

VLASTISLAV MO-4

REGENERACE JÍMACÍHO VRTU ULTRAZVUKOVOU METODOU

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA



Autor: Ing. Daniel Kahuda

V Tuchlovicích dne 21.4.2021



VODNÍ ZDROJE, a.s., Jindřicha Plachty 535/16, 150 00 Praha 5 ~ tel.: 266 779 114

e-mail: obchodni@vodnizdroje.cz ~ www.vodnizdroje.cz ~ IČ: 45274428, DIČ: CZ45274428

NÁZEV AKCE

Vlastislav MO-4

NÁZEV ZPRÁVY

Regenerace jímacího vrtu MO-4 (JÚ Vlastislav) ultrazvukovou metodou, závěrečná zpráva

ZAKÁZKOVÉ ČÍSLO

OBJEDNATEL

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Přítkovská 1689/14

415 01 Teplice

ZHOTOVITEL

VODNÍ ZDROJE, a.s.

Jindřicha Plachty 535/16

150 00 Praha 5

ČÍSLO VÝTISKU

MÍSTO A DATUM VÝTISKU

V Tuchlovicích dne 21. 4. 2020

VYPRACOVAL

Ing. Daniel Kahuda

SPOLUPRACOVALI

ODPOVĚDNÝ ŘEŠITEL

Mgr. Ivo Černý

SCHVÁLIL A UVOLNIL

Mgr. Marek Petráček

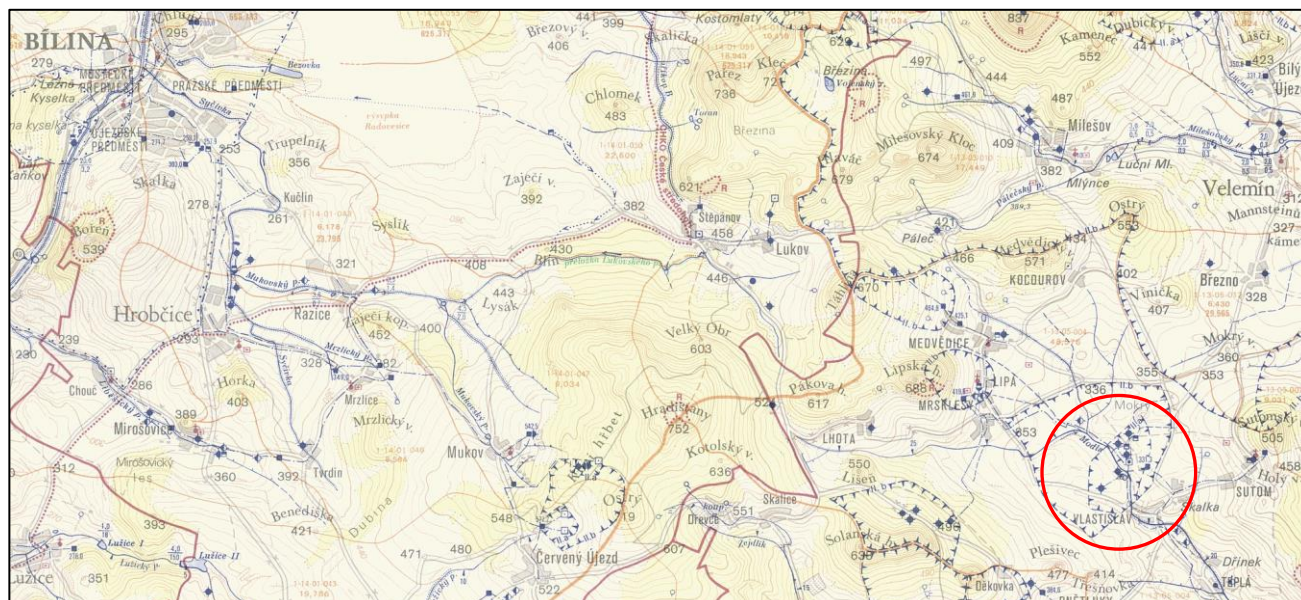
1 Úvod

Předkládaná závěrečná zpráva je vyhodnocením mechanické regenerace jímacího vrtu MO-4 (JÚ Vlastislav) provedené v termínu 2.-4.3.2021 na základě prováděcího projektu „Kahuda, D.: Vlastislav MO-4, mechanická regenerace jímací studny, udržovací práce ve smyslu §15a odst. 3 zákona 254/2001 Sb., VODNÍ ZDROJE, a.s., Tuchlovice, 2.12.2020.“ Cílem prací bylo zprůchodnění kolmatovaných otvorů perforace a porézního prostoru obsypu vrtu za účelem zvýšení přítoku vody (ve smyslu provozní vydatnosti a souvisejících hydraulických charakteristik). K provedení regeneračních prací bylo vydáno souhlasné stanovisko místně příslušného vodoprávního úřadu (MěÚ Lovosice, odbor životního prostředí), evid. č. : MULO 37675/2020, č.j. č. spisu: OŽP 693/2020 ze dne 4.12.2020.

V rámci regeneračních prací byla použita kombinace technologií **odčerpání kalu ze dna objektu mamutovým čerpadlem (air-lift) a mechanického čištění pláště a obsypu vrtu pomocí ultrazvukové vlny**. Oproti návrhu rozsahu prací v prováděcím projektu bylo rozhodnutím zhotovitele z technologického postupu vynecháno *mechanické čištění výstroje vrtu vysokotlakým vodním paprskem* – a to na základě výsledků karotážních měření a TV prohlídky vrtu před regenerací (Procházka, M.: Vlastislav – revize vrtu MO-4, SG Geotechnika, a.s., Praha, 9.12.2020), v jejichž rámci bylo upozorněno na riziko poškození výstroje vrtu vzhledem k jejímu špatnému technickému stavu.

Práce byly provedeny v návaznosti na výzkumný projekt **TH02030421 – ULTRA – Zařízení pro regeneraci vodárenských jímacích vrtů na principu ultrazvuku** (Technologická agentura ČR) ve spolupráci s **Českou zemědělskou univerzitou v Praze**.

Jímací vrt MO-4 byl zhotoven v r.1967 společností VODNÍ ZDROJE, n.p. vrtným průměrem d530mm do konečné hloubky 36 m p.t. Výstroj vrtu je ocelová průměru d325mm s úsekem kruhové vrtané perforace 16-32m p.t., objekt je umístěn v podzemní šachtě. Jako referenční odměrný bod byl zvolen okraj ocelové pažnice vrtu – ve vzdálenosti 2,45m od hrany poklopu šachty (a rovněž cca stejně hluboko pod úrovní terénu).



Obrázek 1: Základní vodohospodářská mapa 1:50.000



VODNÍ ZDROJE, a.s., Jindřicha Plachty 535/16, 150 00 Praha 5 ~ tel.: 266 779 114

e-mail: obchodni@vodnizdroje.cz ~ www.vodnizdroje.cz ~ IČ: 45274428, DIČ: CZ45274428

2 Seznam použité literatury a dalších podkladů

Kahuda, D.: Vlastislav MO-4, kamerová prohlídka jímací vrtané studny, vyhodnocení hydrodynamických zkoušek ze dne 23.4.2020, závěrečná zpráva, VODNÍ ZDROJE, a.s., Tuchlovice, 4.8.2020

Kahuda, D.: Vlastislav MO-4, mechanická regenerace jímací studny, udržovací práce ve smyslu §15a odst. 3 zákona 254/2001 Sb., VODNÍ ZDROJE, a.s., Tuchlovice, 2.12.2020

Nakládal, P.: Vlastislav, prohlídka vrtů řady MO, Praha, 2013

Procházka, M.: Vlastislav – revize vrtu MO-4, SG Geotechnika, a.s., Praha, 9.12.2020

Procházka, M.: Vlastislav – kontrola regenerace vrtu MO-4, SG Geotechnika, a.s., Praha, 31.3.2021

