

Čištění důlních vod prostřednictvím bioremediace v přírodních mokřadech

Spolupracovaly:

- AQUATEST a.s.
- Technická univerzita v Liberci, fakulta mechatroniky a mezioborových studií
- Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, ústav geologických věd

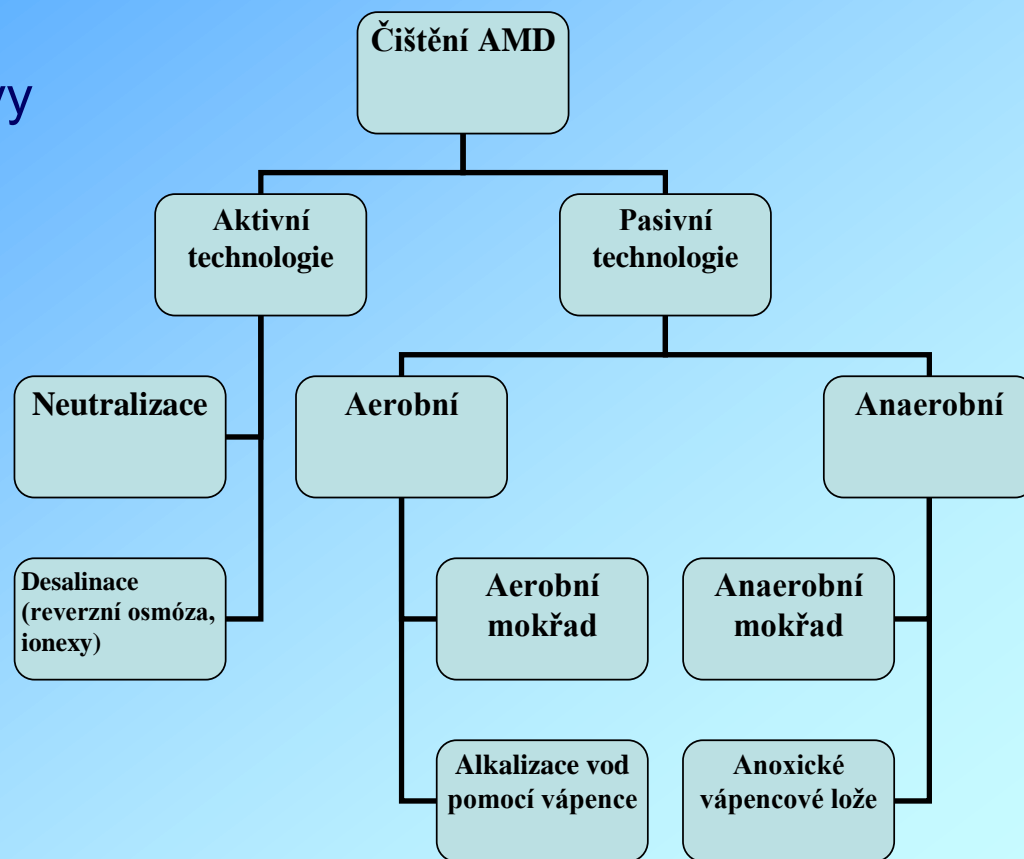
Metody čištění kyselých důlních vod (AMD)

Hlavní kontaminanty důlních vod:

sírany

Fe, Mn

další těžké kovy

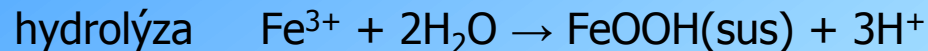
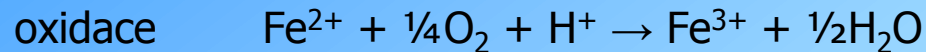


Pasivní systémy čištění důlních vod

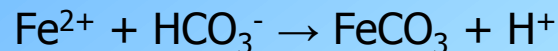
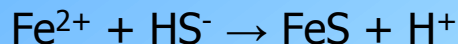
- Aerobní mokřad
 - úprava vod s $\text{pH} > 5,5$
 - oxidační procesy
 - doporučené koncentrace Fe a Mn ve vodě $\text{Fe} < 50\text{mg/l}$, $\text{Mn} < 15\text{mg/l}$
- Anaerobní mokřad
 - bez přístupu vzduchu
 - čištění vod s obsahem SO_4^{2-}
 - anaerobní mikroorganismy

