

SZAKÁLL SÁNDOR,

# ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTAN ALAPJAI

4



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a  
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

## IV. AZ ÁSVÁNYOK (ÉS KÖZETEK) KELETKEZÉSE

### 1. BEVEZETÉS

Bárhol képződhetnek ásványok (kőzetek), ha gőzök, olvadékok lehűlnek, oldatok túltelítődnek, vagy más kémiai reakciók során az anyagi részecskék szilárd, döntően kristályos állapotba kerülnek.

A kristályosodás **kristálycsírák** képződésével indul meg. Ha az oldat vagy olvadék lehűlése lassú, úgy kevés, de nagy kristály képződik, amennyiben a lehűlés gyorsan megy végbe, a kristálycsíráknak nem lesz idejük növekedni és sok apróbb kristály képződik.

Egy kristállyal legtöbbször sok más kristály növekszik párhuzamosan, így nem ritka, hogy nem marad hely a kristálylapok kifejlődéséhez. Ebben az esetben **polikristályos** (sok kristály szoros egymás melletti növekedéséből álló) **halmazok (aggregátumok)** jönnek létre.

Az ásványok (és kőzetek) megjelenésére a litoszférában a polikristályos halmazok a jellemzőek.



*Több ásványból álló polikristályos halmaz (gránit)*

Az esetek egy részében (ha a kőzetalkotó ásványok szabad szemmel láthatók), ez jól megfigyelhető. Ha viszont a kőzetalkotók mikroszkopikus méretűek, a polikristályos megjelenés csak fénymikroszkóppal, vagy még kisebb méretek esetén csak elektronmikroszkóppal észlelhető. Az így kialakult ásványok viszont, ha eltérő fiziko-kémiai környezetbe kerülnek átalakulhatnak, ezáltal új ásványok (kőzetek) jönnek létre. Ez a Föld története során állandóan ismétlődő jelenség, emberi időléptékkel mérve azonban elsősorban a felszíni folyamatok sebessége számottevő.

A továbbiakban sorra vesszük azokat a legfontosabb földtani folyamatokat, ahol az ásványok (kőzetek) a **litoszférában** kialakulnak.

### 2. MAGMÁS ÁSVÁNYKÉPZŐDÉS

Első helyen kell megemlíteni a Föld belsőbb öveiben, a felszínénél jóval nagyobb hőmérsékleten és nyomáson képződött, magmából kristályosodott ásványokat, melyeket emiatt **magmás eredetűeknek** hívunk. A magma olyan **szilikátokban** és **oxidokban** gazdag olvadék, melyben oldottan még könnyen illó anyagok (például *hidrogénklorid*, *széndioxid*, *vízgőz*) és, – igaz roppant különböző arányban – az egész periódusos rendszer kémiai elemei megtalálhatók. A magma a Föld mélyebb zónáiban képződik, ahol a szilárd kőzetek részlegesen vagy teljesen megolvadnak.

Ha a környezeténél kisebb sűrűségű, fölfelé hatoló magma kijut a földfelszínre, lávának hívjuk. A forró láva is folyamatosan