Zimmel, A. a kol.: Modla – Vlastislav 70/68, MO-4, technická zpráva, VODNÍ ZDROJE, n.p., Praha, 1967

<http://heis.vuv.cz/>

<http://www.ochranaprirody.cz/>

<http://nahlizenidokn.cuzk.cz>

<http://www.geology.cz>

3 Metodika provedení

V rámci regeneračních prací byly aplikovány pouze technologie mechanického čištění v následujícím harmonogramu:

1. I. čerpání mamutovým čerpadlem (air-lift): Bylo provedeno odtěžení sedimentární napadávky na dně vrtu a dosažena původní hloubka objektu 36,5m p.t. (resp. 34,1m od OB)
2. Čištění emisí ultrazvukové vlny: Bylo provedeno pomocí ponorné sondy s 3mi magnetostrikčními emitory ultrazvuku o frekvenci 20kHz a výkonu 3x 2,5kW. Ponorná sonda byla podvěšena pod ponorné čerpadlo, které bylo umístěno mezi dvojicí deskových obturátorů. Při simultánním chodu celé sestavy bylo provedeno oddělení vysráženého materiálu z kolmatovaných povrchů ultrazvukem (tj. nárůstů, inkrust, novotvarů...apod.) do formy rozpuštěného jemného kalu, který byl odčerpáván ponorným čerpadlem. Tímto způsobem bylo postupováno po jednotlivých etážích v prostoru perforované části výstroje. Čištění každé z etáží bylo prováděno, dokud odčerpávaná voda vykazovala známky rozpuštěného zákalu, následně došlo k posunu na etáž novou. Čištění probíhalo rychlostí cca 1m perforovaného úseku / 15min.
3. II. čerpání mamutovým čerpadlem (air-lift): Bylo provedeno odtěžení sedimentární napadávky z ultrazvukového čištění a promytí zaplášťového prostoru vzduchovým rázováním.

4 Metodika vyhodnocení

4.1 KAMEROVÉ PROHLÍDKY VÝSTROJE VRTU PŘED A PO REGENERACI

Kamerová prohlídka byla provedena ponornou kamerou 3Dgeo barevného formátu PAL při rozlišení 750x600 (96dpi). Byl pořízen video záznam a detailní snímky zájmových partií. Vyhodnocení je obsahem přílohy č.2.

4.2 HYDRODYNAMICKÉ ZKOUŠKY

Jako referenční (před regenerací) byly použity výsledky vyhodnocení hydrodynamických zkoušek z pravidelného testování jímacích objektů provozovaných SČVK, a.s. (HDZ ze dne 23.4.2020). Čerpací zkouška byla provedena aktuální provozní vydatností $Q_0=1,59$ l/s v délce trvání 3h, po které následovala zkouška stoupací v délce trvání 1h.

Po regeneraci vrtu byly provedeny celkem 2 ověřovací hydrodynamické zkoušky (8.3.2021 při $Q_1=1,4$ l/s, $t=1$ h a 23.3.2021 při $Q_2=1,4$ l/s, $t=3$ h).

1. Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek bylo provedeno metodou neustáleného proudění dle **Theis/Jacobovy** aproximace v semilogaritmickém měřítku za účelem stanovení základních hydraulických parametrů kolektoru podzemní vody: transmisivity **$T[m^2/s]$** a nasycené hydraulické vodivosti **$K[m/s]$** .

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s} \quad \text{a} \quad K = \frac{T}{M}$$

kde: T – transmisivita [m^2/s]; Q – čerpaná vydatnost [m^3/s]; K – konduktivita (nasycená hydraulická vodivost); $M[m]$ – mocnost kolektoru podzemní vody; $\Delta s[m]$ – snížení úrovně HPV v jednotkovém intervalu

Hodnoty základních hydraulických parametrů (transmisivity **$T[m^2/s]$** , nasycené hydraulické vodivosti **$K[m/s]$** a specifické storativity **$S[m^{-1}]$**) byly pro srovnávací výpočty použity z výsledků 11-ti denní hydrodynamické zkoušky z období 31.10.-11.11.2014, kdy byl rovněž monitorován ovlivněný objekt MO-5.

2. Metodou dle Agarwala byl stanoven koeficient dodatečných tlakových odporů jímacího vrtu **$W[-]$** vč. souvisejících hydraulických charakteristik:

$$W = \frac{1}{0,86} \left(\frac{2\pi T i}{Q} - 1.0127 \cdot \log C_D - 1.0232 \right) \quad \text{a} \quad C_D = \frac{C}{2\pi \cdot r_v^2 \cdot S}$$

kde: S – specifická storativita [m^{-1}]; C – bezrozměrný koeficient [-]; r_v^2 – poloměr výstroje vrtu [m]; C_D – bezrozměrná storativita vrtu [-]; W – koeficient dodatečných odporů [-]

3. Metodou dle Sørensen byla ověřena relativní efektivita stávající provozního čerpání EF[%]:

$$EF = \frac{\left(\frac{Q}{s_{60}}\right)_{\text{měřená}}}{\left(\frac{Q}{s_{60}}\right)_{\text{teoretická}}} \cdot 100[\%] = \frac{\left(\frac{Q}{s_{60}}\right)}{\frac{2.3Q}{4\pi T} \text{LOG} \frac{2.25t_{60}}{r_w^2 * S}} \cdot 100[\%]$$

kde: s_{60} – snížení úrovně HPV v čase $t_{60}=60$ min.

4. Metodou dle Jetela byla stanoven odhad aktuální maximální využitelné vydatnosti Q_{max} [l/s]:

$$Q_{max} = 2\pi \times r_w \times M \times v_{krit} \times \alpha \quad v_{krit} = \frac{\sqrt{K}}{15}$$

kde: v_{krit} – kritická vtoková rychlost (mez laminárního proudění) [m/s]; r_w – poloměr vrtání [m]; α – pórovitost obsypu [-]

Hodnota pórovitosti obsypu byla orientačně stanovena podle rozdílu odčerpaného objemu a zaznamenaného snížení úrovně HPV na počátku měření čerpací zkoušky (tj. v tzv. úseku „prázdnění vrtu,“ $t \sim 5$ s), kdy odčerpaný objem nad hodnotu prázdnění je uvažován jako odpovídající efektivní pórovitosti mezikruží (tj. vrtného obsypu).

4.3 KAROTÁŽNÍ MĚŘENÍ

Soubor metod karotážních měření (vč. opakování revizní TV prohlídky výstroje vrtu) byl aplikován před i po regeneraci, vyhodnocení je obsahem přílohy č.7. Byl aplikován následující rozsah metod:

- Citlivá termometrie
- Rezistivimetrie v aplikaci metody ředění označené kapaliny
- Rezistivimetrie v aplikaci metody konstantního čerpání označené kapaliny
- Gama gama karotáž v hustotní modifikaci
- Kavernometrie
- Gama karotáž
- Neutron – neutron karotáž
- OCEAN – vertikální měření F-CH parametrů

5 Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek

5.1 DLE THEIS/JACOBA (HDZ PO REGENERACI)

	HDZ 8.3.21		HDZ 23.3.21		
	ČZ	SZ	ČZ	SZ	
Q[l/s]	1.4	1.4	1.4	1.4	čerpaná vydatnost
dw[mm]	530	530	530	530	průměr vrtání
dv[mm]	300	300	300	300	průměr výstroje
hw[m p.t.]	36.50	36.50	36.50	36.50	hloubka vrtu
h0[m p.t.]	6.65	6.65	7.02	7.02	počáteční úroveň HPV
h1[m p.t.]	8.15	8.15	8.55	8.55	úroveň HPV na konci ČZ
M[m]	29.85	29.85	29.48	29.48	mocnost zvodně
s[m]	1.50	1.50	1.53	1.53	pokles úrovně HPV při ČZ
q[l/s/m]	0.93	0.93	0.92	0.92	specifická vydatnost
Y	5.97	5.97	5.96	5.96	index transmisivity
Z	4.50	4.50	4.49	4.49	index konduktivity
I	0.16	0.09	0.09	0.08	hydraulický gradient
T[m ² /s]	1.64E-03	2.99E-03	2.92E-03	3.04E-03	transmisivita zvodně
K[m/s]	5.49E-05	1.00E-04	9.91E-05	1.03E-04	nasyčená hydraulická vodivost
R[m]	33.35	45.05	45.67	46.61	dosah deprese dle Siehardta
S[m ⁻¹]	3.23E-04		3.23E-04		specifická storativita – dle HDZ z 31.10.2014

