



Peter Moczo a kolektív

O OSVIETENOM PREMIÉROVI, VIANOČNOM KAPROVI A SLOVENSKEJ GRÉTE

Svet očami slovenských vedcov



›aktuality.sk

O OSVIETENOM PREMIÉROVI, VIANOČNOM KAPROVI A SLOVENSKEJ GRÉTE

Svet očami slovenských vedcov

Vedecký editor: prof. RNDr. Peter Moczo, DrSc.

Asistentka vedeckého editora: Eva Rutšeková

Autori textov: prof. PhDr. Viera Bačová, DrSc., doc. Ing. Vladimír Baláž, DrSc., prof. Jozef Bátora, MPhil., PhD., prof. PhDr. Mária Bátorová, DrSc., doc. MUDr. Ing. RNDr. Peter Celec, DrSc., MPH, Mgr. Diana Duchoňová, PhD., prof. Ing. Igor Farkaš, Dr., doc. Mgr. Martin Gális, PhD., PhDr. Miriam Hlavačková, PhD., prof. PhDr. Roman Holec, DrSc., Mgr. Tomáš Homola, PhD., Mgr. Tomáš Janura, PhD., RNDr. Boris Klempa, DrSc., prof. Ing. Stanislav Kmet, DrSc., prof. Mgr. Milan Kováč, PhD., Mgr. Samuel Kováčik, PhD., RNDr. Klaudia Kyselicová, PhD., Ing. Igor Lacík, DrSc., PhDr. Tünde Lengyelová, CSc., prof. Ing. Štefan Luby, DrSc., RNDr. Ján Madarás, PhD., prof. RNDr. Zdenko Machala, DrSc., prof. MUDr. Michal Mego, DrSc., PhDr. Slavomír Michálek, DrSc., prof. RNDr. Peter Moczo, DrSc., prof. Ing. Ivo Petráš, DrSc., MVDr. Marek Ratvaj, PhDr. Miroslav Sabol, PhD., prof. JUDr. Ján Svák, DrSc., Mgr. Juraj Tekel, PhD., Ing. Ján Tkáč, DrSc., doc. RNDr. Lubomíra Tóthová, PhD., Mgr. Tatiana Zachar Podolinská, PhD., doc. MVDr. Norbert Žilka, DrSc.

Fotografie autorov textov: Diana Michaličová, Ing. Róbert Klik

Prvé vydanie, Ringier Slovakia Media, s. r. o.

Copyright © Ringier Slovakia Media, s. r. o.

Cover design and layout © Lenka Boháčová, Martin Žubor

Slovak edition © Ringier Slovakia Media, s. r. o.

ISBN: 978-80-974488-3-7

Peter Moczo a kolektív

**O OSVIETENOM
PREMIÉROVI,
VIANOČNOM
KAPROVI
A SLOVENSKEJ
GRÉTE**

Svet očami slovenských vedcov

Obsah

PETER MOCZO

Zemetrasenie a osvietený premiér	13
Ako sa môžeme pozrieť do vnútra Zeme a hviezd	17
Ako sa nebáť cunami	25

NORBERT ŽILKA

Starnutie mozgu v zrýchlenom režime	33
Invázia infekčných bielkovín v ľudskom mozgu	37

KLAUDIA KYSELICOVÁ

Čo sa stalo so slovenskou Grétou	43
Kosť verzus lepra - dôkaz dávnych epidémií	47

VIERA BAČOVÁ

Ako Covid-19 zmenil naše správanie	53
Ako psychologicky pomôcť sociálnym reformám	57

