

Je uložení radioaktivních odpadů do horninového prostředí bezpečné?

Co víme o chování radioaktivních a dalších prvků v horninách

Josef Zeman

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav geologických věd
Brno

„Vyhořelé“ jaderné palivo

vysoce aktivní radioaktivní odpad (HLW – high level waste)

- štěpné produkty zůstávají především součástí UO_2
- 3 % tvoří štěpné produkty ^{235}U a ^{239}Pu
- všechny prvky od Zn až po lanthanidy
- nejvýznačnější dvě skupiny
 - Zr, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag
 - I, Xe, Cs, Ba, La, Ce, Nd
- středně až dlouhodobé: ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{99}Tc , ^{129}I



Kazeta čerstvého jaderného paliva společnosti TVEL, používaná v jaderné elektrárně Temelín
(Z továrny na výrobu paliva MSZ – Mashinostroitelny zavod)

Uložení

Několik desítek let přímo v elektrárnách

- JED – 40 let – 1 940 t
- JET – 40 let – 1 790 t

Na dobu 100 tis. až 1 mil. let

- sklad?
- přírodní prostředí



Skladovací kontejnery CASTOR v meziskladu použitého jaderného paliva v jaderné elektrárně Dukovany
(Zdroj: ČEZ, foto: Jan Sucharda)