5.2 DLE AGARWALA (HDZ PO REGENERACI)

	HDZ 8.3.21		HDZ 23.3.21		
T[m ² /s]	1.92E-03	1.92E-03			transmisivita zvodně
r _v [m]=	0.15	0.15			poloměr výstroje vrtu
Q[m ³ /s]=	0.0014	0.0014			čerpaná vydatnost
1/l _p =	68.49	59.17			převrácená hodnota sklonu při prázdnění vrtu
C[m ²]=	9.59E-02	8.28E-02			koeficient
C ₀ [-]=	2102.53	1816.42			bezrozměrná storativita vrtu
I	0.99	0.98			hydraulický gradient
W[-]=	4.81	4.77			koeficient dodatečných odporů
hW[m]=	0.65	0.36			snížení způsobené dodatečnými odpory

5.3 DLE SØRENSENA

	HDZ 8.3.21	HDZ 23.3.21	
EF=	56.48 %	56.75 %	efektivita čerpání

5.4 DLE JETELA

$Q_{max} [l/s] =$

HDZ 8.3.21	HDZ 23.3.21
4.80	6.37

 max. využitelná vydatnost

5.5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PŘED A PO REGENERACI

	HDZ 31.10.-11.11.2014		PŘED	PO		
	ČZ	SZ	23.4.20	8.3.21	23.3.21	
Q[l/s]	2.18	4	1.59	1.40	1.40	čerpaná vydatnost
h_w[m OB]	31.4	31.4	34.1	34.1	34.1	průchozí hloubka vrtu
h₀[m p.t.]	7.74	7.74	9.12	6.65	7.02	počáteční úroveň HPV
h₁[m p.t.]	11.5	15	11.36	8.15	8.55	úroveň HPV na konci ČZ
s[m]	3.76	7.26	2.25	1.50	1.53	pokles úrovně HPV při ČZ
q[l/s/m]	0.58	0.55	0.71	0.93	0.92	specifická vydatnost
T[m²/s]	1.92E-03	2.33E-03	1.82E-03	1.64E-03	2.92E-03	transmisivita zvodně
K[m/s]	7.27E-05	8.82E-05	7.25E-05	5.49E-05	9.91E-05	nasycená hydraulická vodivost
S[m⁻¹]	3.23E-04		#	#	#	specifická storativita
		W[-]=	10.78	4.81	4.77	koefficient dodatečných odporů dle Agarwala
		hW[m]=	1.50	0.65	0.36	snížení způsobené dodatečnými odpory dle Agarwala
		EF=	0.44	0.56	0.57	efektivita čerpání dle Sørensen
		α [-] =	0.13	0.20	0.20	stanovená pórovitost obsypu
		Q_{max}[l/s] =	3.03	4.80	6.37	maximální vydatnost (dle Jetela)

5.6 NEJISTOTY MĚŘENÍ

Mezi jednotlivými termíny provádění ověřovacích hydrodynamických zkoušek došlo k významnému rozptylu ustálené úrovně HPV (cca o 2,5m), což vzhledem k nízké mocnosti kolektoru podzemní vody (s volnou hladinou) zřejmě ovlivňuje přesnost stanovení základních hydraulických parametrů T[m²/s], K[m/s] a q[l/s/m].

6 Závěry a doporučení

Provedením mechanické regenerace jímací vrtané studny MO-4 byla úspěšně zvýšena její využitelná vydatnost i provozní životnost. Účinek se pozitivně projevil ve všech sledovaných parametrech, které lze jednotlivě zhodnotit:

- Byla odtěžena napadávkou sedimentů na dně objektu o mocnosti 2,7m a byla tak dosažena úroveň 60 cm pod předpokládanou původní hloubkou objektu (tj. 34.1m od O.B. resp. 36.5m p.t.)
- Hodnota specifické vydatnosti $q[l/s/m]$ byla zvýšena o 32%
- Výše dodatečných tlakových odporů $W[-]$ (tzv. skin-efektu dle Agarwala) byla snížena o 55 % a snížení úrovně HPV $hW[m]$ tímto jevem způsobené (při $Q=1,4l/s$) o 0,82m
- Efektivita čerpání vrtu EF (při $Q=1,4l/s$) ve smyslu poměru čerpané vydatnosti a snížení HPV (dle Sørensen) vzrostla o 27 %
- Pórovitost obsypu $\alpha[-]$ dle odhadu z poklesu HPV na počátku hydrodynamických zkoušek (tj. při tzv. „prázdnění vrtu“) vzrostla o 53 %
- Hodnota maximální využitelné vydatnosti (dle Jetela) vzrostla min. o 58 % na $Q_{max}=4,8l/s$

Podle výsledků karotážních měření lze dále uvést (viz Procházka, M., 2021, příloha č.7):

- Metoda gama gama karotáže prokázala pokles hustoty zaplášťového prostoru v úrovni cca 11-23m p.t., což je interpretováno jako vyčištění kolmatované části vrtného obsypu za perforovaným úsekem výstroje vrtu.
- Metoda resistivimetrie prokázala obnovení významného přítoku v úrovni 12-13m p.t.

Regenerace jímací vrtané studny MO-4 (JÚ Vlastislav) byla úspěšná, v části prostoru obsypu a v perforačních otvorech ovšem zůstává reziduální kolmatace, která se projevuje vizuálně dle kamerové prohlídky i hydraulicky dle vyhodnocení dodatečných tlakových odporů. Ocelová výstroj vrtu se blíží hranici své životnosti (viz Procházka, M., 2021), což je limitující faktor pro případné rozšíření provedené regenerace o další metody (mechanické tlakové či chemické). Uvedení vrtu do původního technického stavu (r. 1967) je z těchto důvodů prakticky nemožné.

Vrt lze ve stávajícím stavu provozovat při min. $Q_p=4,0 l/s$ (podle výsledků krátkých hydrodynamických zkoušek z března 2021 dokonce až $Q_{max}=4,8-6,3 l/s$, což by bylo nutné ověřit delší čerpací zkouškou). Pro další provozní využití vrtu doporučujeme **předpokládat provozní snížení úrovně HPV až o 11 m** a (s dalším ohledem na pokles ustálené hladiny a rozmístění přítoků v profilu vrtu) umístit **čerpadlo do úrovně 20-25m** od OB (tj. cca 22-28m p.t.). Jelikož se tato úroveň nachází v perforovaném úseku výstroje ve špatném technickém stavu, je rovněž relevantní možnost zabezpečení převystrojením PVC výstrojí o průměru d280-d300 mm s plným úsekem pro čerpadlo ve zmíněné úrovni. V případě převystrojení není vhodné vrt znovu obsypávat.

Ultrazvuková mechanická regenerační metoda prokázala dobrou účinnost a zároveň šetrnost při použití ve vrtu se špatným technickým stavem výstroje.

