

Mineralogie II

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

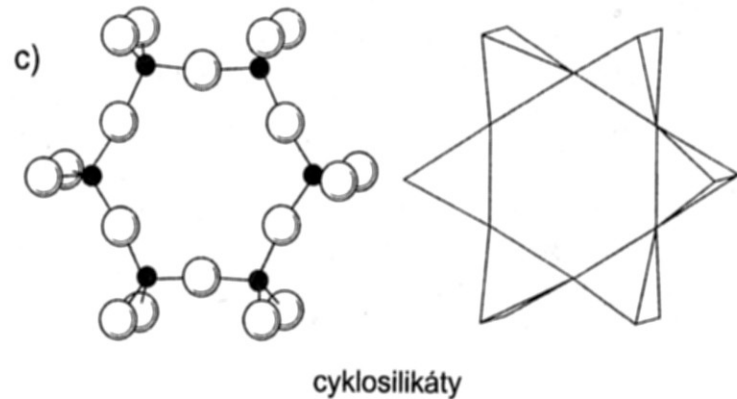
Mineralogický systém – silikáty II

Osnova přednášky:

- 1. Cyklosilikáty**
- 2. Inosilikáty – pyroxeny**
- 3. Shrnutí**

1. Cyklosilikáty

- Poměrně malá ale důležitá skupina silikátů, v nichž jsou SiO_4 tetraedry spojeny do prstenců (většinou 6 tetraederů v cyklu). Do této skupiny patří relativně malé množství minerálů, část z nich ale jsou poměrně důležité horninotvorné minerály.
- Skupina berylu
- Skupina cordieritu
- Skupina turmalínu