Fe (redukovaná forma Fe^{2+}) odstraňováno z AMD

aerobní mokřadech ($\text{pH} > 6$) :

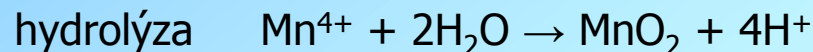
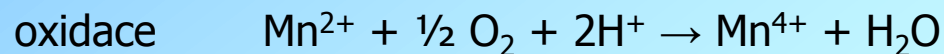


anaerobní podmínky ($\text{pH} < 3$) za vzniku pevných sulfidů a uhličitánů železa:



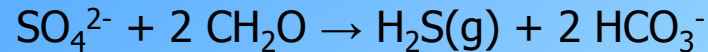
Mn (redukovaná forma Mn^{2+}) odstraňován z AMD

aerobní mokřadech (ideální $\text{pH} > 8$, katalyzováno mikroorganismy, bakteriemi)



Odstraňování síranů z AMD

Redukce síranů za přítomnosti SRB (schematický zápis procesu)



Odstraňování síranů v pasivních systémech je obtížnější než odstraňování Fe, Mn z několika důvodů:

- redukce síranů neprobíhá za přítomnosti Fe^{3+}
- SRB zvyšují svoji reaktivitu v neutrálním až mírně alkalickém pH
- SRB mají náročné podmínky na přežití:
 - anoxické prostředí + přebytek organické hmoty
 - SRB přežívají v místech, kde jsou koncentrace síranů $> 100 \text{ mg/l}$

Pro studium přírodních procesů, které vedou k čištění AMD – vybrána lokalita Zlaté Hory v areálu s.p. Diamo, kde od 70. let postupně přírodními procesy vznikl mokřad



Přírodní mokřad Zlaté Hory

- nadmořská výška 505 m n.m.
- v oblasti s dlouhou dobou sněhové pokrývky, v mírně teplé oblasti
- samovolně přírodními pochody mezi patou odkaliště 03 a silnicí
- je celoročně napájen ze samovolných výronů pod patou odkaliště
- celá plocha mokřadu je porostlá rákosem, sítinou, přesličkou



Etapy průzkumu

Práce na průzkumu byly započaty v r. 2005 a ukončeny v r. 2011

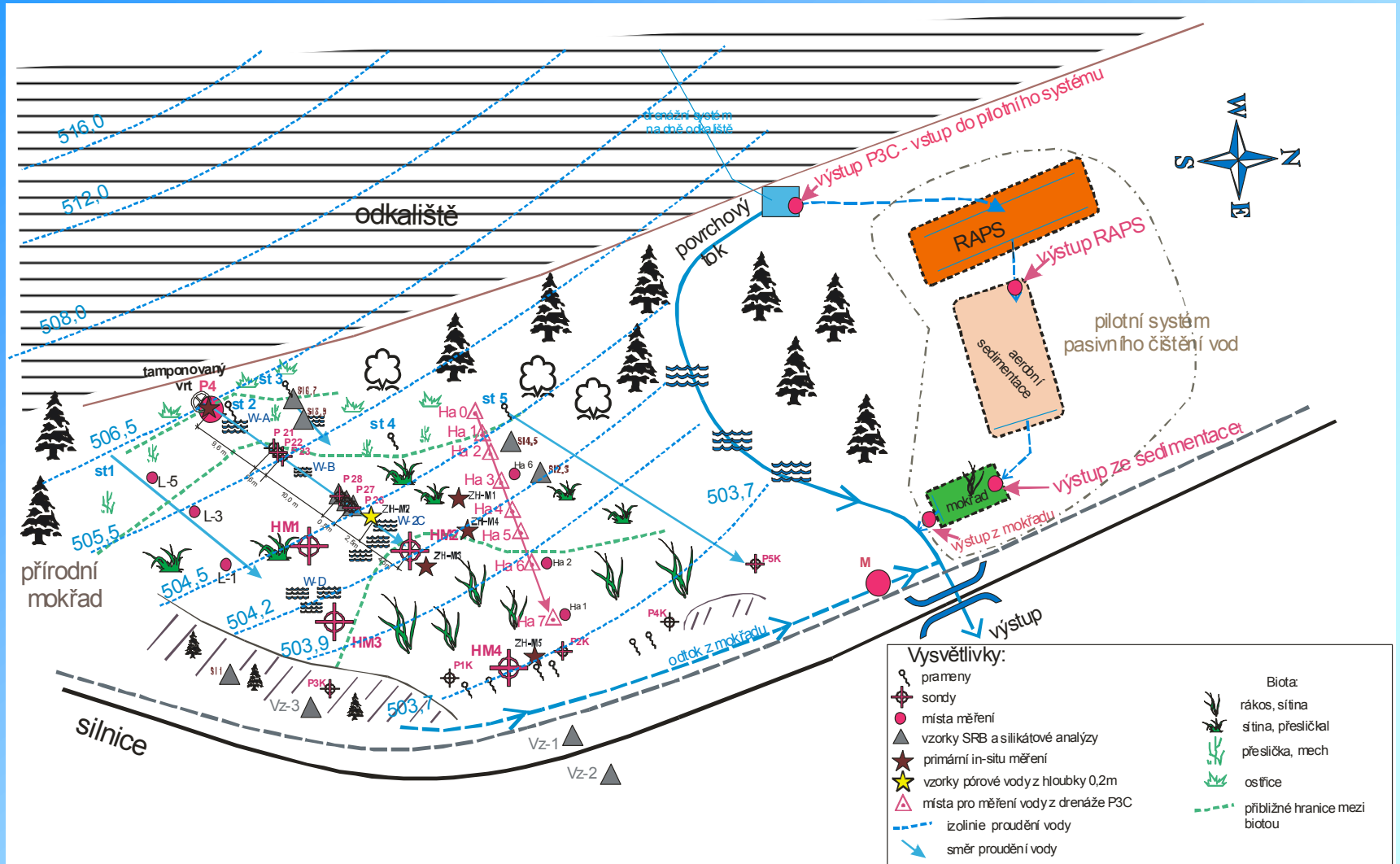
4 dílčí fáze průzkumu:

1. rekognoskace mokřadu – ověřen úbytek solí ve vodě
2. vyhloubení 4 průzkumných sond do tělesa mokřadu
3. podrobné ověření geologické struktury a hydrogeologických poměrů
4. vyhloubení 6 sond situovaných jako dvě trojčata do různých hloubkových zón

Monitoring vod v mokřadu probíhal kontinuálně po celou dobu průzkumu.



Přírodní mokřad Zlaté Hory



Geologické poměry

Z vrtných prací bylo zjištěno, že těleso mokřadu je tvořeno:

- jemnozrnný písčité jíly, šedo-černým
- max. mocnost jílových vrstev je 1,5 m
- v dolní části mokřadu (u silnice) je hloubka jílové vrstvy nejvyšší 0,3–0,7m



Hydrogeologické poměry



Hydrodynamické zkoušky

P23	0,1 – 0,4	nevyhodnocen	
P22	0,5 – 0,8	$3,39 \cdot 10^{-6}$	slabě propustné
HM 1	0,0 – 0,9	$1,81 \cdot 10^{-5}$	dosti slabě propustné
HM 2	0,0 – 0,9	$2,50 \cdot 10^{-5}$	dosti slabě propustné
P21	1,1 – 1,4	$1,38 \cdot 10^{-7}$	velmi slabě propustné

