

3. STAVBA ZEMSKÉHO TĚLESA

Cíl

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- Seznámit se se základními metodami studia zemského tělesa.
- Rozlišit a charakterizovat jednotlivé části pevného zemského tělesa: zemskou kůru, zemský plášť a zemské jádro.
- Porozumět významu studia seismických vln pro poznání stavby zemského tělesa.

Doba potřebná k prostudování kapitoly: 60 minut.

IKONA Průvodce studiem

Průvodce studiem

V kapitole jsou charakterizovány základní metody studia pevného zemského tělesa a popsány jednotlivé základní části. Důraz je kladen na části zemského tělesa s bezprostřední vazbou na georeliéf.

Přímému pozorování jsou přístupny pouze nejsvrchnější části zemského tělesa. Dosavadní nejhlubší důlní díla (3,5 km) i nejhlubší vrty (poloostrov Kola; 12,5 km) umožnily s ohledem na technické možnosti přímo prozkoumat pouze velmi malou část Země, která v porovnání se zemským poloměrem (6 378 km) činí pouze zlomek jejího průměru. Z pozorování hornin na povrchu jsme schopni interpretovat s určitou přesností stavbu a složení dané oblasti pouze do hloubky okolo 5 km. Pro poznání hlubších částí Země jsme odkázáni na nepřímé metody studia, z nichž k nejrozšířenějším patří metody geofyzikální, zejména pak studium rychlosti šíření seismických vln.

Nové poznatky o stavbě zemského tělesa přináší v posledních letech **seismická tomografie**, která je obdobou lékařské počítačové tomografie, využívá digitální seismogramy k rekonstrukci stavby Země, využívá se principu tomografické rekonstrukce. Základní využívaný princip studia je rozdílnost času průchodu seismických vln podle typů prostředí a výsledkem je 3D model variací rychlostí v zemském nitru od svrchní kůry po zemský plášť

Seismika rozlišuje dva základní druhy seismických vln:

- Podélné - primární vlny (P–vlny) – na seismických záznamech se obvykle objevují jako první, dosahují největší rychlost a částice okolního prostředí rozkmitávají ve směru svého šíření.
- Příčné - sekundární vlny (S–vlny) – bývají registrovány později, jsou pomalejší a částice okolního prostředí rozkmitávají kolmo ke směru svého šíření. Nejsou schopny procházet kapalným prostředím.

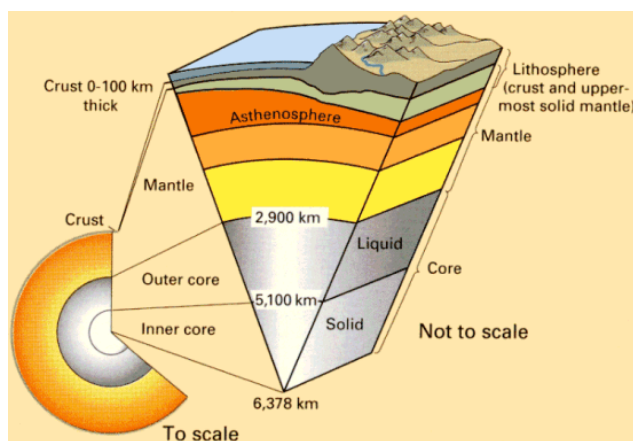
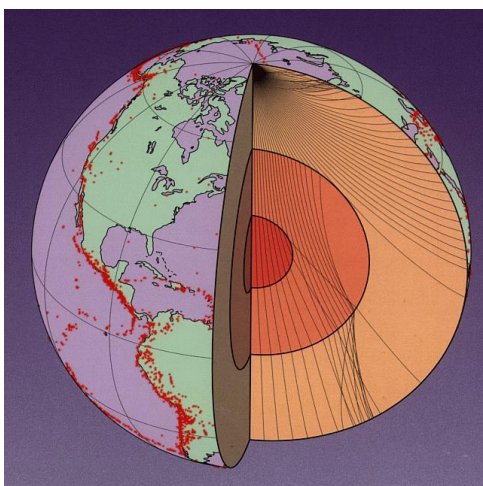
Vyhodnocením seismogramů z různých seismických stanic bylo zjištěno, že rychlost seismických vln při průchodu zemským tělesem úměrně stoupá v závislosti na rostoucí hustotě okolního prostředí. Pouze v určitých hloubkách se rychlost vln náhle mění (stoupá nebo klesá), popř. se vlny dále nešíří. Tato místa lze považovat za hranice dvou hmot, výrazně se lišících svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Tyto plochy bývají označovány jako plochy nespojitosti nebo plochy diskontinuity.

