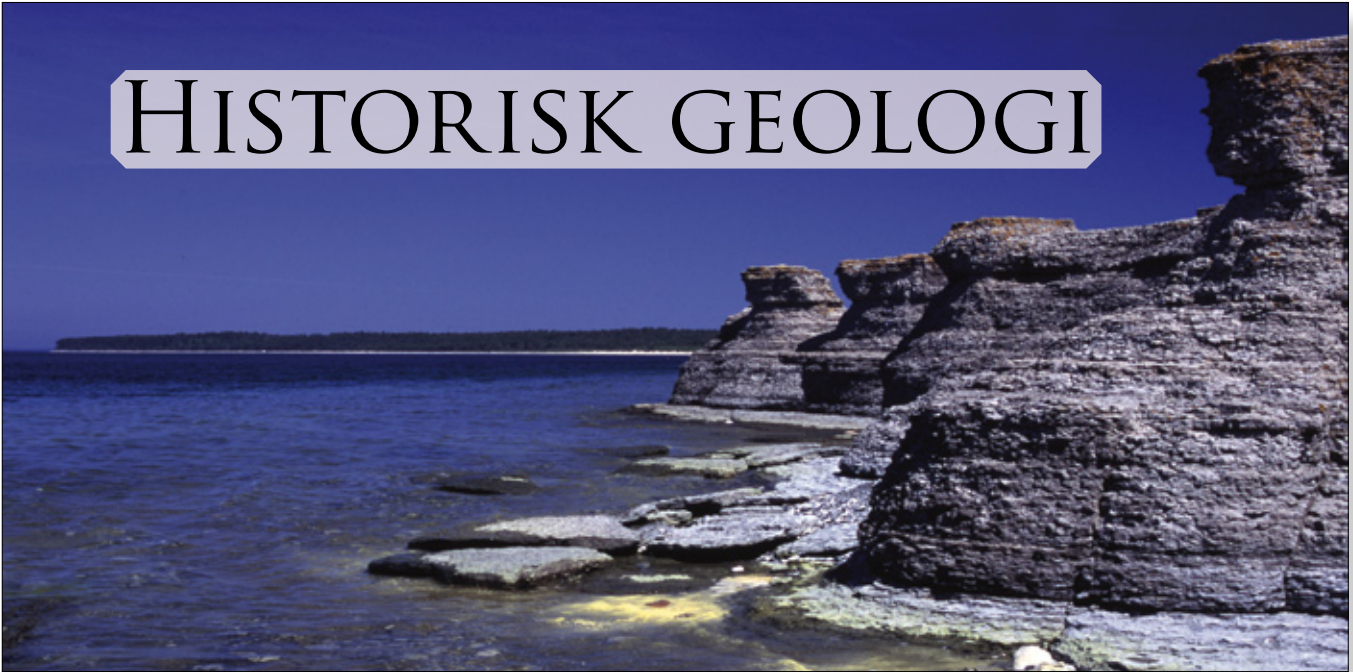


HISTORISK GEOLOGI



Byrums raukar, Öland. Raukarna på Öland består av nästan 500 miljoner år gammal kalksten och har formats av havsvågorna. Uppkomsten av raukar beror på att det funnits extra lera inlagrad i kalkstenen som tidigare fanns runt raukarna. Leran har bidragit till att just den kalkstenen har vittrat och eroderats snabbare.

Kunskap om jordens uppbyggnad och utveckling är viktig för blivande samhällsvetare och naturvetare. En felaktig hantering av våra gemensamma naturresurser innebär ett hot mot miljön och därmed även livet på jorden. För att kunna fatta väl underbyggda beslut i framtiden behöver vi kunskap om geobiosfärens olika delar som jord, luft, vatten och berggrund. Det är flera olika geologiska processer som skapat det naturlandskap vi människor lever och verkar i. De kulturlandskap (jordbruk, städer, skogsplanteringar m.m.) som vi människor konstruerar är beroende av den natur som vi utgår ifrån.

I kapitlet beskrivs jordens historia och vår relation till universum. I vårt språkbruk behandlar vi ofta rymden som något ”därute”. Vi bor faktiskt i rymden! Är det ödet eller slumpen som har givit oss de goda livsbetingelserna här på jorden?