1. Cyklosilikáty – skupina berylu

- Skupina berylu

Obecný vzorec: $CT(2)_3O_2T(1)_6O_{18}$

C = vakance, Na

T(2) = Be

O = Al

T(1) = Si

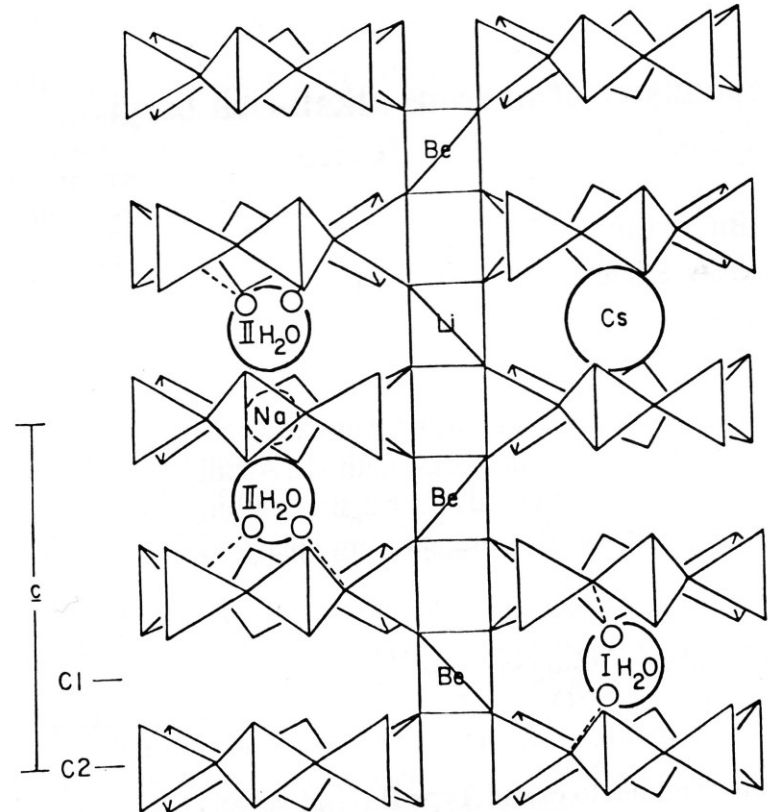
Beryl $Be_3Al_2Si_6O_{18}$

Bazzit $Be_3Sc_2Si_6O_{18}$

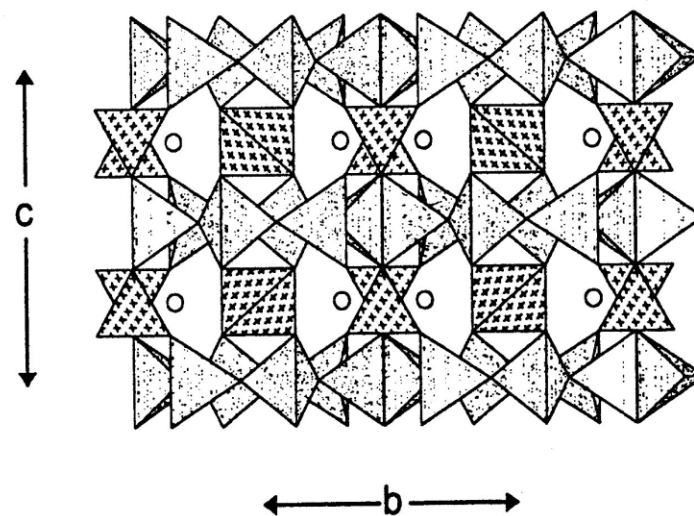
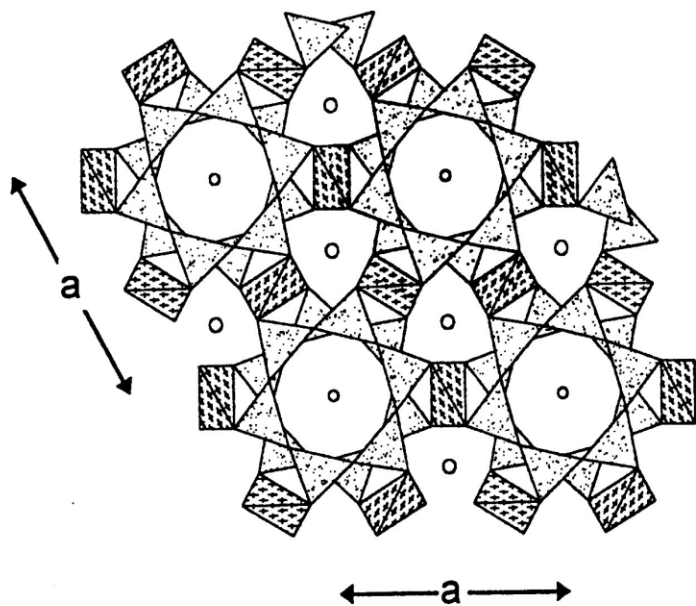
vedlejší prvky: Mg, Fe, Cs, Li, Sc,
Cr, H₂O

Hexagonální

- Vlastnosti: většinou nazelenalý nebo nažloutlý, ale může mít různé zbarvení, nedokonale štěpný, $t = 7$, $h = 2,65$



1. Cyklosilikáty – skupina berylu



1. Cyklosilikáty – skupina berylu



Beryl, Otov



Beryl, Maršík

1. Cyklosilikáty – skupina berylu

- **Variety:**

smaragd – smaragdově zelený (Cr)

akvamarín - modrozelený

heliodor – žlutý

morganit – růžový (Cs)

- **Výskyty:**

Beryl je pravděpodobně nejhojnějším minerálem Be vůbec.

Beryl se vyskytuje v různých geologických prostředích

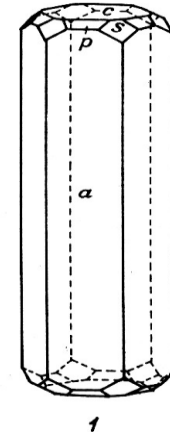
1. granitické pegmatity (Maršíkov, Písek, Otov). Složení berylu kolísá podle typu mateřského pegmatitu, v relativně primitivních pegmatitech se blíží teoretickému vzorci, v silně frakciovaných pegmatitech může obsahovat vysoké obsahy Cs popř. Li.

2. greiseny a vysokoteplotní hydrotermální křemenné žíly

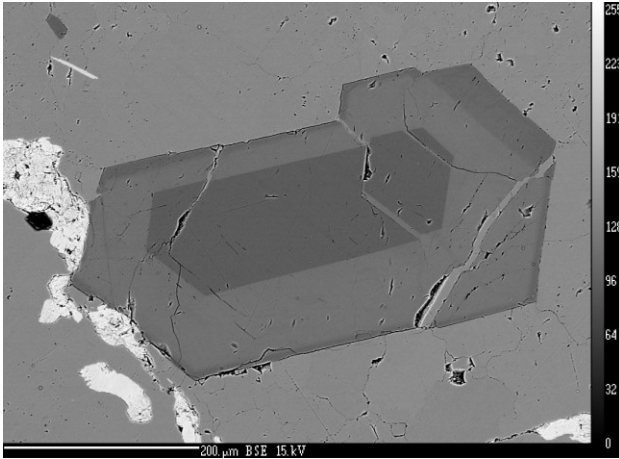
3. metamorfované horniny – často obsahuje zvýšená množství např. Fe, Cr, Mg, Sc, aj.

- Beryl je často alterovaný a zatlačovaný jinými minerály Be.

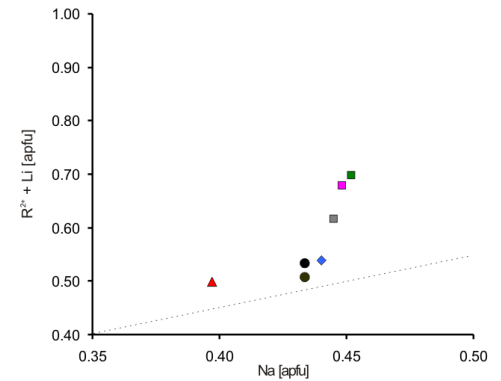
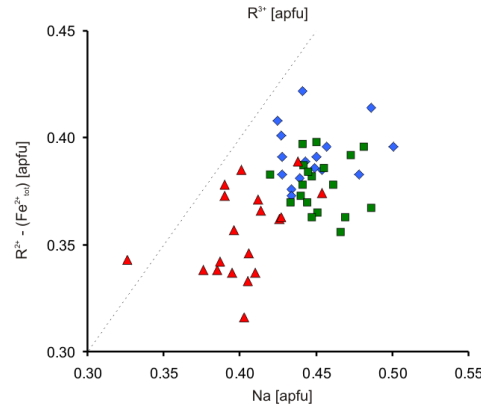
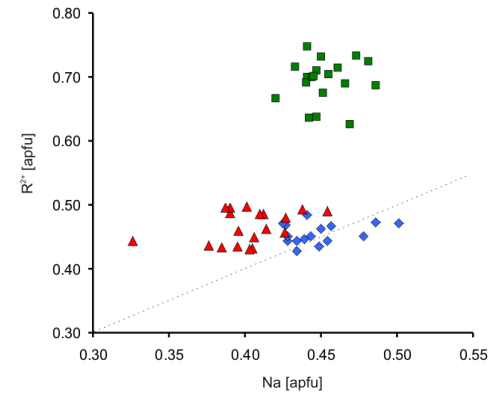
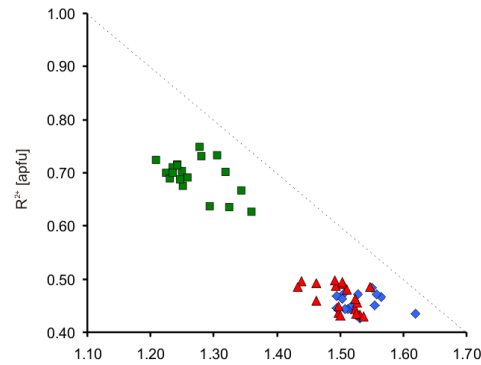
- **Využití:** drahý kámen, zdroj Be