Uložení do přírodního prostředí

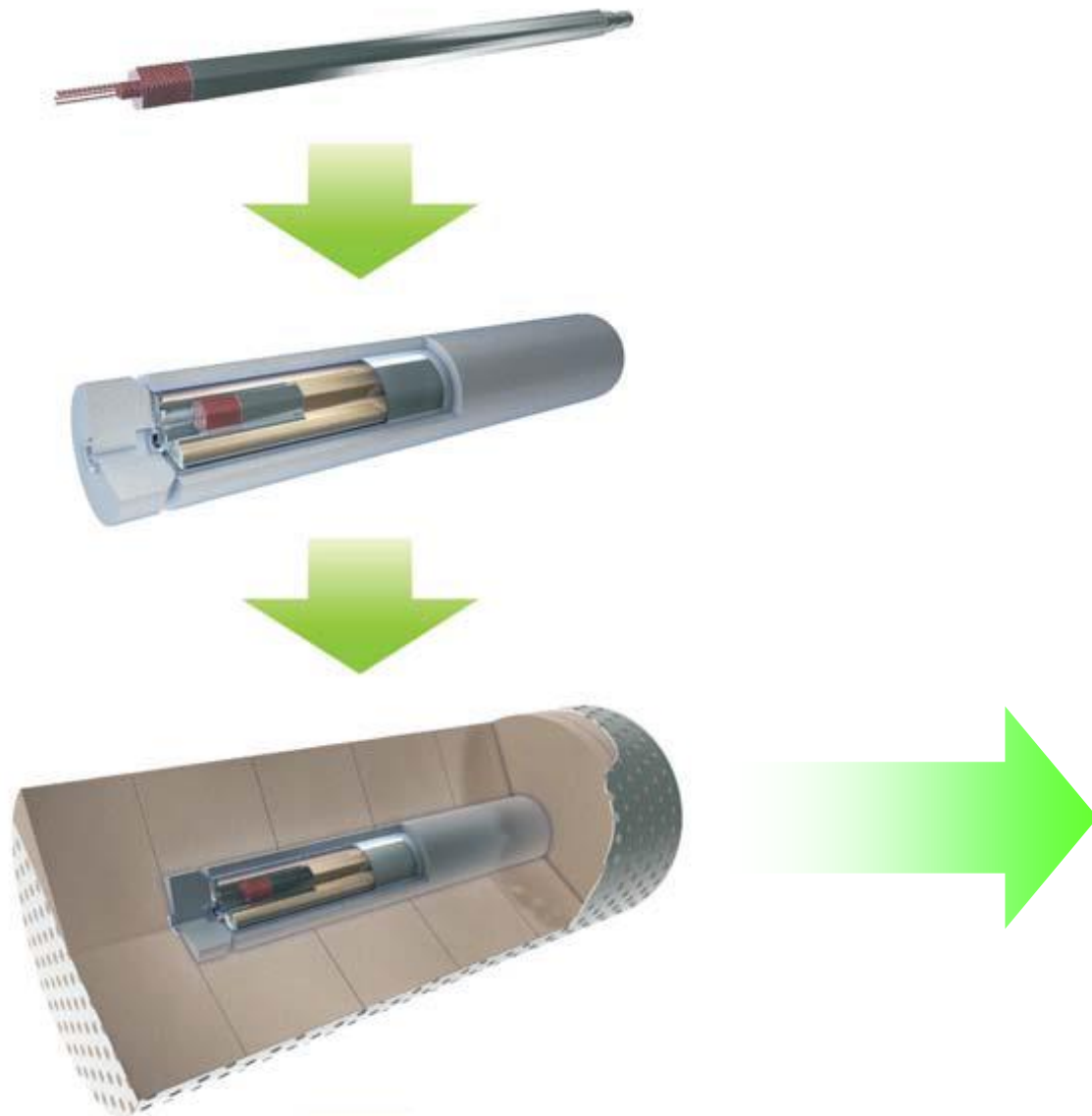
Zamezit migraci Ize

- nepřítomností vody
- zabráněním mechanickému porušení

Uložení musí chránit před radiací

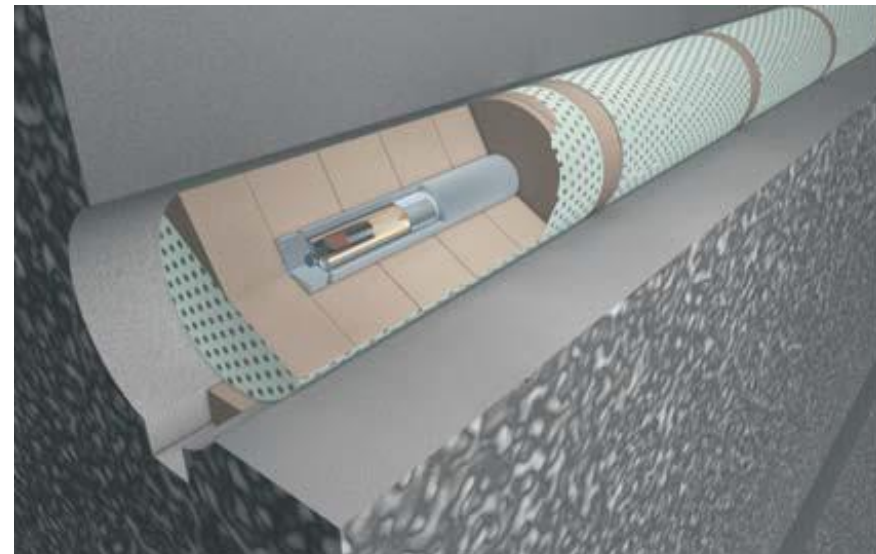
- sklad?
- přírodní prostředí

Uložení do přírodního prostředí

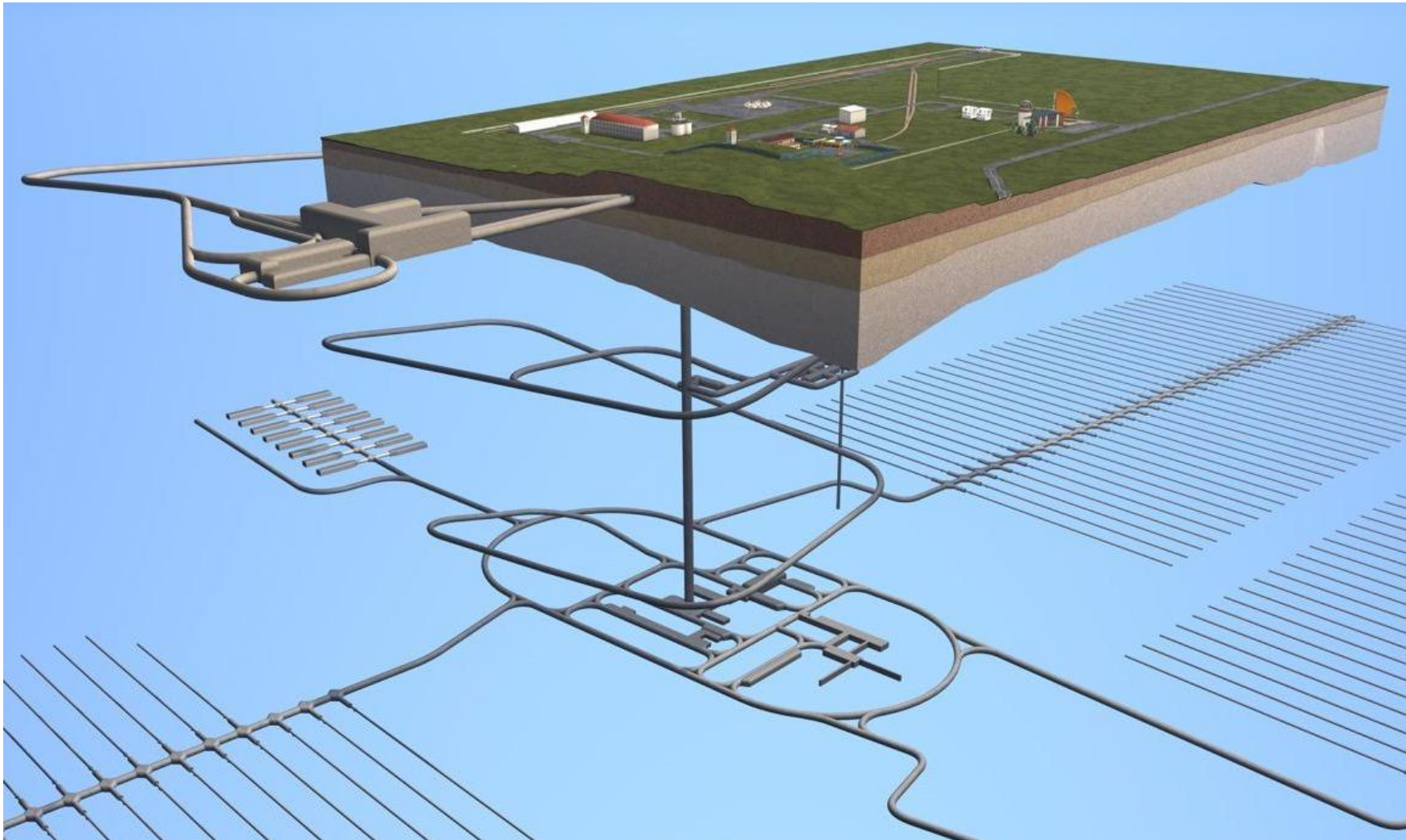


Kombinace

- palivový článek
- kovový kontejner
- bentonitové těsnění
- přírodní bariéra



Uložení do přírodního prostředí



Situace v zahraničí

- Švédsko – žula (Forsmark schváleno)
- Finsko – žula (Olkiluoto schváleno)
- USA – tuf (Yucca Mountain) – zastaveno v r. 2010
- Francie – jíly (Cigéo schváleno)
- Švýcarsko – výběr ze šesti lokalit
- Japonsko – výběr lokalit
- Belgie – (Boom clay?)
- Španělsko – žula, jíly, solné formace?
- Nizozemsko – přechodné skladování 100 let



Švédské Äspö –
zázemí areálu
podzemní
laboratoře
(Zdroj: SKB; fotograf: Curt-Robert
Lindqvist)

Geologický průzkum
v podzemní
laboratoři Onkalo ve
Finsku
(Zdroj: Posiva; fotograf: Jussi Partanen)



