

Mineralogie I

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

Mineralogický systém - silikáty

Osnova přednášky:

- 1. Sorosilikáty**
- 2. Cyklosilikáty**
- 3. Inosilikáty**
- 4. Shrnutí**

1. Sorosilikáty – skupina epidotu

- Málo významná skupina, mají nízký stupeň polymerizace, dva spojené tetraedry Si_2O_7 , někdy jsou ve struktuře přítomny SiO_4 i Si_2O_7 .
- Skupina epidotu

Obecný vzorec $\text{A}_2\text{B}_3 (\text{SiO}_4)_3 \text{OH}$ nebo $\text{A}_2\text{B}_3 \text{Si}_3\text{O}_{11} (\text{OH},\text{F})_2$

A = Ca, Ce

B = Al, Fe^{3+} , Mn^{3+}

Vedlejší prvky: Mg, Sr, Y

Epidot $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Fe}^{3+} (\text{SiO}_4)_3 \text{OH}$

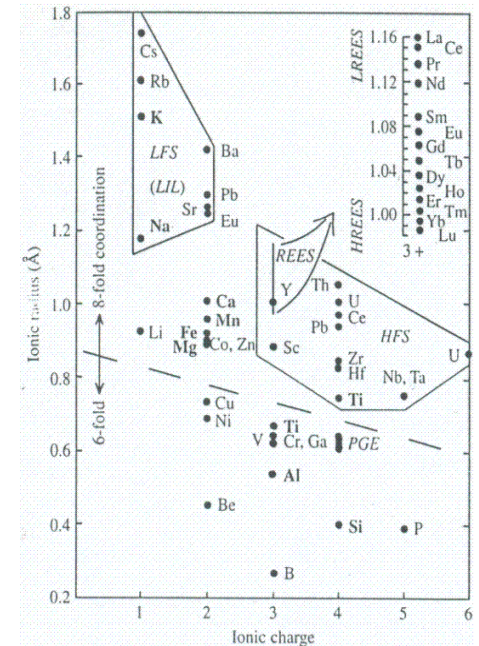
Klinozoisit $\text{Ca}_2\text{Al}_3 (\text{SiO}_4)_3 \text{OH}$

Zoisit $\text{Ca}_2\text{Al}_3 (\text{SiO}_4)_3 \text{OH}$

Allanit-(Ce) $(\text{Ce},\text{Ca})_2\text{Al}_3 (\text{SiO}_4)_3 \text{OH}$

Substituce $\text{Al}-\text{Fe}^{3+}$, $\text{Al}-\text{Mn}^{3+}$,

Monoklinické, rombické



- **Vlastnosti: zelený v různých odstínech, černý (allanit), dokonale štěpný, t = 6,5, h = 3,1-3,5**

1. Sorosilikáty – skupina epidotu

- **Výskyty:**
Hydrotermální alpské žíly (Sobotín), pegmatity, skarny, metamorfované horniny bohaté Ca (Žulová).
- **Středně až málo odolné vůči alteracím (hlavně allanit).**
- **Využití: indikátor vyšší aktivity O_2 a je často produktem hydrotermálních alterací jiných minerálů.**



