

Magmatism JA Vulkanism

Alvar Soesoo
Geoloogia Instituut



Disclaimer

- Käesoleva õppeseeria kokkupanekul on kasutatud materjale ka erinevatest Ameerika ja Euroopa internetiallikest





*Kas siin on tegu magmatismi
produktidega??*





*Kunagine merepõhi,
Praegune mererannik*

*Kas seos magmatismiga,
Metamorfishmiga või
Muuga????*

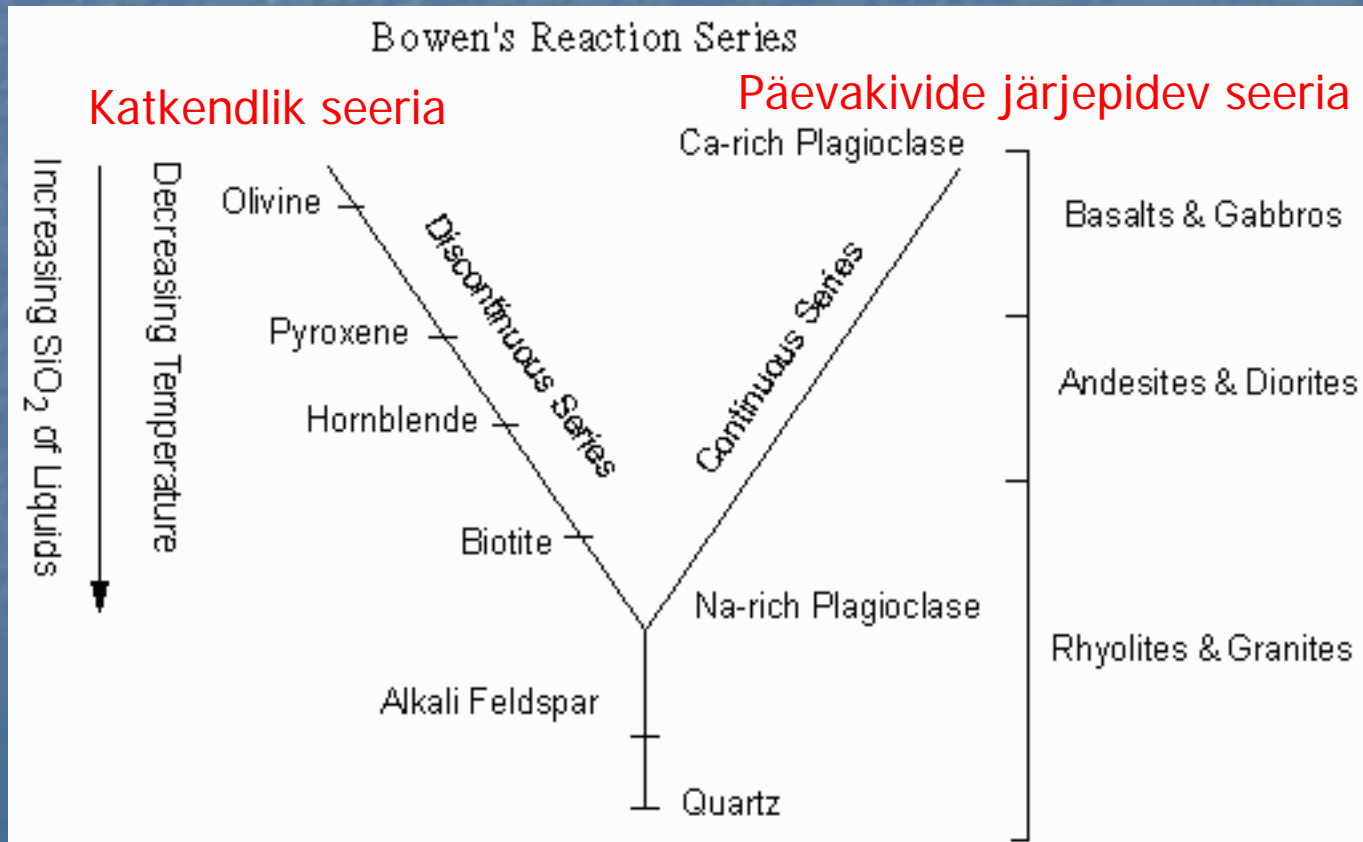
- Tardkivimid moodustavad maakoore ülemisest 16 km paksusest kihist 95%, kuid vaatamata sellisele suurele mahulisele levikule, paljanduvad nad vaid 25%-l maismaa pindalast.
- Tardkivimid tekivad **magma** tardumisel maakoores või maapinnal. **Magmaks** nimetame kõrge temperatuuri (650-1600°C) ja rõhu (üle $3 \cdot 10^8$ Pa) tingimustes **maakoores** või **vahevöös** tekkinud vedelat (silikaatset) sulamit, mille peamisteks koostiselementideks on O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H₂O, CO₂, H₂S.
- Maapinnale väljavoolanud magmat nimetatakse **laavaks**.
- Maakoore tunginud (või seal tekkinud) magmast enamus kristalliseerubki **koosisestest** e. **intrusiivsete** kivimitena, maapinnale jõuab ja tardub **purske** e. **effusiivsete** kivimitena suhteliselt väike osa magmast.