1. Cyklosilikáty – skupina berylu



**Zonální beryl ze Skal u
Rýmařova, Novák et
al. 2011**



1. Cyklosilikáty – skupina cordieritu

- Skupina cordieritu

Obecný vzorec $CM_2Al_3AlSi_5O_{18}$

C = vakance, Na, H₂O

M = Mg, Fe²⁺

Cordierit $Mg_2Al_3AlSi_5O_{18}$

Sekaninit $Fe_2Al_3AlSi_5O_{18}$

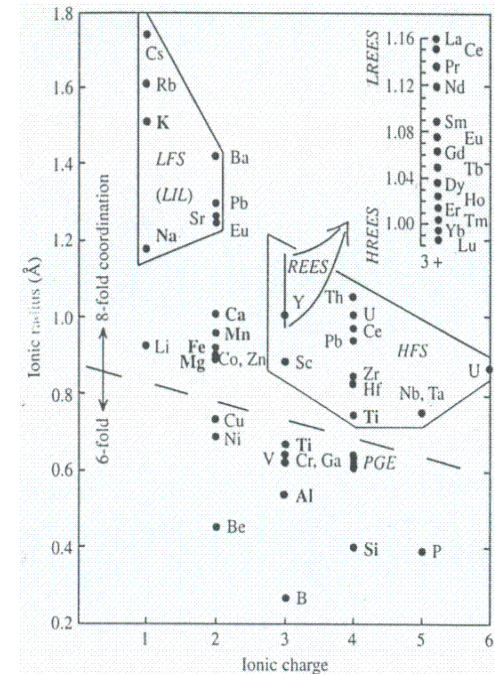
Vedlejší prvky: Be, Li, Mn, CO₂, H₂O, Na

Hlavní substituce

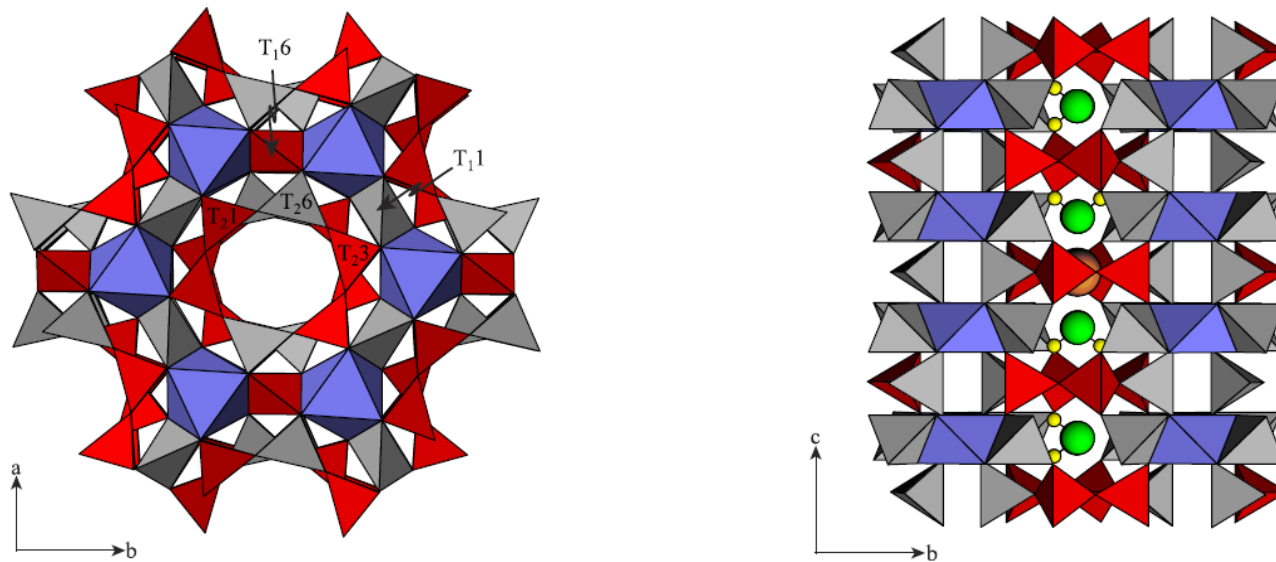
Fe-Mg

Rombické

- Vlastnosti: modrošedý, modrý, šedozelený, nedokonale štěpný, někdy výborná odlučnost podle 001, t = 7-7,5, h = 2,6-2,8



1. Cyklosilikáty – skupina cordieritu



Krystalová struktura cordieritu Bertoldi et al. (2004)



1. Cyklosilikáty – skupina cordieritu

- **Výskyt:**

Minerály skupiny cordieritu se vyskytují v horninách poměrně bohatých Al a vznikajících spíše za nízkých tlaků.

