

Dr. Raucsik Béla: Kőzetan leckesorozat
2. lecke

Magmás kőzetan I.: a magmás kőzetek petrográfiai alapfogalmai

Az olvasólecke célja: a magmás kőzetek petrográfiai alapfogalmainak tisztázása. Átlagos olvasási idő: 45 perc.

A kőzetek genetikai típusai a következők: 1. magmás; 2. metamorf; 3. üledékes kőzetek. Vizsgálódásunk első tárgya a magmás kőzetek csoportja.

Mik a magmás kőzetek?

A magmás kőzetek közös jellemzője, hogy egy természetes eredetű, bonyolult összetételű, többkomponensű olvadékból (és oldatból), a magmából, annak megszilárdulása során jönnek létre. A magma lehűlése során – az uralkodó termodinamikai feltételek és a kémiai összetétel függvényében – különböző ásványok kristályosodnak ki az olvadékból. A kristályosodás eredményeként tehát konkrét, meghatározható ásványokat kapunk, ugyanakkor a keletkezés körülményeinek függvényében az egyes elegyrészek, ásványok kapcsolata, térbeli érintkezési módja más és más lehet. Mivel a kőzetet alkotó fázisok a kristályrácsukban hordozzák azokat a kémiai komponenseket, amelyek az olvadékban jelen voltak, nyilvánvalóan a rendszer (a teljes kőzet, vagy egyes elegyrészei) kémiai összetétele is fontos jellemző.

A magmás kőzetek leírásának, meghatározásának elemei

A fentiekből következik, hogy a magmás kőzetek leírására éppen az alábbi három jellemző lehet alkalmas:

1. a kőzet ásványos összetétele;

2. a kőzet szövete;

3. a kőzet kémiai összetétele.

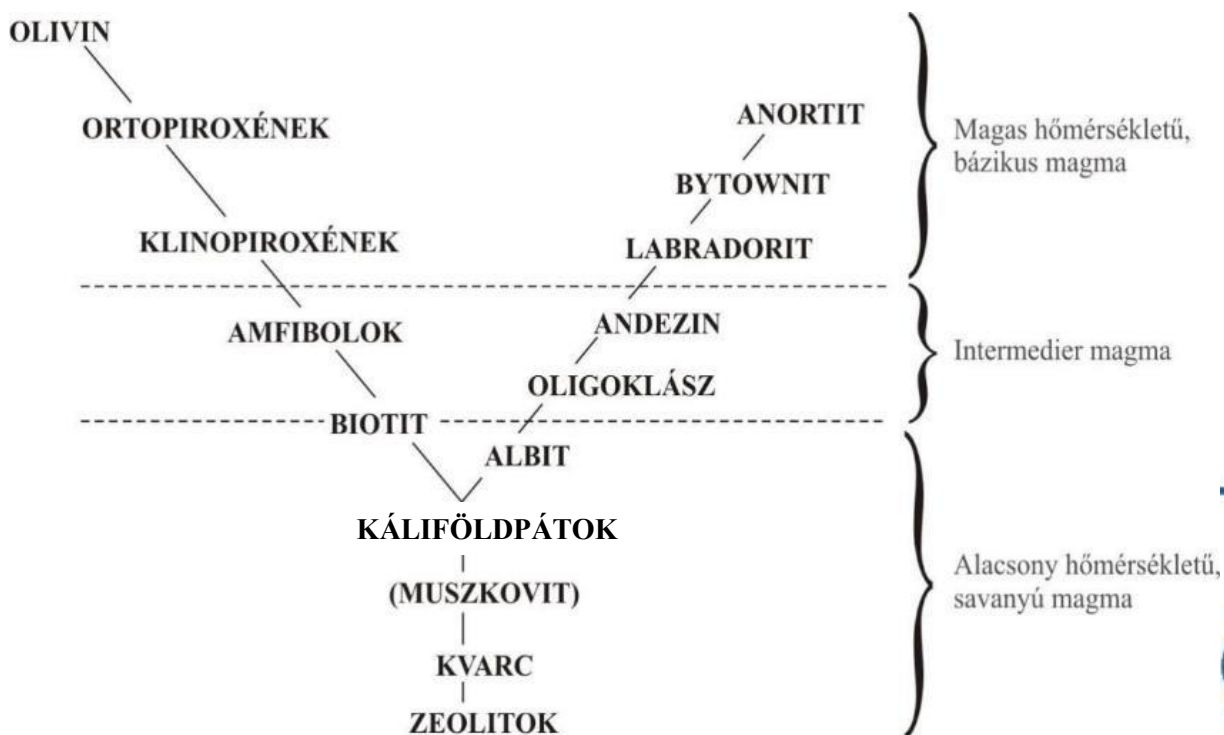
Jelen olvasólecke (és kurzus) keretében a makroszkópos kőzethatározás lépéseivel szeretnénk megismerkedni, így a 3. kritérium tárgyalásától eltekintünk. Ugyanakkor annyit mindenképp meg kell említeni, hogy a magmás kőzetek osztályozásának egyik rutin módszere