Det fasta berget vi har under våra fötter är i ständig rörelse. Det finns stora krafter i jordens inre som får våra

”kontinenter” att sakta röra sig. Det anses vara en av de stora naturvetenskapliga upptäckterna när vetenskapsmännen i mitten av 1900-talet kunde bevisa ”kontinentaldriften”. I och med den upptäckten har förståelsen för jordbävningar och vulkanutbrott samt för uppkomsten av bergskedjor och djuphavsgravar ökat.

Alla grundämnen deltar i kretslopp på jorden, några mycket snabba och några mycket, mycket mer långsamma. De grundämnen som bygger upp olika mineral och därmed bergarter har lång kretsloppstid. Bergarternas kretslopp beskriver hur de här processerna fungerar och ökar förhoppningsvis förståelsen för de ändliga naturresurser vi människor i hög takt utviner ur jordskorpan.

För att åskådliggöra de stora tidsperspektiven används den geologiska tidsskalan. Den historiska geologin handlar om vad som har hänt på jorden under tidsperioden 542 - 2,6 miljoner år sedan. Kapitlet lägger tyngdpunkten på just det tidsintervallet.

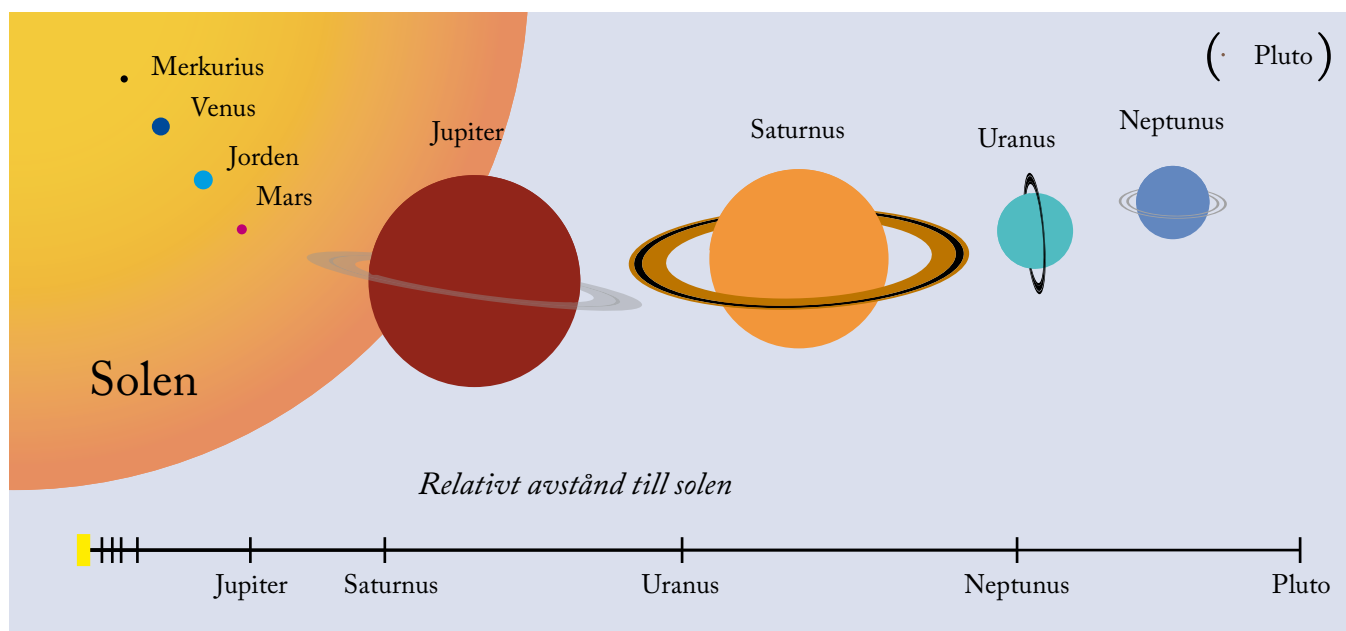
JORDENS HISTORIA

Under mitten av 1600-talet räknade den irländske biskopen James Ussher ut, med bibelns hjälp, att jorden skapades år 4004 f.Kr. Hans slutsatser anammades av europeiska vetenskapsmän och religiösa ledare. År 1795 publicerade James Hutton, den brittiske naturforskaren och den moderna geologins grundare, sitt verk "Theory of the Earth". Han hävdade att dagens processer på jorden ger oss svar om vad som har hänt tidigare - *nuet är nyckeln till det förflutna*. De processer som långsamt skapar nya bergarter idag måste ha varit verksamma under hela jordens historia. Med den utgångspunkten stämmer det inte att jorden är 6 000 år gammal, en för den tiden mycket omvälvande tanke.

