

Systematická mineralogie

Silikáty – hlavní minerály zemské kůry

Neživá příroda 1

Výskyt minerálů v zemské kůře

Zastoupení jednotlivých minerálů v zemské kůře závisí na fyzikálních podmínkách vzniku a obsahu dosažitelných prvků.

K nejvíce zastoupeným minerálům patří ty, které obsahují základní prvky zemské kůry: kyslík, křemík, hliník, vápník, hořčík, železo, sodík a draslík.

Mezi nejběžnější minerály zemské kůry patří:

Dalších 60-100 minerálů se může v určitých horninách vyskytovat v objemu desítek procent, jinak jsou poměrně málo běžné (chlorit, granát, andalusit, apatit, sádrovec, halit a další).

plagioklasy 39 %

K-živce 12 %

křemen 12 %

skupina pyroxenů 11 %

skupina amfibolů 5%

slídy muskovit a biotit 5 %

olivín 3 %

kalcit 1,5 %

jílové minerály 4 %

Rozdělení minerálů podle jejich významu

Minerály, které jsou zásadní pro složení hornin, se označují jako **horninotvorné minerály**. Rozděluje je podle jejich procentuálního zastoupení v hornině.

hlavní horninotvorné minerály: 5 % a více

vedlejší horninotvorné minerály: 1 – 5 %

akcesorické horninotvorné minerály: do 1 %

Z pohledu průmyslové využitelnosti můžeme vyčlenit skupinu **užitkových minerálů**. Obecnější označení nerostné suroviny zahrnuje mimo minerálů i horniny. Užitkové minerály tvoří v zemské kůře často významné akumulace (ložiska).

rudní minerály: nejčastěji sulfidy a oxidy různých kovů (galenit, sfalerit, rutil)

nerudní minerály: používané ve stavebnictví, zemědělství, chemickém nebo keramickém průmyslu (halit, kaolinit, apatit)

Malou skupinou mezi minerály jsou drahokamy. Mezi ně se řadí minerály, které mají velmi specifické barvy, vysoké indexy lomu a vysokou tvrdost nebo vynikají některými zvláštními světelnými efekty.

Tato skupina není nijak početná (např. diamant, beryl, korund, turmalín, některé variety křemen) a také výskyt těchto minerálů je v zemské kůře velmi ojedinělý.

Klasifikace minerálů I

Pro asi 5 600 známých minerálů existuje celá řada různých systémů jejich klasifikace. Mezi hlavní používaná kritéria patří jejich chemické složení a krystalová struktura. Nejčastěji používané klasifikace minerálů jsou systém Hugo Strunze nebo Jamese Dany. Pro účely jednoduchého a přehledného rozdělení je výhodné řazení do 10 tříd.

1. TŘÍDA PRVKŮ

Tato třída minerálů zahrnuje tři oddělení: kovy a jejich slitiny, polokovy a nekovy. V přírodě se v ryzím stavu objevuje asi 20 prvků. Mezi nejdůležitější kovy a jejich slitiny patří zejména měď, zlato, stříbro, platina, iridium a osmium. Do skupiny polokovů patří zejména arsen, antimon, bismut, selen nebo telur. Mezi přírodní nekovové prvky patří zejména uhlík a síra.



2. TŘÍDA SULFIDŮ

Tato skupina minerálů představuje sloučeniny kovu se sírou. Sulfidy se detailněji klasifikují podle poměru kovu a síry ve vzorci. Několik málo sulfidů je relativně běžných, část z nich vytváří ložiskové akumulace. Ve strukturách sulfidů najdeme iontové, kovalentní i kovové vazby. Typický je vysoký lesk a vysoká hustota.



Klasifikace minerálů II

3. TŘÍDA HALOGENIDŮ

Minerály jsou sloučeninami aniontu ze skupiny haloců (nejčastěji chlor a fluor) a kovového kationtu. V jejich vysoce symetrických strukturách převládají iontové vazby. K typickým fyzikálním vlastnostem mnoha minerálů z této skupiny patří nízká tvrdost, nízká hustota a rozpustnost ve vodě.



4. TŘÍDA OXIDŮ A HYDROXIDŮ

Kyslík tvoří sloučeniny s jedním nebo více kovy, případně se jako aniont uplatňuje hydroxylová skupina (OH^-). Většina vazeb v jejich strukturách má převážně iontový charakter. Patří sem řada průmyslových minerálů (korund, rutil, kasiterit, hematit nebo magnetit).



5. TŘÍDA KARBONÁTŮ

Minerály této skupiny mají ve své struktuře plošné trojúhelníkovité anionty (CO_3)⁻², které jsou do prostoru propojeny různými kationty. Mezi nejběžnější patří minerály ze skupiny kalcitu a dolomitu.



Klasifikace minerálů III

6. TŘÍDA BORÁTŮ

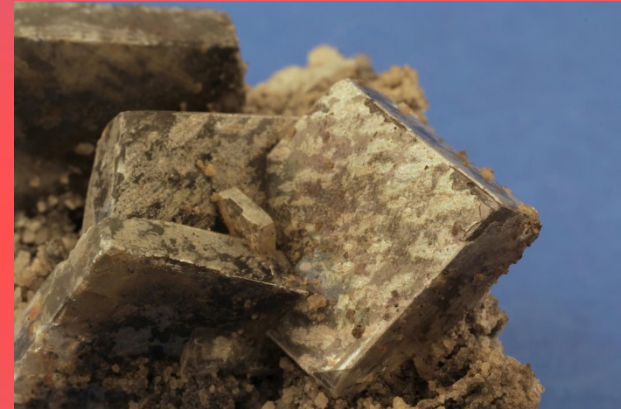
Minerály této třídy mají ve svých strukturách aniontové skupiny $(\text{BO}_3)^{-3}$ nebo $(\text{BO}_4)^{-5}$ a dokáží tyto skupiny polymerizovat, podobně jako silikáty. Jedná se o poměrně málo běžné minerály vznikající ve velmi specifických podmínkách. Nejznámější je borax.

7. TŘÍDA SULFÁTŮ

V těchto minerálech je síra vázána s kyslíkem do aniontového komplexu $(\text{SO}_4)^{-2}$. Část síranů je hydratovaná a některé jsou velmi významnými nerostnými surovinami. Často vznikají při odpařování mořské vody v mělkých lagunách a okrajových mořích.

8. TŘÍDA FOSFÁTŮ

Základem fosfátů je aniont $(\text{PO}_4)^{-3}$, na pozici fosforu se mohou objevit také vanad a arzén (vanadáty, arsenáty). Ve většině případů se jedná o vzácné minerály, vyjma jediného příkladu a tím je apatit.

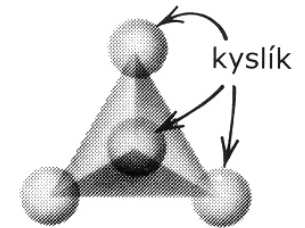


Klasifikace minerálů – silikáty I

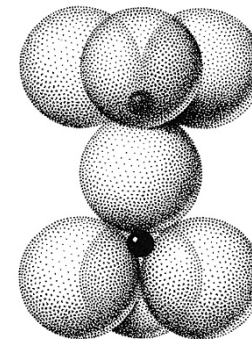
Tato nejdůležitější třída minerálů má ve své struktuře základní stavební jednotku tetraedr $(\text{SiO}_4)^{-4}$.

Vazba mezi křemíkem a kyslíkem je v silikátech jedna z nejsilnějších a je přibližně z poloviny iontová a z poloviny kovalentní. Křemíko-kyslíkový tetraedr se přes sdílené vrcholové kyslíky dokáže spojovat s jinými tetraedry, což obecně označujeme jako **polymerizaci**. Mezi silikáty najdeme ty nejdůležitější horninotvorné minerály, z nichž jen křemen a živce tvoří přes 60% zemské kůry.

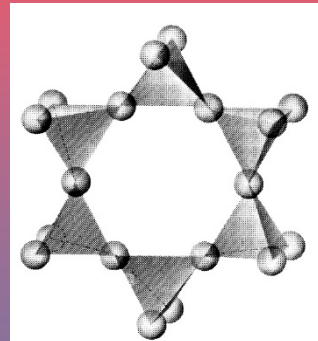
Nesosilikáty jsou minerály s izolovanými tetraedry SiO_4 ve své struktuře, které jsou do prostorové struktury propojeny vazbami přes jiné kationty (nejčastěji Fe, Mg, Ca).



Sorosilikáty jsou minerály, v jejichž struktuře se objevují dvojice spojených tetraedrů $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{-6}$.



Cyklosilikáty jsou minerály, v jejichž struktuře se křemíkové tetraedry propojují do pravidelných kruhových útvarů, nejčastěji šestičlenných s aniontovou skupinou $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{-12}$.