Magma jahtumine

- Magmavedeliku jahtumisel hakkavad sellest kristalliseeruma mineraalid, millede keemilised komponendid osutuvad üleküllastumise olukorras olevaiks. Kuna selles protsessis magma koostis muutub, astuvad varem väljakristalliseerunud mineraalid magmaga keemilistesse reaktsioonidesse, millede produktiks on hilisema tekkega mineraalid.
- USA eksperimentaator-petrograaf N. Bowen tõestas, et looduslike magmade kristalliseerumist võib põhimõtteliselt vaadelda kaht tüüpi, pideva ja katkendliku, reaktsiooniridade üheaegse realiseerumisena.
- **Pideva reaktsioonide rea** produktideks on üht isomorfset rida moodustavad mineraalid ([Na-Ca päevakivid](#) e. [plagioklassid](#)).
- **Katkendliku reaktsioonide rea** produktideks aga isomorfset mittesegunevad mineraalid (pürokseenid, amfiboolid, biotiit).
- Üheaegselt kristalliseeruvad mineraalid, mis moodustavad nn. **eutektilisi segusid** s.o. tarduvad kindlas hulgalises vahekorras kindlal, oma sulamistäppidest palju madalamal, temperatuuril. Selline mineraalide kristalliseerumisprotsesse üldistav skeem on tuntud [Bowen'i magma kristalliseerumise skeemina](#).

Boweni reaktsiooniseeria

Bowen found by experiment that the order in which minerals crystallize from a basaltic magma depends on temperature. As a basaltic magma is cooled Olivine and Ca-rich plagioclase crystallize first. Upon further cooling, Olivine reacts with the liquid to produce pyroxene and Ca-rich plagioclase react with the liquid to produce less Ca-rich plagioclase. But, if the olivine and Ca-rich plagioclase are removed from the liquid by crystal fractionation, then the remaining liquid will be more SiO₂ rich. If the process continues, an original basaltic magma can change to first and andesite magma then a rhyolite magma with falling temperature