JÁN TKÁČ

Diagnostika rakoviny prostaty	63
-------------------------------	----

MÁRIA BÁTOROVÁ

Dobrodružstvo myslenia	71
------------------------	----

JURAJ TEKEL

Vždy vieme, kde sme	77
---------------------	----

TOMÁŠ HOMOLA

Rozprávkový kráľ stredoveku	83
-----------------------------	----

ŠTEFAN LUBY

Covid-19 očami fyziky	89
-----------------------	----

DIANA DUCHOŇOVÁ

Detstvo bez detstva	93
---------------------	----

IGOR LACÍK

Cukrovka - tichá pandémia	99
---------------------------	----

MILAN KOVÁČ

Prečo je dôležité skúmať minulosť Mayov a Aztékov	105
---	-----

TOMÁŠ JANURA

Prečo treba chrániť kaštiele a kúrie	115
--------------------------------------	-----

STANISLAV KMEŤ

Ultraľahké systémy budúcnosti	121
-------------------------------	-----

MIRIAM HLAVAČKOVÁ

Sedem vianočných zvykov	127
-------------------------	-----

TATIANA ZACHAR PODOLINSKÁ	
O vede, príbehoch a zimomriavkach	135
ZDENKO MACHALA	
Budeme liečiť rakovinu plazmou?	143
JÁN MADARÁS	
Geológia je všade okolo nás	151
TÜNDE LENGYELOVÁ	
Mali ženy dejiny?	159
MICHAL MEGO	
Kolonializmus a rakovina	165
ROMAN HOLEC	
Čítať alebo páliť knihy? Najhoršie nečítať...	175
IVO PETRÁŠ	
Matematika vždy a všade	179
PETER CELEC	
Sto rokov inzulínu, tisícročia chýb a poučení	187
MARTIN GÁLIS	
Vyvolávame zemetrasenia, ktoré nás ohrozujú?	191
SLAVOMÍR MICHÁLEK	
„Stalin, Gottwald, Široký - nech nám žijú naveky!“	197
JÁN SVÁK	
Odkiaľ sú ľudské práva	203
VLADIMÍR BALÁŽ	
Súťaž o ľudský kapitál	209
JOZEF BÁTORA ML.	
Vojny súkromných armád	217
SAMUEL KOVÁČIK	
Cestovanie časom, Kip Thorne a jeho odkaz Slovensku	225
IGOR FARKAŠ	
Ohrozí nás umelá inteligencia?	231
LUBOMÍRA TÓTHOVÁ	
Slina v diagnostike chorôb	237
MIROSLAV SABOL	
Počiatky elektriny v slovenských domácnostiach	241
MAREK RATVAJ	
Sme aj tým, čo jeme	249
BORIS KLEMPA	
Vírusy budú vždy mutovať	255

Prológ: Poznaním proti mýtom a lži

Keď Albert Einstein povedal: „Za svoj dlhý život som pochopil jedno – keď tak objektívne pozerám, tak naša veda je v plienkach a je veľmi jednoduchá, ale je to to najlepšie, čo vôbec máme“, reagoval na obrovský vedecký rozvoj.

Priznával, že to, čo vedela vtedajšia veda, bolo málo v porovnaní s tým, čo budú vedieť nasledujúce generácie vedcov.

A to je jedno z kúziel vedy: otvára okná do budúcnosti aj minulosti. Pomáha nám nachádzať odpovede a zároveň kladie ďalšie otázky. Uľahčuje nám život, ale v nesprávnych rukách je nebezpečnou zbraňou. Prináša stále nové výzvy.

A to platí nielen pre svetovú vedu, ale aj tú našu – slovenskú. Nie je dokonalá, nepozná odpovede na všetko, ale je najlepšia, akú máme. Aj preto si myslíme, že by sa o nej malo viac hovoriť a písať.

V čase, keď čelíme masívnym dezinformačným kampaniam a ľudia dokážu uveriť očividným nezmyslom typu, že Zem je plochá a kondenzačné stopy na nebi po lietadlách sú súčasťou plánu na ovládnutie sveta, že chemický čistič pomáha pri liečbe vírusového ochorenia, vakcíny zabíjajú a svetové elity nás chcú začípať, je dôležité, aby sa k slovu dostali vedci.

Aj preto vznikla táto kniha. Je to náš hold vedcom. Neponúkajú univerzálnu pravdu, uvedomujú si váhu faktov a poznania. Môžeme sa od nich veľa naučiť, môžu nás inšpirovať.