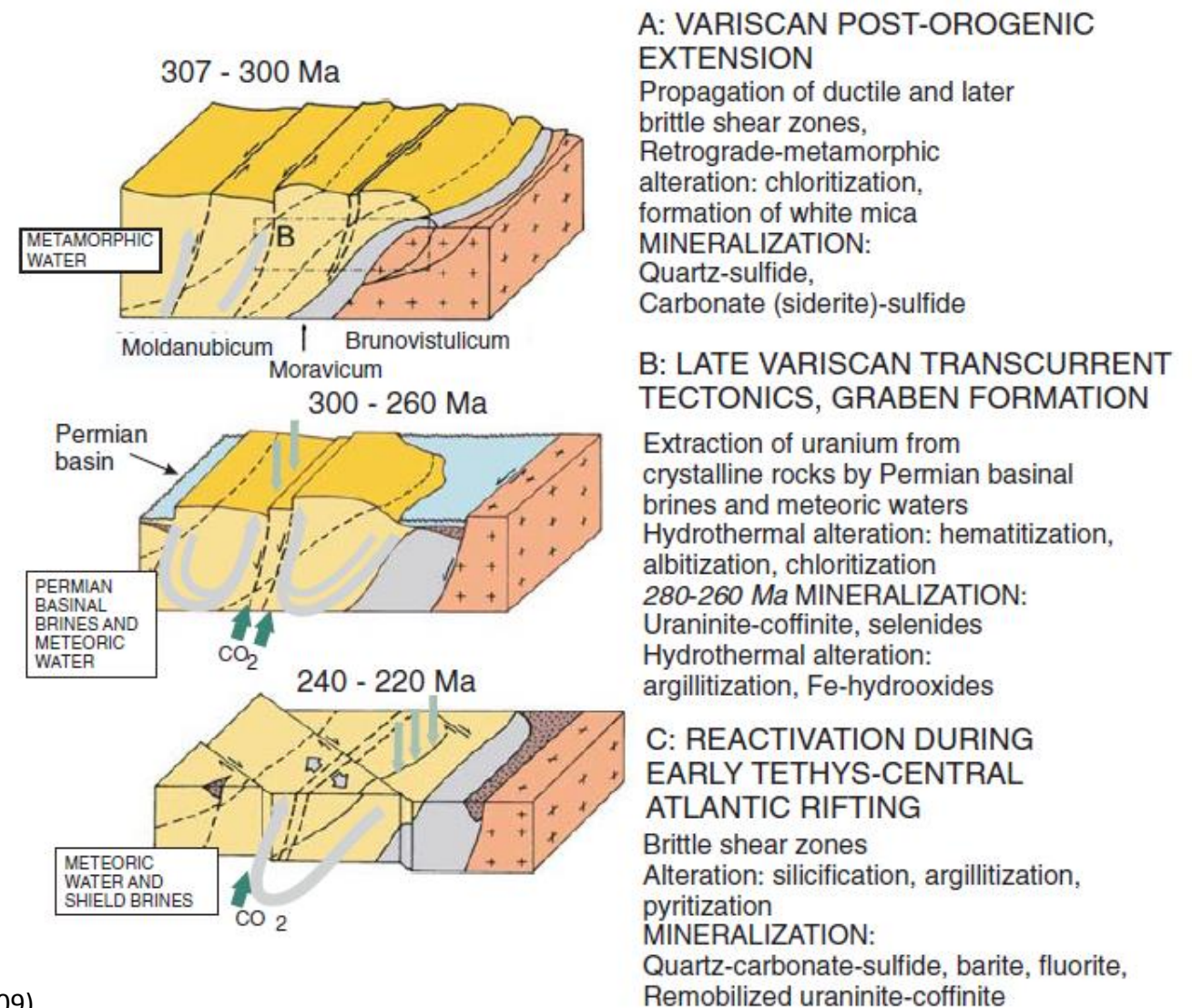
Ve všech zemích vybudovány hlubinné podzemní výzkumné laboratoře.

Je třeba odpovědět na klíčové otázky

- Jak se chovají radioaktivní prvky v horninách (U a další)?
- Jaký bude vliv horninového prostředí na materiály úložiště?
- Mohou se radioaktivní prvky uvolnit?
- Co by se s nimi stalo?

Jak se chovají radioaktivní prvky v horninách

- hlavní část zemské kůry je tvořena stabilními silikáty
- kovy vázány především v podobě oxidů a silikátů
- jejich uvolňování v oxidačních podmínkách (kontakt s atmosférou)
- stabilita či záchyt v redukčních podmínkách (bez kontaktu s atmosférou)



Jaký bude vliv horninového prostředí na materiály úložiště?

