



Technická univerzita v Liberci



Aquatest a.s. Praha



Masarykova Univerzita

# FUNKCE MOKŘADNÍCH SYSTÉMŮ PŘI ČIŠTĚNÍ DŮLNÍCH VOD



M. Černík, I. Šupíková, J. Zeman,

[miroslav.cernik@tul.cz](mailto:miroslav.cernik@tul.cz)

[supikova@aquatest.cz](mailto:supikova@aquatest.cz)

[jzeman@sci.muni.cz](mailto:jzeman@sci.muni.cz)

# Čistění kyselých důlních vod

- **Aktivní (chemické) systémy**
  - přidavek neutralizačních látek (vápenec, Ca-hydr., Na-hydr.)
  - vysoká účinnost,
  - vysoká cena, likvidace kalu
- **Pasivní systémy (biotické)**
  - biologické přír. procesy
  - pouze investiční náklady
  - nižší účinnost, bez odpadů



# Pasivní systémy

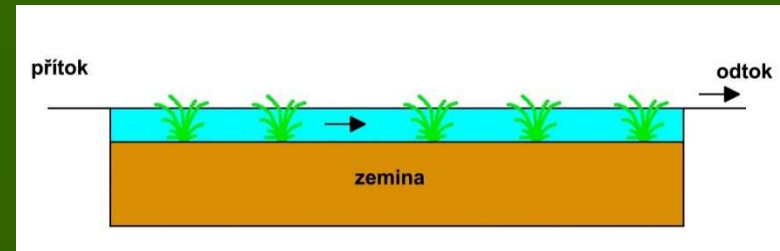
- pochopení principů
- řízené využití přírodních reakcí
- monitoring
- Využité procesy
  - reduktivní a oxidační procesy
  - zvýšení pH,
  - snížení Mn, Fe, síranů

→ **umělý mokřad**



Whittle, UK

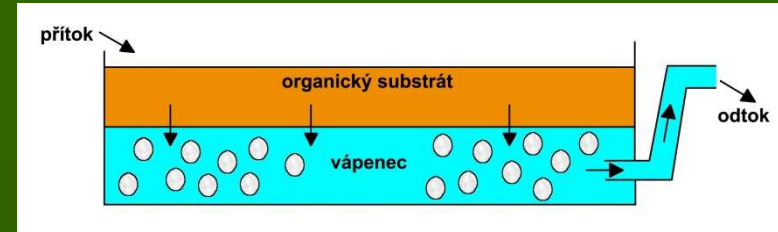
# Aerobní mokřady



- velkoplošné systémy pro mírně kyselé vody
- $\text{Fe} < 50 \text{ mg/l}$ ,  $\text{Mn} < 15 \text{ mg/l}$
- oxidační stupeň  $\rightarrow$  precipitace oxohydroxidů
- sedimentační stupeň
- dočištění v mokřadu – orobinec, síťina
- 3-10 cm vody, 30-100 cm jílu (redukce) Whittle, UK



# Anaerobní mokřady



- RAPS (reducing and alkalinity producing system)
- org. substrát + vápenec → reduktivní procesy
- srážení sulfidů kovů (FeS, FeS<sub>2</sub>)
- 3-10 cm vody (kryté), 60-100 cm org. substrát
- další stupně stejné

