



„GEOVEDY PRE KAŽDÉHO“

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,
Katedra fyzickej geografie a geoekológie

a spoluriešiteľské organizácie:

Gymnázium, Ul. Ladislava Sáru 1, Bratislava

Gymnázium na Hubeného ulici, Hubeného 23, Bratislava

Gymnázium Matky Alexie, Jesenského 4/A, Bratislava

ČO NÁM HROZÍ Z PODZEMIA?

doc. RNDr. Jozef Hók, CSc

2010

Územie Slovenska je temer bezo zvyšku tvorené Západnými Karpatmi, len južné oblasti sú súčasťou Panónskej panvy, ktorá sem zasahuje z oblasti Maďarska. Karpaty, ktoré sa delia na Západné, Východné a Južné, sú súčasťou európskeho alpínskeho orogénu, ktorý sa v dvoch vetvách – severnej a južnej tiahne od pobrežia Atlantického oceánu smerom na východ. Horská reťaz alpíd vznikla postupným uzavretím oceánu Tethys (*Tethys gr. – sestra a manželka Okeánova, matka Európy*) v mezozoiku (druhohorách) a v terciéri (tret'ohorách). Oceán Tethys sa rozprestieral medzi megakontinentami Laurasia (*podstatná časť dnešnej Euroázie*) a Gondvany (*podstatná časť dnešnej Afriky*). Posledným zvyškom Tethys je Stredozemné more v jazve medzi Európou a Afrikou, kde začína nový geotektonický cyklus.

Západné Karpaty sú podobne ako Alpy horským reťazcom vyznačujúcim sa príkrovovou stavbou s výrazným zonálnym usporiadaním a polaritou orogenetických procesov migrujúcich v čase od juhu na sever (*v dnešných zemepisných koordinátach*).

Morfologickú členitosť územia Slovenska výrazne ovplyvnila zlomová tektonika v období terciéru. Sedimenty terciéru vyplňajú panvy a kotliny (resp. tektonické depresie prejavujúce sa morfologicky ako kotliny), ktoré sú spolu s jadrovými pohoriami najcharakteristickejšími morfotektonickými štruktúrami Západných Karpát. Charakteristickou črtou kotlín je zlomové obmedzenie sedimentárnej výplne voči okoliu. Zlomy predstavovali oslabené časti kôry a sprostredkovali aj prívodné cesty neogénnych vulkanitov. Vznik terciérnych kotlín a neogénnych vulkanitov súvisí s tektonickými procesmi, ktoré sa odohrávali hlavne počas neogénu. Dnešný pomerne výrazný reliéf Západných Karpát dokumentuje pokračovanie tektonických pohybov aj počas kvartéru. Sedimentárne panvy a kotliny, ktoré boli založené v neogéne pokračujú vo svojom vývoji do recentu (*dnešného obdobia*). Viedenská, dunajská a východoslovenská panva majú aj v recente tendenciu neustále klesať. Najväčšia subsidencia (*poklesávanie*) je doložená v oblasti dunajskej panvy (gabčíkovská depresia až 1,0 mm za rok). Naopak, k najrýchlejšie stúpajúcim pohoriam sa radia Vysoké Tatry.

Recentnú tektonickú aktivitu zlomov potvrdzujú zemetrasenia dokumentované v historických dobách. Najmä oblasť Komárna a oblasť severozápadného ohraničenia Malých Karpát a oblasť Dobrej Vody sú seizmicky (*zemetrasne*) aktívnymi oblasťami Slovenska.