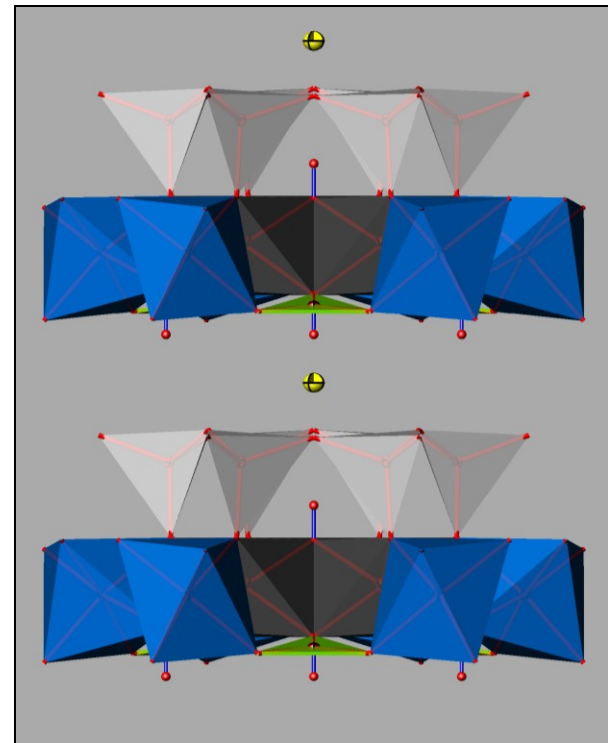
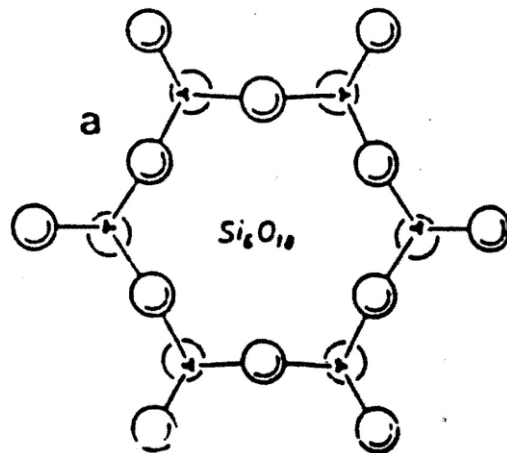
Allanit, Žulová



Epidot, Vlastějovice

2. 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 poměrně malé množství minerálů, část z nich ale jsou poměrně důležité horninotvorné minerály.
- Skupina berylu
- Skupina cordieritu
- Skupina turmalínu



2. 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 $Be_3Al_2Si_6O_{18}$

vedlejší prvky: Mg, Fe, Cs, Li, Sc,

Cr, H₂O

Hexagonální

- Vlastnosti: většinou nazelenalý nebo nažloutlý, nedokonale štěpný, $t = 7$, $h = 2,65$



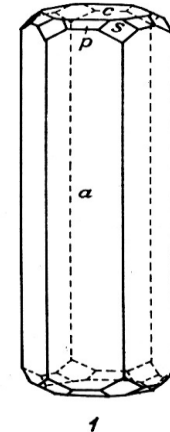
Beryl, Maršíkov



Beryl, Otov

2. 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

2. Cyklosilikáty – skupina cordieritu

- Skupina cordieritu

Obecný vzorec $CM_2Al_3AlSi_5O_{18}$

C = vakance, Na, H₂O

M = Mg, Fe²⁺

Cordierit $Mg_2Al_3AlSi_5O_{18}$

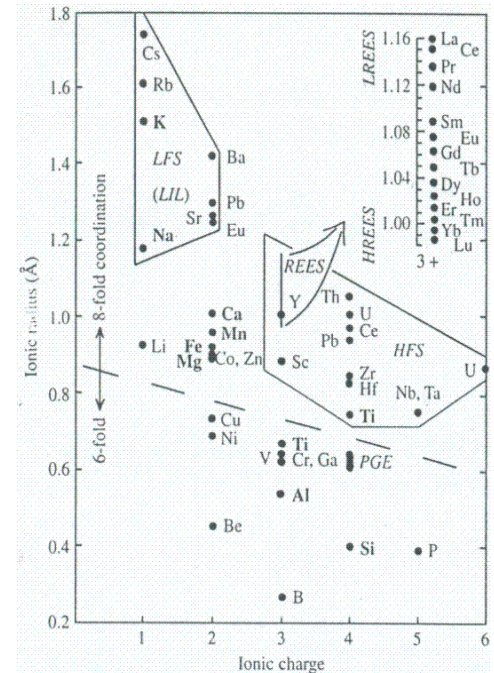
Sekaninit $Fe_2Al_3AlSi_5O_{18}$

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



2. Cyklosilikáty – skupina cordieritu

- **Výskyt:**

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.