Shilbottle, UK

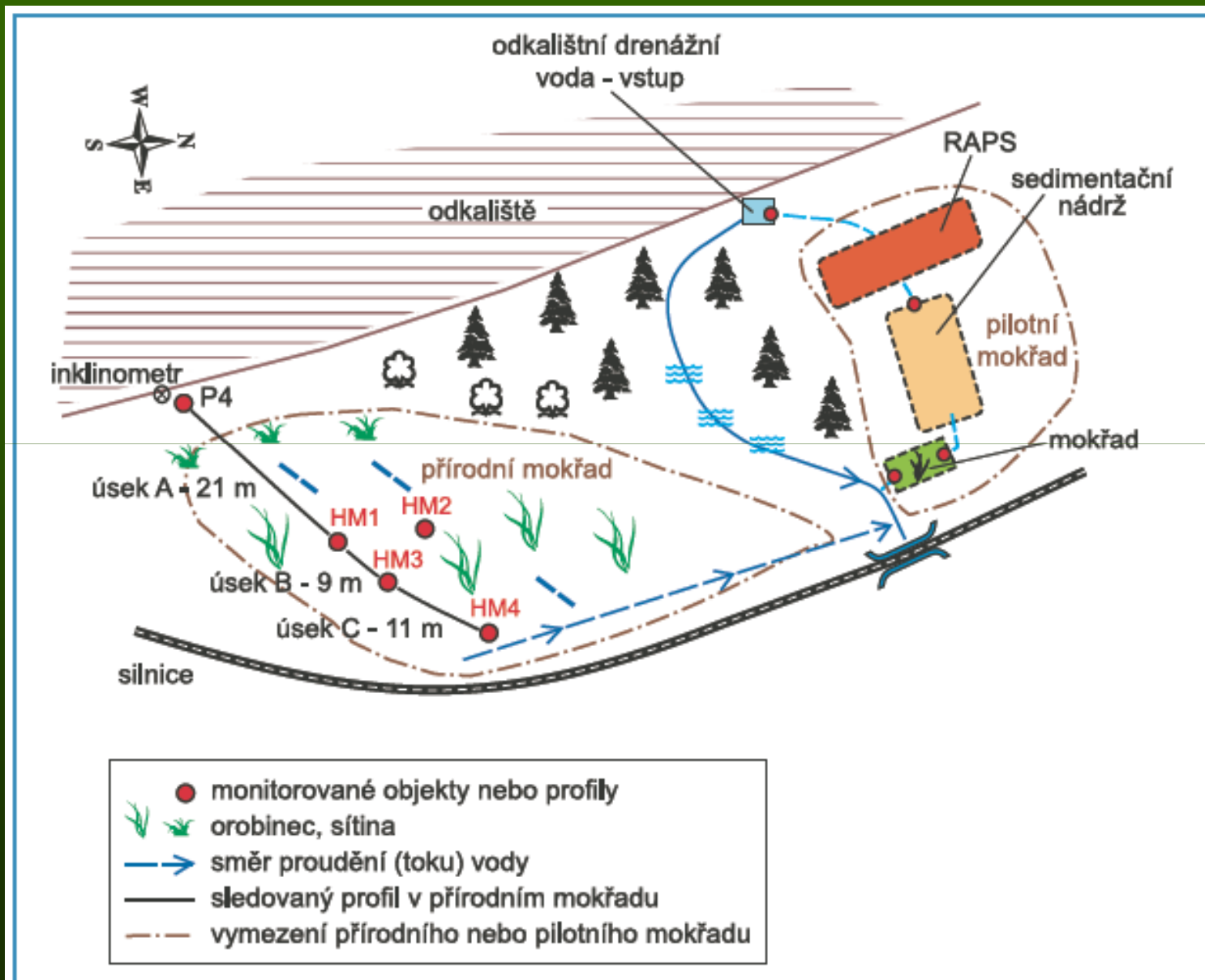


# Popis lokality

- Zlatí Hory (Jeseník)
- těžba Au, Ag od 13. století
- polymetaly (290 ktun/rok)
- 1994 → odkaliště III (0.5 sq.km)