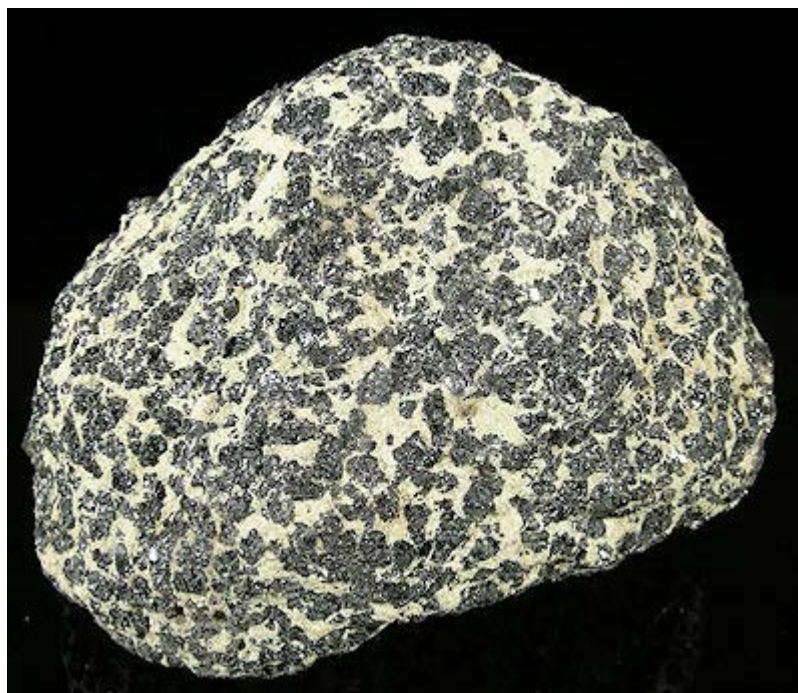
megszilárduló szilikátolvadék, melyben a gyors kihűlés hatására kevés idejük van az ásványoknak a kristályosodásra, így sokszor igen aprók a kristályai, extrém gyors kihűlés hatására pedig akár üveggé szilárdulhat meg. Amennyiben a magma nem éri el a földfelszínt, behatolhat a földkéreg repedéseibe, vagy akár magába is olvaszthatja a környezetében lévő kőzeteket. Mivel a környezetében lévő kőzetek jóval hidegebbek a magmánál, az olvadék a peremi részeken kezd el kihűlni először, és itt válnak ki az első ásványok is csökkenő olvadáspontjuk szerint.

A litoszférában végbemenő legfontosabb ásvány- (és egyúttal) kőzetképződési környezeteket az alábbi két szelvényen mutatjuk be.



A litoszférában lejátszódó legfontosabb ásvány- és (kőzet)képződési környezetek elhelyezkedése

A magma korai kristályodási termékei a nehézségi erő hatására az olvadék aljára süllyednek. Ez a magmás ásvány- (kőzet)képződés **előkristályosodási szakasza**.



Az előkristályosodás terméke a króm ércásványa, a kromit

A hőmérséklet további csökkenésével egyre nagyobb tömegben kristályosodnak ki az alacsonyabb olvadáspontú ásványok. Ennek során kristályosodik ki az olvadék állapotú magma döntő része, így ezt a szakaszt nevezzük **főkristályosodásnak**. Így jön létre a magmás kőzetek döntő része, melyek fő elegrészei, – a magmás eredetű kőzetalkotó ásványok – a földkéreg leggyakoribb kémiai elemeiből épülnek föl, ezek: *szilícium, alumínium, oxigén, vas, magnézium, kálium, nátrium és kalcium*.



*A főkristályosodás termékei a magmás kőzetek, például a gabbró*

A maradék magmában részben az oldhatatlan gázok (például a *vízgőz, széndioxid, kénhidrogén, hidrogénfluorid, hidrogénklorid*) mennyisége, részben az addig kisebb mennyiségben jelenlévő kémiai elemek aránya jelentősen megnő. A kb. 2-12 km-es képződési mélység, és 600-800°C-os, igen lassan változó hőmérséklet nyugodt kristályosodást tesz lehetővé, így óriási, akár több méteres kristályok képződhetnek.

Az **utókristályosodási szakasz**nak ezt a korai periódusát hívjuk **pegmatitos szakasz**nak.

Ebben a szakaszban azok a kémiai elemek dúsulnak föl, melyek például nagyobb ionméretük vagy iontöltésük miatt nem tudtak egyik, – már korábban kristályosodott – ásvány szerkezetébe sem beépülni, ezek pedig zömmel ritkább elemek, mint a *lítium, berillium, volfrám, bór, ón, uránium*.



*A pegmatitos szakasz terméke a turmalin*

A *pegmatitos* kőzetek képződése során a kőzethasadékok nagyrészt kitöltődnek, így a kovasavban szegényebb, de vízgőzben és a kémiaiag igen agresszív **halogéne**ekben gazdagabb, fluid állapotú rendszer belső nyomása megnövekszik, megrepesztli a környező kőzeteket, a repedésekben a lehülés során ásványokat rak le, illetve reakcióba léphet a mellékkőzetekkel a *fluor-, klór-, bórtartalmú*, igen agresszív **fluidumoknak** köszönhetően. Ezt a fázist régebben **pneumatolitos szakasz**nak hívták, ma gyakrabban beszélünk **metaszomatózis**ról (elemkicserélődés).