2. 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⁺

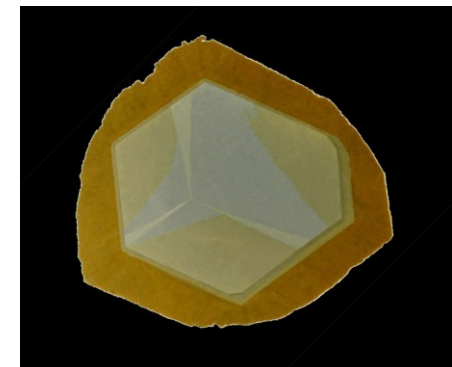
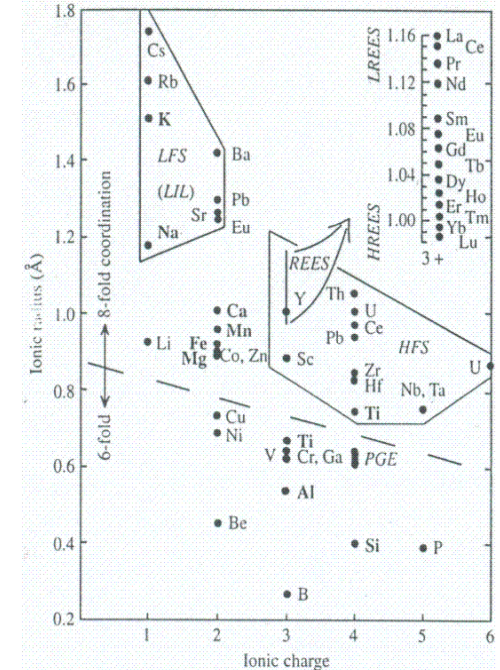
Skoryl Na Fe₃ Al₆ Si₆ O₁₈ (BO₃)₃ (OH)₃ OH (černý)

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

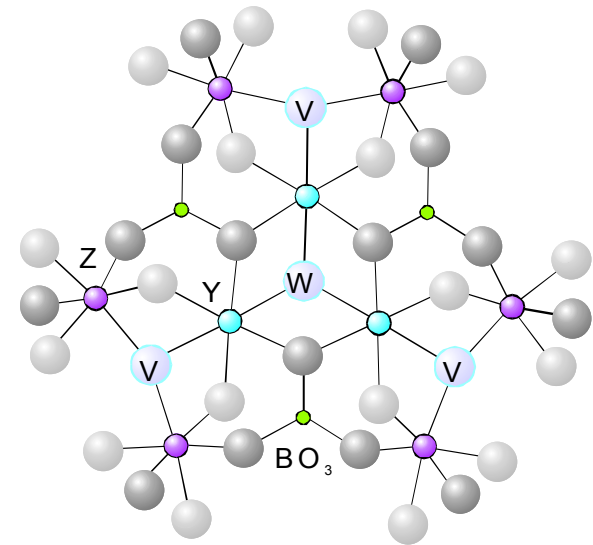
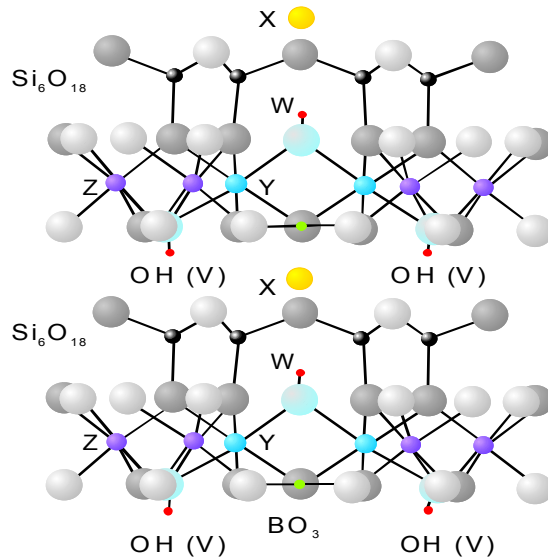
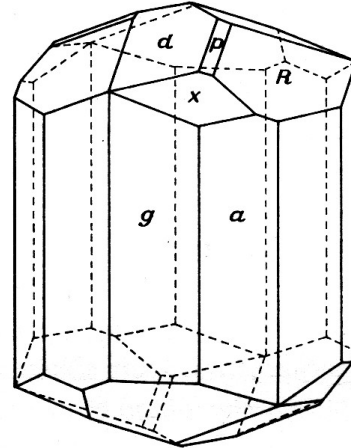
Elbait Na (Li,Al)₃ Al₆ Si₆ O₁₈ (BO₃)₃ (OH)₃ OH (vícebarevný)

