

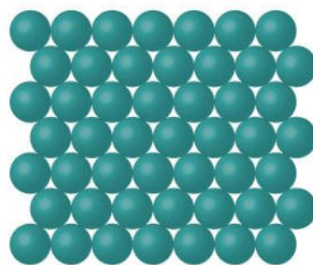
MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI



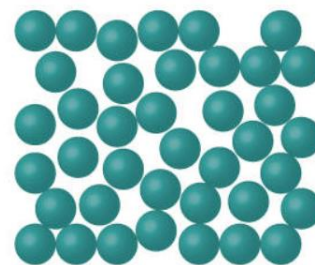
MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

UVOD

- **Mineralogija** (lat. *minerále* – ruda, grč. *lógos* – riječ, znanost) je znanost o mineralima koja proučava oblike minerala, njihova fizikalna, kemijska i optička svojstva, unutarnje građe, te uvjete i način postanka minerala.
- **Minerali** (lat. *minerále* – ruda) su, prema IMA (Internacionalna Mineraloška Asocijacija, 1995), elementi ili spojevi, a nastali u geološkim procesima.
- **Kristali** (grč. *krýstallos* - led) su kruta kristalizirana tijela omeđena plohama, koje se sijeku u bridovima, a bridovi u kutovima.



Kristalna građa



Amorfna građa

Slika: Građa minerala: Kristalna građa i amorfna građa

MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

UVOD

- Proces nastanka kristala naziva se **kristalizacija**.
- Temeljna svojstva kristala odnosno minerala su: **homogenost, anizotropija, simetrija i sposobnost rasta**.
 - **Homogenost** – je svojstvo kristala da u svakome svojem dijelu ima jednaku građu, kemijski sastav i fizikalna svojstva.
 - **Anizotropija** – je svojstvo kristala da ima jednaka svojstva u paralelnim, a različita u neparalelnim smjerovima.
 - **Sposobnost rasta** – je svojstvo kristala da se povećava ili raste pravilnim slaganjem materijalnih čestica usporedno s kristalnim plohama.
- **Amorfni minerali ili mineraloidi** – su minerali bez određene, pravilne unutrašnje građe ili strukture, ali određenog sastava koji se može izraziti kemijskom formulom.
- **Petrogeni minerali** izgrađuju stijene.

MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

KRISTALOGRAFIJA

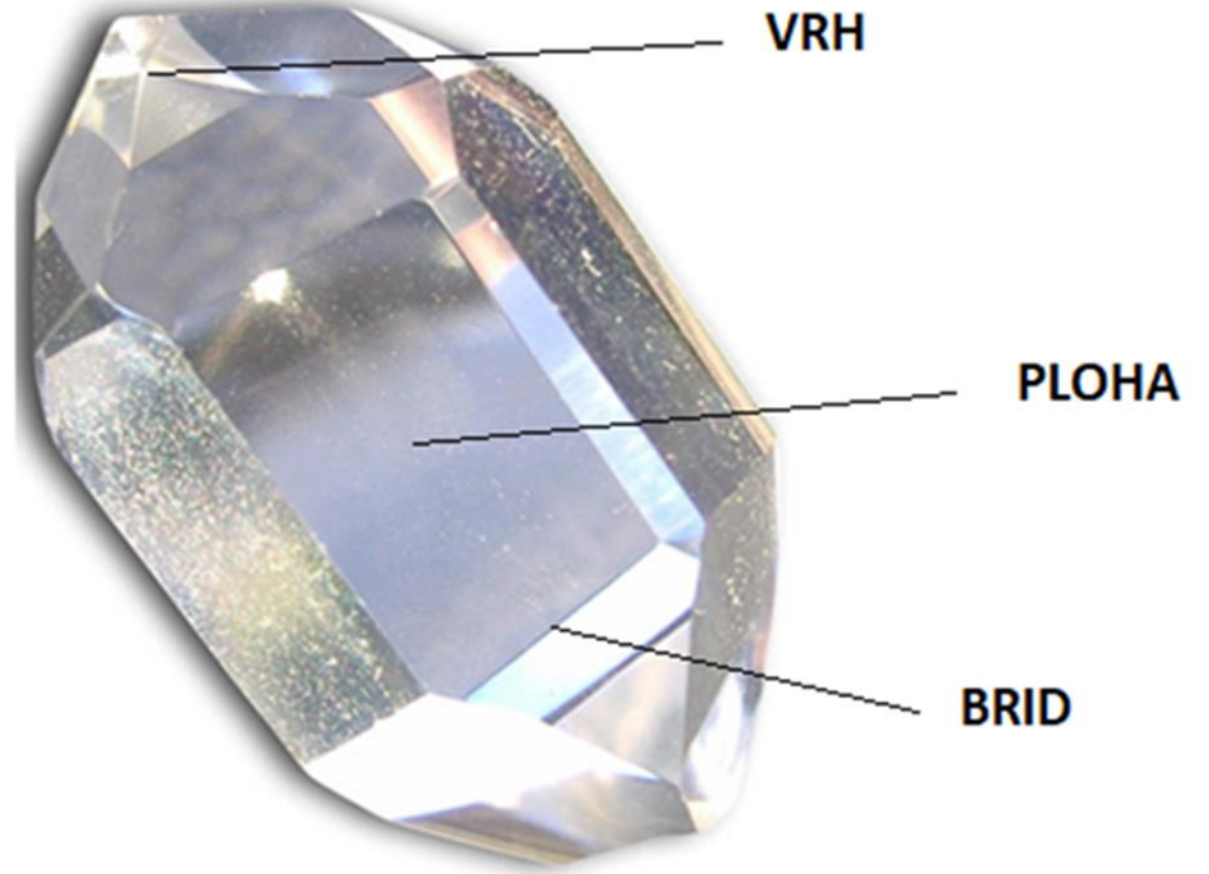
- **Kristalografija** – znanost o kristalima.

Razlikujemo:

- **Morfološku kristalografiju**: proučava vanjski oblik kristala
- **Strukturna kristalografija**: proučava unutrašnju građu kristala

GEOMETRIJSKI ELEMENTI KRISTALA:

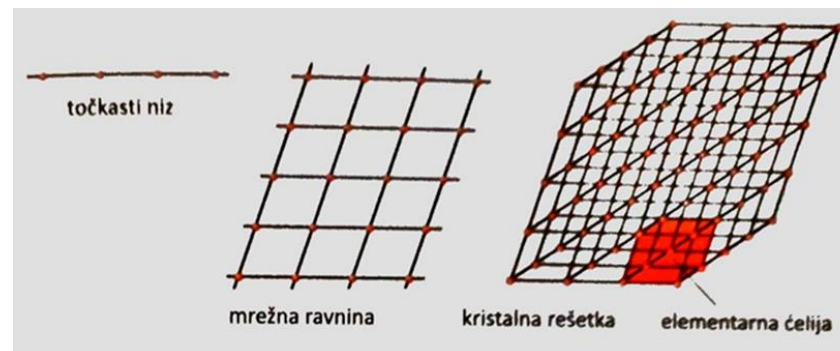
- Plohe, bridovi i vrhovi



KRISTALNA REŠETKA

Svojstvo minerala ovisi o njihovoj unutarnjoj građi odnosno strukturi a ono se predočava **pravilnom trodimenzionalnom rešetkom** u čijim vrhovima se nalaze **ioni, atomi i molekule**.

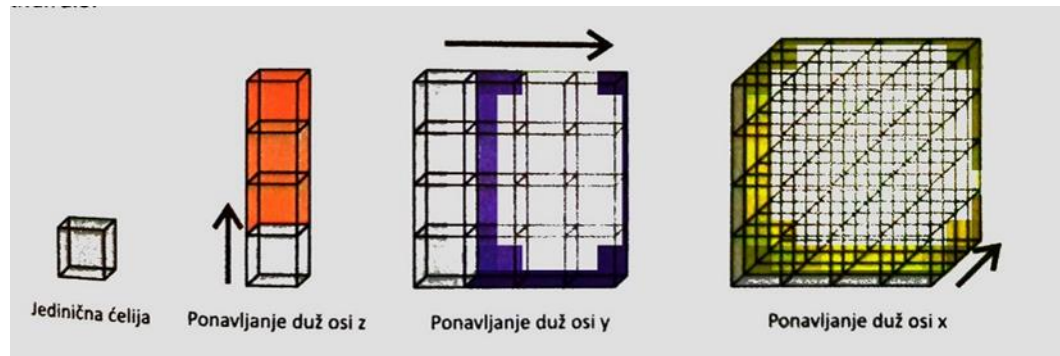
- Čvorovi rešetke nalaze se na usporednim pravcima na jednakim udaljenostima, tvoreći **točkasti niz**.
- **Mrežna ravnina**- tvore je točkasti nizovi koji imaju izgled mreže koji tvore kristalnu rešetku
- Temeljna jedinica kristalne rešetke je **jedinična ili elementarna ćelija**



Slika: Pravilna unutarnja građa kristala (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

KRISTALNA REŠETKA

- **Jedinična ili elementarna ćelija** ima oblik paralelopipeda, ponavlja se u kristalu periodički u tri pravca od kojih dva leže u istoj ravnini.