a teljes kőzet **tömegszázalékban kifejezett kémiai összetételén** (azaz komponensek tömegkoncentráció viszonyain) alapul, tehát alapvetően analitikai kémiai és geokémiai, nem pedig makroszkópos, leíró petrográfiai probléma. Az olvasólecke keretében koncentráljunk az első két szempontra, a kőzet ásványos összetételére és szövetére, valamint ezek tanulságaira!

Képzeljük el, hogy egy magmás kőzet kézipéldánya kerül a kezünkbe, amit kizárólag szabad szemmel és kézi nagyítóval figyelhetünk meg, semmilyen műszer nem áll rendelkezésünkre a behatóbb vizsgálathoz. Vegyük sorra, hogy mit látunk egyáltalán!

A magmás kőzetek ásványos összetétele

A legtöbb magmás kőzet szabad szemmel láthatóan is ásványok együttesének bizonyul. Annak tisztázásában, hogy pontosan milyen ásványok találhatók meg egymás mellett egy magmatitban, a 20. század elejének kitűnő kanadai petrológusa, **N.L. Bowen** munkássága volt meghatározó jelentőségű. Bowen különböző összetételű magmás kőzetekből származó pormintákon végzett laboratóriumi olvasztási és újrakristályosítási kísérleteket. Munkájának legfontosabb eredménye lett a később róla elnevezett „kiválási sor”, ami megmutatja, hogy adott összetételű magmából a csökkenő hőmérséklet függvényében milyen ásványok kristályosodnak ki a kőzet fő tömegét alkotó, lényeges elegyrészként. A tapasztalat azt mutatja, hogy Bowen kísérletei nagyon jól modellezik sok magmás kőzet valós ásványos összetételét. Lássuk tehát a **Bowen-sort**!



A Bowen-féle kristályosodási sorozat.

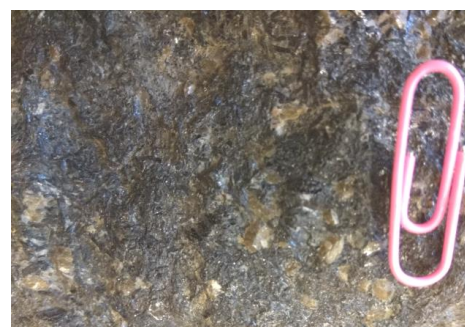
A fenti ábrán látható, hogy a magma lehülése (a csökkenő hőmérséklet) függvényében mely ásványok (ásványcsoportok) kristályosodása következik be. Az „Y” alakú sorozat felső (nagy hőmérsékletre tartozó) része kétágú. A baloldali ág a **színes (mafikus, Fe-Mg-gazdag) szilikátok** tagjait mutatja. Ezek a fázisok, ha nincsenek kémiai egyensúlyban a maradék olvadékkal, a lehülés során reakcióba lépnek azzal, emiatt **diszkontinuális, azaz „nem folytonos” sorozat**nak is nevezzük. Kémiai szempontból a legfontosabb szereplő az olvadék SiO_2 (oxidos formában kifejezett komponens, nem kvarc ásvány!) koncentrációja, míg a másik tényező a rendelkezésre álló idő. Megfelelő feltételek mellett tehát az olivin az olvadékkal reagálva feloldódik és piroxénként, a piroxének amfibolként, az amfibolok biotitként kristályosodnak ki. Ezzel a folyamattal (a kristályosodás hőmérsékletét tekintve) párhuzamosan bontakozik ki a jobboldali, a **plagioklász földpátok izomorf elegysorának folytonos (kontinuális) sorozata**. Nagyobb hőmérsékleten a kisebb SiO_2 -tartalmú, Ca-gazdag (anortit-gazdag) plagioklász kristályosodik, míg a hőmérséklet csökkenésével mind nagyobb SiO_2 -tartalmú, Ca-szegény és Na-gazdag (albitos) plagioklász keletkezik. Itt azonban (szemben a mafikus ásványokkal) nem olvad fel teljes egészében a reakció során a már kikristályosodott plagioklász, hanem az albit komponensben gazdagabb ásvány folytonosan „hozzánövekedik”, ezzel kémiai zónásságot eredményezve az ásványban. A Bowen-sor két ága a káliföldpátoknál egyesül, a tovább csökkenő hőmérséklettel már nem ágazik el és a plagioklászokon kívüli felzikus elegyrészeket tartalmazza. Mik a Bowen-sor legfontosabb tanulságai?