A magmás működés vége felé közeledve a kőzetrétegeken átáramló gőzök 400°C alá hűlnek, és megjelenik a forró vizes oldatrendszer, ezt nevezzük **hidrotermás szakasz**nak. Ez csak részben magmás eredetű, mert részben a környező kőzetek rétegvizeinek beáramlásából, illetve azok felfűtéséből jön létre.

Az óceánközépi hátságok környezetében, ahol a forró magma szakaszosan ömlik ki az óceán fenekére, a kőzetek repedéseiben leszivárgó tengervíz a magma fűtő hatására felmelegszik, egy sor ásványi anyagot old magába és **hidrotermális tevékenység** indul be. A hidrotermás oldatok a környező kőzetek repedéseibe-üregeibe hatolnak be, majd a lehülés és más tényezők hatására **ásványkiválásokat** hoznak létre.



*Hidrotermás eredetű szfalerit és kalkopirit*

A hidrotermás folyamatok során jön létre például a gazdaságilag legfontosabb ércásványok egész sora.

### 3. ÜLEDÉKES ÁSVÁNYKÉPZŐDÉS

A hidrotermás szakasznál jóval alacsonyabb hőmérsékleten, mondhatni hideg vizekből (patakok, tavak, tengerek, réteg- és talajvizek) vegyi úton vagy biológiai hozzájárulással képződött, illetve mállási folyamatok törmelékes komponensei alkotják az **üledékes eredetű ásványok** összességét.

Az intenzív felszíni mállás, folyóvízi vagy szél általi szállítás hatására a felszínen lévő kőzetek szétaprózódnak, elmállanak, anyaguk behordódik a folyókba, tavakba, majd tengerekbe, ahol lerakódnak, majd megszilárdulnak, ezek a folyamatok hozzák létre a **törmelékes üledékes ásványgyűtéseket**.



*Törmelékes eredetű ásvány szemcsék laza halmaza a homok*

A folyók kanyarulataiban, zátonyainál, ahol a víz sebessége lecsökken, a kőzetekből kipergő, felaprózódó, majd a folyó által elszállított ásványok sűrűségük szerint rakódnak le, így gyakran találhatunk jobbra egyféle ásványból felépülő homokos részeket (ún. torlatokat) a hordalékban. Ilyen módon koncentrálódhatnak fontos ón-, titán- vagy cirkóniumtartalmú ásványok a folyók homokjában. Például termésaranyat, vagy drágaköveket is sokszor torlatokból mosott az ember évezredekken keresztül.

Az előbbiekkal szemben döntően kémiai reakciók eredményeként, más szóval vegyi úton képződik a mészkő, kősó és gipsz. A barlangi cseppkő, vagy a mészben gazdag patakok forrásmészköve úgy keletkezik, hogy a víz a magával hozott, vagy talajból és levegőből **adszorbeált** széndioxidtartalma *szénsavvá* alakul, mely *karbonátos kőzetekkel* érintkezve oldatba viszi azokat. Azonban amikor az ilyen kalcium-hidrogénkarbonátban gazdag víz alacsonyabb nyomású helyre érkezik, például vízesés, barlang faláról lecsöppenne, vagy a vízi növények fotoszintézise során a növények *széndioxidot* vonnak el a vízből, barlangok esetében cseppkő, patakokban forrásvízi *mészkő* keletkezik.



*Barlangban cseppkő formájában kivált kalcium-karbonát*

A kősó és gipsz kémiai komponensei is ehhez hasonlóan oldva találhatóak a tavakban, tengerekben, melyekből akkor kristályosodnak ki, ha azokból annyi víz párolog el, hogy az oldat túltelítetté válik. Gyakori eset ez tengeröblökben, sós tavakban, mikor is a víz elpárolog, az addig oldott nátrium-klorid *kősó*, illetve kalcium-szulfát *anhidrit* formájában kicsapódik.