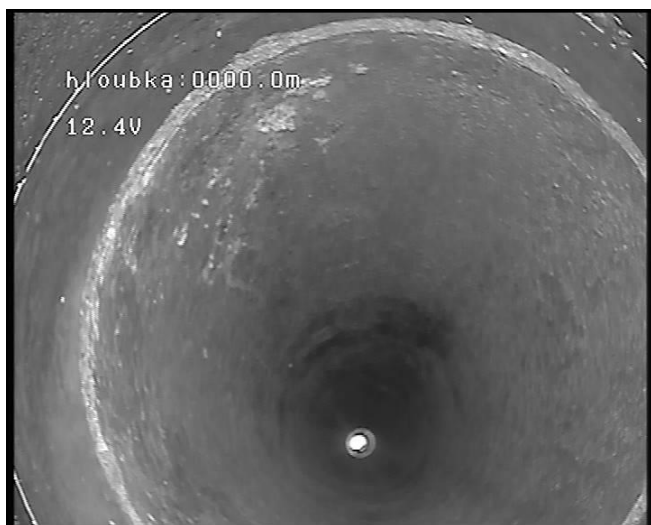
V Tuchlovicích dne 21.4.2021, Ing. Daniel Kahuda

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha 1: SITUACE 1:10.000	11
Příloha 2: KAMEROVÁ PROHLÍDKA – srovnání vybraných úseků výstroje vrtu.....	12
Příloha 3: schematický nákres jímacího vrtu MO-4 (po regeneraci).....	16
Příloha 4: srovnání snížení úrovně hladiny podzemní vody před a po regeneraci	17
Příloha 4: vyhodnocení hydrodynamických zkoušek	18
Příloha 6: fotodokumentace prací	24
Příloha 7: karotážní zpráva z měření na vrtu MO-4	26

Příloha 2: KAMEROVÁ PROHLÍDKA – srovnání vybraných úseků výstroje vrtu

0,0 m (od O.B.) náhled od odměrného bodu (PŘED)



0,0 m (od O.B.) náhled od odměrného bodu (PO)



8,3 m (od O.B.) plný úsek výstroje d325 – inkrustace Fe2O3 (PŘED)



8,3 m (od O.B.) plný úsek výstroje d325 – inkrustace Fe2O3 (PO)



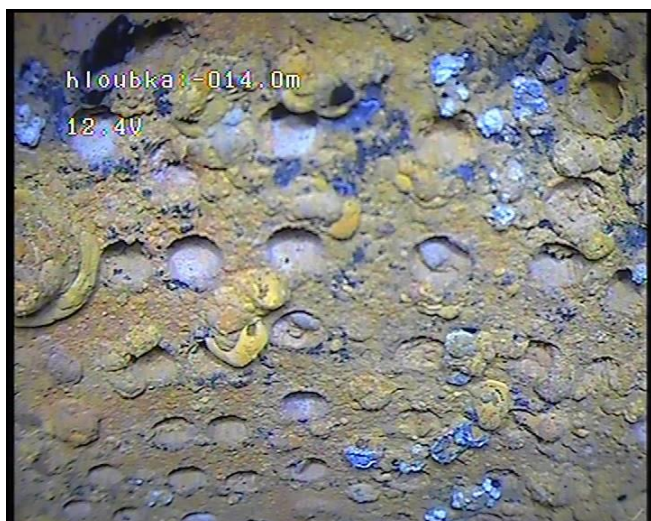
12,9 m (od O.B.) silná inkrustace Fe2O3 (PŘED)



12,6 m (od O.B.) silná inkrustace Fe2O3 (PO)



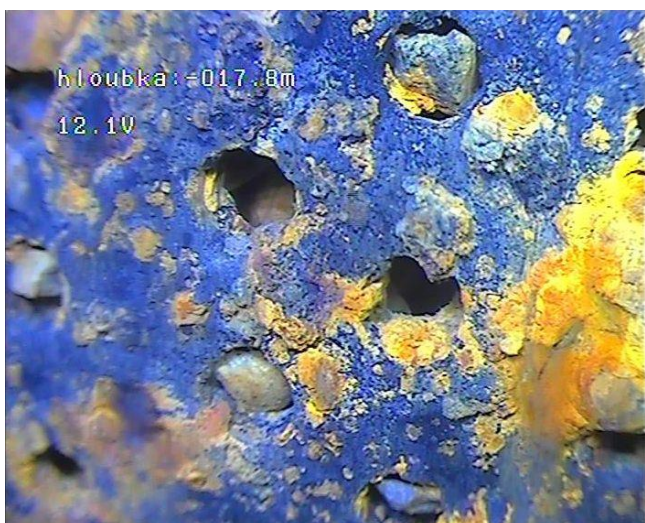
14,0 m (od O.B.) okraj perforovaného úseku, inkrustace Fe₂O₃ (PŘED) 14,0 m (od O.B.) náhled perforovaného úseku (PO)



16,4 m (od O.B.) obnažená Fe výstroj, minerální nárůsty Fe₂O₃ (PŘED) 16,8 m (od O.B.) otevřená perforace (PO)



17,4 m (od O.B.) zcela uzavřená perforace minerálními nárůsty (PŘED) 17,8 m (od O.B.) otevřená perforace (PO)



19,1 m (od O.B.) uzavřená perforace minerálními nárůsty (PŘED)



19,1 m (od O.B.) částečně otevřená perforace (PO)



21,4 m (od O.B.) zcela uzavřená perforace minerálními nárůsty (PŘED)



21,5 m (od O.B.) částečně otevřená perforace (PO)



23,1 m (od O.B.) uzavřená perforace minerálními nárůsty (PŘED) 22,9 m (od O.B.) otevřená perforace (PO)



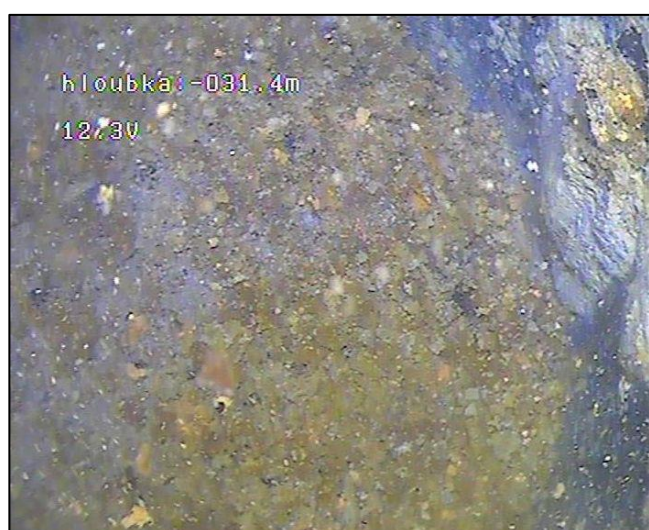
24,8 m (od O.B.) uzavřená perforace, minerální nárůsty Fe₂O₃ (PŘED) 25,0 m (od O.B.) otevřená perforace (PO)



28,7 m (od O.B.) uzavřená perforace, minerální nárůsty (PŘED) 28,7 m (od O.B.) částečně otevřená perforace (PO)



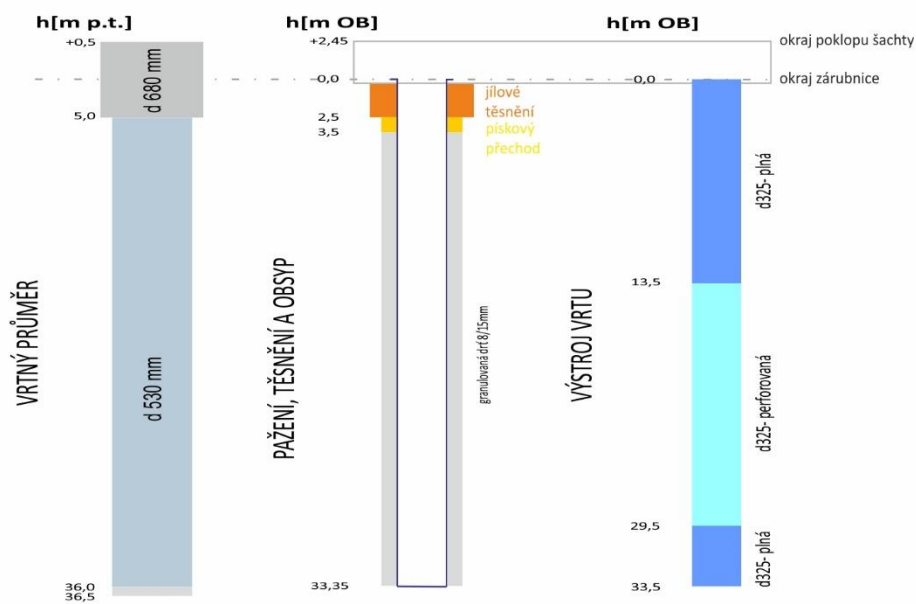
31,4 m (od O.B.) dno objektu (PŘED)