I slutet av 1800-talet kunde man med hjälp av havens salthalt komma fram till att jorden var 90 miljoner år gammal. Beräkningarna byggde på flera felaktiga antaganden. De antog att havet var sött från början och att salt inte blåser in från havet över land. De visste heller inte om att havets salter hamnar på havsbotten.

Med de nyvunna kunskaperna om radioaktivitet kunde forskarna under mitten av 1950-talet bestämma åldern till 4,5 miljarder år. De äldsta funna bergarterna är fyra miljarder år gamla och mineral har daterats till över fyra miljarder år. Universums ålder har bestämts till ca 13,7 miljarder år och jordens till ca 4,56 miljarder år.

Jorden bildades genom att gravitationen drog till sig mer och mer material till en och samma plats under nästan 100 miljoner år. Till slut hade jorden fått den massa den har idag. Jorden var till en början mycket varm och de grundämnen som har hög densitet, t.ex. järn och nickel, ansamlades i jordens kärna. De lättare grundämnena, t.ex. kisel och aluminium, fördes mot ytan. Under den här processen frigjordes gaser som koldioxid, vattenånga, ammoniak, kvävgas och metan. De nämnda gaserna bildade jordens tidiga atmosfär.



Det var hög temperatur när de åtta planeterna bildades av gasmolnet runt solen. I den mycket höga temperaturen nära solen bildades de fyra inre planeterna. De består av tyngre grundämnena som stelnar vid högre temperaturer. De fyra större planeterna består av grundämnena som stelnar vid lägre temperaturer. Pluto räknas inte längre som en planet.



Pico de Teide. På en av Kanarieöarna, Teneriffa, ligger jordens tredje största vulkan, Pico de Teide. Landskapet påminner om hur jordens yta har sett ut under årmiljarder. Månen, jordens följeslagare sedan 4,5 miljarder år, ses i bakgrunden. Månen avlägsnar sig 2-3 cm från jorden för varje år som går.

Liv - ödet eller slumpen?

Det finns många faktorer som har gjort det möjligt för liv att existera här på jorden. Vi människor, Homo sapiens sapiens, kanske kommer att finnas här några miljoner år. Sedan är vår tid troligen förbi. Vår art kommer att utvecklas till någon ny art precis som skett med alla andra däggdjur som inte har dött ut. Hur kan livsbetingelserna här på jorden ha blivit så bra?

Avståndet till solen är lagom långt för att rätt grundämnen skulle "stelna" i samband med jordens bildande. I vårt solsystem hamnade de tyngre grundämnena i planeterna närmast solen (Merkurius, Venus, jorden och Mars) eftersom solens höga temperatur fick de lättare grundämnena att röra sig utåt i solsystemet. Jupiter och Saturnus består till största delen av väte och helium.

Jorden roterar lagom fort. Rotationshastigheten minskar med 0,0015 sekunder varje år, men hittills inte tillräckligt mycket för att nätterna ska bli för kalla eller dagarna för heta. Vår jord är stor nog för att kunna hålla

kvar en atmosfär, men dragningskraften är inte stor nog för att skapa ett för tätt gashölje. Växthuseffekten är tillräcklig för att vatten ska finnas i flytande form. Vår atmosfär utjämnar temperaturskillnaderna under dygnet.

Radioaktivt sönderfall i jorden av kalium, torium och uran alstrar värme som gör att innanmätet är varmt och delvis mjukt. Hade planeten varit lite mindre skulle energin som frigörs i sönderfallet inte räcka för att hålla delar av jordens inre smält. Rörelser i jordens flytande yttre kärna (på djup mellan 290 och 510 mil) skapar ett magnetfält som hindrar dödlig kosmisk strålning från rymden att nå ner till jordytan. Magnetfältet hindrar dessutom solvinden från att blåsa bort vår atmosfär.

