Česká geologická služba

Czech Geological Survey

95 LET | ANNIVERSARY

STUDIUM ELEKTROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ PODZEMNÍCH VOD VE VELKÝCH HLOUBKÁCH POMOCÍ SONDY YSI EXO1

Mgr. Jan Holeček

jan.holecek@geology.cz

Hydrochemické parametry ve vodách

- Běžnou součástí studia geochemie vod jsou kromě chemického složení i hydrochemické parametry
- Zcela běžně se měří T, pH a konduktivita vod
- Méně častěji i množství rozpuštěného kyslíku a oxidačně-redukční potenciál
- Výjimečně speciální měření: ISE (Na^+, Cl^-, NO_3^-), turbidita, chlorofyl atd.
- Některé hydrochemické parametry jsou velmi citlivé na změnu (T, O_2, redox) → nutno měřit okamžitě po odběru v terénu nebo nejlépe *in situ* ve zvodni.
- Je nutné mít povědomí o stratifikaci hydrochemických parametrů ve zvodni.

Měření hydrochemických parametrů na povrchu

- Obvyklý způsob, nevýhodou je nutnost čerpat vodu z vrtu
- Kvalitu měření ovlivňuje již výběr vzorkovací techniky
- Výběr vhodného typu čerpadla
  - Vhodná jsou elektroodstředivá výtlačná čerpadla
  - Méně vhodná jsou sací čerpadla – riziko evaze rozpuštěných plynů a volatilních komponent (VOC), malý hloubkový dosah cca 8 m.
  - Nevhodná je metoda airliftu, bohužel často využívaná pro velké hloubky
  - ČSN ISO 5667-18 (757051) Jakost vod - Odběr vzorků
- Pro měření hydrochemických parametrů používáme různé typy přenosných pH/multimetrů s měřícími sondami.
- Měření v průtočné cele, pozor na délku přívodních hadic, riziko ohřívání vody v hadicích za slunečného počasí.

Měření hydrochemických parametrů na povrchu

Měření hydrochemických parametrů ve vrtu

- Výhodou je, že nečerpáme vodu z vrtu, ale měříme přímo in situ
- Měření z povrchu pomocí terénních kabelových sond
  - Hloubkový dosah sond většinou 10 – 30 metrů
  - Každý měřený parametr má svoji sondu na kabelu
  - Multimetr obslouží 2 sondy, zdlouhavé měření více parametrů
  - Rozvíření hydrochemické stratifikace ve vrtu opakovanou manipulací měřící techniky ve vrtu
  - Vyšší riziko zamotání kabeláže sond a uvíznutí
  - Výhodou je nižší pořizovací cena zařízení

Hach Lange HQ40d

Měření hydrochemických parametrů ve vrtu

- Měření pomocí hydrochemických sond
  - Měřící senzory jsou integrovány v těle sondy
  - Obvykle 4 – 6, max. 8 vstupů pro senzory (AquaRead AP 7000)
  - Spouštěno do vrtu na 1 nosném laně → nízké riziko uvíznutí
  - Měření in situ ve vrtu všech požadovaných parametrů najednou → nižší míra porušení hydrochemické stratifikace
  - Možnost hydrochemického profilování i **měření časových řad / kontinuální monitoring** na měrném bodě.
  - Integrované bateriové napájení a datová paměť v těle sondy
  - **Hloubkový dosah sond v desítkách až stovkách metrů výšky vodního sloupce**
  - Nevýhodou je vysoká cena hydrochemických sond (> 100 000 Kč)

AquaRead AP 5000

Hydrochemická sonda ISY EXO[1]

- Průměr sondy 4,7 cm, délka 65 cm
- 4 vstupy pro měřící senzory (EXO[2] – 6 vstupů)
- Některé měřící senzory jsou sdružené (např. pH/eH) – 2 parametry v 1 senzoru → až 8 měřených parametrů najednou.
- Integrovaný tlakový senzor – **hloubkový dosah sondy 250 m výšky vodního sloupce** → hloubkový údaj se automaticky zaznamenává k měření
- Integrovaná paměť 512 Mb / > 1 mil. záznamů
- Napájení 2 alkalickými bateriemi D „buřty“→ výdrž v řádu měsíců
- Kabelová (datový kabel, nebo USB) / bezdrátová komunikace bluetooth

ISY EXO1

Hydrochemická sonda ISY EXO[1]

- Různé režimy měření, plně programovatelná sonda s „user friendly“ SW
- Měření hydrochemických profilů ve vrtu nebo měření časových řad v měřícím bodě
- Teplotní čidlo využitelné pro termální profilování – geotermika ve zvodnělém horninovém prostředí
- Jedinou nevýhodou je cena: ≈ 250 000 Kč

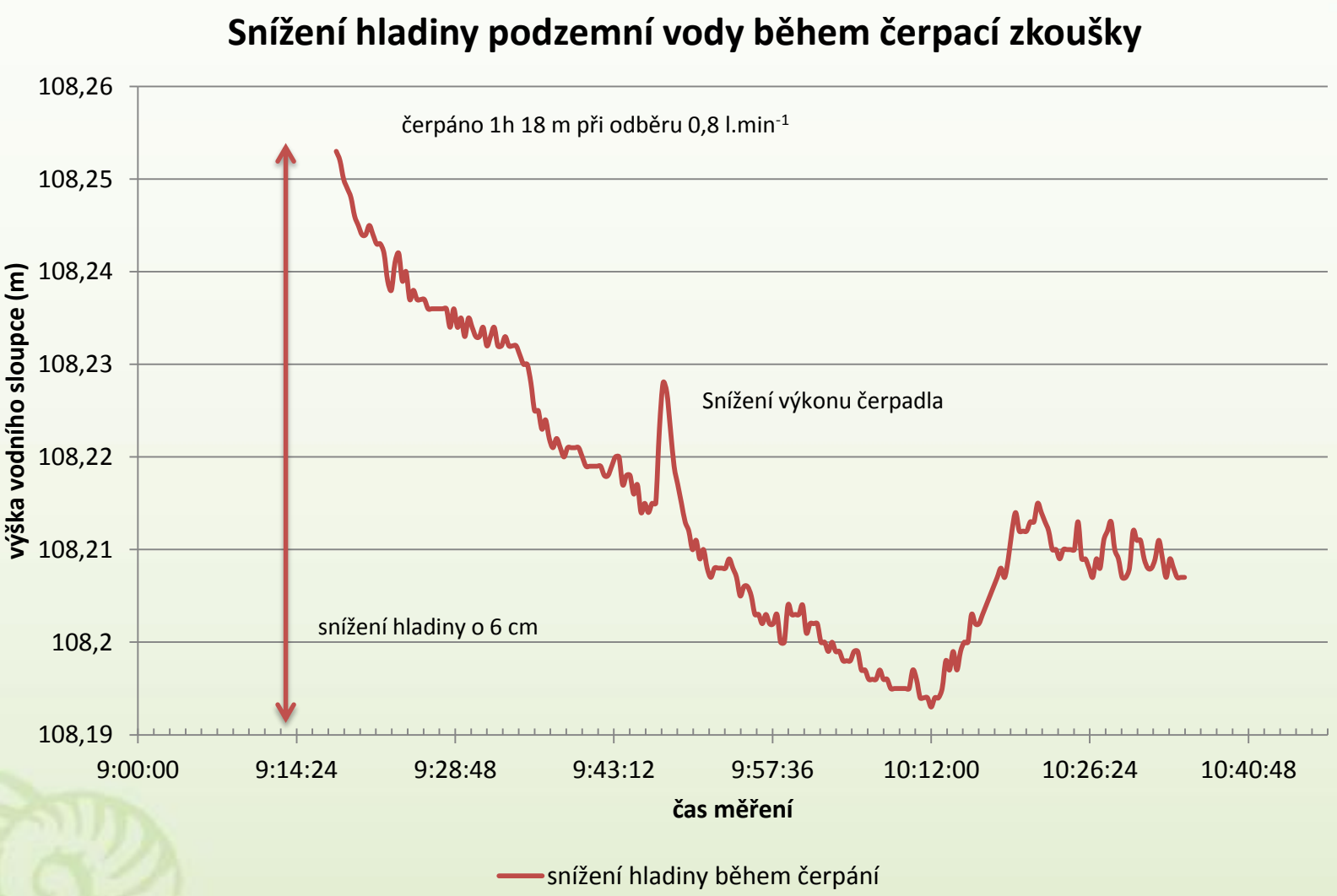
ISY EXO1

Hydrochemická sonda ISY EXO[1]

