

# Struktury a klasifikace jílových minerálů (JM) - 2

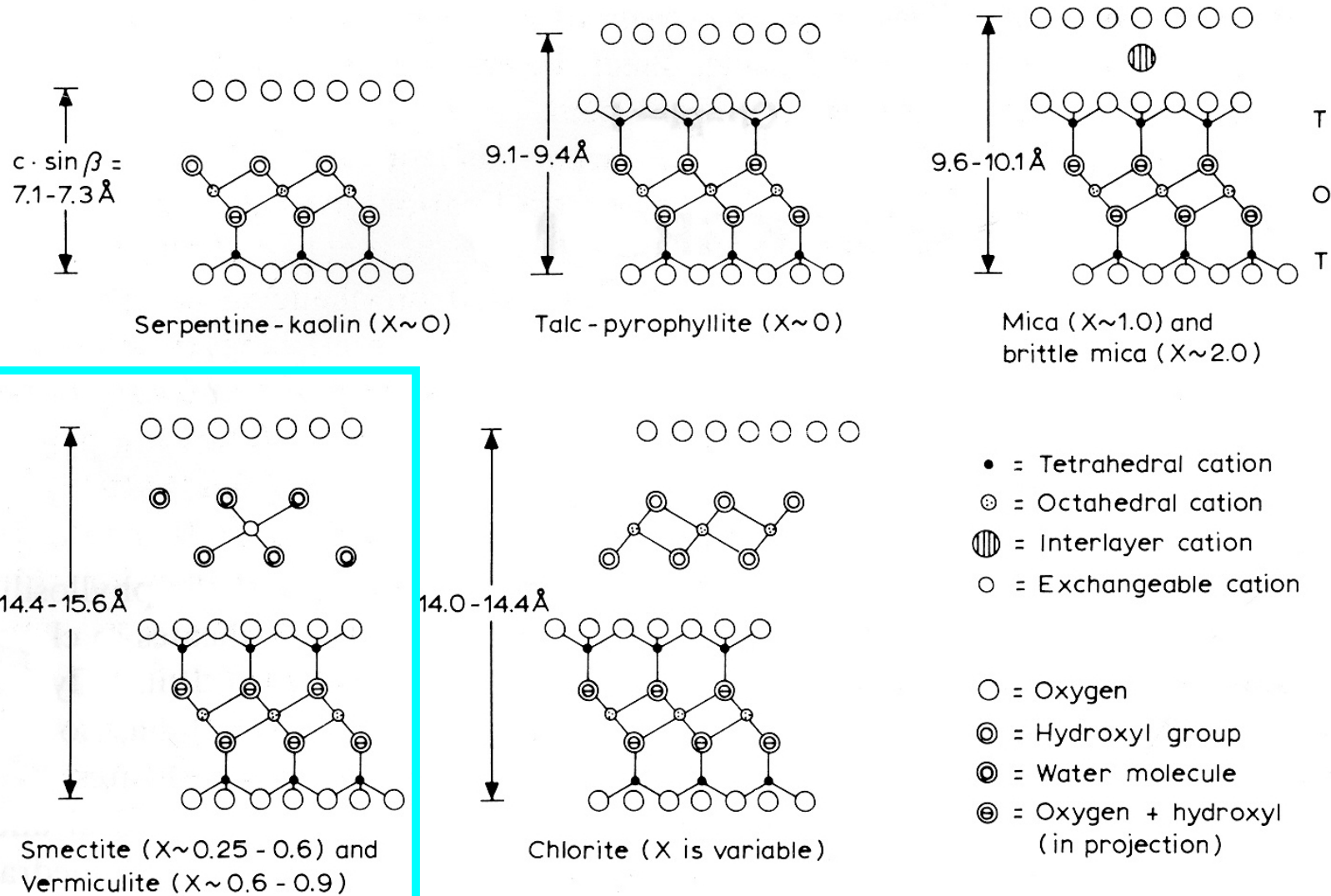


Fig. 1-1. [010] view of structures of major phyllosilicate mineral groups. From Bailey, 1980. Copyright 1980 London Miner. Soc.

## Minerály skupiny smektitu

se dělí na dioktaedrické smektity a trioktaedrické smektity, obě podskupiny mají vrstvy typu 2:1

náboj smektitu je 0,2-0,4 (s nižším nábojem)  
nebo 0,4-0,6 (s vyšším nábojem)

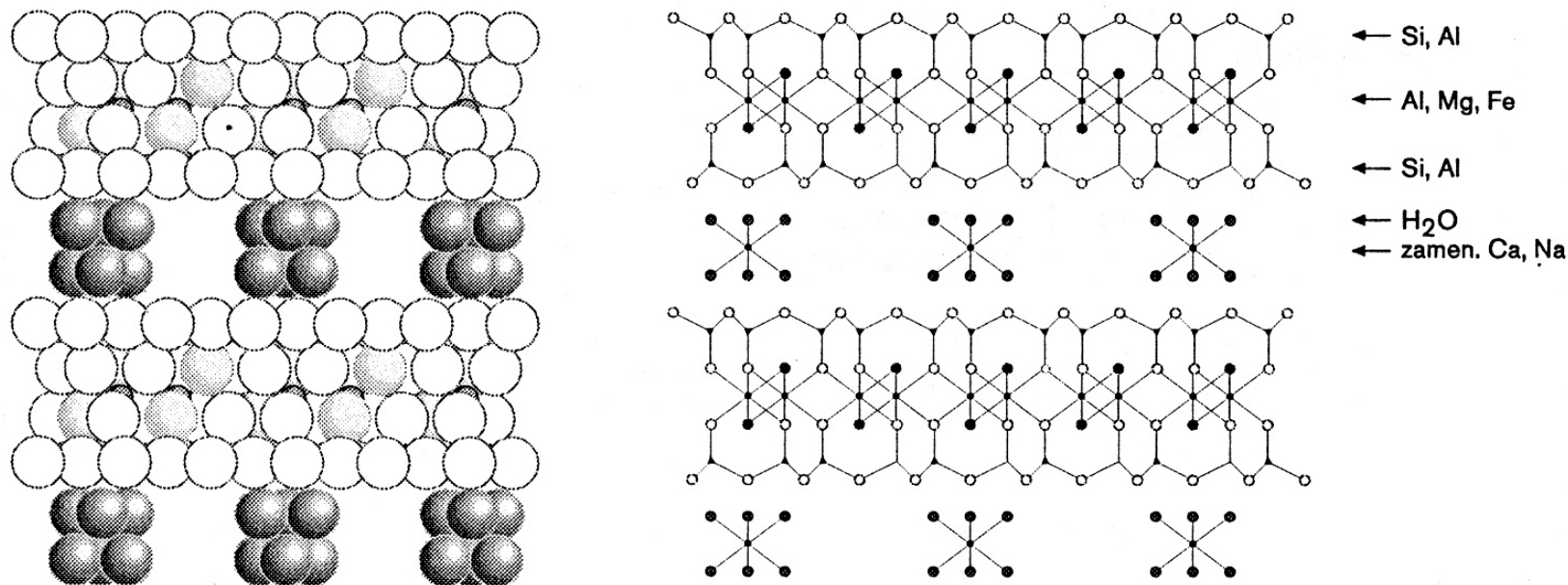
dioktaedrické smektity – montmorillonit, beidelit, nontronit  
trioktaedrické smektity – saponit, hectorit

v ideálním dioktaedrickém montmorillonitu neexistuje náboj na tetraedrech, pouze je tvořen substitucemi v oktaedrech, podobně i v trioktaedrickém hectoritu

v dioktaedrickém beidelitu a nontronitu je náboj vrstev soustředěn na tetraedrické síti, podobně i v trioktaedrickém saponitu

minerály skupiny VERMIKULITU mají náboj tvořený substitucemi v oktaedrické i tetraedrických vrstvách (náboj 0,6-1,5 mol na vrstvu 2:1 = vzorcovou jednotku)

díky náboji vrstev obsahuje v mezivrství hydratované vyměnitelné kationty, mezivrství může přijímat vodu a organické látky, tím se mění jeho mezirovinná vzdálenost a může expandovat (BOBTNAT)

