

# **Význam hydraulických parametrů zemin pro určení obtížně sanovatelných lokalit ve vztahu k in situ technologiím**

**Jiří Slouka, Petr Beneš**

EKOSYSTEM, spol. s r.o., Praha  
VŠCHT Praha, Ústav chemie ochrany prostředí

# ***Obtížně sanovatelná lokalita***

- Omezená nebo zcela znemožněná aplikace standardních sanačních technologií
- ***Jakékoli*** použité sanační technologie vykazují ***vlivem prostředí*** nízkou efektivitu (tzn. žádná ze zvolených sanačních technologií nemůže být plně optimální)
- Vlivem vnějších faktorů se nedaří dosáhnout cílových parametrů sanace v požadovaném rozsahu nebo časovém horizontu

# ***Hydrogeologické parametry*** ***(podle Jetela, 1973)***

## ■ **Koeficient propustnosti**

Hmotnostní průtok tekutiny o jednotkové kinematické viskozitě, procházející jednotkovým filtračním průřezem daného pórovitého prostředí účinkem jednotkového tlakového gradientu působícího kolmo k ploše průtočného průřezu [ $\text{m}^2$ ]

## ■ **Koeficient hydraulické vodivosti** ***(koeficient filtrace)***

Průtočná rychlost při jednotkovém hydraulickém gradientu [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

# Návrh určení obtížně sanovatelných lokalit podle tříd propustnosti

Koeficient propustnosti $K$ [m <sup>2</sup> ]	Koeficient hydraulické vodivosti $k$ [m <sup>2</sup> ]	Třída propustnosti	Označení hornin podle stupně propustnosti	Obtížně sanovatelná lokalita
$> 1 \cdot 10^{-9}$	$> 1 \cdot 10^{-2}$	I	Velmi silně propustné	Ne
$1 \cdot 10^{-10} - 1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$	II	Silně propustné	Ne
$1 \cdot 10^{-11} - 1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$	III	Dosti silně propustné	Obvykle ne
$1 \cdot 10^{-12} - 1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}$	IV	Mírně propustné	Potenciálně ano
$1 \cdot 10^{-13} - 1 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$	V	Dosti slabě propustné	Pravděpodobně ano
$1 \cdot 10^{-14} - 1 \cdot 10^{-15}$	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$	VI	Slabě propustné	Ano
$1 \cdot 10^{-15} - 1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-7}$	VII	Velmi slabě propustné	Ano
$< 1 \cdot 10^{-15}$	$< 1 \cdot 10^{-8}$	VIII	Nepatrně propustné	Ano

## **„Terénní“ stanovení podle zrnitostních charakteristik**

<b>Charakter zeminy</b>	<b>Třída propustnosti</b>	<b>Pravděpodobnost obtížné sanace</b>
<b>štěrkovitá</b>	<b>I – II</b>	<b>téměř nulová</b>
<b>písčítá</b>	<b>I - III</b>	<b>minimální</b>
<b>písčito-jílovitá</b>	<b>III – IV</b>	<b>mírně zvýšená</b>
<b>jílovito-písčítá</b>	<b>IV – V</b>	<b>zvýšená</b>
<b>jílovito-prachovitá</b>	<b>V – VII</b>	<b>vysoká</b>
<b>jílovitá</b>	<b>VI – VII</b>	<b>velmi vysoká</b>
<b>kompaktní</b>	<b>VII – VIII</b>	<b>jednoznačná</b>

# *Další hydrogeologické faktory*

- pozice zvodně (mělká, hluboká, propojené...)
- typ hydrogeologického prostředí (průlinové, puklinové...)
- ***kombinace faktorů***

# *Pravděpodobnost obtížné sanace podle charakteristik zvodně*

<b>Pozice zvodně / Typ zvodnění</b>	<b>mělká</b>	<b>hluboká</b>	<b>propojené zvodně</b>	<b>zavěšené zvodně</b>
<b>průlinové</b>	<b>střední</b>	<b>zvýšená</b>	<b>vyšoká</b>	<b>velmi vyšoká</b>
<b>puklinové</b>	---	<b>vyšoká</b>	<b>velmi vyšoká</b>	---
<b>kombinované</b>	---	<b>velmi vyšoká</b>	<b>maximální</b>	---

# *Ostatní faktory kromě hydrogeologických*

- způsob akumulace a migrace kontaminantu (kapsy, preferenční cesty...)
- vlastnosti kontaminantu
- chemismus přirozeného pozadí
- obsah přirozených organických složek (pozitivní i negativní vliv)
- antropogenní faktory



# *Příklad obtížně sanovatelné lokality s variabilní propustností*

*Bývalý průmyslový areál PAL Kbely*

*Propustnost převážně v rozmezí tříd IV – VI*

*Zvodnění průlinové i puklinové (rozvětralé pukliny)*

*Zeminy jílovito-písčité, jílovito-prachovité a jílovité*

*Odstraňování CIU z podzemní vody*

*Obtížná sanovatelnost prokázána na základě zkušeností  
s dlouholetým prováděním sanace*

*Všechny dosud testované technologie včetně ISCO byly  
vyhodnoceny jako málo účinné*

