

Keď sa trasie Slovensko

O zemetraseniach často počujeme zo zahraničia, no ak sa nám zem zachveje pod nohami, sme v panike, podobne ako nedávno 21. februára. „U nás nie je taká seizmicita a ani v budúcnosti nebude ako kdesi v Stredomorí – v Turecku, Taliansku či v Grécku. Ale to, že sa občas – rádovo za niekoľko rokov – aj u nás niečo zatrasie a vzniknú menšie škody, je úplne bežná vec,“ upokojuje významný slovenský geológ a odborník na tektoniku RNDr. JÁN MADARÁS, PhD. (59). Čo sa stalo vo februári pod Rohovcami? Môžu prísť aj ďalšie otrasy? Zobudia sa naše dávno vyhasnuté sopky? Kedy bude mať Slovensko more?



■ **V poslednom čase sa nám pod Slovenskom akosi trasie zem. Čo to znamená? Alebo je všetko v poriadku?**

Myslím si, že je to pomerne bežná vec. Možno je trochu výnimočné, že sa nám v ostatných rokoch stretlo pár javov z geologicky odlišných oblastí. Seizmicky aktívne oblasti majú teoretickú periódu návratnosti javov, kým sa v zlomovej zóne znovu nahromadí dostatočné napätie potrebné pre vznik zemetrasenia, no nie je to pravidelný cyklus. Trochu by som ho prirovnal k tzv. storočnej vode, ktorá sa na vodnom toku nemusí prejaviť len raz za sto rokov, ale k extrémnej situácii dôjde opakovane po niekoľkých rokoch a potom môže byť niekoľko desaťročí pokoj. Alebo sa nám storočné vody vyskytnú v krátkom časovom slede na vzdialených tokoch v rôznych povodiach. Takže aj pri zemetraseniach: pokiaľ sa nám dve periódy zhodou okolností stretnú v plus-mínus blízkom čase, tak to vytvorí dojem, že sa nám zem trasie viac. Zemetrasenia na východnom Slovensku v roku 2023 a teraz v juhozápadnej časti krajiny sa vyskytli v geologicky a tektonicky odlišných celkoch, bez priameho súvisu.

■ **Z čoho vzniklo zemetrasenie, ktoré zatraslo Slovenskom v sobotu 21. februára tohto roku? Pocitili ste ho?**

Mal som tú „smolu“, že sme práve boli s manželkou na výlete na Devínskej Kobyle.

■ **Tam sa to netriaslo?**

To by museli byť veľmi silné otrasy, aby ich človek pocítil priamo na skalnom podloží na kopci. Ale asi dve minúty po zemetrasení mi volal sused z Devínskej Novej Vsi, ktorý býva na ôsmom poschodí v paneláku. Stáva sa dosť často, že aj vzdialenejšie zemetrasenia pocítia ľudia vo výškových budovách, v panelákoch na bratislavských sídliskách.

„Slovensko je relatívne veľmi bezpečná krajina.“

Ľudia nám posielali elektronické dotazníky, všetky sa detailne a kriticky vyhodnocujú, ale najradšej máme také, ktoré nám prichádzajú z prízemných domov alebo bytov na nižšom než piatom nadzemnom podlaží.

■ **Prečo?**

Pretože na vyšších poschodiach sú zvyčajne otrasy intenzívnejšie pocítené, čo súvisí s väčším výkyvom budovy ako na prízemí. Čiže záleží na mieste, kde sa človek v tej chvíli nachádza, na samotnom geologickom podloží, či je to na skalnom podloží alebo na hrubých vrstvách štrkov, pieskov a hĺn, ktoré sú náchylnejšie na šírenie a viacnásobné odrazy povrchových vln. No aj v prípade „paneláku“ je dôležité, v akej polohe je umiestnený voči prichádzajúcim vlnám. Preto napríklad v Petržalke alebo na Dolných honoch, kde sú panelové bloky postavené v akýchsi geometrických obrazcoch, nemuselo byť zemetrasenie všade rovnako pocítené, hoci sú domy postavené na rovnakom podloží. Tiež je dôležité, či ide o dennú alebo nočnú hodinu, ľudia sú rozlične senzitivní.

■ **Je Slovensko náchylné na zemetrasenia? Zvyknúť sme na správy z Japonska, Indonézie, kde sa to trasie oveľa viac. Zdalo sa mi, že sme v tomto smere bezpečná krajina, hoci som februárové zemetrasenie strávil v električke, čiže som ho vôbec necítil...**

Môžem vás uistiť, že sme relatívne veľmi bezpečná krajina, pretože sa v rámci pomyslenej veľkej mapy zemetrasení nachádzame kdesi na okraji aktívnych zemských dosiek. Takže u nás nie je taká seizmicita a ani v budúcnosti nebude ako kdesi v Stredomorí – v Turecku, Taliansku či v Grécku.

Ale to, že sa občas – rádovo za niekoľko rokov – aj u nás niečo zatrasie a vzniknú menšie škody, to je bežná vec.