De förflyttningar som sker av litosfärplattor (i vardagligt tal jordskorpa) är också ett resultat av rörelser i jordens delvis uppsmälta inre. Rörelserna skapar t.ex. bergskedjor, djuphavsgravar och förkastningar. De här processerna motverkar att jordens yta jämnas ut. Utan dem skulle hela jorden täckas av ett 2,4 kilometer djupt hav.

Vår satellit, månen, är en rest från jorden. För 4,51 miljarder år sedan slogs en alldeles lagom stor bit av jorden bort efter en kollision med en himlakropp i Mars storlek. Resterna vid kollisionen bildade månen, vilken senare hamnade i en bana runt vår planet. Månen stabiliserar jordaxelns lutning och ger långsammare och mindre klimatförändringar än vad som annars skulle vara fallet.

Vi bor i universum. Vi bor i rymden. Vi människor och allt annat på jorden består av grundämnen bildade i supernovor, exploderande stjärnor. Med ungefär 30 miljoner års mellanrum träffas jorden av en större meteorit som skapar massutdöenden. Hemskt, javisst, men det gynnar utvecklingen av nya livskraftiga organismer. Jupiter räddar jorden från ett mer intensivt meteoritregn, eftersom dess stora dragningskraft fångar in himlakroppar på kollisionskurs mot jorden. De goda förutsättningarna för flercelligt liv på jorden kommer att försvinna om 500-900 miljoner år eftersom solen kommer att lysa starkare. Det som idag är biosfär kommer då för alltid att gå förlorad.

PLATTEKTONIK

Under ett år förflyttas Europa och Nordamerika ungefär två centimeter ifrån varandra. Med den takten ökar avståndet med två mil för varje miljon år. Liknande förflyttningar av "kontinenter" sker överallt eftersom jorden är en dynamisk planet som i ett geologiskt tidsperspektiv hela tiden ändrar utseende. Teorin som beskriver de här rörelserna kallas plattetektonik.

Jordens yttersta lager kan liknas vid ett pussel. Det yttersta lagret består av sju större litosfärplattor (nordamerikanska, sydamerikanska, afrikanska, indoaustraliska, eurasiska, antarktiska och Stilla havsplattan) samt av några mindre. Plattorna är 100 - 150 kilometer tjocka och de ligger kant i kant med varandra.

Litosfärplattorna består av fast material och ligger ovanpå astenosfären, ett plastiskt skikt i jorden som kan nå ner till ett djup av 400 kilometer. Eftersom astenosfären delvis är uppsmält kan plattorna glida ovanpå den.

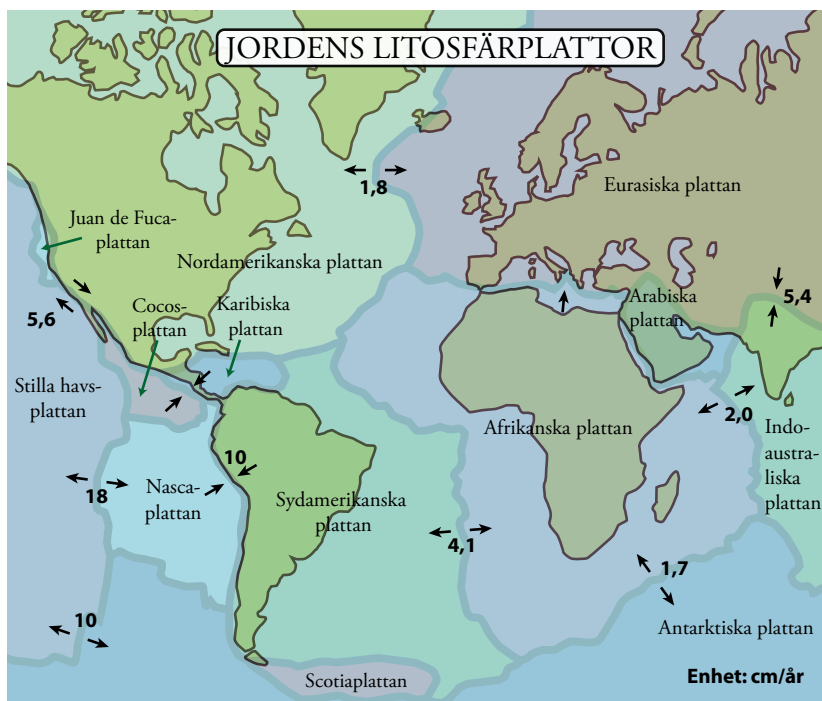
Det finns två typer av plattor: oceaniska och kontinentala. Den oceaniska är tyngre än den konti-

nentala. Överytan av den oceaniska plattan ligger därför lägre än den kontinentala. Oceanplattorna är täckta av hav. De kontinentala plattorna kan vara flera miljarder år gamla medan det inte finns några oceaniska delar som är äldre än 180 miljoner år. De flesta plattorna består av både en oceanisk och en kontinental del.