Experimentálně byl změřen celkový odtok z mokřadu 0,14 - 0,21 l/s

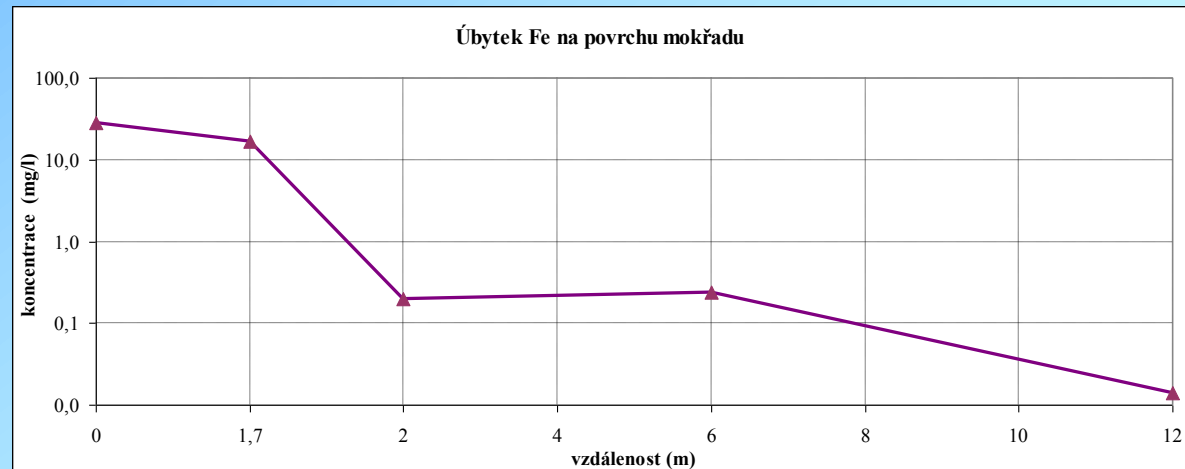
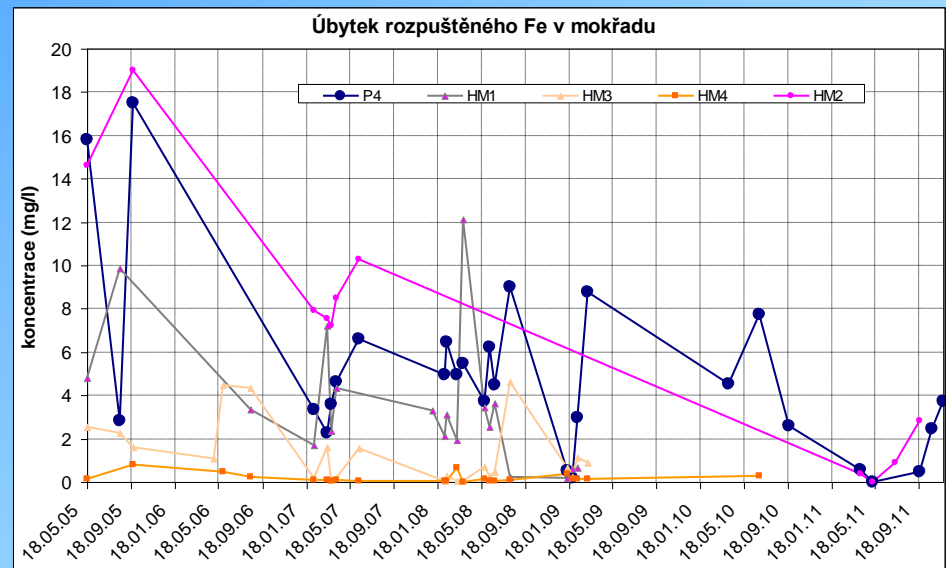
Výsledky měření - pokles koncentrace Fe

Z první fáze prací byl rámcově zjištěn úbytek Fe

- vstup – bod P4
- výstup HM4

Úbytek Fe na povrchu:

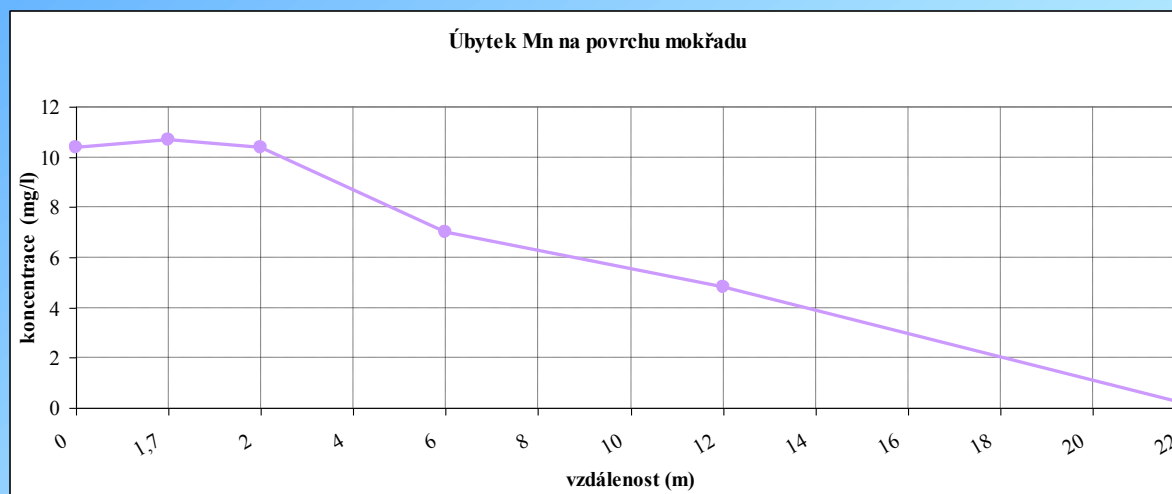
- přivedena voda ze sousední drenáže
- vstup Fe-28 mg/l, výstup 0,01 mg/l
- pokles o téměř 100% na trase 12m



