

**Stanovení migračních parametrů
jako podklad pro využití
nanoželeza při sanaci
podzemních vod**

**Ivan Landa, Pavel Šimek,
Markéta Sequensová, Adam
Borýsek**

Úvod do MZ

- nezbytné údaje o podmínkách šíření znečištění
- znalosti primárních zákonitostí šíření látek
- nelze vyprojektovat optimální sanační a monitorovací systémy
- nejsou prováděny žádné práce

Interpretace migračních zkoušek

- velké množství analytických metod
- rigorózní matematický základ
- dostatečné informace o podzemním prostředí
- využitelné nezávisle
- zpřesnění numerických modelů a geometrie proudění
- geologická charakteristika míst, litologický typ horninového prostředí

nálevková zkouška

Úvod

- nejjednodušší metoda
- poskytne relativně spolehlivé informace
- interpretace výsledků snadná a rychlá
- rychlé získání základních informací o podmínkách migrace látek v pórovitém prostředí

Schéma zkoušky

- Dotace indikátoru v průběhu nálevové zkoušky s následným odčerpáním
- dvě základních kategorie:
 - a) v ovlivněném hydrodynamického poli,
 - b) neovlivněném hydrodynamickém poli.

Zkouška v neovlivněném hydrodynamickém poli

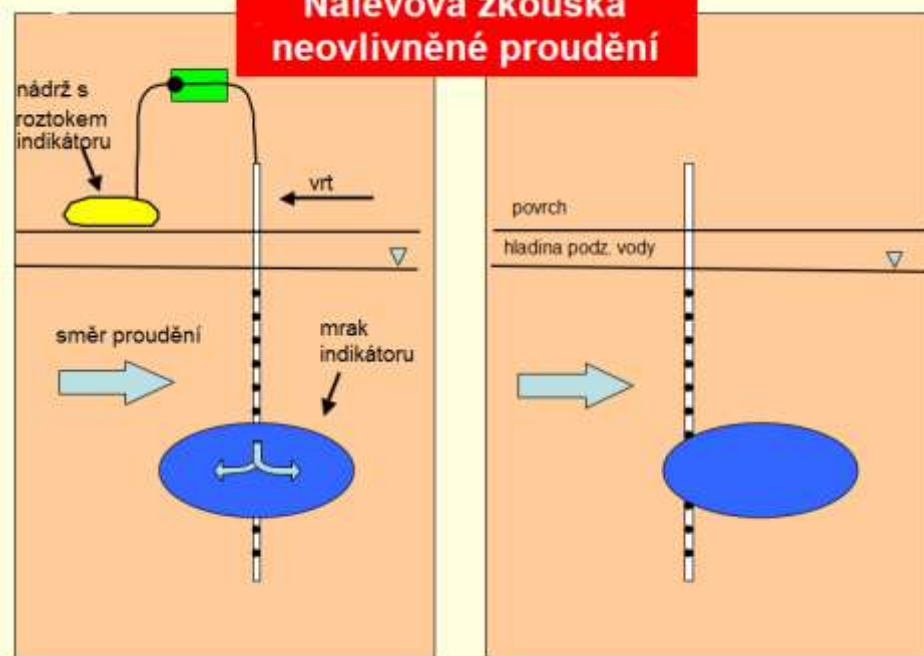
- provedeme nálev stopovače do zvodněného systému
- ponecháme indikátor v klidu
- relativně rychle indikátor odčerpáme
- získáme informaci o výměně indikátoru (difúzi a sorpci) v rámci zvodně