Peter Bárty, šéfredaktor Aktuality.sk

**Prológ:
Veda, výskum
- naša šanca**

Mnohokrát povedané a pravdivé: Nič nemalo v uplynulých storočiach väčší vplyv na vývoj ľudského ducha, kultúru, priemysel, poľnohospodárstvo a zdravie ľudí ako najdôležitejšie výsledky slobodného a zvedavostou ľudskej mysle motivovaného výskumu. Bez vedy a výskumu nie je možný ani rozumný rozvoj, ani prežitie ľudskej spoločnosti. Preto sú veda a výskum našou šancou.

Nikto nepochybuje o tom, že výskum motivovaný potrebami praxe alebo snahou o zisk prináša pokrok a zlepšenie života. Rovnako je životne dôležité uvedomiť si, že z dlhodobého hľadiska prinášal v doterajšej histórii najväčší pokrok a najväčšie zisky výskum, ktorý pramenil zo zvedavosti a báдавosti talentovanej ľudskej mysle.

Keď sa Galvani dotýkal žabích stehienok tyčinkami zo železa a medi, nesnažil sa nájsť telefón. Röntgen nehľadal spôsob, ako zjednodušiť diagnostiku v medicíne. Objav elektrónu nebol vyžadovaný výrobou či praxou. K zisteniu spinu elektrónu, ktorý je zásadný pre pochopenie toku elektrónov v polovodičoch, doviedla Diraca vnútorná krása matematickej teórie. V týchto a mnohých iných prípadoch zvedavostou motivovaného výskumu bolo dokonca z metodických dôvodov veľmi dôležité nezaujímať sa na začiatku o praktické dôsledky. Nakoniec si však bez tých praktických dôsledkov dnešný život ani nedokážeme predstaviť.

Táto kniha, prvých 39 príspevkov uverejnených v rubrike Veda, výskum - naša šanca, ilustruje nevyčerpateľný svet poznania a poznávania. Verím, že ukazuje aj potenciál slovenských vedcov bádať, rozvíjať poznanie a pomáhať svojimi poznatkami a zisteniami ľuďom a svojej krajine.

Na Slovensku sú rovnako talentovaní ľudia ako inde vo svete. Potrebujú však adekvátne podmienky na to, aby svoj talent, pracovitosť a túžbu poznávať a tvoriť mohli naplno uplatniť a rozvíjať. Na prospech nás všetkých.

Peter Moczo, seizmológ, vedúci oddelenia fyziky Zeme na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave



PETER MOCZO

Zemetrasenie a osvietený premiér

Baixa Pombalina je nielen nádhernou, ale aj unikátnou časťou Lisabonu. Dôsledok katastrofy, výsledok úsilia osvieteného premiéra. Tí, ktorí navštívili Lisabon, mohli z triumfálneho oblúka Arco da Rua Augusta obdivovať túto nádhernú a elegantnú štvrť a ulicu Rua Augusta s jej nezameniteľnou dlažbou. Baixa Pombalina je však nielen krásna. Je svetovo jedinečná svojím vznikom.

Lisabonské zemetrasenie a cunami

Bola sobota 1. novembra 1755. Svätok všetkých svätých sa v Lisabone približne o pol desiatej dopoludnia náhle zmenil na nevídanú prírodnú katastrofu. Najsilnejšie zemetrasenie v dejinách Európy spôsobilo niekoľko minút hrôzy, počas ktorých sa borili domy, tvorili sa trhliny v Zemi a prakticky okamžite vznikol rozsiahly požiar.

Vystrašení ľudia utekali k voľnému priestranstvu pri pobreží. Priestoru našli viac, ako očakávali, pretože more ustúpilo niekoľko sto metrov. Ich úľavu a prekvapenie z pohľadu na lode na pevnom dne však čoskoro vystriedala hrôza ešte väčšia ako tá, pred ktorou ušli. More sa vrátilo ako cunami vysoké viac ako 10 m. Vlny cunami priniesli do mesta nepredstaviteľné masy vody. Tí, ktorí ušli pred padajúcimi troskami boriacich sa domov a požiarom, zahynuli v rýchlych a hlbokých vlnách cunami. Keď napokon voda opadla, rozmohol sa opäť požiar, ktorý potom ešte päť dní ničil to, čo zostalo po otrasoch a cunami.