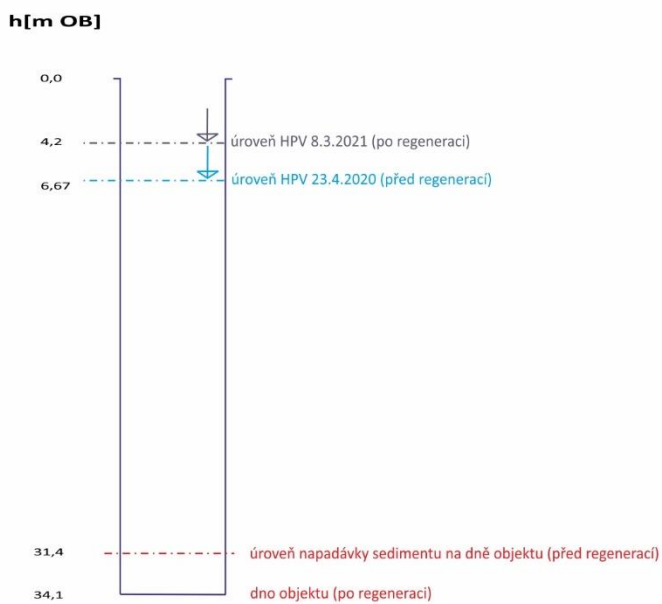
34,1 m (od O.B.) dno objektu (PO)