Slika: Ponavljanje jedinične ćelije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

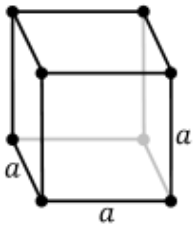
- **Jedinična ili elementarna ćelija** definira je **bridovima i kutovima** među njima.
- **Bridovi** jedinične ćelije tvore koordinatni sustav koji se u kristalografiji zove **osni križ** i određuje **kristalni sustav**

KRISTALNI SUSTAVI

- Kristalni sustav može biti **pravokutan i kosokutni**

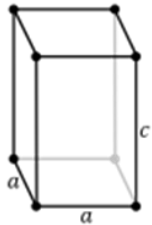
Definiran je:

- trima **kristalografskim osima a,b,c** i
- trima pripadnim **kutovima između osi: α** (između b i c), **β** (između a i c) i **γ** (između a i b).



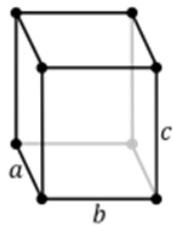
1. Kubični

$$a = b = c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



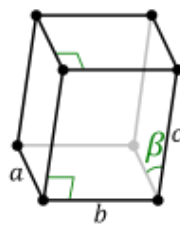
2. Tetragonski

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



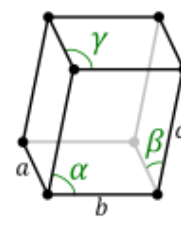
3. Rompski

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



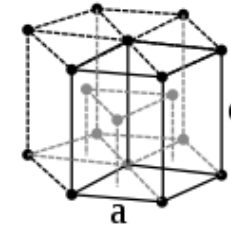
4. Monoklinski

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$$



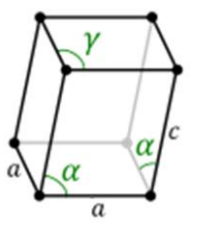
5. Triklinski

$$a \neq b \neq c$$
$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



6. Heksagonski

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

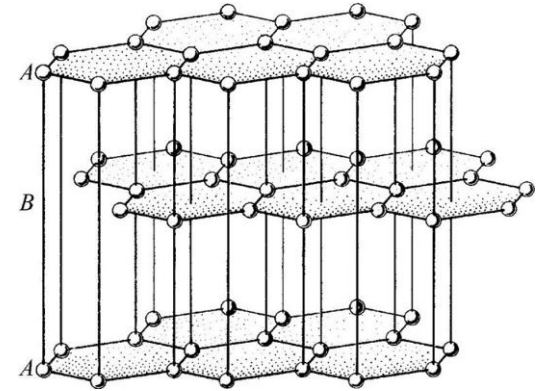


7. Trigonski

$$a = b \neq c$$
$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

KEMIJSKE VEZE U MINERALIMA I TIPOVIMA KRISTALNIH REŠETKI

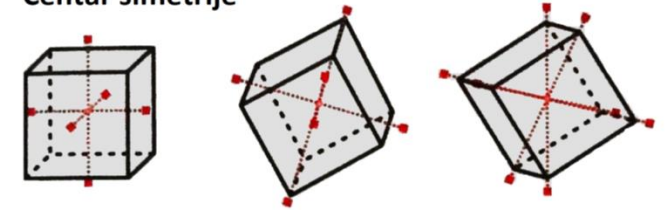
- Minerali se sastoje od **jednog** ili **više kemijskih elemenata**.
- Najmanji dijelovi kemijskih elemenata koji još imaju svojstva tog elementa su **atomi**.
- Tri osnovna tipa kemijskih veza: **ionska veza, kovalentna veza i metalna veza**.
- Kristali sa **ionskom vezom** - visoko talište i vrelište, niska elektrovodljivost (halit, florit, kalcit).
- Kristali sa **kovalentnom vezom** - velika tvrdoća, visoko talište, mala toplinska i električna vodljivost (dijamant, sfalerit).
- Kristali sa **metalnom vezom** - dobra električna i toplinska vodljivost (bakar, željezo)
- **van der Waalove sile** - pravilna kalavost, mala tvrdoća, niska električna i toplinska vodljivost (grafit)



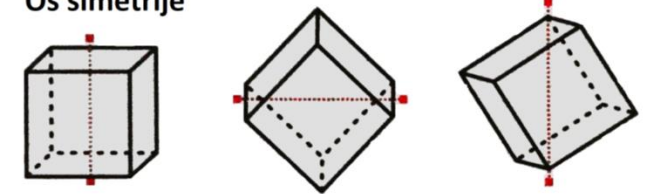
SIMETRIJA KRISTALA

- **Simetrija kristala** – uz homogenost građe, anizotropiju i sposobnost rasta jedno je od temeljnih svojstava kristala
- **Simetrijske operacije** koje ponavljaju istovrsne geometrijske elemente su **zrcaljenje, rotacija i inverzija**.
- **Elementi simetrije kristala** mogu biti **elementi makrosimetrije i elementi mikrosimetrije**.
- **Elementi makrosimetrije** imaju odraz na vanjskoj simetriji, te su na osnovu njih kristali svrstani u 32 kristalna razreda.
- Jednostavni elementi makrosimetrije su:
 - **ravnina simetrije** – zamišljena ravnina koja prolazi središtem kristala i dijeli ga na zrcalno dva jednaka dijela (oznaka P ili m)
 - Simetrijska operacija je **zrcaljenje**

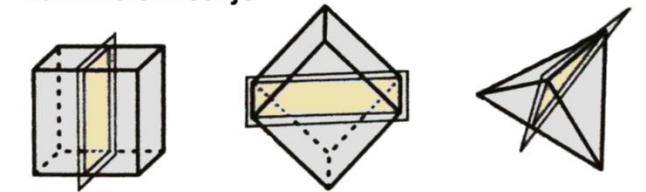
Centar simetrije



Os simetrije



Ravnina simetrije

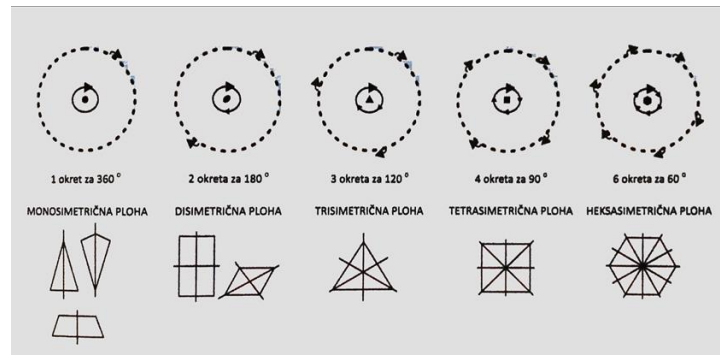


Slika: Jednostavni elementi makrosimetrije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

SIMETRIJA KRISTALA

Rotacijska os simetrije ili gira - pravac koji prolazi kroz središte kristala oko koje se kristal može okrenuti 2,3,4, ili 6 puta unutar 360 stupnjeva a pri tome prikazuje istovrsni položaj

- Prema kutu zakreta razlikujemo **digiru, trigiru, tetragiru i heksagiru** (oznaka slovo L uz odgovarajući eksponent).
- Simetrijska operacija je **rotacija**.