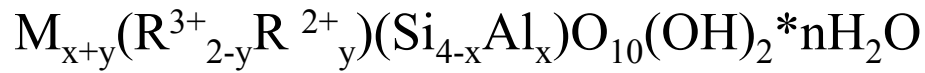


**Obrázok 4.7** Schéma štruktúry smektitu.

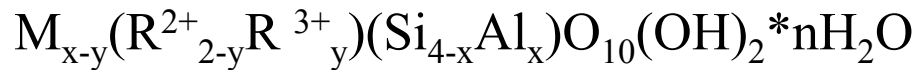
Smektit môže do mezivrství prijímať X molekúl vody a také organické látky, potom jeho mezirovinná vzdálenosť je proměnlivá v závislosti na vlhkosti, aby se odlišil, vzorek se sytí ethylen glykolem (EG), tak, že na vzorcovou jednotku případnou 2 molekuly EG, díky nim se mezivrství roztáhne na maximum

všeobecný krystalochemický vzorec

dioktaedrických smektitů:



trioktaedrických smektitů:

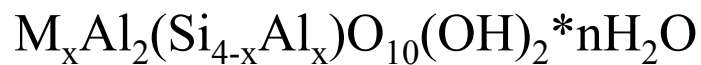


dioktaedrické

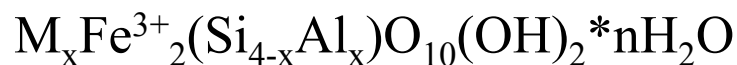
montmorillonit:



beidellit:

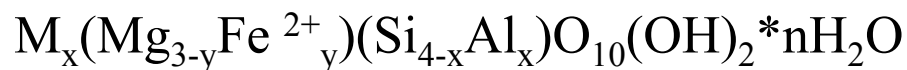


nontronit:

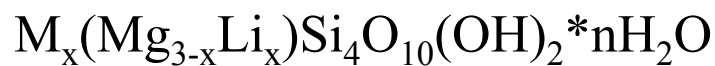


trioktaedrické

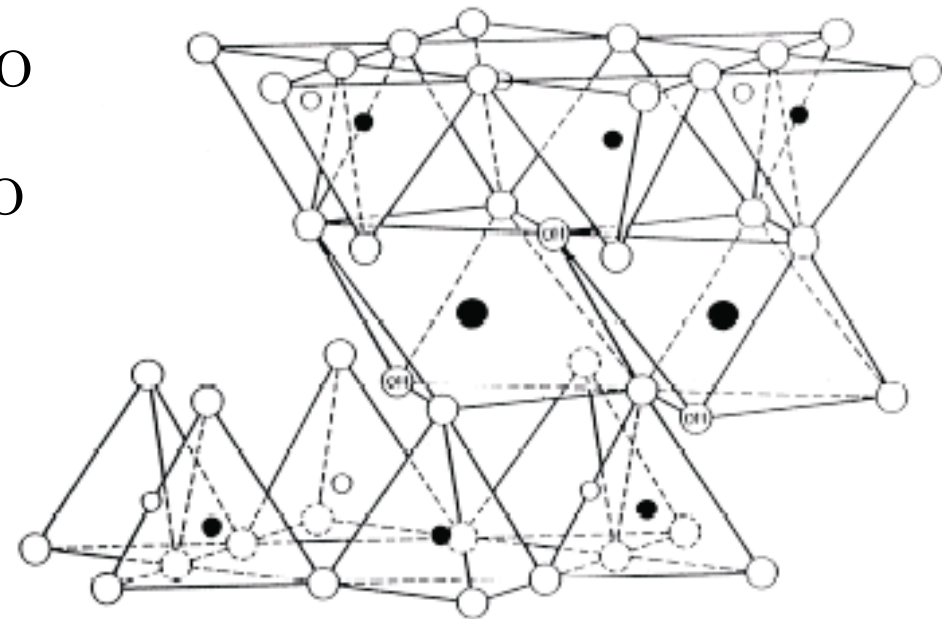
saponit:



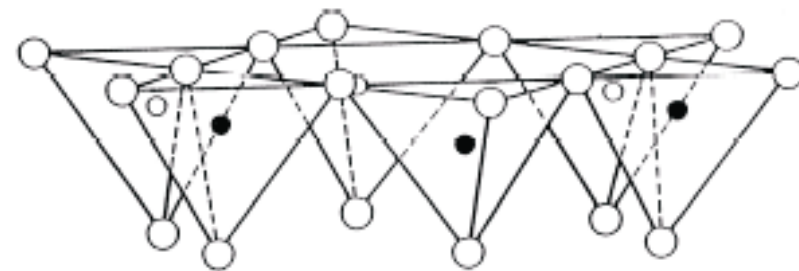
hectorit:



## Smectite layer



Exchangeable cations  
 $nH_2O$

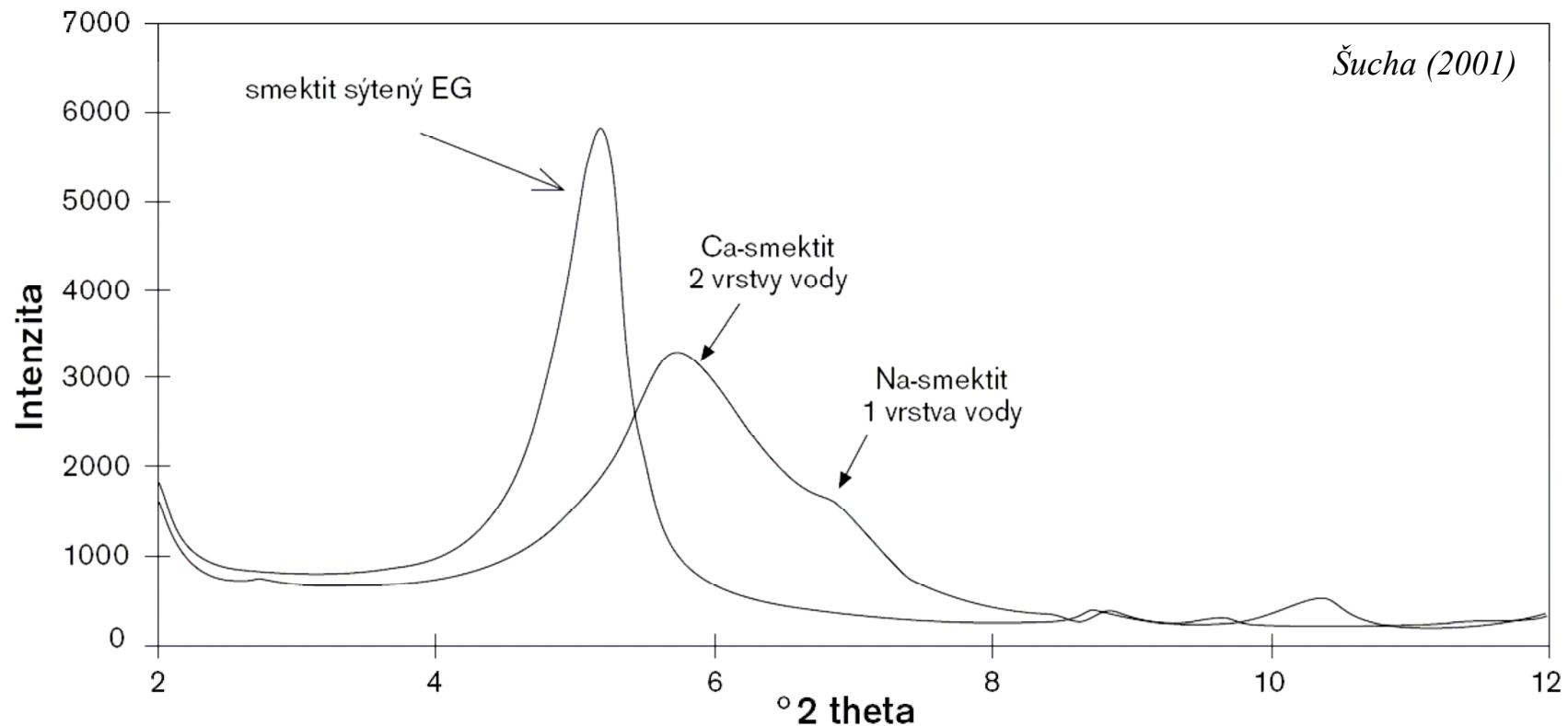


⊙ - OH                      ● - Al, (Mg, Fe)

○ ○ - O                      ● ○ - Si, (Al)

Fig. 1. 2:1 layer of smectites.



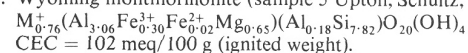


Rtg-difrakční (XRD) záznam smektitu v přírodním stavu s jednou a dvěma vrstvami vody a etylénglykolem (EG) v expandujícím mezivrství.