Zkouška v ovlivněném hydrodynamickém poli

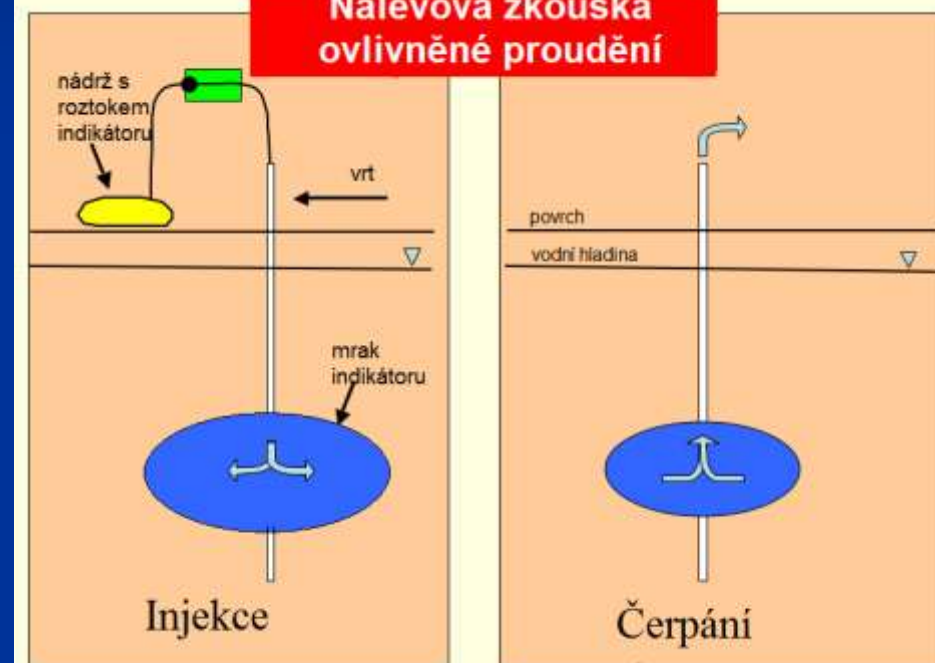
- obdobné jako u předchozího typu
- indikátor se začerpává, dojde k ovlivnění hydrodynamického pole
- dotace čisté vody

Schéma MZ

Nálevová zkouška neovlivněné proudění



Nálevová zkouška ovlivněné proudění



Interpretace - neovlivněné hydrodynamické pole

- z množství vody potřebného k odčerpání indikátoru spočítáme skutečnou rychlost proudění podzemní vody

$$v_s = \frac{\sqrt{Qt_p / \pi a m}}{t_d}$$

- plošné radiální proudění, ustálené proudění během nálevové a čerpací fáze. výpočet kinematické pórovitosti:

$$\varepsilon = \frac{\pi m K^2 i^2 t_d^2}{Qt_p}$$

- pouze Darcyho rychlost
- hodnoty kinematické pórovitosti, nebo hodnoty koeficientu filtrace K obtížně odhadnutelné

Interpretace - ovlivněné hydrodynamické pole

- Teoretická koncentrační křivka je definována:

$$\bar{C}^* = 0,5 \operatorname{erfc}(B), B = \frac{\bar{t} - 1}{\sqrt{\frac{16}{3Pe^* \psi(\bar{t})}}}$$

- heterogenní prostředí, nekonečná kapacita - postup dle Šestakov, Baškatov (1974)

- podmínka při nálevu:

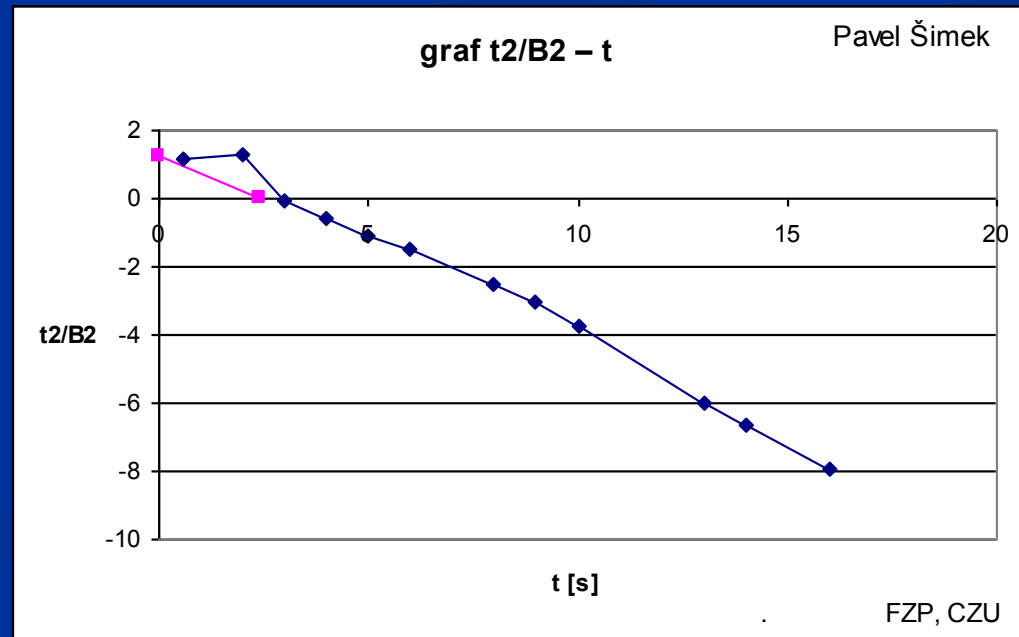
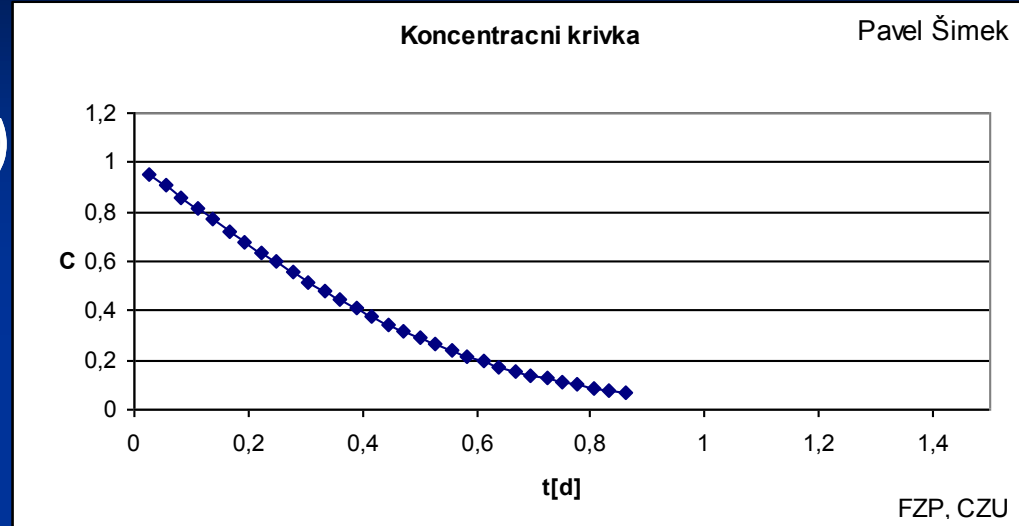
$$\frac{D_m \pi r^2 \bar{m}}{m n_p Q_n} < 0,025 \quad \text{tj.: } r = \sqrt{\frac{Q_n t_n}{\pi m l n_n}}$$

- Doba potřebná pro zpětné odčerpání:

$$t_\ell = \frac{n_\ell Q_n}{n_n Q_\ell} t_n$$

Vlastní postup

- sestrojít křivku $(C - t)$
- pro různé C spočítat $B_{\check{c}} = \text{inverfc}C$.
- vypočteme t^2/B^2 a sestrojíme křivku $(t^2/B^2) - t$



- určíme průsečíky s osami x a y (t_A a $(t^2/B^2)_A$)