Melanokraatsed

Leukokraatsed

Oliviin

Pürokseenid

Anortiit

Labrador

Amfiboolid

Plagioklassid

Biotiit

Oligoklass

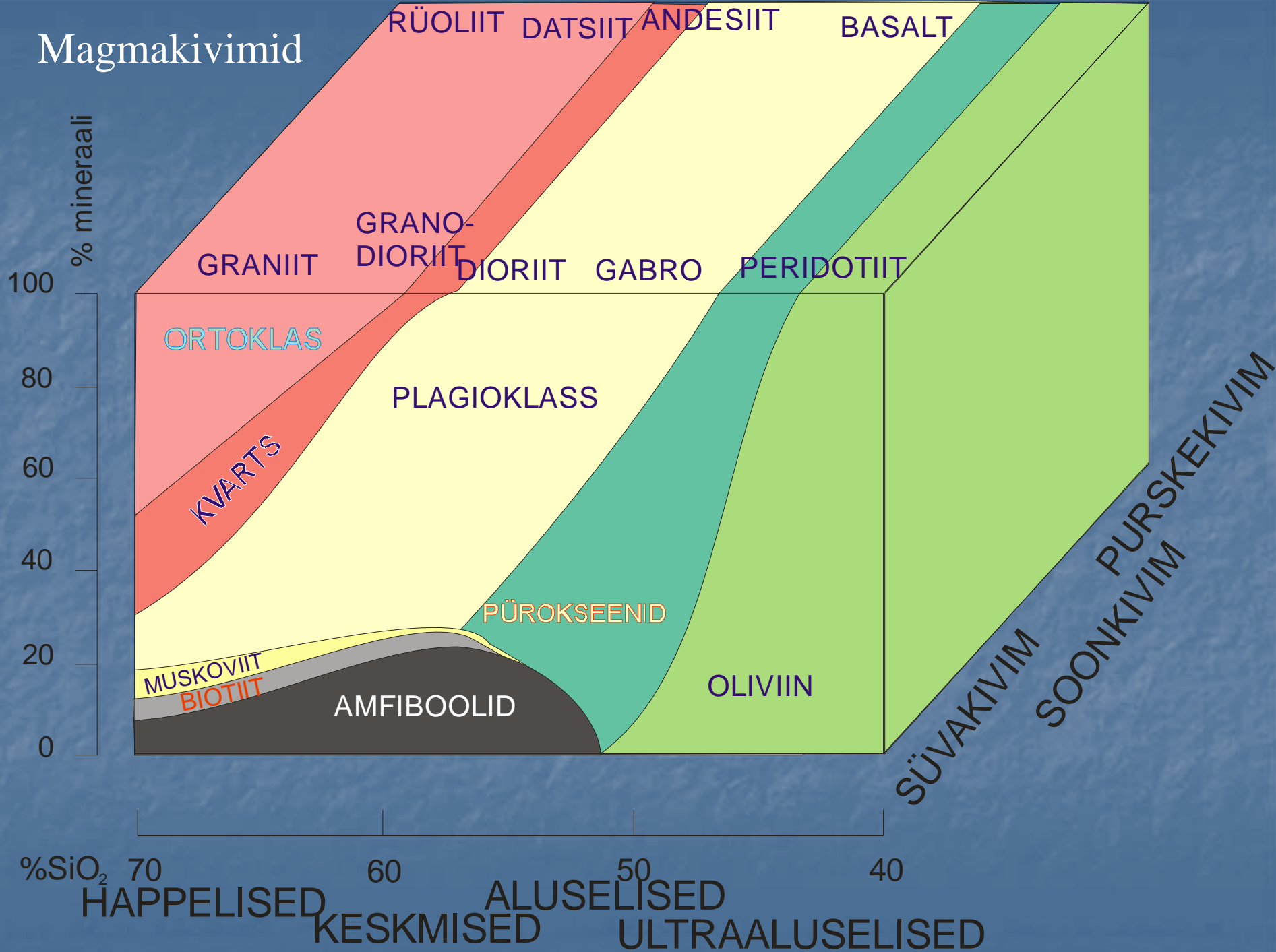
K-päevakivi

Muskoviit

Kvarts

Hüdrotermid

Magmakivimid



- Konkreetselt mingit geoloogilist keha moodustavad magmamassid kristalliseeruvad skeemi eri osadena andes oliviin-pürokseen (ultraaluselisi), pürokseen-plagioklass (aluselisi), amfibool-plagioklass (keskmisi) ja biotiit-plagioklass-K-päevakivi-kvarts (happelisi) kivimeid.
- Kristalliseeruv magma rikastub selles lahustunud lenduvaist ühendeist, mis magma kristalliseerumise lõppetappidel jõuavad üleküllastumiseni ja hakkavad sellest eralduma omaette veeauru, süsihappegaasi, räni, leeliste jt. gaaside seguna (pneumatolüüdina). Sellises olukorras kristalliseeruvast magmast, nn. jääkmagmast, kasvavad gaaside kui katalüsaatorite toimel suured või isegi gigantsed kvartsi, päevakivide, vilkude jt. mineraalide kristallid, mis moodustavad gigantotalisi kivimeid - **pegmatiite**.
- Temperatuuridel alla 400°C gaasisegud veelduvad kuumadeks mineraliseeritud vesilahusteks, **hüdrotermideks**, mis vulkaanilistel aladel ka kuumaveeallikatena, geisritena maapinnale välja voolavad ja kust settib kivimite lõhedesse nn. **hüdrotermaalseid sooni** moodustavaid mineraale (kvarts, albiit, kaltsiit, kloriit, epidoot, fluoriit jt.).
- Peale kirjeldatud **kristallisatsioonilise diferentseerumise**, teeb magma jahtumisel läbi ka juba mainitud **fluidilise** e. **gaasilise diferentseerumise**, samuti sulami eri osade (ja sellest eralduvate mineraalide) **tihedusliku** (e. gravitatsioonilise) **diferentseerumise**. Gravitatsioonilisel diferentseerumisel langevad varem tekkinud mineraalid magmakambri põhja.

Tardkivimite lasumusvormid

Maakoore tunginud magmamassid ja neist moodustunud kivimkehad on väga erineva suuruse ja kujuga. Edasiliikumiseks kasutab magma kas kivimite kihtidevahelisi pindu ja lõhesid - tekivad ümbriskivimitega ühinevad (e. **konkordantsed**) kivimkehad - või loob enesele ruumi ümbriskivimite purustamise, assimileerimise, ülessulatamise teel - moodustuvad ümbriskivimite kihte lõikavaid (e. **diskordantseid**) tardkivimite lasumusvormid.