# Popis lokality



## Popis lokality

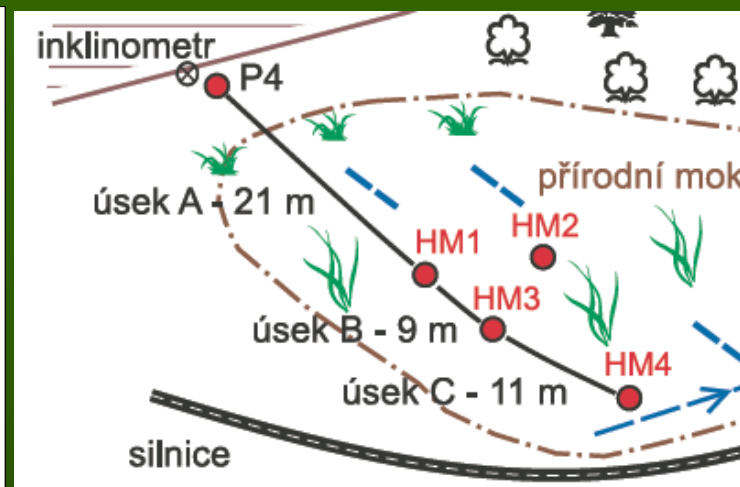
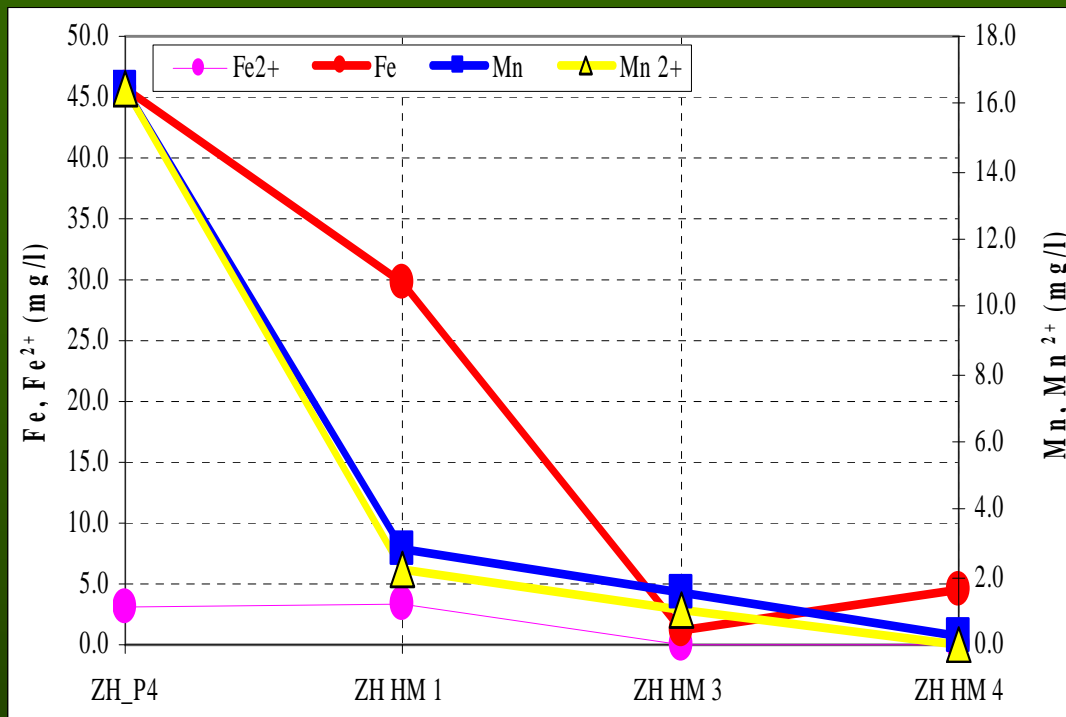
velikost: 30 x 25 m