■ **Môže byť u nás zemetrasenie také silné, že presiahne Richtеровu stupnicu?**

Richtеровu stupnicu už nepoužívame, stačí používať magnitúdu – to znamená veľkosť zemetrasenia z hľadiska uvoľnenej energie, alebo – čo je odlišné, ak opisujeme makroseizmické účinky zemetrasenia na ľudí, stavby, prírodu – tak európsku makroseizmickú stupnicu EMS-98. Ak hovoríme o stupnici, hovoríme o intenzitnej škále alebo intenzitnej stupnici, čo je niečo iné ako magnitúda.

■ **Kedy teda u nás bolo najsilnejšie zemetrasenie, keďže naše územie je na spomínanom okraji?**

Historicky najsilnejšie zemetrasenie bolo u nás v druhej polovici 18. storočia – v roku 1763 v Komárne. O dvadsať rokov neskôr bolo ďalšie a dotrasy boli až do polovice 19. storočia. Čiže po veľmi silnom zemetrasení v Komárne v roku 1763 upokojenie celej oblasti trvalo takmer deväťdesiat rokov. Zlomy v zemskej kôre sa museli stabilizovať, napätie sa postupne redukovalo. Samozrejme, vtedy neboli seizmické stanice, ale vieme o udalostiach zo súdobých zápisov. Vieme, že pre Komárno pri veľkom otrase, ktorého magnitúda dnes odhadujeme nad šesť – medzi 6,2 až 6,5, to bolo veľmi ničivé, s desiatkami obetí. Podobný jav sa vyskytuje možno raz za päťnásť až dvadsať rokov napríklad v Grécku alebo v Taliansku, kým u nás sa vyskytne možno raz za päťsto rokov. Aj u nás sa môže udiť silné a ničivé zemetrasenie, no pokiaľ sa dodržiavajú stavebné normy, objekty by mali byť dimenzované aj na takéto javy. Pre príklad nemusíme chodiť ďaleko. Koncom roka 2020 bolo zemetrasenie s magnitúdom 6,4 s epicentrom pri meste Petrinja južne od hlavného mesta Chorvátska – Záhrebu. Škody boli veľmi vysoké – vyše päť miliárd eur, ale obetí na životoch bolo len sedem.

■ **Čo sa musí v zemi udiť, aby vzniklo zemetrasenie? Ide len o presun rôznych zemských dosiek alebo ho môže spôsobiť aj vulkanická činnosť?**

Aj aj. Dokonca sú tri možné spôsoby, pretože vie to ovplyvniť aj človek. Ale ak si vezmeme tektonické zemetrasenia – teda náhly pohyb na rozhraní zemských dosiek, tieto dosky a hranice medzi nimi môžu mať rôzne rozmery. Veľké vedú vyvolať silné zemetrasenia.

Foto: ÚJV SAV, TASR

Rohovské zemetrasenie sa podpísalo aj na budovách v okolitých obciach. Na snímke praskliny na stene materskej školy v Báci.





nia, aké boli v Japonsku, na Sumatre alebo v Turecku. Tam sa bloky na zlomových rozhraniach pohybujú v dĺžke rádovo stoviek kilometrov a samotné posuny po stranách zlomov bývajú aj niekoľko metrov, čiže je to obrovská energia. A ak hovoríme o našich mikrodoskách, že majú rozmery niekoľko tisíc štvorcových kilometrov, nie pár stotisíc, veľkosť či dĺžka „našich“ seizmicky aktívnych zlomov je niekoľko desiatok kilometrov, nie stovky až tisíce kilometrov, potom aj posun na zlome bude niekoľko centimetrov, nie metrov. Otrasy zeme pri veľkých a mimoriadne ničivých zemetraseniach trvajú aj dlhé minúty, u nás je to našťastie pár sekúnd. No aj to stačí na vznik škôd a vyvolanie všeobecnej paniky.

■ Dá sa to nejak znázorniť?

Predstavte si, že by som chcel posúvať nejakú ťažkú škatuľu. Na začiatku by som musel vyvinúť veľkú energiu na to, aby som ju v konečnom dôsledku silným trhnutím o kúsok posunul. Na to, že ju chceme posunúť, musím pôsobiť silou a keď presiahne medzu pevnosti, alebo v našom prípade medzu trenia medzi podložkou a škatuľou, vtedy dôjde k náhlemu posunu, uvoľneniu energie a to je aj princíp vzniku zemetrasenia. Táto energia sa môže zbierať desiatky, stovky ba i tisíce rokov. Závisí to od veľkosti a rýchlosti pohybujúcej sa zemskej platne, veľkosti zlomu a aj od celkového mechanizmu pohybu. Ak sa Afrika tlačí smerom na Európu, je to pomalší pohyb, než keď sa India zrazila s Euráziou a vytvorila Himaláje. Tlak stále pretrváva, preto sú tam časté zemetrasenia.

■ Pri vulkanickej činnosti to funguje ako?

V hĺbke sa zbiera magma a chystá sa sopečný výbuch. Ako sa magma tlačí do puklín, spôsobuje to napätia v okolitých horninách, ktoré sa prejavujú štatisticky veľmi vysokým počtom slabých zemetrasení. Postupom magmy k povrchu pri poklese tlaku

sa uvoľňujú aj sopečné plyny a fluidá, najmä horúca vodná para. V sopečných oblastiach však málokedy býva silné zemetrasenie.