- Magma maakoores liikumise protsessi nimetatakse **intrusiooniks**, tekkivaid magmakivimite kehi nimetatakse **intrusiivideks**, **massiivideks** ja **plutoonideks**.
- Intrusiivseist lasumusvormidest on levinumad:
- **sill** - ümbriskivimi kihtide vahele valgunud, sageli "mitmekorruseline" plaatjas magmakeha, tavaliselt aluselise koostisega;
- **lakoliit** - seenelaadne, ümbriskivimi kihte võlvjalt ülessurunud magmakeha (Aju-Dagi mägi Krimmis);
- **lopoliit** - liualadne, tavaliselt väga suuremõduline magmakeha (Lõuna- Aafrikas Buschweldi lopoliidi mõõtmed plaanis on 300X480 km);
- **fakoliit** - kurrutatud alade kihtides esinev "juurteta" läätselised väikesed magmakehad - kurrutusprotsessis tükeldatud magmakeha killud;
- **daik** - magmakivimist täitunud lõhe;
- **nekk** - vulkaani lõõri täitev magmakivimi keha (plahvatuslikult purustatud vulkaanilise kivimiga nekki nimetatakse diatreemiks);
- **batoliit** - suurim, korrapäratu, reeglina sügavusse laienev põhiliselt hap- peliste tardkivimitega intrusiiv, mille pindala moodustab tuhandeid - 10-neid tuhandeid km²;
- **stokk** - batoliidi lae enamasti silindrilaadse kujuga väljasopistus pind- alaga alla 100 km²;

- Suurimateks purske kivimite kehadeks on **laavakatted** - suhteliselt õhukesed (mõne, mak- simaalselt mõnesaja meetri paksused) kuid suurepindalised (kuni tuhandeid km²) välja paisatud ja õhus pihustatud või laiali voolanud laavast tardunud kivimmassid. Happelise koostisega magma pursetel suur osa laavat ja lõõrist kaasahaaratud massist paisatakse purustatuna õhku, kus see pihustub, tahkestub ja langeb maapinnale laavakatet moodustava mitmesuguse terasuurusega **püroklastilise materjalina**.
- Selle materjali reas eristatakse:
 - **vulkaanilisi pomme** ja rahne (läbimõõduga 5-10 cm kuni mõni meeter),
 - **lapille** (läbimõõduga 1-5 cm),
 - **vulkaanilist liiva** (terasuurusega 0.1-1 cm),
 - **tuhka** (terasuurusega alla 0,1 cm).