Na-smektit má nižší schopnost vázat vodu ze vzdušné vlhkosti než Ca-forma. Změna záznamu po sycení parami EG indikuje přítomnost expandujících vrstev jílových minerálů.

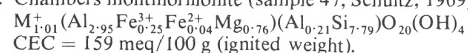
TABLE 3.1. Effect of interlayer cations on basal spacings (Å) of smectites and vermiculites at 32, 52 and 79% relative humidities and immersed in water

1. Wyoming montmorillonite (sample 5 Upton, Schultz, 1969)



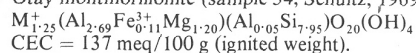
Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.5	12.5	14.8 (br)	Ind
NH <sub>4</sub>	11.7	11.7 (br)	11.9	12.4 (asymm high)
K	11.9	11.9	12.1	Ind
Li	12.9 (br)	14.1 (br)	15.1 (br)	27.0
Cs	12.5	12.4	12.4	12.5
Ca	15.2	15.1	15.5	19.0
Mg	15.1	15.1	15.2	19.5
Sr	15.1	15.3	15.6	19.0
Ba	13.2 (br)	14.5 (br)	15.6	18.8

2. Chambers montmorillonite (sample 47, Schultz, 1969).



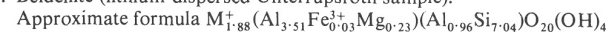
Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.8	12.8	14.5 (br)	18.8
NH <sub>4</sub>	12.1	12.2	12.3	12.4
K	12.2	12.2	12.2	Ind
Li	13.7 (br)	14.7 (br)	15.1 (br)	15.9 (br)
Cs	12.5	12.3	12.5	12.5
Ca	15.2	15.1	15.1	19.0
Mg	14.9	14.9	15.1	19.5
Sr	15.1	15.3	15.3	19.2
Ba	12.7	12.7	12.7	19.0

3. Otay montmorillonite (sample 34, Schultz, 1969).



Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.5	12.5	12.8 (br)	19.0 (br → Ind)
NH <sub>4</sub>	12.4	12.4	12.4 (br)	12.4 (br)
K	11.9 (br)	11.9 (br)	12.1 (br)	12.2 (br → Ind)
Li	12.8 (br)	12.6 (br)	13.7 (br)	19.0
Cs	12.4	12.4	12.4	12.4
Ca	15.1	15.2	15.2	18.7
Mg	14.9	14.9	15.1	19.5
Sr	15.1	15.3	15.6	18.7
Ba	12.8	12.8	12.8	18.7

4. Beidellite (lithium-dispersed Unterrupsroth sample).



Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.5	12.5	12.5	14.8
NH <sub>4</sub>	11.8	11.9	11.9	12.0
K	11.8	11.9	11.9	12.1 (br)
Li	12.4	13.5 (br)	14.8	Ind
Cs	11.9	11.9	11.9	12.1
Ca	15.1	15.1	15.1	15.1
Mg	14.7	14.7	15.0	15.9
Sr	14.5 (asymm low)	14.7 (asymm low)	15.4	16.0 (asymm high)
Ba	12.5	12.5	14.7 (br)	16.0 (br)

vodné roztoky  
(mezivrstevná vzdálenost  
smektitu a vermikulitu  
při různé vlhkosti a  
s různým mezivrstevným  
kationtem)

5. Saponite (St. Cyrus, Kincardineshire, Scotland, Mitchell, 1954).  
 Approximate formula  $M_{0.70}^{+}(Al_{0.6}Fe_{0.5}Mg_{4.9})(Al_{1.3}Si_{6.7})O_{20}(OH)_4$ .  
 CEC = 99 meq/100 g.

Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.5	12.5	12.8 (asymm high)	15.5 (br → Ind)
NH <sub>4</sub>	12.2	12.7	12.7	13.5 (br)
K	12.4	12.4	12.5	15.4 (br)
Li	12.4	12.4	14.1 } 16.6 }	Ind
Cs	12.4	12.2	12.3	12.5 18.8 (w)
Ca	15.1	15.2	15.2	15.8
Mg	14.7	14.7	14.7	19.0
Sr	15.2	15.2	15.2	18.7
Ba	12.8	12.8	12.9 (br asymm high)	18.7

6. Vermiculite (Kenya, Mathieson and Walker, 1954).  
 $M_{1.60}^{+}(Al_{0.32}Fe_{0.96}^{3+}Mg_{4.72})(Al_{2.56}Si_{5.44})O_{20}(OH)_4$   
 CEC = 130 meq/100 g.

Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.3	12.6 (asymm high)	14.6	14.9
NH <sub>4</sub>	10.8 (br)	10.8 (br)	11.0 (br)	12.9 (br)
K	10.4 (v.br asymm high)	10.4 (v.br asymm high)	10.5 (v.br asymm high)	10.5 } (v.br) 14.3 }
Li	12.5	12.5	12.5	14.8 (→ Ind)
Cs	12.6 (br)	12.6 (br)	12.6 (br)	12.6 (br)
Ca	14.8	14.9	14.9	14.9
Mg	14.3	14.4	14.4	14.6
Sr	14.9	14.9	14.9	15.2
Ba	12.4	12.5	12.6	15.4

7. Loch Seye vermiculite (Smith Aitken, 1965).  
 Low iron, high charge vermiculite CEC = 180 meq/100 g

Interlayer cation	32% RH	52% RH	79% RH	in water
Na	12.1	14.7	14.7	14.9
NH <sub>4</sub>	10.8	10.8	10.8	11.0
K	11.0	11.0	11.0	11.0
Li	12.1	12.4	12.0 (asymm high)	14.6 } 13.0 }
Cs	11.4 (br)	11.4 (br)	11.4 (br)	11.5 (br)
Ca	14.9	14.9	14.9	15.1
Mg	14.4	14.4	14.4	14.6
Sr	14.9	14.9	—	15.2 } 13.2 }
Ba	12.3	12.4	12.0 (asymm high)	14.9 } 13.0 }

KEY. (br) = broad, probable indication of interstratification; asymm high/low = asymmetrical towards high/low spacings; → Ind = tendency to indefinite swelling; w = weak; CEC = cation exchange capacity.

relative humidities over which the different hydration states are stable, nor the regions where interstratification between two hydration states are likely to occur, but they do indicate what one might reasonably expect under most laboratory conditions.

More detailed studies by Glaeser and Méring (1968) and Suquet *et al.* (1975) reveal differences which can be illustrated with Na as the exchangeable ion (Fig. 3.3). Montmorillonite,

Tab. 2.2.13 Ideální chemické složení minerálů skupiny smektitu, které se mohou vyskytovat v půdách podle Reid-Soukupa a Uleryho (2002), Bernarda et al. (1992) a Kühna a Zamarského (1984)

jméno	složení okt. vrstvy	chemický vzorec	krystalová soustava	náboj (mol/vzorc. jedn.)	CEC (meq/100g)	měrný povrch (m <sup>2</sup> /g)
Montmorillonit	dioktaedrická	$M_{0,33}^+ (Si_4)^{IV} (Al_{1,67} Mg_{0,33})^{VI} O_{10} (OH)_2$	mon*	0,2-0,6	47 - 162	600-800 (půdní smektity)
Beidelit	dioktaedrická	$M_{0,33}^+ (Si_{3,67} Al_{0,33})^{IV} (Al_2)^{VI} O_{10} (OH)_2$	orto, nebo turbostr.*	0,2-0,6	47 - 162	600-800
Nontronit	dioktaedrická	$M_{0,33}^+ (Si_{3,67} Al_{0,33})^{IV} (Fe_3^+)_2^{VI} O_{10} (OH)_2$	turbostratická*	0,2-0,6	47 - 162	600-800
Hectorit	trioktaedrická	$M_{0,33}^+ (Si_4)^{IV} (Mg_{2,67} Li_{0,33})^{VI} O_{10} (OH)_2$	mon*	0,2-0,6	47 - 162	600-800
Saponit	trioktaedrická	$M_{0,33}^+ (Si_{3,67} Al_{0,33})^{IV} (Mg_3)^{VI} O_{10} (OH)_2$	mon, nebo turbostr.*	0,2-0,6	47 - 162	600-800
Sauconit	trioktaedrická	$M_{0,33}^+ (Si_{3,35} Al_{0,65})^{IV} (Zn_3)^{VI} O_{10} (OH)_2$	turbostratická*	0,2-0,6	47 - 162	600-800
M zahrnuje výměnné kovové kationty (nejčastěji Na, Ca, Mg, K) a nabývá hodnot 0,2-0,6						
především montmorillonit a nontronit mají chemické složení velmi variabilní						
* nepravidelné strukturální uspořádání - turbostratická struktura (c je proměnlivá v závislosti na mezivrstevném kationtu)						