■ Je to možné prirovnáť k tomu, ako keď v hrnci vriete polievka a pokrievka nadskakuje?

To je ďalší mechanizmus, ktorý sa skúma v ostatných dvadsiatich až tridsiatich rokoch. Ide o to, do akej miery podzemné vody v puklinách pri hlbokom obehú aj päť až desať kilometrov, kde sa ohrejú na dvesto až tristo stupňov a vznikne horúca para pod vysokým tlakom, majú vplyv na seizmickú nestabilitu. Predstavte si, že zabudnete utrieť mokrý spodok hrnca a on sa na platni sporáka začne kĺzať a poskakovať práve vďaka veľkému pretlaku fluid – pary. O tomto sa uvažuje, že je to jedna z možných príčin zemetrasení, pretože vplyvom tlakov fluid môže dôjsť k posunutiu horninových blokov v oslabenom zlomovom rozhraní.

„Dotrasy boli až do polovice 19. storočia.“

■ Môže to spôsobiť aj samotná magma?

Samozrejme. Ale u nás sú už sopky milióny rokov nečinné, najmladší vulkán je Putikov vršok pri Novej Bani a ten má vek okolo stotisíc rokov. Geologicky je to veľmi mladá záležitosť, ale pradáva z pohľadu ľudského veku.

■ Prečo sa praktinent kedysi dávno rozpadol a prečo sa podzemné dosky stále posúvajú? Čo sa deje v podzemí? Je to spôsobené zemským jadrom a tým, čo je okolo neho?

Presne tak. Je to dynamika samotného vnútra Zeme. Naša planéta má svoje sféry, v strede je tuhé železo-niklové pevné jadričko, okolo neho je poloplastické železo-niklové jadro, potom celý zemský plášť a okolo neho je tenučká zemská kôra. Jadro je horúce, má

◀ **Škody po zemetrasení v Ďapalovciach v okrese Vranov nad Topľou, ktoré zasiahlo východné Slovensko 9. októbra 2023. Zemetrasenie malo silu 4,9 lokálneho magnitúda, bolo v hĺbke 17,8 kilometra a jeho epicentrum sa nachádzalo v katastri obce Ďapalovce.**

päť- až šesťtisíc stupňov, je tam totiž ešte zvyškové teplo z čias, keď sa Zem pred miliardami rokov formovala, no hlavným zdrojom tepla je rádioaktívny rozpad prvkov..

■ Čiže tam prebieha rádioaktívna reakcia?

Áno, veľmi pomalá, ale neustále vyrába energiu, teplo. Teplo vzniká aj trením hmôt zemského plášťa pôsobením gravitačných síl Mesiaca a Slnka. A toto všetko spôsobuje, že v plášti nastáva konvekčné prúdenie. Ak si predstavíte rýchlovarnú kanvicu, ktorá začne zospodu zohrievať vodu a ak by sme ju mali trochu prifarbenú, videli by sme, že robí slučky. Teplejšia voda začne stúpať hore, chladnejšia postupne klesať, pretože je ťažšia. Podobne je to aj v tom vašom hrnci s polievkou.

■ Kde sa nachádzajú dosky, o ktorých sme hovorili?

Samotná zemská kôra je tuhá, má hrúbku okolo tridsať až štyridsať kilometrov. Pod ňou je poloplastická astenosféra, ktorá siaha do hĺbky sto až šesťsto kilometrov. Tá umožňuje vďaka konvekčným prúdom zvnútra Zeme pohyb a rozlamanie zemských dosiek. Je to niečo podobné, ako keď sú na hladine polámané ľadové kryhy a posúvajú sa. To spôsobilo aj to, že sa v geologickej histórii Zeme kontinenty spájajú a rozpadávajú. Cyklus sa volá Wilsonov a trvá približne päťsto miliónov rokov, my sme teraz kdesi v polovici procesu, keď je Zem akoby najviac rozlamaná v rámci jednotlivých kontinentov. Zmeraní súčasných pohybov veľkých zemských platní vieme, ktoré sa k sebe približujú, zrazia sa a vznikne nové pohorie, spoja sa, a ktoré sa od seba vzdalujú. Takže môžeme predvídať, čo sa stane so Zemou o ďalších 50- až 100 miliónov rokov, ako sa približne zmení geografia pevnín a morí, kontinentov a oceánov, pohorí a nížín.

■ Vedeli by ste predvídať, či by niekedy v ďalej budúcnosti mohlo mať Slovensko more? Žeby sa tu „niečo“ odtrhlo?

Myslím si, že to more príde. V našej geologickej histórii bolo územie Slovenska buď pod morom, alebo bolo pri mori častejšie ako bez mora. Posledné slané more tu bolo pred 13 – 14 miliónmi rokov. Potom sa začalo vysladzovať a vzniklo obrovské Panónske jazero, niečo podobné, ako je dnes Kaspické more. Až postupne zaniklo. Morské pláže a prímorské prostredie sme mali ešte sedem či osem miliónov rokov dozadu. Tektonickým pohybom je vysoko pravdepodobné, že v relatívne krát-

► **V Dome kultúry v Lehniciach to po zemetrasení 21. februára tohto roku vyzeralo takto.**

kej geologickej budúcnosti – o pár miliónov rokov – sa dosky tak usporiadajú, že k nám prenikne morská záplava buď od Čierneho mora, alebo od Jadranského mora alebo od severu. Južné časti Slovenska ako Dunajská, Juhoslovenská a Východoslovenská nížina sa znovu stanú príbrežnými oblasťami.