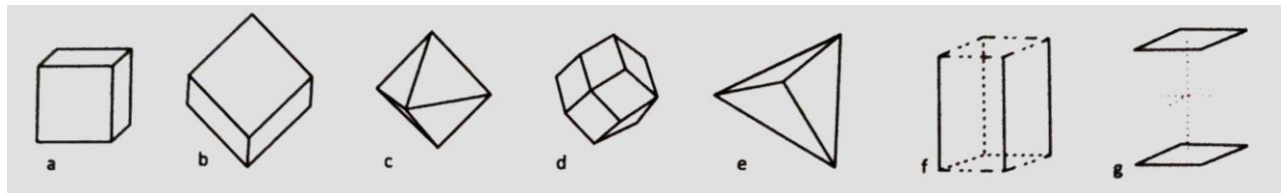
Slika: Rotacijske osi simetrije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”, 2010.)

Centar simetrije je točka u geometrijskom središtu kristala oko koje su svi granični elementi raspoređeni tako da identični parovi ploha, bridova i kutova leže na pravcima koji prolaze kroz tu točku

- Simetrijska operacija je **inverzija**.

KRISTALNA FORMA

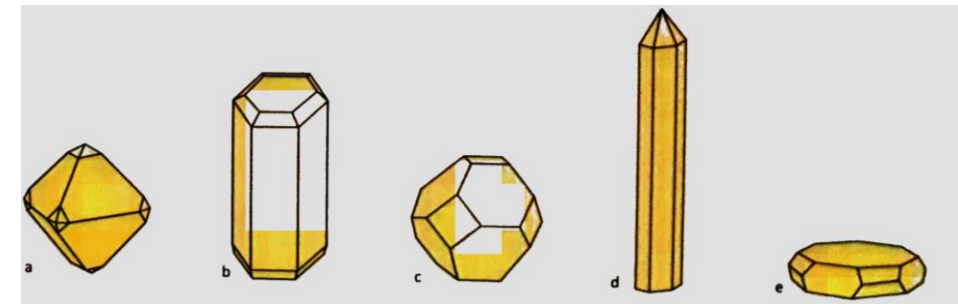
- **Kristalna forma** je skup simetrijski identičnih ploha koje su međusobno povezane elementima simetrije.
- Razlikujemo **zatvorene i otvorene forme**.
- **Zatvorena forma** – je forma čije plohe zatvaraju neki prostor (npr. Oktaedar)
- **Otvorena forma** - ne zatvaraju prostor (prizma)



Slika: Kristalne forma: Zatvorene forme a) heksaedar; b) romboedar; c) oktaedar; d) rompski dodekaedar; e) tetraedar
Otvorene forme: f) prizma; g) bazni pinakoid (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

HABITUS, NEPRAVILNOST HABITUSA I NEPRAVILNOST UNUTARNE GRAĐE

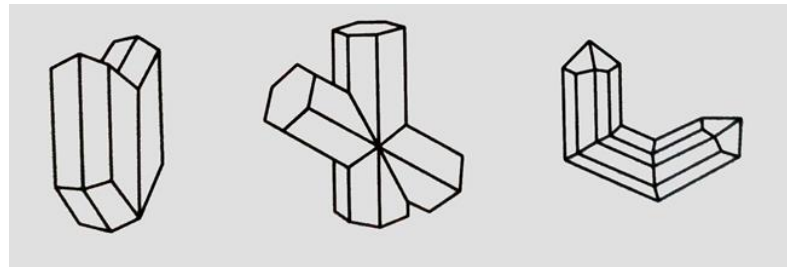
- **Habitus** – je vanjski izgled kristala i ovisi o unutarnjoj građi, te uvjetima kristalizacije i rasta. Habitus najčešće upućuje na kristalni sustav.
- Razlikujemo **izometrični**, **izduženi** i **pločasti** habitus
- Izometrični habitus može biti: zrnast i kuglast
- Izduženi može biti: stupićast i bačvast, štapićast, prutićast, igličast
- Pločasti može biti: debelopločast, tankopločast, lećast, ljuskav, listićav



Slika: Habitus kristala: a) oktaedarski; b) prizmatiski; c) izometrični; d) izduženi; e) pločasti (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

ZASEBNI KRISTALI, SRASLACI I AGREGATI

- Prema broju minerala u nekoj morfološkoj jedinki razlikuju se **zasebni kristali, sraslaci i agregati**.
- **Zasebni kristali** su malobrojni u prirodi, slobodni su ili prirasli ovisno podlozi prostoru.
- **Sraslaci** – su prirodne tvorevine dvaju ili više kristala jednake ili različite mineralne tvari - **jednostruke** ili **višestruke** sraslace (polisintetski ili ciklički)
- Sraslaci - prema površini srastanja **dodirne** ili **prodorne**.
- **Agregati**: nakupine minerala s nepravilnim međusobnim odnosom pojedinaca u skupini. Razlikuju se **kristalni agregati** i **agregati amorfni minerala**



Slika: Sraslaci (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

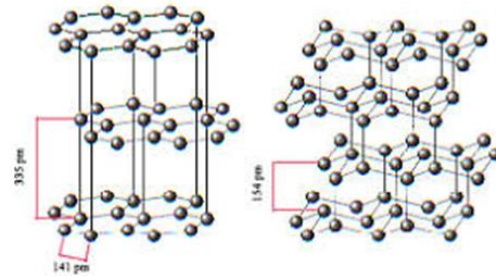
MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

KEMIJSKA I FIZIKALNA SVOJSTVA MINERALA

- Minerali se razlikuju po **kemijskim i fizikalnim svojstvima**.
- **Kemijska svojstva** minerala su: **kemijski sastav, izomorfija, polimorfija i sadržaj vode**
- **Kemijski sastav** – izražava se kemijskom formulom i jedno je od svojstava koje definiraju mineral.
 - elementi zastupljeni u litosferi: kisik, silicij, aluminij, željezo, kalcij, natrij, kalij i magnezij.

KEMIJSKA SVOJSTVA

- **Izomorfija:** pojava da mineral različitog ali analognog kemijskog sastava imaju različite kristalne rešetke i slična svojstva, te tvore izomorfne smjese ili mješance.
- **Polimorfija:** je pojava kada minerali jednakog kemijskog sastava imaju različita kristalografska i fizikalna svojstva, najčešće zbog različitih uvjeta kristalizacije odnosno imaju različite kristalne strukture.



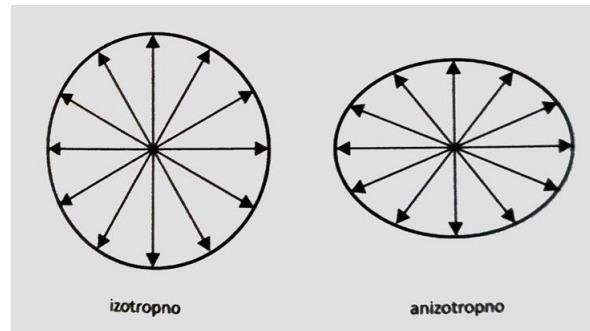
- Primjer polimorfije: Grafit i dijamant
- **sadržaj vode:** konstitucijska voda, kristalna voda, adsorpcijska voda, međuslojevitna voda, zeolitna voda, higroskopna voda i mehanički uklopljena voda

FIZIKALNA SVOJSTVA

- Fizikalna svojstva minerala odraz su njegove unutrašnje građe.

Razlikuju se:

- **Izotropni minerali** – su minerali čija su svojstva jednaka za svaki promatrani smjer
- **Anizotropni minerali** – su minerali kod kojih postoje veće ili manje razlike u fizikalnim svojstvima, ovisno o smjeru u kojem se promatra to svojstvo.