# Proměnlivost geologického prostředí

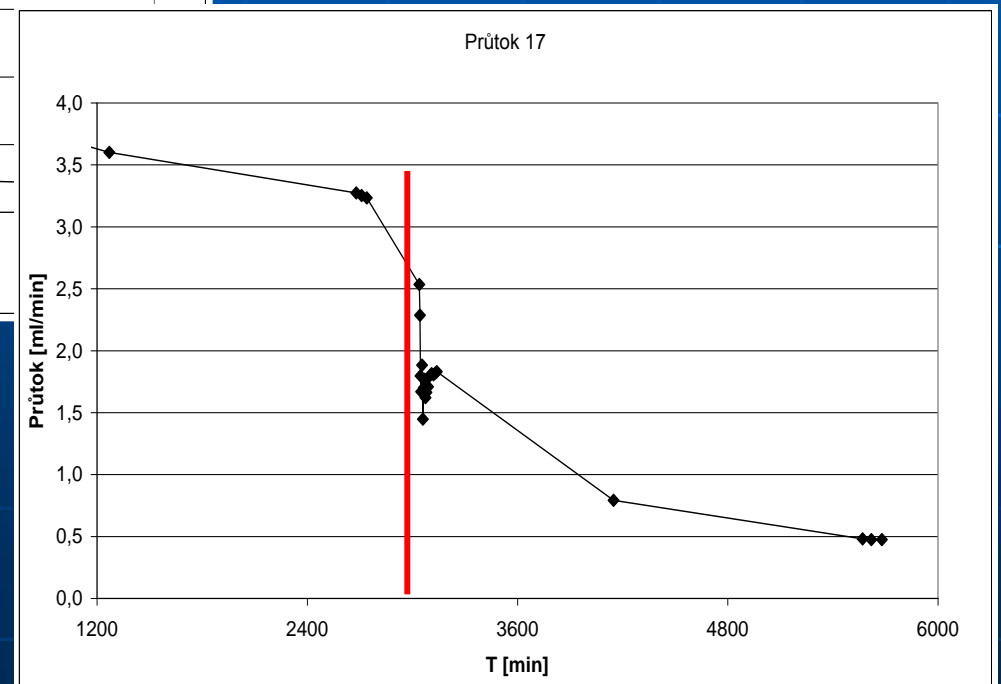
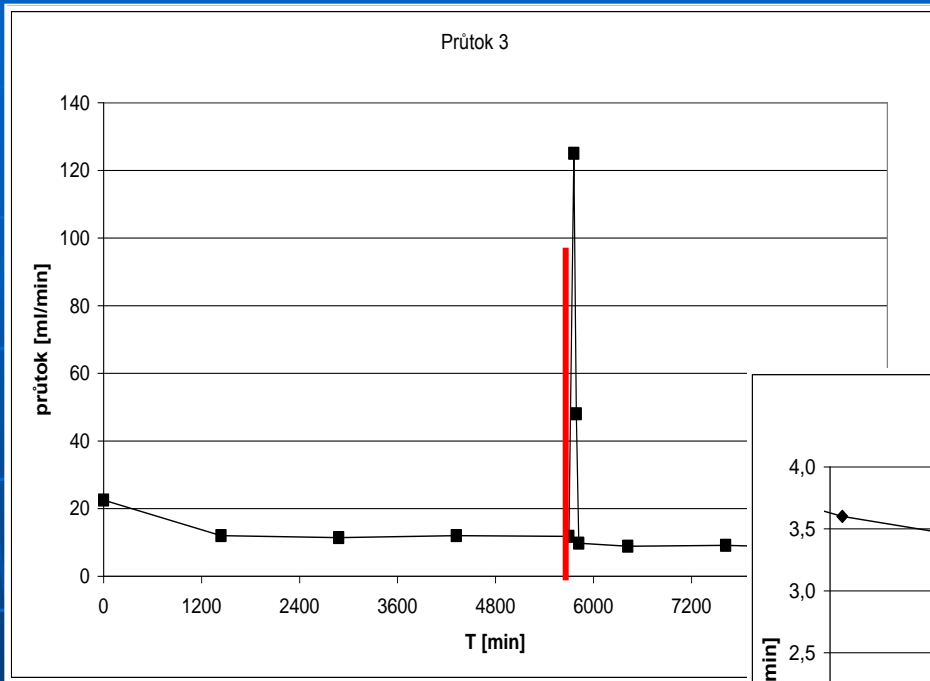


# Testované vzorky

Č. vzorku	Charakter zeminy	Vlhkost	Tř. propustnosti (odhad)
3	Prachovitý slín	16,2	VI
17	Sprašová hlína s jílovitou příměsí	15,3	V
18	Prachovito-jílovité eluvium slínovce	11,7	VI
19	Jíl slabě prachovitý hutný	12,4	VII

$C_{\text{org}} < 0,3 \%$  (shodně u všech vzorků)

# Průtok oxidačního roztoku zeminou





# *Průtok oxidačního roztoku zeminou*

**Porovnání poklesu průtoku po kontaktu s roztokem oxidantu**

<b>Č. vzorku</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
<b>Pokles průtoku (%)</b>	<b>23</b>	<b>85</b>	<b>88</b>	<b>100</b>

*Vzorky 17 – 19 pocházejí z téhož vrtu*

# Závěry

- **Propustnost zemin má zásadní vliv na obtížnost sanačního zásahu včetně aplikace in situ technologií**
- **Sanace může být dále ztížena proměnlivými hydrogeologickými parametry v rámci jedné a téže lokality**
- **Oxidační medium může za těchto okolností projevovat při kontaktu s různými zeminami zcela odlišné chování**
- **Z toho vyplývá: při vysoké variabilitě prostředí nemusí být žádná ze sanačních technologií univerzálně použitelná**

# *Doporučení:*

**Obtížná sanovatelnost by se měla stanovovat již v počátečních fázích prozkoumanosti a mělo by se k ní přihlížet při projektování sanačního zásahu.**

**Je prokázáno, že základním vodítkem mohou být hydraulické parametry zemin, popř. jejich variabilita.**

*Děkuji za pozornost.*