**Vermikulit je jediný minerál skupiny vermikulitu,**  
 může být dioktaedrický i trioktaedrický,  
 obě podskupiny mají vrstvy typu 2:1

náboj vermikulitu je 0,6-1,5 mol na vrstvu 2:1 = vzorcovou jednotku  
 a je tvořený substitucemi v oktaedrické i tetraedrických vrstvách

díky náboji vrstev obsahuje v mezivrství hydratované vyměnitelné kationty,  
 mezivrství může přijímat vodu a organické látky, tím se mění jeho  
 mezirovinná vzdálenost a může expandovat (BOBTNAT)

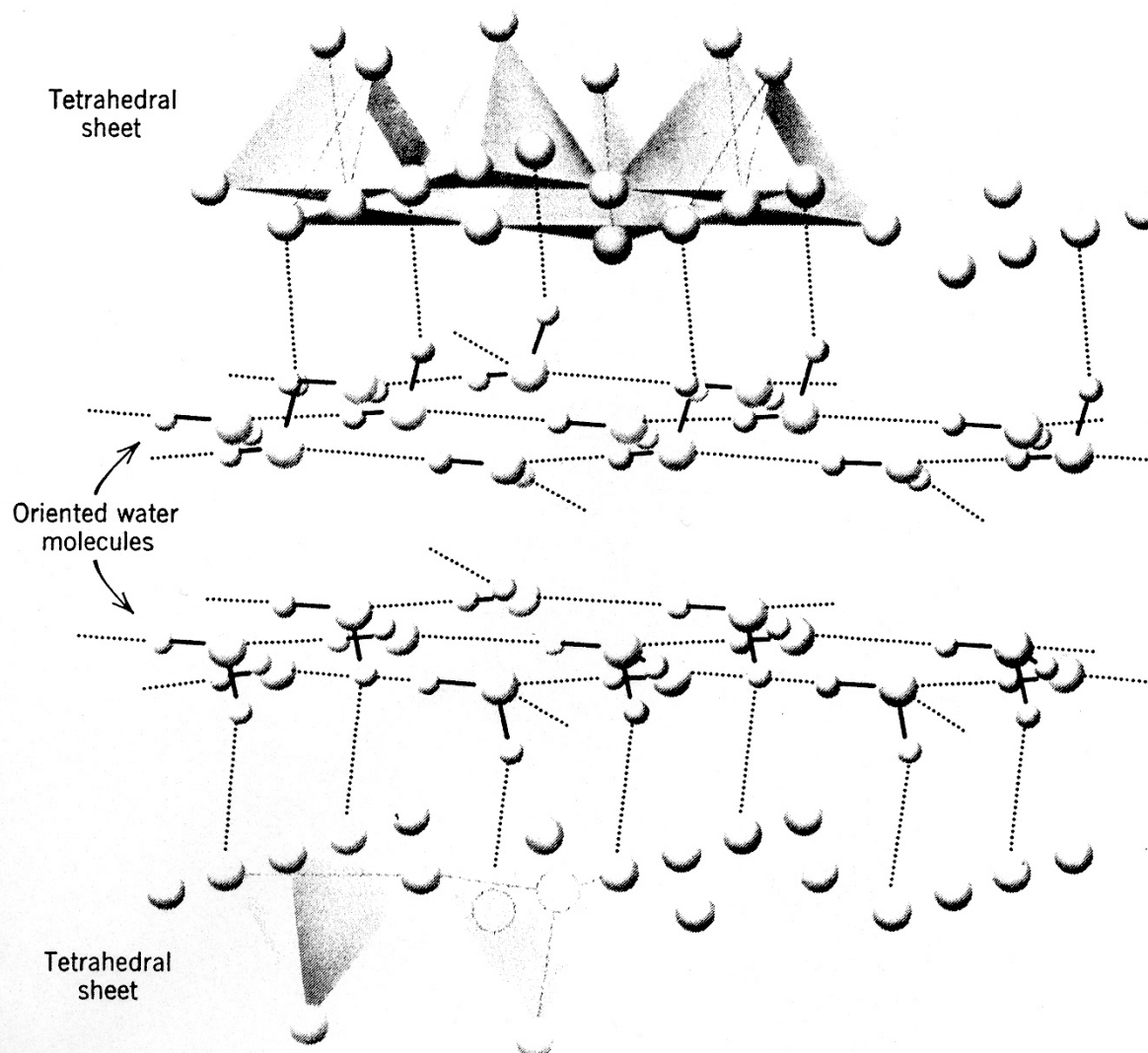
jméno	složení okt. vrstvy	chemický vzorec	krystalová soustava	náboj (mol/vzorc. jedn.)	CEC (meq/100g)	měrný povrch (m <sup>2</sup> /g)
Vermikulit	di i trioktaedrická	(Mg Ca) <sub>0,33</sub> (Mg Fe <sup>3+</sup> Al) <sub>3</sub> (Si Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> * 4H <sub>2</sub> O	mon	0,6-1,5	130-210	800

všeobecný krystalochemický vzorec:



# uspořádání molekul vody ve vermikulitu

FIG. 13.86. Diagrammatic sketch of the vermiculite structure, showing layers of water. (After Grim, 1968.)