■ **Aká hrubá je zemská kôra pod Slovenskom?**

Ako kde. V našich podmienkach hrúbka zemskej kôry narastá v smere od juhu na sever z nejakých 26 až 27 kilometrov na 36 až 37 kilometrov. Rozdiel v hrúbke zemskej kôry je teda približne desať kilometrov. Preto má Maďarsko veľký potenciál geotermálnej energie a termálnych vôd, lebo je tam väčšie prehriatie od astenosféry v relatívne malej hĺbke. Takže ak sa urobí dvoj- až trojkilometrový vrt, tak majú vodu s teplotou aj vyše sto stupňov. Ale čím by sme šli severnejšie, tak prehriatie klesá. Ak sa pohybujeme v starých zónach pohorí, čo už dnes neexistujú: napríklad Český masív bolo kedysi obrovské vysoké pohorie a dnes

„U nás sú už sopky milióny rokov nečinné.“

je už kompletne zrovnané, no jadro zostalo a pod ním je hrúbka kôry okolo štyridsať kilometrov. Pod Škandináviou je hrúbka až päťdesiat – šesťdesiat kilometrov. Podobne je to aj pod Alpami, ktoré sa nasúvali na seba ako také karty. Fyzikálne je dané, že čím je pohorie vyššie, tým je aj hrúbka kôry väčšia, v Himalájach je to napríklad osemdesiat až sto kilometrov. A čím je oblasť geologicky staršia, tak takisto je kôra hrubšia.

■ **Kde je najtenšia?**

Pod oceánmi, tam má hrúbku okolo desať kilometrov.

■ **V podstate aj naše Tatry vznikli navrstvením dosák?**

Presne tak. Z hľadiska geofyziky a hustoty látok, čím je pohorie vyššie, tým sú horniny ľahšie. Je to akoby taká šľahačka na tmavej, ťažšej a horúcej káve.

■ **Ale tatranská žula je predsa dosť ťažká.**

Lenže zároveň je menej hustotne ťažká, než sú zásadité hlbinné horniny, ako sú amfibolity alebo diority pod ňou. Je tam rozdiel niekoľko desiatín gramu na kubický centimeter,

a to stačí na to, že tieto horniny pokladáme za relatívne ľahké a spodné za ťažké.

■ **Takže februárové zemetrasenie, ktoré malo epicentrum v Rohovciach, bolo spôsobené tým, že sa pod zemou zrazil tektonické dosky?**

Áno. Na základe parametrov tohto zemetrasenia – a pomáha nám aj to, keď ešte máme aj slabšie dotrasy – vieme vykresliť zónu, kde došlo k pohybu, vieme vypočítať hĺbku, kde došlo k pohybu, čiže hypocentrum, a vieme aj určiť charakter tektonického pohybu. Či sa zemske dosky kĺzali popri sebe, alebo jedna nasunula nad druhú, alebo jedna klesla pod druhú. Vždy je to nejaká kombinácia týchto pohybov. V prípade tohto rohovského zemetrasenia máme pohyb taký, že sa nám jeden horninový blok posúva popri druhom a rozhraním medzi nimi je strmo uklonený zlom. Teoreticky to vieme napasovať na strmo až takmer vertikálne uklonenú zlomovú zónu, ktorá ide zhruba v smere severovýchod – juhozápad paralelne s pohorím Malých Karpát.

■ **Z Rohoviec alebo Šamorína nie je až tak ďaleko do Komárna, kde bolo už v minulosti niekoľko zemetrasení. Súvisí to nejakou spolu?**

Zo Šamorína nie je do Komárna ďaleko, ale komárňanská ohnisková zóna je iná. Tá je viazaná na hlboké zlomy, ktoré oddeľujú karpatské a panónske mikrodosky. Južne od Komárna alebo Štúrova sú geologické jednotky trochu odlišné od tých, ako ich poznáme v našich Západných Karpatoch.

■ **Akou rýchlosťou sa môžu posúvať tektonické dosky?**

Podľa toho, v ktorej oblasti. Najrýchlejšie pohyby sú tie, ktoré rádovo dosahujú desať – dvadsať centimetrov ročne. Ak sa však také dosky pohybujú ročne desať centimetrov na dĺžke zlomového kontaktu pár tisíc kilometrov, je to obrovská energia, ktorá sa tam akumuluje a tá vie spôsobiť aj obrovské zemetrasenie. To je už spomínaná Indonézia, Sumatra, Japonsko a Turecko, kde dochádza k takémuto geologicky rýchlemu pohybu. Čím však ideme ďalej do pokojnejších oblastí, do mikrodosiek, tým je tento pohyb rádovo menší. My tu na Slovensku hovoríme o tom, že naše Karpaty sa dlhodobo pohybujú smerom na severovýchod, akoby sa vytlačali z oblasti Álp. Lenže rýchlosť je možno jeden – dva centimetre ročne, čiže desaťkrát menej, než je pri veľkých doskách. Preto aj



kumulácia energie na vznik zemetrasenia trvá oveľa dlhšie, ale zároveň sa tu nikdy nemôže nakumulovať toľko energie, aby tu vzniklo veľké zemetrasenie.

