

## SISTEMATIKA MINERALA

### SILIKATI

Kako su soli silicijumovih kiselina najvažniji petrogeni minerali, njima ćemo posvetiti najveću pažnju.

Za različite spoljašnje oblike i fizičke osobine silikatnih minerala značajna je njihova unutrašnja struktura. Osnovna strukturna jedinica silikata je  $\text{SiO}_4$  tetraedar izgrađen od jednog atoma (jona) silicijuma oko kojeg se nalaze četiri atoma (jona) kiseonika. Znajući da je jon kiseonika ( $\text{O}^{2-}$ ) dvovalentan, jasno je da u ovakvoj strukturi postoje četiri slobodne valence. One mogu biti kompenzovane tako da dva ili više susednih  $\text{SiO}_4$  tetraedara budu povezani zajedničkim atomima kiseonika ili atomi kiseonika dvaju  $\text{SiO}_4$  tetraedara mogu biti povezani nekim katjonom. Može se izdvojiti nekoliko karakterističnih slučajeva, pa su silikatni minerali podeljeni u nekoliko grupa.

**Nezosilikati** - Osnovnu ćeliju nezosilikata čine izolovani  $\text{SiO}_4$  tetraedri (Grč. *nezo* - ostrvo) bez zajedničkih atoma kiseonika, već su četiri slobodne valence kompenzovane dvovalentnim katjonima. Hemijske formule ovakvih minerala su najčešće dosta jednostavne:  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ...

**Sorosilikati** - Ovoj grupi pripadaju minerali kod kojih su dva susedna  $\text{SiO}_4$  tetraedra povezana zajedničkim atomom kiseonika. Ovako se formira grupa  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ , pa hemijski sastav ovih minerala može biti veoma komplikovan. Za slobodne atome kiseonika vezuju se različiti katjoni.

**Ciklosilikati** - Kod ciklosilikata  $\text{SiO}_4$  tetraedri su povezani preko zajedničkih atoma kiseonika u prstenove koji mogu imati 3, 4 ili 6 članova. Mali je broj važnih minerala koji imaju ovakvu unutrašnju strukturu.

**Inosilikati** - Kod inosilikata  $\text{SiO}_4$  tetraedri su povezani u lance, koji mogu biti jednostruki ili dvostruki. Postoje značajni minerali koji imaju ovakvu građu, a zajednička im je karakteristika da se pojavljuju u izduženim (prizmatičnim, igličastim, vlaknastim...) kristalima.

**Filosilikati** -  $\text{SiO}_4$  tetraedri mogu biti međusobno povezani u jednoj ravni. Između ovih ravni mogu da se smeste dvovalentni katjoni, ali se mogu

pojaviti i slobodne valence usled zamene jednog dela silicijuma aluminijumom. Spoljašnje forme ovakvih minerala su pločaste, listaste ili ljuspaste.

**Tektosilikati** - Kod tektosilikata  $\text{SiO}_4$  tetraedri grade prostornu rešetku, odnosno svaki je povezan sa četiri susedna. Slobodne valence za koje se vezuju uglavnom alkalni ili zemnoalkalni elementi, mogu da se pojave usled zamene silicijuma aluminijumom. Neki vrlo značajni petrogeni minerali imaju ovakvu strukturu.

## TEKTOSILIKATI

### GRUPA $\text{SiO}_2$ MINERALA

#### **Kvarc**

Mada ovaj mineral, čiji je hemijski sastav  $\text{SiO}_2$ , i ne spada u silikate već u okside, njegova unutrašnja struktura odgovara tektosilikatima.

Nesumnjivo je u pitanju jedan od najvažnijih petrogenih minerala, zastupljen u svim vrstama stena.

Kvarc kristališe romboedarski. Idiohromatski je bezbojan, mada se može pojaviti u varijetetima raznih boja na osnovu kojih i dobija ime. Tako osim bezbojnog, kada ga nazivamo gorskim kristalom, srećemo žuti - citrin, ljubičasti - ametist, crni - morion i td.

Cepljivosti je neizražene, krt je i pokazuje nepravilne površine preloma. Sjajnosti je staklaste na pljosnima, a na prelomu karakteristične masne po kojoj ga lako prepoznamo u stenama. Tvrdina mu je 7. Veoma je otporan na hemijsko površinsko raspadanje jer se rastvara samo u fluorovodoničnoj kiselini.

Izložen pritisku, kvarc menja svoje električne osobine (piezoelektricitet), što je svojstvo koje ga čini korisnom sirovinom u elektronskoj industriji.

Kvarc može nastati na različite načine. Najčešće kristališe direktno iz magmatskog rastopa, ali može postati i hidrotermalno kada ispunjava pukotine u različitim stenama. U sedimentnom i metamorfom ciklusu može

nastati preobražajem amorfnih  $\text{SiO}_2$  minerala. Zbog otpornosti na raspadanje, srećemo ga u nanosima, a prisutan je i u velikom broju metamorfnih stena.

Upotreba kvarca je dosta raznovrsna. Pravilni kristali povoljnih karakteristika nalaze primenu u elektronskoj i optičkoj industriji, a primerci lepih boja i za izradu nakita. Kvarcni pesak je nezamenljiva sirovina u staklarskoj industriji.

## **Opal**

Opal je amorfna modifikacija  $\text{SiO}_2$  sa različitom količinom koloidne vode ( $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ ). Sadržaj vode varira od 3 do dvadesetak procenata.

Idiohromatski je bezbojan, mada je češće obojen usled prisustva različitih primesa. Masne ili staklaste sjajnosti, providan ili neprovidan. Plemeniti varijeteti lepih boja su cenjeni kao dragi kamen.

Tvrđine je 5,5-6,5, školjkastog preloma. Pojavljuje se u vidu grozdastih ili bubrežastih agregata.

Opal nastaje hidrotermalno na niskim temperaturama ili hidatogeno. Može nastati iz toplih voda oko gejzira i nazivamo ga gejziritom, a drvenasti opal predstavlja okamenjeno drvo. Nestabilan je i teži da vremenom rekristališe u kalcedon ili kvarc.

## **Kalcedon**

Kalcedon je  $\text{SiO}_2$  kriptokristalaste strukture, odnosno može se reći da je njegova struktura na prelazu između amorfne (opal) i kristalne (kvarc).