- spočítáme hodnotu poměrné změny pórovitosti:

$$\frac{n_n}{n_{\tilde{\epsilon}}} = \frac{Q_n t_n}{Q_{\tilde{\epsilon}} t_A}$$

a parametru:

$$\frac{n_p}{(mn_{\tilde{\epsilon}})^2} = \frac{Q^2 t}{Q_{\tilde{\epsilon}}^2 D_m \left(\frac{t^2}{B^2} \right)_A}$$

- v případě, že použijeme nesorbující indikátor vypočítáme mocnost propustných vrstev:

$$m = \frac{Q_{\tilde{\epsilon}}}{Q_n n_{\tilde{\epsilon}}} \sqrt{\frac{D_m \left(\frac{t^2}{B^2} \right)_A n_p}{t_n}}$$

Dílčí závěr

- relativní nenáročnost
- základní údaje o pórovitém prostředí
- efektivnější projekt sanačních prací
- informace například o tom, dojde-li k promývání

Párová zkouška

Úvod

- jedním ze základních schémat určení migračních parametrů
- více parametrů
- dražší metoda
- komplikovaná interpretace

Schéma zkoušky

- do jednoho vrtu se vsakuje voda s indikátorem
- současně se v druhém vrtu podzemní voda čerpá
- vytvoří se uzavřené stacionární hydrodynamické pole
- v čerpacím vrtu se určuje koncentrace stopovací látky
- horizontální, vertikální

Klady a omezení

- puklinová či dvojitá propustnost
- poměrně spolehlivé hodnoty
- „efektivní“ parametry
- odpadá problém s odčerpáním vodou
- použití geoelektrických metod

Interpretace – Horizontální párová zkouška

- neomezená kapacita bloků
- typové křivky v $0,1 < C < 0,5$
odpovídají: $\bar{C} \cong 0,25 \log \left[\frac{\lambda(t^+ - 1)}{(1 + 0,01\lambda)^2} \right]$
- vyhodnotíme hydrogeologické podklady
- posoudíme homogenitu prostředí a stacionaritu hydrodynamického pole
- sestrojíme transformovanou koncentrační křivku v semilog. tvaru (C-log t^+)

postup interpretace

- sestrojíme typové křivky (C-log [1/B²]) pro různé
■ publikované křivky
- v intervalu 0,5 - 0,8: určíme nejvhodnější křivku
- určíme ■ a vypočteme komplexní migrační parametr: $S_b^2 D_m n_b = \frac{4qn}{\lambda R^2}$
- určíme C = 0,5, a hodnotu t_{0,5}, určíme orientačně parametr výměny látky: $S_b^2 D_m n_b \cong 0,01 \left(\frac{q}{R^2} \right)^2 t_{0,5}$
- pro C = 0,1 – 0,2 vypočteme přibližnou hodnotu migrační pórovitosti (n), tj. podílu průlin či puklin

Interpretace - Vertikální párová zkouška

- aproximací získáme řešení: $\bar{c} = 1 - (t_0 / t)^{3/2}$
- výpočet doby migrace po nejkratší proudnici
- kde: $\chi = (k_z / k_x)^{1/2}$ $t_0 = 0,4m^3n / Q\chi^2$
- α = koeficient vertikální anizotropie
- můžeme odhadnout komplexní parametr αn
- metoda superpozice, ve zvodni s počáteční zonálností
- bez použití speciálního stopovače

Dílčí závěr

- velmi efektivní způsob určování migračních parametrů
- důležité např. při hodnocení migrační schopnosti nanoželeza
- biodegradační metody
- náročnější na provedení

Závěr

- analytické vztahy jsou vhodné pro ocenění přibližné doby migrace znečištění
- lepší, efektivnější a reálný projekt sanačních prací
- není u nás ověřováno či prakticky použito
- dopracování metodických základů interpretace

Děkujeme

**Katedra environmentálního inženýrství a ochrany
prostředí, Fakulta životního prostředí, ČZU**

Tento příspěvek byl zpracován za finanční podpory a z prostředků
Celouniverzitní grantové agentury ČZU v rámci projektu č.20094202