■ **Dá sa zistiť, koľko sa toho posunulo vo februári pod Rohovcami?**

Zatiaľ ešte nevieme, ale vychádzame z toho, čo bolo dva a pol roka späť pri Ďapalovciach pri východoslovenskom zemetrasení, ktoré malo magnitúdu takmer päť. Na základe rôznych geodetických meraní a satelitných snímok povrchu tam predpokladáme posun na niekoľko centimetrov. Keďže v Rohovciach bolo osemkrát slabšie zemetrasenie, ako bolo na východe, teoreticky môžeme uvažovať o necelom centimetri. Nie je to veľká hodnota, ale zatriasla. Ak si uvedomíme, že tento jeden centimeter pohybu sa prejavil na dĺžke možno dvadsiatich kilometrov, tak je to tá energia, čo sa uvoľnila a prejavila sa seizmických vln.

■ **Majú tieto posuny nejaké varovné príznaky? Vedeli by ste predpovedať, že sa to posunie?**

Pokiaľ by sme mali nekonečne financovanú, nekonečne veľkú sieť seizmických staníc, čo je však aj nekonečne nereálne, tak by sme možno niečo vedeli. Lenže ani vtedy by sme to nevedeli povedať s úplnou istotou. Varovné signály sa objavujú. Ak by sme merali vyžarovanie radónu – rádioaktívneho prvku, ktorý

sa po aktívnych zlomoch dostáva na zemský povrch, ak by sme mali extrémne veľa sond alebo vrto, kde by sme skúmali pohyby hladiny podzemnej vody, keby sme tam mali sústredené satelitné merania s presnosťou na menej ako milimeter, merania napätového stavu v hornine a na zlomoch, merali elektrické alebo elektromagnetické pole, ktoré sa v horninách vytvára, tak by sme to teoreticky vedeli predvídať. Lenže prakticky to nie je možné nikdy. V Japonsku, Číne či v Turecku, kde dochádza k silným zemetraseniam, vedia, že sa pohybujú v oblasti, kde sa zemetrasenie môže prejavovať v takej a takej veľkosti, ale nikto nevie dopredu predpokladať, kedy sa tak stane. Boli také snahy, evakovali nejakú oblasť, nakoniec nič neprišlo. Ľudia sa vrátili späť a zemetrasenie sa udialo.

■ **Zrejme je to ľahšie určovať pri sopkách, keď predtým nastávajú otrasy, sopky začínajú dymiť...**

Pri sopkách áno a dobrým príkladom je napríklad sopečná aktivita na Islande, na polostrove Reykjanes pri sopke Fagradalsfjall. Tam je veľmi hustá sieť seizmometrov, ved' len napríklad dva ústavy z Českej akadémie vied tam majú asi sedemnást seizmických staníc a podobných pracovísk je viacero, takže na malej ploche je inštalovaných okolo sto seizmometrov. Sú tam aj presné geodetické a satelitné merania, a preto sa im podarilo určiť, že sa magma presúva pod povrchom a vznikajú mikrozemetrasenia. Že sa mení chemizmus plynov, zvyšuje sa teplota pary. Preto pred piatimi rokmi dokázali predpovedať sériu prvých erupcií

s presnosťou na jeden deň. Pri sopkách sa toto dá určiť relatívne veľmi presne.

■ **Čo si myslíte o vrte na polostrove Kola na severozápade Ruska? Údajne sa z neho ozývajú tajomné hlasy, môže byť tento zvuk spôsobený práve posúvaním tektonických dosiek?**

Presne tak. V roku 1992 som bol na študijnom pobyte v Kolskom vedeckom inštitúte, nebol som síce pri vrte, pretože vtedy už boli veľké ekonomické problémy ohľadne ďalšieho vrtania a vrt skončil nie z technických dôvodov, ale finančných. Ale z vrty sme mali k dispozícii vzorky na výskum. Kolský

„Karpaty sa dlhodobo pohybujú smerom na severovýchod.“

vrt je hlboký vyše dvanásť kilometrov, vrátili ho s obrovskými nákladmi a technickými výzvami. Musíte si predstaviť, že pri ústí vrty je teplota kameňov blízka nule a niekde v hĺbke dvanástich kilometrov je to už dvesto – dvestopäťdesiat stupňov, plus vysoký litostatický tlak a tlak fluíd. Bola to naozaj výzva, ako dôjsť do takejto hĺbky, pretože odvtedy sa to nikomu nepodarilo v priamej dĺžke. Už sa síce podarilo navrátať aj dlhšie vrty – do 15 km, ale zakrivené a končiace v menších hĺbkach, tlakoch. Vrt je zapazený – vystrojený železnými rúrami, sú v ňom tlaky fluíd, mikropohyb horúcich hornín voči sebe, trenie a toto všetko môže spôso-

bovať, že sa v ňom objavujú nejaké zvuky, ktoré môžu byť aj relatívne príserné. Ale to nie sú zvuky pekla, peklo by som hľadal skôr na súčasnej Zemi. (smiech)