Pojavljuje se u sočivastim, bubrežastim i slojevitim oblicima različitih boja. Tvrđine je oko 6, školjkastog preloma, sjajnosti masne do smolaste.

Alohromatski može biti različito obojen. Crveni ili crvenomrki kalcedon nazivamo jaspisom, prozirni crveni ili žuti - karneolom, zeleni - hrizoprasom, a ukoliko poseduje zonarnu građu, onda je to ahat ili ahatni oniks. Često nalazi primenu kao poludragi kamen.

Nastaje hidatogeno ili hidrotermalno na niskim temperaturama. Čini prelaz od opala prema kvarcu.

## FELDSPATI

Minerali iz grupe feldspata su najčešći minerali u Zemljinoj kori. Izgrađuju oko 60% magmatskih, 30% metamorfnih i 12% sedimentnih stena.

To su minerali srodnog hemijskog sastava i fizičkih osobina. Kristališu triklinično ili ređe monoklinično. Bezbojni su ili beli (ponekad ružičasti, zelenkasti ili plavi), tvrdine 6-6,5, staklaste sjajnosti. Poseduju savršenu cepljivost.

Prema hemijskom sastavu, to su alumosilikati kalijuma, natrijuma i kalcijuma. Retko se pojavljuju u čistom obliku, već grade izomorfne smeše. Kalijski i natrijski feldspati se mešaju u ograničenim količinama i grade **alkalne feldspate**, a natrijski i kalcijski, mešajući se u neograničenim količinama, **plagioklase**.

Kalijski feldspati su sanidin, ortoklas i mikroklin. Njihova hemijska formula, predstavljena u obliku oksida, kako bi se lakše videli odnosi pojedinih komponenata, glasi:  $K_2O \times Al_2O_3 \times 6SiO_2$ . Uvek, međutim, sadrže nešto natrijske ili kalcijске komponente.

### **Sanidin**

To je kalijski feldspat sa neuređenom kristalnom rešetkom. Nastaje na visokim temperaturama, pa ga nalazimo u izlivnim magmatskim stenama. Kristališe monoklinično. Često su to pravilni tabličasti kristali staklaste sjajnosti. Bezbojni, beli ili ružičasti. Na krupnijim zrnima mogu se golim okom zapaziti blizne lamele.

### **Ortoklas**

Ortoklas je takođe monoklinični kalijski feldspat, ali sa većim stepenom uređenosti kristalne rešetke. Pošto je stabilniji na nešto nižim temperaturama nego sanidin, naći ćemo ga u dubinskim magmatskim stenama.

Beo je ili ređe ružičast ili zelenkast usled prisustva primesa. Staklaste sjajnosti i izražene cepljivosti po dva pravca koji zaklapaju prav ugao (po čemu je i dobio ime).

Kao i ostali feldspati, ortoklas prilikom procesa površinskog raspadanja prelazi u liskunske minerale ili minerale glina.

### **Mikroclin**

Mikroclin ima potpuno uređenu kristalnu rešetku. Stabilan je na niskim temperaturama (ispod  $500^{\circ}$  C) i visokim pritiscima. Sreće se uglavnom u metamorfnim stenama.

Sličnih je fizičkih osobina kao ortoklas, s tim što kod ovog minerala ravni cepljivosti zaklapaju kos ugao.

### **Plagioklasi**

Izomorfni niz plagioklasa nastaje mešanjem dveju komponenata: natrijskog plagioklasa  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2$  i kalcijuskog  $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 2 \text{SiO}_2$ .  
Između dva krajnja člana postoje svi prelazi:

**Albit** natrijski plagioklas sa 0-10% Ca komponente;

**Oligoklas** sa 10-30%;

**Andezin** sa 30-50%;

**Labrador** sa 50-70%;

**Bitovnit** sa 70-90% i

**Anortit** Ca-plagioklas sa preko 90% kalcijske komponente.

Inače, s obzirom na različit sadržaj  $\text{SiO}_2$  u Na i Ca plagioklasima, često ih delimo na **kisele** - one sa visokim sadržajem  $\text{SiO}_2$  (albit), **intermedijarne** ili prelazne - sa srednjim sadržajem  $\text{SiO}_2$  (oligoklas i andezin) i **bazične** - sa niskim sadržajem  $\text{SiO}_2$  (labrador, bitovnit i anortit).

Prema fizičkim osobinama slični su kalijuskim feldspatima. Svi plagioklasi kristališu triklično i česta je pojava takozvanih polisintetičkih blizanaca (kod kojih se blizne lamele smenjuju u neprekidnom nizu). Intermedijarni tipovi mogu imati zonarnu građu, pri čemu je centar kristala najbazičniji, a idući ka periferiji zrna svaka sledeća lamela je sve kiselija.

Minerali grupe plagioklasa česti su i veoma važni sastojci magmatskih stena. U sedimentnom ciklusu, pri površinskom raspadanju, kiseli plagioklasi prelaze u minerale glina, a bazični se kalcitišu.

## FELDSPATOIDI

Ukoliko u magmatskom rastopu nema dovoljno  $\text{SiO}_2$  za obrazovanje feldspata (alkalne magme), umesto njih kristališće feldspatoidi. Po hemijskom sastavu feldspatoidi su alumosilikati kalijuma, natrijuma i kalcijuma, znači vrlo bliski feldspatima, ali se od njih razlikuju po znatno nižem sadržaju  $\text{SiO}_2$ . To se najbolje vidi iz uporednih formula najznačajnijih feldspatoida i odgovarajućih feldspata:

feldspati

feldspatoidi

ortoklas  $\text{K}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2$

leucit  $\text{K}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 4\text{SiO}_2$

albit  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2$

nefelin  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$

### **Leucit**

Leucit kristališe teseralno u pravilnim kristalnim oblicima. Beo je ili siv, staklaste sjajnosti. Tvrdina mu je 5,6-6, neizražene je cepljivosti, školjkastog preloma.

Nastaje pirogeno i nalazi se u vulkanskim stenama alkalnog karaktera. Kao i alkalni feldspati i leucit pri procesima površinskog raspadanja prelazi u minerale glina.

Interesantna je sirovina za proizvodnju veštačkih đubriva.

### **Nefelin**

Nefelin kristališe heksagonalno, pojavljuje se u prizmatičnim ili tabličastim kristalima. Može biti bezbojan, ali je češće beo do svetlo siv ili različito obojen usled prisustva primesa. Staklaste je sjajnosti na pljosnima, a na prelomu masne. Tvrdine 5.5-6, bez izražene cepljivosti.