1. Bowen kísérleteiben összekevert magmatit anyagokkal dolgozott; a sorozat összes tagja, egy adott, természetes, „valódi” kőzetben egyszerre soha nem fordulhat elő.
2. Bowen kísérleti kőzetei szubdukciós övekben keletkezett, ún. **mészalkáli** differenciáción átesett kőzetek voltak. A nem ilyen magmafejlődésen áteső, vagy más kemizmusú kőzetek ásványos összetételében olyan ásványok (pl. földpátpótlók, melilitok) is szerepelhetnek lényeges elegyrészként, amelyeket nem találunk a Bowen-sorban.
3. Azt látjuk, hogy a mészalkáli differenciáció során bizonyos ásványok csoportjai előszeretettel kristályosodnak együtt, aminek kémiai (SiO_2 -telítettség) és fizikai (adott hőmérsékleti tartomány) okai vannak. Ezeket a (nem késéles) határokat szimbolizálják a fenti ábra vízszintes, szaggatott vonalai. A SiO_2 -szegény (bázikus) olvadékból viszonylag nagy hőmérsékleten ($\sim 1200^\circ\text{C}$ -on) megindul a kristályosodás és a sor felső részén látható ásványok

együttesét eredményezi. A SiO_2 -ben gazdagabb, intermedier (neutrális) magma kristályosodása a bázikushoz képest kisebb hőmérsékleten, a sor középső tartományában lévő elegyrészek kiválásával jár. A SiO_2 -gazdag (savanyú) olvadékból mindig a sor alján felsorolt fázisok kialakulása várható, nyilván az előbbiekhöz képest még kisebb hőmérsékleten ($\sim 700^\circ\text{C}$ -ig). A Bowen-sor jó kapaszkodót nyújt a legtöbb magmás kőzet ásványos összetételének megértéséhez. A későbbiekben majd látjuk, hogy a magmás kőzetek pontos petrográfiai elnevezései (részben) a Bowen-sorban is szereplő elegyrészek mennyiségi viszonyain alapulnak.

A magmás kőzetek színe

Egy kőzet színét (tónusát) az egyes elegyrészek színe határozza meg. Nyilvánvaló tehát, hogy minél többet tartalmaz adott ásványból egy kőzetpéldány, annál kifejezettebben érvényesül az adott ásvány színe a teljes kőzetpéldány árnyalatán. A kőzetalkotó ásványok már megismert színéből kell kiindulnunk: a világos (fehér, halványszürke, halvány rózsaszín) árnyalat a világos színű, vagy áttetsző ásványokban (felzikus elegyrészekben, azaz földpátokban, kvarcban, esetleg földpátpótlókban) gazdag magmatitokra lesz jellemző. **Minél több a fekete, vagy zöldes, barnás árnyalatú, ún. színes elegyrész egy magmás kőzetben, annál sötétebb a teljes kőzetpéldány színárnyalata.** A kőzettan elméleti ismeretanyagából tudott, hogy ez nagyjából megfelel a magmás kőzetek kémiai összetételének is: minél inkább telített SiO_2 -ben a kőzet (azaz minél savanyúbb), általában annál több a felzikus ásványok aránya. Legyünk azonban óvatosak, akadnak kivételek! A legismertebb kivétel az obszidián (egy riolitváltozat), ez ugyanis egy kifejezetten SiO_2 -gazdag kőzet, mégis fekete színű. Ennek oka azonban nem a fekete ásványos összetevőkben keresendő, hanem abban, hogy ez a kőzet szinte teljes egészében fekete kőzetüvegből áll.



Különböző kemizmusú, gyakori magmás kőzetek jellegzetes színe. Felső sor: gránit (savanyú kőzet; balra), diorit (intermedier kőzet; középen), hornblendit (ultrabázikus kőzet; jobbra). Alul: obszidián.