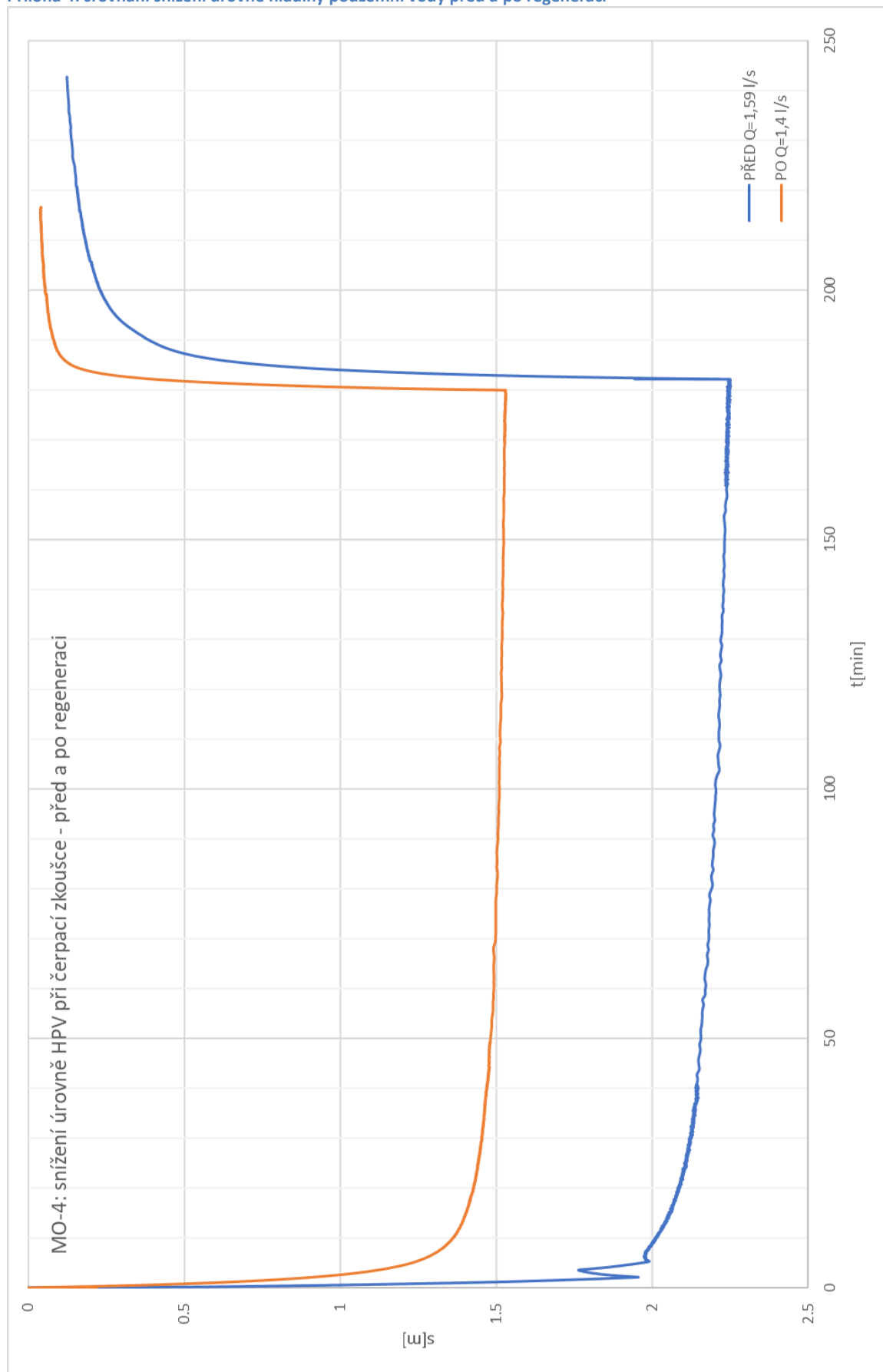
repassportizace objektu



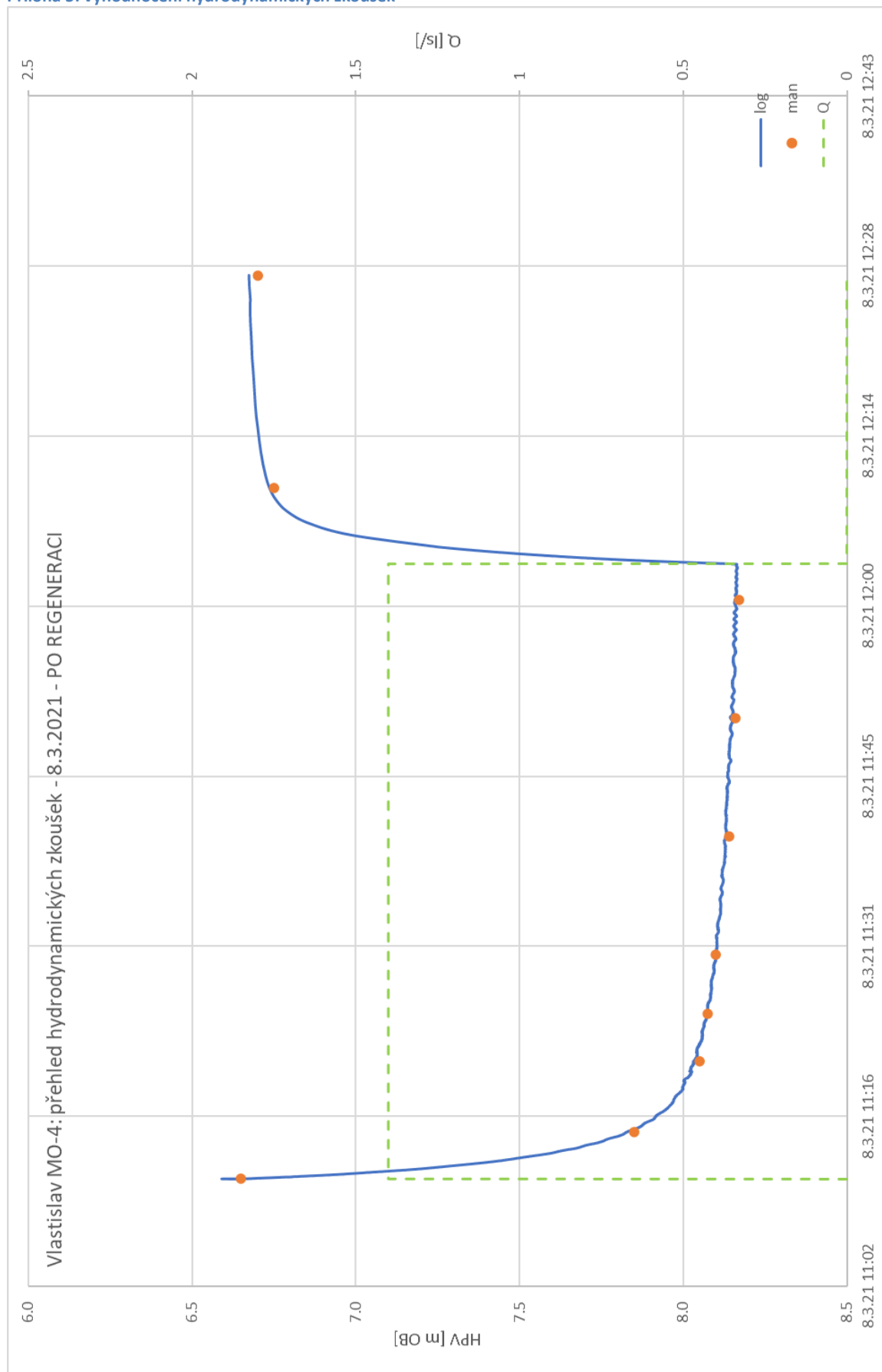
stav objektu k 8.3.2021



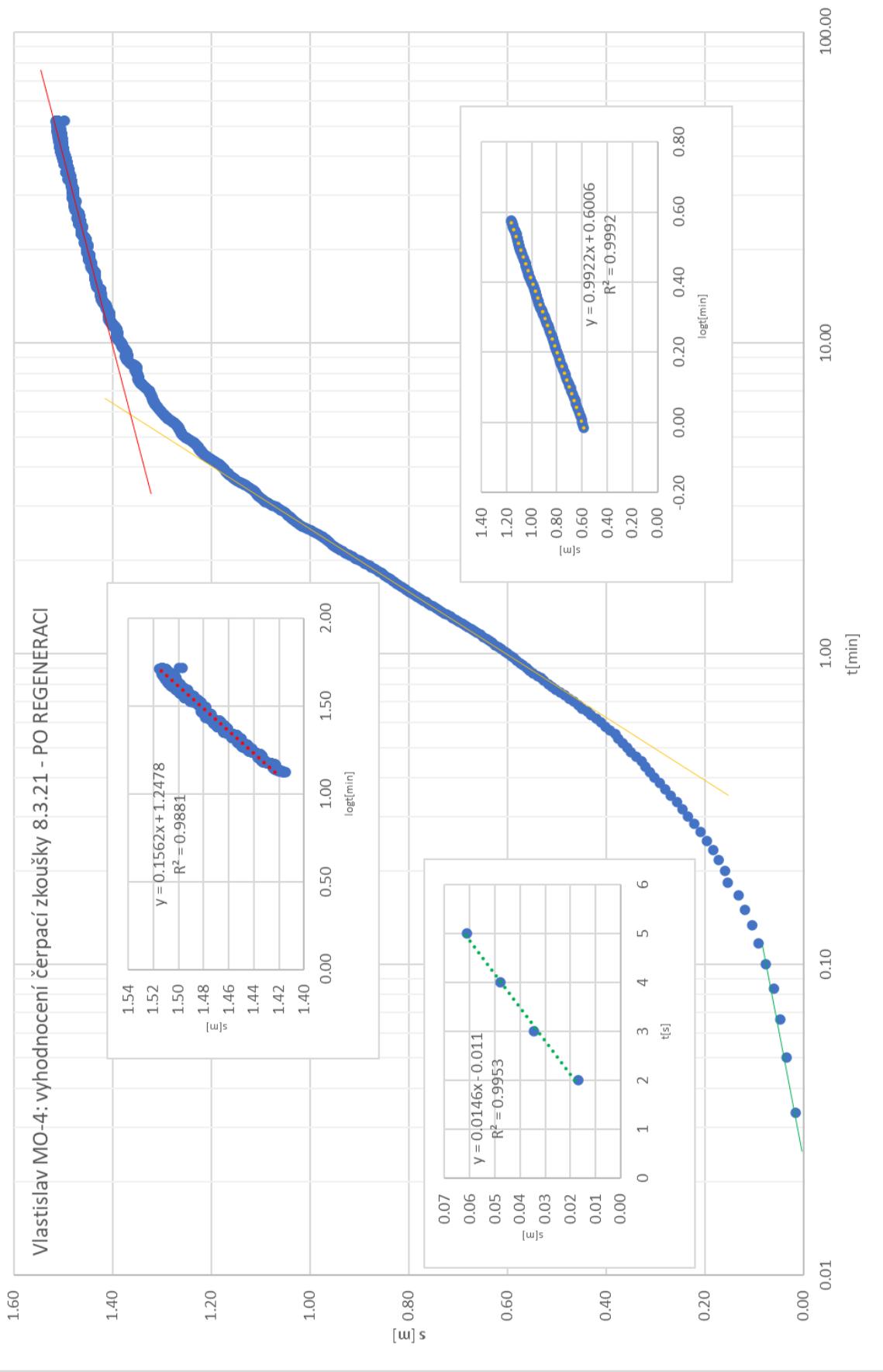
