, keď jednorazovo praskla zemská kôra a z 30-kilometrovej hĺbky sa vyvalila žeravá magma typu Havaj nefelinický bazanit. Láva z vyhasnutej sopky sa vyliala a prehradila rieku Hron. V 19. storočí Hron netiekol tak, ako to poznáme dnes, ale prirodzene sa točil teda meandroval po svojom toku. Lávový prúd zo sopky vytlačil rieku Hron do oproti svahu. Na starých historických mapách je vidieť ten prirodzený meander. Tok rieky Hron v súčasnom tvare sa upravil až industrializáciou v 20. storočí. Vrchol sopky Putikov vršok má 477 metrov a tvorí ho zvyšok troskového kužeľa z pyroklastických hornín a lávových prúdov, ktoré nižšie vytvorili lávové plató. Lávové prúdy sa od prívodného krátera vyliali do údolia Hrona vo vzdialenosti až 3,5 kilometra. Vedci si pôvodne mysleli, že Putikov vršok mal až 15 miliónov rokov, pretože predpokladali súvis s vývojom Štiavnického stratovulkánu, ale vulkanológovia s kvartérnymi geológmi ukázali, že sopka zakryla žeravou lávou štrkové sedimenty rieky Hron až vo štvrtohorách. Sopka Putikov vršok sa vytvorila zhruba pred 100-tisíc rokmi. V lokalite Putikovho vršku vulkanológovia zmapovali aj pseudokrátery. Ide o sopečné prírodné úkazy, ktoré vzhľadom pripomínajú sopečný kráter, ale líšia sa tým, že z nich netryskala láva, pretože ich vytvorili výbuchy plynov známe aj na Islande a na Havaji. Pseudokrátery sopky Putikov vršok boli objavené a väčšinou odťažené z lomu Brehy pri Novej Bani. Prítomnosť pseudokráterov na Slovensku je svetový fenomén. Pseudokrátery boli prvýkrát opísané na Islande a Havaji. Lávové prúdy sopky Putikov vršok sa vyliali z centra sopky do údolia rieky Hron do vzdialenosti až 3,5 km. Láva vnikajúca do rieky paleoHron spôsobila silné freatické explózie prehriatých plynov, ktoré vytvorili featopyroklastické horniny, formujúce druhotné pyroklastické kužely, tzv. pseudokrátery, v angličtine zaužívané secondary cones.



Bazanitová láva vulkánu Putikov vršok v lome Brehy. Foto Ladislav Šimon

Unikátny stratovulkán Poľana.

Poľana má zložitú vulkanickú stavbu. Sopečné erupcie vybudovali mnoho vrstiev rôznych sopečných hornín uložených na sebe. Stratovulkán Poľana tvoria striedajúce sa pyroklastické horniny s lávovými prúdmi a epiklastickými vulkanickými horninami. Sopka Poľany mohla mať výšku až 4 km pred 10 miliónmi rokov. Tiažou sa vrchol stratovulkánu prepadol do svojho stredu, kde bola vyprázdnená magmatická komora pod stratovulkánom a vytvoril takzvaný kotol, odborne kalderu. Na Poľane vznikla hornina andezit čo je sopečná hornina pomenovaná podľa pohoria Andy v Latinskej Amerike. Jánošíkova skala je prírodný geologický kamenný útvar, ktorý už niekoľko miliónov rokov eroduje a za ten čas sa z nej odlomilo niekoľko obrovských balvanov, ktoré sú uložené na svahu a v údolí. Najznámejší z nich je Bátovský balvan, ktorý leží v Hrochoťskej doline hneď vedľa rovného úseku asfaltovej cesty. Balvan je otočený o 180 stupňov z pôvodnej pozície uloženia s prítomnou vulkanickou bombou mandľovcovitého tvaru.