Slika: Prikaz izotropije i anizotropije (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

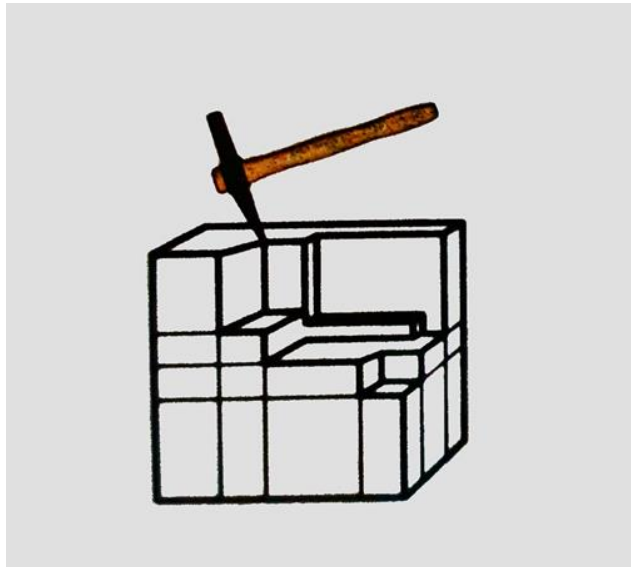


FIZIKALNA SVOJSTVA

- Fizikalna svojstva minerala mogu biti **vektorska i skalarna**.
- **Skalarna svojstva** ne ovise o smjeru i jednaka su u svim smjerovima.
- Skalarna: **gustoća, fiziološka i radioaktivna svojstva**
- **Vektorska svojstva** ovise o smjeru i različita su u različitim, a jednaka u paralelnim smjerovima.
- Vektorska: **kohezijska, optička, toplinska, električna i magnetska svojstva**

FIZIKALNA SVOJSTVA

- Kohezijska svojstva minerala su: **tvrdća, kalavost, lom, elastičnost i kovnost**
- **Kohezija** – sila koja djeluje u kristalnoj rešetki zbog koje su materijalne čestice na stalnoj udaljenosti

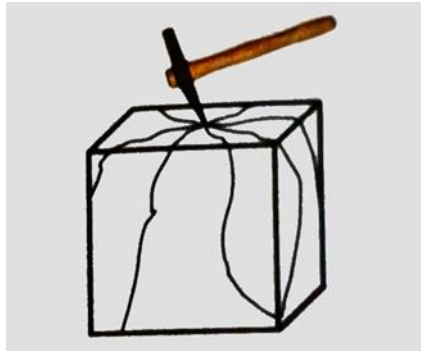


Slika: Kalavost minerala (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)



FIZIKALNA SVOJSTVA

- **Lom minerala** – je kidanje minerala zbog djelovanje sile, kada je kohezija podjednaka u svim smjerovima (kod minerala koji imaju slabu kalavost).



Slika: Lom minerala (prema T. Vlahović „Geologija za građevinare”,2010.)

- **Elastičnost minerala** – svojstvo minerala da se deformira tijekom djelovanje sile, a da se pri prestanku djelovanja sile vrate u prvobitno stanje.
- **Kovnost minerala:** svojstvo minerala da se pod djelovanjem mehaničke sile stanje a ne pucaju.

FIZIKALNA SVOJSTVA

- Optička svojstva minerala su: **prozirnost, boja i sjaj**
- Toplinska svojstva minerala: **toplinska vodljivost, toplinsko širenje i taljivost**
- Glavno **električno svojstvo minerala je vodljivost elektriciteta**
- **Magnetična svojstva** minerala ovise o unutrašnjoj građi minerala. S obzirom na magnetična svojstva minerali mogu biti: **feromagnetni, paramagnetni i dijamagnetni**
- **Fiziološka svojstva** minerala su: **okus, miris i opip** (skalarno svojstvo)
- **Radioaktivno svojstvo minerala** (skalarno svojstvo)



Uranit



Torij



MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

POSTANAK MINERALA

- S obzirom na **postanak minerala** razlikujemo:

1. Minerale magmatskog postanka
2. Minerale sedimentnog postanka
3. Minerale metamorfnog postanka
4. Minerali nastali u kori trošenja

1. Minerali magmatskog postanka

- Nastaju iz magme, prirodne taljevine kompleksnog, pretežito silikatnog sastava u unutrašnjosti Zemlje.
- Ovisno o **temperaturi i tlaku** razlikujemo:
 - **Pirogene ili magmatske minerale**
 - silikarni i minerali bogati Fe, Mg, sulfati i oksidi



Slika: Plagioklas



- **Pegmatitni minerali** (turmalin, tinjci, beril)

Slika: Crni turmalin



- **Pneumatolitni minerali** (hematit)

Slika: Volframit



- **Hidrotermalni minerali** (minerali Pb, Zn, As, Au, Ag)

Slika: Galenit



2. Minerali sedimentnog postanka

- Nastaju u površinskim dijelovima Zemljine kore.



- Hidatogeni minerali

Slika: sige

- Evaporitni minerali

Slika: halit



- Organogeni minerali

Slika: sedra

3. Minerali metamorfnog postanka

- Nastaju metamorfozom ili preobrazbom već postojećih minerala magmatskog, sedimentnog ili metamorfnog postanka bez njihovog otapanja ili taljenja (granat, disten, andaluzit, glaukofan, serpentin i talk).

Slika: Granat



4. Minerali kore trošenja

- Nastaju procesom trošenja stijena na površini i neposredno ispod površine Zemlje do razine vode temeljnice, pri relativno niskom tlaku i temperaturi.
- Procesi koji dovode do postanka minerala u kori trošenja: **hidratacija, redukcija, karbonizacija i biokemijski procesi**
- Oksidi, hidroksidi, karbonati, sulfati, kloridi i sulfidi

Slika: Brucit (MgOH_2)



MINERALOGIJA, MINERALI I KRISTALI

SISTEMATIKA PETROGENIH MINERALA

- Najvažnija skupina minerala koji formiraju stijene i pojednostavljena kristalokemijska klasifikacija na:

1. Elemente

2. Okside i hidrokside

3. Karbonate

4. Silikate

5. Sulfide

6. Sulfate

7. Halogenidi

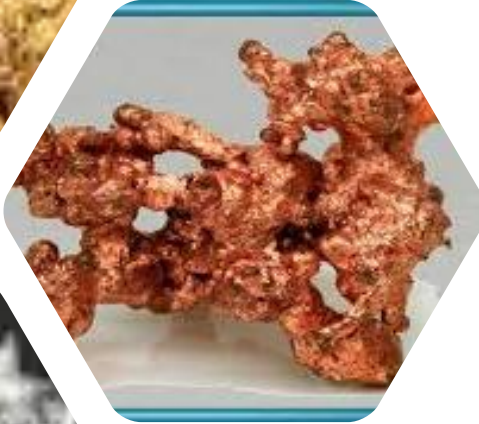
8. Fosfati

Učestalost mineralnih skupina u litosferi:

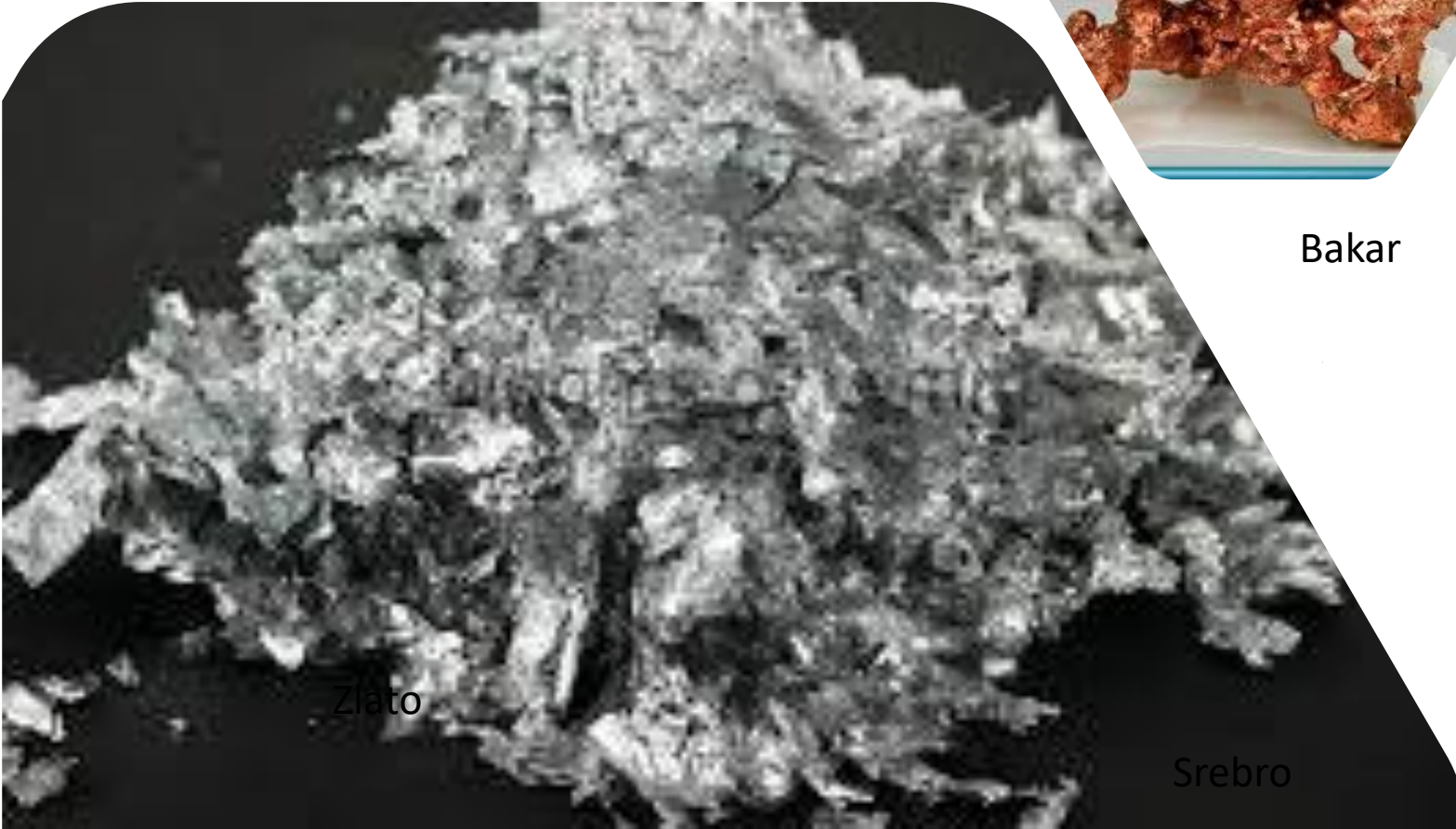
- Oksidi i hidroksidi 17%(kvarc 12,6%), karbonati 1,7% (uglavnom kalцит i dolomit), silikati >75% (feldspati 57,9%), i ostali manje od 6% (fosfati, kloridi, sulfidi, sulfati, samородni elementi)