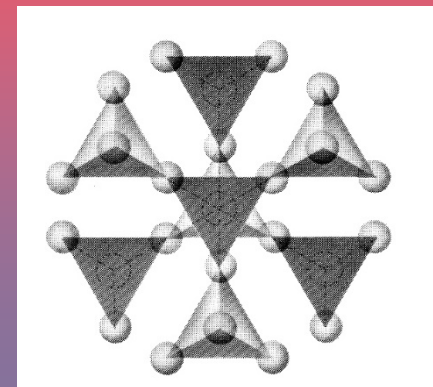
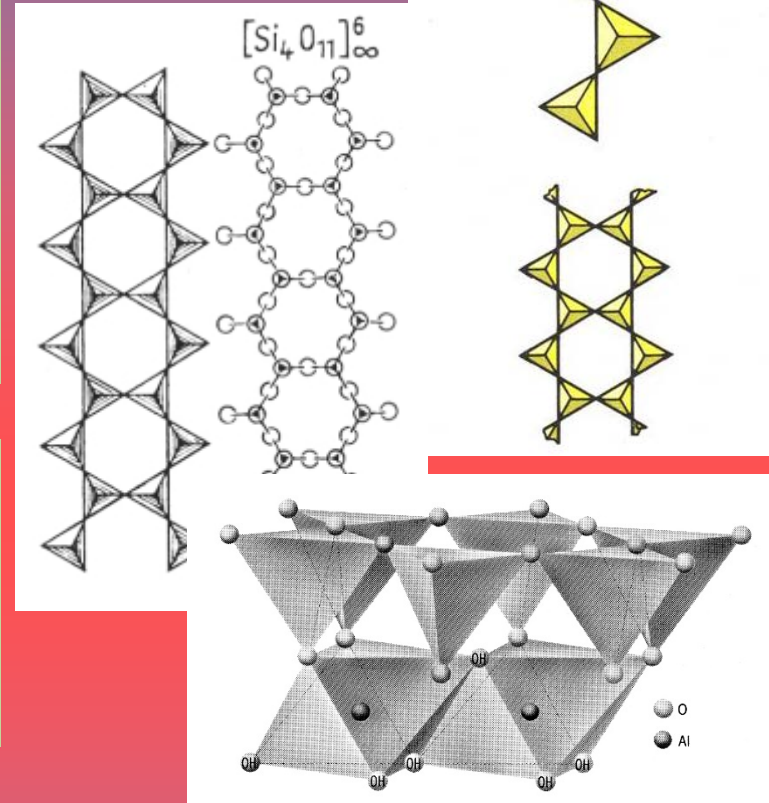


Klasifikace minerálů – silikáty II

Inosilikáty jsou minerály, jejichž křemíkové tetraedry se propojují do jednoduchých nebo dvojitých řetězců a tyto řetězce jsou do celkové struktury spojovány dalšími kationty. Zásadní význam mezi inosilikáty má skupina pyroxenů $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{-4}$ a skupina amfibolů $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{-6}$.

Fylosilikáty jsou minerály, v nichž tetraedry křemíku vytvářejí plošné nekonečné dvourozměrné vrstvy, které se vrství nad sebe a střídají se s vrstvami jiných kationtů. Jejichž základem jsou nejčastěji skupiny $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{-4}$.

Tektosilikáty jsou minerály, v jejichž struktuře je každý křemíkový tetraedr propojen přes vrcholové kyslíky s dalšími čtyřmi tetraedry. Aby mohly do této struktury vstoupit i jiné kationty, musí být část atomů křemíku v tetraedrech nahrazena hliníkem.



Nesosilikáty: OLIVÍN (forsterit – fayalit)

Složení: $(\text{Mg,Fe})_2 \text{SiO}_4$

Barva: zelenožlutá až zelená

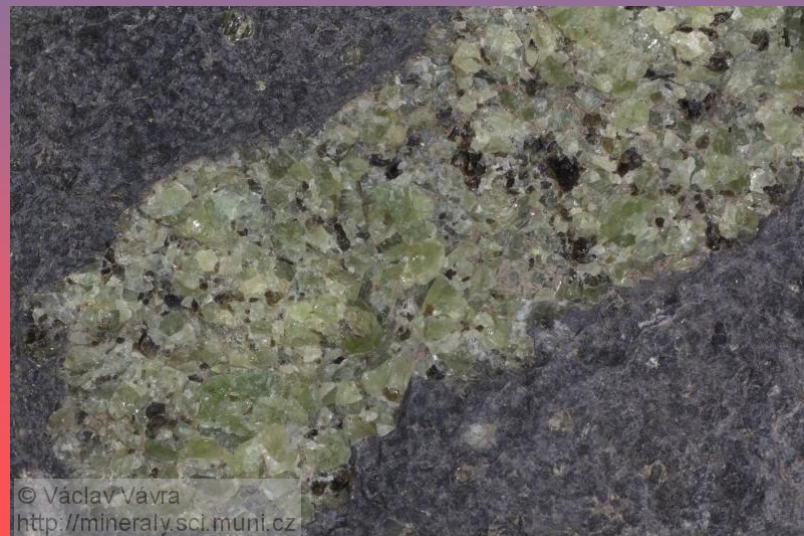
Lesk: skelný

Tvrдость: 6,5

Hustota: 3,2 (fo) – 4,3 g.cm^{-3} (fa)

Štěpnost: zřetelná (010)

Jiné vlastnosti: mění se spolu se složením



Zrnitý agregát olivínu v bazaltu, Smrčí.

Forma výskytu: krátce sloupcovité krystaly nebo častěji hrubě zrnité agregáty
Geneze: krystalizace z magmatu v gabrech, bazaltech nebo dunitech, při metamorfóze vzniká v některých mramorech, reliktů v serpentinitech
Využití: žáruvzdorný materiál, šperkařství



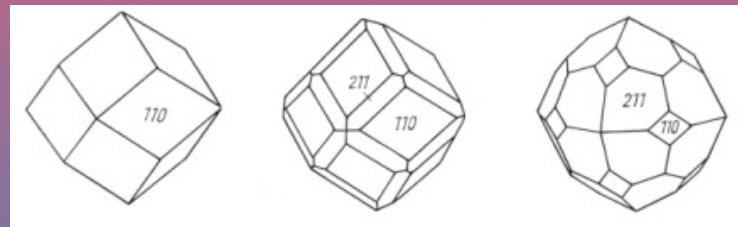
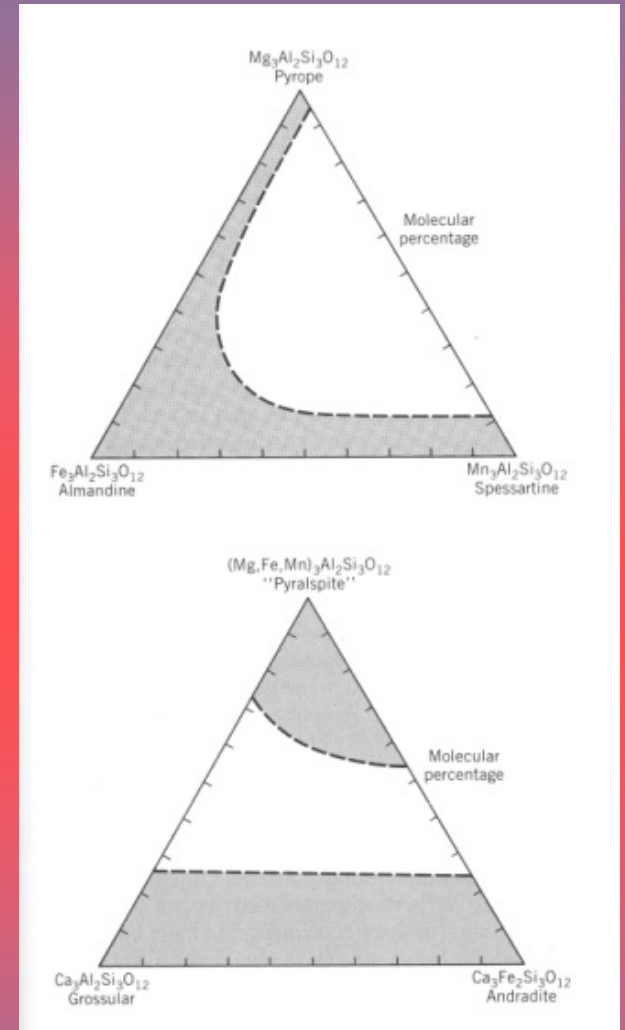
Zrna olivínu, Kozákov u Semil.

SKUPINA GRANÁTU

Skupinu granátu tvoří několik minerálů, mezi nimiž je menší či větší izomorfní mísitelnost. Běžné přírodní granáty jsou zpravidla směsí dvou a více koncových členů: pyrop, almandin, spessartin, grosulár, andradit nebo uvarovit. Granáty se pojmenovávají podle převládající koncové složky. Granáty se liší zejména barvou a typem výskytu v horninách podle svého chemického složení.



Krystal granátu almandinu ve svoru, omezení plochami dvanáctistěnou kosočtverečného, Zillertall.



Nesosilikáty: GRANÁT – PYROP

Složení: $Mg_3 Al_2 (SiO_4)_3$

Barva: červenorudá, červenohnědá

Lesk: skelný

Tvrдость: 7,5

Hustota: $3,5 - 4,3 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: chybí

Jiné vlastnosti: proměnlivé složení a fyzikální vlastnosti



Zrna pyropu v bazaltu, Měrunice.



Zrna pyropu ze štěrkových poloh, Třebenice.

Forma výskytu: krystaly dvanáctistěny nebo čtyřicetistěny, izometrická zrna, zrnité agregáty

Geneze: vzniká v peridotitech, serpentinitech, kimberlitech, zvětralinové pláště

Lokality: Třebenice, Měrunice (České středohoří)

Využití: šperkařství, brusivo

Nesosilikáty: GRANÁT - ALMANDIN

Složení: $\text{Fe}_3 \text{Al}_2 (\text{SiO}_4)_3$

Barva: červená, červenohnědá

Lesk: skelný až mastný

Tvrдость: 7,5

Hustota: $3,5 - 4,3 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: chybí

Jiné vlastnosti: závisí na chemickém složení



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Krystaly almandinu ve svoru, Petrov nad Desnou.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Rombický dodekaedr almandinu ve svoru, Zillertal, Tyroly.

Forma výskytu: krystaly s převládajícím dvanáctistěnem či čtyřiadvacetistěnem, izometrická zrna, zrnité agregáty
Geneze: kyselé granitoidy, pegmatity, metamorfované horniny – svory a ruly
Lokality: Zlatý Chlum, Annenský pramen – Jeseníky, Příbyslavice (pegmatit)

Nesosilikáty: GRANÁT – GROSULÁR

Složení: $\text{Ca}_3 \text{Al}_2 (\text{SiO}_4)_3$

Barva: zelená, žlutozelená,
hnědočervená

Lesk: skelný až mastný

Tvrдость: 7,5

Hustota: $3,5 - 4,3 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: chybí

Jiné vlastnosti: závisí na složení



Krystal zeleného grosuláru, Dognaczka, Banát.