Stabilita materiálů – známe jen po omezenou dobu

- železo – doba železná, zhruba 14 000 let
- měď – doba měděná (eneolit) zhruba 7 000 let
- beton – přírodní hydraulický cement (puccolan), zhruba 2000 let
- bentonit – přeměna, interakce s podzemní vodou, koloidy – miliony let



<https://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n> (2015)

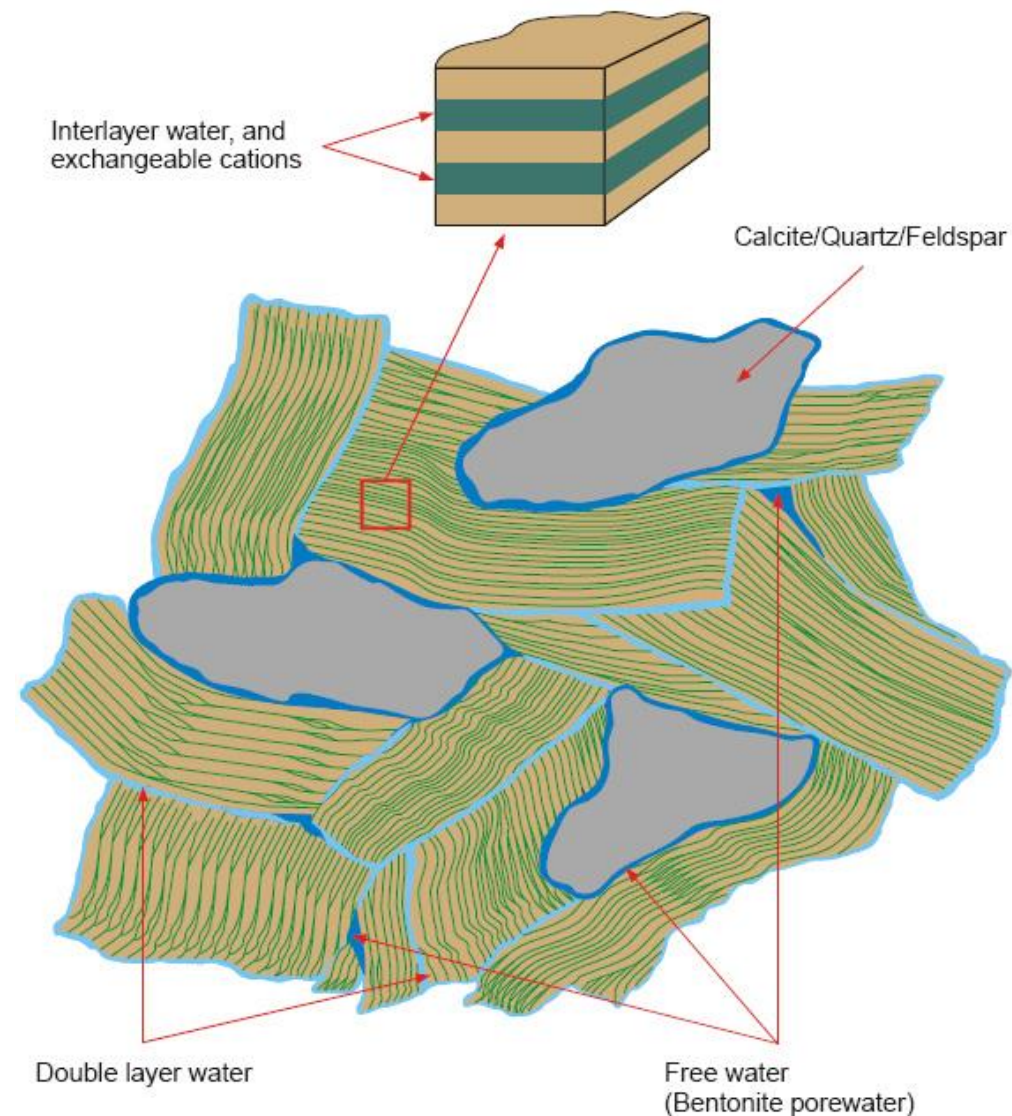


The UV-curable coatings are designed for corrosion protection Source: artSILENSEcom - Fotolia.com (2015)

Mohou se radioaktivní prvky uvolnit?