K prvnímu výraznému zvýšení rychlosti zemětřesných vln dochází v hloubce 25–75 km pod pevninami a 6–15 km pod oceány. Tato plocha diskontinuity byla podle svého objevitele nazvána jako Mohorovičičova diskontinuita (MOHO, M-diskontinuita). Tvoří hranici mezi zemskou kůrou a zemským pláštěm.

Druhá nejvýznamnější diskontinuita byla objevena v hloubce 2 900 km. Rychlost podélných zemětřesných vln zde náhle klesá ze 13,6 km/s na 8,1 km/s, příčné vlny se dále nešíří. Tato plocha byla nazvána jako Guttenberg–Weichertova diskontinuita. Odděluje zemský plášť od zemského jádra.

Mohorovičičova a Guttenberg-Weichertova diskontinuita od sebe oddělují tři hlavní geosféry:

- zemské jádro – vnitřní část Země, horní hranicí je Guttenberg-Weichertova diskontinuita
- zemský plášť – přechodní geosféra, ve svrchní části je omezená Mohorovičičovou diskontinuitou a dolní hranicí je Guttenberg-Weichertova diskontinuita
- zemskou kůru – svrchní obal Země, ležící nad úrovní Mohorovičičovy diskontinuity.

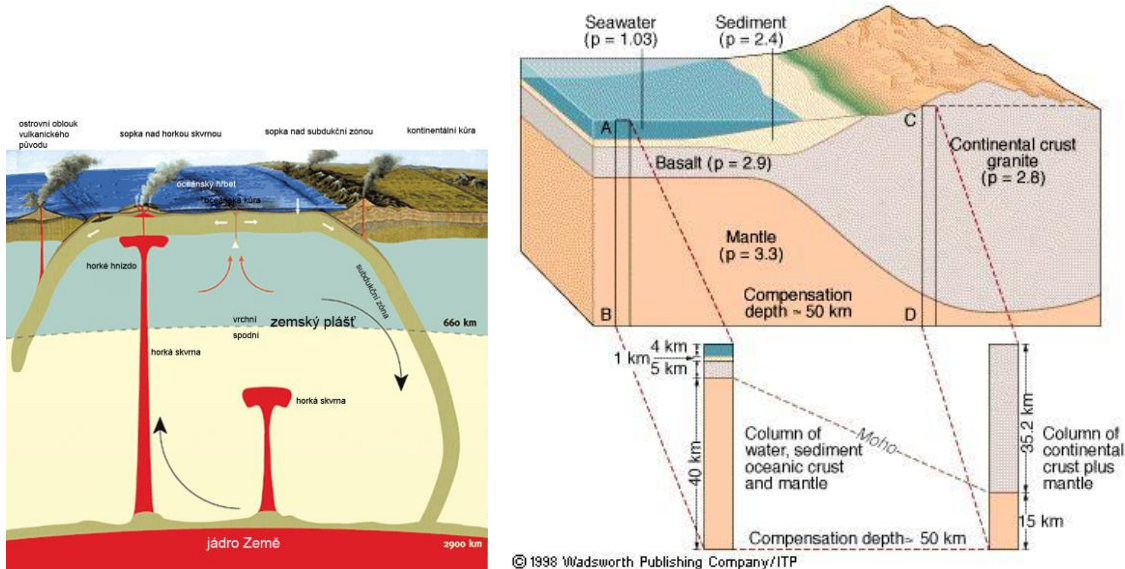


Obr. 1: Seismický model Země.

http://geophysics.ou.edu/solid_earth/notes/seismology/seismo_interior/seismo_interior.html