Krystaly grosuláru ve skarnu, Žulová.

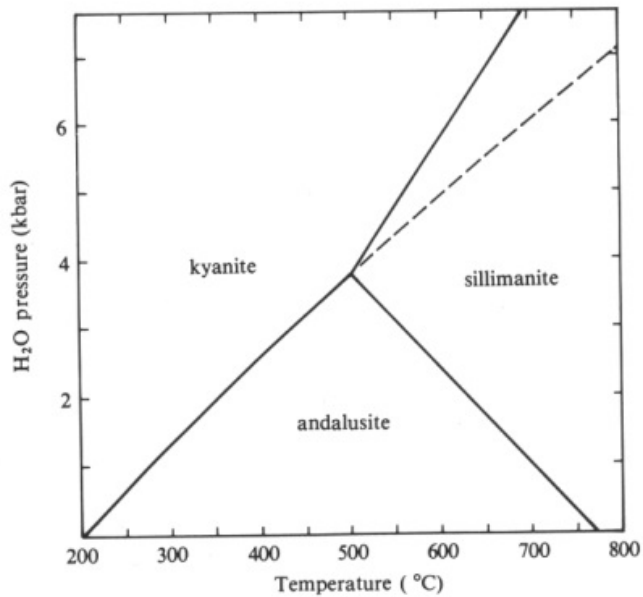
Forma výskytu: krystaly dvanáctistěny
nebo čtyřřadvacetistěny, izometrická
zrna, zrnité agregáty

Geneze: v kontaktně metamorfovaných
horninách – erlány, skarny

Lokality: Žulová, Vápenná, Hazlov u
Chebu (kontaktní skarny)

SKUPINA Al_2SiO_5

Skupinu tvoří tři polymorfní modifikace **andalusit** (rombický), **sillimanit** (rombický) a **kyanit** (trigonální), které mají odlišnou krystalovou strukturu. Všechny tři minerály se vyskytují v horninách bohatých na hliník. Vznikají za různých teplotně-tlakových podmínek.



Typický symetrický příčný řez andalusitem – chiastolitem v kontaktně metamorfované břidlici.

Díky odlišné struktuře se významně liší fyzikální vlastnosti jednotlivých minerálů a také se vyskytují v různých typech hornin.

Nesosilikáty: ANDALUSIT

Složení: Al_2SiO_5

Barva: růžová, červená, červenohnědá

Lesk: skelný

Tvrдость: 7,5

Hustota: $3,15 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dobrá (110)

Jiné vlastnosti: rombická symetrie



Sloupcovitý krystal andalusitu, Tyrolsko.



Stébelnatý agregát andalusitu, Dolní Bory.

Forma výskytu: sloupcovité krystaly, hrubě stébelnaté až radiálně paprscité agregáty

Geneze: v některých Al bohatých granitech a pegmatitech, kontaktních rohových nebo svorech

Lokality: mrákotínský granit, Dolní Bory (pegmatit), Sobotínsko (svory)

Nesosilikáty: SILLIMANIT

Složení: Al_2SiO_5

Barva: bezbarvý nebo bílý

Lesk: skelný až hedvábný

Tvrдость: 6-7

Hustota: $3,2 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá (010)

Jiné vlastnosti: rombická symetrie



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Vláknitý agregát sillimanitu v rule, Zlatkov.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Jemně jehlicovitý agregát sillimanitu, Bodenmais, Bavorsko.

Forma výskytu: jemně vláknité, plstnaté nebo celistvé agregáty

Geneze: typický minerál vysoké metamorfózy - ruly

Lokality: ruly moldanubika, Maršíkov (pegmatit)

Využití: teplotně odolná keramika

Nesosilikáty: KYANIT

Složení: Al_2SiO_5

Barva: šedobílá, modrá

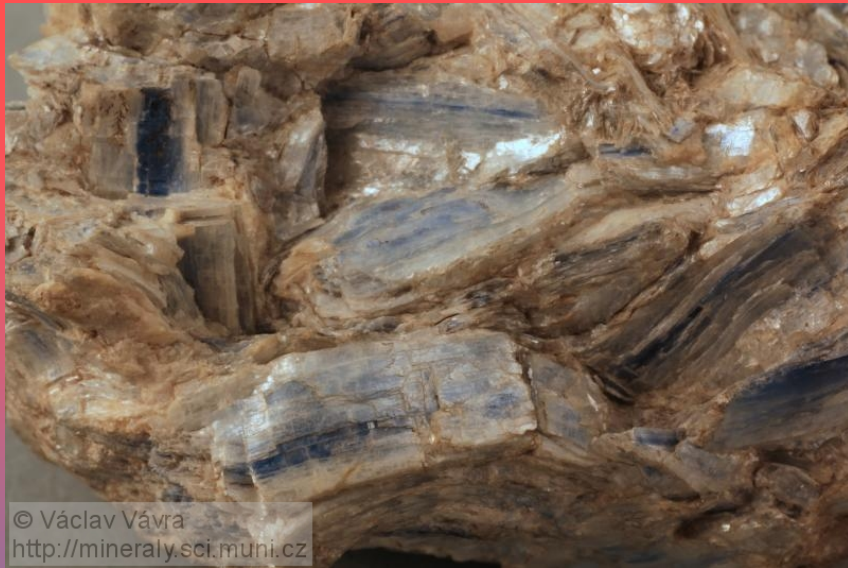
Lesk: skelný až perleťový

Tvrдость: 5-7

Hustota: $3,6 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá (100)

Jiné vlastnosti: tvrdost se mění podle orientace



Štěpný destičkovitý agregát kyanitu, Pfitschtal.



Štěpný agregát kyanitu, eklogit Bečov.

Forma výskytu: dlouze sloupcovité krystaly nebo lištovité agregáty

Geneze: regionálně metamorfované Al bohaté horniny – svory, ruly, granulity, eklogity

Lokality: Bečov nad Teplou (eklogit), Mohelno (granulit), Maršíkov (pegmatit)

Nesosilikáty: TITANIT

Složení: CaTiO SiO_4

Barva: žlutá, zelená, hnědá

Lesk: diamantový, skelný

Tvrdość: 5-5,5

Hustota: $3,5 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: špatná

Jiné vlastnosti: jednoklonná symetrie



Krystal titanitu na puklině, Mirošov.



Klínovitý krystal titanitu, alpská parageneze, Tyrolsko.

Forma výskytu: čočkovité, klínovité nebo obálkovité krystaly, jemně zrnité agregáty
Geneze: běžný akcesorický minerál magmatických a metamorfovaných hornin, pegmatity, skarny, alpská parageneze
Lokality: Mirošov, Polnička (ruly), Blansko (granodiorit), Pokojovice (pegmatit), Krásné (alpská parageneze)

Nesosilikáty: STAUROLIT

Složení: $\text{Fe}_2 \text{Al}_9 \text{O}_6 (\text{SiO}_4)_4 (\text{O}, \text{OH})_2$

Barva: červenohnědá, hnědá, černá

Lesk: za čerstva skelný

Tvrдость: 7-7,5

Hustota: $3,7 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: špatná

Jiné vlastnosti: často v krystalech, velmi odolný zvětrávání



Krystal staurolitu, Campione.



Krystal staurolitu ve svoru, Vozka Jeseníky

Forma výskytu: sloupečkovité krystaly, časté dvojčatění do kříže, zrnité agregáty
Geneze: typický minerál svorů, velmi odolný – sedimenty
Lokality: Keprník, Vozka, Červenohorské sedlo (svory)

Sorosilikáty: EPIDOT

Složení: $\text{Ca}_2 (\text{Fe,Al}) \text{Al}_2 (\text{SiO}_4) (\text{Si}_2\text{O}_7)$
O (OH)

Barva: žlutozelená, zelená

Lesk: skelný

Tvrdość: 6,5

Hustota: 3,3-3,5 g.cm^{-3}

Štěpnost: dokonalá (100)

Jiné vlastnosti: proměnlivé složení



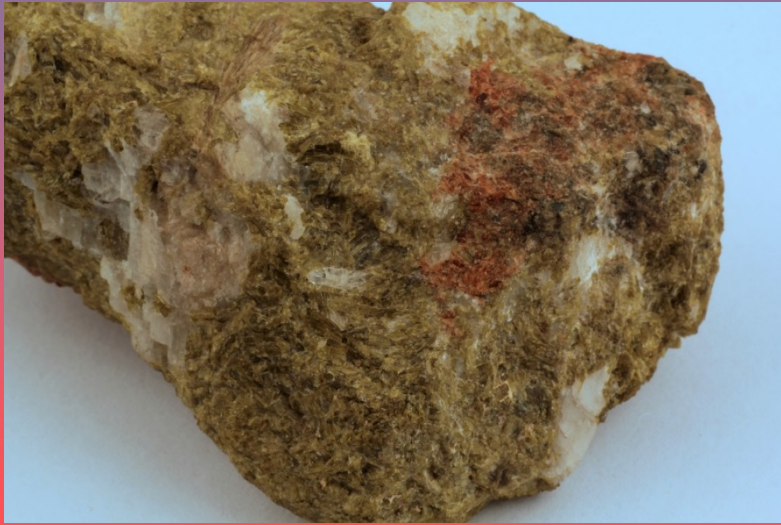
Krystaly epidotu, alpská parageneze, Sobotín.