- Tsementeerunud püroklastiline materjali tuntakse vulkaanilise puksksrdkivimi **aglomeraadina** e. **tuffina**. Väiksemateks vormideks on maksimaalselt mõnekümne kilomeetri pikkused **laavavoolud**, millede seas, olenevalt tardunud laava pealispinna reljeefist eristatakse **lainelist** ja **rahnjat** tüüpi.
- Viskoossed happelised laavad produtseerivad ka lõõrist väljasurutud sambana **kupli**, **obeliski**, **nõela** kujulisi vulkaaniliste kivimite lasumusvorme.
- Tardkivimite lasumusvorme õnnestub vahetult looduses vaadelda harva nende suurte mõõtmete ja halva paljanduvuse tõttu. Küll on aga sageli võimalik jälgida tardkivimite **eraldisvorme**, mis tekivad kivimkeha lõhestumisel iseloomuliku kujuga plokkideks jahtumise käigus.
- Eraldislõhede teke tuleneb erineva kiirusega toimuvate magma- või laavakeha osade laiali voolamisest ja jahtumisest.
- Tardkivimite eraldisvormide kuju võib olla näiteks **sammajas** e. **prismaline** (purskekivimeis, eriti basalttides), **keraline** e. **kontsentrilis-koorikuline** (vee all purskunud laavades), **rahnjas**, **madratsilaadne** (aeglaselt jahtunud süvakivimites).

- Ühtlaseteralised struktuurid võivad kristallide absoluutsuuruselt olla jämedateralistest kuni peitkristalseini. Porfüürilise struktuuri loovad loovad peeneteralisemas kivimi põhimassis vähemal või suuremal hulgal levivad suuremad kristallid - **fenokristallid**.
- **Fenokristalle** moodustavad põhimassist varem kristalliseeruma hakanud kristallid. Fenokristalle moodustavad sageli päevakivid, kvarts, biotiit, amfiboolid, pürokseenid, oliviin. Kui fenokristalle ümbritseva kivimi põhimassi terasuurus ei ole neist kontrastselt erinev, nimetatakse struktuuri **porfüürilaadseks**.