# Schema struktury hlavních skupin fylosilikátů

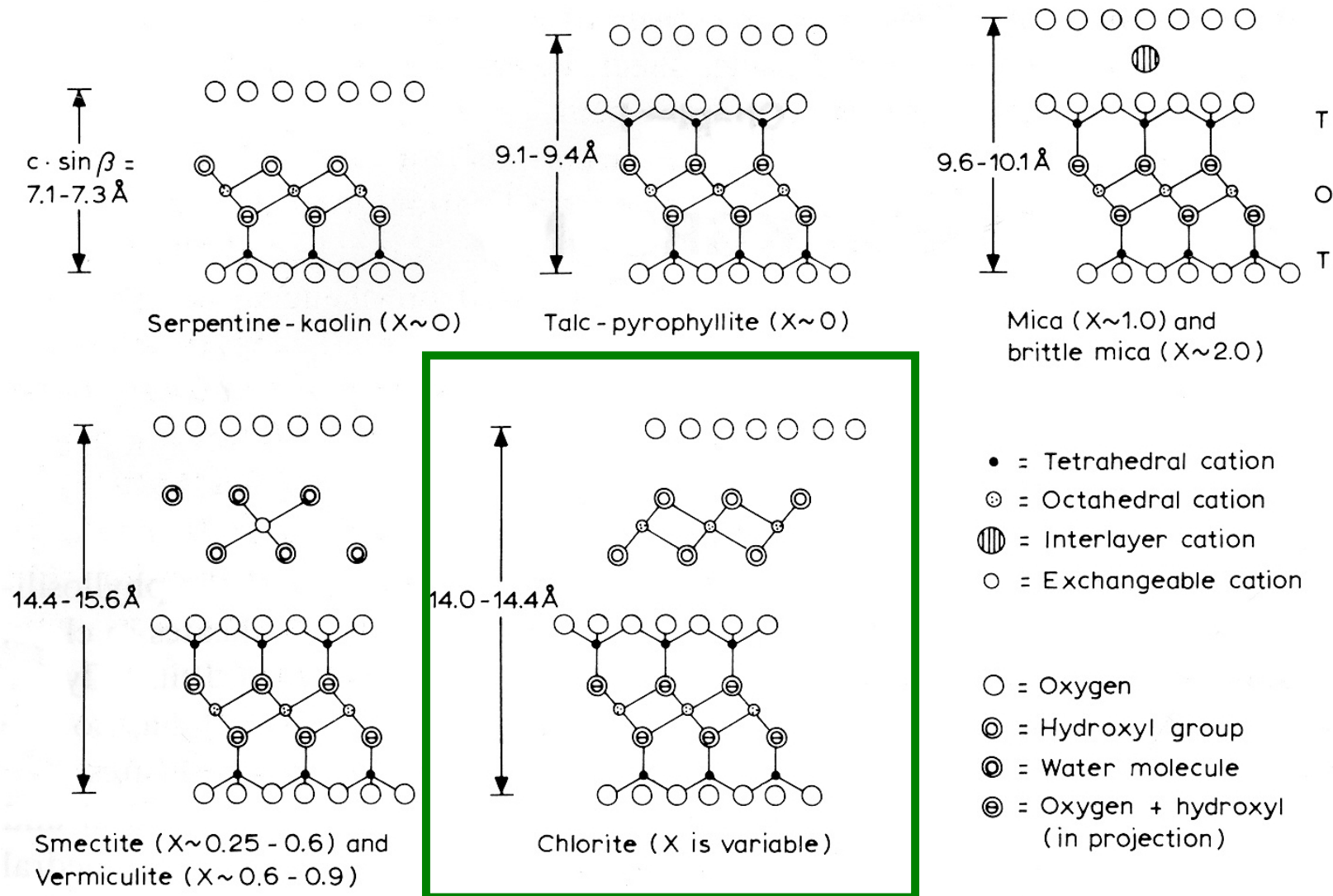
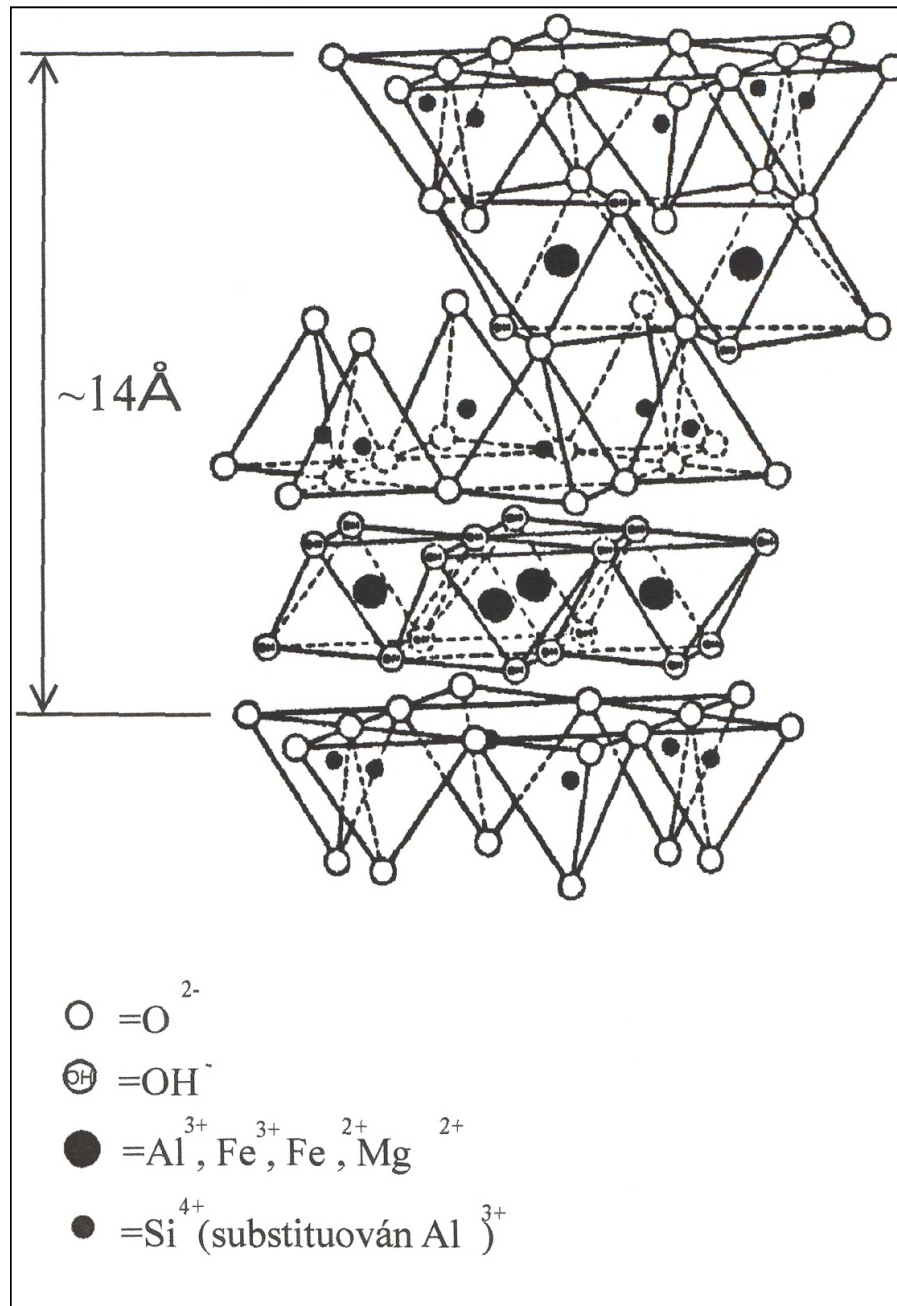
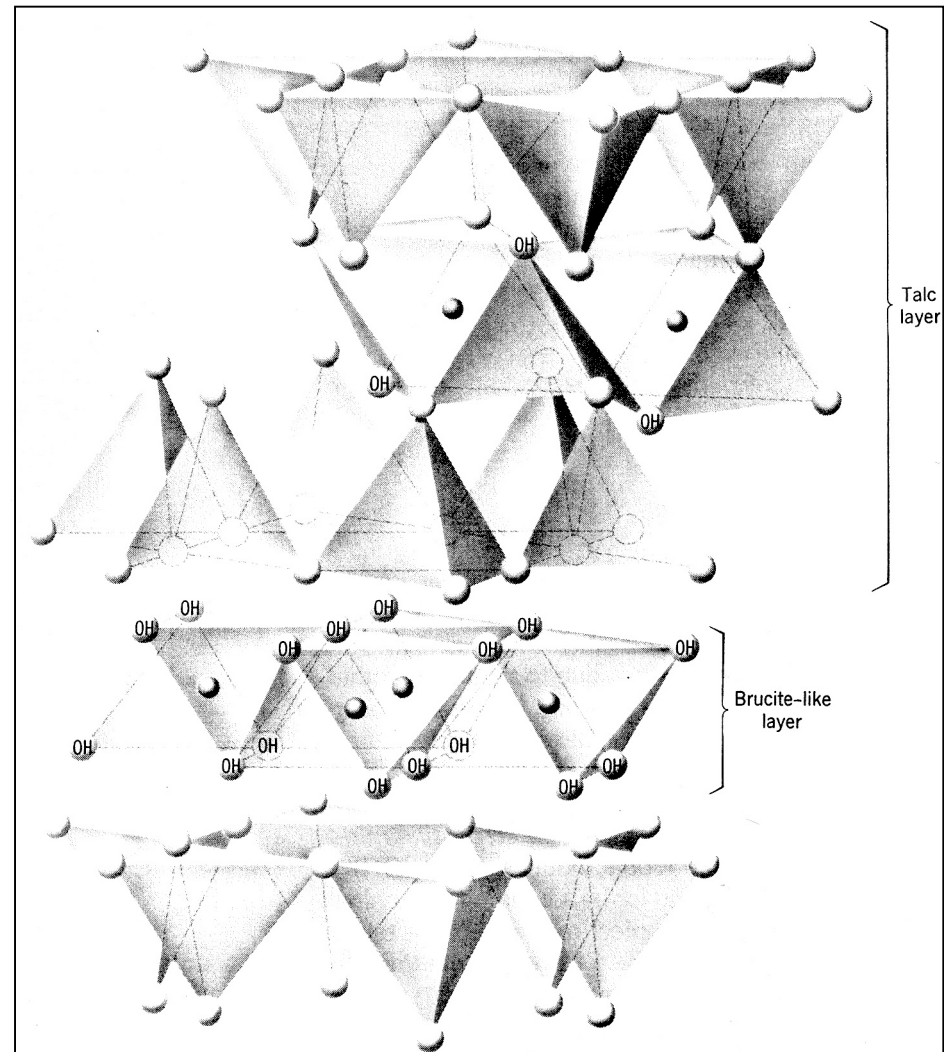
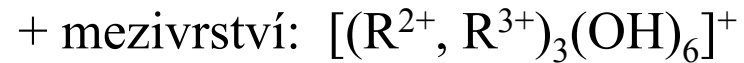
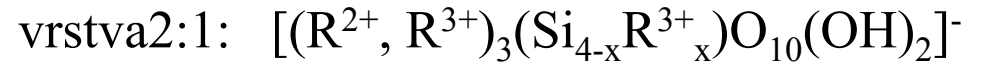


Fig. 1-1. [010] view of structures of major physil mineral groups. From Bailey, 1980. Copyright 1980 London Miner. Soc.