Zlato



Bakar



Zlato

Srebro

1. Elementi

- Podijeljeni su na metale, polumetale i nemetale.
- **Metali** – vrlo se često nalaze u litosferi kao samородni.
- Svojstva su im neprozirnost, metalni sjaj, mala tvrdoća, dobra električna i toplinska vodljivost.
- Od metala koji se pojavljuju u elementarnom stanju: bakar, srebro, zlato, platina, željezo, olovo.



Selen



Bizmut



Arsen

1. Elementi

- **Polumetali** - imaju slična svojstva metalima kao što je metalni sjaj i gustoća.
- Nisu kovni, kalavi, pri udaru rasprsnu se na komade.
- U prirodi se javljaju kao impregnacije - arsen, antimon, bizmut, selen.

1. Elementi

- **Nemetali** - su skupina koja sadrži mali broj međusobno vrlo različitih minerala.
- Tvore kristale, prozirni su, nisu kovni i ne provode el. struju.
- Poznati su sumpor i dvije polimorfne modifikacije ugljika grafit i dijamant.



Sumpor



Dijamant

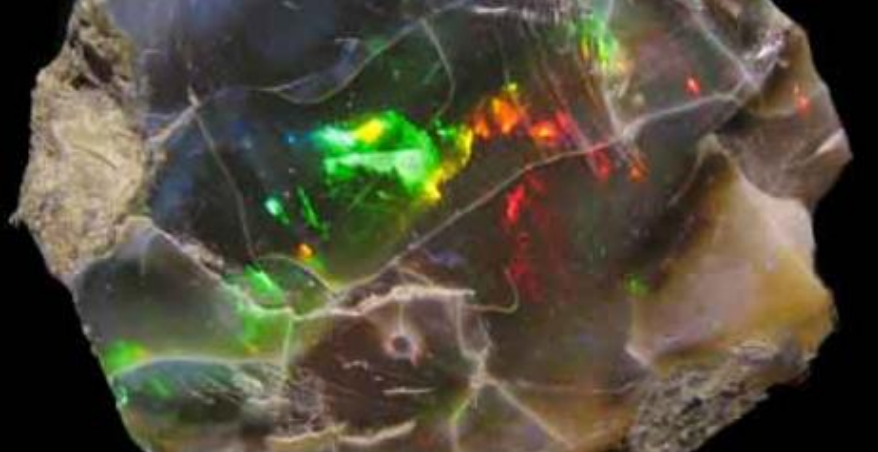


Grafit

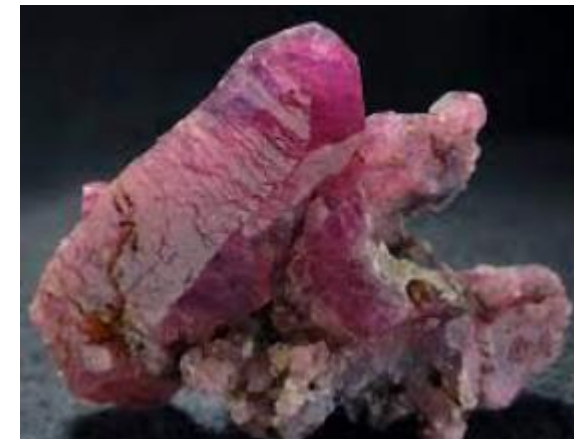
2. Oksidi i hidroksidi

- **Oksidi** su najčešće spojevi metala, a rjeđe polumetala ili nemetala s kisikom, a **hidroksidi** s hidroksilnom skupinom (OH^-).
- Oksidi imaju relativno **veliku gustoću i tvrdoću**, a hidroksidi **manju gustoću i tvrdoću**, **kalaju se**, različitih su boja.
- Od **oksida** izdvajaju se: Kvarc, kuprit, korund, hematit, ilmenit, magnetit, kromit, rutil, kasiterit.
- **Kvarc** -važan je sastavni dio litosfere, u kojem mu maseni udio iznosi 12% i najrasprostranjeniji je mineral u Zemljinoj kori.





Oksidi



Opal – ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) amorfni mineral koji nastaje taloženjem iz hladnih otopina, iz toplih otopina te biogeno.

Hematit - (Fe_2O_3) je crno do sive boje, sadrži 70% željeza. Hematit je važna ruda željeza, a rabi se i za proizvodnju boja, taljiva i nakita.

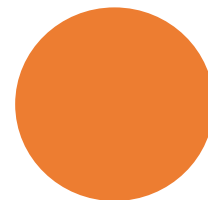
Magnetiti – (Fe_3O_4) nastaje magmatski i metamorfno. Sadrži 72% željeza, vrlo je magnetičan, a boja i ogeb su mu crni. Magnetit je vrlo važni rudni mineral željeza, a najviše se primjenjuje u industriji čelika.



Korund - (Al_2O_3) - nastaje magmatski ali i kontaktnom metamorfozom. Upotrebljava se u proizvodnji brusnih proizvoda i ležajeva, a prozirni za izradu nakita.

Hidroksidi

- **Getit** – (FeOOH) nastaje u oksidacijskoj zoni kore trošenja iz minerala željeza, a može nastati i sedimentno. Rijetki kristali su sitni i imaju igličasti habitus. Koristi se kao ruda željeza, oker boje, nakita.
- **Gipsit** – $\text{Al}(\text{OH})_3$ nastaje u kori trošenja i hidrotermalnom metamorfozom. Srebreno bijele boje, sivkaste ili zelenkaste, bijeli ogreb. Rabi se za dobivanje aluminija.





3. Karbonati

- Nastaju taloženjem iz toplih i hladnih voda, manjim dijelom raspadanjem magmatskih minerala koji u sebi sadrže kalcij, magnezij i željezo.
- Tri skupine bezvodnih karbonata:
 - **Skupina kalcita:** kalcit, magnezit, siderit, simsonit, rodohrozit
 - **Skupina dolomita:** dolomit, ankerit
 - **Skupina aragonita:** aragonit, stroncijanit, viterit, ceruzit

Zajednička svojstva su im **tvorba izomorfnih smjesa, topljivost u kiselinama** uz burno oslobađanje ugljičnog dioksida CO_2 , **mala relativna tvrdoća** i općenito **jasne boje**.