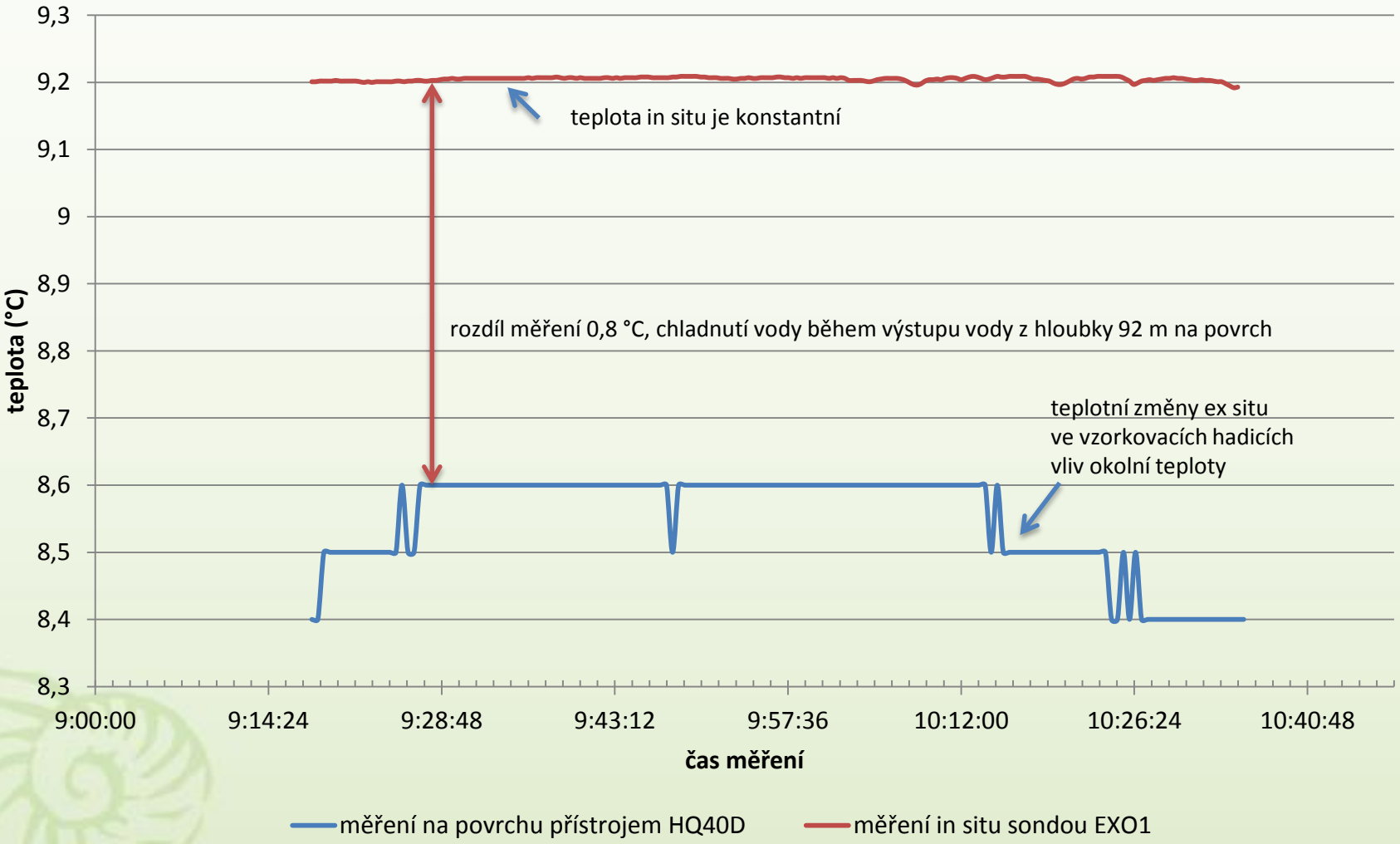
Srovnávací studie měření na povrchu a in situ

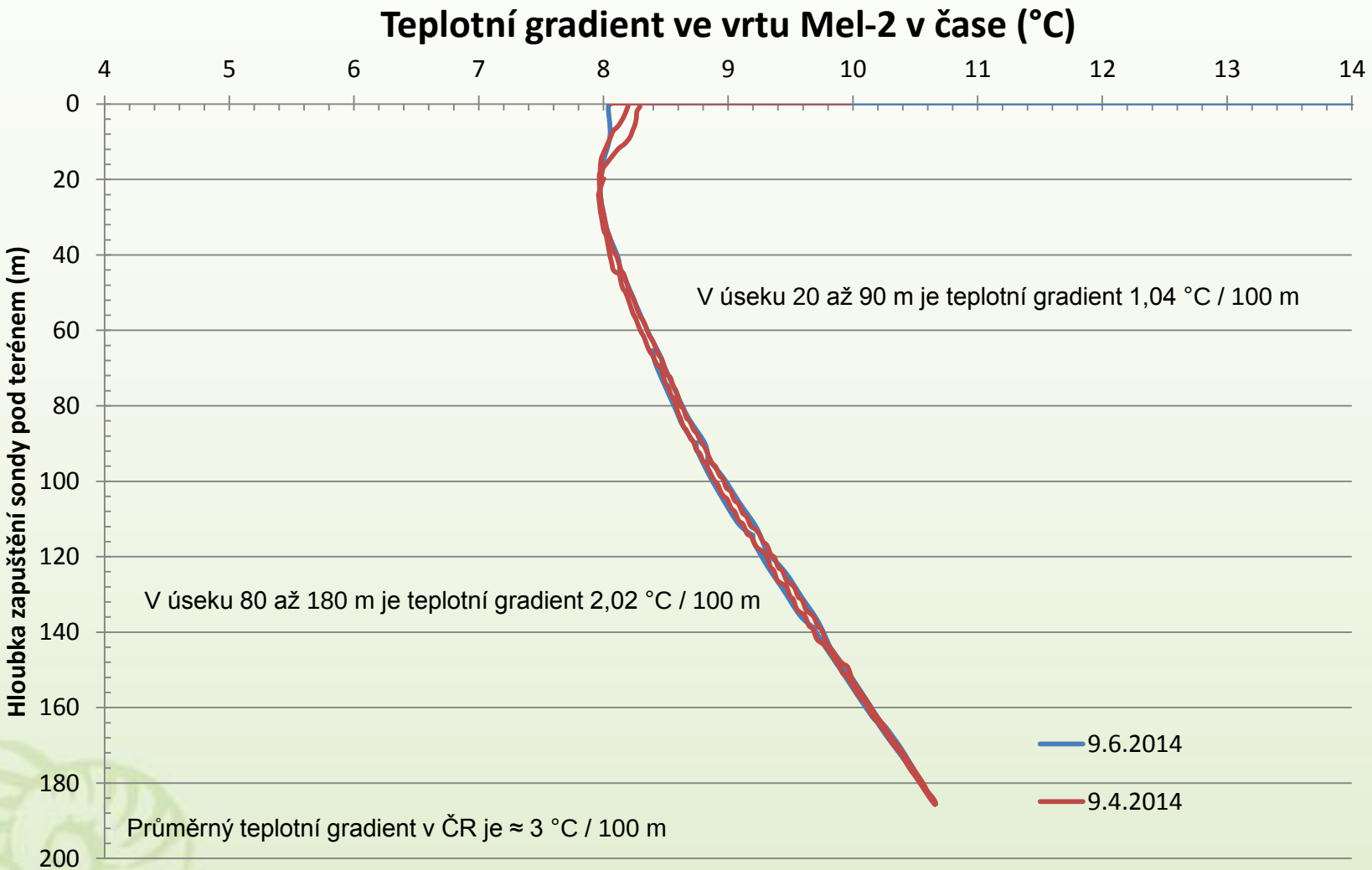
- Cílem bylo ověření shodnosti měření hydrochemických parametrů souběžným měřením na povrchu v průtočné cele a *in situ* ve vrtu
- Měřící technika: Hach Lange HQ40d vs. ISY EXO[1]
- Testovací lokalita Melechov
  - vrt Mel-2, 200 m hluboký, hornina středně zrnitý Bt-Ms granit
  - v 93 m výrazný přítok vody ověřený karotáží a VTZ zkouškami
  - zapuštění hydrochemické sondy EXO[1] do 92 m, ve stejné hloubce sací hadička vedoucí na povrch
  - 10 m pod povrchem, sada výtlačných čerpadel Gigant
  - během měření bylo čerpáno vydatností 0,8 $l.min^{-1}$