Pokles koncentrace Mn

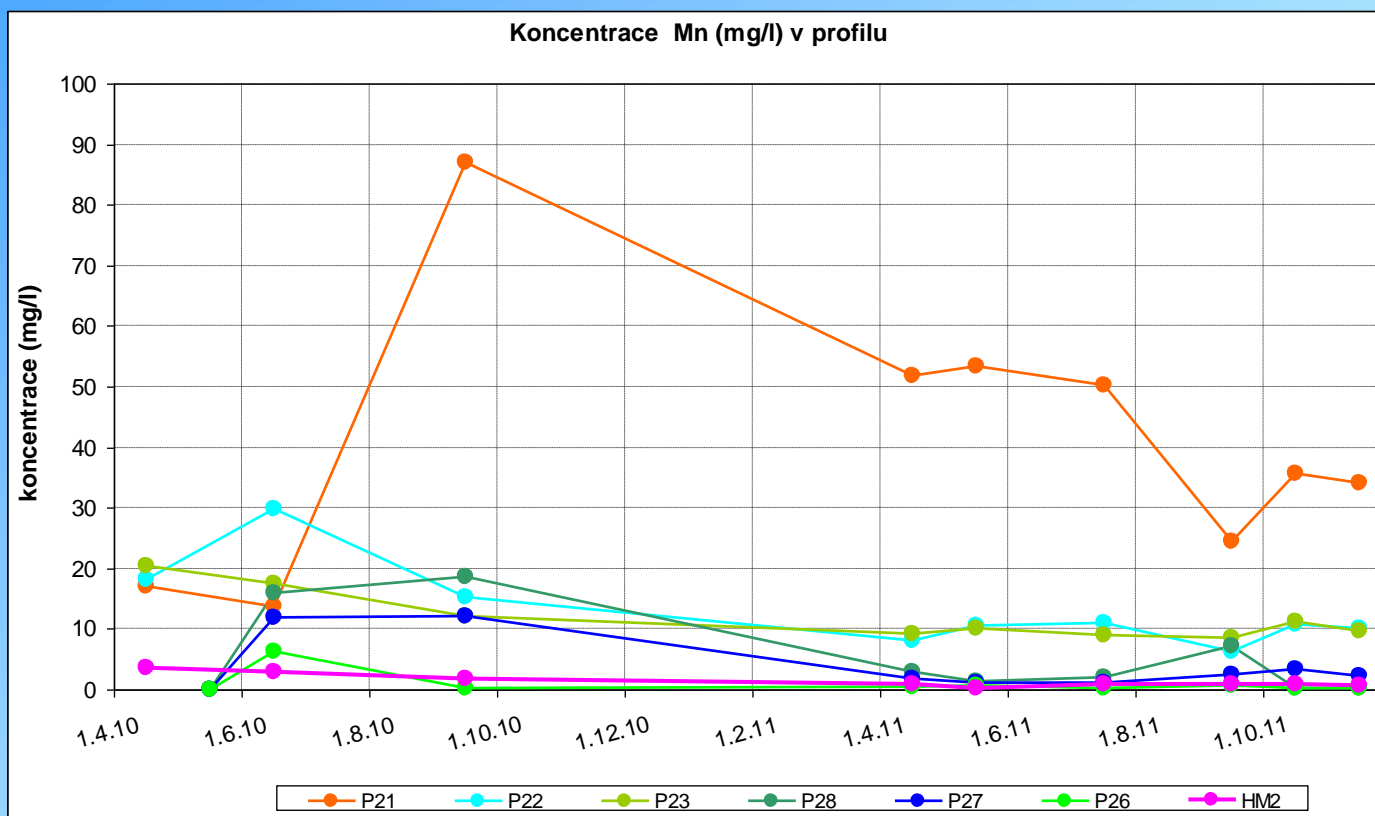
Úbytek Mn na povrchu:

- drenážní voda přivedena do mokřadu
- vstup Mn 10 mg/l, výstup 0,18 mg/l
- pokles o téměř 98% na trase 22m



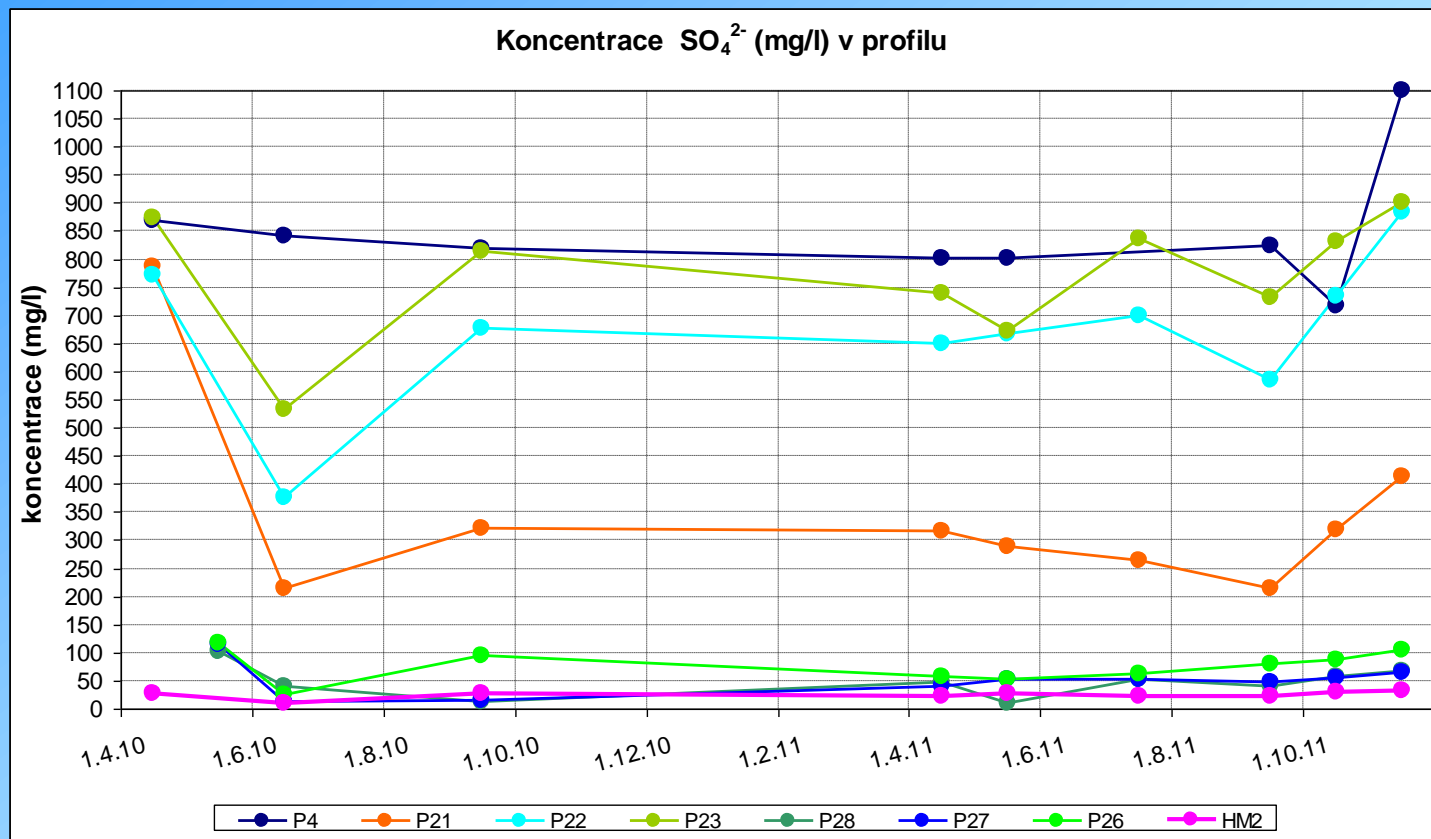
Pokles koncentrace Mn v různých hloubkách

vzdálenost 10m, průtok 0,16 l/s, pH 6,2 – 7,1, v redukčních podmínkách
došlo k nejvyššímu poklesu Mn v hloubce 0,2 – 0,4 m – pokles o 91%