Forma výskytu: Krátce i dlouze sloupcovité krystaly, často rýhované, jemně zrnité agregáty, povlaky
Geneze: vzniká přeměnou živců v magmatických horninách, běžný v nízcě metamorfovaných horninách typu zelených břidlic
Lokality: Sobotín, Krásné (alpská parageneze), Blansko (granodiority)



Povlaky epidotu na puklině granodioritu, Blansko

EPIDOT



Stébelnatý agregát zeleného epidotu, Střelice.



Sloupcovitý krystal tmavě zeleného epidotu, žíla alpské parageneze, Rakousko.



Sloupcovitý krystal tmavě zeleného epidotu, žíla alpské parageneze, Sobotín.



Zrnitý a jehlicovitý agregát zeleného epidotu společně s bílým živcem.

Cyklosilikáty: BERYL

Složení: $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$

Barva: žltobílá, žlutozelená, zelená

Lesk: skelný

Tvrдость: 7,5-8

Hustota: $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: nedokonalá

Jiné vlastnosti: drahokamové odrůdy smaragd, akvamarín, heliodor, morganit



Sloupcovitý krystal berylu, Sibiř.



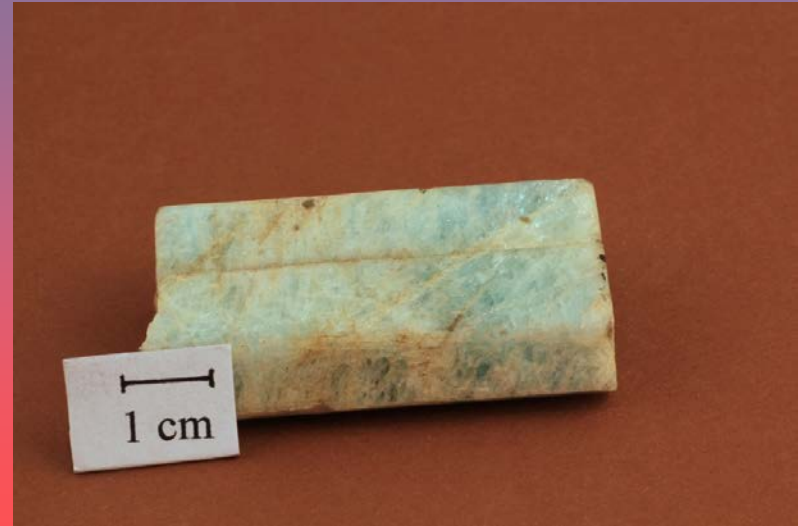
Krystal berylu v pegmatitu, Maršíkov.

Forma výskytu: dlouze sloupcovité krystaly s hexagonálním průřezem, zrna
Geneze: vzniká z kyselých magmat – pegmatity, greiseny, v některých svorech, přechází do rozsypů
Lokality: Maršíkov, Sobotín (pegmatity), Horní Slavkov, Čistá (greiseny)
Využití: šperkařství, zdroj Be

BERYL



Sloupcovitý krystal berylu – smaragdu ve svoru, Habachtal, Rakousko.



Sloupcovitý krystal světle zeleného berylu, patrná nehomogenita zbarvení.



Nedokonale omezený sloupcovitý hexagonální krystal berylu – smaragdu ve svoru.



Krátce sloupcovitý, hexagonální krystal berylu se slabě nazelenalým odstínem, pegmatit.

Cyklosilikáty: CORDIERIT

Složení: $Mg_2Al_3 (AlSi_5O_{18}) \pm H_2O$

Barva: šedá, namodralá, nazelenalá, fialová

Lesk: skelný, matný

Tvrдость: 7-7,5

Hustota: 2,6-2,7 g.cm⁻³

Štěpnost: neštěpný, někdy odlučný

Jiné vlastnosti: podléhá přeměnám - sericitizace



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Zrno cordieritu, rula, Horní Bory.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

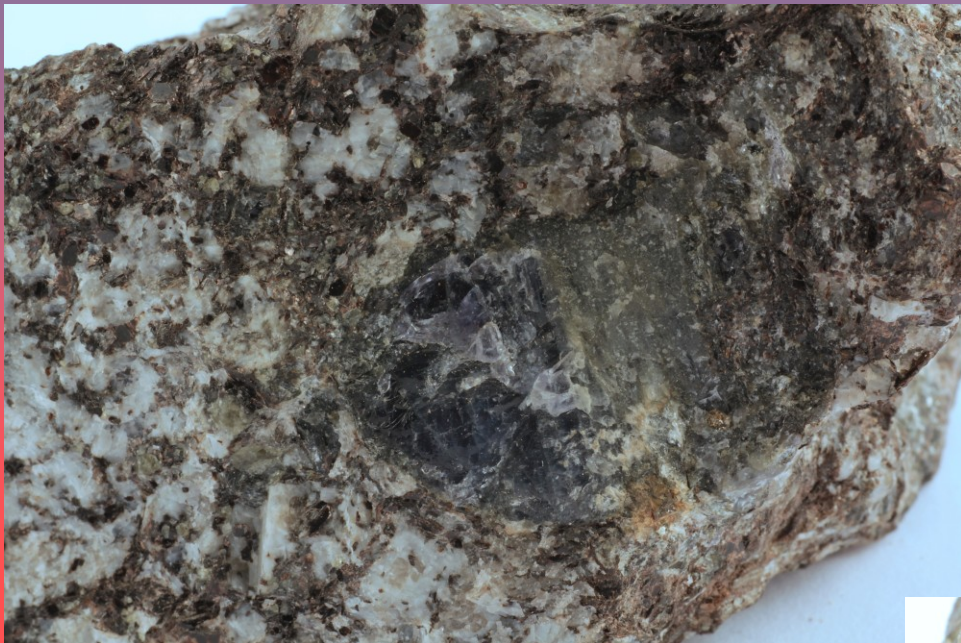
Tmavě modré zrno cordieritu, Bamle, Norsko.

Forma výskytu: krystaly krátce prizmatické, pseudohexagonální, často zdvojitě podle (110), agregáty zrnité nebo masívní.

Geneze: typický v kontaktně metamorfovaných horninách (rohovce), v některých žulách, rulách a migmatitech

Lokality: Horní Bory, Vanov

CORDIERIT



Zelenomodré zrno cordieritu zarostlé v cordieritové rule, Dlouhá stěna u Jihlavy.



Zelenomodré zrno cordieritu téměř v drahokamové kvalitě.

Cyklosilikáty: TURMALÍN – SKORYL

Složení: $\text{Na}(\text{Mg},\text{Al})_3(\text{Al},\text{Fe})_6(\text{BO}_3)_3$
(OH)₄ (Si₆O₁₈)

Barva: černá

Lesk: skelný až matný

Tvrдость: 7-7,5

Hustota: 3-3,25 g.cm⁻³

Štěpnost: chybí

Jiné vlastnosti: podélné rýhování
sloupcovitých krystalů



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Jehlicovité agregáty skorylu v křemeni, Stulahtal.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Rýhovaný krystal skorylu, Dolní Bory.

Forma výskytu: krátce nebo dlouze
sloupcovité krystaly, zrnité nebo
jehlicovité agregáty

Geneze: kyselé granitů a metamorfitů
(žuly, svory, ortoruly, běžný je v aplitech
a pegmatitech.

Lokality: Dolní Bory, Louňovice pod
Blaníkem, Příbyslavice

TURMALÍN - SKORYL



Sloupcovité, černé krystaly skorylu s typickým podélným rýhováním prizmatických ploch.



Sloupcovité krystaly turmalínu v křemeni, konce krystalů mají jiné zbarvení, Elba.



Sloupcovitý agregát černého skorylu zarostlý v křemeni, pegmatit, Bory.



Rozlámané sloupcovité krystaly skorylu ve svoru.

Cyklosilikáty: TURMALÍN – ELBAIT

Složení: $\text{NaLi}_3(\text{Al,Fe,Mn})_6(\text{BO}_3)_3$
(OH)₄ (Si₆O₁₈)

Barva: bezbarvý, modrá, zelená,
červená

Lesk: skelný

Tvrdot: 7-7,5

Hustota: 3-3,25 g.cm⁻³

Štěpnost: chybí

Jiné vlastnosti: více barev na jednom
krystalu



Krystal růžového rubelitu, Malkhan, Rusko.



Vícebarevný sloupeček elbaitu, pegmatit, Rožná.

Forma výskytu: dlouze sloupečkovité až
jehlicovité krystaly, zrna

Geneze: žuly a lithné pegmatity

Lokality: Elba, Rožná, Dobrá Voda

Využití: šperkařství, zdroj Li

TURMALÍN - ELBAIT



Sloupcovité krystaly lithného turmalínu elbaitu – modrá varieta indigolit, pegmatit, Rožná.



Sloupcovitý agregát lithného turmalínu elbaitu – zelená varieta verdelit, pegmatit, Dobrá Voda.



Sloupcovitý krystal lithného turmalínu elbaitu – modrá varieta indigolit.



Radiálně paprsečtý, sloupcovitý agregát lithného turmalínu elbaitu – růžová varieta rubelit.

Inosilikáty: PYROXENY (DIOPSID – HEDENBERGIT)

Složení: diopsid $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$,

hedenbergit $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$

Barva: bílá, šedozeleá, zelená

Lesk: skelný

Tvrđost: 5-6

Hustota: 3,3-3,6 g.cm^{-3}

Štěpnost: dobrá

Jiné vlastnosti: barva podle obsahu Fe



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Agregát bílého diopsidu, Číchov u Třebíče.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Zelený, štěpný agregát diopsidu, Sljudjanka, Rusko.

Forma výskytu: dlouze i krátce
sloupcovité krystaly, zrna a zrnité
agregáty

Geneze: běžný v gabrech a kontaktně
metamorfovaných horninách nebo
mramorech

Lokality: Český Krumlov, Sokolí, Vápenná,
Hazlov

PYROXEN - DIOPSID



Bílý, hrubě zrnitý agregát diopsidu s dobře patrnou štěpností, Číchov.