Podľa odhadov spôsobili zemetrasenie, cunami a požiar v Lisabone smrť možno až 40 000 ľudí. Väčšina zahynula v priebehu troch-štyroch minút počas otrasov a počas prvých vln cunami. Asi 85 % budov v Lisabone bolo zničených. Boli zničené knižnice, paláce, novopostavená budova opery. Boli zničené kráľovské archívy s historickými záznamami Vascu da Gama, 70 000 zväzkov kráľovskej knižnice, obrazy Tiziana, Rubensa a Corregia.

Ohromujúca a nepochopiteľná

Taká bola lisabonská katastrofa. Nikto - a to doslova - netušil a nechápal, čo sa to vlastne stalo.

Dúfam, že nikoho nepobúrím, ak si dovoľím aj úsmevnú poznámku. Cirkevné authority hneď vyjadrili presvedčenie, že katastrofa bola výsledkom božieho súdu. Pri všetkej úcte a rešpekte, toto zhodnotenie mnohých nepresvedčilo: miestna štvrť prostitútok zostala prakticky nepoškodená.

Vráťme sa však k tomu podstatnému. Ani najvzdelanejší učenci tej doby nechápali, čo je, kde vzniká a ako vzniká zemetrasenie. Prakticky, nevedeli nič viac ako starovekí Gréci. Zemetrasenie bolo jednoduché trasenie povrchu Zeme, budov a predmetov. Učenci netušili, ani kde, ako a prečo vzniká cunami. A preto si nevedeli ani len predstaviť, prečo sa zrazu a práve vtedy zemetrasenie a cunami objavili takmer súčasne v Lisabone.

Učenci zostali v úžase a s deprimujúcim pocitom neschopnosti porozumieť jedinečnej a bezprecedentnej udalosti. Viac ako kedykoľvek predtým si uvedomili, že vlastne netušia, čo je a čo sa deje vnútri Zeme.

Nová epocha v záujme o našu planétu

Ako to však v takýchto situáciách v histórii ľudstva býva, lisabonská katastrofa znamenala začiatok novej epochy v záujme o vedecké poznanie našej planéty - jej vnútornej štruktúry a procesov. Prírodovedci, matematici, fyzici a filozofi začali našu planétu vedecky skúmať.

Lisabonská katastrofa mala veľký vplyv aj na kultúru v Európe. Prejavilo sa to aj v literárnej a divadelnej tvorbe. Lisabonská katastrofa zásadne zmenila pohľad na svet a filozofické rozmýšľanie vtedy 32-ročného Immanuela Kanta, jedného z najvýznamnejších európskych mysliteľov a hlavných predstaviteľov osvietenstva.

Pamätám sa, že som sa v škole dozvedel, že Jean-Jacques Rousseau, významný predstaviteľ osvietenstva, propagoval návrat k prírode. Nedožvedel som sa však, že to bola aj reakcia na lisabonskú katastrofu. Rousseau si uvedomil, že zemetrasenie a cunami ukázali riziko života v husto osídlených mestách. S predstihom viac ako 250 rokov tak vlastne poukázal na veľký humanitárny problém súčasnosti. Dnes sú ľudia žijúci v mnohých megamestách v menej rozvinutých krajinách skutočne veľmi ohrození zemetraseniami.