Plattorna rör sig relativt varandra. Det finns tre typer av rörelser som sker vid plattornas gränser:

- ◇ litosfärplattorna krockar med varandra (kollision, t.ex. Himalaya och Anderna),
- ◇ plattorna glider ifrån varandra varvid ny oceanbotten bildas (oceanbottenspridning, t.ex. mitt i Atlanten) och
- ◇ plattorna kanar längs med varandra utan att förstöras (t.ex. i Kalifornien).

Om inte plattorna skulle glida isär eller krocka med varandra skulle ojämnheter på jordytan på lång sikt försvinna.



Världens kontinenter vilar på stora litosfärplattor. Sverige ligger på den eurasiska plattan. Plattorna förflyttas hela tiden. Idag vidgas Atlanten med 1,8 cm/år. Den eurasiska plattan roterar sakta medurs. Om 250 miljoner år kommer Sverige att ha sin nuvarande nordspets riktad åt söder, ligga där Japan befinner sig just nu och ha kust mot Stilla havet. Atlanten kommer inte längre att finnas till.

Wegeners kontinentaldriftsteori

Studerar man världskartan ser man att Sydamerika och Afrika passar ihop precis som två pusselbitar. För 150 miljoner år sedan satt de två kontinenterna ihop. Alfred Wegener, en tysk meteorolog och astronom, presenterade år 1912 den så kallade kontinentaldriftsteorin som beskrev att kontinenterna hade förflyttats. Hans teori gick ut på att:

- ◇ alla kontinenter har varit samlade i en jättelik urkontinent, Pangea, för 200 miljoner år sedan,
- ◇ Pangea sprack sönder i flera mindre kontinenter och
- ◇ kontinenterna hela tiden rör sig relativt varandra.

Bevisen som Wegener lade fram var övertygande, men vetenskapssamhället var inte moget att ta till sig dem. Några av de bevis han presenterade var att:

- ◇ berggrunden ser likadan ut på kontinenternas kuster fastän det ligger världshav mellan dem,
- ◇ fossil från samma arter hittas på olika kontinenter utan att de har förbindelse och
- ◇ spår från inlandsis finns i tropiska områden, vilket innebär att kontinenterna måste ha legat nära polerna.

Argument som framfördes mot Wegeners teori var bl.a. att det inte fanns någon trolig mekanism som skulle kunna förklara kontinenternas förflyttningar. Dessutom trodde man att det hade funnits landbryggor mellan kontinenterna som förklarade förekomsten av liknande fossil.

Först på 1960-talet blev Wegeners teori accepterad och den utvecklades till den plattetektoniska teorin som beskriver litosfärplattornas rörelser. Det är nämligen inte bara kontinenterna, "världsdelarna", som åker omkring i jordens översta skikt, utan även "berget" 100-150 kilometer ner i jorden. Kontinenterna utgör bara 10-30 % av litosfärplattorna.



Sprickdal, Island. Island ligger på gränsen mellan den nordamerikanska och den eurasiska plattan. Det är en spridningszon där ny litosfärplatta hela tiden bildas. Bilden visar en av alla de sprickdalar som har bildats på Island på grund av plattornas rörelser.

Bevis för platttektoniken

I slutet av 1950-talet kunde forskarna mäta hur magnetiska mineral ordnade sig efter jordens magnetfält när de bildades. Genom att jämföra vilken riktning magnetfältet hade vid själva bergartsbildningen kunde man bestämma hur litosfärplattorna hade förflyttats under flera hundra miljoner år.

Mätningar i berggrunden i Stockholmsområdet har visat hur platsen har förflyttats under de senaste tre miljarder åren. För 800 miljoner år sedan låg platsen på 60° S bredd, men för tre miljarder år sedan låg "Stockholm" på samma breddgrad som nu.