A magmás kőzetek sűrűsége

Egy kőzet sűrűségét az egyes ásványok térfogatarányos sűrűsége alakítja. A sok vasat tartalmazó, szinte csak színes szilikátokból álló, ultrabázikus kőzetek (pl. peridotitok, piroxenit) sűrűsége viszonylag nagy. A mélységi magmás kőzetek bázikusságának csökkenésével, a növekvő savanyú jelleggel párhuzamosan a sűrűségük is folyamatosan csökken, mert felépítésükben csökken a vasgazdag színes szilikátok aránya. Ezt a kapcsolatot azonban csak a megfelelően tömör kőzetek esetén alkalmazhatjuk! A kiömlési és piroklaszt kőzeteknél a kőzet növekvő porozitása (a levegővel kitöltött üregek arányának növekedésével) jelentősen befolyásolja.



Bazalt salak (balra) és egy „normál” bazalt kézipéldány (jobbra) jellegzetes megjelenése. A két, hasonló összetételű kőzet közül a salak sűrűsége nyilván kisebb, mint a tömör bazalté a sok, levegővel kitöltött üreg okán.

A magmás kőzetek szövete

A kőzetszövet a kőzetet felépítő elegyrészek (ásványok) alakja, mérete, egymáshoz való geometriai viszonya, érintkezési módja által megszabott tulajdonságok együttese. A megfigyelés léptéke szerint van makroszkópos és mikroszkópos kőzetszövet; jelen olvasóleckében csak a kézipéldány léptékben észlelhető szöveti jellegeket tekintjük át.

A magmás kőzetek szöveti jellemzése során a következőket kell megfigyelnünk:

1. A kőzet **kristályosságának foka**;
2. Az elegyrészek abszolút és relatív **mérete**;
3. Az elegyrészek **alakja**;
4. Az elegyrészek **irányítottsága**.

Fontos, hogy egy magmás kőzet kézipéldány leírásánál törekednünk kell arra, hogy valamennyi említett szöveti bélyeget rögzítsük, mert ez nélkülözhetetlen egy magmás kőzet szabatos leírásakor! Vegyük is őket sorra!

1. A magmás kőzetek **kristályossági fok**uk alapján háromfélék lehetnek:

1.1. **Holokristályos** a kőzet, ha teljes térfogatában szabad szemmel észlelhető méretű kristályok alkotják. Ez főleg a mélységi kőzetekre jellemző.

1.2. **Hipokristályos** a kőzet, ha a szabad szemmel észlelhető méretű kristályokon kívül, szabad szemmel nem elkülöníthető kristályok és/vagy kőzetüvegből álló alapanyag alkotják. Ez főleg a kiömlési (esetleg telér-) kőzetekre jellemző.

1.3. **Üveges** a kőzet, ha azt teljes egészében kőzetüvegből áll. Ez a kiömlési kőzeteknél fordulhat elő.



Holokristályos szövetű gabbró (balra), hipokristályos szövetű andezit (középen) és üveges szövetű obszidián kézipéldány (jobbra) jellegzetes megjelenése.

2. A magmás kőzeteket alkotó ásványok **mérete** hármas értelmezésű:

2.1. Elsőként azt kell tisztázni, hogy az elegyrészek szabad szemmel elkülöníthetők-e, vagy sem. Ha az összes elegyrész látszik szabad szemmel, akkor **fanokristályos** a kőzet, ha nem, akkor **afanitos**. Utóbbi esetben lehetnek szabad szemmel látható elegyrészek (**fenokristályok**),

ekkor a szövet **porfíros**, ha nincsenek egyáltalán látható szemcsék, akkor a kőzet **afíros** szövetű.

2.2. Rögzítenünk kell az abszolút kristályméretet. Az ehhez alkalmazott kategóriahatárok nem egységesek, de mind elterjedtebb az a felfogás, miszerint az uralkodólag >5 mm-es átmérő esetén **durvaszemcsés**, 1–5 mm-es átmérő esetén **középszemcsés**, <1 mm-es átmérő esetén **finomszemcsés** a magmás kőzet.

2.3. Végül meg kell határoznunk a relatív (egymáshoz viszonyított) kristályméretet! Ha a kőzetben kb. azonos nagyságú ásványokat látunk, akkor a kőzet **ekvigranuláris** szövetű, ha nem, akkor **inekigranuláris porfíros** szövetű. Utóbbi esetben legalább két mérettartományba sorolhatók a kőzetalkotók: elkülönülnek a **porfíros elegyrészek** (ezek fenokristályok) és egy ezekhez képest finomszemcsés **alapanyag**. Az ekvigranuláris szövet inkább a mélységi, az inekigranuláris szövet a kiömlési kőzetekre jellemző.