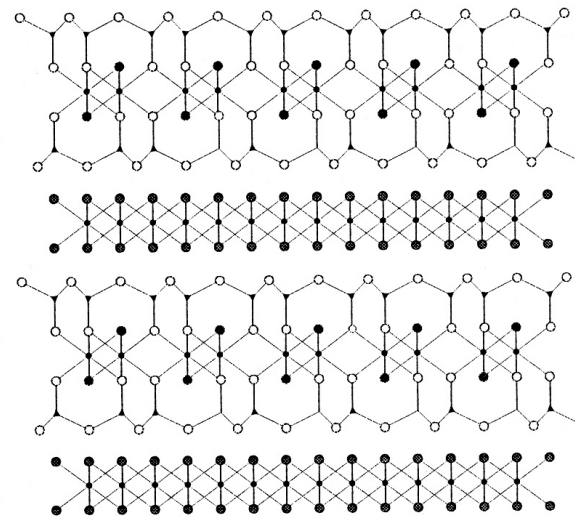
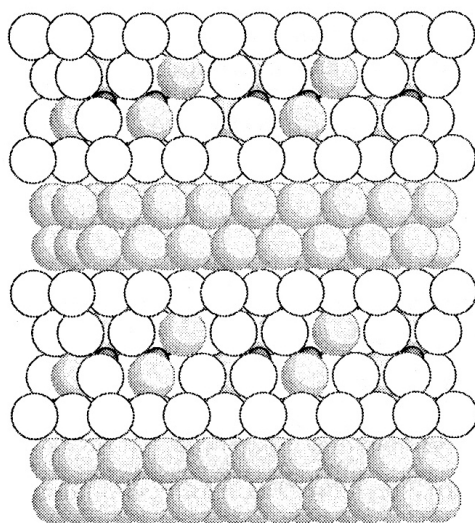
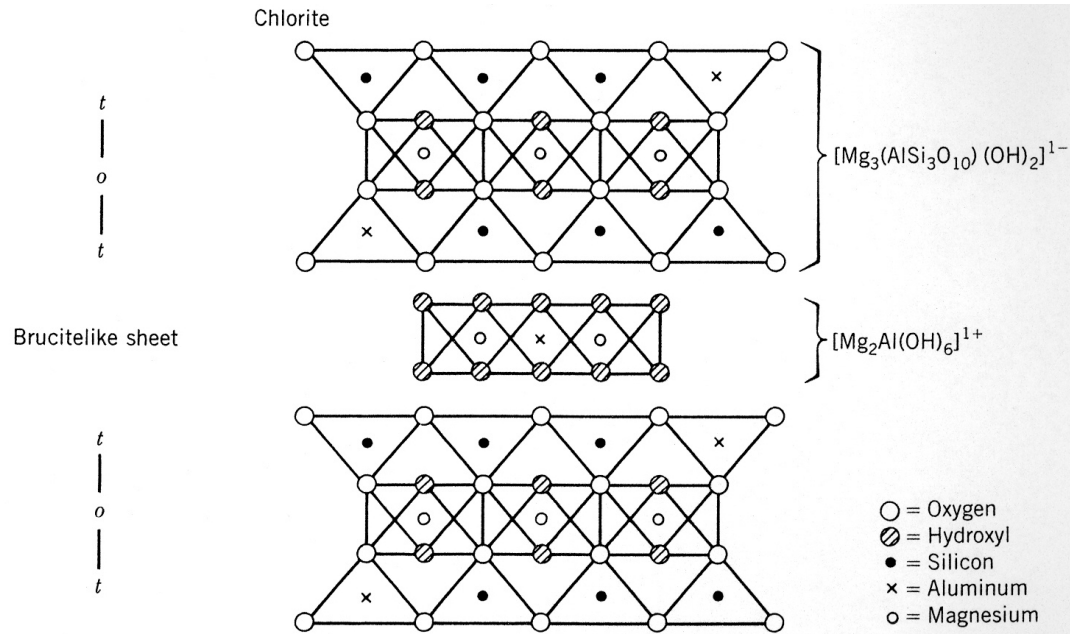
# struktura minerálů skupiny chloritu



obecný vzorec:



# další zobrazení struktury chloritů



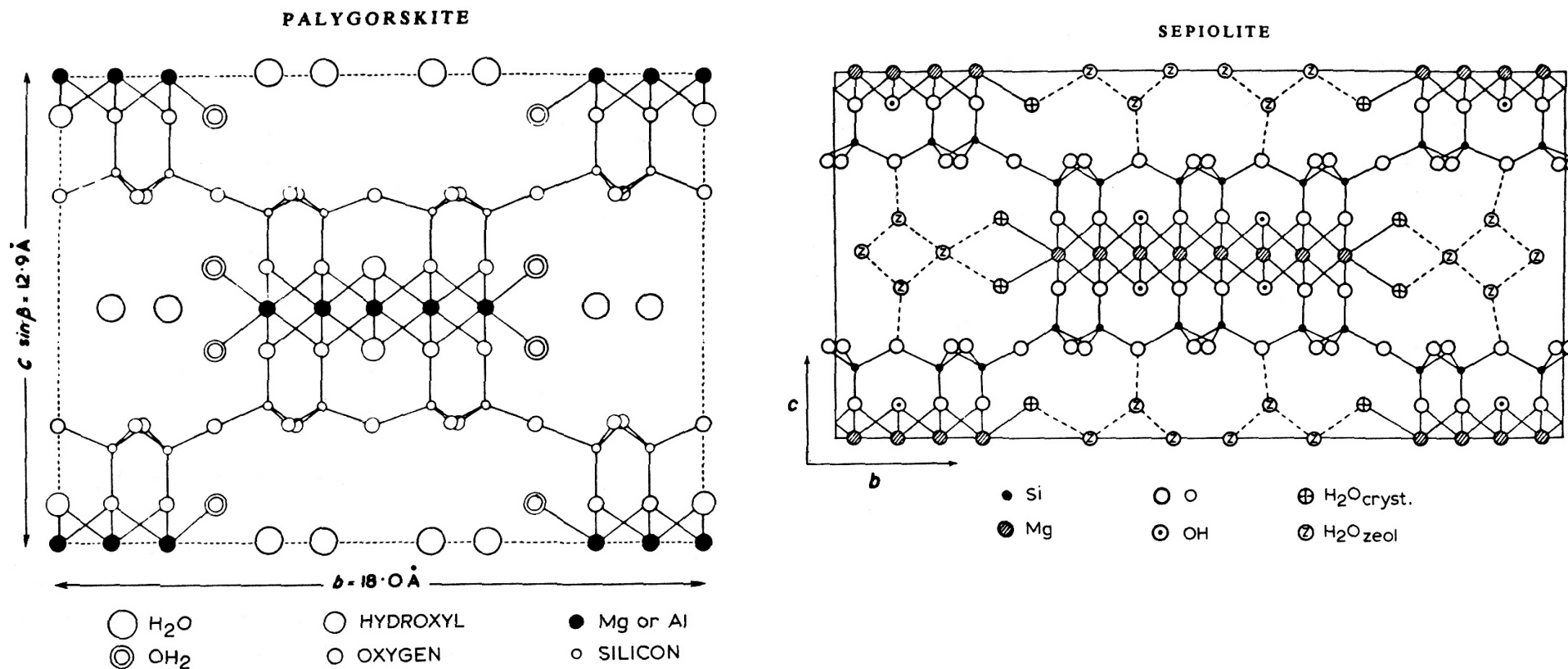
← Si, Al  
 ← Al, Mg, Fe  
 ← Si, Al  
 ← Al, Mg, Fe

Tab. 2.2.15 Ideální složení chloritů, které se mohou vyskytovat v půdách podle Baylisse (1975), Barnishela a Bertsche (1989) a Kohuta (1994), všichni in Kohut a Warren (2002) a podle Bernarda (1992)