Krátce sloupečkovité, světle nazelenalé krystaly monoklinického pyroxenu – diopsidu.



Sloupečkovité krystaly šedozelené barvy monoklinického pyroxenu – diopsidu.



Hrubě zrnitý, štěpný agregát diopsidu se sytě zelenou barvou.

Inosilikáty: PYROXEN – AUGIT

Složení: (Ca,Na) (Mg,Fe,Al,Ti)

(Si,Al)₂O₆

Barva: zelenočerná, černá

Lesk: skelný

Tvrдость: 5,5-6

Hustota: 3,2-3,3 g.cm⁻³

Štěpnost: dobrá

Jiné vlastnosti: přeměna na amfibol



Krystal augitu, Vlčí hora.



Krystal augitu, Vlčí hora.

Forma výskytu: monoklinické krystaly s převahou prizmatických ploch, dvojčatění, zrna

Geneze: typický v bazických a ultrabazických magmatických horninách (gabra, bazalty).

Lokality: Paškapole, Vlčí hora, Ransko

Inosilikáty: PYROXENY (ENSTATIT – FEROSILIT)

Složení: enstatit $Mg_2Si_2O_6$ a ferosilit

$Fe_2Si_2O_6$

Barva: šedá, žlutá, žlutohnědá,
nazelenalá až tmavě hnědá

Lesk: skelný až polokovový (bronzit)

Tvrдость: 5-6

Hustota: 3,2-3,9 g.cm⁻³

Štěpnost: dobrá

Jiné vlastnosti: vlastnosti podle složení



Rombický pyroxen – bronzit, Věžná.



Štěpný agregát enstatitu, Kupferberg.

Forma výskytu: rombický pyroxen, tvoří zrnité
nebo masivní agregáty

Geneze: ultrabazické magmatické horniny,
skupina gabra, granulity

Význam: s olivínem hlavní minerál svrchního
pláště

Inosilikáty: AMFIBOL (AKTINOLIT – TREMOLIT)

Složení: $\text{Ca}_2\text{Fe}^{+2}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ (tremolit = Mg koncový člen)

Barva: zelená

Lesk: skelný až matný

Tvrдость: 5-6

Hustota: 3,1-3,2 g.cm⁻³

Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: může tvořit azbest



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Vláknitý až plstnatý agregát aktinolitu, Švýcarsko.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Sloupcovité, štěpné agregáty aktinolitu, Sobotín.

Forma výskytu: sloupcovité krystaly, jehlicovité nebo vláknité agregáty, zrna.
Geneze: typický minerál střední metamorfózy – zelené a aktinolitové břidlice.

Lokality: okolí Sobotína

Použití: odrůda nefrit je dekorační kámen

AMFIBOL (AKTINOLIT – TREMOLIT)



Hrubě zrnitý, sloupcovitý agregát zeleného amfibolu aktinolitu s dokonalou štěpností.



Vláknitý, radiálně paprscitý agregát zeleného aktinolitu.



Stébelnatý agregát zeleného amfibolu – aktinolitu.



Sloupcovité krystaly tmavě zelné barva vytváří amfibol – aktinolit.

Inosilikáty: OBECNÝ AMFIBOL

Složení: $\text{Na Ca}_2 (\text{Mg,Fe,Al})_5 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$

Barva: tmavě zelená, hnědá, černá

Lesk: skelný až matný

Tvrдость: 5-6

Hustota: $3,0-3,3 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: vlastnosti se mění se složením



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Sloupečky černého amfibolu, gabro Pecerady.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Sloupcovitý krystal amfibolu, bazanit, Vlčí hora.

Forma výskytu: dlouze sloupcovité krystaly, stébelnaté, jehlicovité nebo zrnité agregáty.

Geneze: běžný horninotvorný minerál magmatických a metamorfovaných hornin – gabra, diority, syenit, ruly, amfibolity

OBEČNÝ AMFIBOL



Černá zrna štěpného amfibolu z řady pargasitu (obecný amfibol) v křemeni.



Radiálně paprscitý agregát jehlicovitého amfibolu - antofylitu.



Jemně vláknitý agregát (forma azbestu) amfibolu – antofylitu.



Černé sloupečkovité krystaly obecného amfibolu.

Inosilikáty: WOLLASTONIT

Složení: CaSiO_3

Barva: bílá

Lesk: skelný, perleťový, hedvábný

Tvrdost: 5

Hustota: $2,8 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: více systémů štěpnosti



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Jehlicovitý agregát wollastonitu, Rila, Bulharsko.



Vláknitý agregát wollastonitu, Bludov.

Forma výskytu: jehlicovité nebo vláknité, často radiálně paprscité agregáty, někdy též zrnitý nebo celistvý.

Geneze: vzniká v kontaktně metamorfovaných skarnech, erlanech nebo mramorech

Lokality: Bludov, Žulová, Nedvědice

Využití: speciální keramika

WOLLASTONIT



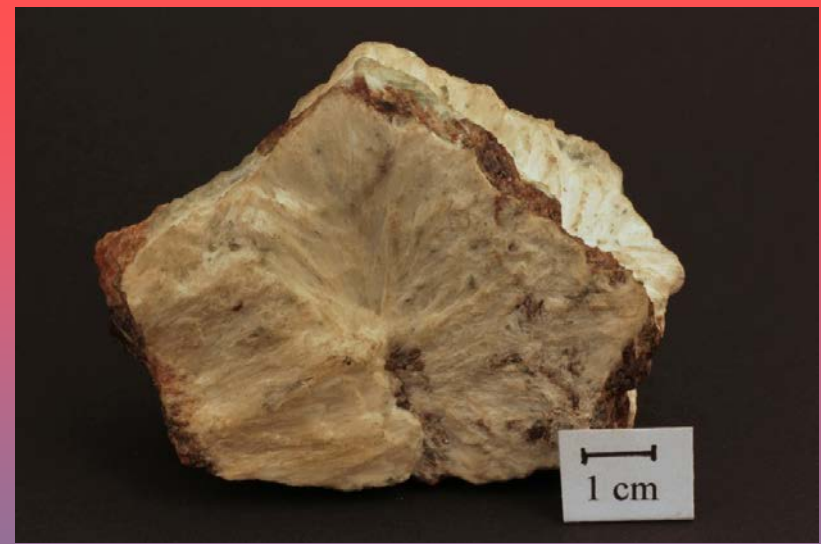
Jemně zrnitý agregát bílého wollastonitu ve směsi s kalcitem, skarn Nedvědice.



Jemně jehlicovitý agregát bílého až mírně nažloutlého wollastonitu, skarn, Žulová.



Vpravo bílý jehlicovitý až vláknitý agregát wollastonitu, vlevo agregát granátu, skarn, Žulová.

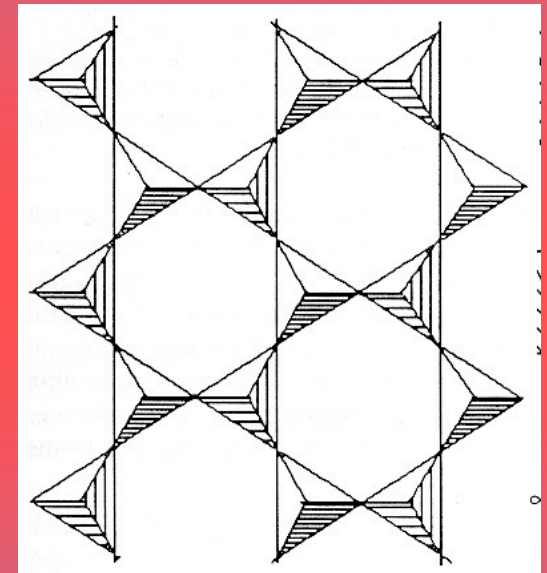
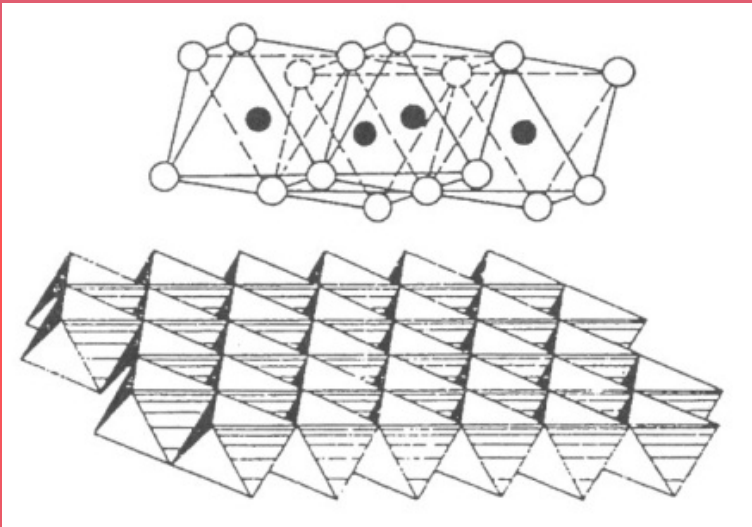


Vláknitý agregát bílého wollastonitu, skarn, Žulová.