Srovnávací studie měření na povrchu a in situ

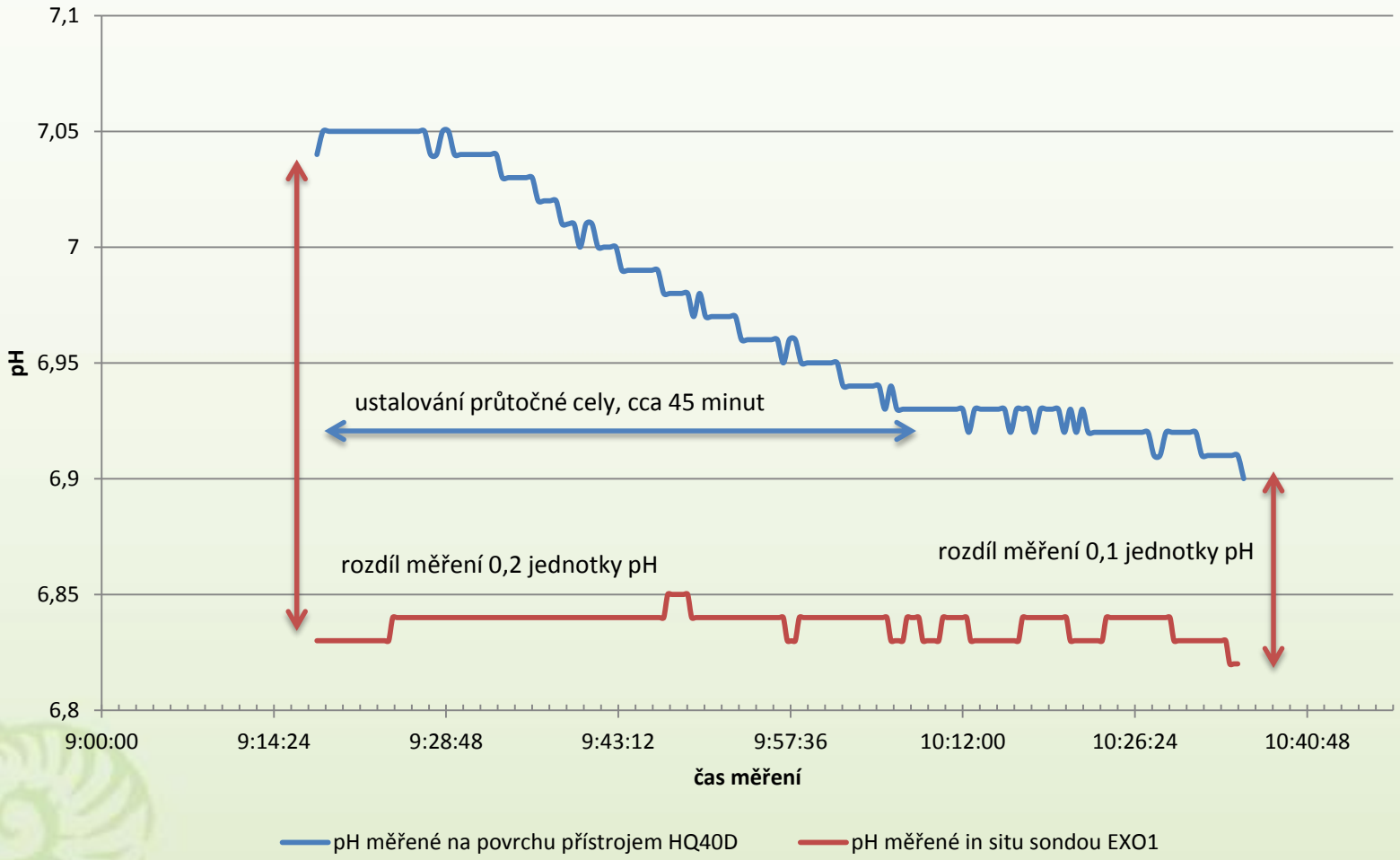

Snížení hladiny podzemní vody během čerpací zkoušky
108,26
108,25
108,24
108,23
108,22
108,21
108,2
108,19
výška vodního sloupce (m)
čerpáno 1h 18 m při odběru 0,8 l.min-1
Snížení výkonu čerpadla
snížení hladiny o 6 cm
9:00:00
9:14:24
9:28:48
9:43:12
9:57:36
10:12:00
10:26:24
10:40:48
čas měření
snížení hladiny během čerpání