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

- Trigonální



2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu



Krystalová struktura turmalínů

2. 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:**
Skoryl se vyskytuje v peraluminických leukokratních 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

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu



Skoryl v granitu , Lavičky

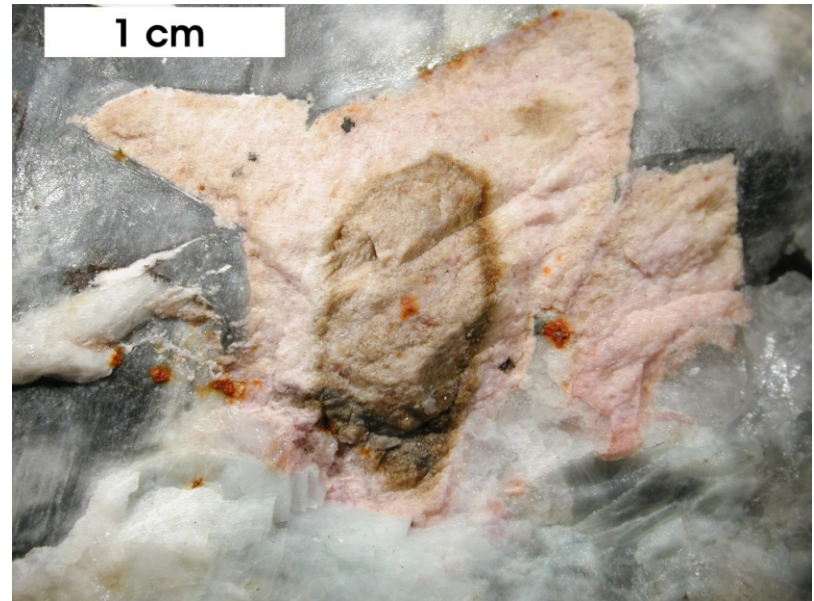


Dravit, Chvalovice



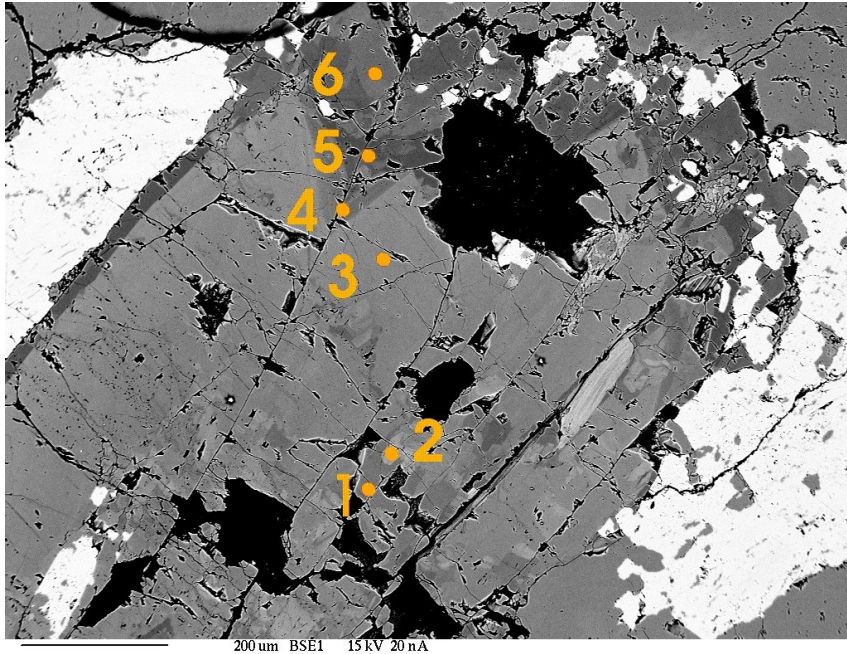
Skoryl

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