Zemetrasenie je zjednodušene definované ako vibrácie (vlnenie) Zeme vyvolané náhlým uvoľnením energie. Zemetrasenia z pohľadu príčiny ich vzniku (príčiny uvoľnenia energie) môžeme rozdeliť do niekoľkých typov. Najmenej početnou kategóriou sú závalové zemetrasenia, ktoré vznikajú pádom stropov jaskýň alebo podrúbaných banských priestorov

a zemetrasenia indukované napr. pri napustení veľkých priehradných nádrží alebo explóziách. Spomenuté typy zemetrasení sú zriedkavé aj keď môžu vyvolať vážne škody. Môžeme sem zaradiť aj zemetrasenia spôsobené dopadom meteoritov, ktoré predovšetkým v prehistorických dobách mohli mať nedozerne následky. Vulkanické zemetrasenia súvisia s vulkanickou činnosťou (cca 3% zemetrasení). V danom prípade časť otrasov vzniká pri prieniku magmy na zemský povrch a časť je spôsobená reaktiváciou zlomov. Najviac zemetrasení (odhadom až 95%), ktoré sú označované ako tektonické, vzniká na zlomoch. Zlomy sú obrovské pukliny v zemskej kôre, ktoré oddeľujú jednotlivé dosky resp. bloky najvrchnejšej časti kôry, ktorá je pevná, na rozdiel od spodných častí, ktorá sa správa elasticky. Obrazne si môžeme tieto bloky predstaviť ako ľad na rieke, pod ktorým prúdi voda. Ľad podobne ako zemská kôra je postupne lámaný a jednotlivé kryhy sú posúvané v dôsledku prúdenia vody. V zemskom plášti je prúdenie realizované v podobe konvekcie (*vertikálneho resp. vzostupného teplotného prúdenia*) teplejších mas v zemskom plášti, ktoré vystupujú ku kôre, tam sa ochladzujú a klesajú k jadrú, kde sa znovu zohrievajú. Pohyb na zlomoch je nepatrný, v extrémnych prípadoch predstavuje niekoľko centimetrov ročne. Nahromadená energia sa uvoľňuje práve na zlomových plochách resp. na kontakte dvoch blokov zemskej kôry, ktoré sú separované zlomovou plochou. Pohyb jednotlivých blokov sa môže realizovať vzájomným prekrytím blokov (*prešmyk*), oddialením (*pokles*) alebo pohybom vedľa seba (*horizontálny posun*). Názorne je možno proces vzniku zemetrasenia vysvetliť na kocke rôsolu, ktorú rozrežeme na dve časti čím vlastne vytvoríme zlom. Ak budeme tieto dve časti posúvať napr. vedľa seba pozdĺž vytvoreného „zlomu“, istú chvíľu sa nič neudeje, pretože napätie sa bude postupne hromadiť. Po istej chvíli dôjde na reze – zlome k pohybu a rôsol oboch kociek sa zatrasie – vzniklo zemetrasenie.

V prípade tektonických zemetrasení uvoľnenie energie začína obyčajne v jednom bode odkiaľ sa rýchlo šíri (rádovo sekundy) pozdĺž zlomovej plochy. Dĺžka trvania zemetrasenia a jeho veľkosť resp. intenzita je priamo úmerná dĺžke zlomovej plochy. Miesto pod zemským povrchom kde nastalo hlavné uvoľnenie energie a generovanie seizmických vln sa nazýva hypocentrum. Kolmý priemet miesta hypocentra na povrch Zeme sa nazýva epicentrum zemetrasenia. Od hypocentra resp. epicentra sa vlnenie šíri na všetky strany. Podľa hĺbky hypocentra rozlišujeme plytké zemetrasenia (do 70 km), ktoré predstavujú až 85% registrovaných zemetrasení, stredne hlboké (do 350 km) a hlboké (nad 350 km). Lokalizácia hypocentra a epicentra je možná na základe šírenia jednotlivých typov vlnenia, ktoré pri zemetraseniach vznikajú. Pre tento účel sú určené prístroje, ktoré nazývame seizmometre.