Nästan ett halvt sekel efter att Wegener presenterade sin kontinentaldriftsteori kunde den successivt börja bekräftas. Senare kom flera bevis som stödde Wegeners teori:

- ◇ sedimenten på havsbotten är tjockare ju längre ifrån en spridningszon man kommer,
- ◇ höga värmeflöden i de mittoceaniska ryggarna indikerar att ny litosfärplatta bildas,
- ◇ i djuphavsgravarna konsumeras nybildade litosfärplattor och
- ◇ i och med satellitmätningar kan man med stor säkerhet bestämma hastigheterna på litosfärplattornas förflyttningar.

Mekanismen bakom platttektoniken

Varför rör sig litosfärplattorna? Under den senare delen av 1900-talet dominerade teorin att det var konvektionsströmmar i jordens inre som flyttar runt plattorna på jordens yta. Energin antogs komma från radioaktivt sönderfall i jordens inre som skapar strömmar av uppvärmt material. Värmeledningen från jordens innanmäte skulle inte räcka till för att "transportera" bort energiöverskottet, utan det upphettade materialet stiger upp i konvektionsströmmar mot jordens yta. När strömmarna närmar sig litosfären kyls de av, svänger först åt sidan och drar med sig litosfärplattan, för att sedan vända ner mot jordens inre igen.

Idag har forskarna kompletterat teorin med att det är jordens gravitation som får plattorna att röra på sig. De två processerna som gravitationen ger upphov till är:

- ◇ ridge-push (ryggknuff) – i spridningszonerna höjs plattornas sidor upp och åker som i en rutschkana åt sidan och
- ◇ slab pull (plattdrag) – när en platta dras ner av gravitationen i en subduktionszon som ett ankare.

Det är möjligt att alla de tre processerna, konvektionsströmmar, ridge-push och slab pull, samverkar för att förflytta plattorna.



Gejser, Island. När vatten värms upp av ytligt liggande magma kan det bildas en gejser. En gejser är en källa som sprutar upp vatten och vattenånga.

Jordens inre

Jordens inre kan delas in i flera sfäriska lager. Om indelningen görs efter jordens mekaniska egenskaper blir lagren litosfär, astenosfär, mesosfär, yttre och inre kärna. Den här indelningsgrunden är lämplig att använda när platttektoniken förklaras. De stela litosfärplattorna glider ovanpå den plastiska astenosfären. Jordens inre kärna är fast trots en temperatur på +6700 °C. Det höga trycket som hundratals mil av berg utövar gör att kärnan förblir fast. Den yttre kärnan har en temperatur på ca +4000 °C och är flytande.

Plattorna mäter, med några undantag, 100-150 kilometer i tjocklek. Plattorna är som tjockast under stora bergskedjor.

Om indelningen görs efter den kemiska sammansättningen blir lagren jordskorpa, mantel och kärna. Jordskorpan är, precis som litosfären, tunnast vid oceanbotten och spridningszoner och tjockast under bergskedjorna. Den 40-70 kilometer tjocka kontinental jordskorpan, som bildar våra kontinenter, har en sammansättning som motsvarar bergarten granit. Den oceaniska skorpan är 3-10 kilometer tjock och motsvaras av den tyngre bergarten basalt. Densitetsskill-

naden, oceanbotten 3,0 och kontinent 2,7 g/cm³, gör att ytan av den oceaniska skorpan ligger djupare och översvämmas av havet. Gränsen mellan jordskorpan och manteln utgörs av en förändring av den kemiska sammansättningen, den så kallade Mohorovicic-discontinuiteten (Moho). Manteln utgör 82 % av hela jordens volym.

Jordskorpa och litosfärplatta behandlas ofta felaktigt som synonyma begrepp. De olika indelningsgrunderna skapar lätt en begreppsförvirring. Jordskorpan utgör den översta delen av litosfärplattorna. Litosfärplattornas undre del liksom hela astenosfären tillhör manteln.

Det passar bra att använda jordens kemiska sammansättning för att beskriva jordbävningsvägornas utbredning. Jordbävningsvägorna ändrar t.ex. hastighet när de passerar gränsen mellan jordskorpan och manteln. Några typer av jordbävningsvägar kan inte fortplantas i vissa av jordens lager. Jordbävningsvägornas utbredning i jordens inre är därför av central betydelse för att förstå planetens uppbyggnad.

Jordens radie är 6370 kilometer.