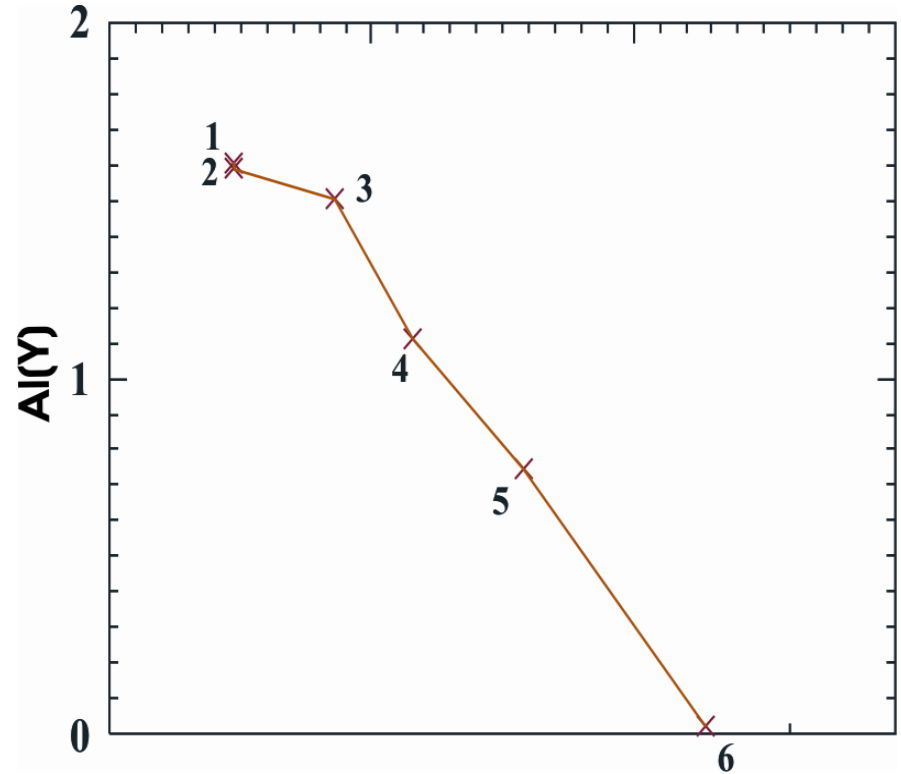


Zonální elbait, Bližná I

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu



Zonální elbait, Bližná II,
obrázek BSE z elektronové
mikrosondy



2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

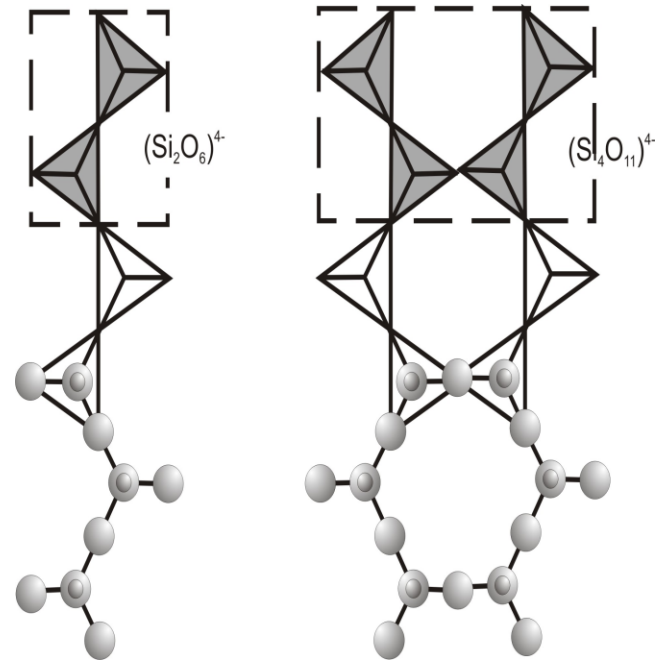


Zcela nový nález,
rubelit, Pakistán,
délka krystalu 38 cm

Foto F. Pezzotta

3. 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**



3. 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



monoklinické

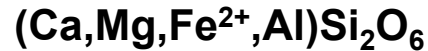
diopsid



hedenbergit



augit



jadeit



omfacit