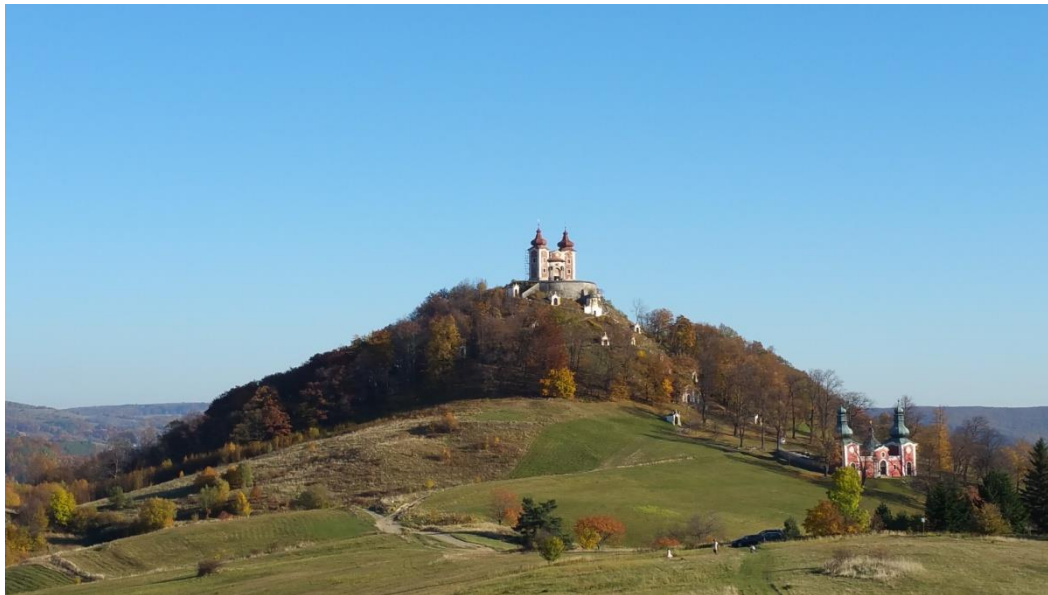


Jánošíkova skala v Hrochotskej doline, stratovulkán Poľana. Foto Ladislav Šimon

Jedna z najväčších sopiek na Zemi – Štiavnický stratovulkán

Štiavnické vrchy tvoria zvyšky sopečných hornín, ktoré vyplňajú kalderu Štiavnického stratovulkánu s rozmermi 18 x 25 kilometrov. Predtým sa na území kaldery týčil do výšky až 4,5 kilometra vysoký Štiavnický stratovulkán s vulkanickým explozívny indexom 7 a možno aj 8 (v stupnici od 1 až maximálne 8). Pred 15 miliónmi rokov to bola jedna z najväčších sopiek na Zemi. Všade okolo bolo more a vytŕčali z neho sopky, ktoré budovali Štiavnický supervulkán. Keď sopka vybuchovala, tak sa lávové prúdy a pyroklastické horniny vylievali priamo do treťohorného mora, ktoré stratovulkán obmývalo. Slovensko je unikátne prírodné vulkanologické laboratórium. Sú tu všetky typy vulkanických hornín. Pri aktívnych vulkánoch vidíte horniny iba zvrchu, ale naše sopky už nie sú aktívne a vidíme ich prierez, vďaka zrezu a erózii. V Banskej Štiavnici bol kopec na ktorom stojí od roku 1751 Kalvária prírodným kanálom sopky z bazaltického andezitu. V roku 1786 v Sklených Tepliciach zorganizoval Ignác A. Born 1. svetový kongres mineralógov a banských odborníkov. Kongres trval mesiac a zúčastnili sa ho poprední vedci z celej Európy. Na kongrese sa odohral spor medzi takzv. neptunistami, ktorí tvrdili, že všetky horniny vznikli iba v oceánoch a moriach a plutonistami, podľa ktorých môžu horniny vzniknúť aj zo Zeme (z podzemia) pri sopečnej činnosti. Zúčastnil sa ho Ján Ctibor Fichtel (rodák z Bratislavy) (1732-1795) a spolu s Ignácom A. Bornom presadzovali vulkanický pôvod hornín v Karpatoch v zmysle „plutonistov“ napriek tomu, že svetom vládol názor „neptunistov. James Hutton (1726-1797) škótsky geológ bol otec modernej geológie a zakladateľ teórie „plutonistov“. V roku 1786 v Sklenných Tepliciach na svetovom

kongrese mineralógov a banských odborníkov Ján Ctibor Fichtel, ktorý v zmysle Huttona presadzoval vulkanický pôvod hornín na území Slovenska, napriek tomu, že svetom vládol názor „neptunistov“ nemeckého profesora Wenera a jeho žiaka Esmarka. Tradícia hovorí, že ostrá diskusia sa udiala medzi Fichtelom a Esmarkom počas exkurzie cez sopečný andezitový prírodný kanál sopky na Kalvárii nad Banskou Štiavnicou. Počas vedeckého kongresu sa v roku 1786, na geologickej exkurzii na kopci kde dnes stojí Kalvária, svetová odborná verejnosť dohodla, že horniny na Zemi môžu vzniknúť aj zo zeme teda „plutonicky“, čo nakoniec bola pravda. Aj vďaka tomuto bol záujem o štúdium vulkanitov v našej oblasti. Zlatý vek štúdia vulkanitov bolo podporené založením oddelenia vulkanitov v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v roku 1957 profesorom Miroslavom Kuthanom. Cieľom bolo koordinovať práce v oblasti tret'ohorného vulkanizmu Slovenska a založiť základy systematického výskumu vulkanických hornín. Výskum vulkanitov s použitým metodikou litofaciálnej analýzy priniesli koncepciu členenia vulkanických hornín. Podľa tejto koncepcie boli zostavené geologické mapy regiónov vulkanitov Slovenska v mierke 1 : 50 000. Vulkanológovia urobili syntézu vulkanickej stavby a ich časového vývoja vo vulkanických pohoriach zostavením Prehľadnej geologickej mapy Slovenska v mierke 1 : 200 000 s vysvetlivkami.



Vulkanický nek andezitu štiavnického stratovulkánu, Banská Štiavnica. Foto Ladislav Šimon

Na záver

V roku 1883 vybuchla Krakatoa, pričom vychrlila len 19 km^3 magmy. Informácia o erupcii obehla svet v priebehu pár hodín. Bolo to vďaka káblu pre telegraf, ktorý bol práve natiahnutý cez oceán. Satelitný snímok urobený raketoplánom Space Shuttle pre NASA v roku 1992 odhalil kalderu Tambory viditeľnú z vesmíru. Vulkanológovia štúdiom Tambory za

posledných 25 rokov zistili, že jej výbuch 1815 vychýlil až 150 km³ magmy a spôsobil obrovskú katastrofu pre ľudí. Viliam I. (1797- 1888) nastúpil na štuttgarský trón v lete 1816 v roku bez slnka a ako reakciu na katastrofálnu situáciu vybudoval základy systému sociálnej politiky v Európe. Nechal zriadiť vývarovne pre chudobných, špitály, prichádza s programom vytvárania pracovných miest a vyvodil dôsledky aj z krízy v zásobovaní potravín. Otázka pre nás: „Ak príde opäť taký výbuch na Zemi, budeme v dnešnom modernom digitálnom svete schopný čeliť vzniknutej situácii tak ako Villiam I. v 18. storočí po výbuchu Tambory?“



Lávový prúd z erupcie Etny zalieva na cestu vo viniciach v Zaferane Etnea. Foto Ladislav Šimon