■ **Konšpirátori radi básnia o tajomnej podzemnej ríši Agartha, kde to vyzerá podobne ako na Zemi a majú tam dokonca aj oblohu. Čo na to hovoríte?**

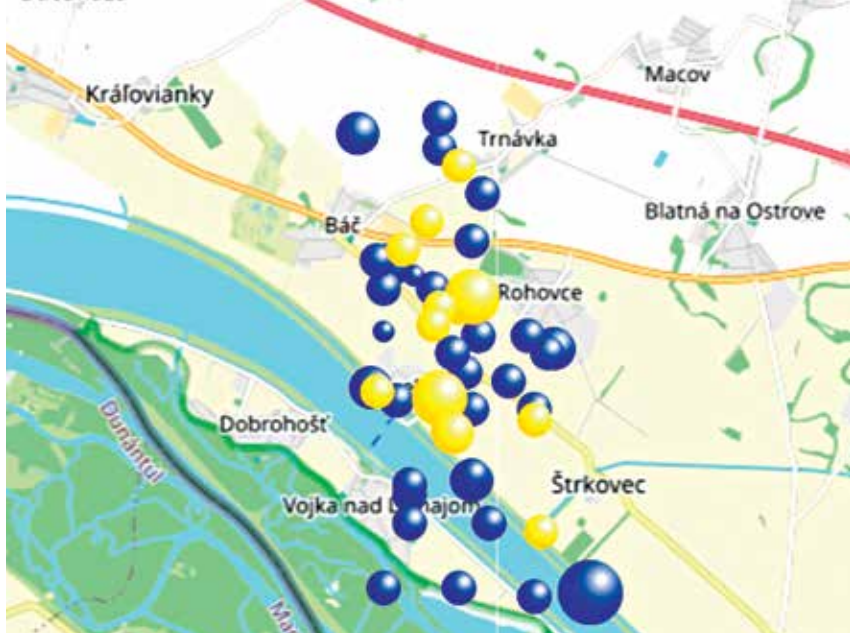
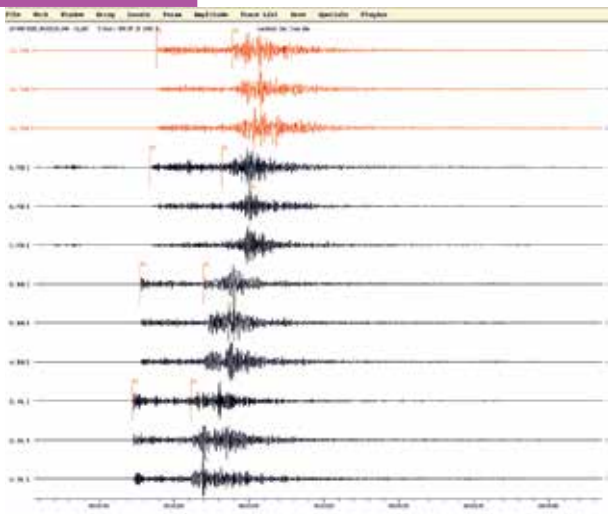
Takisto ma to fascinuje, ved' skoro všetci sme čítali Verneovku Cesta do stredu Zeme. Veľmi sa mi páčilo takéto premostenie, keď sme minulý rok boli na Islande, že sa Verneho výskumníci cez tamojšiu sopku Sneffels dostanú do podzemného sveta, kde zažijú rôzne príbehy. Takisto je tam svetlo a obloha, je to taká fantasy krajina. Putujú a putujú a na zemský povrch vyjdú cez sopku Vezuv. Hovorí sa, že v štruktúre Zeme je viazanej viac vody, než na jej povrchu. Môže to byť pravda, pretože voda je v chemickej a kryštalickej štruktúre mnohých minerálov a hornín. Ak si zoberieme obrovský objem plášťa, tak by sme v ňom naozaj mohli narátať väčší objem vody, než na povrchu. A pri týchto obrovských tlakoch a teplotách je nemysliteľné, aby tam bol ešte aj veľký priestor, ktorý by obývali nejaké bytosti, čo by tam mali svoj vlastný svet. Ale je to milé a mám rád aj takéto príbehy.

■ **Mohla by sa na našom území zobudiť sopečná činnosť?**

Teoreticky, ale prakticky je to už dosť vylúčené. Sopečná činnosť tu bola veľká vtedy, keď sa v čase štrnást – pätnásť miliónov rokov dozadu uzatváral oceánsky priestor. Mali sme tu ešte zvyšky morí, zblížovali sa tu mikrodosky, čo som spomínal na začiatku. Vte-

► **V roku 2023 zasiahlo tureckú provinciu Kahramanmaras ničivé zemetrasenie s magnítúdom 7,8. Aj toto je výsledok...**





▲ Vľavo príklad manuálnej analýzy dotrasu z 10. marca 2026 zo štyroch seizmických staníc – Tematín, Podhorie a Jalšové, ktorý trval menej než sekundu. Vpravo lokalizácie epicentier zemetrasení od 21. februára do 13. marca 2026. Najväčší modrý kruh južne pod osadou Štrkovec označuje hlavný otras s lokálnym magnitúdom 4,3. Ostatné modré a žlté kruhy predstavujú dotrasy, ktorých bolo zatiaľ seizmometricky zaznamenaných a lokalizovaných 50.

