GreenGas
capture the energy

Průmyslová zóna Nad Barborou

Souhrnný inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum
a průzkum potenciálního znečištění území

REŽIMNÍ MĚŘENÍ HLADINY PODZEMNÍ VODY

Zpracovali:

Ing. Pavel Malucha, Ph.D.
odborná způsobilost v hydrogeologii 1720/2003

Ing. Václav Hotárek

Odborná způsobilost v hydrogeologii č. 1720/2003 Ing. Pavel Malucha

Schválil:

Ing. Milan Stoniš
vedoucí Divize geologie a bezpečnosti

Duben 2015
Evidenční číslo Geofondu: 1186/2014
Výtisk č. 7 z 8

Green Gas DPB, a.s.
Rudé armády 637
739 21 Paskov
-10-

PREAMBULE

Tato zpráva je vyhotovena se zřetelem na vědecké a technické znalosti, známé k datu dokončení. Green Gas DPB, a.s. nenese odpovědnost, pokud informace, které jí byly poskytnuty objednatelem, byly neúplné nebo chybné. Dále nemůže odpovídat za rozhodnutí přijatá v souvislosti s nerespektováním nebo mylnou interpretací svých doporučení.

Příjemce této zprávy bude používat výsledky zahrnuté v tomto dokumentu integrovaně a objektivně. Její použití v podobě výňatků nebo formou shrnutí poznámek je výhradně a zcela na jeho odpovědnost. Totéž platí při jakékoli modifikaci, která by jím byla učiněna.

Veřejná publikace této zprávy nebo i její části a (nebo) její další použití nad rámec smluvního určení je vázána na souhlas Green Gas DPB, a.s.

Rozdělovník

výtisk č.1-6: Asental Land, s.r.o.

výtisk č.7: Green Gas DPB, a.s.

výtisk č.8: Geofond ČR

Obsah

1. ÚVOD 4
   1.1 Základní údaje o úkolu 4
   1.2 Cíl prací 4
   1.3 Vymezení zájmového území 4
2. ROZSAH PROVEDENÝCH PRACÍ 5
3. VYHODNOCENÍ 6
   3.1 Klimatické poměry 6
   3.2 Výsledky monitoringu 7
   3.3 Vyhodnocení hloubky hladiny podzemní vody pod terénem před a po HTÚ 10
4. ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ 13
5. LITERATURA 14

Seznam obrázků a tabulek v textu

Obrázek č.1: Hloubky hladiny podzemní vody ve sledovaných vrtech, měsíční srážkové úhrny 9
Tabulka č.1: Mapové listy příslušné pro zájmové území 4
Tabulka č.2: Přehled monitorovaných vrtů 5
Tabulka č.3: Základní informace o kolektorech 5
Tabulka č.4: Roční srážkové úhrny (Karviná-Staré Město a Havířov-Bludovice) 6
Tabulka č.5: Měsíční srážkové úhrny (Havířov-Bludovice) 6
Tabulka č.6: Hloubky hladin pod ter. (m) v době provádění průzkumných prací a nárazových měření 7
Tabulka č.7: Hloubky hladin pod ter. (m) během monitoringu 2014-2015 7
Tabulka č.8: Vyhodnocení rozptylu úrovně hladiny podzemní vody (m pod ter.) 8
Tabulka č.9: Hloubka ustálené hladiny podzemní vody k 3.3.2015 v dílčích plochách – výhled po HTÚ 11

Seznam volně vložených příloh:

Příloha č.1: Přehledná situace zájmového území (M 1:25 000)
Příloha č.2: Mapa monitorovaných objektů a hydroizohyps – 3.3.2015 (M 1:2 000)
Příloha č.3: Mapa izobát z 3.3.2015 vzhledem k terénu po HTÚ (M 1:2 000)

1. ÚVOD

1.1 Základní údaje o úkolu

Úkol je zpracován na základě bodu 1.1.4. článku I. Smlouvy o dílo 1215/049688 ze dne 22.10.2014, uzavřené mezi ASENTAL Land, s.r.o. Ostrava (dále jen Asental) jako objednatelem a Green Gas DPB, a.s. Paskov (dále jen DPB) jako zhotovitelem.

Předmětem smlouvy bylo provedení víceprací pro akci Průmyslová zóna Nad Barborou - souhrnný inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum a průzkum potenciálního znečištění území (Malucha, Hotárek, Mrógala, 2014). Potřeba víceprací vyplynula z průběhu průzkumných prací v období 6-8/2014 a z doporučení oponentních organizací, které byly pověřeny supervizí tohoto průzkumu.