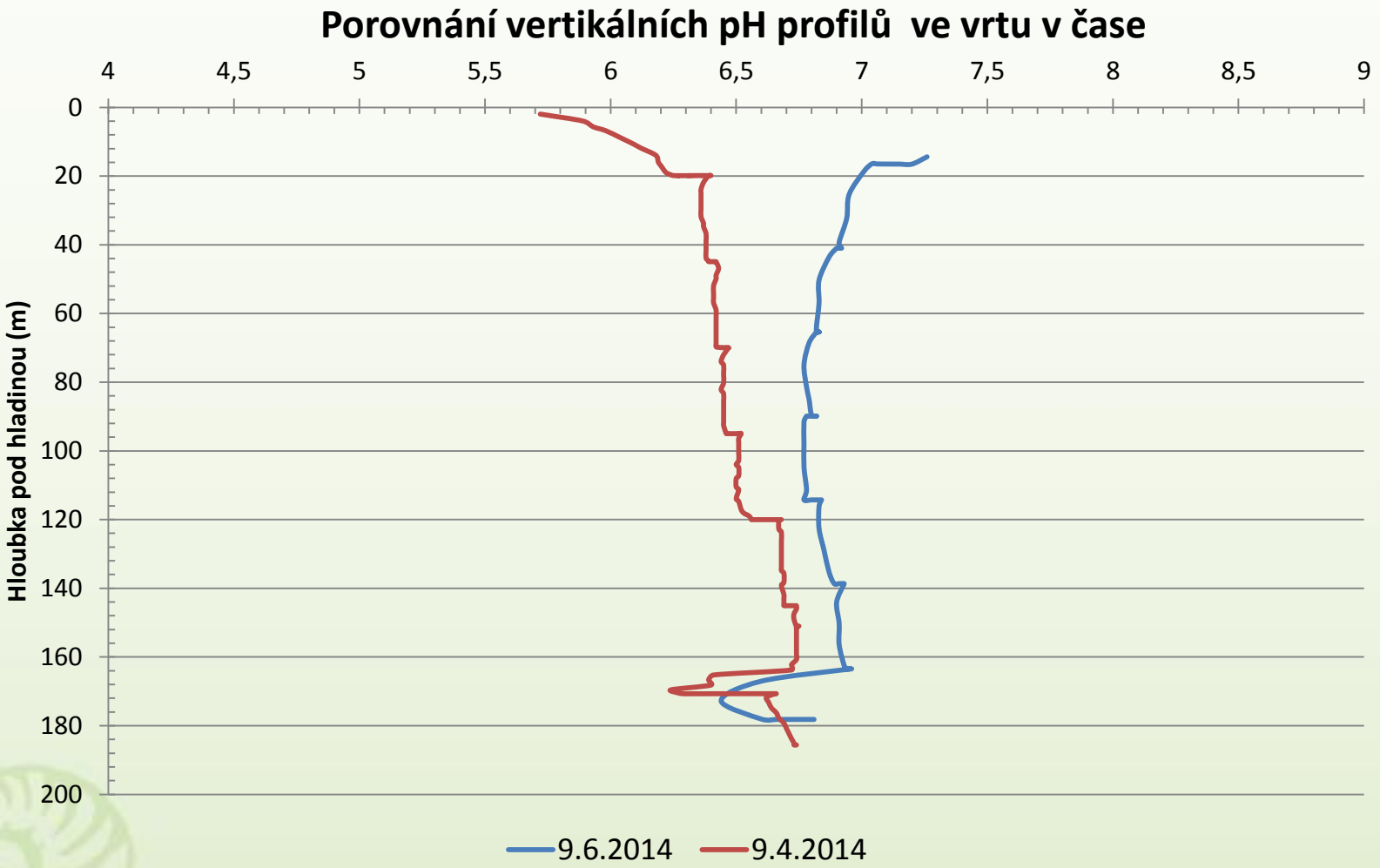
Porovnání měření teploty vody in situ a na povrchu v průtočné cele



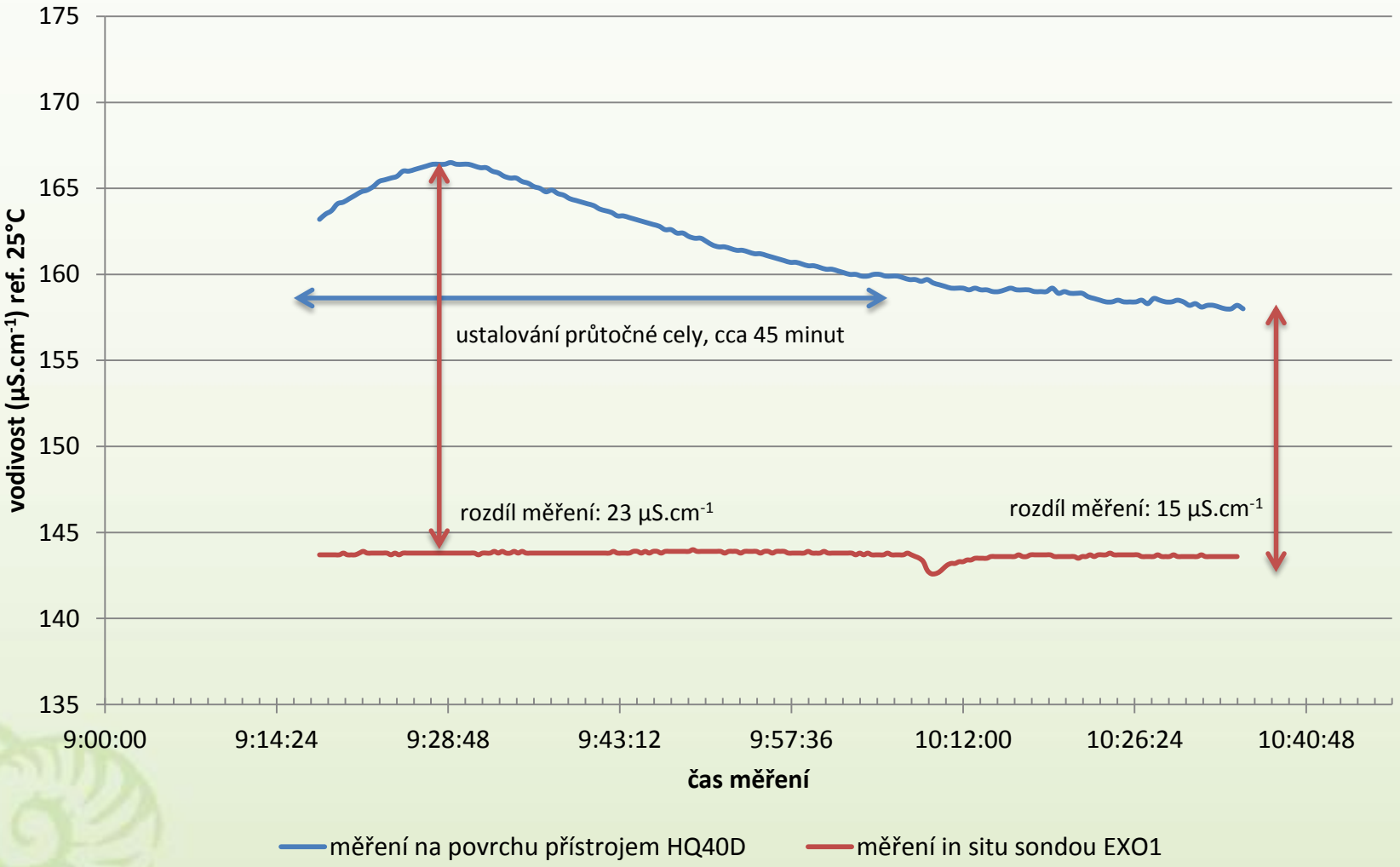

Teplotní gradient ve vrtu Mel-2 v čase (°C)
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Hloubka zapuštění sondy pod terénem (m)
V úseku 20 až 90 m je teplotní gradient 1,04 °C / 100 m
V úseku 80 až 180 m je teplotní gradient 2,02 °C / 100 m
Průměrný teplotní gradient v ČR je ≈ 3 °C / 100 m
9.6.2014
9.4.2014