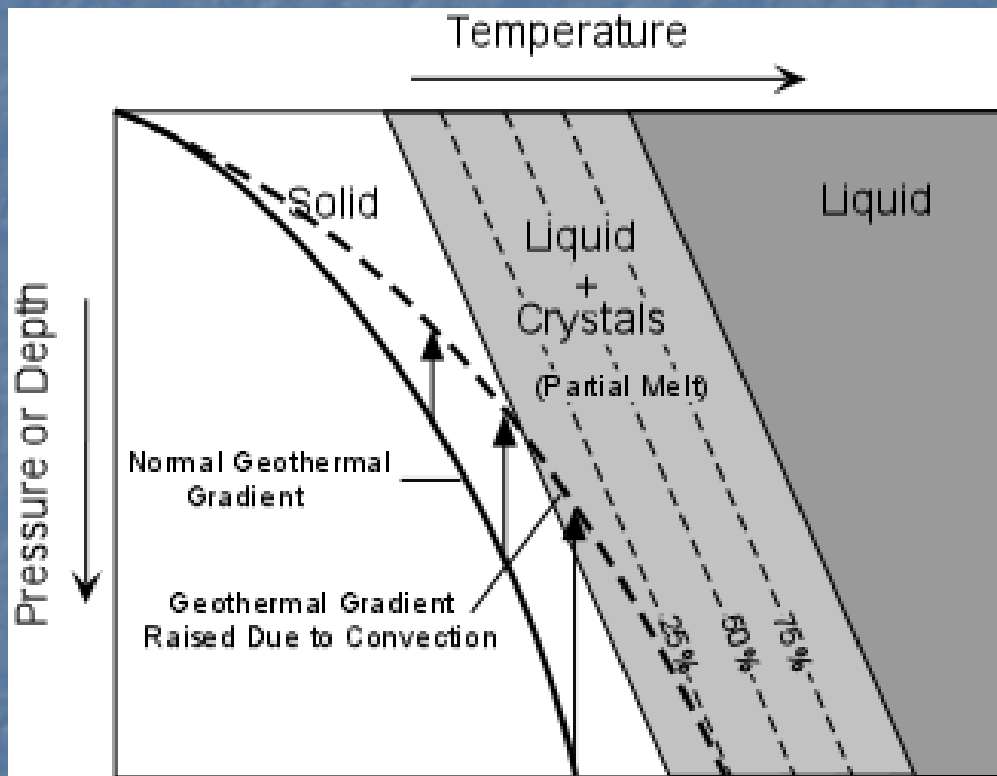
- Kuigi tardkivimeid iseloomustavad väga mitmesugused tunnused, on kivimtüüpe määravaks siiski eelkõige nende **aineline koostis**, väljendatuna nii elemendilises (e. keemilises) kui mineraalses vormis.
- Traditsiooniliselt väljendatakse tardkivimite keemilist koostist neid moodustavate elementide oksiidide sisaldustena massiprotsentides. Kuna magmakivimid sisaldavad eelkõige hapnikku ja räni, on nende keemilise koostise valdavamaks komponendiks SiO_2 , mille kogus kõigub enamlevinud kivimtüüpides 30%-st 75%-ni. Ülejäänud peamistest komponentidest võib Al_2O_3 sisaldus tõusta kuni 20%-ni. Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O sisaldused aga ei ületa tavaliselt 10%. SiO_2 on ka ainsaks oksiidiks, mille sisaldus magmakivimeis ei lange kunagi nullini, mistõttu kõik tardkivimite kivimitmoodustavad mineraalid on silikaadid (päevakivid, kvarts, vilgud, amfiboolid, pürokseenid, oliviin, nefeliin jt.). SiO_2 sisalduse järgi jagatakse tardkivimid **ultraaluseliste, aluseliste, keskmiste ja happeliste kivimite rühmadeks** (vt. [KIVIMID](#)).
- Nendest rühmadest võib omaette grupina tuua välja looduses teistest tardkivimitest märksa vähem levinud, leelismetallidest (Na, K) rikastunud nn. **leeliselisi magmakivimeid**. Viimased sisaldavad iseloomulike mineraalidena nefeliini, leutsiiti, K-päevakivi, mitte kunagi aga kvartsi.
- Tardkivimite põhikomponentide sisaldused on üksteisega seaduspärases sõltuvuses. Näiteks kaasneb SiO_2 sisalduse suurenemisega kivimeis ka Al_2O_3 , K_2O ja Na_2O sisalduste kasv ning FeO , CaO , MgO sisalduste vähenemine. Mineraalses koostises väljendub see kvartsi ja päevakivide sisalduse suurenemises ja biotiidi, amfibooli või pürokseeni sisalduse vähenemises. Peale nimetatud peamiste komponentide sisaldavad magmad väikestes hulkades Ti, Mn, Zn, Sr, Ca, Ni, Co, Sn, Li, Rb, Ba jt. elemente. Kergesti lenduvaist komponentidest on peamised H_2O , CO_2 , H_2S , F, Cl, P.