Vícepráce zahrnují několik položek, z nichž pod bodem 1.1.4. Smlouvy je uvedena realizace režimního měření na 8 hydrogeologických vrtech, po dobu 6 měsíců, v cca 14-ti denním intervalu. Předložená zpráva shrnuje výsledky pouze této části víceprací; ostatní položky byly zapracovány buď do hlavní závěrečné zprávy ze srpna 2014, nebo byly zpracovány samostatně po odevzdání hlavní závěrečné zprávy a jsou jejím doplňkem.

1.2 Cíl prací

Významnou částí úkolu bylo určení hloubky hladiny podzemní vody pod stávajícím i budoucím terénem (po hrubých terénních úpravách - HTÚ). S ohledem na hluboký srážkový deficit v době realizace průzkumných prací, který se odrážel na postupném poklesu hladiny podzemní vody již během monitoringu v rámci průzkumu 6-8/2014, bylo v závěrečné zprávě (8/2014) na tuto skutečnost upozorněno s tím, že příslušné výsledky jsou zatíženy nejistotou.

Cílem prací je:

- ověření úrovně hladiny podzemní vody v nedeficitním období včetně zvýšených vodních stavů, tedy určení pokud možno minimální hloubky hladiny podzemní vody pod terénem;

- konfrontace nových výsledků měření s hodnotami uvedenými v závěrečné zprávě o souhrnném inženýrsko-geologickém a hydrogeologickém průzkumu z 8/2014, tedy ověření platnosti závěrů z 8/2014.

1.3 Vymezení zájmového území

Zájmové území se nachází v Moravskoslezském kraji (CZ 081), okrese Karviná (3803), katastrálním území Karviná-Doly (664 103), v jeho západní části. Přísluší do těchto mapových listů:

1 : 50 000	15-44	Karviná
1 : 25 000	15-441	Orlová
1 : 10 000	15-44-08	
1 : 5 000	2-1, 2-2	Ostrava

Tabulka č.1: Mapové listy příslušné pro zájmové území

Zájmová lokalita zaujímá rozlohu cca 90 ha. Jedná se o prostor někdejší převážně obytné zástavby v části k.ú. Karviná-Doly, mezi areálem bývalého Dolu Barbora na jihu, bývalou ulicí Komenského (dnes silnice I/59) na severu, bývalou ulicí Slezská (dnes silnice II/474) na západě a svislicí na JTSK souřadnici cca 456 100 m - viz přílohy č.1 a 2.

2. ROZSAH PROVEDENÝCH PRACÍ

Pro monitoring byly určeny pažené vrty řady NBV, pocházející z hydrogeologického průzkumu z roku 2011 pro přípravu brownfieldu (Šmolka, Hotárek, 2011) a pažené vrty řady NBP a SHB, vyhloubené v rámci průzkumu v roce 2014 (Malucha, Hotárek, Mrógala, 2014). Jedná se o tyto vrty: NBP-1, 7, 9, SHB-3, NVB-1, 2, 4 a 5. K této síti byl nad rámec smlouvy připojen ještě vrt P-13, pocházející z průzkumu katastrálního území Karviná-Doly, provedeného v roce 1991.

Základní přehled o monitorovaných vrtech a o hydrogeologických prostředích, zastižených těmito vrty, poskytují tabulky č.2 a 3.

označení	X	Y	Z	hloubka (m)	pažení	realizace
NBP-1	1103048,61	456604,78	251,19	14	110 mm	2014
NBP-7	1103926,93	456705,88	270,13	20	110 mm	2014
NBP-9	1103536,98	456757,98	268,38	17	110 mm	2014
SHB-3	1103648,48	456117,81	260,62	9,0	110 mm	2014
NBV-1	1103316,40	456745,10	263,56	14,0	110 mm	2011
NBV-2	1103662,40	456291,50	264,38	15,5	110 mm	2011
NBV-4	1103662,70	456992,40	268,69	15,5	110 mm	2011
NBV-5	1103350,20	456174,30	255,94	15,5	110 mm	2011
P-13	1103240,20	455988,60	250,66*	10,5	110 mm	1991

* aktuální úroveň (eliminace poklesů terénu po roce 1991)