Cordierit je horninotvorným minerálem v metamorfovaných horninách bohatých Al v typické asociaci s křemenem a alumosilikáty – andalusitem, granátem, slídami, živci.

Vyskytuje se v periplutonicky metamorfovaných horninách (cordieritové ruly a migmatity – Vanov, Bory) a kontaktně metamorfovaných horninách (cordieritové kontaktní břidlice – plášť střeodočeského plutonu), dále v pegmatitech (Věžná).

Sekaninait vzácný v granitických pegmatitech bohatých Al (popsán jako nový minerál z Dolních Borů)

- **Cordierit a sekaninait snadno podléhají pinitizaci – přeměně na směs sericitu a chloritů (šedo zelené pseudomorfózy)**

- **Využití:**

Důležité minerály pro odhad metamorfním podmínek.

1. Cyklosilikáty – skupina cordieritu



1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

- Skupina turmalínu

Obecný vzorec: $X Y_3 Z_6 T_6 O_{18} (BO_3)_3 V_3 W$

$X =$ Na, Ca, □

$Y =$ Mg, Fe²⁺, Li, Al, Fe³⁺

$Z =$ Al, Mg, Fe³⁺

$T =$ Si

$B =$ B

$V =$ OH, O

$W =$ OH, F, O

Vedlejší prvky: K, Mn, Cr³⁺, V³⁺, Ti⁴⁺

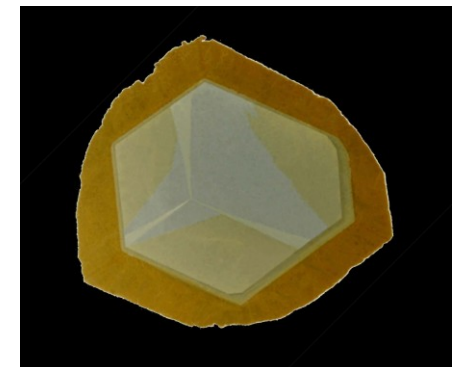
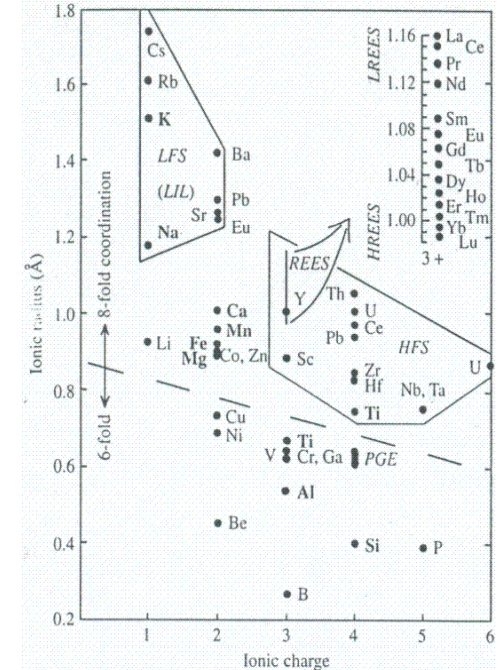
Skoryl Na Fe₃ Al₆ Si₆ O₁₈ (BO₃)₃ (OH)₃ OH (černý)

Dravit Na Mg₃ Al₆ Si₆ O₁₈ (BO₃)₃ (OH)₃ OH (hnědý)

Elbait Na (Li,Al)₃ Al₆ Si₆ O₁₈ (BO₃)₃ (OH)₃ OH (vícebarevný)