Příloha 4: srovnání snížení úrovně hladiny podzemní vody před a po regeneraci



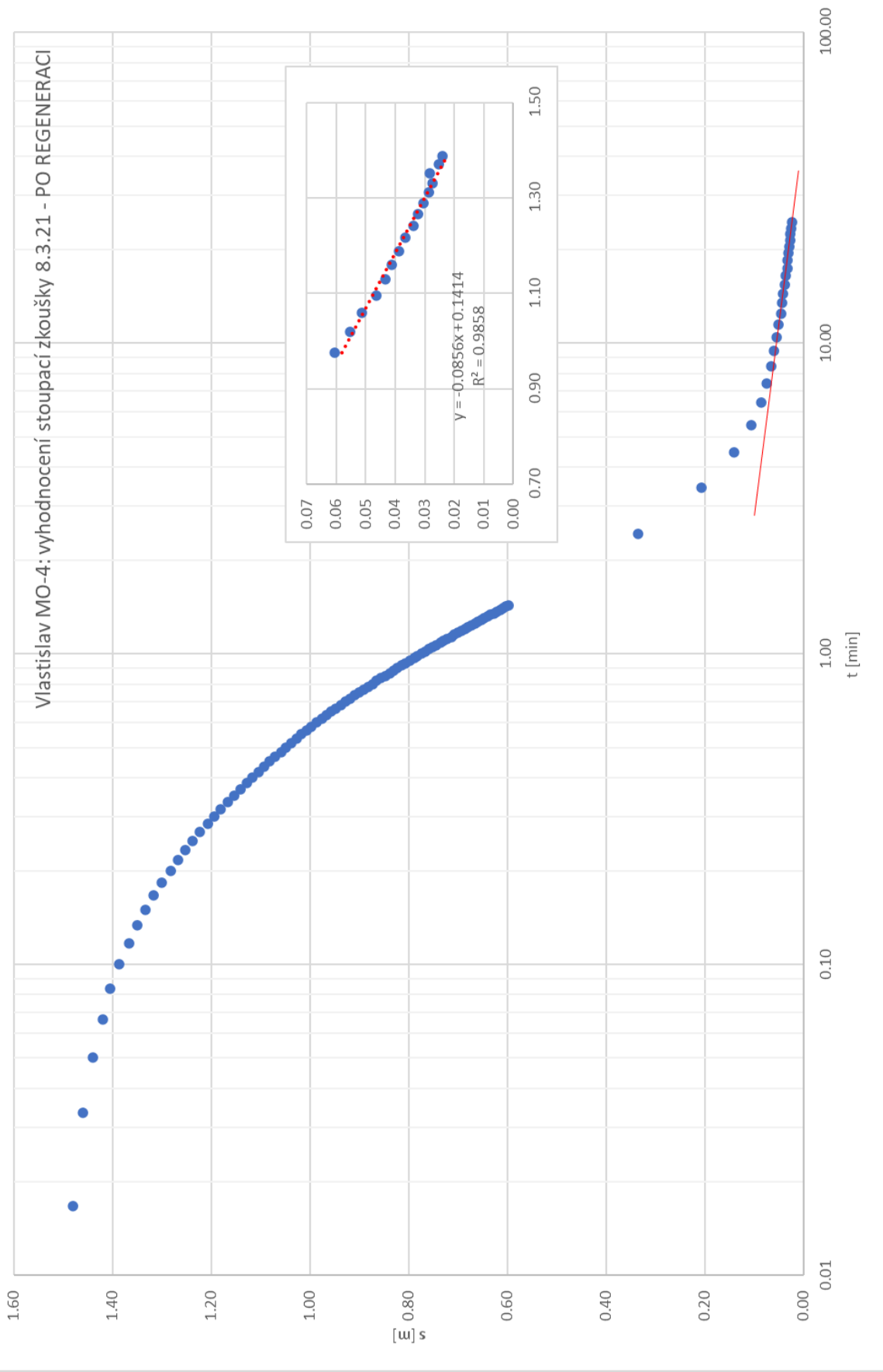
Příloha 5: vyhodnocení hydrodynamických zkoušek