- **Zemská kůra** - tvoří nejsvrchnější část zemského tělesa. Její mocnost je proměnlivá. Na pevnině dosahuje 30–40 km, pod oceány pouze 6–15 km. Od zemského pláště je oddělena Mohorovičičovou diskontinuitou. Základní části zemské kůry tvoří:
 - **Oceánská kůra** - je tvořena ve svrchní části nejrůznějšími druhy hlubokomořských sedimentů. V její povrchové části se vyskytují převážně nezpevněné, většinou silně porézní sedimenty s vysokým obsahem vody (vápňitá a křemitá bahna). Tyto již bývají směrem do hloubky částečně zpevněny (jemnozrnné vápence, silicity – rohovce), střední část tvoří zpevněné sedimenty + hornin bazaltového složení, spodní část (nejhlubší), tvořící více než 2/3 objemu celé oceánské kůry tvoří vrstvy souvisí s vysokoteplotní a vysokotlakou petrologií (převážně ultrabazické horniny, bazalty, gabra, amfibolity).
 - **Kontinentální kůra** - její složení je mnohem rozmanitější než u kůry oceánské, což souvisí s největší pravděpodobností se složitějším vývojem pevnin. Nejdůležitějším rozdílem mezi kůrou kontinentální a oceánskou jsou rozdíly v mocnostech. Pevniny se tak podobají velkým krám, z nichž průměrně 2/5 vyčnívají nad povrch oceánské kůry, zatímco zbývající 3/5 leží hlouběji. Kontinentální kůra se oproti kůře oceánské vyznačuje rovněž nižší průměrnou hustotou (asi 2,5–2,7 g.cm⁻³). Mocnost kontinentální kůry je značně variabilní. Pohybuje se nejčastěji v rozmezí 25–70 km, průměrně kolem 40 km. Kontinentální kůra je tvořena rovněž třemi vrstvami, avšak s poněkud odlišným složením a vzájemným vztahem než je tomu u kůry oceánské. Nejsvrchnější vrstva je tvořena sedimenty (mocnost 2–4 km), střední vrstva se označuje **granitová** - je složena z široké řady kyselých a neutrálních vyvřelin a slabě až silně metamorfovaných hornin. V

oceánské kůře tato vrstva chybí. Mocnost granitové vrstvy kolísá v rozmezí 15–20 km. Spodní vrstva je bazaltová, od granitové oddělena *Conradovou plochou diskontinuity*. Bazaltová vrstva představuje komplex bazických hornin a předpokládá se, že kontinentální bazaltová vrstva se svým petrografickým složením shoduje se spodní vrstvou oceánskou vrstvou. Mocnosti této části kontinentální kůry značně kolísají (15–30 km).



Pramen: www.max-wissen.de

Obr. 2: Model pevného zemského tělesa a struktura zemské kůry – kontinentální a oceánský typ zemské kůry.

- Zemský plášť** – část zemského tělesa se člení na svrchní (zóna B), střední (zóna C), a spodní plášť (zóna D), v zemském plášti směrem do hloubky stoupají rychlosti seismických vln a vlivem zvyšování teploty a tlaku dochází k fázovým přechodům. Tyto procesy jsou především charakterizovány změnami struktury a fyzikálních vlastností minerálů. V prostředí celého zemského pláště dochází k pomalé cirkulaci hmoty, která se projevuje i v zemské kůře. Následkem rozdílných teplotních podmínek panujících v plášti pod kontinenty a pod oceány dochází ke vzniku konvekčních proudů. Pomalé konvekční proudění vede k přemísťování materiálů rychlostí několika mm za rok. Konvekční proudy v plášti vystupují pod oceány a klesají pod kontinenty. Konvekčním prouděním v plášti je vysvětlován pohyb kontinentů (kontinentální drift). Chemické složení svrchního pláště je ve většině modelů charakterizováno převahou SiO_2 , MgO a FeO , méně se uplatňují Al_2O_3 , CaO , Na_2O a sloučeniny dalších prvků. Zásadní rozdíly ve složení svrchního pláště existují pod kontinenty (více diferencován) a oceány (látkově primitivnější).
- Svrchní plášť** – nejvyšší polohy zemského pláště jsou většinou pevné a křehké. V hloubce kolem 70 km se ve svrchním plášti nachází zóna, která díky času, vysokým teplotám a tlakům nabývá charakteru plastického prostředí. Tato zóna se nazývá jako **zóna izostáze** (izostáze je rovnovážný stav bloků zemské kůry vůči hmotě svrchního pláště). Hustota jednotlivých ker kůry je přibližně stejná. Čím jsou kry vyšší, tím hlouběji se zabořují do plastické hmoty pláště. Zóna B (svrchní plášť) je významná zejména proto, že v ní dochází k řadě důležitých procesů, které mají vliv na formování zemské kůry a zemského povrchu. Důležitá je zejména sféra tzv. nízkorychlostních kanálů, jejíž svrchní hranice leží v hloubce 70–150 km a spodní v 200–300 km. V této části svrchního pláště byla zaznamenána nižší rychlost šíření zemětřesných vln. Vyšší teplota vytváří podmínky pro vznik