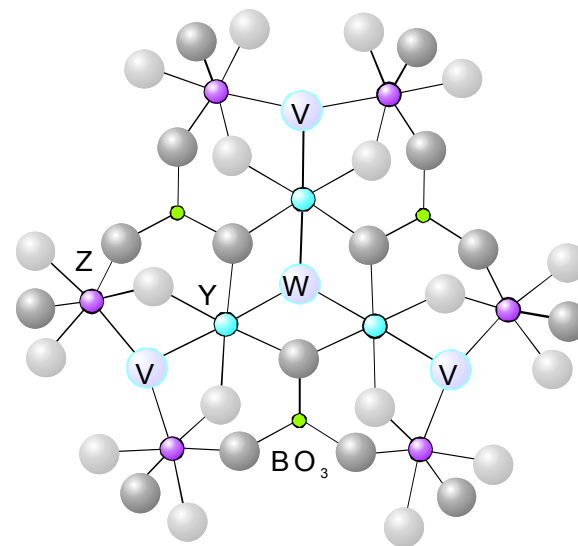
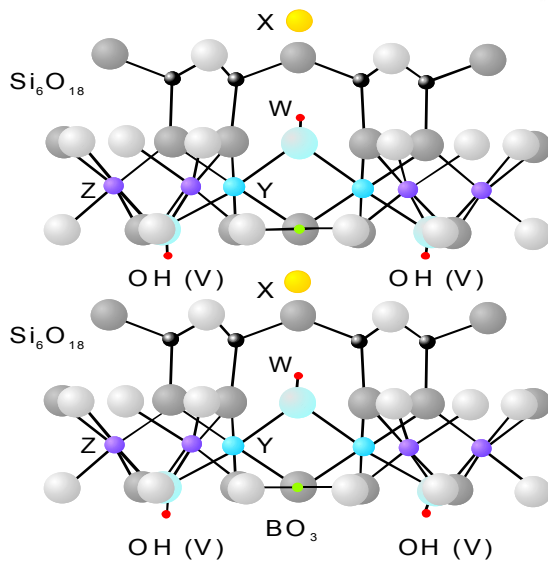
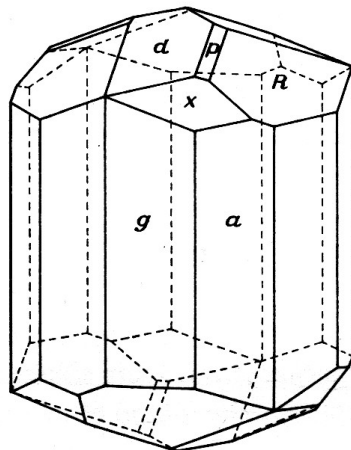
Turmalíny jsou chemicky velmi variabilní, mísitelnost mezi jednotlivými turmalíny je výborná, turmalíny jsou často zonální.

- Trigonální



1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

Symetrie trigonální



Krystalová struktura turmalínů

1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

- Barevné variety elbaitu:
rubelit - růžový
verdelit - zelený
indigolit - modrý
- Vlastnosti: barva velmi kolísá podle chemického složení, neštěpný $t = 7-7,5$, $h = 3-3,3$
Turmalín má často výrazný pleochroismus.
- Výskyt:
Přítomnost turmalínu je indikátorem přítomnosti B v hornině.
Skoryl se vyskytuje v peraluminických leukokratických granitech (Lavičky), granitických pegmatitech (Dolní Bory), metamorfovaných horninách.
Dravit je běžný hlavně v metamorfovaných horninách různého stupně (svor, rula, migmatit).
Elbait se vyskytuje pouze v Li-pegmatitech (Rožná, Dobrá Voda)
- Turmalín je chemicky i mechanicky velmi odolný a jen vzácně podléhá alteracím.
- Využití:
Drahý kámen, nejhojnější minerál s vysokým obsahem B, indikátor zvýšené aktivity B v hornině.