3. Karbonati



- **Kalcit** – (CaCO_3) jedan od najzastupljenijih minerala u kori i glavni element u stijeni koja se zove vapnenac. Važan petrogeni mineral bitan sastojak mramora, i njihovih breča, vapnenačkih pješčenjaka i breča.
- Polazna sirovina za pripremu vapna i važna komponenta u pripremi cementa
- **Dolomit** – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ magnezijски vapnenac, nastaje magmatski, sedimentno i metamorfno.
- Temeljna primjena dolomita je građevinarstvu (posipanje cesta i za proizvodnju cigle)
- **Aragonit** – (CaCO_3) nastaje sedimentno, te u kori trošenja. Može biti različitih boja i upotrebljava se kao ukrasni kamen (željezni cvijet).

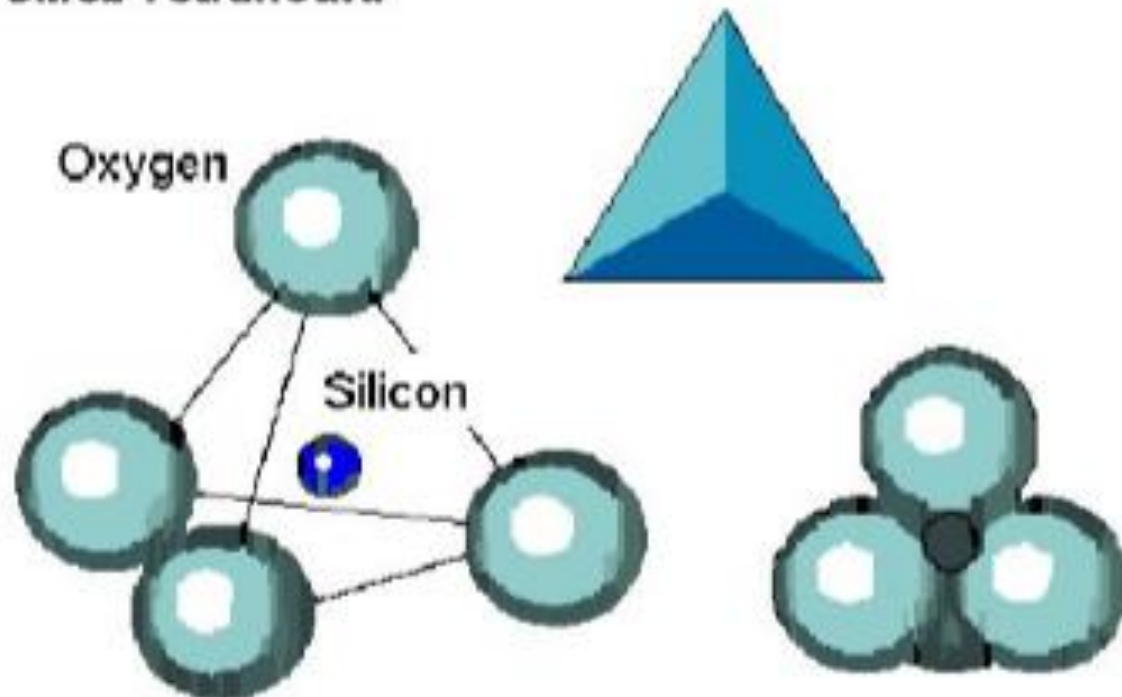
3. Karbonati

- **Magnezit** - (MgCO_3)- nastaje metamorfozom, hidatogeno te hidrotermalno i pegmatitno. Bijele i sive boje, staklast i svilenast sjaj.
- **Ankerit** - $\text{CaFe}(\text{CO}_3)$ – nastaje hidrotermalno i metasomatski. Bijele je boje, žute, sive ili smeđe, staklast ili sedefast sjaj. Nalazimo ga Češkoj, BiH, Italiji. Ruda siromašna željezom i nije važna u gospodarstvu.
- **Siderit** – (FeCO_3) – nastaje hidrotermalno i hidatogeno u redukcijskim uvjetima, a vrlo rijetko i metamorfno. Sadrži 48% željeza, sive je boje, a zbog oksidacije u limonit često je žućkastih tonova. U Hrvatskoj ga ima u blizini Samobora, na Medvednici, Petrovoj te Zrinskoj gori. Svjetska nalazišta u Francuskoj, Italiji, Njemačkoj, Velikoj Britaniji. Siderit se primjenjuje kao ruda iz koje se dobiva željezo, te kao sirovina za proizvodnju crvene i smeđe boje.

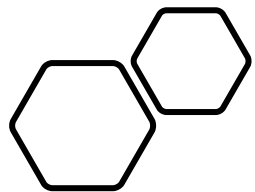


4. Silikati

Silica Tetrahedra



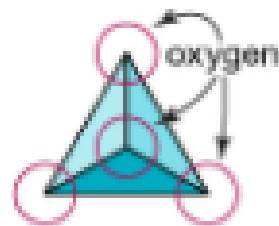
- **Silikati** su **glavni sastojci magmatskih stijena** ima ih i metamorfnim i sedimentnim stijenama
- Zajedničke značajke silikata su vrlo **mala topljivost** i **visoka temperatura tališta**, relativno **velika kemijska postojanost** i često složen mineralni sastav. Temeljna strukturna jedinica je **(SiO₄)⁴⁻ tetraedar** u čijem središtu se nalazi mali ion Si⁴⁺, a na vrhovima veliki ioni O²⁻.



4. Silkati

- Različitim načinom povezivanja tetraedara nastaje šest različnih tipova, odnosno skupina silikatnih minerala
 - **Nezosilikati** - SiO_4 -tetraedru su **slobodni** i poput otoka međusobno vezani kationima (olivin, granati, cirkoni, topaz)
 - Zbog zbijene rešetke imaju veliku tvrdoću i malu kalavost.

Slika: Topaz (Moslovačka gora)

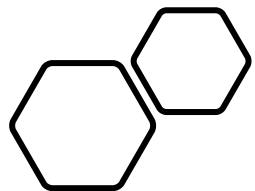


Slika: Granat
(Moslovačka gora)



Slika: Olivin
(Kutjevo, Kalinička gora)





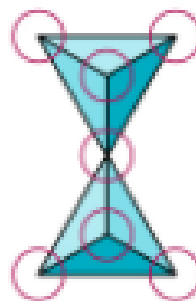
4. Silikati

- **Sorosilikati** – dva SiO_4 - **dvostruke silikatne tetrade** u kojima je omjer silicija i kisika 2:7, tj. Si_2O_7 (coisit, epidot, vezuvijan)
- nastaje metamorfno uz prisustvo vode, tvrd, dobro se kala

Slika: Coisit (Banovina)

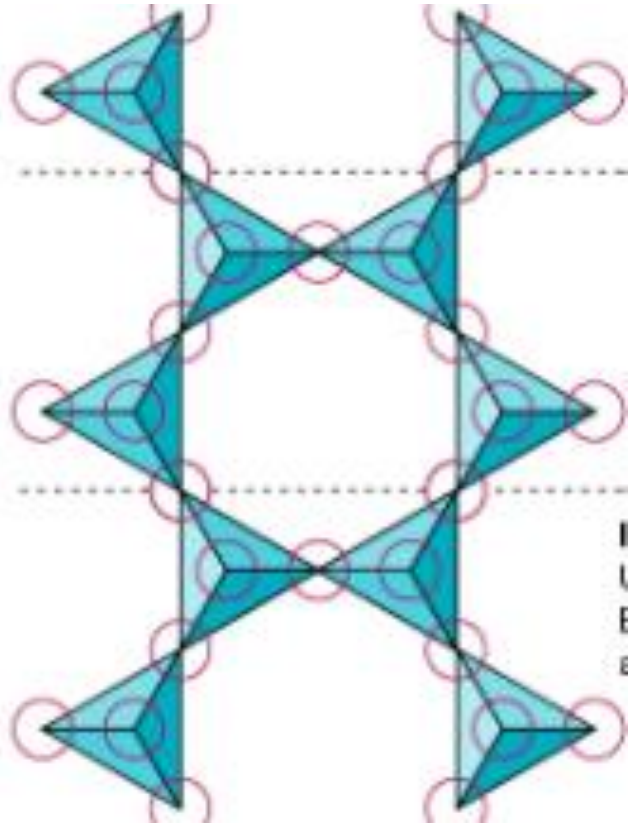
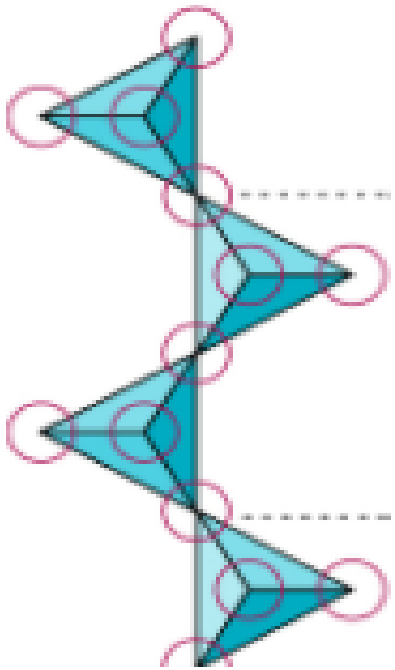