magmatických ohnisek a jsou zde registrována menší množství ohnisek zemětřesení. Jde o dynamicky silně exponovanou část Země, která je zdrojem endogenní aktivity a nachází se ve stavu blízkém natavení. Tato oslabená část svrchního pláště bývá označována jako **astenosféra**, po které se pohybují litosférické desky. Nejsvrchnější část pláště (po astenosféru) společně se zemskou kůrou vytvářejí litosféru.

- **Střední plášť** – hloubka: 400–950 km
- **Spodní plášť** – hloubka: 950–2900 km. Rychlost podélných i příčných seismických vln zde dosahuje nejvyšších hodnot v celém zemském tělese a současně s růstem tlaku se plynule zvyšuje s hloubkou. Tato plynulost svědčí o relativně homogenní stavbě spodního pláště.
- **Zemské jádro** - představy o stavbě a složení zemského jádra jsou nedokonalé. Předpokládá se, že vnější jádro (zóna E) je v tekutém stavu a pouze vnitřní jádro (zóna F) je ve stavu pevném. Cirkulací tekuté hmoty vnějšího jádra (konvekčním prouděním) vzniká patrně magnetické pole Země. Podle některých hypotéz může vzhledem k existenci a rotaci pevného vnitřního jádra dojít ke vzniku termo-chemického dynama. To má velmi vysokou účinnost a kolem Země generuje silné magnetické pole již zřejmě déle než 4 mld let. Experimenty sledující chování různých látek za vysokých tlaků prokázaly, že zemské jádro není složeno z čistých kovů, ale převážně ze silikátů, oxidů, sulfidů a karbidů železa.

SHRnutí

Základní poznatky o stavbě zemského tělesa vychází z prováděných geologických výzkumů, které však zasahují jenom do nejsvrchnější části zemského tělesa. Pro poznání hlubších částí Země se využívají nepřímé metody studia, z nichž k nejrozšířenějším patří metody geofyzikální, zejména pak studium rychlosti šíření seismických vln. Seismika rozlišuje dva základní druhy seismických vln, vlny podélné a vlny příčné, z jejich analýz vznikl seismický model pevného zemského tělesa. Základem modelu jsou dvě diskontinuity: Mohorovičičova a Guttenberg-Weichertova diskontinuita, které sebe oddělují tři hlavní geosféry: zemské jádro, zemský plášť a zemskou kůru.

IKONA Kontrolní otázky a úkoly

Kontrolní otázky a úkoly

1. Které základní části tvoří zemské těleso?
2. Uveďte základní výzkumné metody pro studium zemského tělesa.
3. Vysvětlíte pojem diskontinuita v zemském tělese a uveďte dvě nejvýznamnější.
4. Charakterizujte složení a stavbu zemské kůry.
5. Charakterizujte složení a stavbu zemského pláště.
6. Charakterizujte složení a stavbu zemského jádra.
7. v které části zemského tělesa se nachází astenosféra a jaký má význam pro utváření georeliéf?

IKONA Pojmy k zapamatování

Pojmy k zapamatování

Hlubinný vrt, seismika, podélné vlny, příčné vlny, seismický model pevného zemského tělesa, diskontinuita, zemská kůra, zemský plášť, zemské jádro, astenosféra, Mohorovičičova diskontinuita, Guttenberg-Weichertova diskontinuita.