Tabulka č.2: Přehled monitorovaných vrtů

vrt	kolektor. polohy (m)	zvodn.	režim	zeminový typ	NH * (mpt/mnm)	USH ** (mpt/mnm)
NBP-1	1: 0,0 - 9,6	ano	tíhový	navážka	12,5/238,69	9,69/241,5
NBP-7	1: 11,3 - 14,0 2: 14,0 - 17,0	ne ano	tíhový	pí. okr. a hnědoš. štěrkopísek.	- 16,0/254,13	- 16,48/253,65
NBP-9	1: 3,5 - 3,8 2: 6,8 - 7,8 3: 16,0 - 16,5	ne ano ano	tíhový tíhový	písek okrový písek hnědý písek šedý	- 6,8/261,48 16,3/251,98	- 6,81/261,57 ?
SHB-3	1: 6,7 - 7,5 2: 8,0 - >9,0	ano ano	tlakový tlak. ?	písek šedobílý písek šedobílý	6,0/254,62 ?	2,58/258,04 ?
NBV-1	1: 5,5 - 12,0	ano	tíhový	písek okrový	8,0/255,56	9,67/253,89
NBV-2	1: 0,2 - 0,8 2: 8,0 - 8,5 3: 12,0 - 14,0	ano ano ne	tíhový tlakový	navážka písek šedobílý písek okrový	0,5/263,88 8,0/256,38 -	? 7,0/257,38*** -
NBV-4	1: 5,8 - 11,0	ano	tíhový	písek hnědý sil. hlin.	-	8,16/260,53
NBV-5	1: 5,1 - 10,0 2: 14,5 - 15,0	ne ano	tlakový	pí. rez., žl. a šedý písek okrový	- 14,5/241,44	- 13,71/242,23
P-13	1: 1,5 - 2,2 2: 3,5 - 9,4	ne ano	tíhový	písek s valouny písek	- 8,2/245,54	- 8,88/241,78

* platné v době realizace vrtu / ** 2014 / *** odhad (NBV-2: nevhodné umístění filtru)

Tabulka č.3: Základní informace o kolektorech

3. VYHODNOCENÍ

3.1 Klimatické poměry

Klimatické poměry širšího území jsou sledovány stanicemi HMÚ Staré Město u Karviné (do roku 2007) a Havířov - Bludovice. Měsíční srážkové úhrny uvádíme v tabulce č.4. Jako příklad srážkově extrémně deficitního roku je rok 2003, naopak rok 2011 je v roční sumě vysoce nadnormální. Rok 2014, kdy probíhaly průzkumné práce, je srážkově podprůměrný.

I jaro 2011, kdy probíhal hydrogeologický průzkum pro přípravu brownfieldu (Šmolka, Hotárek, 2011), bylo srážkově deficitní; vliv na zásoby podzemní vody tehdy ale byl částečně eliminován předchozím vysoce nadnormálním rokem 2010.

rok	2003 K	2005 K	2007 K	2008 B	2009 B	2010 B	2011 B	2012 B	2013 B	2014 B	61-90
sráž. úhrn	475,8	844,7	725,4	689,7	922,0	1135,4	813,6	708,1	703,6	698,1	**796,1**

K - stanice Karviná - Staré Město // B - stanice Bludovice

Tabulka č.4: Roční srážkové úhrny (Karviná-Staré Město a Havířov-Bludovice)

Detailnější přehled o srážkovém chodu poskytuje tabulka č.5, kde jsou prezentovány měsíční úhrny srážek pro vybraná období, která mohou mít vliv na výsledky realizovaných průzkumných prací (2011, 2014) včetně navazujícího monitoringu (2014-2015). V tabulce jsou tato období zvýrazněna. Je zřejmé, že jak vlastní období realizace terénních prací (červen a červenec 2014), tak i předcházející dlouhé období 8 měsíců (od října 1013) bylo srážkově podnormální. Terénní práce v roce 2011 (březen, duben) sice spadly rovněž do vodního deficitu; tomu ale nepředcházelo tak dlouhé suché období, jako v roce 2014. Monitoring, zahájený od 9/2014, probíhal až do 3/2015 v období mírně nadprůměrném (115% z průměru 1961-1990); rovněž vysoký srážkový průměr za srpen 2014 pomohl doplnit zásoby podzemních vod. Pro doplnění zásob vody po deficitu 2014 je důležité to, že zima 2014-2015 byla teplá a docházelo tak k průběžnému odtávání sněhu.