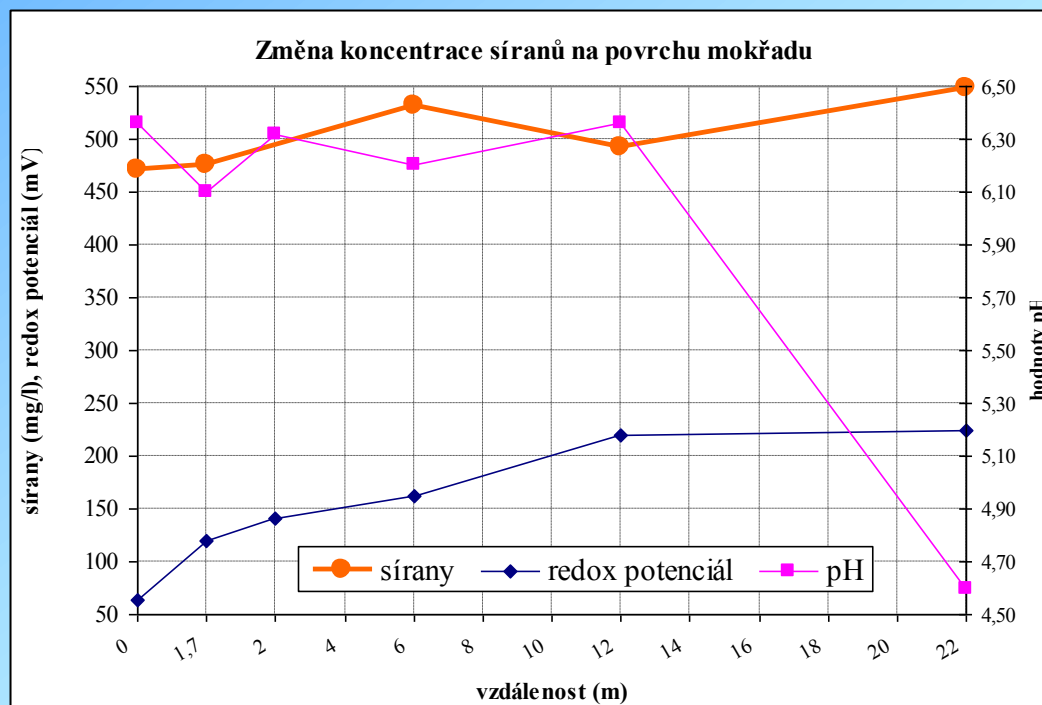
Pokles koncentrace síranů

vzdálenost 10m, průtok 0,16 l/s, pH 6,2 – 7,1; v redukčních podmínkách
došlo k nejvyššímu poklesu síranů v hloubce 0,5 – 0,8 m – pokles o 93%



Koncentrace síranů na povrchu terénu

- drenážní voda
- hodnoty pH na konci profilu klesají
- redox potenciál vzrůstá na 225 mV



Souhrn výsledků

Železo

nejlépe je odstraňováno:

- na povrchu mokřadu s účinností až 99%
- v aerobním prostředí
- při nižších Q

Mangan

nejlépe je odstraňováno stejně jako Fe:

- na povrchu mokřadu s účinností až 98%
- v aerobním prostředí
- při nižších Q
- Mn je také dobře odstraňováno s 91% účinností v hloubce do 0,4 m p.t., za přítomnosti kořenů rostlin (redukční prostředí a pH 6,2-7,1)

Sírany

nejlépe je odstraňovány:

- v hloubce 0,5 – 0,8 m p.t.
- v redukčním anaerobním prostředí za přítomnosti SRB a organické hmoty
- s účinností 93%
- při hodnotách pH 6,6-7,1 a redox potenciálu 143-166mV

Praktické využití pasivních mokřadních systémů

Shrnutí využití mokřadů

- v odlehlých nedostupných místech
- v místech kde je drahé instalovat drahé čisticí zařízení
- v místech bez možnosti zavedení elektrické energie
- tam kde jsou nižší průtoky důlních vod

Výhody mokřadů

- Bezobslužnost
- Nízké provozní náklady



Ing. Irena Šupíková
AQUATEST a.s.
Geologická 4, Praha 5

Děkuji za pozornost