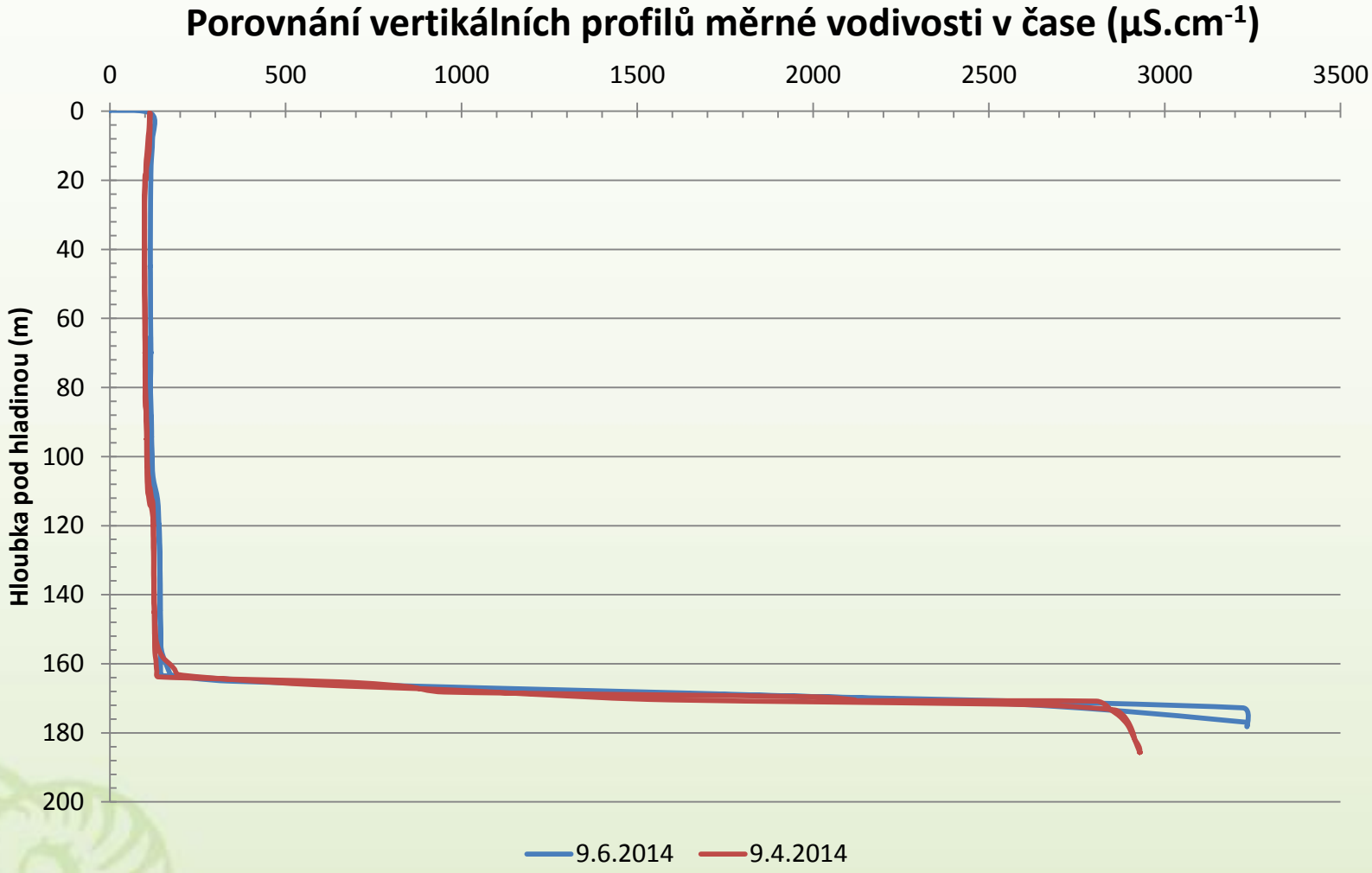
Porovnání měření pH in situ a na povrchu v průtočné cele




Porovnání vertikálních pH profilů ve vrtu v čase
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
7,5
8
8,5
9
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Hloubka pod hladinou (m)
9.6.2014
9.4.2014

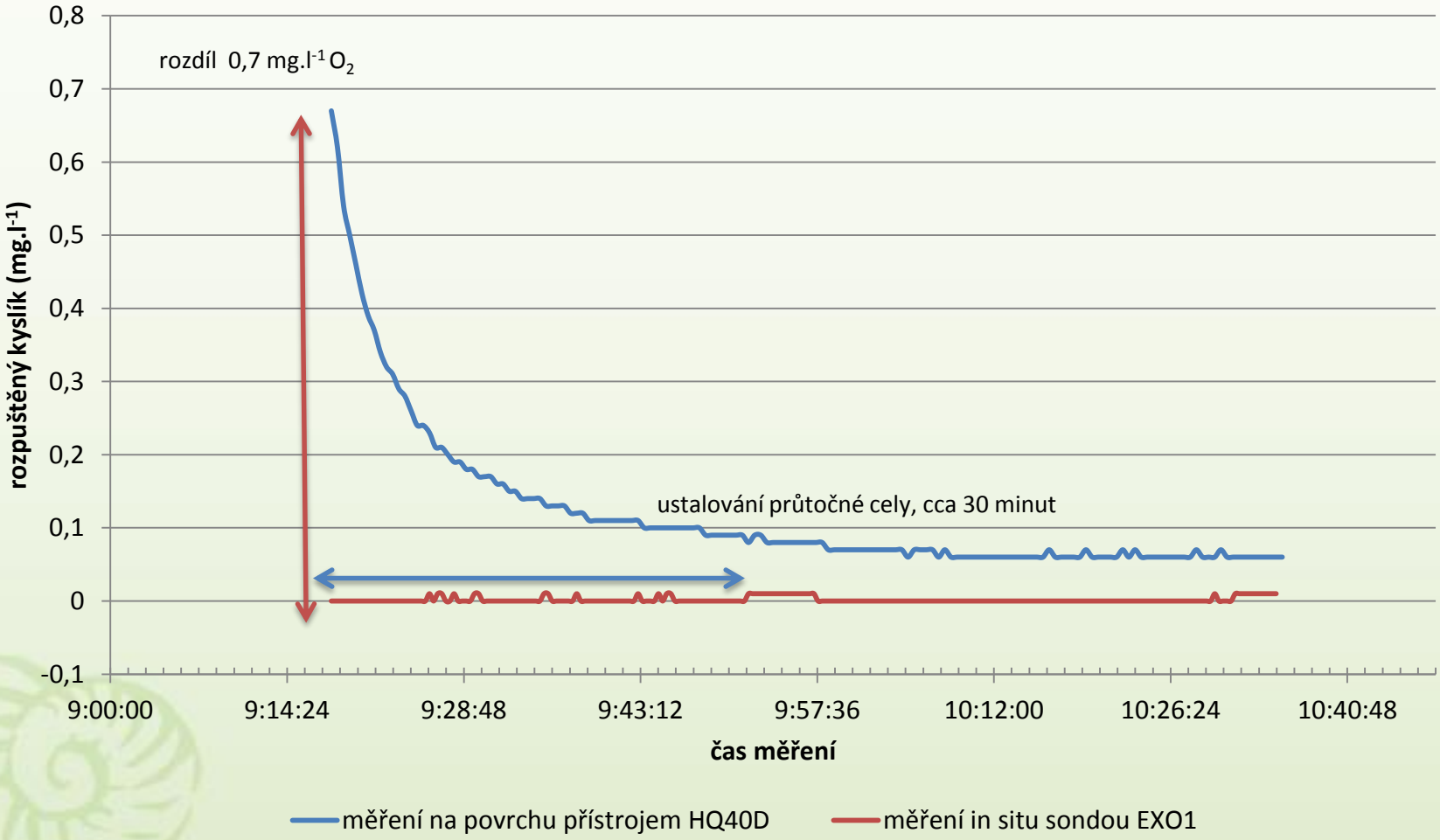
Porovnání měření vodivosti in situ a na povrchu v průtočné cele