dy bola silná sopečná a seizmická aktivita. Krajina bola úplne iná, pestrá. Bolo tu teplé more, bolo to tu podobné, ako dnes vidíme v Stredomorí. Tam sú aj pláže, aj zemetrasenia, aj sopky – nie je to len Vezuv a Etna, ale aj Vulcano, Stromboli, Santorini a tak ďalej. Počas miliónov rokov sa táto aktivita postupne ustálila, dosky sa priblížili k sebe, priestor sa uzavrel a aj sopečná aktivita ustala. Spomínaný Putikov vršok už bolo iba lokálne prasknutie zemskej kôry a výlev lávy. Táto sopka mala trvanie asi tri týždne, možno mesiac a to bolo všetko. Ak by sme to ráтали od pätnásť miliónov rokov po obdobie pred stotisíc rokmi, tak medzitým boli dlhšie obdobia, kedy tu nebola nijaká sopečná činnosť.

■ **Po februárovom zemetrasení sa na Slovensku zachvela zem ešte aj 10. marca. Mali obe zemetrasenia niečo spoločné?**

To sú presne spomínané dozvuky hlavného otrasu, ktoré voláme dotrasy.

■ **Čo bolo medzitým?**

Od 21. februára do 13. marca 2026 máme seizmometricky zachytených vyše päťdesiat dotrasov a z nich bolo, alebo mohlo byť, sedem – osem pocítených. Vždy po hlavnom otrasu sú nejaké časti zlomu, kde zostala zvyšková energia a celá postihnutá zlomová zóna sa potrebuje napätovo upokojiť, usadiť.

■ **Takže ešte môžu byť ďalšie?**

Môžu. Ale keby ich bolo aj sto, ich celková uvoľnená energia bude malou časťou tej, čo sa uvoľnila pri hlavnom jave.

■ **Mohlo by byť aj ďalšie podobné zemetrasenie, ako bolo vo februári? Alebo sa tá energia vyburila a bude sa nejaký čas zbiehať ďalšia?**

Skôr tak. Je mizivý predpoklad, že by v blízkom čase mohlo prísť podobné alebo väčšie zemetrasenie v tejto oblasti.

■ **Na Slovensku máme pätnásť seizmických staníc a jedna z nich je v Bratislave na Železnej studničke. Čo je v nej?**

Je to nenápadná malá chatka v opustenom kameňolome, za ňou je v skale vchod do štôlne, v ktorej máme seizmické prístroje, čo zaznamenávajú otrasy. Dokonca podľa otrasov vždy vieme, kedy okolo prešiel autobus, ktorý tam vozí výletníkov. Takže mohli by sme takto kontrolovať, či chodí presne. Tieto seizmické stanice sú rovnomerne umiestnené po celom území Slovenska.

■ **Máte aj iné zdroje meraní?**

Okrem tejto Národnej siete seizmických staníc máme možnosť využívať aj lokálne siete, ktoré sú okolo našich dvoch jadrových elektrární Jaslovské Bohunice

„Podľa otrasov vieme, kedy okolo prešiel autobus.“

a Mochovce. Potom je aj lokálna sieť východné Slovensko a ešte desiatky ďalších seizmometrov, ktoré sú na Slovensku v rámci medzinárodných projektov. To znamená, že v súčasnej dobe je územie Slovenska z hľadiska seizmicity dobre monitorované a máme dostatok seizmických prístrojov, ktoré, pochopiteľne, tiež vyžadujú údržbu, opravy, výmeny, modernizácie. V rámci medzinárodnej siete využívame aj stanice zo zahraničia, najmä z Poľska, Česka, Rakúska a Maďarska.

■ **Čo viete pomocou týchto prístrojov zistiť?** Slúžia nám na analýzy zemetrasení a dotrasov. Pomocou nich vieme určiť, aký

bol mechanizmus, to znamená, na akom type zlomu zemetrasenie vzniklo, aký bol pohyb, aká bola hĺbka, veľkosť...

■ **Vedia prístroje zaznamenať otrasy iba vo svojom okolí?**

Nielen. V roku 2007 sme boli zapojení do vyšetrovania výbuchov v delaboračnom sklade pri Novákoch. Tam sme riešili obrátenú úlohu, to znamená, že sme presne poznali epicentrá výbuchov, ale z analýz seizmických vln, ktoré zachytili okolité stanice, sme určovali polohu epicentra, ako keby sme ho nepoznali, a tak si porovnali presnosť určenia. Pre vyšetrovateľov boli veľmi dôležité presné časové údaje, kedy k výbuchom došlo a koľko ich bolo. A dokonca naše seizmické stanice vedeli s oneskorením zachytiť aj tlakové a zvukové vlny, ktoré výbuchy spôsobili. Ak sa seizmické vlny šíria rýchlosťou rádovo niekoľko kilometrov za sekundu, tak tlaková vlna sa šíri spočiatku nadzvukovou rýchlosťou a čím je ďalej od zdroja, tak jej rýchlosť klesá na rýchlosť zvuku, čo je okolo 340 metrov za sekundu.