měsíc/rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	61-90
leden	63,9	34,9	74,1	70,5	26,4	73,9	35,7
únor	40,1	23,9	52,4	37,2	23,3	41,8	39,8
březen	32,0	31,1	34,1	64,0	25,4	27,5	37,3
duben	50,4	48,9	45,2	22,9	41,3	?	58,1
květen	372,6	113,1	34,2	112,6	89,8		100,7
červen	101,5	129,8	158,6	132,4	57,8		103,9
červenec	126,9	224,5	44,6	21,6	95,5		113,4
srpen	112,2	114,7	39,6	41,9	117,0		99,5
září	106,2	26,2	64,0	112,6	103,9		68,5
říjen	16,4	44,4	92,5	21,6	52,7		47,9
listopad	47,4	0,5	31,5	45,8	37,9		54,7
prosinec	65,8	21,6	37,3	20,5	27,1		36,6
Celkem	**1135,4**	**813,6**	**708,1**	**703,6**	**698,1**	**?**	**796,1**

průzkum 2011, 2014
monitoring

Tabulka č.5: Měsíční srážkové úhrny (Havířov-Bludovice)

3.2 Výsledky monitoringu

Během provádění prací v r. 2014 byl prováděn průběžný monitoring hladin podzemních vod ve starších vrtech a v nových, jak postupně vznikaly. Tabulka č.6 shrnuje výsledky tohoto monitoringu, včetně uvedení hodnot z roku 2011 a nárazově zjištěných hodnot v roce 2012. Vrt NBV-2 byl vyřazen z důvodu nevhodného umístění filtru vůči přítoku vody.

Z tabulky je patrné, že dlouhodobý srážkový deficit (od roku 2012) se podepsal na stavu hladin podzemních vod. Pokles hladiny mezi rokem 2011 a 2014 je největší ve vrtu NBV-4: až 2 m. Během průzkumných prací v roce 2014 vidíme rovněž pokles hladiny od prvních centimetrů až po první decimetry. Zároveň je vidět, že vrt NBP-1 (navážka v rekultivaci) reaguje na srážky (přelom července a srpna) živěji než vrty v rostlých materiálech (nástup hladiny v tomto vrtu, u ostatních trvající pokles). Na základě těchto výsledků, které byly prezentovány v závěrečné zprávě z 8/2014, byl vysloven závěr, že při hodnocení hloubky hladiny pro účely zakládání je nutno počítat s vyšší úrovní hladiny, než jsou aktuální hodnoty. Zároveň bylo rozhodnuto o zahájení monitoringu.

datum / vrt	2011		2012	2014								
	3.5.	22.8.	3.4.	1.5.	11.6.	12.6.	17.6.	24.6.	25.6.	15.7.	4.8.	18.9.
NBV-1	8,27	8,19	8,87	9,59	9,61	?	?	?	?	9,67	9,70	9,68
NBV-4	6,23	5,94	6,79	?	8,05	?	?	?	?	8,17	8,23	7,74
NBV-5	13,57	?	13,59	?	13,71	?	?	?	?	13,72	13,77	13,79
NBP-1	neex.	neex.	neex.	neex.	10,05	9,39	?	?	9,69	9,53	9,35	9,34
NBP-7	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	?	16,48	16,49	15,88
NBP-9	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	neex.	7,33	6,82	6,81	6,92	5,69
SHB-3	neex.	neex.	neex.	neex.	2,71	2,32	2,39	2,53	?	2,58	2,63	1,63
P-13	8,73	?	8,71	?	8,88	?	?	?	?	8,89	?	8,95

Tabulka č.6: Hloubky hladin pod ter. (m) v době provádění průzkumných prací a nárazových měření

Monitoring byl oficiálně zahájen v říjnu 2014. Pro překlenutí doby administrace smlouvy byla provedena záměry i 18.9.2014 (tento datum v tab. č.6). Monitoring zahrnul i vrt NBV-2 pro ověření jeho odlišného chování z důvodu nevhodného umístění filtru vůči přítoku vody. Pozice vrtů využitých pro monitoring jsou zobrazeny v příloze č.2.