Turmalín, Radenice

1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu



Skoryl v granitu , Lavičky

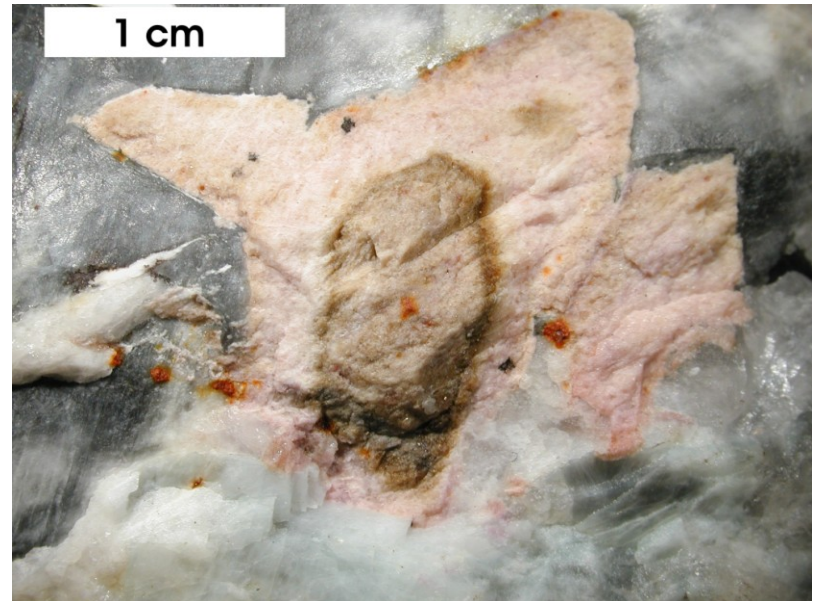


Dravit, Chvalovice



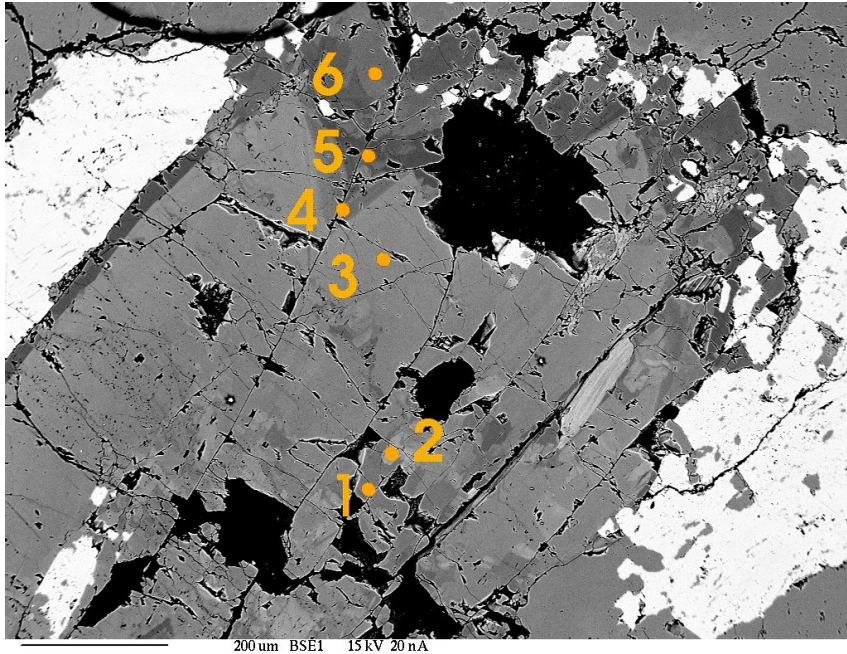
Skoryl

1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

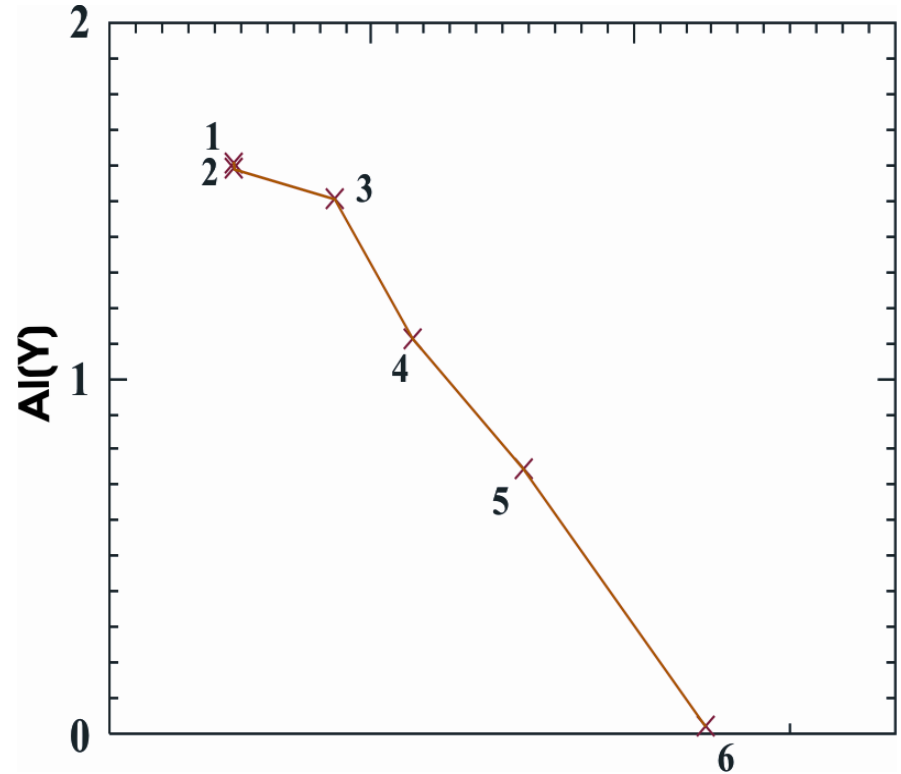


Zonální elbait, Bližná I

1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu



Zonální elbait, Bližná II,
obrázek BSE z elektronové
mikrosondy



1. Cyklosilikáty – skupina turmalínu



**Nový nález, rubelit, Pakistán,
délka krystalu 38 cm
Foto F. Pezzotta**

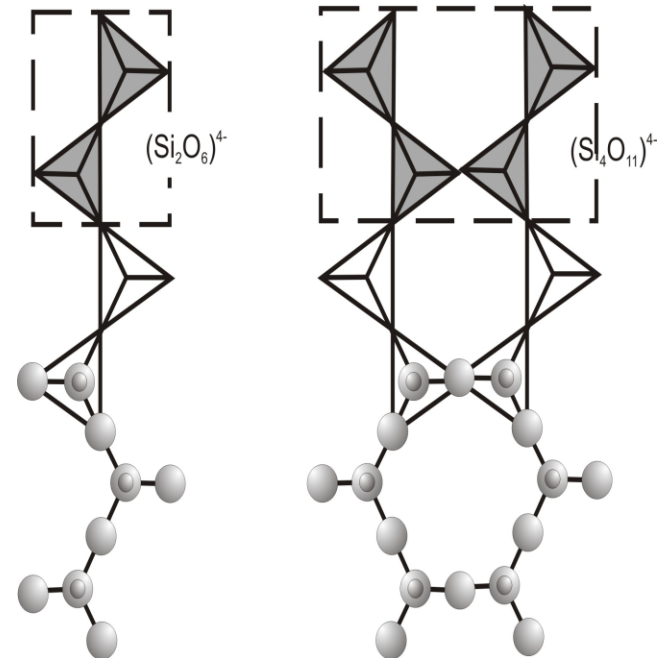


**Elbait-liddicoatit, Madagaskar,
2012**

2. Inosilikáty

- **Velmi důležitá skupina horninotvorných minerálů, v nichž jsou SiO_4 tetraedry uspořádány do nekonečného řetězce orientovaného rovnoběžně s osou z (vertikálou krystalu). Řetězce tetraedrů SiO_4 jsou v pyroxenech jednoduché, v amfibolech dvojité.**