■ **Zachytili ste aj výbuch spomínanej islandskej sopky?**

Samozrejme. Seizmometre bežne zachytia zemetrasenia väčšie než s magnitúdom päť z celej Zeme. Trvá to pätnásť až dvadsať minút, kým k nám „pribehne“ zemetrasenie z oblasti Indonézie. Z Islandu to trvá štyri až šesť minút.

■ **V akej hĺbke bolo februárové zemetrasenie pod Rohovcami?**

Prvé určenia boli okolo 7 km, postupne sa spresňujú, takže vo výsledku bude okolo 4 – 4,5 km. Je to na rozhraní geologicky mlaďej výplne štrkov a pieskov Dunajskej panvy a pevného podložja starých hornín.

■ Viete tektonickú dosku zmerať?

Len veľmi približne. Aj naznačenie zlomov vychádza z geofyzikálnych metód, niekedy aj z vrto, gravimetrických meraní – meraní hustoty hornín. Existuje niekoľko metód, pomocou ktorých je možné určiť smerovanie nejakej zlomovej zóny.

■ Čo by sa stalo, keby sa tektonické dosky vôbec neposúvali?

Skončili by sme ako Mars, planéta bez života.

■ Prečo?

Lebo posuv týchto dosiek je motorom zmien zemského povrchu a života na Zemi. V geologickej histórii to vždy bolo tak. Zem má neuveriteľné šťastie, že má optimálnu veľkosť, vzdialenosť od Slnka, rýchlosť rotácie, sklon zemskej osi, obežnicu Mesiaca... Mars je malý, preto veľmi rýchlo vychladol, za možno dve miliardy rokov. Keď sa na Zemi začal vyvíjať veľmi primitívny život, taký mohol byť aj na Marse, len tam to celé pomi-

nulo. V podstate došlo k tomu, že tam ustala činnosť pohybu dosiek, voda vďaka menšej gravitácii unikla do vesmíru. Vulkány a zemetrasenia, to nie je len ničivá činnosť, ale je to aj zdroj a prísun minerálnych látok,

„Skončili by sme ako Mars, planéta bez života.“

ktoré sú potom konzumované rôznymi organizmami. Má to veľký význam v kolobehu prírody. Pokiaľ by sme toto nemali, skončíme ako Mars alebo Mesiaca – ten má možno v jadre nejaké malé zvyškové teplo. Na oboch vesmírnych telesách je aj veľmi slabá seizmická činnosť. Skôr súvisí s dosahmi meteoritov, v prípade Mesiaca je to živšie, lebo tam aspoň gravitačne dynamicky vplýva Zem..

■ Ale laik by si povedal: Zem vychladne, Piešťany skrachujú, no naša planéta bude naďalej obiehať okolo Slnka a teplo bude prichádzať zvonku...

Áno, ale teplo, ktoré stále ide zvnútra planéty, minimálne zaručuje pohyb kontinentov a zmenu. Antarktída kedysi tiež mala tropické lesy a dnes je to zem, čo je úplne pod ľadom. Alebo India, Madagaskar, juh Afriky a Austrália boli kedysi na juhu spojené s Antarktídou. Potom sa oddelili a začali putovať na sever. Je preto pre mnohých prekvapivé, že v Indii alebo v Juhoafrickej republike by sme našli miesta, o ktorých by sme vedeli povedať, že kedysi pradávno boli pokryté ľadovcom. To je taká neustála zmena, ktorá Zem posúva do iných dimenzií vývoja prírody. Bez vnútorného tektonického pohybu a vnútornej dynamiky by sme naozaj boli mŕtvou planétou.



Dan Himič

RNDr. JÁN MADARÁS, PhD. (59)

geológ a odborník na tektoniku

Pôsobí ako generálny riaditeľ Ústavu vied o Zemi SAV v Bratislave.

V roku 1990 vyštudoval odbor Geochémia, základná a ložisková geológia na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave. Absolvoval študijné pobyty na Univerzite Tübingen v Nemecku, na Imperial College v Londýne, na UK v Prahe, v Geofyzikálnom ústave AV ČR, BRGM Orleans vo Francúzsku.

Bol členom výskumného tímu prípravy a realizácie digitálnych geologických máp Slovenska, členom výskumného tímu v problematike vyhľadávania podzemných úložísk nebezpečného odpadu, realizuje neotektonický výskum Slovenska v spojitosti s vymedzením seizmicky aktívnych oblastí.

Viac než dve desaťročia pôsobil v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra, v rokoch 2008 – 2010 ako námestník pre vedu a výskum. V rokoch 2013 – 2015 bol zástupcom riaditeľa Geologického ústavu SAV, 2015 – 2018 vedúcim Geologického odboru v Ústave vied o Zemi SAV a od roku 2018 je jeho generálnym riaditeľom.

Je úspešným riešiteľom projektov APVV, VEGA, Environmentálneho fondu, štruktúrnych EÚ projektov, podľa databázy Web of Science je jeho H-index 7, je autorom alebo spoluautorom 8 publikácií s počtom citácií 221.



Geológ RNDr. Ján Madarás, PhD., na výskume jaskyne v Kozích Chrbtoch.