Seizmometer vybavený registračným zariadením sa nazýva seizmograf a záznam zemetrasenia v podobe krivky seizmogram. Seizmograf, okrem iných, registruje dva základné typy vlnenia. P – vlny (primárne vlny resp. pozdĺžne) sa šíria najrýchlejšie ($4 - 7 \text{ km.s}^{-1}$), sčasti aj preto lebo častice kmitajú v smere šírenia vlny (pozdĺžne). Tieto vlny sú seizmografmi zaznamenané obyčajne ako prvé (primárne). S – vlny (sekundárne vlny resp. transversálne) sú pomalšie ako P – vlny ($2 - 5 \text{ km.s}^{-1}$). V prípade S – vln častice kmitajú kolmo na smer šírenia vlny. Z časového rozdielu registrácie P a S vln je možno vypočítať vzdialenosť hypocentra od registračnej stanice. Vzájomným pretínaním vypočítaných vzdialeností z viacerých registračných staníc je následne možné lokalizovať hypocentrum resp. epicentrum seizmickej udalosti. Na tento účel slúžia národné siete seizmických staníc s nepretržitou prevádzkou, ktoré sú prepojené do globálnej celosvetovej siete. Na Slovensku je 12 seizmických staníc národnej siete, ktoré sú doplnené lokálnymi seizmickými sieťami v okolí jadrových elektrární Jaslovské Bohunice a Mochovce.

Veľkosť alebo intenzita zemetrasenia sa posudzuje alebo meria dvomi základnými spôsobmi. Prvý a v minulosti najpoužívanejší spôsob je hodnotenie škôd, ktoré zemetrasenie spôsobilo, pričom je posudzovaná jeho intenzita (I). Intenzita zemetrasenia (makroseizmické účinky) je mierou účinku seizmických vln na zemskom povrchu (napr. poškodenie stavieb). Zvyčajne sa vyjadruje rímskymi číslicami v poradí od I. do XII. pričom väčšie číslo znamená aj väčšiu intenzitu. Stanovenie intenzity zemetrasenia je často ovplyvnené subjektívnym posúdením prejavov ako aj rôznou odolnosťou stavieb a rôznym geologickým prostredím. Druhý spôsob merania sily (energie) zemetrasenia je magnitúdo (M). Výpočet magnitúda zemetrasenia je veľmi zjednodušené odvodený z dekadického logaritmu najväčšej amplitúdy seizmickej vlny registrovanej seizmografom a korekcie na vzdialenosť hypocentra a geologické podmienky. Magnitúdo po prvý raz zaviedli do praxe seizmológovia Charles Francis Richter (1900 – 1985) a Beno Gutenberg (1889 – 1960) pre oblasť Kalifornie. Práve podľa Richtera sa magnitúdo často nesprávne označuje ako „Richterova stupnica zemetrasenia“. Magnitúdo je teoreticky bezrozmernou veličinou. Jeho veľkosť, hlavne pri hodnotách vyšších ako 7, často závisí na konkrétnych geologických podmienkach v danom regióne. Z tohto dôvodu boli v seizmológii (*seizmológia je veda zaoberajúca sa zemetraseniami a štruktúrou Zeme*) zavedené lokálne a momentové magnitúdo. Najväčšie zaznamenané zemetrasenie (Chile, 1960) malo momentové magnitúdo s hodnotou 9,5.

Účinky silných zemetrasení majú často devastujúci účinok, ktorý je nezriedka znásobený sprievodnými javmi a procesmi alebo ich vzájomnou kombináciou. Medzi