Najväčšie zemetrasenie v dokumentovanej histórii Európy

Skôr ako sa dostaneme k osvietenému premiérovi, uveďme ešte, že hypocentrum lisabonského zemetrasenia bolo asi 290 km juhozápadne od Lisabonu. Áno, pod Atlantickým oceánom. Preto Lisabon zasiahlo nielen zemetrasenie, ale aj cunami. Odhadované momentové magnitúdo je 8.5 až 9.0. Na porovnanie: magnitúdo Tohoku-Oki zemetrasenia v roku 2011, ktoré spôsobilo katastrofické cunami, bolo 9.0. Lisabonské zemetrasenie a ním vyvolané cunami spôsobili škody nielen v Lisabone. Nedávne výskumy indikujú škody spôsobenéunami až v Brazílii.

Obnova zničeného Lisabonu

Portugalský kráľ José I. a celá kráľovská rodina bezpečne unikli z katastrofy. Bolo tiež šťastím, že po zemetrasení nevznikla epidémia. To boli dobré predpoklady na rýchlu obnovu zničeného mesta. Predpoklady sú nutnou podmienkou. Nie však postačujúcou. Ako vždy, aj táto situácia si vyžadovala výnimočnú tvorivú a koordinujúcu osobnosť. Bol ňou Sebastião José de Carvalho e Melo, známy ako markíz z Pombalu. To podstatné bolo, že markíz z Pombalu bol premiérom Portugalska. Premiér zmobilizoval vojsko, zorganizoval pomoc a prístrešie pre tých, ktorí prežili. Hneď začal plánovať obnovu mesta.

Premiér vymyslel makroseizmický dotazník, ktorý je dodnes v seizmológii nenahraditeľným nástrojom získavania informácií o účinkoch zemetrasenia. (Informácie o účinkoch zemetrasenia sú rovnako dôležité ako údaje, ktoré získavajú seizmológovia pomocou seizmometrov.) V dotazníku, ktorý bol distribuovaný v Portugalsku, sa premiér pýtal ľudí, či pozorovali zmenu vo výške hladiny vody v studniach, či pozorovali zvláštne správanie zvierat, a chcel, aby ľudia opísali škody na budovách. To, čo dnes vieme o lisabonskom zemetrasení, vieme najmä vďaka údajom, ktoré premiér získal pomocou makroseizmického dotazníka.

Bez akéhokoľvek zveličovania možno povedať, že premiér Sebastião José de Carvalho e Melo bol jedným z prvých seizmológov.

Stavby odolné proti zemetraseniu

Premiér nezmenil pri obnove Lisabonu len geometriu ulíc a zástavby. Stanovil prísne pravidlá pre výstavbu. Centrálna časť Lisabonu bola vystavaná tak, aby vydržala budúce zemetrasenia. Premiér dal postaviť modely domov a nechal experimentálne testovať ich odolnosť proti otrasom.

O otrasy sa postarali vojaci, ktorí pochodovali okolo týchto modelov. Premiér tým vlastne vymyslel predchodcu dnešných vibračných stolov, pomocou ktorých stavební inžinieri testujú odolnosť budov pri zemetrasení.

Baixa Pombalina je teda nielen nádhernou, ale aj unikátnou časťou Lisabonu. Dôsledok katastrofy, výsledok úsilia osvieteného premiéra. To, čo dokázal premiér Sebastião José de Carvalho e Melo, bolo pravdepodobne výsledkom súhry okolností - potreby, ale aj príležitosti obnoviť Lisabon, právomoci premiéra, doby osvietenstva, pochopenia potreby vedeckého poznania pri riešení následkov katastrofy a v neposlednom rade výnimočného intelektu.

Spojenie výkonnej právomoci, vzdelania, inteligencie, štátnickej rozvahy a schopnosti angažovať a rešpektovať skutočných odborníkov môže v každej krajine a v každej situácii významne pomôcť. Napríklad reformovať a podporiť kvalitné vzdelávanie a výskum ako podmienku rozumného rozvoja spoločnosti. Alebo riešiť nečakanú krízu.

Ako sa môžeme pozrieť do vnútra Zeme a hviezd

Seizmometre budú medzi prvými prístrojmi, ktoré budú dopravené či vyrobené na planétach pri osídľovaní kozmického priestoru - kvôli zisteniu „planétotrasení“ a hľadaniu nerastných surovín pomocou seizmickej prospekcie.