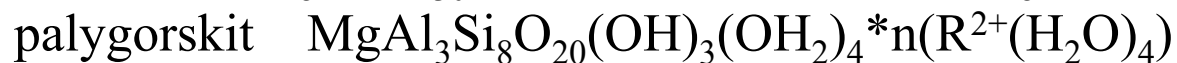
jméno	podskupina	složení okt. vrstvy v 2:1 vrstvě	mezivrství	ideální koncový člen	CEC <sup>+</sup> (meq/100g)	měrný povrch <sup>++</sup> (m <sup>2</sup> /g)
Clinochlor	trioktaedrická	trioktaedrická	trioktaedrické	(Mg <sub>5</sub> Al)(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Chamosit	trioktaedrická	trioktaedrická	trioktaedrické	(Fe <sub>5</sub> <sup>2+</sup> Al)(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Pennin	trioktaedrická	trioktaedrická	trioktaedrické	(Mn <sub>5</sub> <sup>2+</sup> Al)(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Nimit	trioktaedrická	trioktaedrická	trioktaedrické	(Ni <sub>5</sub> Al)(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Baileychlor	trioktaedrická	trioktaedrická	trioktaedrické	(Zn <sub>5</sub> Al)(Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Donbassit	dioktaedrická	dioktaedrická	dioktaedrické	(Al Fe <sup>3+</sup> Mg) <sub>4-6</sub> (Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Cookeit	di, trioktaedrická	dioktaedrická	trioktaedrické	Li Al <sub>4</sub> (Si <sub>3</sub> Al) O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Sudoit	di, trioktaedrická	dioktaedrická	trioktaedrické	(Al Mg) <sub>4-6</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
Franklinfurnaceit	tri, dioktaedrická	trioktaedrická	dioktaedrické	Ca <sub>2</sub> Fe <sup>3+</sup> Mn <sub>3</sub> <sup>2+</sup> Mn <sup>3+</sup> Zn <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	1-2,5	26-45
*Zvětralé chlority s částečně nebo úplně odstraněným hydroxidovým mezivrstvím mají CEC 140 meq/100g (Barnhisel a Bertsch, 1989 in Kohut a Warren, 2002)						
**Měrný povrch primárních chloritů frakce jílu a prachu je 26-45 m <sup>2</sup> /g a CEC 1, 1,5, 1,8 a 2,5 meq/100g (Kohut, 1994 in Kohut a Warren, 2002)						
obecný vzorec trioktaedrických chloritů je: (R <sup>2+</sup> , R <sup>3+</sup> ) <sub>3</sub> <sup>VI</sup> (Si <sub>4-x</sub> Al <sub>x</sub> ) <sup>IV</sup> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> (R <sup>2+</sup> , R <sup>3+</sup> ) <sub>3</sub> <sup>VI</sup> (OH) <sub>6</sub>						

minerály skupiny chloritů mají vrstvy typu 2:1 (TOT), kde oktaedrická síť může být dioktaedrická i trioktaedrická, náboj vrstvy 2:1 je vázán na tetraedry, kde dochází k substituci 1 Al za 1 Si na 4 Si, tento náboj je naprosto vyrovnán mezivrstvím, proto jejich celkový náboj je cca 0 v mezivrství je další oktaedrická síť, opět může být di i trioktaedrická, kationty v oktaedrech mezivrství jsou obklopeny OH skupinami nejčastější jsou chlority s trioktaedrickou sítí v 2:1 vrstvě i v mezivrství

# palygorskit, sepiolit

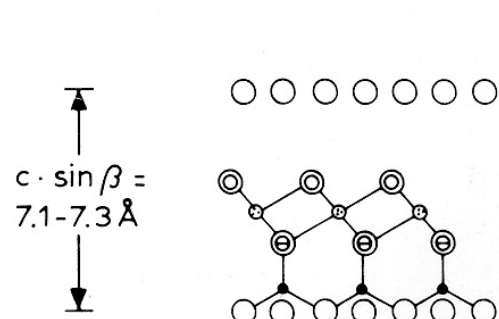


mají porušené periodické opakování vrstvy 2:1, tetraedry mají periodicky inverzní polohu, toto způsobuje ve struktuře vznik větších dutin (kanálek), ve které je např. voda, podobná vodě zeolitů, nebo v dutině je vyměnitelný kationt, krystalochemické obecné vzorce:

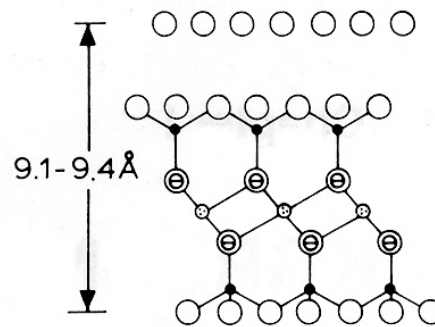




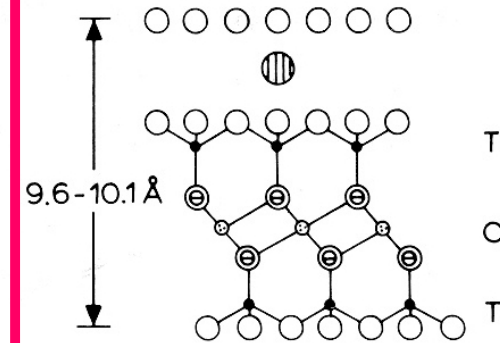
# Schema struktury smíšeně vrstevných minerálů



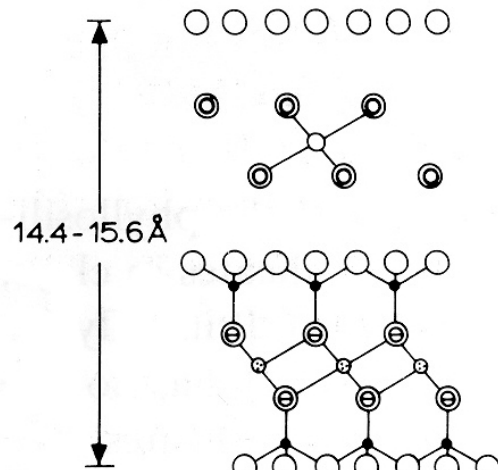
Serpentine - kaolin ( $X \sim 0$ )



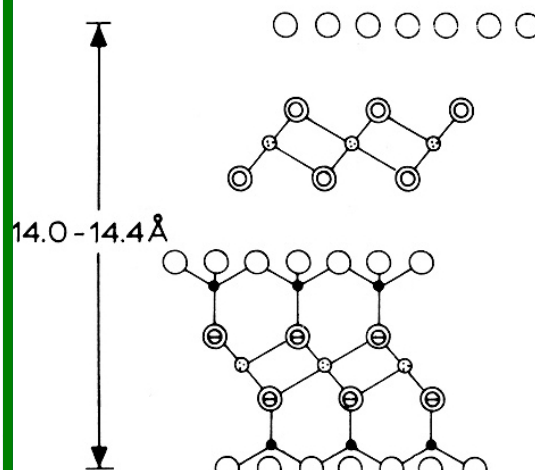
Talc - pyrophyllite ( $X \sim 0$ )



Mica ( $X \sim 1.0$ ) and brittle mica ( $X \sim 2.0$ )



Smectite ( $X \sim 0.25 - 0.6$ ) and Vermiculite ( $X \sim 0.6 - 0.9$ )



Chlorite ( $X$  is variable)

- = Tetrahedral cation
- ⊙ = Octahedral cation
- ⊖ = Interlayer cation
- = Exchangeable cation

- = Oxygen
- ⊙ = Hydroxyl group
- ⊖ = Water molecule
- ⊖ = Oxygen + hydroxyl (in projection)

Fig. 1-1. [010] view of structures of major physil mineral groups. From Bailey, 1980. Copyright 1980 London Miner. Soc.



