

Magmatisk differensiering – en geologisk prosess med konsekvenser

Hvordan kan magmatisk differensiering kobles til platetektonikk og dannelse av bergarter?

Demonstrasjon av delvis smelting

Lag i stand to begerglass slik som beskrevet under "Utstyrliste" nedenfor.



Begerglass med stein og voks

Foto: C. King.

Vis elevene hvordan begerglasset med smågrus og stearinvoks ser ut før oppvarming. Spør: hva tror du skjer hvis vi varmer opp blandingen til voksen smelter? De fleste vil foreslå at steinene vil synke til bunns og danne et lag med stein og voks, mens en del voks vil stige oppover i glasset og legge seg på toppen. Sett deretter frem det andre begerglasset for å vise hva som har skjedd etter oppvarming.

Generelt vil stoffer med lavest smeltepunkt smelte først, mens stoffer med høyt smeltepunkt ikke smelter. De faste bitene vil synke nedover, mens det smelta stoffet legger seg som et topplag. Det øverste laget består da av stoffet med lavest smeltepunkt.

Fra grus og voks til magmatisk differensiering

Bergarter består av mineraler. Mineralene har ulikt smeltepunkt. Mineraler som består av oksygen (O) og silisium (Si) har lavest smeltepunkt, mens mineraler som inneholder jern (Fe) og magnesium (Mg) har høyest smeltepunkt. Når bergarter utsettes for sterk varme, vil de ikke smelte helt. Vi får en blanding av fast berg og smelte. Magmaet som dannes har et høyere innhold av O og Si enn "moderbergarten". Prosessen kalles **magmatisk differensiering**.

Magmatisk differensiering er en av mange prosesser i det store platetektoniske systemet. Dette sørger for at bergartene som dannes har ulike kjemiske og fysiske egenskaper. Kilden til slike prosesser er mantelen som er rik på oksygen, silisium, magnesium og jern. Hvis vi sammenligner mantelen med jordskorpa, så består jordskorpa av mye mer silisium og oksygen, og mye mindre av magnesium og jern enn mantelen. Hvorfor det er slik kan forklares gjennom tre trinn som må ses i sammenheng med hverandre:

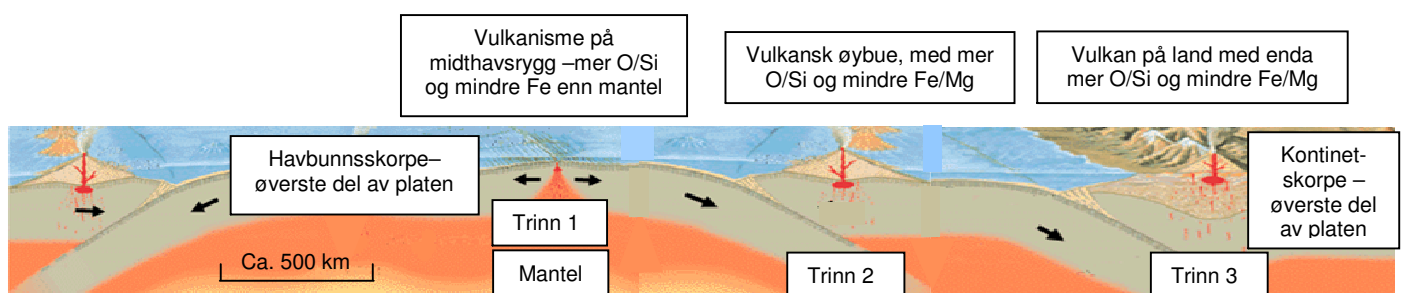
Trinn 1: Under midthavsryggene. Smelten som dannes er rikere på O/Si (og inneholder mindre Fe/Mg) enn mantelen. Når jordplatene beveger seg fra hverandre, stiger magmaen opp mot jordoverflaten. Der avkjøles den og blir til **midthavsrygg**. Når mer magma presser seg opp skyves **havbunnskorpa** bort fra midthavsryggen (havbunns-spredning).

Trinn 2: Havbunnsplate som går under havbunnsplate. Når en havbunnsplate dukker under en annen havbunnsplate, dannes det steinsmelte i dypet som er rikere på O/Si (og har lavere innhold av Fe/Mg). Mye av denne steinsmelten kommer til jordoverflaten gjennom kraftige vulkanutbrudd. Etter hvert blir vulkanene så store at det dannes **vulkanske øybuer**. [NB! Dannelse av magma i vulkanske øybuer er en avansert prosess. Magmatisk differensiering er bare en liten del av dette].