Nastaje pirogeno, pojavljuje se u magmatskim stenama siromašnim  $\text{SiO}_2$  a bogatim alkalijama.

## FILOSILIKATI

### LISKUNI

Minerali iz grupe liskuna su jako značajni petrogeni minerali. Smatra se da u građi Zemljine kore učestvuju sa oko 4%. Ima ih naročito u magmatskim i metamorfnim stenama, ali se pojavljuju i u nekim sedimentima. Po sastavu su to hidratirani alumosilikati K, Na, Li, Mg ili Fe i mada se među sobom dosta razlikuju po hemijskom sastavu, unutrašnja struktura im je ista, iz čega proizilaze i zajedničke fizičke osobine.

Svi liskuni kristališu monoklinočno u pločastim ili ljuspastim kristalima. Tvrđine su oko 2,5 i savršene (maksimalne) cepljivosti. Liske liskuna pokazuju izrazitu elastičnost.

Prema hemijskom sastavu možemo da izdvojimo nekoliko karakterističnih tipova:

**Muskovit** - kalijski liskun

**Paragonit** - natrijski

**Flogopit** - magnezijski

**Biotit** - magnezijsko-gvoždeviti

**Lepidolit** - litijski i

**Cinvaldit** - litijsko-gvoždeviti liskun.

Kao petrogeni minerali, međutim, najznačajniji su muskovit i biotit.

### **Muskovit**

Muskovit je hidratirani alumosilikat kalijuma -  $\text{K}(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ . Bezbojan je, sedefaste sjajnosti i kao i ostali minerali iz ove grupe, savršene cepljivosti. Ukoliko je kristalisao iz magmatskog rastopa uz prisustvo lakoisparljivih sastojaka, liske muskovita mogu biti i oko 1m u prečniku. Sa druge strane, nekim procesima može nastati sitnoljuspasti varijetet - sericit, kod koga se kristali i ne vide golim okom.

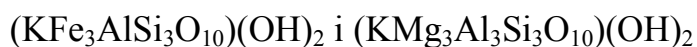
Nastaje na različite načine. U magmatskom ciklusu, muskovit se izlučuje u završnim fazama kristalizacije, a po konsolidaciji magmatskog rastopa, kristališe pod dejstvom gasovite faze (pegmatitsko-pneumatolitski). Pod uticajem hidrotermalnih rastvora nastaje sericit.

Kao mineral veoma otporan na hemijsko raspadanje, muskovit se može transportovati dosta daleko i taložiti se u nanosu, tako da se pojavljuje kao gotovo redovan sastojak peskovitih sedimentnih stena. U metamorfnom ciklusu, pod uticajem povišenih pritisaka i temperatura na minerale glina, formira se sericit ili muskovit.

Muskovit se upotrebljava kao izolacioni materijal u elektronskoj industriji.

### **Biotit**

Za biotit se može reći da je po sastavu magnezijско-gvoždєviti liskun, mada se ustvari radi o izomorfnoj smeši hidratisanog kalijско-gvoždєvitog i hidratisanog kalijско-magnezijskog alumosilikata.



Biotit je crne ili tamnomrke boje, a ostale fizičke osobine su mu iste kao kod muskovita.

U prirodi, biotit se najčešće pojavljuje od svih liskuna. Postaje pirogeno u kasnim fazama kristalizacije magmatskog rastopa i sreće se, ne samo u kiselim, već i u stenama sa veoma niskim sadržajem SiO<sub>2</sub> (bazičnim i ultrabazičnim). Takođe, čest je mineral metamorfnih stena. U sedimentnom ciklusu, biotit se, kao veoma nestabilan i podložan lakom hemijskom razlaganju, retko nalazi u nanosima.

### **MINERALI GLINA**

Značaj minerala glina naročito dolazi do izražaja u zemljišnom horizontu. Ovi minerali, kao produkti transformacije primarnih magmatskih alumosilikata (feldspata, feldspatoida...), česti su u ostatku raspadanja magmatskih stena. Osim hidatogeno, međutim, neki minerali glina mogu nastati i u hidrotermalnom ciklusu.



Minerali glina su prema svom hemijskom sastavu hidratizirani aluminijски silikati. Svi se pojavljuju u vidu sitnozrnih agregata. Veličina ljuspica je takva da se ne mogu videti čak ni pod običnim mikroskopom. Zbog toga za identifikaciju pojedinih minerala iz ove grupe koristimo komplikovanije instrumentalne metode.

Na osnovu detaljnih proučavanja izdvojeno je nekoliko minerala iz grupe glina, mada se može reći da se najčešće pojavljuju udruženi. Najizrazitiji predstavnici su kaolinit i monmorijonit.

### **Kaolinit**

Kaolinit je čist aluminijски silikat sa vodom -  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})$ . Joni silicijuma i aluminijuma se u njegovoj kristalnoj rešetki na zamenjuju, već grade naizmenične slojeve. Rastojanje između ovih slojeva je malo, tako da tu ne mogu ući neki strani joni ili molekuli vode. Zbog toga je kaolinit dosta čist u prirodi i ne bubri u dodiru sa vlagom iz vazduha.

Kristališe triklično (jedini trikličan od važnijih minerala glina) i pojavljuje se u ljuspičastim agregatima. Beo je ili primesama različito obojen, sedefaste sjajnosti, masnog opipa. Tvrdine je 1 do 2.

Kaolinit nastaje transformacijom alumosilikata pod uticajem hladnih ili toplih rastvora. Čist kaolinit je nezamenljiva sirovina za proizvodnju porcelana, pa se i eksploatiše kod nas u Šumadiji i okolini Bujanovca.

### **Monmorijonit**

Monmorijonit je po sastavu hidratizirani alumosilikat -  $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , s tim što deo Al jona (skoro polovina) može da bude zamenjen magnezijumom ili feri-gvoždem.

Za razliku od kaolinita, monmorijonit ima troslojnu kristalnu rešetku. Između dva sloja izgrađena od  $\text{SiO}_4$  grupa nalazi se sloj u koji su ugrađeni joni  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$ . Rastojanje između dveju troslojnih lamela je mnogo veće nego kod kaolinita, tako da će između njih moći da se ugrade joni veoma velikih radijusa kao na primer  $\text{K}^+$  ili čak i molekuli vode. Rezultat ovoga je da monmorijonit poseduje izraženu higroskopnost i usled upijanja vlage iz vazduha povećava svoju zapreminu i do tri puta.