najčastejšie patria vlny cunami a zosuvy pôdy. Cunami (*tsu jap. - prístav; nami jap. - vlna*) sú vlny s veľkou vlnovou dĺžkou (rádovo n.10 km), na otvorenom oceáne majú malú výšku (decimetre až prvé metre) a veľkú rýchlosť (500 – 700km.h⁻¹). Vznikajú pri podmorských zemetraseniach s magnitúdom spravidla vyšším ako 6,5, ale môžu byť vyvolané aj podmorskými zosuvmi a vulkanickou aktivitou (dopadom meteoritu). Na otvorenom oceáne sú temer nepostrehnuteľné. Devastujúci účinok sa znásobuje v plytkých pobrežných oblastiach kde ich výška v dôsledku nahromadenia vodnej masy drasticky narastá. Nezanedbateľný účinok má aj ich dlhé pôsobenie na pobrežie, ktoré je funkciou ich značnej vlnovej dĺžky. Ďalším častým sprievodným javom zemetrasení sú zosuvy. Zosuvy sú rôzne rýchle pohyby hornín alebo zvetranín, pri ktorých sú pohybujúce sa hmoty vertikálne a laterálne oddelené od pevného okolia. Zemetrasenie v danom prípade pôsobí ako spúšťací mechanizmus na relatívne stabilné oblasti svahových sedimentov. V danom prípade okrem otrasov spolupôsobí viacero faktorov ako sú morfológia, obsah vody v sedimente ako aj samotný charakter sedimentov a jeho uloženie.

Výskyt zemetrasení v globálnej ako aj regionálnej mierke je nepravidelný. Je to spôsobené nerovnomerným výskytom tektonicky aktívnych zlomových rozhraní. Temer 80% zemetrasení sa vyskytuje v cirkumpacifickom pásme. Tieto zemetrasenia vznikajú na aktívnych miestach styku litosférických dosiek, ktoré lemujú Tichý oceán. Pravdepodobne najznámejšou krajinou pravidelne postihovanou zemetraseniami je Japonsko, ktoré leží práve nad spomenutou aktívnou oblasťou resp. pásmom vzájomného kontaktu pacifickej, filipínskej a euroázijskej litosférickej platne. Na druhej strane podstatná časť územia severnej Európy je temer bez výskytu zemetrasení. Pravdepodobnosť výskytu seizmickej udalosti určitej úrovne počas daného časového intervalu na určitej lokalite označujeme ako seizmické ohrozenie (seismic hazard). Odvođenými pojmi sú seizmické riziko, ktoré určuje pravdepodobnosť vzniku škody pri seizmickom ohrození a seizmicita, ktorá znamená pravdepodobnosť výskytu zemetrasenia s určitým magnitúdom v určitom čase v určitej zóne.

Územie Slovenska je z pohľadu seizmického ohrozenia pomerne pokojnou krajinou. Výskyty zemetrasení sa koncentrujú do niekoľkých oblastí. Seizmicky najaktívnejšou je oblasť Dobrej Vody, kde bolo v roku 1906 zaznamenané aj jedno z najväčších zemetrasení na našom území (I = VII. – IX.). Ďalšou oblasťou je okolie Komárna odkiaľ je zdokumentované najničivejšie zemetrasenie z roku 1763, ktoré malo za následok obeť na ľudských životoch a značné materiálne škody. Zahynulo 63 ľudí a viac než sto bolo zranených. Zničených bolo sedem kostolov a 279 domov, poškodené boli budovy až v Budapešti. Zo starších, avšak

historicky zdokumentovaných zemetrasení sú zemetrasenia v oblasti stredného Slovenska v roku 1443, ktoré postihlo banské mestá Kremnicu a Banskú Štiavnicu (údajne zahynulo 30 ľudí) a zemetrasenie v Žiline v roku 1858, ktoré je prvým systematicky zdokumentovaným zemetrasením na našom území. Významnou seizmicky aktívnou oblasťou je aj územie východoslovenskej nížiny (Slanských vrchov) a Vihorlatu. Zemetrasenia na území Slovenska sú výsledkom doznievajúcej tektonickej aktivity z obdobia mladšieho terciéru (neogénu). Geologické procesy majú však dlhšiu zotrvačnosť resp. dobu trvania (spravidla milióny rokov), než aká sa bežne používa v ľudskej komunikácii. Je preto reálne očakávať, že najmä historicky seizmicky aktívne oblasti môžu byť postihnuté zemetrasením.