Na počiatku však bolo zemetrasenie. Počas tisícročí boli zemetrasenia otrasmi povrchu Zeme (grécke seismós - trasenie zeme) a predstavy o ich pôvode boli prekvapujúco naivné. Až nepochopiteľná lisabonská katastrofa (zemetrasenie, cunami, 40 000 mŕtvych) v roku 1755 doviedla učencov sveta k skúmaniu vnútra našej planéty.

Britský prírodovedec John Michell bol prvý, ktorý uvažoval o zemetrasení v pojmoch Newtonovej mechaniky: zemetrasenie je vlnenie spôsobené posunom más vnútri Zeme. Bol to prvý náznak seizmických vĺn.

Ako reaguje vnútro Zeme

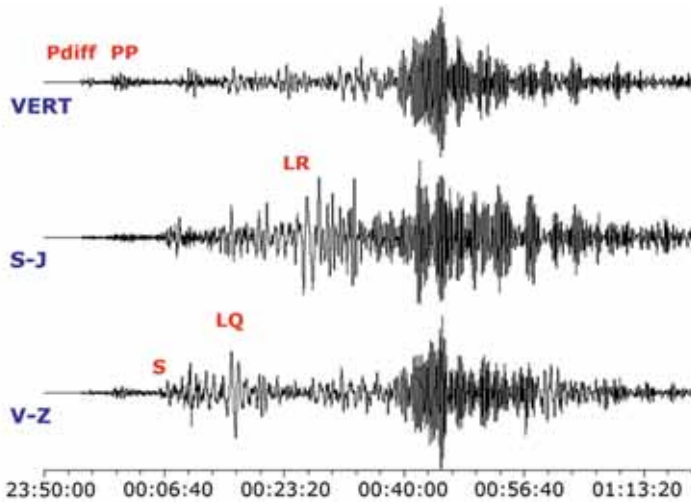
Ak nejaká krátkodobá pôsobiaca sila vychýli hmotnú časticu (malý objem horniny) z jej rovnovážnej polohy, vnútro Zeme reaguje pružne: častica začne kmitať a tento pohyb sa prenáša na susedné častice. Šírenie mechanického kmitania v Zemi nazývame seizmickou vlnou.

Vznik a šírenie trhliny na zlome (zdroj tektonického zemetrasenia), kolaps podzemnej dutiny, vulkanická erupcia, dopad asteroidu, explózia, štart rakety, mechanické stroje - tieto a mnohé iné krátkodobé procesy sú zdrojmi seizmických vĺn: spôsobujú na danom mieste mechanický kmitavý pohyb, ktorý sa šíri do okolia.

Vlny možno zaznamenať seizmometrami. Tie súčasne vnímajú aj jednu milióntinu milimetra za sekundu.

Obrázok na str. 18 ukazuje seizmický záznam (seizmogram) troch zložiek pohybu (vertikálnej, sever - juh, východ - západ) stredne veľkého zemetrasenia v Peru na seizmickej stanici Červenica v Slanských vrchoch.

Záznam zemetrasenia v Peru na seizmickej stanici Červenica



16. augusta 2007

Zdroj: autor

Seizmogram je zložito zakódovanou informáciou o časti vnútra Zeme, ktorou sa seizmické vlny šíria.