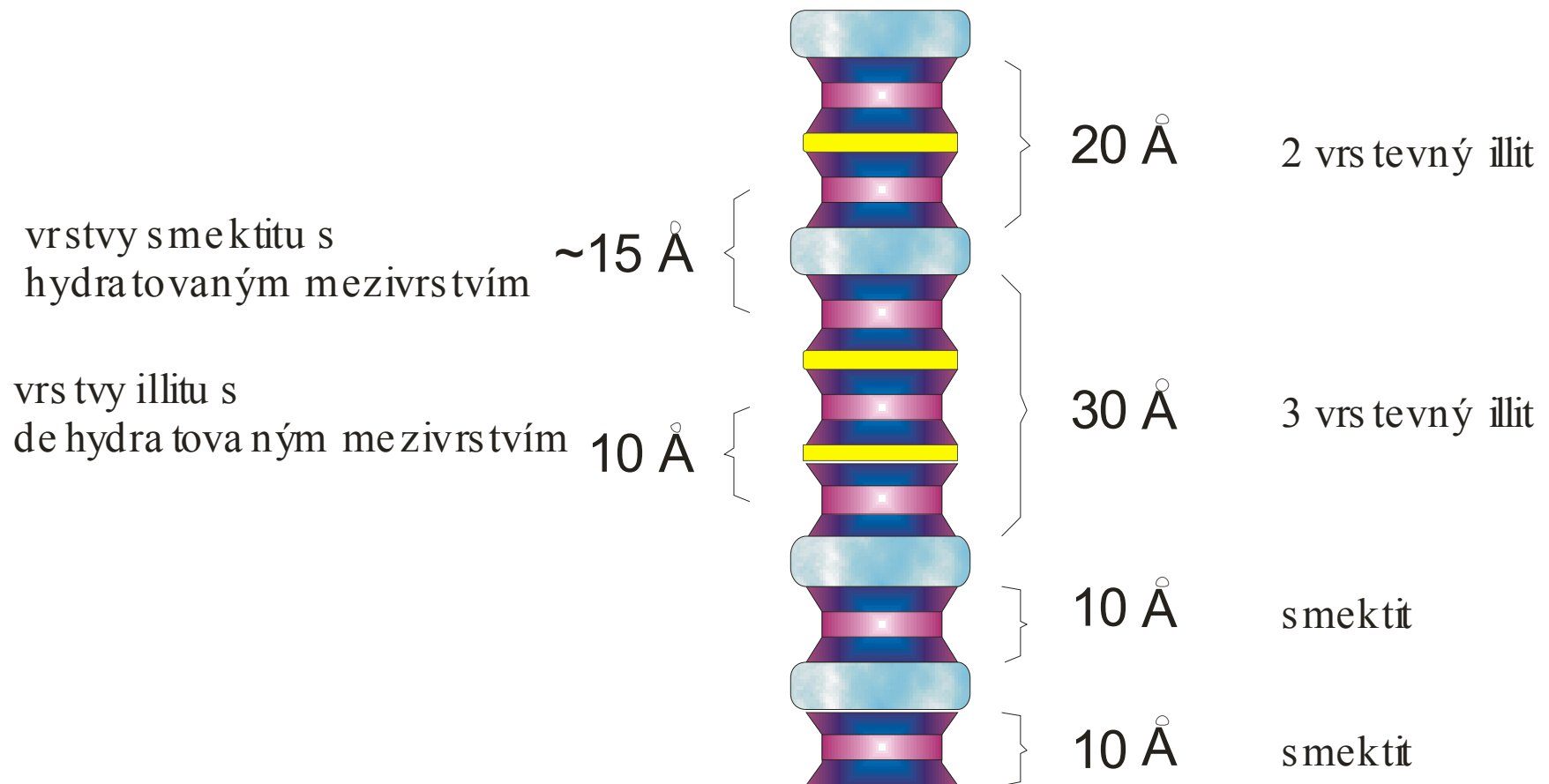
podle Altaner and Bethke, 1988

## MacEwanův kryštalit

(Reynolds, 1985)

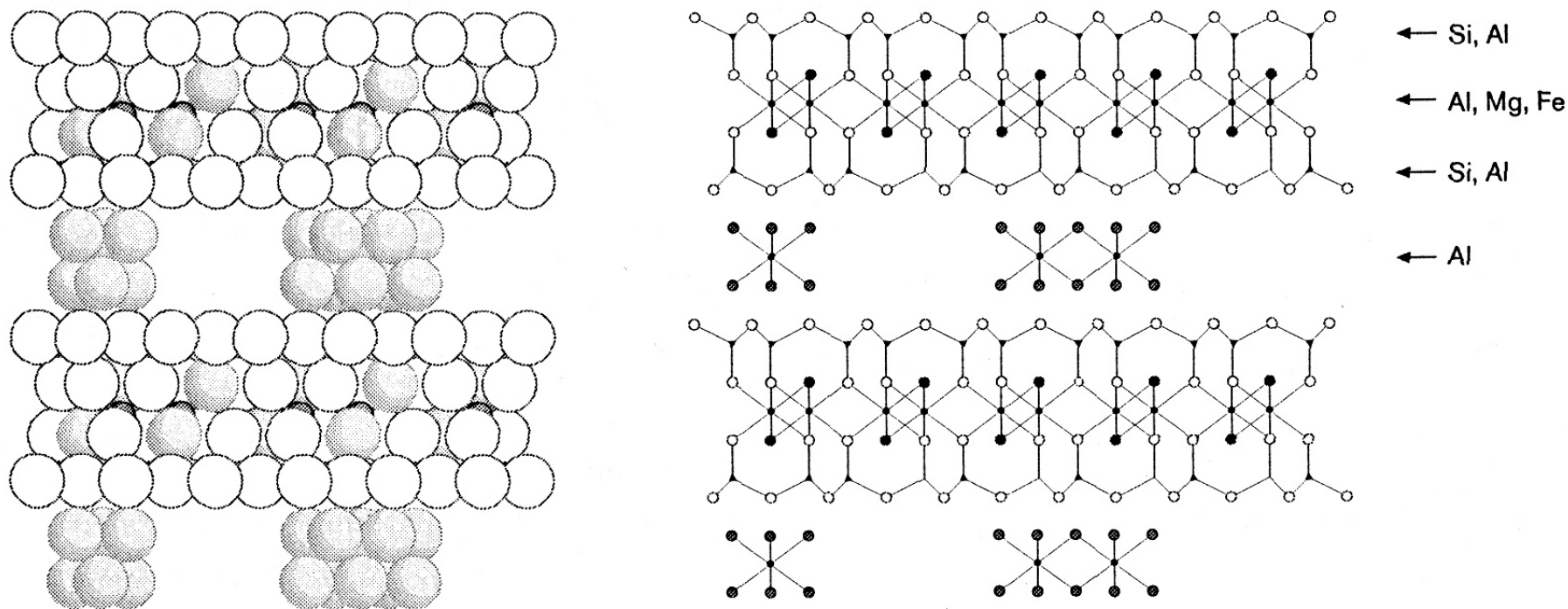
## Fundamentální částice

(Nadeau et al., 1984)



# Struktura smíšeně vrstevného minerálu illit-smektit

# Al-hydroxi mezivrstevný smektit a vermikulit (v některých oblastech mezivrství jsou nevyměnitelné Al-hydroxidy)



**Obrázok 6.13** Schéma štruktúry vermikulitu a smektitu s Al-hydroxidmi v mezivrství.

Tab. 2.2.12 Ideální chemické složení minerálů skupiny slíd, křehkých slíd a hydroslád, které jsou nejrozšířenější v půdách a v povrchovém prostředí podle Thompsona a Ukrainczyka (2002), Bernarda et al. (1992) a Šuchy (2002)

jméno	chemický vzorec	krystalová soustava	složení okt. vrstvy	poznámka	náboj (mol/vzorč. jedn.)	CEC (meq/100g)	měrný povrch (m <sup>2</sup> /g)
Flogopit	$\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	1polytyp mon, 1 trig	trioktaedrická	sk. slíd	1	5-15	
Biotit	$\text{K}(\text{Mg}_{0,6-1,8} \text{Fe}_{2,4-1,2})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	2 polytypy mon, 1trig	trioktaedrická	sk. slíd	1	5-15	
Annit	$\text{KFe}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	mon	trioktaedrická	sk. slíd	1	5-15	
Lepidolit	$\text{K}(\text{Li Al})_3(\text{Si Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	2 polytypy mon, 1trig	trioktaedrická	sk. slíd	1	5-15	
Clintonit	$\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2] + \text{CaMg}_3[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	směsný krystal	trioktaedrická	sk. křehkých slíd	2	5-15	
Paragonit	$\text{NaAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	2 polytypy mon	dioktaedrická	sk. slíd	1	5-15	
Muskovit	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	3 polytypy mon, 1 trig	dioktaedrická	sk. slíd	1	5-15	
Fengit	$\text{K}[\text{Al}_{1,5}(\text{Mg}, \text{Fe})_{0,5}](\text{Si}_{3,5}\text{Al}_{0,5})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	odr. muskovitu	dioktaedrická	sk. slíd, odr. musk.	1	5-15	
Illit	$\text{K}_{0,89}(\text{Al}_{1,85} \text{Mg}_{0,10} \text{Fe}_{0,05})(\text{Si}_{3,2} \text{Al}_{0,8})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	3 polytypy mon, 1 trig	dioktaedrická	sk. hydroslád	0.75	15-40	150 * 10 <sup>3</sup> (mořské sed.)
Glaukonit	$\text{K}_{<1}(\text{Fe}^{3+} \text{Al})(\text{Mg} \text{Fe}^{2+})(\text{Si Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	2 polytypy mon	dioktaedrická	sk. slíd	0.8	15-40	
Margarit	$\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	mon	dioktaedrická	sk. křehkých slíd	2	5-15	