Monmorijonit nastaje površinskim raspadanjem alumosilikata ili hidrotermalno na niskim temperaturama.

## **Hlorit**

Termin hlorit odnosi se na niz od nekoliko minerala koji su po sastavu hidratizirani alumosilikati magnezijuma i gvožđa. Deo aluminijuma može u njima da bude zamenjen trovalentnim gvožđem ili hromom, a magnezijum fero-gvožđem manganom ili niklom.

Hloriti kristališu monoklinočno u vidu listastih ili ljuspastih kristala. Kao i liskuni, hlorit ima savršenu cepljivost, ali njegove liske ne pokazuju elastične osobine. Boje je zelene u različitim nijansama (u zavisnosti od sadržaja gvožđa), sedefaste sjajnosti, tvrdine 1.5-2.5.

Minerali iz grupe hlorita mogu da nastanu hidrotermalno (neposredno iz rastvora ili preobražajem drugih Fe-Mg alumosilikata) ili kao produkti regionalnog metamorfizma. Čest je sastojak regionalnometamorfnih stena. Vulkanske stene koje su nastale konsolidacijom lave u vodenoj sredini redovno sadrže hlorit.

## **Serpentini**

Minerali serpentinske grupe su po sastavu hidratizirani magnezijски silikati u čiju kristalnu rešetku može biti ugrađeno nešto gvožđa (do 30% Mg može da bude zamenjeno dvovalentnim gvožđem).

Najvažniji predstavnici ove grupe su:

**Hrizotil** - vlaknasti serpentin, kristališe monoklinočno;

**Antigorit** - listasti serpentin, monoklinočan i

**Serpofit** - amorfan.

Serpentini se prepoznaju po svojim zelenim, plavičastim ili žutozelenim bojama. Sjajnost im je svilasta do masna, tvrdina oko 3.5.

Nastaju u hidrotermalnom ciklusu i to preobražajem olivina i rombičnih piroksena. Grade metamorfne stene - serpentinite. Hrizotil može da se deponuje iz hidrotermalnih rastvora unutar pukotina u ultrabazičnim stenama.

Ekonomski značaj imaju hrizotil-azbesti (vlaknasti agregati hrizotila) i to kao sirovina za proizvodnju vatrostalnih materijala.

## **Talk**

Po hemijskom sastavu talk je sličan mineralima serpentinske grupe -  $Mg_6(OH)_4Si_8O_{20}$ . Kristališe monoklinično u vidu listastih ili jedrih agregata. Ima savršenu cepljivost, ali su liske neelastične. Bele je ili bledozelene boje, masne sjajnosti i opipa, tvrdine 1.

Nastaje metamorfno ili hidrotermalnom alteracijom olivina ili drugih magnezijevih silikata bez aluminijuma. Upotrebljava se u medicini, hemijskoj i kozmetičkoj industriji.

## **INOSILIKATI**

Među inosilikatima, dakle onim mineralima čija se unutrašnja struktura karakteriše  $SiO_4$  tetraedrima povezanim u neprekidne lance ili trake, možemo da izdvojimo dve, za izgradnju stena svakako najznačajnije grupe. To su amfiboli i pirokseni.

Interesantna razlika između ovih dveju grupa minerala je u uglovima koji zaklapaju dve ravni cepljivosti, a koji kod amfibola iznosi  $124^\circ$ , a kod piroksena  $87^\circ$ . Takođe, minerali iz grupe amfibola u sebi uvek sadrže konstitucionu vodu.

## **GRUPA AMFIBOLA**

Minerali iz grupe amfibola kristališu rombično ili monoklinično. Pojavljuju se u izduženim prizmatičnim, katkad pritkastim ili igličastim kristalima, što je posledica njihove unutrašnje strukture. Zajednička im je osobina i karakteristična cepljivost. Svi amfiboli imaju izraženu cepljivost po dvema ravnima čiji tragovi zaklapaju ugao od  $124^\circ$ . Na osnovu načina kristalizacije i hemijskog sastava izdvajamo sledeće podgrupe:

Rombični amfiboli:

- **Antofilit** i
- **Žedrit**.

Monoklinični amfiboli:

-**Tremolit-aktinolitska serija;**

-**Hornblenda i**

-**Alkalni amfiboli.**

Rombični amfiboli nemaju za nas nekog većeg značaja, tako da se njihovim osobinama ovde nećemo baviti.

### **Tremolit**

To je monoklinični amfibol sa sastavom  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$  (kalcijsko-magnezijski silikat sa vodom). Javlja se u igličastim i fibroznim agregatima, bezbojan je, beo ili siv. Staklaste sjajnosti, savršene amfibolske cepljivosti i tvrđine 5.5-6. Postaje u metamorfnom ciklusu, pa ga i nalazimo u metamorfnim stenama, dok u magmatskim može nastati kao produkt alteracije piroksena. Preobražajem prelazi u serpentin ili talk.

### **Aktinolit**

Aktinolit je magnezijско gvoždєviti silikat sa vodom -  $\text{Ca}_2(\text{MgFe})_5(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ . Sličan je tremolitu, ali je najčešće zelene ili čak tamnozelene boje. U metamorfnim uslovima nastaje regionalno metamorfno na niskim temperaturama ili kontaktno metamorfno. Preobražajem piroksena uz prisustvo vode nastaje sekundarni aktinolit - uralit.

### **Hornblenda**

Hornblenda je amfibol koji ima najveći značaj kao petrogeni mineral. Sastav joj je dosta kompleksan, ali se može svesti na kalcijско-magnezijski-gvoždєviti silikat sa aluminijumom i, kao i svi amfiboli, sa vodom.

Monoklinični kristali hornblende su najčešće izduženi, stubasti ili prizmatični. Ovakve idiomorfne kristale nalazimo u mladim vulkanskim stenama.

Boje je zelene u različitim nijansama, ponekad mrke ili crne, staklaste sjajnosti, tvrđine 5-6. Na preseccima upravnim na izduženje mogu se zapaziti tragovi cepljivosti koji zaklapaju ugao od  $124^\circ$ .