datum / vrt	2014					2015							
	14.10.	3.11.	20.11.	3.12.	17.12.	2.1.	15.1.	3.2.	12.2.	3.3.	17.3.	26.3.	8.4.
NBV-1	9,59	9,50	9,45	9,43	9,41	9,38	9,36	9,26	9,30	9,21	9,10	9,07	9,03
NBV-2	9,27	9,27	9,26	9,26	9,26	9,21	9,24	9,30	9,30	9,20	9,33	9,30	9,27
NBV-4	7,70	7,59	7,58	7,58	7,57	7,64	7,58	7,40	7,45	6,94	6,98	7,01	7,05
NBV-5	13,80	13,84	13,85	13,88	13,86	13,85	13,84	13,83	13,83	13,77	13,76	13,73	13,72
NBP-1	9,35	9,36	9,38	9,38	9,39	9,39	9,38	9,37	9,38	9,36	9,36	9,38	9,36
NBP-7	16,31	16,31	16,31	16,34	16,34	16,33	16,33	16,33	16,32	16,32	16,30	16,31	16,30
NBP-9	5,56	5,14	5,18	5,29	5,35	5,55	4,74	4,44	4,34	3,30	4,04	4,15	4,07
SHB-3	1,91	1,74	1,79	1,89	1,99	1,98	1,50	1,56	1,58	1,39	1,67	1,77	1,56
P-13	?	8,89	?	8,88	8,87	8,80	8,78	8,79	?	8,75	8,79	8,81	8,80

Tabulka č.7: Hloubky hladin pod ter. (m) během monitoringu 2014-2015

Těsně před odevzdáním závěrečné zprávy z monitoringu, dne 16.4.2015, bylo provedeno ještě jedno ověřovací měření na bodech NBV-4 (7,05 m pod ter.), NBP-9 (4,16 m pod ter.) a SHB-3 (1,67 m pod ter.). Tyto výsledky potvrdily, že k datu ukončení monitoringu má úroveň hladiny podzemní vody stagnující nebo sestupný trend a nedochází k trendové změně k dalšímu maximálnímu stavu.

V tabulce č.8 je provedeno jednoduché statistické srovnání dosažených výsledků monitoringu. Jako reprezentant nejvyšší dosažené úrovně hladiny podzemní vody bylo zvoleno datum 3.3.2015, kdy je vykazován nejčetnější výskyt minimální hloubky hladiny podzemní vody pod terénem a zároveň je dosažena nejnižší hodnota průměrné úrovně hladiny (průměr počítán ze všech monitorovaných vrtů s výjimkou NBV-2).

vrt	minim. hloubka (m.p.t.)	datum	maxim. hloubka (m.p.t.)	datum	prům. hloubka (m.p.t.)	max. rozdíl (m)	rozdíl 2014-2015 (m) *	změna úrovně te-rénu po HTÚ (m)
NBV-1	8,19	22.8.11	9,70	4.8.14	9,27	1,51	+0,46	-2,86
NBV-2	9,20	3.3.15	9,33	17.3.15	9,27	0,13	2014 vyřazeno	-1,73
NBV-4	5,94	22.8.11	8,23	4.8.14	7,36	**2,29**	**+1,22**	-0,59
NBV-5	13,57	3.5.11	13,88	3.12.14	13,77	0,31	-0,06	+2,16
NBP-1	9,34	18.9.14	10,05	11.6.14	9,43	0,71	+0,33	-1,64
NBP-7	15,88	18.9.14	16,49	4.8.14	16,31	0,61	+0,16	-1,0
NBP-9	3,30	3.3.15	7,33	24.6.14	5,26	**4,03**	**+3,51**	-2,08
SHB-3	1,39	3.3.15	2,71	11.6.14	1,96	**1,32**	**+1,19**	+2,28
P-13	8,71	3.4.12	8,95	18.9.14	8,82	0,24	+0,13	mimo zájm.úz.

* rozdíl mezi hodnotami použitými pro mapu hydroizohyps v závěrečné zprávě 8/2014 a hodnotami z 3.3.2015 (tento den vykazuje nejčetnější výskyt minimální hloubky hladiny podzemní vody a zároveň nejnižší hodnotu průměrné úrovně hladiny)

Tabulka č.8: Vyhodnocení rozptylu úrovně hladiny podzemní vody (m pod ter.)