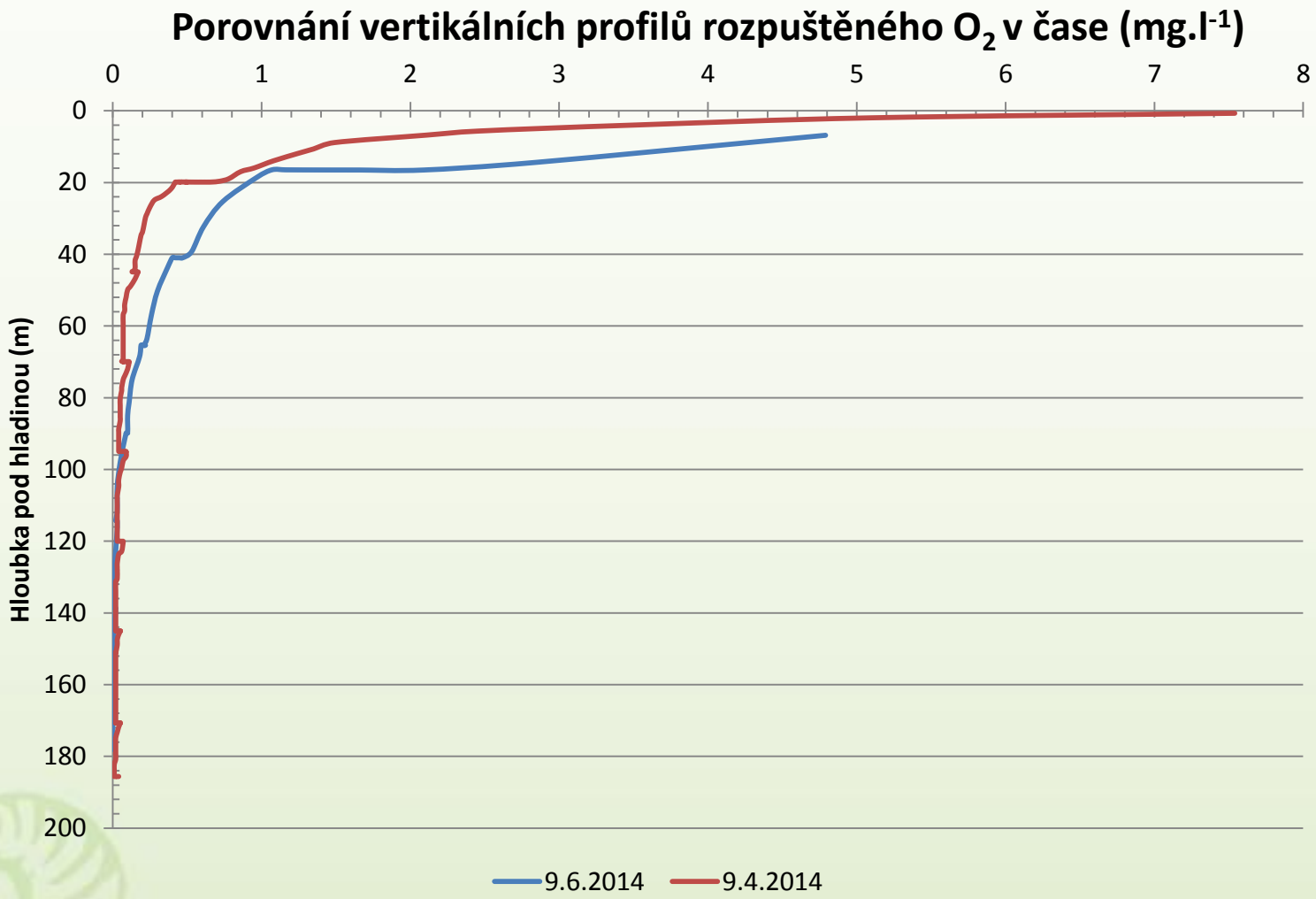



Porovnání vertikálních profilů měrné vodivosti v čase (µS.cm-1)
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Hloubka pod hladinou (m)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
9.6.2014
9.4.2014

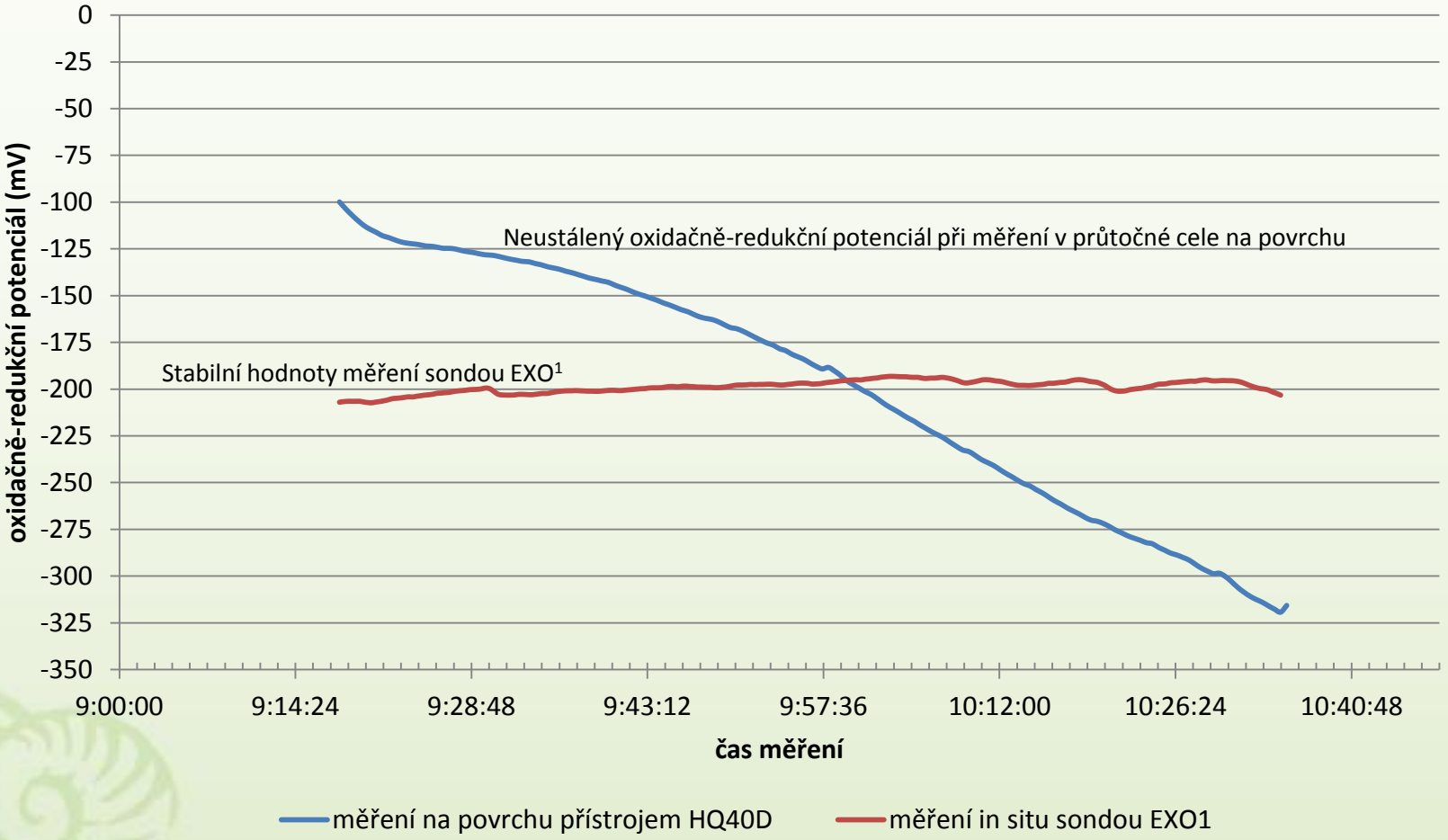
Migrační barvicí experiment, TIP MPO: „Mezizrnná propustnost“