Basaltse magma teke

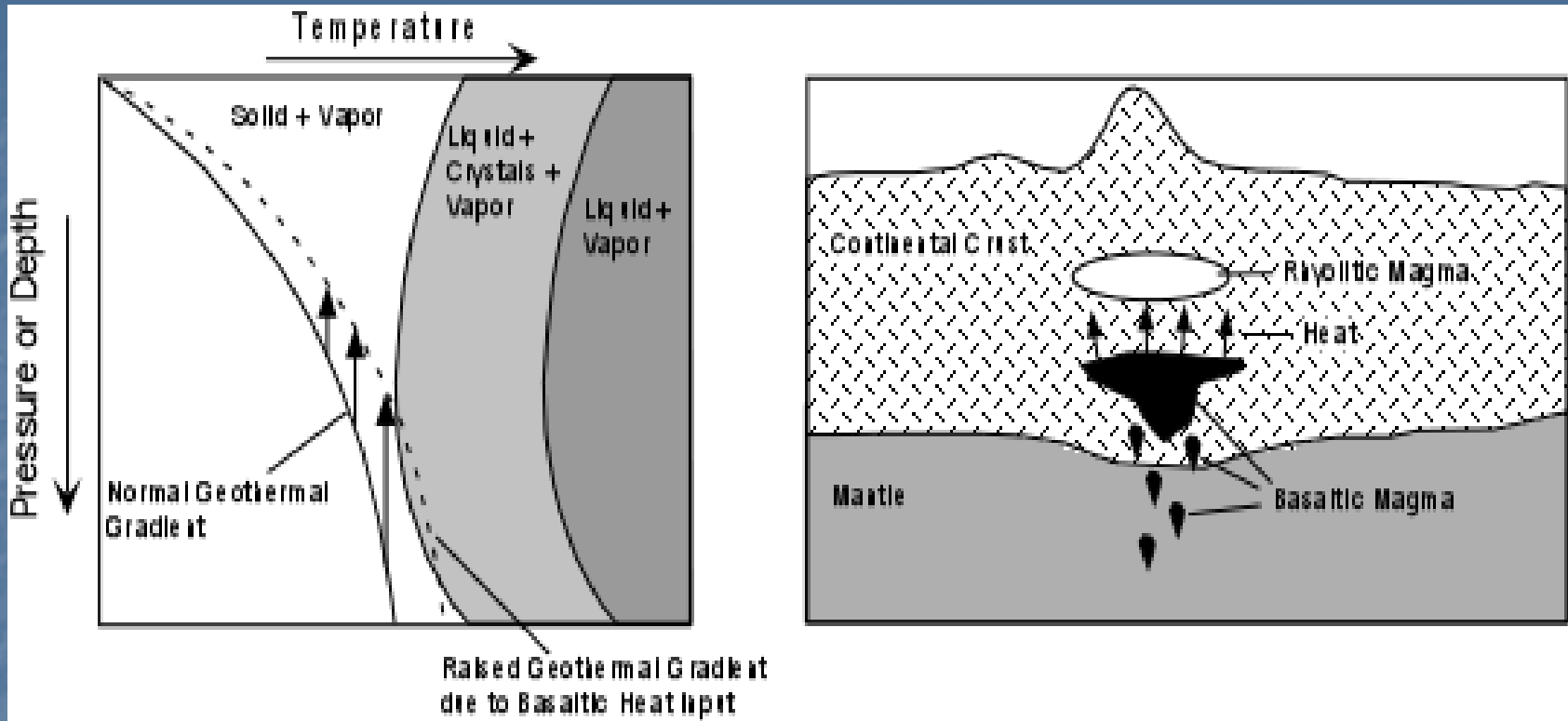
Much evidence suggests that Basaltic magmas result from dry partial melting of mantle.

- Basalts make up most of oceanic crust and only mantle underlies crust.
- Basalts contain minerals like olivine, pyroxene and plagioclase, none of which contain water.
- Basalts erupt non-explosively, indicating a low gas content and therefore low water content. The Mantle is made of garnet peridotite (a rock made up of olivine, pyroxene, and garnet) -- evidence comes from pieces brought up by erupting volcanoes. In the laboratory we can determine the melting behavior of garnet peridotite.

- Under normal conditions the temperature in the Earth, shown by the geothermal gradient, is lower than the beginning of melting of the mantle. Thus in order for the mantle to melt there has to be a mechanism to raise the geothermal gradient. Once such mechanism is convection, wherein hot mantle material rises to lower pressure or depth, carrying its heat with it. If the raised geothermal gradient becomes higher than the initial melting temperature at any pressure, then a partial melt will form. Liquid from this partial melt can be separated from the remaining crystals because, in general, liquids have a lower density than solids. Basaltic or gabbroic magmas appear to originate in this way



Granitic magma teke



- Most Granitic or Rhyolitic magma appears to result from wet melting of continental crust. The evidence for this is:
- Most granites and rhyolites are found in areas of continental crust.
- When granitic magma erupts from volcanoes it does so very explosively, indicating high gas content.
- Solidified granite or rhyolite contains quartz, feldspar, hornblende, biotite, and muscovite. The latter minerals contain water, indicating high water content