- Skupina pyroxenů
- Skupina amfibolů



2. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

- obecný vzorec $M_2M_1T_2O_6$
 $M_2 = Ca, Na, Mg, Fe^{2+}$
 $M_1 = Mg, Fe^{2+}, Mn, Al, Fe^{3+}$
 $T = Si (Al)$

rombické

enstatit $Mg_2Si_2O_6$

ferrosilit $Fe^{2+}_2Si_2O_6$

monoklinické

diopsid $CaMgSi_2O_6$

hedenbergit $CaFeSi_2O_6$

augit $(Ca, Mg, Fe^{2+}, Al)Si_2O_6$

jadeit $NaAlSi_2O_6$

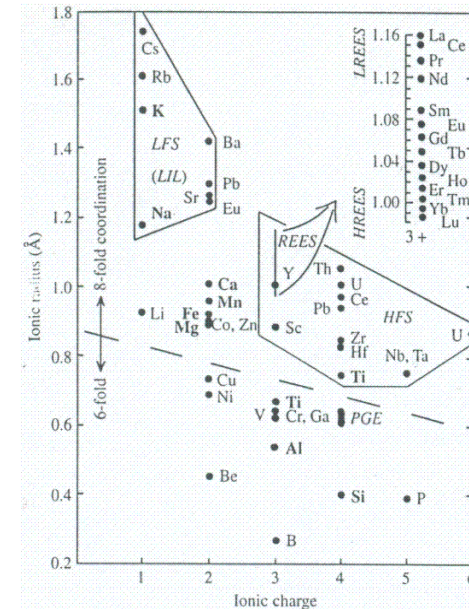
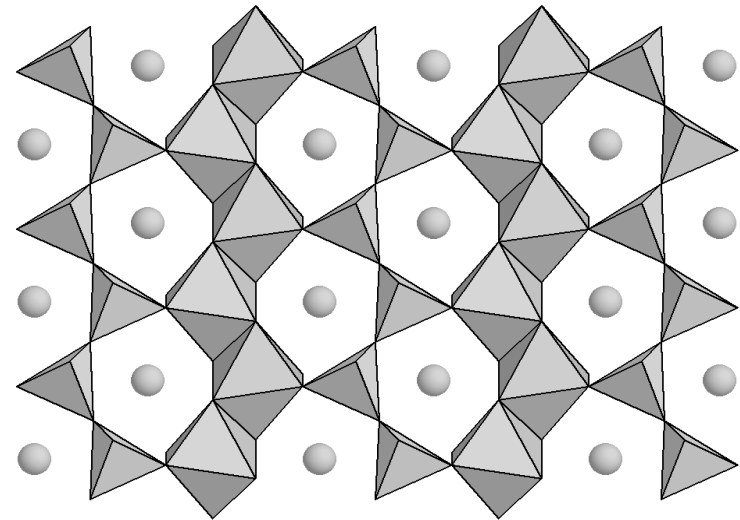
omfacit $(Na, Ca)(Mg, Al)Si_2O_6$

spodumen $LiAlSi_2O_6$

Dnes je známo asi 20 pyroxenů.

Typické substituce

Mg-Fe, NaAl – Ca-Mg



2. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

- **Mísitelnost mezi jednotlivými pyroxeny je různá, neomezená v případě, že je velikost zastupovaných kationtů blízká, menší, je-li rozdíl větší. Závisí i na PT podmínkách.**

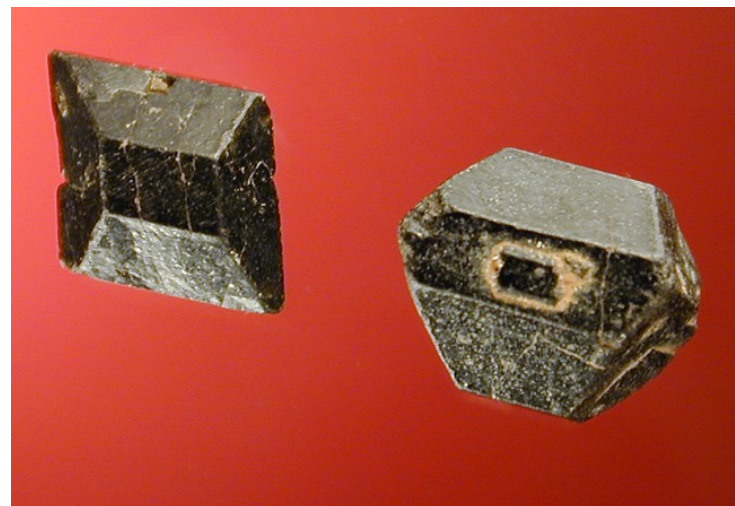


Hedenbergit, Vlastějovice

2. Inosilikáty - Skupina pyroxenů



Spodumen



Augit



Diopsid

2. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

- **Vlastnosti:**
barva kolísá podle chemického složení
Pyroxeny chudé Fe (enstatit, diopsid, jadeit, spodumen)
bezbarvý, bílý, šedý, žlutý, hnědý
Pyroxeny bohaté Fe (hedenbergit, augit)
tmavě zelený až černý
 $t = 5-6$, $h = 3-3,5$, štěpnost dobrá, 90°
ve výbruse jsou pleochroické
- Pyroxeny jsou středně odolné alteracím a zvětrávání, často jsou zatlačovány amfibolem, slídami, chlority.
- Využití: chemické složení pyroxenů je indikátorem PT podmínek vzniku a také chemického složení mateřské horniny



Augit

2. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

Výskyty:

magmatické a metamorfované horniny pláště a kůry, většinou relativně chudé SiO_2 .