V kolonce „rozdíl 2014-2015“ tabulky č.8 jsou porovnány hloubky hladiny podzemní vody pod terénem v době provádění průzkumných prací, které byly použity pro formulaci závěrů z hlediska přiblížení terénu po HTÚ k hladině vody (příloha 8 – Mapa hloubky ustálené hladiny po HTÚ), s hloubkou hladiny dne 3.3.2014. V závěrečné zprávě z 8/2014 byl vysloven předpoklad, že za běžných vodních stavů je hladina podzemních vod o cca 0,5 až 1 m výše, než v době provedení záměrů hladin, použitých pro konstrukci mapy hydroizohyps (15.7.2014, s malou korekcí u NBP-1). S přihlédnutím k tomu, že hodnoty z 3.3.2015 představují naopak spíše nadprůměrný stav (deštivé počasí, obleva), je vidět, že tento předpoklad je splněn.

Výjimkou je vrt NBP-9 ověřující hlavní písčitou sálskou zvodeň, kde je mezi těmito daty (15.7.2014 a 3.3.2015) zjištěn výrazný nástup hladiny až o 3,5 m, přičemž nejvyšší zjištěný rozdíl hladin je cca 4 m (24.6.2014 a 3.3.2015). Důvodem je pozice vrtu NBP-9 v oblasti rozvodnice mezi severní a jižní částí zájmového území, a dále velmi nízká až nepatrná transmisivita, daná koeficientem hydraulické vodivosti zvodně v řádu $nx10^{-7}$ $m.s^{-1}$ a její mocností 1 m. Tyto hydraulické parametry zvodně v kombinaci s velmi rozsáhlou infiltrační plochou a značnou vzdáleností místa od erozních bází vyvolává bilanční nerovnováhu mezi dotací a drenáží, která se projevuje značným sezónním výkyvem hladiny podzemní vody. V případě zvýšené vodnosti (1/2015), navíc v období s nízkou evapotranspirací (předjaří), dochází k výraznému posílení přítokové složky, což se projevuje výrazným nastoupáním

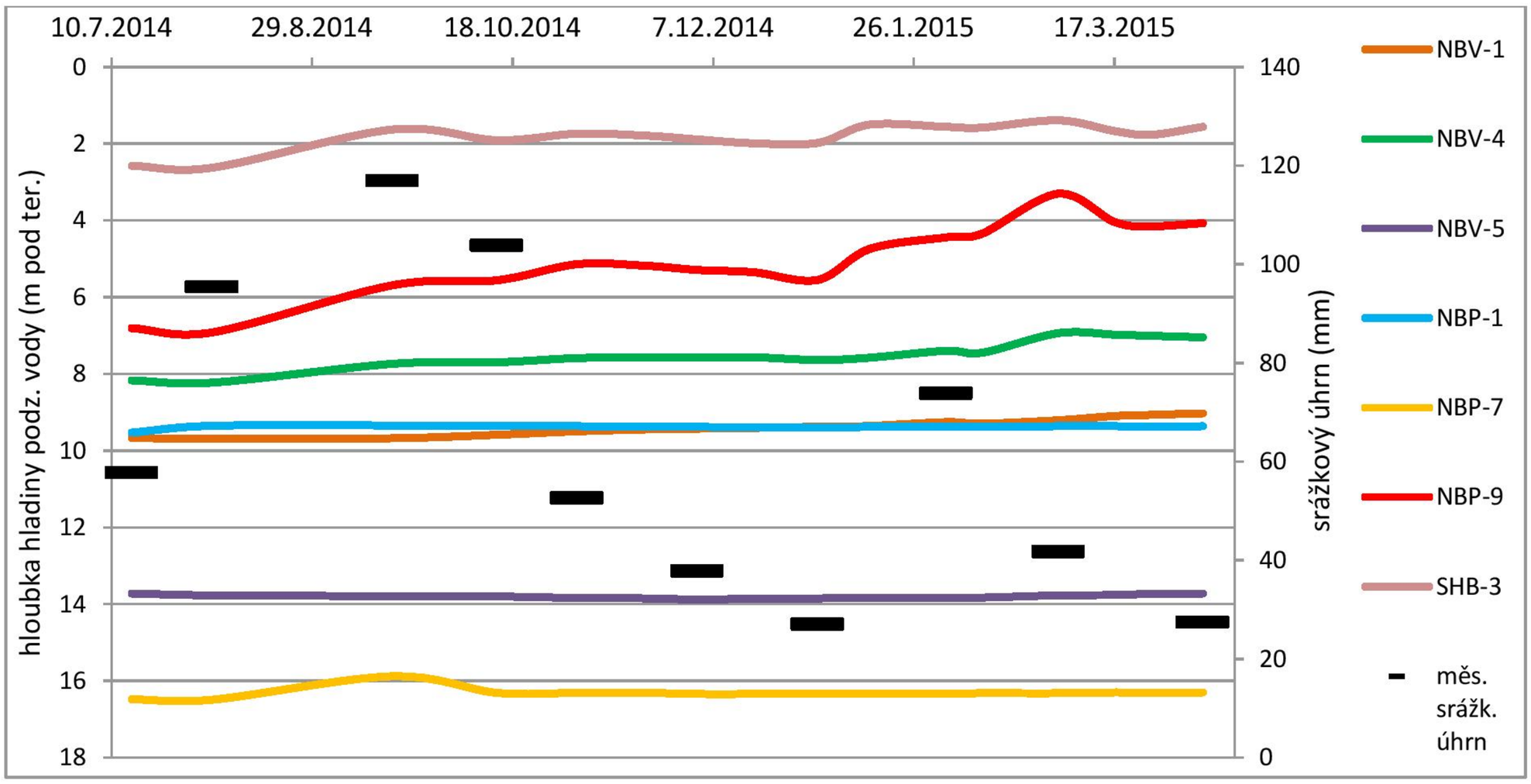
hladiny podzemní vody; s ohledem na mocný hlinitý pokryv v nadloží zvodní je ale charakteristická i cca 1-měsíční retardace této reakce.