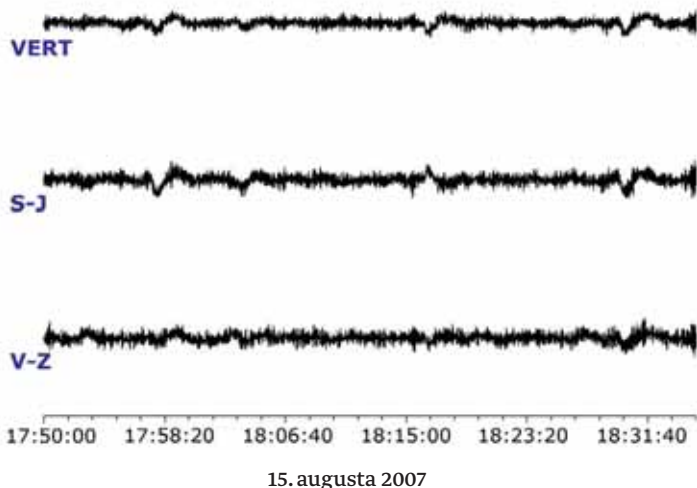
Najjednoduchšou a zároveň aj najrýchlejšou je pozdĺžna vlna. Pri jej šírení kmitajú častice v smere šírenia. Keďže sa táto vlna objavuje na zázname ako prvá (latinsky primae), označuje sa ako P vlna.

Pri šírení priečnej vlny kmitajú častice v smere kolmom na smer šírenia. Táto vlna sa na historických záznamoch objavovala ako druhá (latinsky secundae). Preto sa označuje ako S vlna.

Vnútri Zeme sa však šíria aj fyzikálne zložitejšie vlny: napr. povrchové, kanálové, viazané na rozhrania, difragované, rozptýlené, presakujúce, čelné, nehomogénne, viditeľné.

Základná teória šírenia seizmických vln vznikla výskumom, ktorý nebol vyžiadaný praxou. Prispeli k nej aj najväčší matematici a fyzici svojej doby. Predpokladali, že svetlo je pružným vlnením tzv. éteru (ako sa neskôr ukázalo, ten neexistuje).

Záznam počas pokojného dňa na seizmickej stanici Červenica



Zdroj: autor

Šum Zeme

Obrázok na str. 19 ukazuje seizmický záznam počas „pokojného“ dňa, keď sa nedá identifikovať ani zemetrasenie, ani explózia, ani iný prechodný jav. Je však zrejmé, že Zem neustále kmitá. Je to tzv. seizmický šum tvorený množstvom rôznych vĺn vyvolaných tisícmi rôznych zdrojov. Napríklad technickou činnosťou človeka, tlakovými variáciami vzduchu, ktoré pôsobia na morské dno, príbojom morských vĺn.

Keď Zem zvoní ako zvon

Pri najsilnejších zemetraseniach majú seizmické vlny relatívne veľké amplitúdy aj po niekoľkých obehoch vnútro Zeme. Skladaním týchto vĺn vznikajú tzv. volné alebo vlastné kmity Zeme.

Je to analógia toho, čo sa deje po údere do zvona. Od miesta úderu sa šíri kmitavý pohyb do celého objemu zvona. Po veľmi krátkej dobe sa viacnásobne odrazené vlny skladajú a vznikne stacionárne kmitanie celého

zvona v niekoľkých módoch (tvaroch) - už nie je možné rozoznať šírenie kmitania od jedného miesta k druhému. Počujeme zvuk zodpovedajúci frekvenciám jednotlivých módov.

Poznáme vyše 1400 módov vlastných kmitov Zeme. Napríklad striedajú kompresiu a expanziu celej Zeme, kmitanie dvoch pologúl v protifáze alebo deformovanie Zeme do tvaru lopty v americkom futbale.

Najpresnejší pohľad do vnútra Zeme

Seizmické vlny prinášajú neraz smrť a skazu až stovky kilometrov od epicentra. Aj v takýchto vzdialenostiach dokážu v povrchových sedimentoch spôsobiť lokálne anomálne efekty a zboriť veľké budovy. Môžu tiež vyvolať zosuvy svahov. Majú však aj unikátne vlastnosti: relatívne krátke vlnové dĺžky, málo porušený signál aj po prechode celým vnútrom Zeme, málo tlmené amplitúdy (v porovnaní s inými fyzikálnymi javmi) a závisia len od okamžitého stavu vnútra Zeme.