Fylosilikáty: STRUKTURA

Struktury fylosilikátů se skládají z dvojrozměrných nekonečných vrstev uspořádaných nad sebou. Rozlišujeme:

- ✓ vrstvy tetraedrické – spojené tetraedry SiO_4 přes 3 vrcholy
- ✓ vrstvy oktaedrické = dvě vrstvy aniontů kyslíku vytvářející oktaedrické dutiny



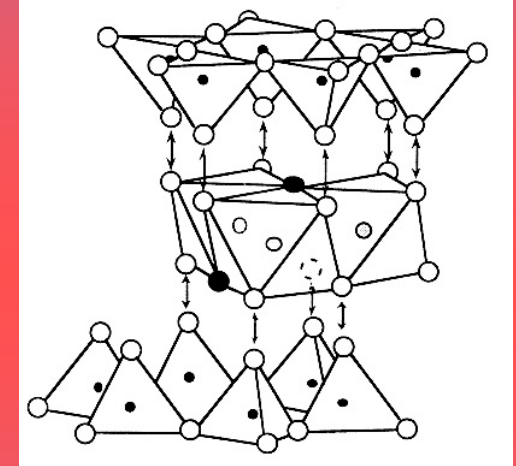
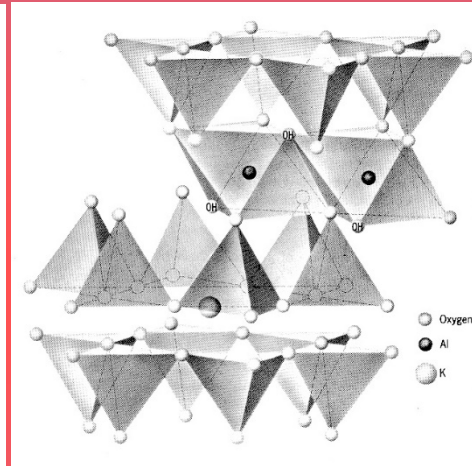
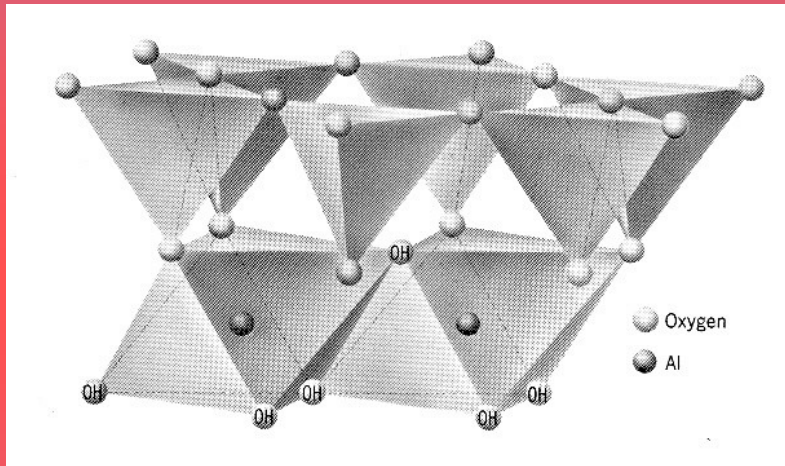
Oktaedrické vrstvy fylosilikátů jsou dvojího typu:

- ✓ *trioktaedrické*: oktaedrické dutiny jsou obsazeny dvojmocným kationtem (brucitový typ)
- ✓ *dioktaedrické*: oktaedrické dutiny jsou obsazovány trojmocnými kationty, každá třetí je vakantní (gibbsitový typ)

Fylosilikáty: KLASIFIKACE

Klasifikace silikátů probíhá na základě propojení jednotlivých vrstev a jejich vzájemném kladu, existují dva typy komplexů:

- ✓ spojení jedné tetraedrické a jedné oktaedrické vrstvy: **t-o vrstva** (1:1 vrstva)
- ✓ spojení dvou tetraedrických a jedné oktaedrické vrstvy: **t-o-t vrstva** (2:1 vrstva)



Fylosilikáty se klasifikují podle typu dvojvrstvy a náboje mezivrstevního kationtu:

- ✓ vrstevní typ 1:1 (t-o): serpentínová skupina, kaolinit (oba bez mezivrstevního kationtu)
- ✓ vrstevní typ 2:1 (t-o-t): mastek (bez mezivrstevního kationtu)
- ✓ vrstevní typ 2:1 (t-o-t): slídy (s kationtem X^+)
- ✓ vrstevní typ 2:1:1: chlority (bez mezivrstevního náboje)

Fylosilikáty: KAOLINIT

Složení: $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

Barva: bílá, žlutavá, okrová

Lesk: matný, zemitý

Tvrdost: 1

Hustota: $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$

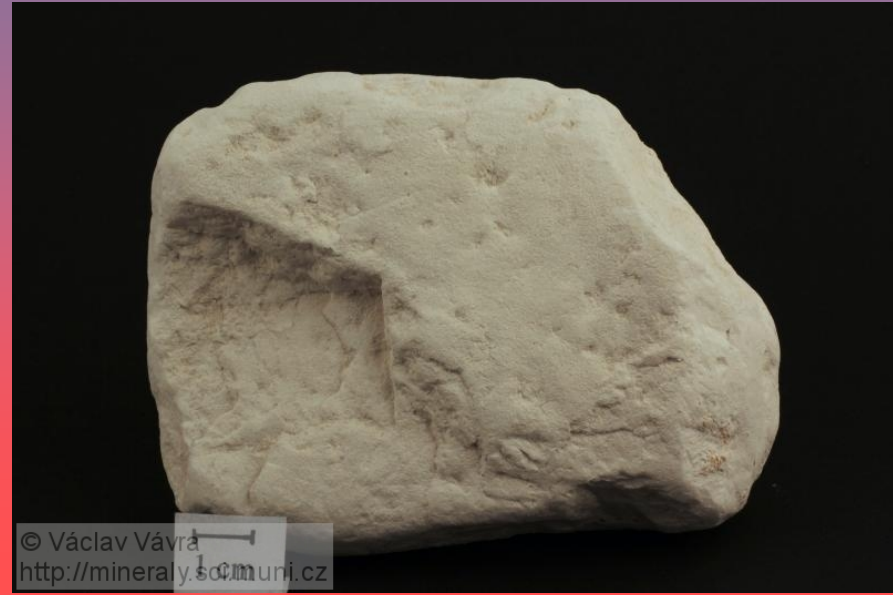
Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: ve vlhku plastický,
struktura 1:1



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Jemně zrnitý agregát kaolinitu, Sedlec.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Celistvý agregát kaolinitu, Albánie.

Forma výskytu: tvoří tenké destičky a šupinky, agregáty jsou zpravidla celistvé nebo zemité.

Geneze: vzniká zvětráváním živců, tvoří velká ložiska ve zvětralinových pláštích

Lokality: Horní Bříza, Kaznějov, Únanov

Využití: porcelán, keramika

Fylosilikáty: SERPENTINOVÁ SKUPINA

Složení: $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$, strukturální typy antigorit, chryzotil

Barva: žlutá, nazelenalá, hnědozelená

Lesk: skelný, perleťový

Tvrdost: 4

Hustota: $2,5 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: struktura 1:1



Vláknitý agregát chryzotilu, Věchnov.



Lupenitý agregát antigoritu, Ganatscher.

Forma výskytu: chryzotil tvoří vláknité a antigorit šupinkaté agregáty

Geneze: produkt přeměny olivínu a pyroxenů, hlavní minerál serpentinitů (hadců)

Lokality: Mohelno, Věžná

Fylosilikáty: MASTEK

Složení: $Mg_3 Si_4 O_{10} (OH)_2$

Barva: světle zelená, zelenošedá

Lesk: mastný, perleťový

Tvrдость: 1

Hustota: $2,7-2,8 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: mastný na omak, struktura 2:1



Štěpný agregát zeleného mastku, Ural.



Lupenitý agregát mastku, Sobotínsko.

Forma výskytu: tabulkovité, jemně až hrubě lupenité, zrnité nebo celistvé agregáty

Geneze: vzniká přeměnou ultrabazických hornin, mastkové břidlice.

Lokality: Smrčina a Zadní Hutisko u Sobotína

Využití: plnivo v papírenství, gumárenství a keramice, kosmetika

MASTEK



Světle zelený, lupenitý agregát mastku s dokonalou štěpností.



Štěpný agregát mastku se zelenou barvou a mastným leskem.



Bezbarvý lupenitý agregát mastku.



Bezbarvé destičky mastku, dokonalá štěpnost a zřetelná ohebnost lupenů.

Fylosilikáty: SLÍDY – MUSKOVIT

Složení: $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

Barva: bezbarvý, světle šedá, nazelenalá

Lesk: perleťový

Tvrдость: 2

Hustota: $2,8 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: velmi dokonalá

Jiné vlastnosti: lupeny pružné,
průhledný, struktura 2:1, monoklinický



Hrubě lupenitý agregát muskovitu, Domažlice.



Lupenitý agregát muskovitu, Miskovice u Kutné Hory.

Forma výskytu: agregáty jsou tabulkovité, hrubě až jemně šupinkovité, hvězdicovité nebo pérovité.

Geneze: běžný horninotvorný minerál v granitech, pegmatitech, fylitech, svorech nebo pískovcích.

Lokality: Dolní Bory, Otov, Petrov nad Desnou

SLÍDA – MUSKOVIT



Bezbarvý lupenitý agregát muskovitu, lupeny jsou pružné (na rozdíl od mastku).



Hrubě lupenitý agregát bezbarvého muskovitu, místy patrný perleťový lesk.



Hrubě lupenitý agregát bezbarvého muskovitu s dokonalou bazální štěpností.



Světle šedá destička muskovitu s dokonalou štěpností a perleťovým leskem.

Fylosilikáty: SLÍDY – BIOTIT

Složení: $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
(flogopit – annit)

Barva: tmavě hnědá až černá

Lesk: perleťový

Tvrдость: 2,5

Hustota: $3,0 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: velmi dokonalá

Jiné vlastnosti: struktura 2:1



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Hrubě tabulkovitý agregát biotitu, Švýcarsko.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Krátce sloupcovité krystaly biotitu, Brno.

Forma výskytu: Tabulkovité nebo krátce sloupcovité krystaly, hrubě až jemně lupenité, tabulkovité nebo masívní agregáty.

Geneze: zcela běžný horninotvorný minerál magmatických a metamorfovaných hornin.