Trinn 3: Havbunnskorpe går under kontinentalskorpe. En del av havbunnskorpa og nederste del av kontinentalskorpa smelter. Denne smelten får enda høyere innhold O/Si (og har lavere innhold av Fe/Mg) enn den opprinnelige havbunnskorpa. Smelten stiger og kan 1) størkne sakte nede i berggrunnen og danne bergarter rike på O/Si (som granitt), eller 2) sprenges seg opp til jordoverflaten som vulkanutbrudd. Når lavaen størkner på landoverflaten, lages det ny **kontinentalskorpe**. Dette er årsaken til at kontinentalskorpen inneholder mye mer O/Si (og mindre Fe/Mg) enn bergarter i havbunnskorpen.

Fra mantel til kontinentalskorpe

Gjennom de tre trinnene med magmatisk differensiering, blir steinsmelte fra mantelen altså mer og mer rik på silisium (vi sier den blir "surere"). Derfor består kontinentalskorpa av mye O/Si. Slike bergarter har relativ lav tetthet og er dermed så lett at kontinentalskorpa aldri vil dukke under en annen jordplate. Jordas befolkning bor på landmasser som inneholder mye silisium – og dette skyldes platetektoniske prosesser.



Figuren er basert på en offentlig publikasjon eid av United States Federal Government, Title 17, Chapter 1, Section 105 of the US Code.

Bakgrunn

Tittel: Magmatisk differensiering – en geologisk prosess med konsekvenser

Undertittel: Hvordan kan magmatisk differensiering kobles til platetektonikk og dannelse av bergarter?

Emne: Gjennom en enkel demonstrasjon av magmatisk differensiering kan man forklare: 1) at denne prosessen har betydning for jordas geokjemiske sammensetning, 2) at det finnes mange ulike magmatiske bergarter, og 3) at vulkanutbrudd er mer eller mindre eksplosive.

Alderstrinn: 14 – 19 år




Tid til aktiviteten: 15 min

Potensielt læringsutbytte: Elevene kan:

- Bruke denne demonstrasjonen med smågrus og voks til å forklare hvordan magmatisk differensiering er opphav til magma. Det er også årsaken til at ny magma har annen kjemisk sammensetning enn den opprinnelige bergarten/moderbergarten.
- Forklare hvordan magmatisk differensiering oppstår i tre trinn, både i tid og rom, og er koblet til platetektonikken. For hvert trinn får vi bergarter i jordkorpa som er rikere på O/Si (mens det blir lavere innhold av Fe/Mg)

Kontekst:

Følgene magmatisk differensiering får for bergartene i jordkorpa er oppsummert i tabellen nedenfor.

Materiale	Kjemisk sammensetning	Vanlige magmatiske bergarter	Dannelse (type vulkanutbrudd)	Bilde	Opphav til bilde-materiale	
Kontinental-skorpe og vulkaner	Rikere på O/Si og mindre enn Mg/Fe enn havbunns-skorpe	<ul style="list-style-type: none"> • Ryolitt (små korn) (og andesitt) • Granitt (større korn) (og vulkansk aske)	Høy til veldig høy viskositet – ofte svært eksplosive utbrudd, f.eks. Mt Redoubt (på bildet)		<i>Bildene er basert på og publisert med tillatelse fra United States Geological Survey.</i>	↑ Fra mye Mg og Fe til mer O og Si
Vulkanske øybuer	Rikere på O/Si og mindre av Mg/Fe enn havbunns-skorpe	<ul style="list-style-type: none"> • Andesitt (små korn) • Dioritt (grove korn) (og vulkansk aske)	Høy viskositet - ganske eksplosive utbrudd, f.eks. Montserrat (på bildet)			
Havbunns-skorpe og undersjøiske vulkaner (Midthavsrygger)	Rikere på O/Si og mindre av Mg/Fe enn mantelen	<ul style="list-style-type: none"> • Basalt (fin) • Gabbro (store korn) 	Lav viskositet - roligere utbrudd (men hvis vann er til stede blir utbruddet eksplosivt), f.eks. Island – (på bildet)			
Mantel	Mest O, Si, og mindre Mg, Fe	<ul style="list-style-type: none"> • Peridotitt (grov) 	Ikke aktuelt med vulkanutbrudd	Ingen- mantelen er under jordkorpeplatene og derfor ikke synlig på jordoverflaten	↑	

Videreføring av aktiviteten:

Gjennomfør oppvarmingen av begerglasset (med kokeplate eller gassbrenner) foran elevene slik at de får sett "magmatisk differensiering" i aksjon.