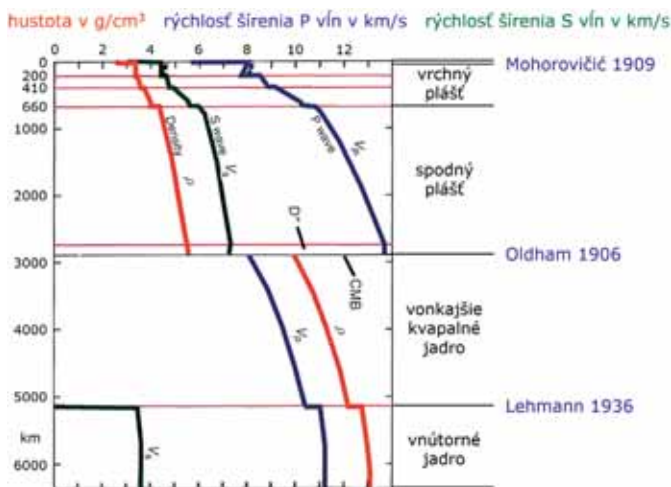
Tieto vlastnosti a celosvetová sieť citlivých seizmometrov nám umožňujú poznávať vnútornú štruktúru Zeme s presnosťou, ktorá nemá obdobu. Ide o priestorové rozloženie rýchlostí šírenia P a S vln, pretože práve to určuje, ako sa vlny šíria.

Analýza a numerické modelovanie vlastných kmitov Zeme umožňujú zistiť aj priestorové rozloženie hustoty. To preto, lebo vlastné kmity Zeme sú citlivé aj na gravitačné pole vnútri Zeme, ktoré závisí práve od hustoty. Žiadny nový model nejakej fyzikálnej alebo chemickej veličiny vnútri Zeme nie je správny, ak je v rozpore so seizmickým modelom Zeme.

Pripomeňme si základné mílniky v poznávaní vnútra našej planéty. Britský seizmológ Richard Dixon Oldham v roku 1906 rozpoznal na záznamoch seizmických staníc vlny, na základe ktorých usúdil, že Zem má jadro. V roku 1909 chorvátsky seizmológ Andrija Mohorovičić zistil analýzou záznamov plytkých zemetrasení, že od určitej hĺbky sa seizmické vlny šíria rýchlejšie. Našiel zemskú kôru. Od plášta ju oddeľuje Mohorovičićova diskontinuita.

V roku 1936 dánska seizmologička Inge Lehman zistila, že jadro musí mať vonkajšiu kvapalnú časť a vnútornú pevnú časť. Prečo kvapalnú? Pretože sa na povrchu Zeme nedajú identifikovať žiadne vlny, ktoré by sa objemom vonkajšieho jadra šírili ako S vlny. S vlny sa totiž nemôžu šíriť v kvapaline, pretože kvapalinu možno len stláčať, ale nie tvarovo deformovať.

Seizmický model Zeme



Zdroj: autor

Tomografia Zeme

Vnútro Zeme nie je sféricky symetrické a existujú v ňom ďalšie rozhrania. Výraznou tzv. laterálnou (t. j. nie radiálnou) nehomogenitou sú časti lito-sférických platin, ktoré sa ponárajú až do hĺbky približne 700 km. Toto vie-me z lokalizácie hypocentier zemetrasení.

Najdôležitejšou metódou výskumu vnútra Zeme je seizmická tomografia - analógia tomografie ľudského tela pomocou röntgenových lúčov. Seizmická tomografia je však podstatne zložitejšia: seizmické lúče (t. j. dráhy šírenia vysokofrekvenčných seizmických vln) sú zložité troj-rozmerné krivky, Zem je o niekoľko rádov väčší objekt ako ľudské telo, na povrchu Zeme nemožno rozmiestniť v pravidelnej sieti ani seizmické sta-nice, ani zdroje seizmických vln. Seizmická tomografia potrebuje zložitej-šie matematické algoritmy a väčšie počítače.

Umelé vyvolané seizmické vlny

Aj keby neboli zemetrasenia, ľudia by začali využívať umelo vyvolané seizmické vlny. Aby vyvolali seizmické vlny, ktoré prejdú celým objemom