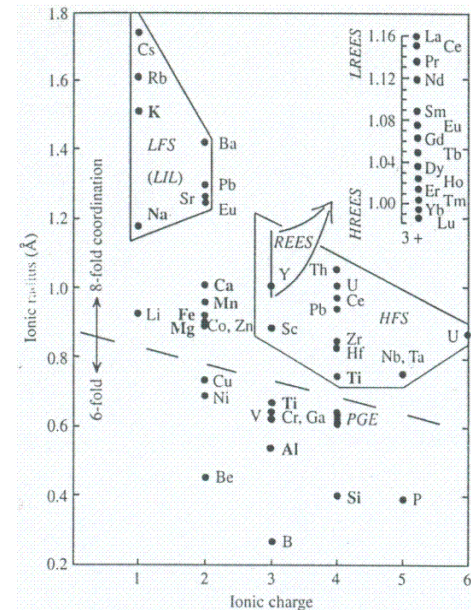
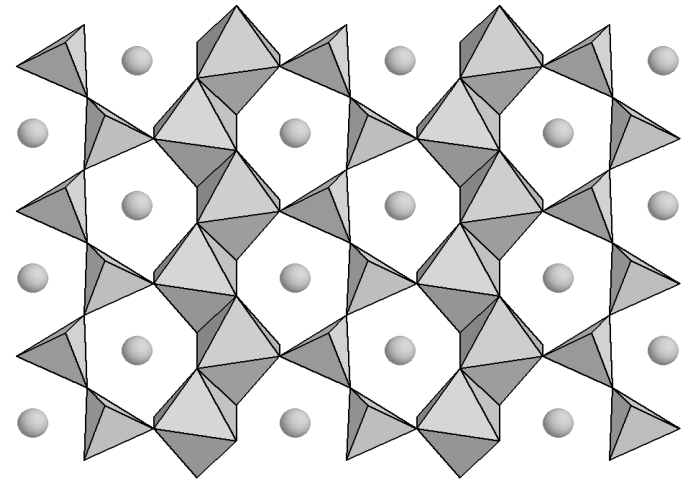


spodumen



Dnes je známo 22 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.
- Výskyty: magmatické a metamorfované horniny pláště a kůry, většinou chudé SiO_2 .

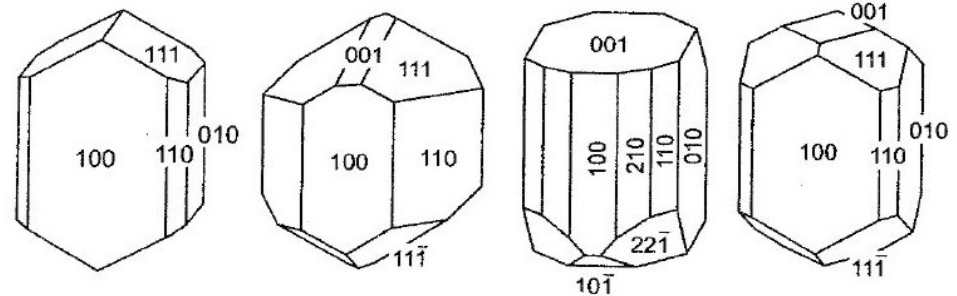


3. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

- **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



3. Inosilikáty - Skupina pyroxenů



Hedenbergit, Vlastějovice



Spodumen



Spodumen - kunzit

3. Inosilikáty - pyroxenoidy

Minerály velmi blízké pyroxenům. Patří sem:

Wollastonit - CaSiO_3 - bílý, z kontaktů mramorů s granity

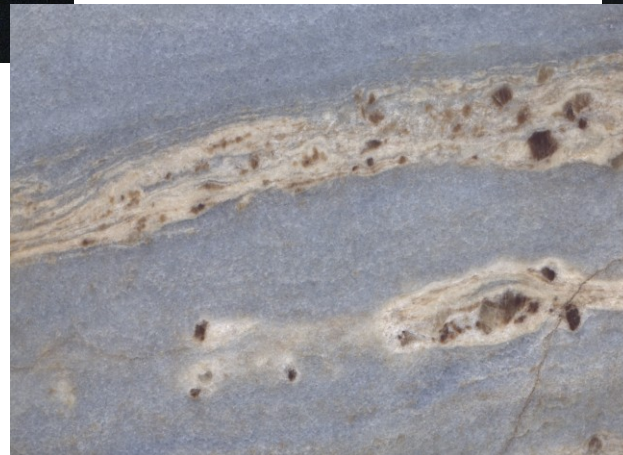
Rhodonit - MnSiO_3 – červený, z Mn-bohatých metamorfovaných hornin



Wollastonit a diopsid,
Mirošov



Rhodonit



Wollastonit, vesuvian,
Nedvědice

3. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- obecný vzorec: $AB_2C_5T_8O_{22}(OH,F)_2$

A = Na, Ca, vakance

B = Ca, Mg

C = Mg, Fe^{2+} , Al, Fe^{3+}

T = Si, Al

rombické

antofylit

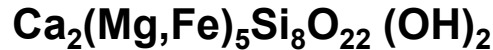


monoklinické

tremolit



aktinolit



obecný amfibol

pargasit



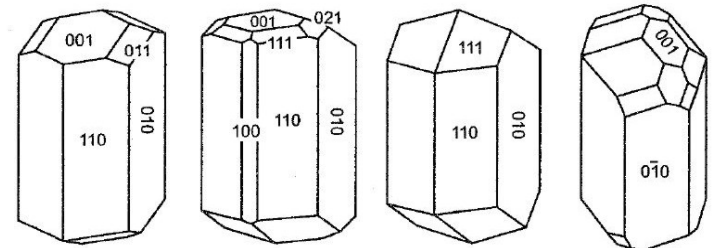
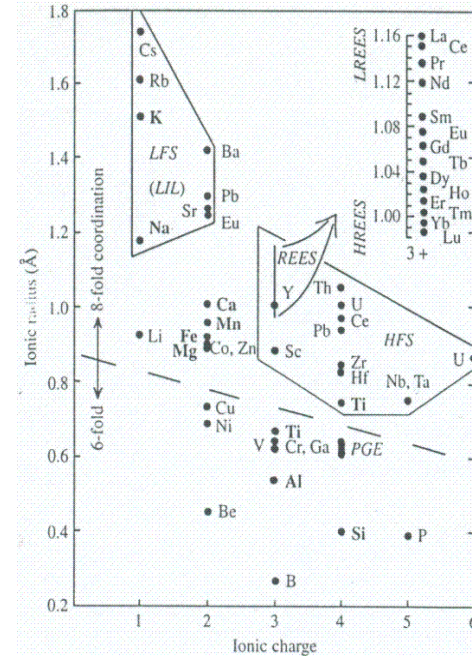
glaukofan



Mg je často nahrazeno Fe^{2+} . Jako vedlejší prvky jsou přítomny Mn, Li, Ti, Cl.

Dnes je známo asi 60 amfibolů.

- Mísitelnost mezi jednotlivými amfiboly je velká. Závisí i na PT podmínkách.