Bentonit

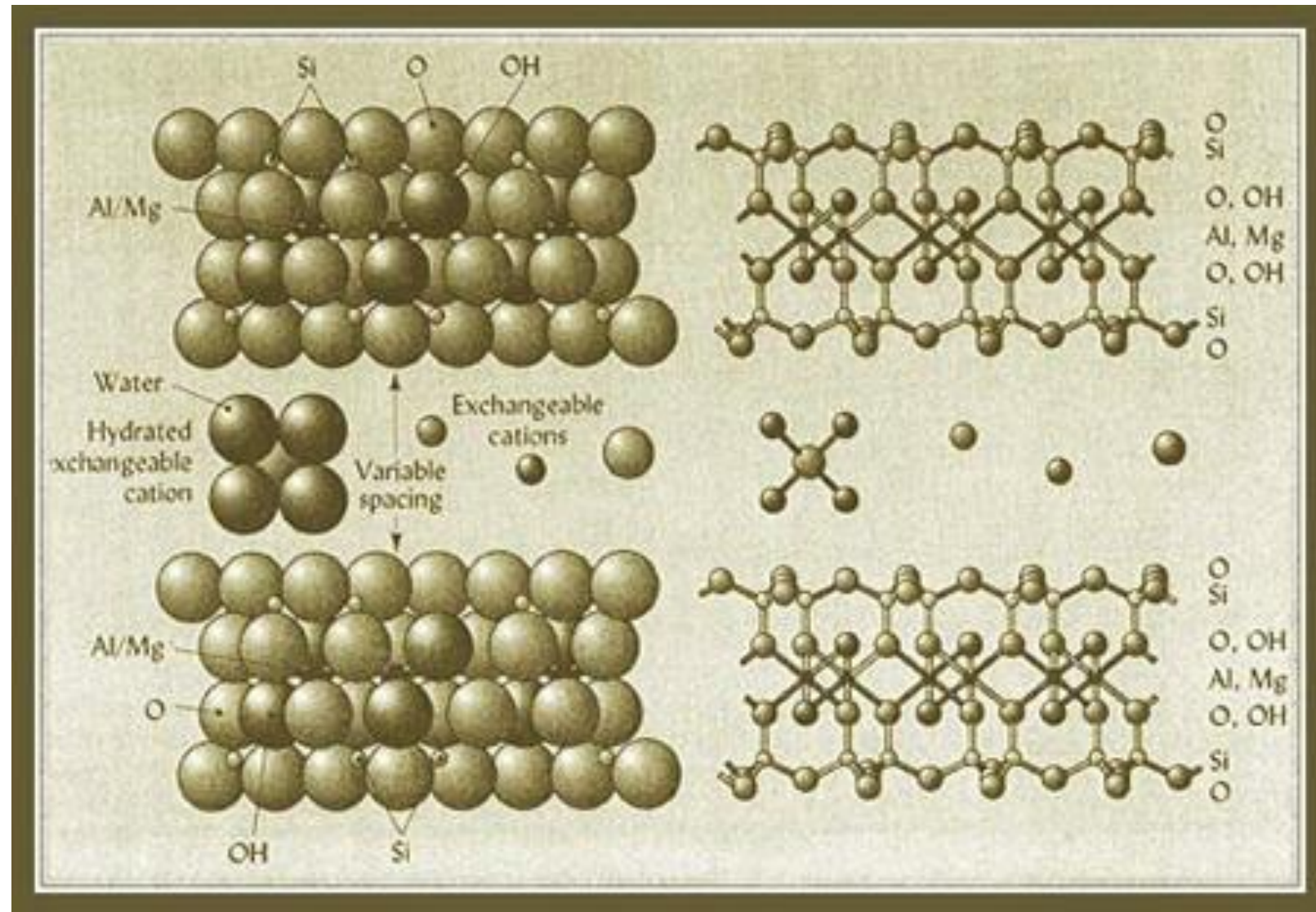
- montmorillonit hlavním minerálem
- bobtnání
- sorpce



Co by se s nimi stalo?

montmorillonit

- montmorillonit
hlavním
minerálem
- bobtnání
- sorpce





Děkuji za pozornost