Enstatit – ultrabazické horniny, často s olivínem a pyropem

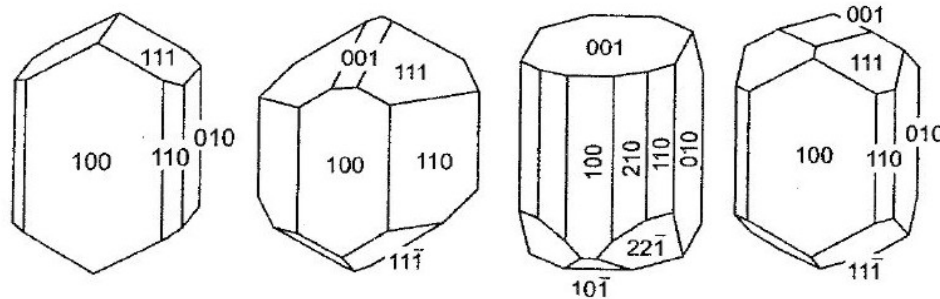
Diopsid a hedenbergit – hlavně skarny, pyroxenové ruly, v dioritech

Augit – hlavně ve vulkanických horninách

Jadeit – typický minerál hornin vznikajících v metamorfovaných horninách za velmi vysokého tlaku ale relativně nízkých teplot

Omfacit – typický minerál hornin vznikajících v metamorfovaných horninách za velmi vysokého tlaku ale vysokých teplot

Spodumen – minerál z granitických pegmatitů, hlavní zdroj Li



2. Inosilikáty - Skupina pyroxenů



Hedenberit



Spodumen - kunzit



Spodumen

2. Inosilikáty - pyroxenoidy

Minerály velmi blízké pyroxenům. Patří sem:

Wollastonit - CaSiO_3 - bílý, z kontaktů mramorů s granity

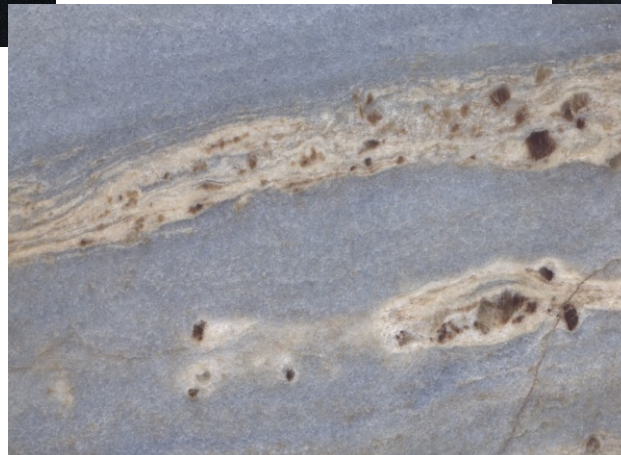
Rhodonit - MnSiO_3 – červený, z Mn-bohatých metamorfovaných hornin



Wollastonit a diopsid,
Mirošov



Rhodonit



Wollastonit, vesuvian,
Nedvědice

3. Shrnutí

1. Tato přednáška zahrnuje jen základní přehled hlavních minerálů ze skupiny cyklosilikátů a pyroxenů, ve skutečnosti je v těchto skupinách několik set minerálů.
2. Většina minerálů má poměrně vysokou tvrdost 6-7, hustota kolísá, většinou je větší než 3, někdy kolem 2,6-2,7. Většina minerálů ze skupin cyklosilikátů má nedokonale vyvinutou štěpnost, u pyroxenů je štěpnost dobrá.
3. Barva kolísá podle obsahu Fe (Mn), minerály s výraznou převahou Mg nad Fe (Mn) jsou bezbarvé, světle žluté nebo světle zelené, minerály bez Mg a Fe mají různé ale většinou světlé barvy. Minerály s vysokým obsahem Fe jsou tmavé – černé, červenofialové nebo hnědé.
4. Minerály s vysokým obsahem Fe mají také výrazný pleochroismus.
5. Většina minerálů ze skupin cyklosilikátů obsahuje malé až střední množství H₂O, pyroxeny vodu neobsahují.
6. Většina minerálů vzniká za relativně vyšších teplot a tlaků v magmatických a metamorfovaných horninách.
7. Jen u malé části minerálů je nutné znát chemické vzorce (beryl, pyroxeny). Je ale nutné znát hlavní prvky jednotlivých minerálů.

3. Shrnutí

7. **Minerály dobře odolné hydrotermálním alteracím:
turmalín**
**Minerály špatně odolné hydrotermálním alteracím:
cordierit, beryl**
8. **Minerály vznikající za nízkých tlaků v podmínkách svrchních
částí zemské kůry:
cordierit, beryl, hedenbergit, wollastonit**
**Minerály vznikající za vysokých tlaků v podmínkách spodních
částí zemské kůry a pláště:
enstatit, jadeit, omfacit**
9. **Důležité akcesorické minerály:
turmalíny**