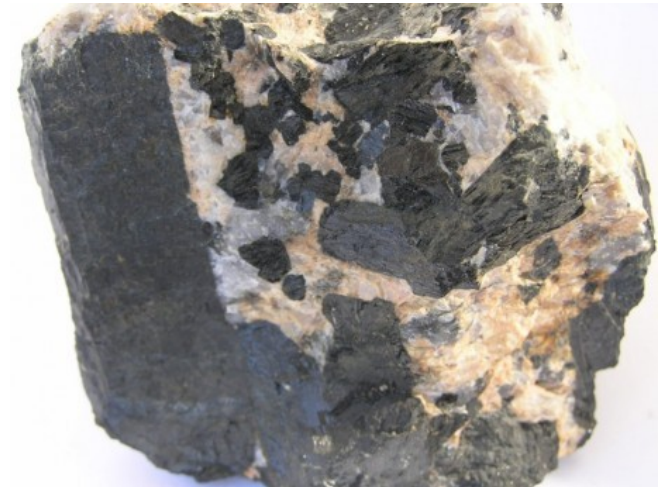


3. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- **Vlastnosti:**
barva kolísá podle chemického složení
Amfiboly chudé Fe (tremolit)
bezbarvý, bílý, šedý, žlutý, hnědý
Amfiboly bohaté Fe (aktinolit, amfibol)
tmavě zelený až černý
t = 5-6, h = 3-3,5, štěpnost výborná, 120°
Amfiboly jsou velmi často pleochroické a mnohem výrazněji než pyroxeny.
- Často tvoří stébelnaté, jehlicovité až vláknité agregáty, štěpnost amfibolů je viditelně dokonalejší než u pyroxenů.
- Amfiboly jsou středně odolné alteracím a zvětrávání, často jsou zatlačovány slídami, chlority.
- Výskyty magmatické a metamorfované horniny kůry, většinou chudé SiO₂.
V plášti se vyskytuje jen zcela výjimečně.
- Využití: chemické složení amfibolů je indikátorem PT podmínek vzniku a složení mateřských hornin.



Amfibol čedičový



Amfibol, Vlastějovice

3. Inosilikáty - Skupina amfibolů



Tremolit



Antofyllit, Heřmanov



Amfibol

3. Inosilikáty - Skupina amfibolů



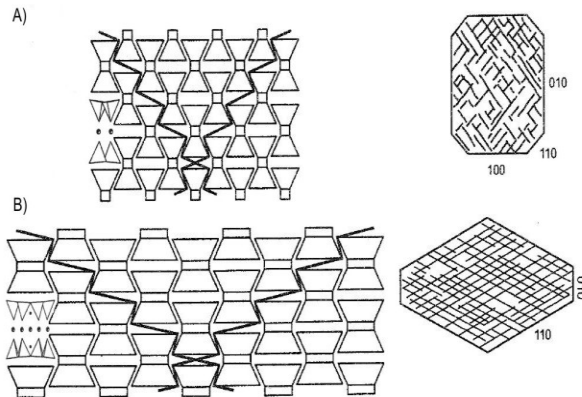
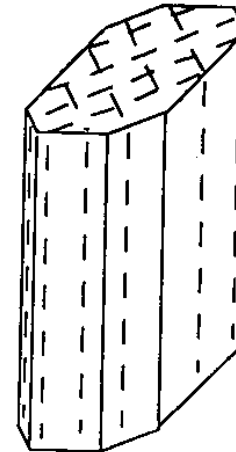
Tremolit, Olešnice



Aktinolit, Sobotín

3. Inosilikáty - Skupina amfibolu

Vztah štěpnosti a krystalové struktury u pyroxenů a amfibolů.



Obr. 9.4.2: Štěpnost pyroxenů (A) a amfibolů (B). Na obr. a) je schematické znázornění struktur s vyznačeným průběhem štěpnosti mezi řetězci, na obr. b) jsou průřezy krystalů s naznačenými štěpnými plochami a úhly mezi nimi. Projekce ve všech případech na (001) (řetězce probíhají kolmo k náčrtně)

Amfibol ve výbruse

4. Shrnutí

1. Tato přednáška zahrnuje jen základní přehled hlavních minerálů ze skupiny sorosilikátů, cyklosilikátů a inosilikátů, 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 sorosilikátů a cyklosilikátů má nedokonale vyvinutou štěpnost, naopak u inosilikátů je štěpnost dobrá až výborná.
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 sorosilikátů, cyklosilikátů a inosilikátů obsahuje malé až střední množství H₂O.
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 (obecné vzorce u pyroxenů a amfibolů, základní minerály těchto skupin enstatit, diopsid, hedenbergit, dále wollastonit, beryl). Je ale nutné znát hlavní prvky jednotlivých minerálů).