rostliny: rákos obecný,  
orobinec širokolistý,  
sítina rozkladitá





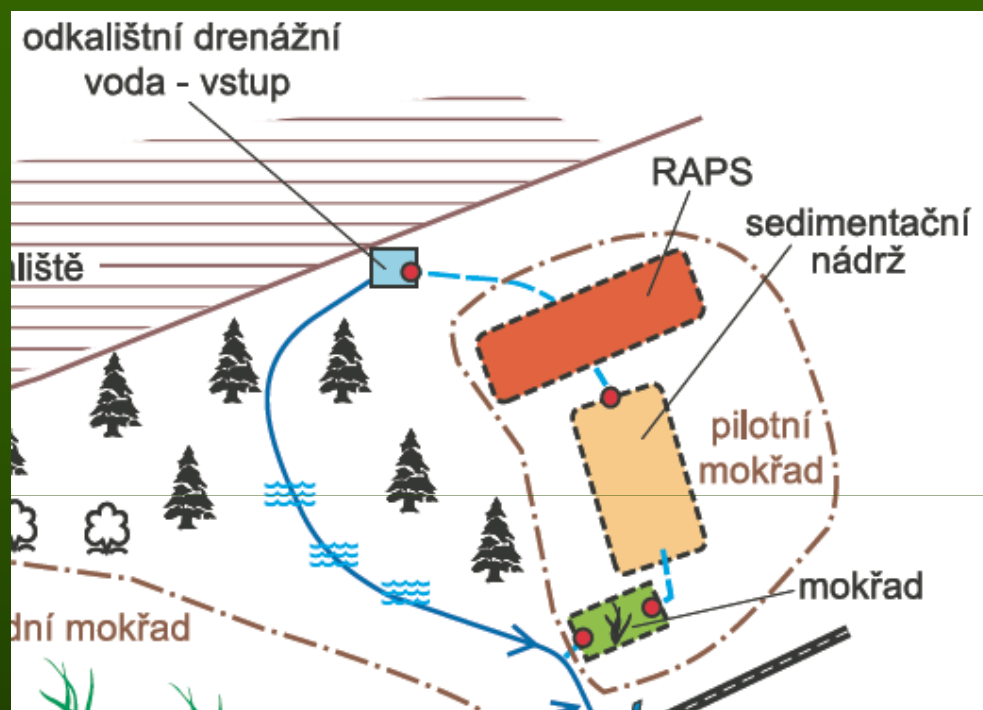
# Přírodní mokřad



Fe, Mn, sírany snížení

Úsek	Oblast	Fe (mg l <sup>-1</sup> )	Fe (%)	Mn (mg l <sup>-1</sup> )	Mn (%)	Sírany (mg l <sup>-1</sup> )	Sírany (%)
A	P4–HM1	1,6	32,0	9,5	68,0	398,0	41,0
B	HM1–HM3	2,4	54,0	2,0	13,0	24,0	2,7
C	HM3–HM4	0,7	12,0	2,4	17,0	53,0	5,3
celkem	P4–HM4	4,7	98,0	13,9	98,0	475,0	49,0

## Bioremediační systém – Zlaté Hory



parametry:

průtok 0.2-1.0 l/s

[Fe] = 20 – 30 mg/l

[Mn] = 8 mg/l

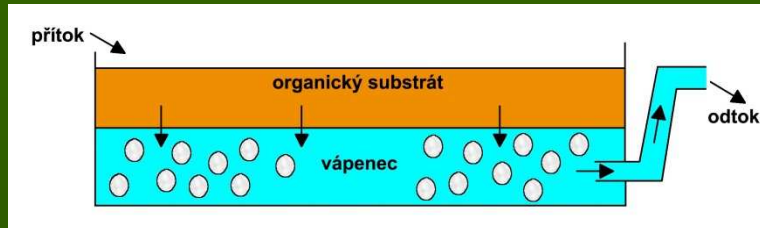
[sířany] = 350 – 400 mg/l

technologické jednotky:

- RAPS (reduktivní procesy)
- sedimentační nádrž
- aerobní mokřad

od roku 2006 do 2011

# RAPS – redukční a alkalinitu produkující systém



- Od okolí izolována folií
- Sendvičová konstrukce
- 1.vrstva – kusový vápenec
- 2.vrstva – org. substrát s vápencem



# RAPS

## Funkce: spodní vrstva (0,5m)

- Vápenec 32/63 frakce
- redukčně alkalizační prostředí
- vysoká hydraulická propustnost

## Svrchní vrstva (0,5 m)

- 30 % žampostového substrátu + 20% dřev. štěpků + 50% granulovaného vápence
- Mikrobiální redukce síranů (SRB)
- Imobilizace Fe ve formě sulfidů
- Zvýšení pH → srážení  $\text{FeCO}_3$



# Sedimentační nádrž



- Po oxidačním provzdušňování
- Sedimentace a depozice zoxidovaného Fe
- Růst biocenózy
- Důležité pH a konc. kyslíku
- Doba zdržení dle kinetiky