Hornblenda nastaje uglavnom pirogeno ili pegmatitsko-pneumatolitski, ali može, pod posebnim uslovima, da se pojavi i kao sastojak metamorfnih stena. Pod uticajem toplih rastvora prelazi u hlorit, epidot i kalцит, a u uslovima površinskog raspadanja u kalцит, limonit, minerale glina i td.

Alkalni amfiboli, kao i alkalni pirokseni su minerali koji se pojavljuju u sasvim specifičnim vrstama stena sa kojima nećemo dolaziti u kontakt, tako da oni ovde neće biti obrađeni.

## GRUPA PIROKSENA

Osim prema unutrašnjoj strukturi, pirokseni se od amfibola razlikuju i po tome što ne sadrže vodu. Inače, i pirokseni mogu da kristališu rombično i monoklinično, s tim što su za izgradnju stena rombični pirokseni daleko značajniji od rombičnih amfibola. Mada pojedini predstavnici ove grupe mogu prema svojim fizičkim osobinama dosta da podsećaju na neke amfibole, lako ih je razlikovati prema cepljivosti. Kod piroksena se, kao što je već rečeno, zapažaju dva pravca cepljivosti koji zaklapaju ugao od približno  $90^\circ$  ( $87^\circ$ ).

Iako se ponekad koriste i podele bazirane samo na hemijskom sastavu, ovde ćemo podeliti piroksene prema načinu kristalizacije i sastavu. Sve piroksene, prema tome, delimo na:

Rombične piroksene (ortopiroksene)

- Enstatit**;
- Bronzit**;
- Hipersten**.

Monoklinične piroksene (klinopiroksene)

- Diopsid-hedenbergitska serija**;
- Augitska serija**;
- Alkalni pirokseni**.

### **Rombični pirokseni**

Rombični pirokseni, odnosno **ortopirokseni**, predstavljaju izomorfni niz čiji su krajnji članovi enstatit -  $Mg SiO_3$  i hipersten -  $Fe SiO_3$ .

**Enstatit** sa 0-10%  $\text{FeSiO}_3$ ;  
**Bronzit** sa 10-30%  $\text{FeSiO}_3$  i  
**Hipersten** sa preko 30%  $\text{FeSiO}_3$ .

Boja ortopiroksena varira od bele, preko bledozelene i zelene do tamnozelenene i crne. Bronzit ima bronzanu sjajnost po kojoj je i dobio ime, ostali predstavnici su staklasti. Tvrdina im je oko 5.5.

Ovo su tipični pirogeni minerali, a nastaju u prvim fazama magmatske kristalizacije. Delovanjem hidrotermalnih rastvora prelaze u serpentinske minerale.

## **Monoklinični pirokseni**

### **Diopsid-hedenbergitska serija**

Za minerale ove serije se može reći da su po sastavu kalcijско-magnezijsko-gvožđeviti silikati, odnosno da predstavljaju izomorfnu smešu dvaju krajnjih članova: diopsida -  $\text{Ca Mg Si}_2\text{O}_6$  i hedenbergita -  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ .

Pojavljaju se u izduženim oblicima. Boja im je bela do svetlozelena, kod diopsida, odnosno, tamnozelenena kod hedenbergita. Sjajnosti su staklaste, tvrdine 5.5-6.5.

Minerali diopsid-hedenbergitske serije nastaju najčešće u procesima kontaktnog metamorfizma - na kontaktu magme bogate  $\text{SiO}_2$  sa karbonatnim stenama.

### **Augitska serija**

Augiti su po svom sastavu kalcijско-magnezijsko-gvožđeviti silikati sa promenljivim sadržajem aluminijuma. Boja im varira od svetlozelene, (kod varijeteta bogatih aluminijumom) do tamnozelenene ili crne (varijeteti bogatiji gvožđem), staklaste sjajnosti, tvrdine 5.6-6. Augit siromašan gvožđem, zelene do bronzanozelene boje i jasno izražene cepljivosti, zove se dijalog.

Augit je značajan petrogeni mineral. Nastaje uglavnom magmatski, ređe kontaktnometamorfno. Pri hidrotermalnom preobražaju na račun augita

nastaju amfiboli ili hlorit, a pri površinskom raspadanju kalcit, kvarc, opal i oksidi gvožđa.

## VOLASTONIT

Volastonit je po sastavu kalcijski silikat -  $\text{CaSiO}_3$ , a može da sadrži i male količine Fe, Mg ili Mn. Kristališe triklinično i pojavljuje se u izduženim kristalima, često radijalno zrakastim agregatima. Savršene je cepljivosti. Boje je bele, sa ponekad plavičastim ili ružičastim nijansama, staklaste do sedefaste sjajnosti, tvrdine 4.5-5.

Volastonit je tipičan kontaktnometamorfni mineral i nastaje na kontaktu kiselih magmi sa krečnjacima.

## NEZOSILIKATI

Izdvojeni  $\text{SiO}_4$  tetraedri ostavljaju mogućnost da slobodne valence budu kompenzovane najčešće prisustvom dvaju dvovalentnih katjona ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ...).

## GRUPA OLIVINA

Olivini predstavljaju izomorfnu smešu magnezijско gvožđevih silikata čiji su krajnji članovi **forsterit** ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) i **fajalit** ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ).

Kristališu rombično u obliku kratkostubičastih kristala ili se pojavljuju u zrnastim agregatima. Najčešće imaju karakterističnu maslinasto zelenu boju po kojoj su i dobili ime, ali mogu biti i različito obojeni od bele, svetlozelene, preko maslinaste i tamnozelene, do crne. Staklaste su sjajnosti ili masne na prelomima. Gotovo su bez cepljivosti, tvrdine 6.5-7.

Ovo su tipski pirogeni minerali, nastaju iz magmatskog rastopa na vrlo visokim temperaturama, ali pri ekstremnim uslovima (visokim temperaturama) mogu da nastanu i kontaktnometamorfno.

Dejstvom hidrotermalnih rastvora, čak i pri niskim temperaturama, prelaze u minerale serpentinske grupe ili ređe u talk, a u uslovima površinskog raspadanja u hidrokside gvožđa, opal, magnezijske karbonate, gline i td.