Lokality: Dolní Bory, Věžná, ...

SLÍDA – BIOTIT



Tmavě hnědý lupenitý agregát biotitu s dokonalou bazální štěpností.



Hrubě lupenitý agregát hnědočerného biotitu s dokonalou bazální štěpností.



Hrubě lupenitý agregát tmavě hnědého biotitu s výrazným leskem.



Pseudohexagonální lupenité krystaly biotitu s výrazným skelným leskem.

Fylosilikáty: SLÍDY – LEPIDOLIT

Složení: $K (Li,Al)_3 (AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Barva: bílá, červená, zelená, fialová

Lesk: perleťový

Tvrдость: 3

Hustota: 2,8-2,9 g.cm⁻³

Štěpnost: velmi dokonalá

Jiné vlastnosti: proměnlivost barev



© Václav Vávra
<http://minerally.sci.muni.cz>

Hrubě lupenitý lepidolit, Rožná.



© Václav Vávra
<http://minerally.sci.muni.cz>

Jemně šupinkatý nazelenalý lepidolit, Rožná.

Forma výskytu: hrubě až jemně
šupinkaté, jemně zrnité agregáty

Geneze: lithné pegmatity

Lokality: Rožná, Dobrá Voda, Nová Ves

Využití: zdroj Li

SLÍDA – LEPIDOLIT



Velmi jemně lupenitý agregát lepidolitu (Li-slída) fialové barvy, pegmatit, Rožná.



Hrubě lupenitý agregát narůžovělého lepidolitu s dokonalou bazální štěpností.



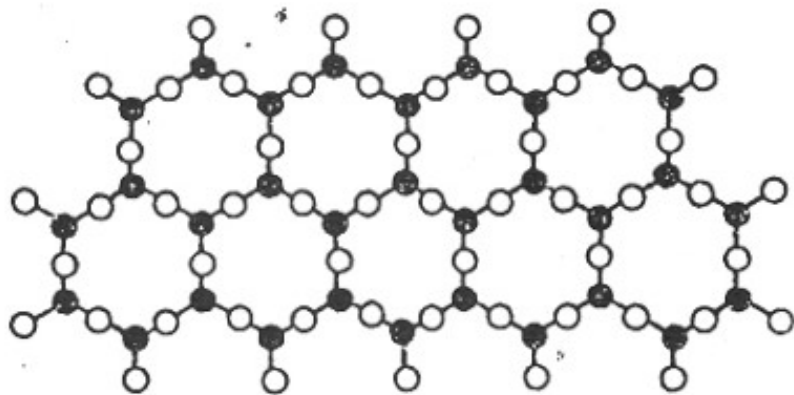
Jemně lupenitý agregát lepidolitu zelené barvy společně se živcem, pegmatit, Rožná.



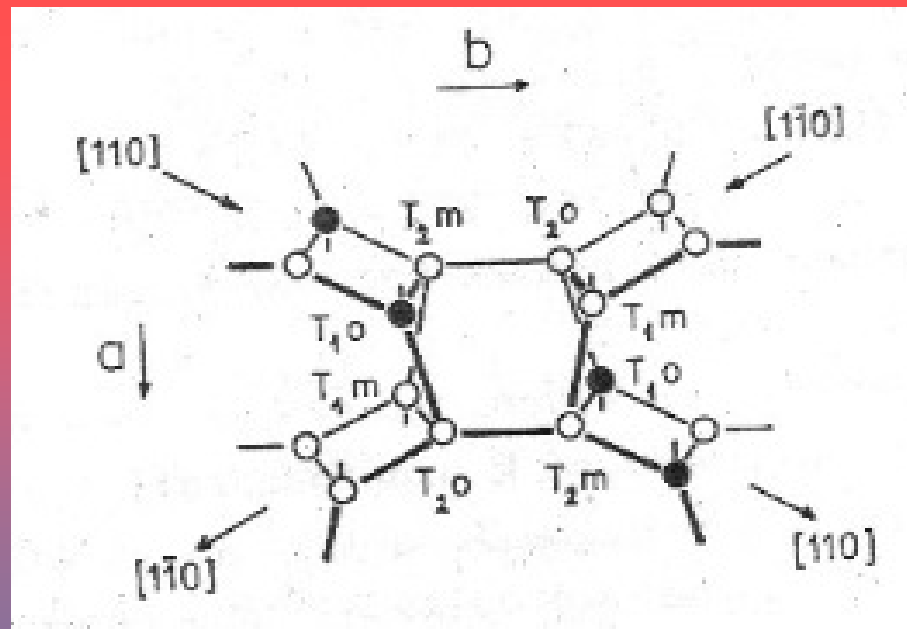
Hrubě lupenitý agregát fialového lepidolitu s dokonalou bazální štěpností, Dobrá Voda.

Tektosilikáty: SKUPINA ŽIVCŮ – STRUKTURA

Nejvýznamnější skupinu silikátů, jejichž struktura představuje prostorovou kostru tetraedrů SiO_4 , kdy každý tetraedr je propojen se čtyřmi dalšími. Tím se dostáváme ke složení SiO_2 , takže s trochou nadsázky můžeme říci, že jediným pravým tektosilikátem jsou minerály ze skupiny křemene.



Aby mohly vzniknout minerály jiného složení, tedy aby mohly do struktury vstoupit i jiné kationty, je část křemíku v tetraedrech nahrazena hliníkem, zpravidla v množství $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$.



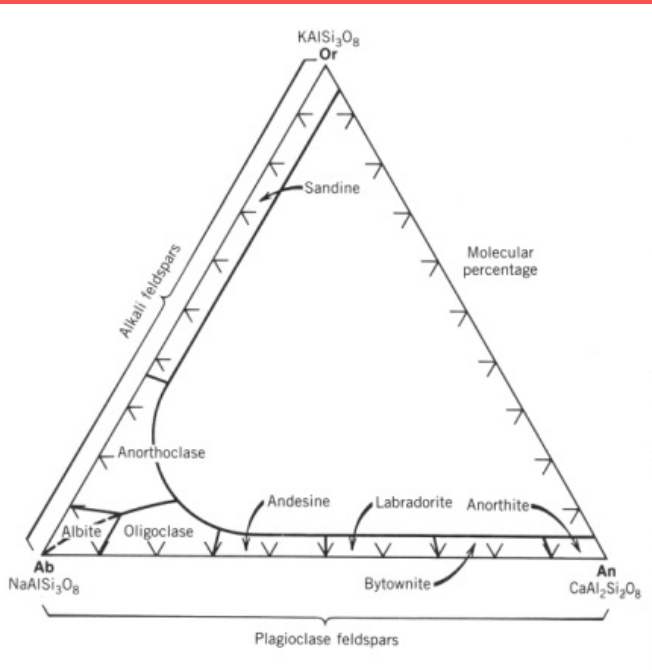
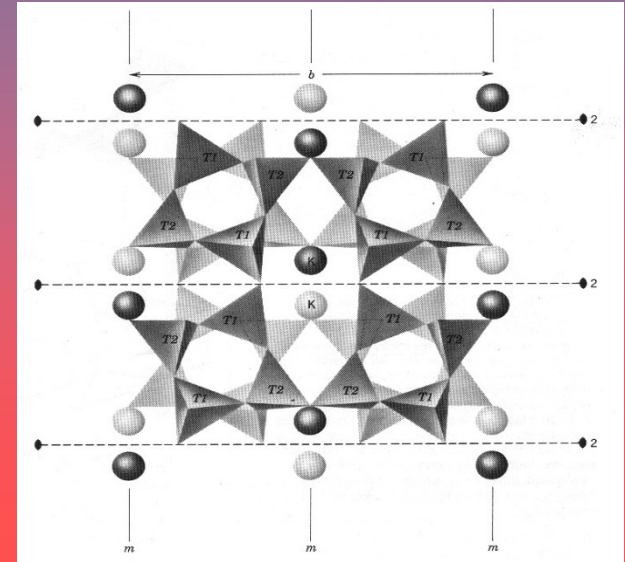
Tektosilikáty: SKUPINA ŽIVCŮ

Skupina živců tvoří nejběžnější minerály zemské kůry, jejich podíl přesahuje 50 obj. %.

Obecný vzorec: $\text{Na}_{1-x}\text{Ca}_x(\text{Si}_{3-x}\text{Al}_{1+x}\text{O}_8)$

Jednotlivé živce se liší nejen složením, ale i stupněm uspořádání své struktury. Nejběžnější koncové členy jsou:

- ✓ KAlSi_3O_8 ortoklas (Or)
- ✓ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ albit (Ab)
- ✓ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ anortit (An)



- *plagioklasová řada* (sodno-vápenaté živce): živce s neomezenou mísitelností albit (Na) a anorit (Ca).
 - *alkalické živce*: obsahují draslík a sodík, které jsou jen omezeně mísitelné
- K popisu chemického složení živců se běžně používá zastoupení molárních procent koncových členů, např. $\text{Or}_{20}\text{Ab}_{70}\text{An}_{10}$ popisuje živec obsahující 20 % ortoklasové, 70 % albitové a 10 % anortitové složky.

Tektosilikáty: ŽIVCE – ORTOKLAS

Složení: KAlSi_3O_8 (monoklinický)

Barva: bílá, šedá, světle béžová,
narůžovělá

Lesk: skelný

Tvrдость: 6

Hustota: $2,57 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá podle dvou systémů

Jiné vlastnosti: vytváří dvojčata



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Vyrostlice ortoklasu v granitu, Horní Rozmyšl.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Karlovarské dvojče ortoklasu, Loket.

Forma výskytu: krystaly mají krátce sloupcovitý nebo tabulkovitý habitus, velmi často bývá zdvojitý, zpravidla tvoří štěpné agregáty a zrna v horninách. Geneze: jeden z nejběžnějších horninotvorných minerálů (žuly, ruly, arkózy aj.)