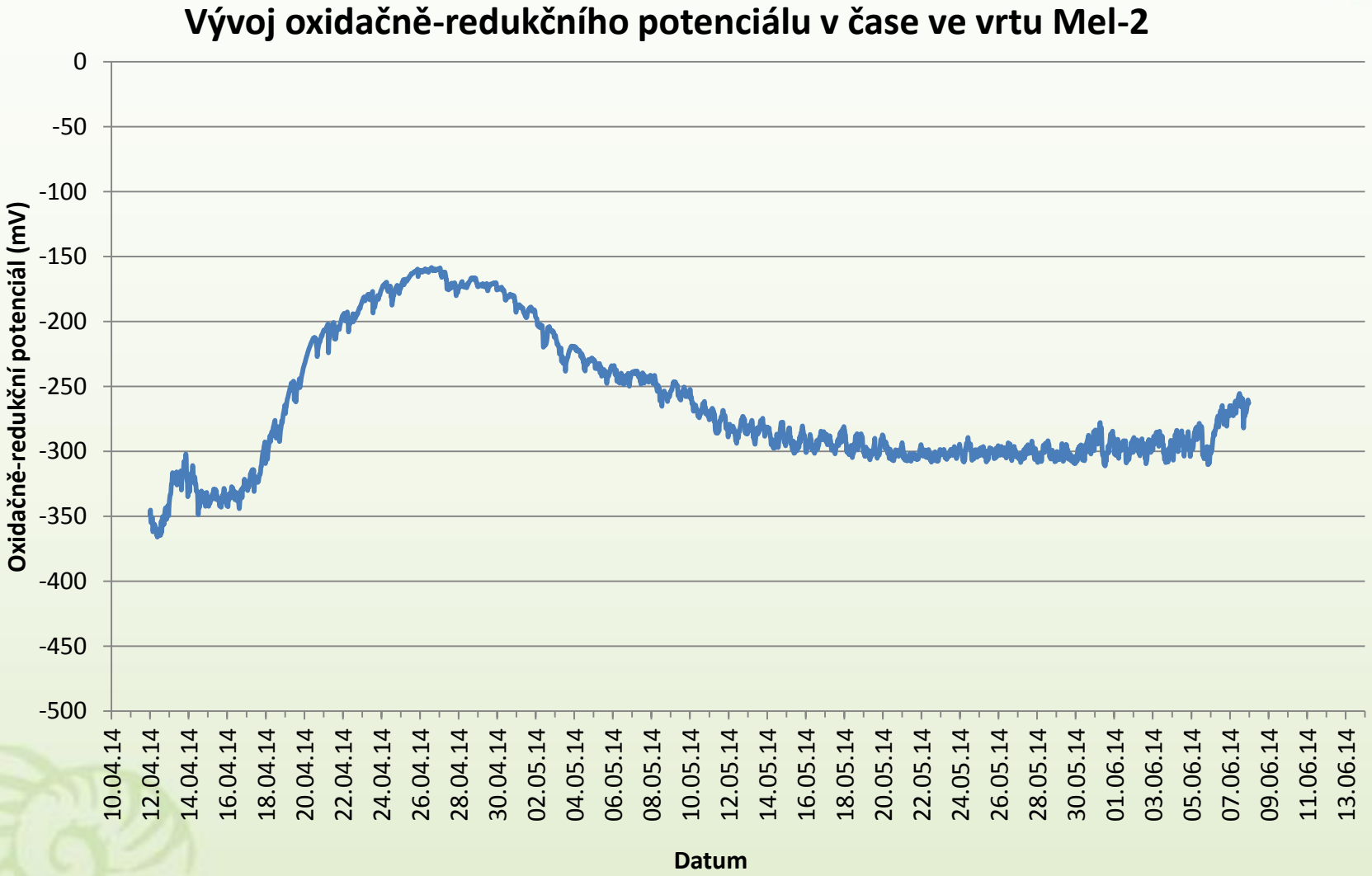
Porovnání měření rozpuštěného O_2 in situ a na povrchu v průtočné cele