## GRUPA ALUMINIJSKIH SILIKATA

U grupi aluminijskih silikata možemo razlikovati tri minerala identičnog hemijskog sastava ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ), ali različite unutrašnje građe, odnosno kristalne strukture. Ovoj grupi pripadaju:

**Disten** - nezosilikat, trikliničan;

**Silimanit** - inosilikat, rombičan;

**Andaluzit** - nezosilikat, rombičan.

**Disten** u svom sastavu može da sadrži nešto oksida trovalentnog gvožđa ili hroma.

Pojavljuje se u vidu tabličastih ili češće izduženih, uglavnom dosta pravilnih kristala sa savršenom cepljivošću. Boje je svetloplave do tamnoplave, staklaste, katkad i sedefaste sjajnosti. Interesantna osobina distena je da pokazuje različite tvrdine (4-7) u zavisnosti od kristalografskog pravca, po čemu je i dobio ime.

Ovo je tipičan metamorfni mineral. Nastaje pri visokim pritiscima preobražajem minerala glina. Alteracijom prelazi u sericit. U uslovima površinskog raspadanja je dosta stabilan, pa se često koncentriše u nanosima.

**Silimanit** je aluminijski silikat sa do 3%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Javlja se uglavnom u igličastim kristalima grupisanim u agregate. Boje je bele, žućkaste ili zelenkaste, staklaste do svilaste sjajnosti. Savršene je cepljivosti, tvrdine 6-7.

Silimanit nastaje u uslovima regionalnog ili kontaktnog metamorfizma preobražajem glina, a pri alteracionim procesima transformiše se u sericit i minerale glina.

**Andaluzit** u svome sastavu može da ima uz  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ . Javlja se u stubičastim agregatima ili kao monokristal. Beo je ili ružičast, ređe zelenkast, staklaste sjajnosti. Tvrdine je 7-7.5, poseduje jasnu cepljivost.

Najčešće nastaje na kontaktu magme sa glinovitim sedimentima, znatno ređe ga nalazimo i u regionalnometamornim stenama. Pod uticajem hidrotermalnih rastvora prelazi u sericit, a daljim procesima metamorfizma u silimanit.



## GRUPA GRANATA

Minerali grupe granata su veoma rasprostranjeni u svim vrstama stena. Promenljivog su hemijskog sastava, ali pripadaju istom tipu jedinjenja i mogu se svesti na zajedničku formulu:  $X_3Y_2(SiO_4)_3$ , gde je

X - dvovalentan katjon ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ )

Y - trovalentan katjon ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ )

S obzirom na prisustvo pojedinih katjona granati obrazuju čitav niz vrsta:

- **Pirop** Mg, Al granat
- **Almandin** Fe, Al granat
- **Spesartin** Mn, Al granat
- **Uvarovit** Ca, Cr granat
- **Grosular** Ca, Al granat
- **Andradit** Ca, Fe granat

Kristališu teseralno, često u lepim, pravilnim kristalima, najčešće u obliku dodekaedra. Tvrdine su 6.5-7.5, bez cepljivosti, a boja im varira u zavisnosti od sastava - od bezbojnih, preko žućkastih do zelenkastih, crvenih, crvenomrkih, do crnih. Od minerala grupe granata najčešći je almandin bogat gvožđem.

Granati su karakteristični metamorfni minerali, ali mogu postati i magmatskim procesima. Pri hidrotermalnim promenama prelaze u hlorit i minerale epidotske grupe. U uslovima površinskog raspadanja su veoma stabilni i koncentrišu se u nanosima. Više od 5000 godina nalaze primenu kao poludragi kamen, a posebno su bili popularni u XIX veku (crveni, prozračni pirop iz Češke, tzv. češki granat, i tzv. kapski rubin iz Transvala). Kod nas su dosta rasprostranjeni minerali. Javljaju se u skarnovima Bukulje, Kopaonika i Boranje, u eklogitima okoline Bujanovca, dok su magmatski obrazovani granati zapaženi u leucitskim stenama okoline Gnjilana.

## MINERALI EPIDOTSKE GRUPE

Ova grupa obuhvata nekoliko hidratizanih kalcijsko-aluminijskih silikata sa različitim sadržajem gvožđa i mangana. Minerali ove grupe delom kristališu rombično, a delom monoklinično.

**Epidot** je kalcijsko-aluminijsko-gvožđev silikat sa vodom. Kristališe monoklinično u stubastim kristalima, ali se češće javlja u vidu jedrih i sitnozrnih agregata. Cepljivosti je savršene, tvrdine 6.5, sjajnosti staklaste, a

boje zavisno od sadržaja gvožđa, žutozelene do crne. Što je sadržaj gvožđa veći, boja minerala je tamnija.

U najvećem broju slučajeva nastaje sekundarno, preobražajem feromagnezijskih minerala sa sadržajem aluminije. Sreće se u uslovima regionalnog i kontaktnog metamorfizma, a može nastati i magmatski u završnim fazama kristalizacije. Pri raspadanju je dosta otporan i sreće se, ne samo u peskovima rečnih nanosa, već i u raznim vrstama zemljišta. Zemljište nastalo raspadanjem epidotskih škriljaca može da sadrži i do 60% minerala ove grupe.

Kod nas je epidot prisutan u starim granitima i gnajsevima, u skarnovima Bukulje, Kopaonika i Boranje. Interesantno je da u pegmatitima okoline Prilepa kristali epidota dostižu nekad i dužinu od 1 m.

**Coisit** je kalcijski alumosilikat sa  $Fe_2O_3$  (do 5%). Takođe može da sadrži i male količine mangana. Rombičan je i javlja se u izduženim kristalima ili u sitnozrnim, jedrim agregatima. Boje je svetlosive, plavičaste ili ružičaste. Nastaje autometamornim preobražajem bazičnih plagioklasa i delovanjem hidrotermalnih rastvora. Najređi je mineral ove grupe. **Klinocoisit** ima iste karakteristike kao i coisit, ali kristališe monoklinično i ne sadrži gvožđe.

## SOROSILIKATI I CIKLOSILIKATI

Ova grupa silikata obuhvata veliki broj minerala, ali samo neki od njih bitno učestvuju u izgradnji stena u kojima se javljaju uglavnom kao sporedni minerali.

### **Beril**

Beril je po hemijskom sastavu alumosilikat berilijuma ( $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ ). Kristališe heksagonalno i veoma često se javlja u pravilnim, nekad vrlo krupnim kristalima. Plave je do plavičastozelene boje, tvrdine 7.5-8. Od primesa dobija različite boje, pa razlikujemo: zeleni - **smaragd**, plavi - **akvamarin** (koji predstavljaju drago kamenje). Nastaje u pegmatitima u prisustvu velike količine lakoisparljive komponente. U uslovima površinskog raspadanja je stabilan, ali se nakon dugotrajnog delovanja voda zamućuje i nakon ispiranja berilijuma prelazi u kaolinit. U našoj zemlji ga ima u pegmatitima Bukulje, Cera, Pasjače i dr.