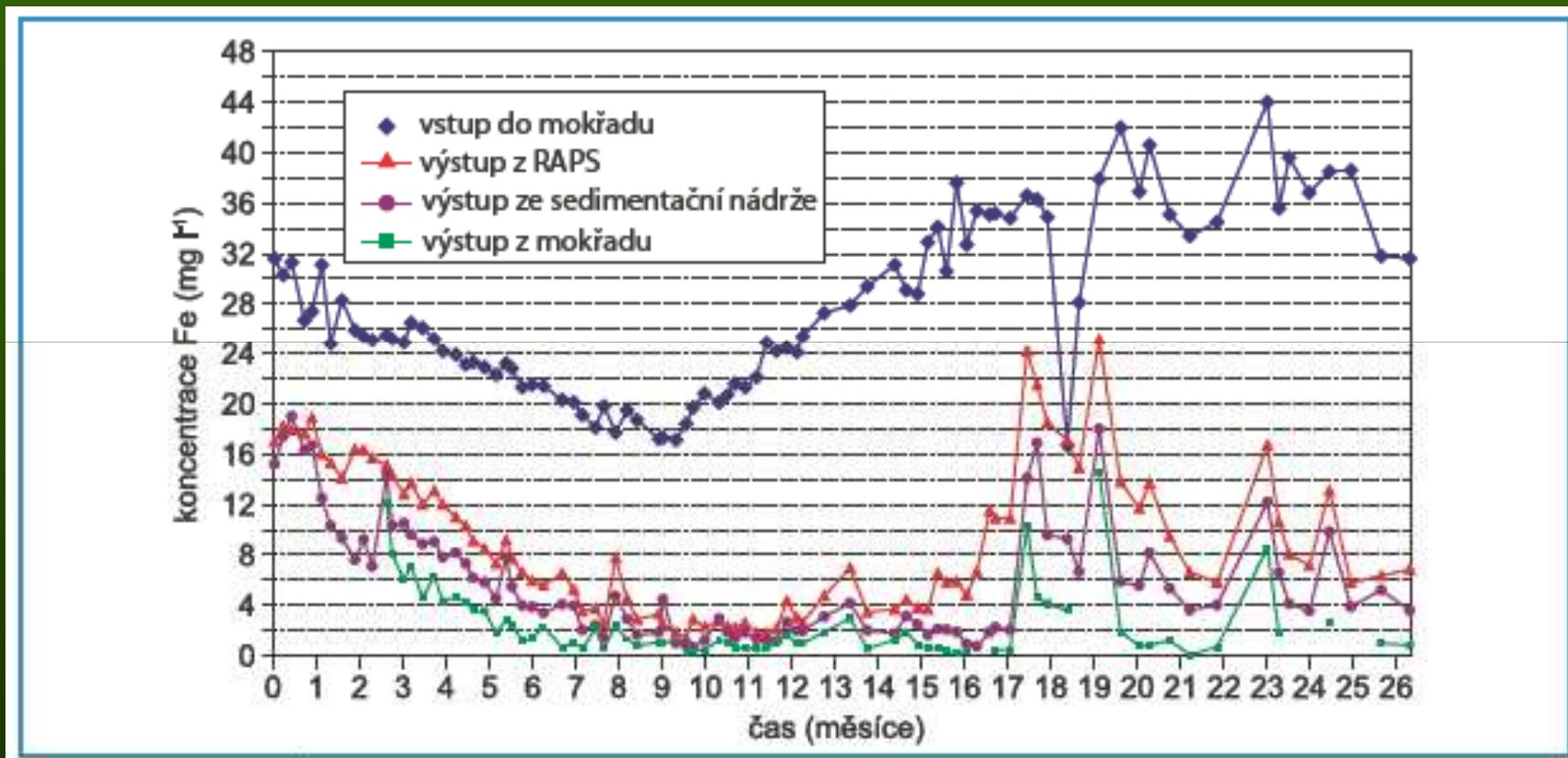
# Aerobní mokřad

- **Odstranění Mn a Fe**
- **Štěrkopísčité substrát + zemina**
- **Společenstva typická pro lokalitu (orobinec, sítina rozkladitá)**