Použití: surovina pro keramický průmysl

ŽIVCE – ORTOKLAS



Karlovarsky zdvojitý krystal ortoklasu, karlovarský granit.



Světle okrový, hrubě zrnitý, štěpný agregát ortoklasu, pegmatit Dolní Bory.



Slabě narůžovělé monoklinické krystaly ortoklasu.



Bílý, krátce sloupcovitý krystal ortoklasu, Elba.

Tektosilikáty: ŽIVCE– MIKROKLIN

Složení: KAlSi_3O_8 , trilkinický
Barva: bílá, šedá, světle béžová,
narůžovělá
Lesk: skelný
Tvrdost: 6
Hustota: $2,57 \text{ g.cm}^{-3}$
Štěpnost: dokonalá
Jiné vlastnosti: podobný ortoklasu



Štěpný agregát mikroklínu, Narestve, Švédsko.



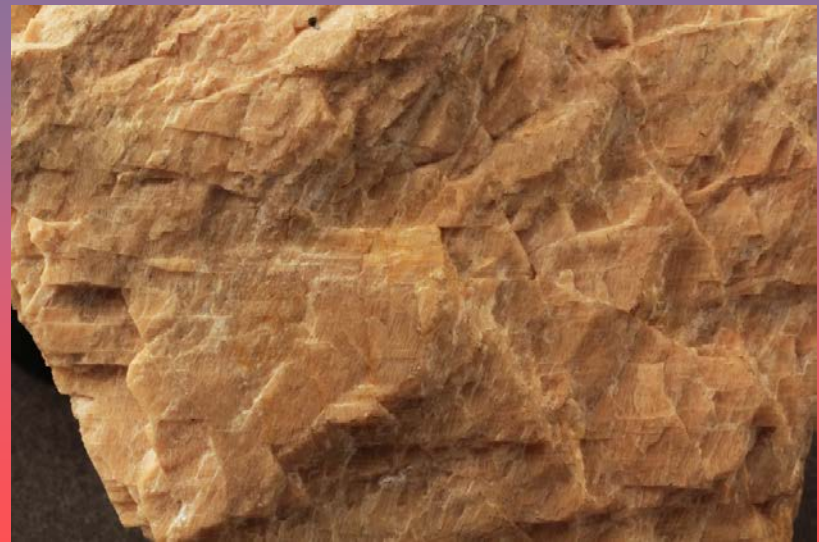
Štěpný agregát mikroklínu, Puklice u Jihlavy.

Forma výskytu: zrnité štěpné agregáty, zrna
Geneze: běžný horninotvorný minerál,
podobně jako ortoklas
Lokality: Verněřov, Otov, ...
Využití: keramický průmysl

ŽIVCE – MIKROKLIN



Zrnitý agregát K-živce mikroklinu – jen těžko odlišitelný od ortoklasu.



Hrubě zrnitý agregát mikroklinu a dokonalou štěpností – od ortoklasu nelze běžně odlišit.



Dokonale štěpný, světle okrový agregát mikroklinu.



Světle zelená odrůda mikroklinu – amazonit.

Tektosilikáty: ŽIVCE– SANIDIN

Složení: KAlSi_3O_8 , monoklinický

Barva: bílá, bezbarvý

Lesk: skelný

Tvrдость: 6

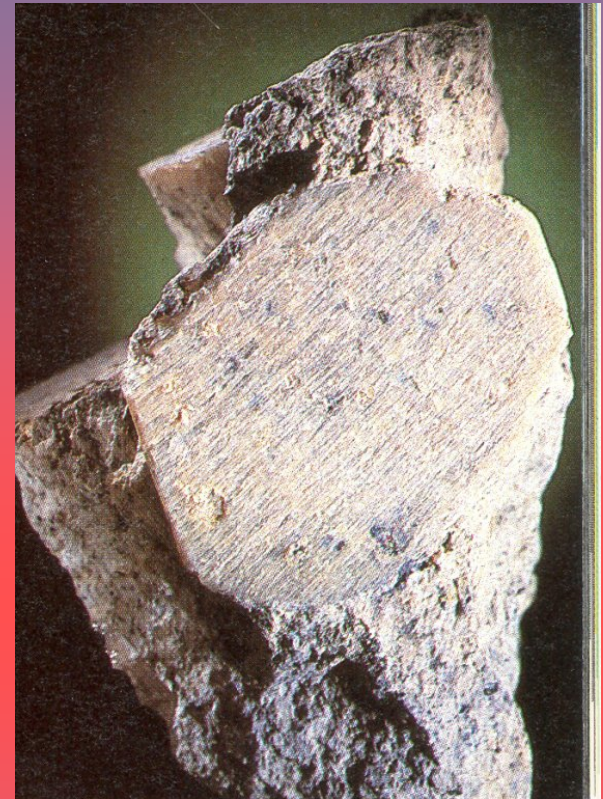
Hustota: $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: dokonalá

Jiné vlastnosti: vysokoteplotní živec



Zrno sanidinu ve výlevné hornině.



Monoklinický
krystal sanidinu.

Forma výskytu: prizmatické krystaly, štěpná zrna

Geneze: častý živec vulkanických hornin – ryolity, trachyty, vysoce metamorfované horniny

Lokality: České středohoří

Tektosilikáty: ŽIVCE – PLAGIOKLASY

Složení: albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) - anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

Barva: bílá, světle šedá, namodralá, tmavě šedá

Lesk: skelný až matný

Tvrдость: 6

Hustota: $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$

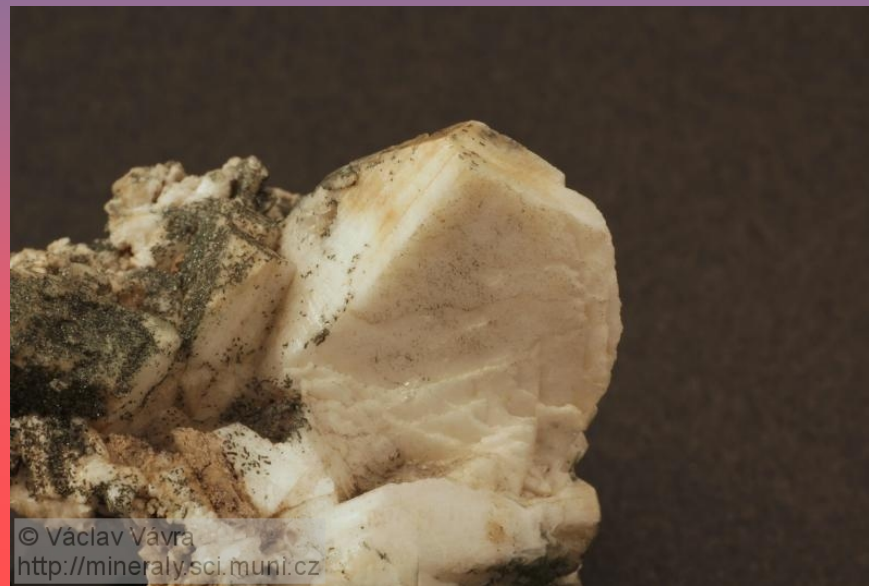
Štěpnost: velmi dokonalá

Jiné vlastnosti: vzhled závisí na složení



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Štěpný agregát labradoritu, Ukrajina.



© Václav Vávra
<http://mineraly.sci.muni.cz>

Krystal albitu, Tyrolsko.

Forma výskytu: Krystaly zpravidla zdvojitělé, agregáty tvoří štěpné masy nebo zrna.

Geneze: Nejběžnější horninotvorný minerál mnoha horninových typů (diority, gabra, ruly, amfibolity, droby, ...)

ŽIVCE – PLAGIOKLASY



Hrubě zrnitý štěpný agregát bílého plagioklasu – albitu.



Triklinické krystalky bezbarvého albitu – sodného plagioklasu.



Štěpné zrno načervenalého plagioklasu – oligoklasu.



Tmavě zbarvený bazický plagioklas – labradorit.

Tektosilikáty: LEUCIT

Složení: KAlSi_2O_6

Barva: bílá, světle šedá

Lesk: skelný

Tvrдость: 5,5 – 6

Hustota: $2,5 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: ne

Jiné vlastnosti: patří mezi foidy –
zástupce živců, kubická symetrie



Bílý krystal leucitu v dutině.



Krystal leucitu, tetragon-trioktaedr.

Forma výskytu: kubické krystaly („leucitotvar“), izometrická zrna.
Geneze: alkalické horniny s nízkým obsahem křemíku (fonolity, leucicity)
Lokality: České středohoří, Doupovské hory

Tektosilikáty: NEFELÍN

Složení: NaKAlSiO_4

Barva: bezbarvý, bílá, světle šedá, žlutá, nazelenalá

Lesk: mastný až skelný

Tvrдость: 5,5 – 6

Hustota: $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$

Štěpnost: nedokonalá

Jiné vlastnosti: skupina foidů – zástupci živců, hexagonální symetrie

Forma výskytu: Krátce sloupcovité krystaly, zrna čtvercového průřezu, zrnité agregáty

Geneze: minerál alkalických hornin (nefelinity, syenity)

Lokality: České středohoří, Doupovské hory



Krátce sloupcovité krystaly čirého nefelínu.

Závěrem:

- ✓ Silikáty jsou v zemské kůře zcela převládajícími minerály, tvoří více než 95 % minerálů všech hornin.
- ✓ Zcela zásadní pro určování hornin jsou živce, slídy, olivín, pyroxeny a amfiboly. Označují se jako hlavní horninotvorné minerály.
- ✓ Ostatní silikáty mohou nabývat významu jen v určitých typech hornin nebo mohou být významnými nerostnými surovinami.
- ✓ Umět poznat základní horninotvorné minerály je pro poznávání hornin naprostá nutnost.