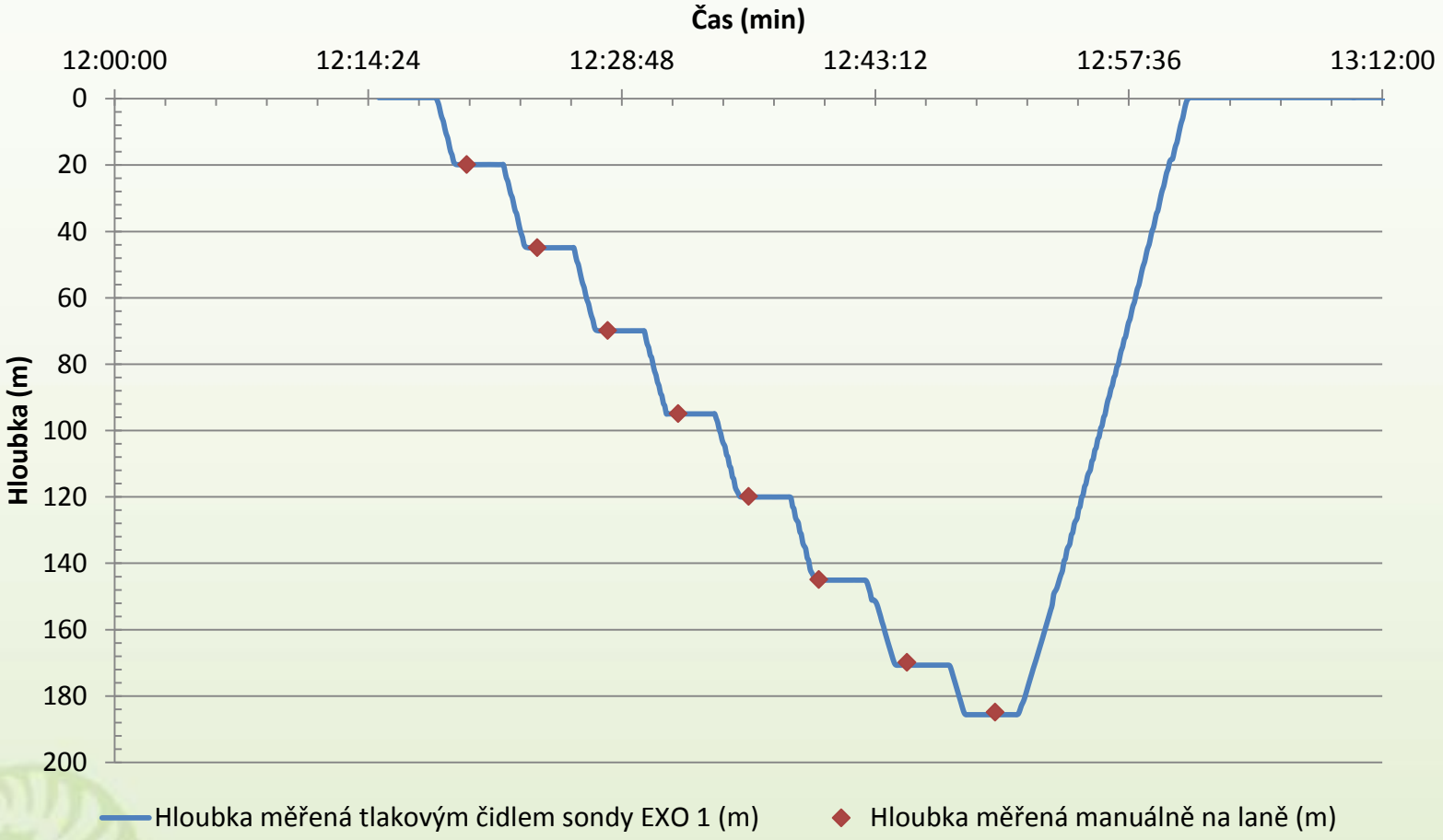

Porovnání vertikálních profilů rozpuštěného O_2 v čase (mg.l^{-1})
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Hloubka pod hladinou (m)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
9.6.2014
9.4.2014

Porovnání měření oxidačně-redukčího potenciálu in situ a na povrchu v průtočné cele

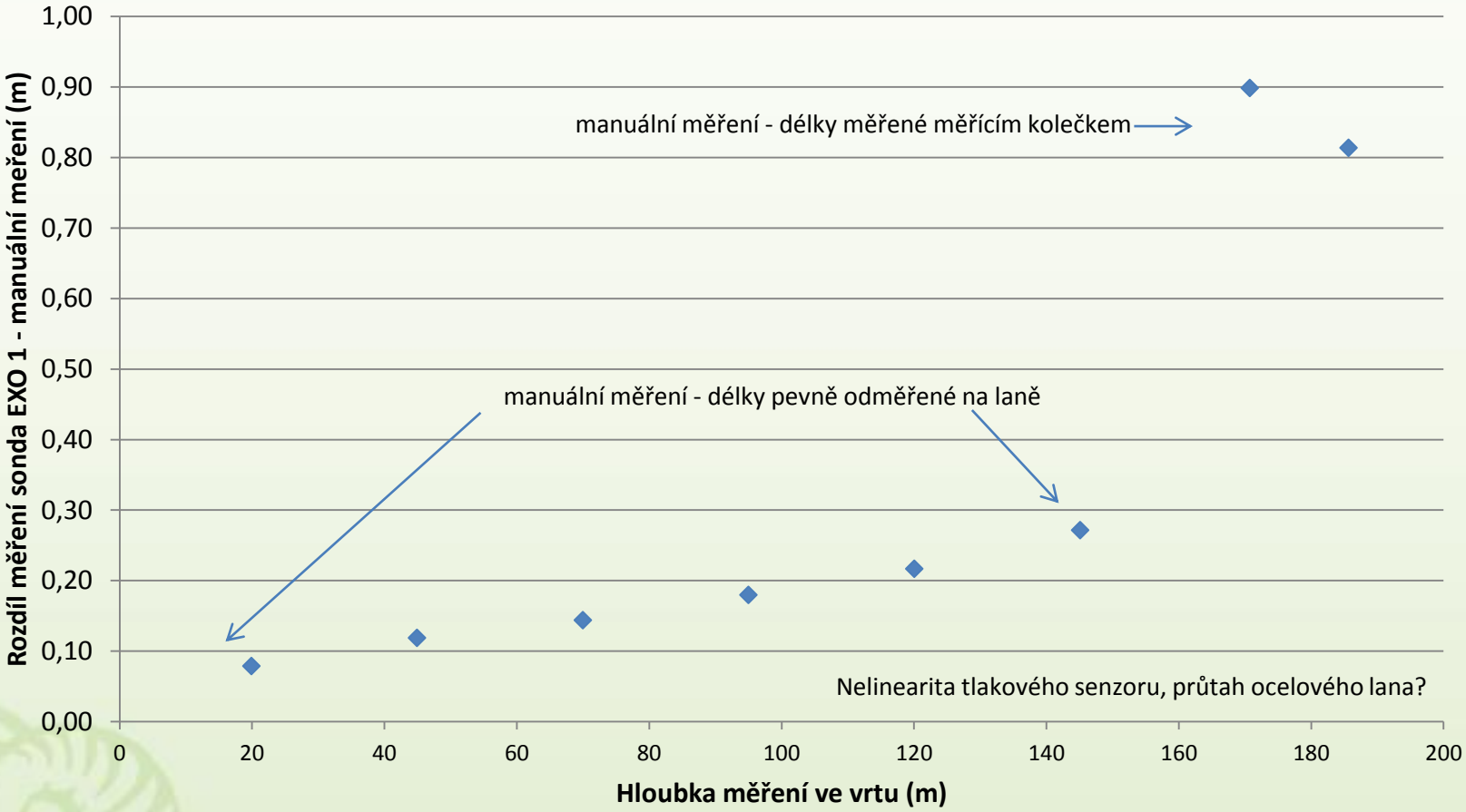



Vývoj oxidačně-redukčního potenciálu v čase ve vrtu Mel-2
Oxidačně-redukční potenciál (mV)
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
-400
-450
-500
10.04.14
12.04.14
14.04.14
16.04.14
18.04.14
20.04.14
22.04.14
24.04.14
26.04.14
28.04.14
30.04.14
02.05.14
04.05.14
06.05.14
08.05.14
10.05.14
12.05.14
14.05.14
16.05.14
18.05.14
20.05.14
22.05.14
24.05.14
26.05.14
28.05.14
30.05.14
01.06.14
03.06.14
05.06.14
07.06.14
09.06.14
11.06.14
13.06.14
Datum

Porovnání správnosti měření hloubky sondou EXO[1]



Rozdíl měření absolutní hotnoty hloubky v závislosti na hloubce měření



Závěry I. – obecná měření

- Měření pH, vodivosti a rozpuštěného kyslíku v průtočné cele dobře koreluje s výsledky z měření in situ, avšak doba ustalování parametrů v průtočné cele trvá cca 30 – 45 minut.
- Teplota a oxidačně redukční potenciál se při měření na povrchu významně liší od hodnot měřených in situ. Správné měření poskytuje metoda měření in situ.
- Mezi přístroji Hach Lange HQ40d a ISY EXO[1] existují rozdíly absolutních hodnot měření, tyto rozdíly jsou vzhledem k velikosti měřeného parametru zanedbatelné.

Závěry II. – sonda ISY EXO[1]

- Sonda ISY EXO1 se svojí konstrukcí, výdrží el. napájení i citlivostí měřených parametrů osvědčila při výzkumu vod ve velkých hloubkách.
- Chyba měření hloubky tlakovým čidlem sondy s hloubkou stoupá (přeměřuje 10 cm na 50 m délky lana), je ale stále mnohem přesnější než při měření hloubky měřícím kolečkem. Chybu měření hloubky lze vzhledem ke geochemické stratifikaci vod zanedbat.
- **Hlavním přínosem hydrochemické sondy je možnost termálního, hydrochemického profilování a měření kontinuálních časových řad**.
- Toto zařízení umožnilo nová měření, která dříve nebyla realizovatelná technickými prostředky v našem vlastnictví.

Děkuji za pozornost