## **Turmalin**

Turmalin je mineral vrlo složenog hemijskog sastava koji može da sadrži i 15 elemenata ali se ukratko može definisati kao boro-alumosilikat magnezijuma i gvožđa sa sadržajem kalcije, alkalija i vode. Od sastava mu zavisi boja koja varira od bezbojne, preko zelene i žutomrke do crne. Velike je tvrdine (7. - 7.5) i bez cepljivosti. Javlja se u lepim, izduženim kristalima.

Turmalin je tipski pneumatolitski mineral, a u uslovima površinskog raspadanja je veoma otporan i često koncentrisan u peščanim nanosima. Delovanjem hidrotermalnih rastvora prelazi u hlorit i sericit. Kod nas je čest, naročito u pegmatitima Kukavice, Bujanovca, Bukulje i Cera.

## **OKSIDI I HIDROKSIDI**

Oksidi i hidroksidi su važne komponente i stena i zemljišta. Kao petrogeni minerali posebno su važni oksidi silicijuma (već prikazani), oksidi aluminijuma, titana, magnezijuma, gvožđa i dr. Delovanjem atmosferilija mnogi oksidi prelaze u hidrokside pa u kori raspadanja zaostaju samo pojedini (kvarc, magnetit). Nasuprot njima, hidroksidi su u zemljištu postojani i veoma zastupljeni.

## **OKSIDI I HIDROKSIDI GVOŽĐA**

Pored magnetita i hematita, kao najvažnijih predstavnika oksida, u kori raspadanja je čest i hidroksid gvožđa limonit, koji uglavnom nastaje sekundarno.

**Magnetit** je po sastavu  $\text{FeO} \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Kristališe teseralno i često se javlja u lepim, pravilnim oktaedrima. Nastaje magmatski, hidrotermalno, a u redukcionim uslovima može nastati i hidatogeno. Crne je boje i ogreba, metalične sjajnosti, bez cepljivosti. Tvrdine je 5.5-6.5. Magnetičan je.

Redovan je sastojak magmatskih stena, a pošto je otporan pri raspadanju često gradi i magnetitske nanose. U površinskim uslovima je posebno neotporan u prisustvu pirita ( $\text{FeS}_2$ ) kad prelazi u limonit i hematit. Kod nas ga ima na Kopaoniku (Suvo Rudište), na Boranji, kod Crnajke i Rudne Glave.

**Hematit** ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) predstavlja jednu od najvažnijih ruda gvožđa. Kristališe heksagonalno i javlja se u ljuspastim agregatima ili veoma sitnozrnim, jedrim masama. Najčešće je crvene boje, po čemu je i dobio ime (grč. *haima*-krv), ali može biti i metalno sive i crne boje. Ogreb mu je, bez obzira na boju, uvek crven, sjajnost metalična, a tvrdina oko 6. To je mineral koji može nastati u svim ciklusima, a raspadanjem prelazi u limonit.

**Limonit** je ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) mineral koji nastaje raspadanjem svih minerala sa sadržajem gvožđa. Ime je dobio od grčke reči *limne* - močvara. Amorfan je i javlja se u vidu skrama, prevlaka, bubrežastih i zemljastih masa. Prisutan je u velikom broju stena, kao i u kori raspadanja, gde ako u većim koncentracijama predstavlja rudu gvožđa.

## OKSIDI I HIDROKSIDI ALUMINIJUMA

Od velikog broja minerala u ovoj grupi za nas su značajni korund i boksitni minerali.

### **Korund**

Korund je oksid aluminijuma -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Kristališe trigonalno, nekad u lepim oblicima. Idiohromatski je bezbojan, mada primesama može biti različito obojen. Plavi - **safir** i crveni - **rubin** predstavljaju skupoceno drago kamenje. Tvrdine je 9, neravnog preloma, bez cepljivosti i staklaste sjajnosti. Nastaje kontaktno i regionalno metamorfno, ali može nastati i magmatski (čak i hidrotermalno). Pri raspadanju je prilično otporan i koncentriše se u nanosima.

### **Boksitni minerali**

Ovu grupu čini nekoliko hidroksida aluminijuma različitog sastava (**dijasp**, **hidrargilit**, **džipsit**) koji grade boksite - osnovnu sirovinu za dobijanje aluminijuma. Naziv potiče od imena ležišta *Les Baux* u Francuskoj. Nastaju površinskim raspadanjem stena, veoma često raspadanjem karbonatnih stena (lateriti, terra rossa), ali mogu nastati i hidrotermalno. Boksitne agregate je vrlo lako razlikovati od glina jer sa dodavanjem vode ne pokazuju plastičnost. U znatnim količinama boksita ima kod nas u Crnoj Gori (crveni kod Careva Mosta i beli kod Bijelih Poljana u okolini Nikšića).

## KARBONATI

Karbonati su soli ugljene kiseline i veoma su značajni i kao petrogeni minerali i kao mineralne sirovine. Prema strukturnim karakteristikama razlikujemo romboedarske i rombične karbonate. Romboedarski su petrološki značajniji pa će samo neki njihovi predstavnici biti prikazani.

### **Kalcit**

Kalcit je po hemijskom sastavu karbonat kalcijuma  $\text{CaCO}_3$ . Javlja se u pločastim kristalima ali gradi i agregate sa zrnima nepravilnog oblika.

Bezbojan je i u tanjim kristalima staklasto providan, ali može biti i ružičast, zelenkast, nekad tamnosiv i crn od primesa organskih materija. Tvrdine je 3, staklaste sjajnosti i savršene cepljivosti po pljosnima romboedra.

Burno reaguje sa hladnom i razblaženom hlorovodoničnom kiselinom (HCl) oslobađajući ugljen-dioksid ( $\text{CO}_2$ ), pa ga je lako razlikovati od drugih karbonata.

Nastaje na razne načine, a najčešće izlučivanjem iz voda koje sadrže rastvoren bikarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  nakon pada temperature ili nakon što biljke apsorbuju  $\text{CO}_2$ . Nastaje i kao sekundarni mineral po nekim silikatima.