*Tengervízből kivált kősó sziklákat alkot*

Egyes vegyi úton képződött karbonátos ásványgyűttesek metaszomatózissal (elemcserélődés) kémiaileg átalakulhatnak. A magnézium felvételével így képződik például a kalcitból *dolomit* vagy *magnezit*. Fentiek a **vegyi üledékes kőzetek** képződésének főbb szinterei.

A felszíni időjárási viszonyosságoknak (pl. víz, jég, szél, hőmérsékletingadozás) kitett kőzetek a levegő oxigénje és csapadékvizek hatására mállani kezdenek, ez a **fizikai és kémiai mállás** folyamata.

A magmás folyamatok során keletkezett ásványok stabilitása annál inkább kisebb, minél jobban eltér az új környezet attól, ahol az illető ásvány keletkezett. Így például a korábban már említett, – a magmából magas hőmérsékleten kristályosuló ásványok – a felszínre kerülve hamar elmállanak más ásványokká. A fő kőzetalkotókból például *agyagásványok*, a szulfidokból oxidációs folyamatokkal *szulfátok* és *oxidok* jönnek létre.

A bioszféra kialakulása óta létezik **biológiai mállás**, ennek során az élő szervezetek, biogén folyamatok (növények gyökerei környékén képződő szerves savak, mikroorganizmusok stb.) hatására oldják az ásványok, kőzetek felszínét. De élő szervezetek maguk is létrehozhatnak ásványi kiválásokat, ezeket nevezzük **biogén eredetű ásványoknak**. Gondoljunk csak a mészvázat kiválasztó tengeri állatokra (korallak, kagylók), melyek a mészkőképződést, vagy a kovavázat kiválasztó egysejtűekre, melyek kovaüledékek létrejöttét eredményezik. Bizonyos mikroorganizmusok, algák oldatokból különböző ásványi kiválásokat (*szulfidokat*, *oxidokat*, *foszfátokat*) produkálhatnak, melyek akár gazdaságilag hasznosítható mennyiségben fölhalmozódhatnak.

#### 4. METAMORF ÁSVÁNYKÉPZŐDÉS

Minden kőzetalkotó ásvány, – legyen magmás, üledékes vagy metamorf eredetű – ha merőben új fiziko-kémiai viszonyok közé kerül, átalakulhat (átkristályosodhat) új ásványokká. Ha ebben a folyamatban a hőmérséklet és/vagy a nyomás megváltozása számottevő, akkor **metamorfózis** a neve.

A metamorfózis során a még át nem alakult ásványok az átalakulás alatt is döntően szilárd fázisban maradnak. Más szóval a **polikristályos** halmaz egészében nem kerül olvadáklapothba, de kémiai összetételük és/vagy a kristályszerkezetük megváltozik.

Metamorf folyamatok széles hőmérséklet- és nyomáshatárok között, illetve lokális vagy regionális méretekben egyaránt megtörténhetnek.

Néhány példa erre: **termális vagy kontakt metamorfózis** akkor léphet fel lokálisan, amikor a forró magma hidegebb kőzetrétegekbe nyomul be. Ilyenkor mind a megszilárduló magmás kőzetben, mind a mellékkőzetben (leginkább az érintkezési zónában) ún. **kontakt-övek** alakulnak ki és a magas hőmérséklet, valamint a távozó könnyenillók hatására új ásványfázisok képződnek. Ha például kémiaileg viszonylag tiszta *mészkövet* ér kontakthatás, úgy a mészkő *márvánnyá* kristályosodik. Regionális méretekben a hőmérséklet és/vagy a nyomás megváltozásával a nagy kőzetmozgások, illetve metaszomatikus folyamatok hatására keletkeznek új ásványfázisok. Ez a **dinamotermális**

**metamorfózis** jelensége. Nagy vonalakban elkülöníthetők kis, közepes és nagy nyomáson képződött ásványtársulások, ahol a hőmérsékletnek is kitüntetett szerepe van. A metamorfózis mértékét az ún. **indexásványok** segítségével is tudjuk tanulmányozni, melyek csak bizonyos nyomás és hőmérsékleti intervallumban fordulnak elő.