Slika: Epidot
(Medvednica, Ivanščica)



4. Silikati

- **Inosilikati** - SiO_4 -tetraedri su preko kisika vezani u beskonačne ravne nizove: jednostruke lance gdje odnos silicija i kisika 1:3 (pirokseni)
- Tvrdća silikata je 5 i 7, savršeno su kalavi



- **dvostruki lanac** odnosno 4:11 (amfiboli)

Pirokseni

- jednostruki lanci
- silikati kalcija, magnezija i željeza
- kalavost



Augit



Hipersten



Enstatit



Diopsid

Amfiboli

- dvostruki lanci
- uz feldspate i piroksene najrasprostranjeniji petrogeni minerali
- kalavost



Termolit



Horblenda

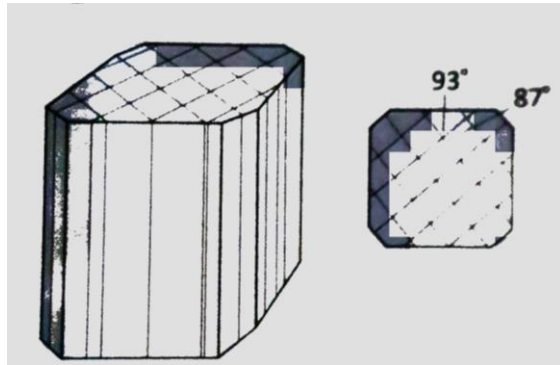
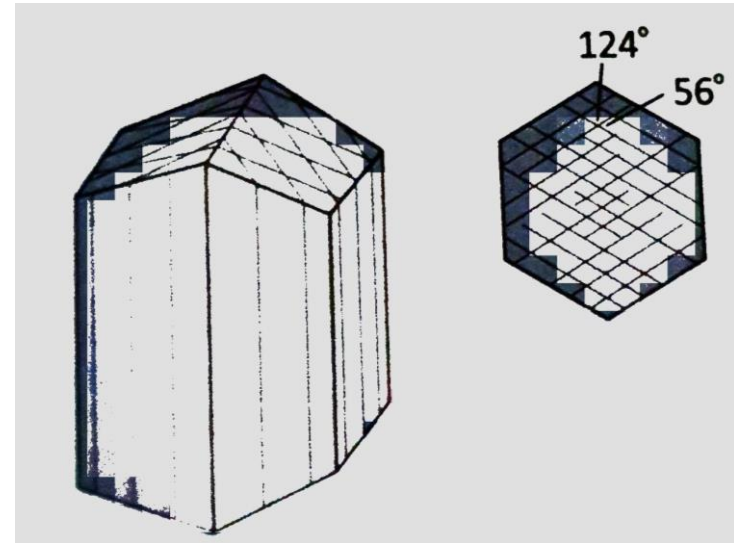


Aktinolit

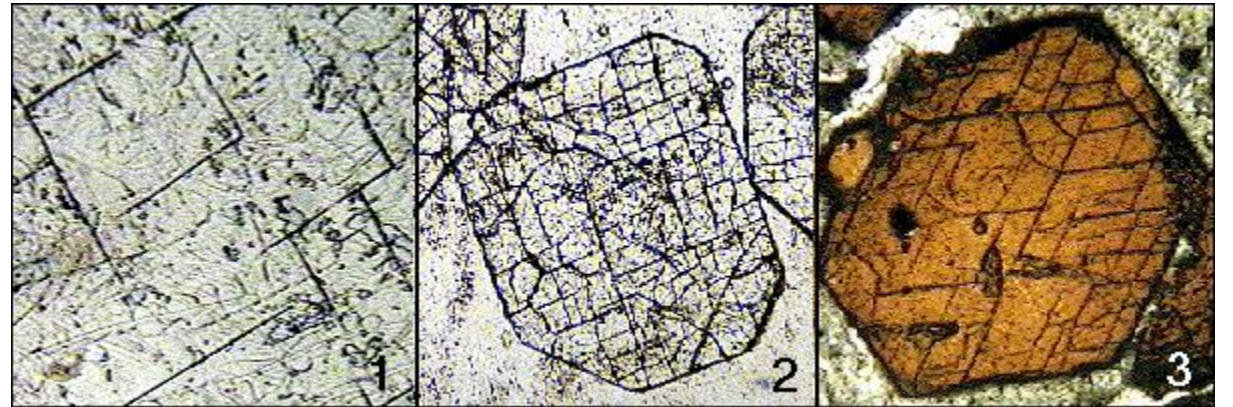


Glaukofan

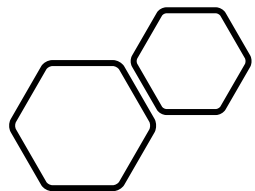
4. Silikati



Kalavost piroksena

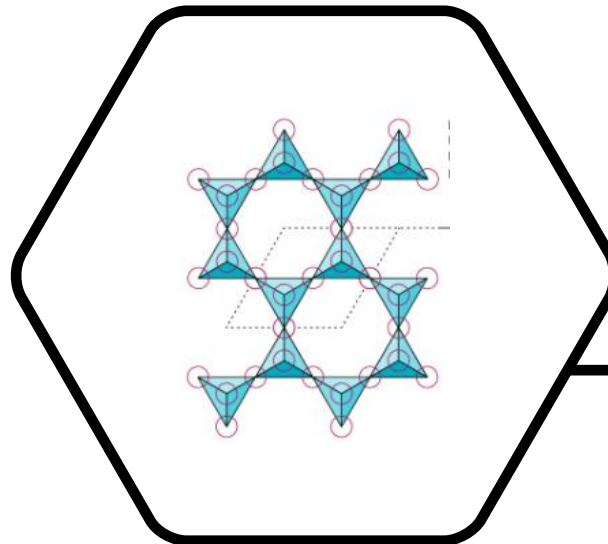


Kalavost amfibola



4. Silikati

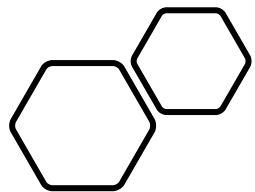
- **Filosilikati** – SiO_4 -tetraedri tvore plošni vez-listove, u tetraedrima je omjer silicija i kisika 2:5 (tinjci, minerali glina)
- Savršena kalavost
- Kaolinit se rabi u proizvodnji keramike, cementa, boja
- Montmorilonit – bubri u dodiru s vodom



Slika: Kaolinit

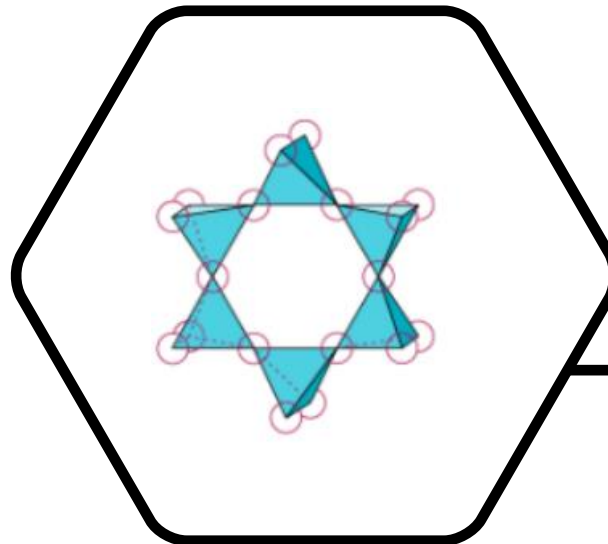


Slika: Tinjci



4. Silikati

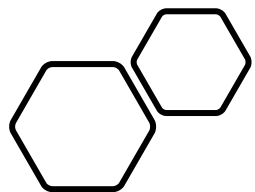
- **Ciklosilikati** – omjer silicija i kisika 1:3 (Si_xO_{3x}), a može tri, četiri ili šest SiO_4 – **prstenasta struktura** vezivanja tetraedra (turmalin)
- vrlo visoke tvrdoće.
- beril, turmalin i kordijarit