Kalcit je važan mineral velikog broja sedimentnih stena i mnogih metamorfnih stena. U površinskim uslovima se rastvara i prelazi u kalcijum hidrokarbonat koji se kao takav lako rastvara i transportuje. Ovaj slučaj je karakterističan za karst.

### **Dolomit**

Dolomit je po hemijskom sastavu  $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ , pri čemu sadržaji kalcijuma i magnezijuma pokazuju vrlo mala kolebanja. Dolomit se često javlja u pravilnim kristalima, ali ga nalazimo i u zrnastim agregatima.

Cepljivosti je savršene, sjajnosti staklaste, bele boje i tvrdine 3.5-4. Za razliku od kalcita, rastvara se tek u zagrejanoj hlorovodoničnoj kiselini. Nastaje na razne načine, najviše metasomatski pri dijagenetskim procesima, delovanjem Mg-rastvora na kalcijumkarbonatne stene. Redje nastaje

hidatogeno i hidrotermalno. Važan je mineral sedimentnih i metamorfnih stena, a gradi i monomineralne stene - dolomite, kao i dolomitske mermere.

## SULFATI

Sulfati su soli sumporne kiseline. Manje su zastupljeni u stenama od prethodno opisanih minerala iz grupe karbonata, ali su česti u kori raspadanja. Nastaju na srednjim i niskim temperaturama direktno iz rastvora usled prezasićenja ili hlađenja hidrotermi.

### **Anhidrit**

Anhidrit je sulfat kalcijuma, formule  $\text{CaSO}_4$ . Kristališe rombično i javlja se u zrnastim i jedrim masama. Savršene je cepljivosti, bele boje, sedefastog sjaja, a tvrdine 3-3.5. Nastaje uglavnom hidatogeno, najčešće u sonim ležištima. Primanjem vode prelazi u gips.

### **Gips**

Gips je sulfat kalcijuma sa vodom -  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ . Kristališe monoklinično i pri povoljnim uslovima daje vrlo lepe kristale, često blizance.

Boje je bele ili je providan i bezbojan sa staklastim sjajem, savršene cepljivosti i male tvrdine - 2. Sitnozrni agregati gipsa, bele boje nazivaju se **alabaster**. Zagrevanjem gubi vodu ali je lako prima nazad.

Najčešće nastaje kristalizacijom iz hladnih vodenih rastvora, posebno u sonim ležištima, kad se razvija iz anhidrita primanjem vode. U laporcima i glincima se javlja u vidu konkrecija koje su obrazovane delovanjem sumporne kiseline na karbonate u njima. U rudnim ležištima se nalazi u oksidacionoj zoni u vidu skrama i žilica, koje nastaju delovanjem ponirućih voda.

## HALOIDI

Ova grupa minerala je u prirodi predstavljena velikim brojem minerala, ali oni imaju mali značaj kao petrogeni minerali. Pomenućemo samo halit - kuhinjsku so, koja ima veliki značaj jer se koristi u ljudskoj ishrani.

## **Halit**

Halit, ili kuhinjska so je po sastavu natrijum hlorid - NaCl. Obično nije čista, već sadrži razne primese koje utiču na njene fizičke i fiziološke osobine.

Kristališe teseralno u obliku kocke ili se javlja u zrnastim masama poznatim kao kamena so. Savršene je cepljivosti, staklaste sjajnosti, bezbojan, belo, ružičasto ili zelenkasto obojen. Ukusa je slanog, a usled prisustva magnezijuma slanogorkog. Lako se rastvara u vodi i higroskopan je.

Nastaje kao mineral sonih ležišta, ređe kao produkt vulkanskih ekshalacija.

## **SULFIDI**

Sulfidi su kao petrogeni minerali vrlo retki, ali predstavljaju veoma važnu grupu metaličnih minerala. U stenama se najčešće javlja pirit, bisulfid gvožđa.

## **Pirit**

Pirit je po sastavu  $\text{FeS}_2$ . Javlja se u prirodi u tri strukturne modifikacije: pirit-teseralna, markasit-rombična, meljnikovit-gelna. U stenama je najčešći pirit.

Kao što je rečeno, pirit kristališe teseralno. Javlja se u vidu zrnastih masa i sitnozrnih agregata. Mesinganožute je boje, metalne sjajnosti, bez cepljivosti, tvrdine 6-6.5, a ogreb mu je zelenkastocrn. Spada u najrasprostranjenije sulfide.

Nastaje na razne načine. U površinskim uslovima se brzo razlaže i prelazi u limonit, pri čemu se oslobađa sumporna kiselina koja izbeljuje stene.

## **ELEMENTI**

Veoma mali broj elemenata se u prirodi može naći u slobodnom stanju gradeći samostalne minerale. U stenama je takođe mali broj minerala - elemenata koji imaju značajniju ulogu, pa ćemo pomenuti samo ugljenik i sumpor.

## **Dijamant**

Dijamant je elementarni ugljenik koji kristališe teseralno, nekad u vrlo lepim oblicima. Providan je ili prozračan, maksimalne tvrdine - 10. Izotropan je, savršene cepljivosti po oktaedru. Primarno se javlja kao magmatski mineral, a u uslovima površinskog raspadanja je veoma stabilan i koncentriše se u nanosima. Pored primene kao dragog kamena, koristi se zbog velike tvrdine i za izradu kruna za bušenje.

## **Grafit**

Grafit je elementarni ugljenik koji kristališe heksagonalno u tabličastim kristalima, ljustastim agregatima ili gustim masama. Crne je boje, savršene cepljivosti po bazi, male tvrdine (1-2), prlja prste pri dodiru, metalnog sjaja ili mutan. Glavne mase grafita nastaju metamorfno, preobražajem organske materije u sedimentima.

## **Sumpor**

Samородni sumpor (kako ga često nazivaju) je veoma čest u prirodi. Kristališe rombično, ali se mnogo češće javlja u vidu skrama, prevlaka i zemljastih masa. Krt je, male tvrdine i žute boje. Lepi kristali sumpora nastaju u vulkanima, oko solfatara i termalnih izvora, ali se veće mase mogu obrazovati i organogeno. U rudnim ležištima se nalazi u dubljim delovima oksidacione zone. Kod nas je zapažen u oksidacionoj zoni borskog i majdanpečkog rudnika.