# Mokřadní systém – Zlaté Hory

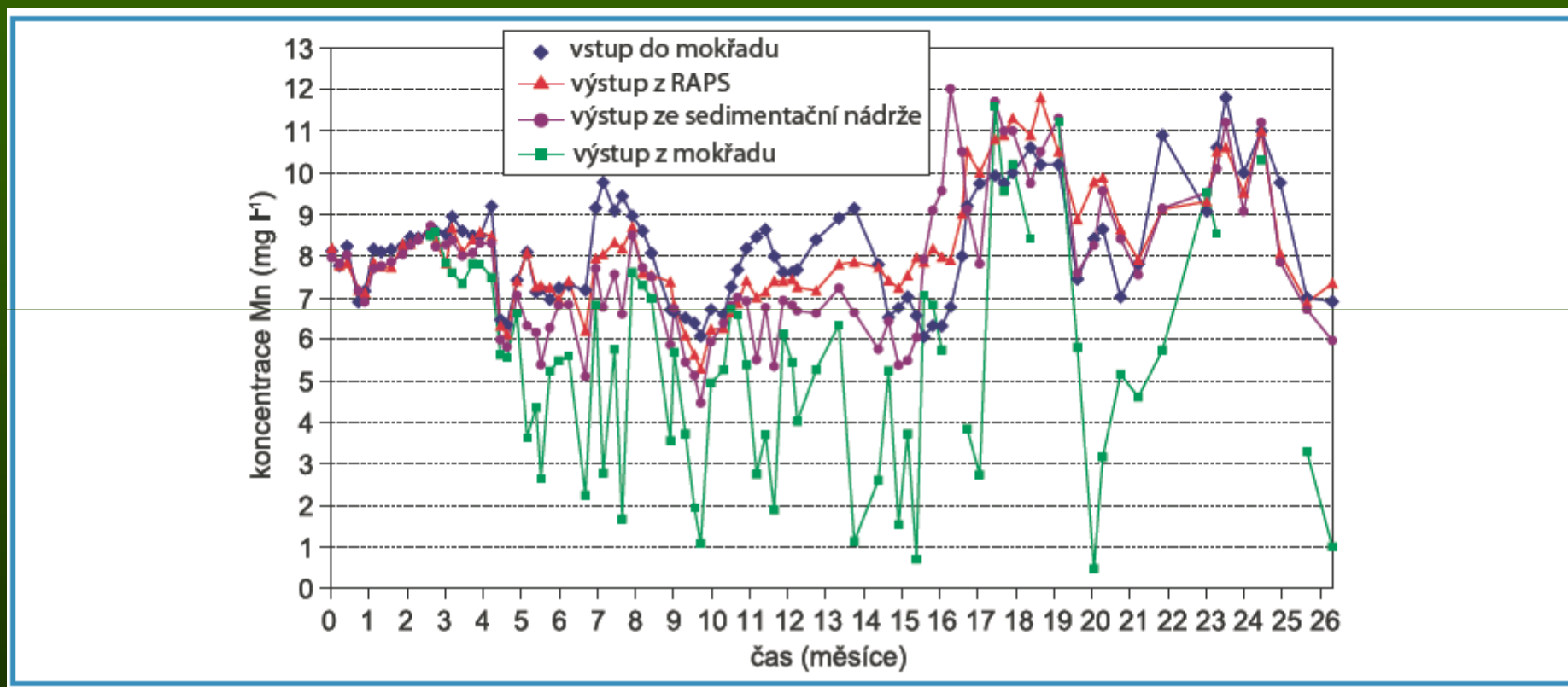
pokles koncentrace Fe



Min 94 % Fe, výstup 2,4 mg/l, nejvíce RAPS

# Mokřadní systém – Zlaté Hory

## pokles koncentrace Mn

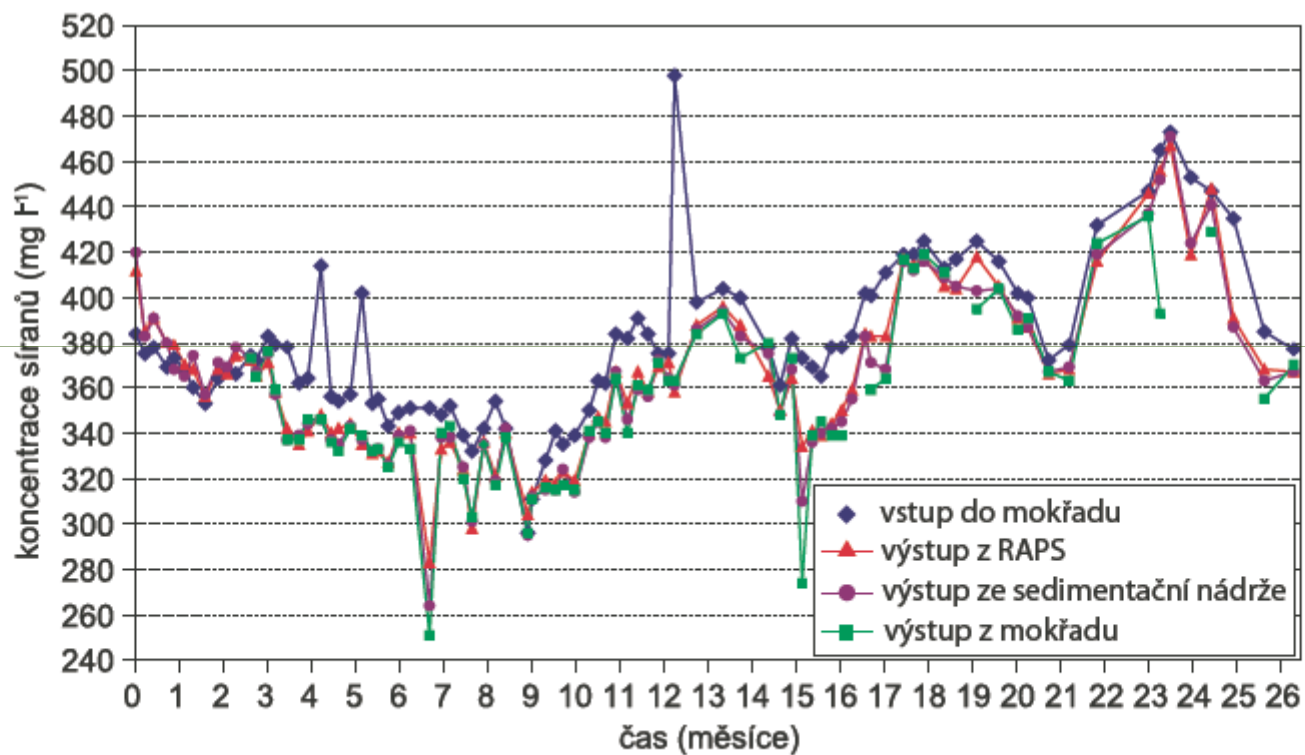


Mn 30 %, odtoková konc. 5,4 mg/l,  
nejvíce aerobní mokřad (malé rozměry)



# Mokřadní systém – Zlaté Hory

pokles koncentrace síranů



6 % pouze, jen v RAPSu, málo Fe,

# Celkové hodnocení umělého mokřadu

- Každý stupeň nezastupitelný
- RAPS – záchyt Fe a síranů
- Sedimentační – záchyt Fe, tvorba biocenózy