Turmalin



Beril



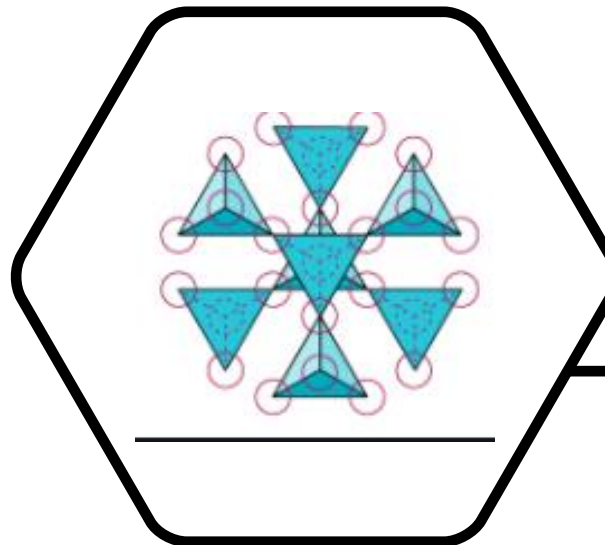
4. Silikati

- **Tektosilikati** - SiO_4 -tetraedri tvore **prostorni vez** u kojima je omjer silicija i kisika 1:2 (kvarc, feldspati, plagioklasi, feldspatoidi). Ovo je najveća grupa silikata, a njeni minerali čine gotovo 75% kore Zemlje.

Slika: Plagioklasi

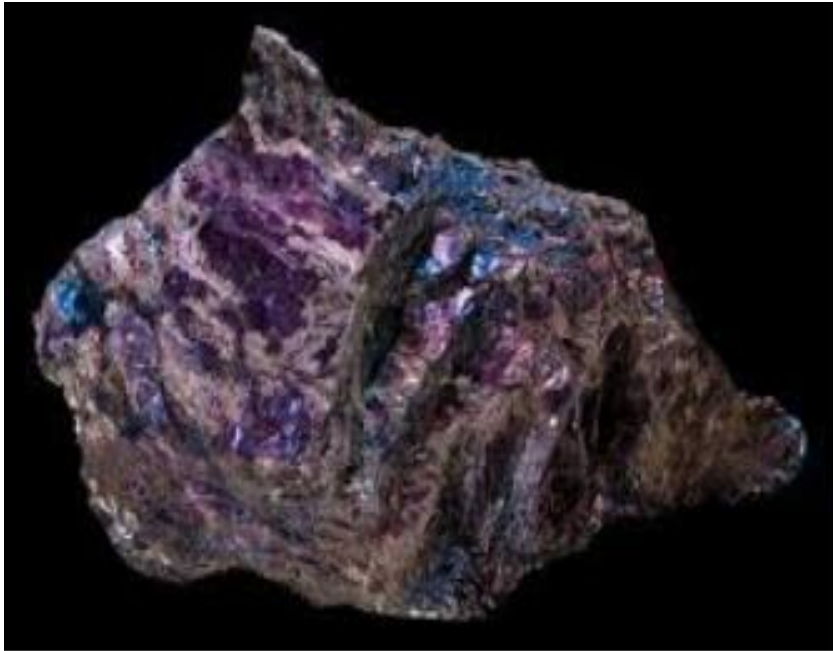


Slika: Feldspati



5. Sulfidi

- Sulfidi su **spojevi jednog ili više metala** (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg, Ag) ili polumetala (As, Sb, Bi, Se, Te) **sa sumporom**
- Nastaju kao rezultat hidrotermalnih procesa u rudnim žilama
- Tvrdoca 4, velika gustoća, metalni sjaj, neprozirni
- pirit, galenit, cinabarit i kovelin



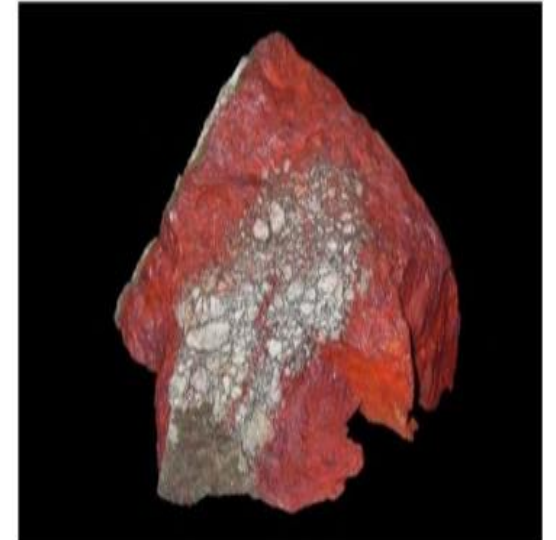
KOVELIN



PIRIT



GALENIT



CINABARIT

6. Sulfati

- Sulfati su **solii sulfatne kiseline** i česti su u Zemljinoj kori.
- Nastaju u **oksidacijskoj sredini** pri relativno niskim temperaturama, tvorbom kompleksnog aniona $(\text{SO}_4)^{2-}$.
- Mekani su, svijetle boje
- Poznati minerali ove skupine su: **gips** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), **anhidrit** (CaSO_4), **barit** (BaSO_4) i **halkantit ili modra galica** ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).



gips



anhidrit



halkantit ili modra



barit

7. Halogenidi

- Halogenidi – su soli klorovodične (HCl), fluorovodične (HF), jodovodične (HI) i bromovodične (HBr) kiseline pa se razlikuje kloridi, fluoridi, jodidi i bromidi.
- Najčešći minerali iz te skupine nastaju kristalizacijom iz morske vode,
- Prozirni, bezbojni
- Halogenidi su tipični ionski kristali
- Glavna značajka halogenida je topljivost u vodi
- Najznačajniji minerali topivi u vodi su: halit ili kamena sol, silvin a ne topiv je fluorit



Halit



Fluorit

8. Fosfati

- **Fosfati** – soli fosfatne kiseline.
- Po kemijskom sastavu fosfati su relativno složeni spojevi.
- Mnogobrojni minerali sadrže vodu, hidroksilnu skupinu a neki elemente klor ili fluor.
- Fosfati nastaju pri nižim temperaturama i to često kao produkt alteracije i hidratacije primarnih minerala nastalih u drugačijim uvjetima.
- Udio fosfata u litosferi je neznatan.
- Najznačajniji mineral je apatit.



Tablica: Češći i važniji ne silikatni minerali (iz Chernicoff&Whitney, 2007)

MINERAL TYPE	COMPOSITION	EXAMPLES	USES
Carbonates	Metallic ion(s) plus carbonate ion complex (CO_3^{2-})	Calcite (CaCO_3) Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)	Cement Cement
Oxides	Metallic ion(s) plus oxygen ion (O^{2-})	Hematite (Fe_2O_3) Magnetite (Fe_3O_4) Corundum (Al_2O_3) Cassiterite (SnO_2) Rutile (TiO_2) Ilmenite (FeTiO_3) Uraninite (UO_2)	Iron ore Iron ore Gems, abrasives Tin ore Titanium ore Titanium ore Uranium ore
Hydroxides	Metallic ion(s) plus hydroxide ion (OH^-)	Goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$) Bauxite ($(\text{Al}, \text{Fe})\text{O}(\text{OH})$)	Iron ore, Aluminum ore
Sulfides	Metallic ion(s) plus sulfur (S^{2-})	Galena (PbS) Pyrite (FeS_2) Cinnabar (HgS) Sphalerite (ZnS) Molybdenite (MoS_2) Chalcopyrite (CuFeS_2)	Lead ore Sulfur ore Mercury ore Zinc ore Molybdenum ore Copper ore
Sulfates	Metallic ion(s) plus sulfate ion (SO_4^{2-})	Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) Anhydrite (CaSO_4) Barite (BaSO_4)	Plaster Plaster Drilling mud
Native elements	Minerals consisting of a single element	Gold (Au) Silver (Ag) Platinum (Pt) Diamond (C)	Jewelry, coins, electronics Jewelry, coins, photography Jewelry, catalyst for gasoline production Jewelry, drill bits, cutting tools