*Közepes erősségű és regionális méretű metamorf folyamatok terméke a csillámpala*

Az így képződő metamorf kőzetek ásványegyüttese a hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett természetesen erősen függ a kiinduló kőzet ásványos (és egyúttal kémiai) összetételétől.

Befejezésül meg kell említeni, hogy az ásványképződési folyamatok a Föld keletkezése óta folyamatosan zajlanak és a magmás, metamorf és üledékes ásványképződés egymással szoros összefüggésben áll. A magmás kőzetek például a lemeztektonikai folyamatok révén idővel felszínre kerülhetnek, a légköri viszonyok hatására egyes ásványai átalakulnak, illetve lepusztulnak, törmelékes üledékek, majd más üledékes kőzetek alkotóivá lesznek. Ezen üledékes kőzetek a folyamatosan rájuk rakódó további üledékek súlyától, illetve a kéregmozgások hatására nagyobb mélységbe kerülve, nagyobb nyomáson és hőmérsékleten átkristályosodhatnak, metamorf kőzetekké alakulhatnak át. Még nagyobb nyomáson és hőmérsékleten viszont részlegesen vagy teljesen megolvadnak, újabb magmát, majd magmás kőzetet létrehozva. A folyamat pedig kezdődhet újra és újra.

## 5. FELADATOK

<b>Megoldások:</b>	láthatók	nem láthatók
--------------------	----------	--------------

1. Hogyan jönnek létre az ásványok?

**Megoldás:** ha gőzök, olvadékok lehűlnek, oldatok túltelítődnek, vagy más kémiai reakciók során az anyagi részecskék szilárd, döntően kristályos állapotba kerülnek.

2. Mit nevezünk polikristályos halmazoknak?

**Megoldás:** kristályok közel egyidejű képződésével, szoros összenövésével képződő aggregátumok. A kőzetek jellemző megjelenési típusai.

3. Mi a magmás ásványképződés alapja?

**Megoldás:** a szilárd földkéreg alatt elhelyezkedő szilikátolvadék, a magma. Ebből frakcionált kristályosodással jönnek létre a magmás eredetű ásványok. Ezek létrejöttében nagy szerepe van a hőmérsékletnek és részben a nyomásnak.



4. Milyen lényeges szakaszait különböztetjük meg a magmás ásványképződésnek?

**Megoldás:** előkristályosodás, főkristályosodás és utókristályosodás. Az utóbbin belül pegmatitos, pneumatolitos és hidrotermás szakaszokat különböztetünk meg.

5. Mi a lényege az üledékes ásványképződési folyamatoknak?

**Megoldás:** kis nyomáson és alacsony hőmérsékleten, a földkéreg kis mélységű zónáiban, illetve a felszínen lejátszódó folyamatok jellemzik.

6. Milyen fő típusait különböztetjük meg az üledékes ásványképződési folyamatoknak?

**Megoldás:** a mállási folyamatok során törmelékes eredetű, biogén folyamatok során biogén eredetű, míg vegyi folyamatok során vegyi üledékes eredetű ásványok jönnek létre.

7. Mit nevezünk metamorfózisnak?

**Megoldás:** ha kőzetek (kőzetalkotó ásványok), – legyenek magmás, üledékes vagy metamorf eredetűek – merőben új fiziko-kémiai viszonyok közé kerülnek, átalakulhatnak (átkristályosodhatnak) új kőzetekké (ásványokká). Ha ebben a folyamatban a hőmérséklet és/vagy a nyomás megváltozása számottevő, akkor metamorfózis a neve

8. Hogyan csoportosíthatjuk a metamorf folyamatokat, és az ennek során létrejövő ásványegyütteseket?

**Megoldás:** egyrészt a metamorf folyamat kiterjedése szerint lokális és regionális, másrészt a folyamatot meghatározó fizikai paraméterek (hőmérséklet, nyomás és irányított nyíróerők) szerint.