3. A magmás kőzetek elegyrészeinek **alakja** szempontjából megkülönböztetünk **idiomorf (sajátalakú)**, **hipidiomorf (félíg sajátalakú)** és **xenomorf (nem sajátalakú)** elegyrészeket. Az idiomorf szemcsékre az jellemző, hogy az ásványra jellemző, kristálytanilag meghatározott lapok ki tudtak alakulni; jellemzően ezek az olvadékból viszonylag korán (nagyobb hőmérsékleten) kikristályosodott ásványok. Ha a rendelkezésre álló hely már korlátozott, akkor csak egyes kristálylapok alakulnak ki a belső szerkezetnek megfelelő formában, ilyenkor lesz a szemcse hipidiomorf. Nyilvánvaló, hogy a xenomorf jelleg arra vezethető vissza, hogy az ásványnak az olvadékból való növekedése során még részben sincs módja saját kristálylapjai kifejlesztésére, csupán a már meglévő szemcsék közötti szabad térfogatot tölti ki. Ez a magmás kőzetekben a viszonylag későn, kis hőmérsékleten kristályosodó ásványok sajátja. Természetesen a sajátalakú ásványok esetén alkalmazzuk az ásványtanból már ismert alaktani kategóriákat (pl. izometrikus, táblás, lemezes, tűs).



Figyeljünk meg a fenti képeken a kőzetalkotó ásványok méretét és alakját! Egy andezit (balra) esetében azt látjuk, hogy a kőzet hipokristályos, afanitós, a sajátalakú amfibol és plagioklász porfírok közép–durvaszemcsés és halványszürke alapanyagban úsznak. A jobbra látható granodiorit teljesen eltérő szövetű: holokristályos, fanerokristályos, közép–durvaszemcsés kőzet. Lényeges elegyrészei idiomorf és hipidiomorf plagioklász földpát, biotit és xenomorf kvarc szemcsék.

4. Ami a magmás kőzetek elegyrészeinek **irányítottságát** illeti, ha látunk szöveti rendezettséget, akkor **irányított**, ha nem látunk ilyet, akkor **homogén (egynemű)** szövetről beszélünk. Előbbi esetben viszont azt kell megfigyelni, hogy a nem izometrikus ásványok (pl. léces plagioklászok, oszlopos piroxének, lemezes csillámok) mutatnak-e kitüntetett orientációt, pl. a kőzetfelszíni hossz tengelyeik nagyjából egy irányba mutatnak-e.



Homogén szövetű hornblendit (balra) és enyhén irányított szövetű andezit (jobbra) megjelenése.
Az andezit esetében az irányítottságot a fekete, oszlopos amfibolszemcsék nagy részének kitüntetett orientációja jelöli ki.

TIPP: Remek összefoglalót olvashatunk a magmás kőzetan témájában az alábbi linken:

<https://ttk.elte.hu/dstore/document/904/magmas%20kozetek.pdf>

Nagyon hasznos áttekintés, valamint kép- és fogalomgyűjtemény található a következő honlapon:

<http://www.alexstrekeisen.it/english/index.php>

Hasznos olvasnivalók a témában:

Harangi, Sz., Szakmány, Gy., Józsa, S., Lukács, R., Sági, T. (2013): Magmás kőzetek és folyamatok - gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához. E-tananyag, Eötvös Loránd Tudományegyetem.

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_magmas_kozetek/index.html

Pápay, L. (2006): Kristálytan, ásvány-, kőzettan. JATEPress, Szeged.

Szakáll, S. (2011): Ásvány- és kőzettan alapjai. E-tananyag, Miskolci Egyetem.

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/adatok.html

Önellenőrző kérdések (a magmás kőzetek petrográfiai alapfogalmai):

1. Mit értünk a magmás kőzet fogalma alatt?
2. Milyen fő szempontokat veszünk figyelembe egy magmás kőzet jellemzésénél?
3. Írja fel a Bowen-féle kiválási sort!
4. Mit mutat meg a Bowen-féle kiválási sor?
5. Mi határozza meg a magmás kőzetek színét?
6. Mi határozza meg a magmás kőzetek sűrűségét?
7. Definiálja az alábbi, magmás kőzetszöveti fogalmakat:
porfíros elegyrész, holokristályos, homogén szövet, xenomorf, fenokristály!