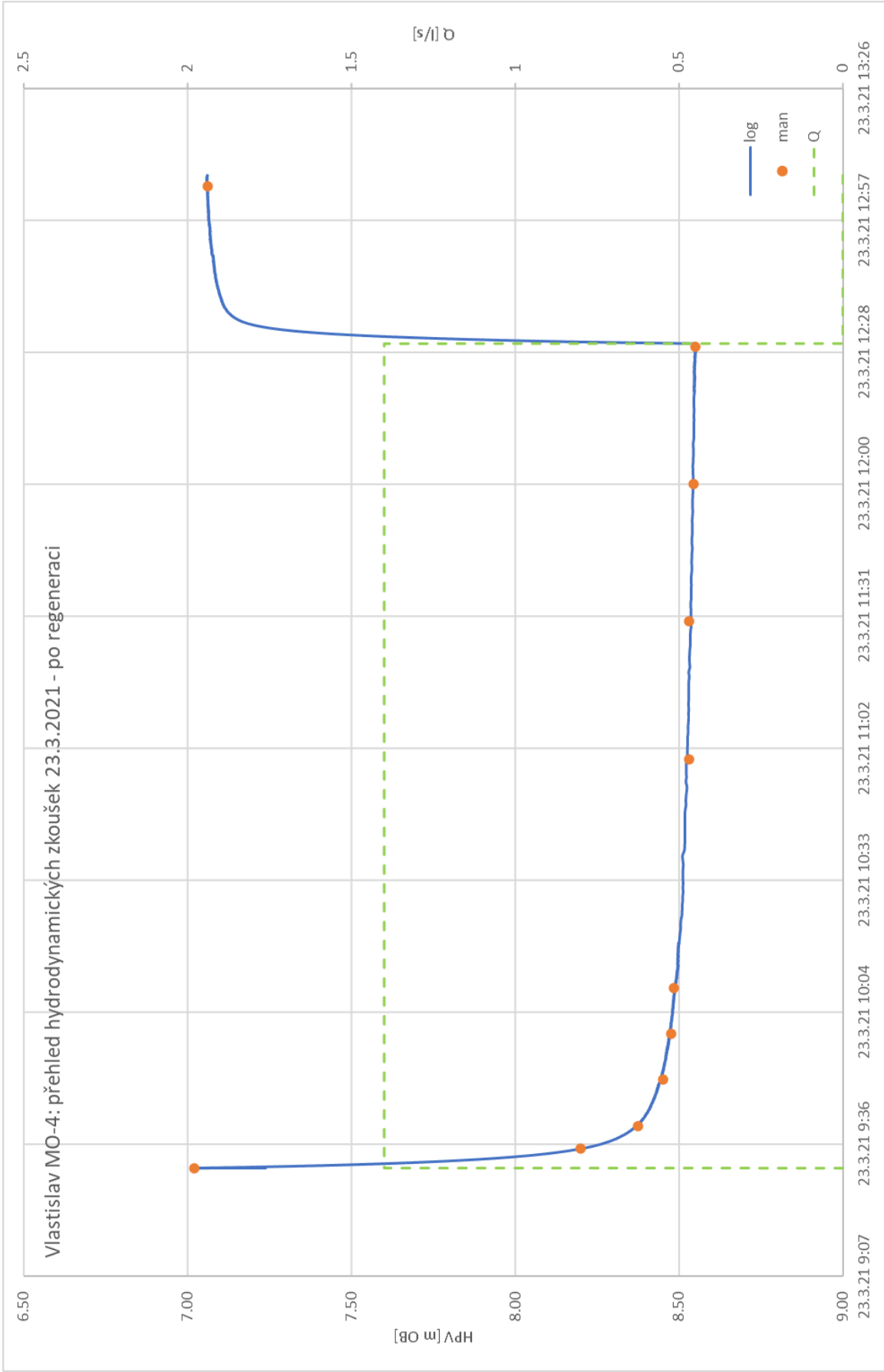


Vlastislav MO-4: vyhodnocení čerpací zkoušky 8.3.21 - PO REGENERACI

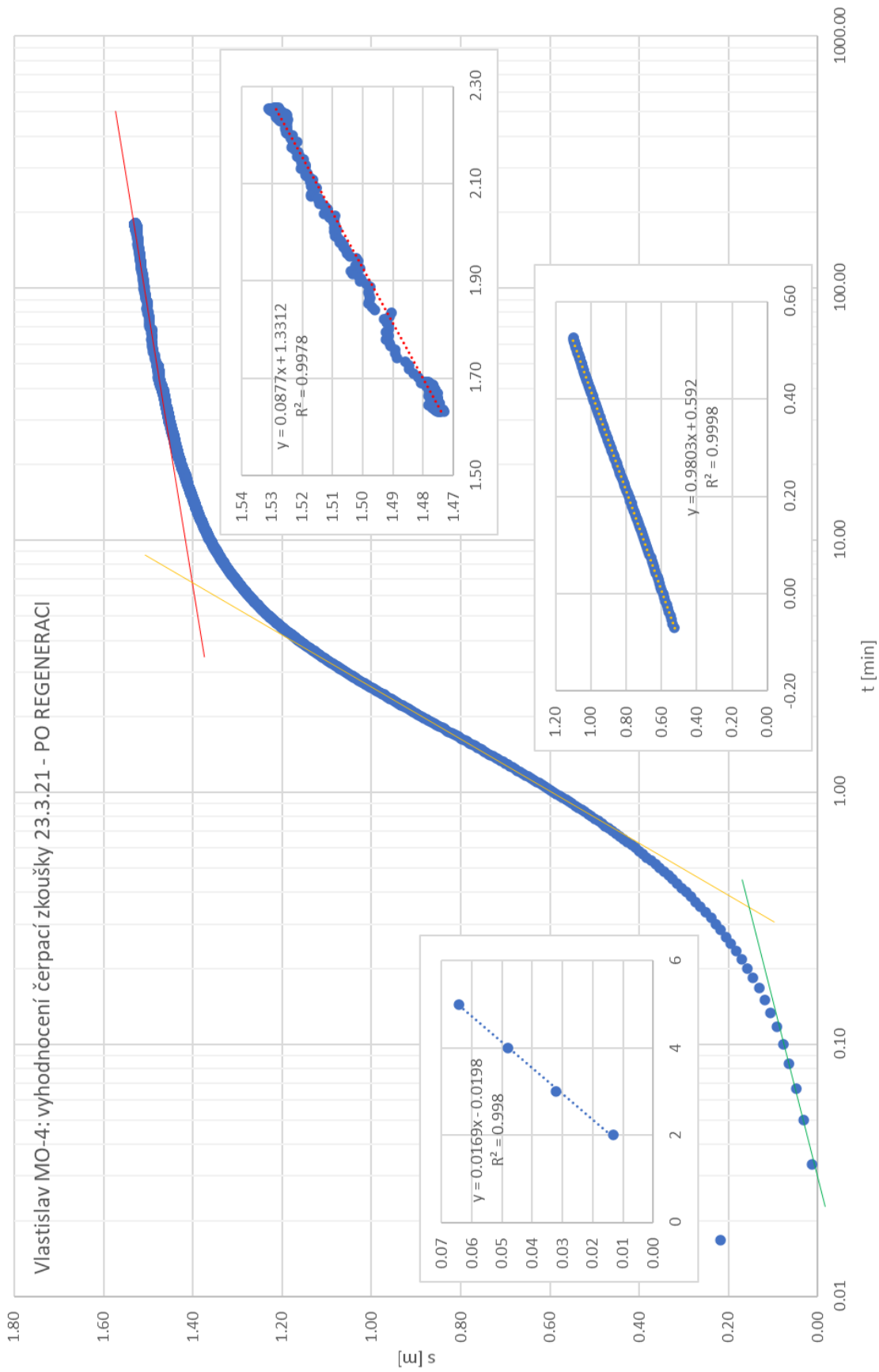


Vlastislav MO-4: vyhodnocení stoupací zkoušky 8.3.21 - PO REGENERACI

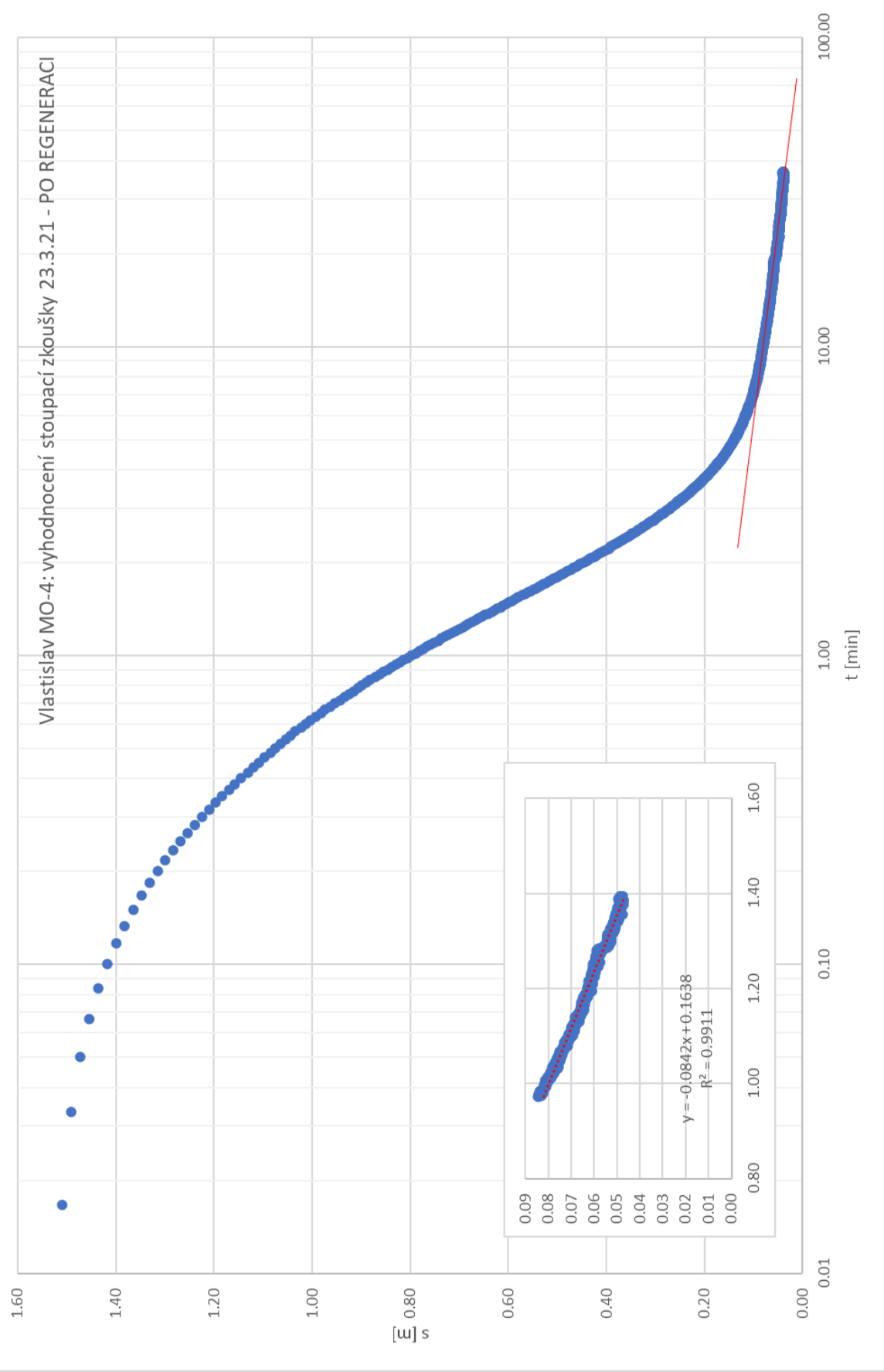




Vlastislav MO-4: vyhodnocení čerpací zkoušky 23.3.21 - PO REGENERACI



Vlastislav MO-4: vyhodnocení stoupací zkoušky 23.3.21 - PO REGENERACI

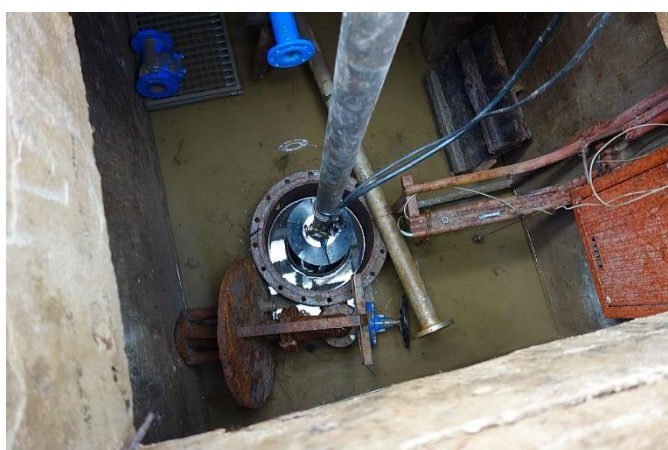


Příloha 6: fotodokumentace prací

MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ MAMUTOVÝM ČERPADLEM (AIR-LIFT):



REGENERACE ULTRAZVUKOVOU METODOU:



SROVNÁNÍ ZÁKALU V ČERPANÉ VODĚ PO ZAHÁJENÍ A UKONČENÍ ČIŠTĚNÍ JEDNOTLIVÝCH ETÁŽÍ ULTRAZVUKEM:

H=14-15m od OB



H=15-16m od OB



H=16-17m od OB



H=17-18m od OB



H=18-19m od OB



H=19-20m od OB



H=20-21m od OB



H=21-22m od OB



H=22-23m od OB



H=23-24m od OB



**Příloha 7: karotážní zpráva z měření na vrtu MO-4
(SG-GEOTECHNIKA, a.s.)**