Underliggende prinsipp:

- Materiale med lavest smeltepunkt smelter først.
- Ved magmatisk differensiering skjer følgende separasjon: mineraler med høyt smeltepunkt synker til bunns som faste biter og steinsmelten med det laveste smeltepunktet stiger oppover. De to ulike mineralene har ulike kjemisk sammensetning og ulike fysiske egenskaper. Separasjonen kan fortsette ved at smelten fortsetter å stige gjennom overliggende materiale og de faste fragmentene blir liggende igjen.
- Bergarter rik på O/Si har lavere smeltepunkt enn bergarter med mye Fe/Mg.

- For hvert "trinn" med magmatisk differensiering dannes stadig "surere" bergarter – det vil si rikere på O/Si (og fattigere på Fe/Mg).
- Magmatisk differensiering hjelper oss til å forklare hvordan mantelen, havbunnskorpe og kontinentalskorpe har ulike sammensetning og dermed ulike egenskaper – de "oppfører" seg forskjellig.

Utvikling av kognitive ferdigheter:

Elevene må bruke kunnskapen om magmatisk differensiering og overføre den fra en enkel demonstrasjon til kompliserte geologiske prosesser. Videre diskusjon om hvordan disse prosessene påvirker og passer inn med den globale situasjonen og våre omgivelser inkluderer kognitive ferdigheter som konstruksjon av kunnskap, kognitiv konflikt og metakognisjon.

Utstysliste:

- To små begerglass (f.eks. 50 eller 100 ml)
- Grus/småstein
- Smuldret stearinlys/voks

Begerglassene som er vist på bildet kan lages i stand på følgende måte: skjær/smuldre stearinlys i biter på samme størrelse som småsteinene. Legg ca 1 cm tykt lag småstein i hvert begerglass, og bland det sammen med ca 2 cm tykt lag med stearin/voksbit. Varm et av begerglassene opp på en kokeplate eller med en gassbrenner til voksen smelter. På dette stadiet vil steinene synke til bunns, samtidig som det legger seg et lag ren stearinvoks på toppen. Sett begerglasset til avkjøling slik at voksen størkner.

Nyttige lenker:

Viten-programmet *Platetektonikk* er et nettbasert undervisningsopplegg med animasjoner og interaktive oppgaver. Utviklet spesielt for programfag geofag: www.viten.no/platetektonikk

På nettsiden til US Geological Survey kan boken *This dynamic Earth: the story of plate tectonics* lastes ned: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html>

Kilde: Utarbeidet av Chris King i the Earthlearningidea Team. Takk til Professor Steve Sparks for kommentarer på det tidlige utkastet. Denne aktiviteten er en del av workshopen "The Earth and plate tectonics", Earth Science Education Unit, Keele University, <http://www.earthscienceeducation.com> Naturfagsenteret står for norsk oversettelse og tilpasning.

Ordforklaringer:

Jordplate: jordas ytre steinskall som består av jordskorpe og øverste del av mantel. Jordplatene kan omfatte både kontinentsskorpe eller havbunnsskorpe. Det er åtte store og flere mindre jordplater.

Magmatisk differensiering: under størkning av magma/steinsmelte, vil det dannes ulike bergarter. Dette skyldes at mineralene har forskjellig smeltepunkt.

© Earthlearningidea team. Med jevne mellomrom utgir The Earthlearningidea team et forslag til et undervisningsopplegg. Målet er at det skal ikke kreve store kostnader eller avansert utstyr. Noen aktiviteter, merket som "Geo+" krever imidlertid enkelt laboratorieutstyr som ofte finnes på skolens naturfagsrom. Aktivitetene kan brukes av lærerutdannere og lærere innenfor skolefagene geografi, geofag og naturfag. Det er også lagt opp til nettbasert diskusjon rundt hver aktivitet for å utvikle et globalt støttenettverk. 'Earthlearningidea' (Geoaktiviteten) har lite finansiering og utvikles hovedsakelig av frivillige bidragsytere. Copyright er markert når aktiviteten inneholder originalt materiale og dersom dette er nødvendig ved bruk i laboratorium eller klasserom. Rettigheter til inkludert materiale der andre produsenter har Copyright, ligger hos dem. Alle som ønsker å bruke dette materialet må kontakte the Earthlearningidea team. Alt er gjort for å finne og kontakte rettighetshavere til materiale inkludert i denne aktiviteten, for å få deres tillatelse. Imidlertid ber vi om å bli kontaktet dersom dere mener deres rettigheter blir brutt. Dersom du opplever problemer med å lese dokumentet, bes du om å kontakte the Earthlearningidea team for hjelp. E-post (engelsk): info@earthlearningidea.com