

A black and white photograph of a forest stream with a waterfall. The stream flows through a dense forest of tall, thin trees. The water is turbulent as it flows over rocks, creating white foam. The text "OCHRANA PODZEMNÍCH VOD" is overlaid in the center of the image in a bold, serif font.

OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

VIII

PŘETRVÁNÍ DNAPL V PUKLINOVĚ PROPUSTNÝCH HORNINÁCH

Retenční kapacita

- samotné pukliny mají retenční kapacitu poměrně vysokou
- ve srovnání s průlinově propustnými horninami je v důsledku malé hustoty sítě puklin menší
- např. 200 μm pukliny v hustotě 1 m – 0,15 l/m³

Volná fáze

- vstup volné fáze je obdobný jako v průlinově propustných horninách
- pokud vstoupí do puklinového systému, migruje především puklinami s větším průměrem (menší vstupní tlak)
- riziko obrovského hloubkového průniku
- s rostoucím hloubkovým dosahem se současně zvyšuje mocnost volné fáze (z_n) a tím je umožněn i vstup do puklin s menším průměrem
- možný průnik i izolátory – jíly s puklinami 50 μm – během několika hodin
- tyto pukliny jsou běžně přítomny – riziko u málo mocných izolátorů
- současnými průzkumnými metodami nelze přesně zjistit orientaci a dosah puklin ani jejich průměr

Rozpouštění volné fáze DNAPL

- významně ovlivněno vlastnostmi prostředí – průměr puklin, hustota puklinové sítě, porozita matrix
- vlastnosti DNAPL – rozpustnost, difuzivní koeficient

- rozpouštěné molekuly DNAPL mohou difundovat nejen do puklin, ale i do pórů matrix horniny
- s rostoucí pórovitostí matrix roste možnost potenciálního difúze mimo puklinový systém

Pórovitosti matrix geologických materiálů

značná u *sedimentů* a jejich *slabě metamorfovaných ekvivalentů*

- jíly a prachovité sedimenty – 20 – 70%
- břidlice, prachovce, pískovce, slepence – 5 – 20%
- i některé vápence a dolomity – cca 1 – 5% (značně proměnlivé)
- velikost pórů matrix je ve srovnání s puklinami malá a neumožňuje proudění kapalin

krystalinické horniny

- velmi nízké hodnoty – výrazně pod 1%
- např. granity – běžně jen 0,5 %

Velikosti puklin

- obecně jen orientační hodnoty – vždy nutno zjistit na konkrétní lokalitě
- mělce uložené jílovité sedimenty- běžně se vyskytují pukliny s průměrem v jednotkách až prvních desítkách μm - až $100 \mu\text{m}$
- pískovce a břidlice - průměry puklin nejčastěji ve vyšších desítkách až prvních stovkách μm
- krystalinické horniny - průměr puklin často převyšuje $100 - 300 \mu\text{m}$

Difúze kontaminantů do pórů matrix

- významná zejména pro ty horniny, jejichž matrix má vyšší tzv. celkovou retenci rozpuštěných a sorbovaných kontaminantů, než je celková retence puklin
- splňují prakticky všechny výše uvedené horniny (sedimenty), pokud nejsou silně zvětralé

$$M_m = \phi_m S_w R \quad \text{celková retence matrix}$$

$$M_f = \phi_f \rho_{nw} \quad \text{celková retence puklin}$$

PŘÍKLAD

Srovnajte celkovou potenciální hmotnostní retenci matrix a puklin jílu a sedimentární formace pískovců s jílovci pro DCM, TCE a PCE.

	ρ	S
DCM	1,33	20 000 mg/l
TCE	1,42	1100 mg/l
PCE	1,64	150 mg/l

Jíly

ρ	2b	hustota sítě	mocnost	ϕ_m	f_{oc}
1,6 g/cm ³	20 μ m	0,06 m	6 m	0,37	0,01

Sedimentární formace

ρ	2b	hustota sítě	mocnost	ϕ_m	f_{oc}
2,4 g/cm ³	20 μ m	0,06 m	6 m	0,10	0,001

$$\frac{D_e^*}{D_e} = \tau \cong \phi^p$$

obecný vztah – tortuozita
faktor $p = 1,3 - 5,4$

$$R = 1 + \frac{\rho_b}{\phi_m} K_d$$

$$K_d = K_{oc} f_{oc}$$

$$M_t = \phi S_w \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{RD_e^* t}$$

celková hmotnost kontaminantu difundovaného
do matrix horniny na jednotkovou plochu pukliny

$$t_D = \frac{\pi \rho^2}{16 S_w^2 \phi_m^2 D_e^* R} (2b)^2$$

v daném bodě při daném M_t lze určit čas vymizení
kapalné fáze DNAPL z puklin
Jen orientační – neuvažuje hustotu sítě puklin

časy vymizení volné (kapalné) fáze DNAPL se v sedimentárních horninách mohou pohybovat v jednotkách až desítkách let (event. stovkách let – krystalinikum)

tento jev významně přispívá k omezení možnosti migrace volné fáze DNAPL

VLIV NAPL NA PROPUSTNOST JÍLŮ

- interakce organických kapalin s nízkými hodnotami dielektrické konstanty s jílovými minerály - intruze organických molekul do bazálního mezivrstevního prostoru bobtnajících jílových minerálů a expanze nebo kontrakci bazálního prostoru ve směru krystalové osy c
- teoreticky - všechny jílové minerály - může docházet k pronikání organických kapalin do pórů, vytěsňování vody a k elektrostatickému odpuzování shodně nabitých povrchů jílových minerálů
- výsledkem obou procesů je srážení objemu horniny a vznik trhlin zvyšujících propustnost jílu
- původní předpoklad – všechny organické kapaliny s hodnotami dielektrické konstanty výrazně menšími než voda mohou způsobovat vznik trhlin v jílovitých horninách
- chybný – nesmáčeující kapaliny se nemohou dostat do přímého kontaktu s minerály – existují obalové vrstvy smáčeující kapaliny (i v nenasycené zóně) – jen rozpouštění – roztoky nemohou expanzi krystalových mřížek způsobit
- jev je významný u organických kapalin neomezeně mísitelných s vodou – prokazatelný vznik nově vytvořených trhlin

BILANCE KONTAMINANTŮ V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ

zjištění kontaminace – zjištění rozsahu a intenzity kontaminace – analýza rizika – bilance kontaminace – sanace x monitoring

$$M_T = (CnV_T) + (S\rho_b V_T)$$

$$M_T = nCV_T R$$

podobně pro aerační zónu

$$M_{DNAPL} = V_T n s_r \rho_{DNAPL}$$

rozlišení pro kapalně reziduální
a akumulaci volné fáze