- Precipitace Mn (biocenóza) + dočištění Fe

Účinnost eliminace (%)	Fe	Mn	sírany
RAPS	74	2	5
sedimentace	13	0	1
aerobní mokřad	7	28	0
celková účinnost	94	30	6

# Výsledky a závěry

- přehled pasivních systémů a jejich vlastnosti
- pilotní aplikace Zlaté Hory – principy
- pozitivní výsledky (Fe, Mn, síranů)
- Možnosti plného zavedení





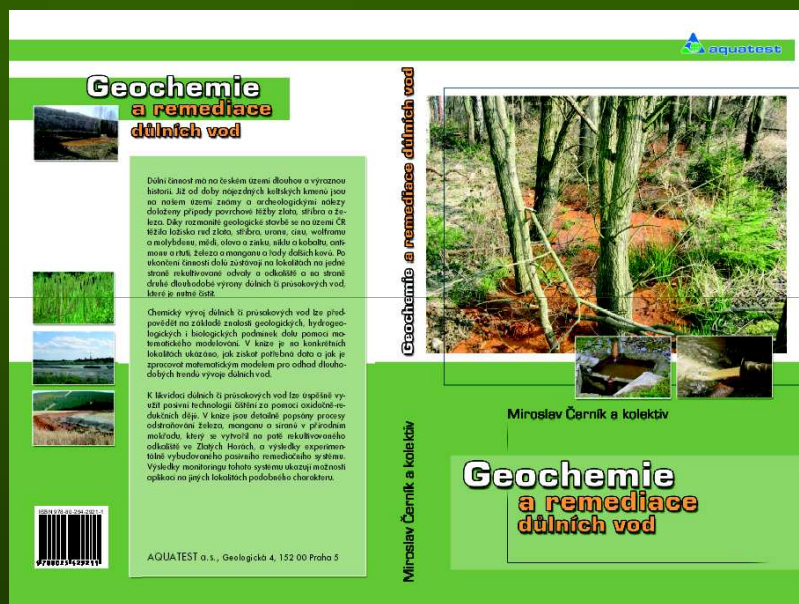
Technická univerzita v Liberci



Aquatest a.s. Praha



Masarykova Univerzita Brno



děkuji za pozornost

projekt byl spolufinancován MPO FT-TA/066