V obdobné pozici je i vrt NBV-4 (vrtán v roce 2011), který sice za dobu monitoringu vykázal „pouze“ vzestup hladiny vody o 1,22 m, ale maximální rozdíl při započtení dat z roku 2011 je 2,29 m.

Antropogenní zvodeň v severní části lokality byla monitorována pouze vrtem NBP-1. Zde byl doložen podstatně nižší rozkyv hladiny vody – maximálně 0,71 m za celou dobu prací; rozdíl mezi údajem v mapě hydroizohyps z r.2014 a datem 3.3.2015 je pouze 0,33 m (3.3. je hladina výš). Tento výsledek se očekával, protože průtočnost hrubozrnných navážek daná jejich koeficientem hydraulické vodivosti v řádu $nx10^{-3}$ až $nx10^{-4}$ $m.s^{-1}$ je střední až vysoká. Báze navážek v koridoru dna pohřbeného údolí Karvinského potoka, kde je vrt NBP-1 umístěn, je odvodněna potrubím s napojením na otevřené koryto Karvinského potoka, takže drenáž navážkového tělesa je podstatně účinnější, než v případě sálského písčitého glaciálu v rozvodnicové části.

Třetí strukturou vymezenou průzkumnými pracemi, je kvaziizolovaná čočka šedobílých písků, zastižená vrtem SHB-3 (a okrajově NBV-2). Tato hydrogeologická struktura vykázala již po odvrtání vysokou napjatost. Maximální výkyv hladiny během průzkumných prací 2014 a navazujícího monitoringu vykázal 1,32 m; rozdíl mezi údajem v mapě hydroizohyps z r.2014 a datem 3.3.2015 je 1,19 m (3.3. je hladina výš).

Na obrázku č.1 jsou graficky znázorněny změny hloubek hladin podzemní vody pod terénem v monitorovaných vrtech, s doplněním srážkového chodu (vyjádřen v měsíčních úhrnech, vždy pro měsíc předcházející záměře hladiny ve vrtech; v případě realizace měření koncem měsíce je přiřazen srážkový úhrn v tomto měsíci). V grafech nejsou obsaženy vrty P-13 (nad rámec schváleného monitoringu, záměry jsou méně četné) a NBV-2 (nevhodně umístěná perforace pažnice, hluboký kalník, obsyp umožňující zapažnicovou komunikaci s nižším kolektorem; hladina vody je prakticky trvale na úrovni dolního okraje perforace, odkud přetéká do obsypu).



Obrázek č.1: Hloubky hladiny podzemní vody ve sledovaných vrtech, měsíční srážkové úhrny

Z grafů je vidět nejnižší fluktuace hladiny u vrtů, kde je hladina podzemní vody primárně ve větší hloubce pod terénem (NBP-7, NBV-5, NBP-1, NBV-1). Obecně je to dáno větším tlumícím efektem zemin v nadloží sledované zvodně; v případě NBP-1 a NBP-7 pak i lepšími

filtračními vlastnostmi zvodněného prostředí (NBP-1: hlušinová navážka, NBP-7: štěrk), které lépe vyrovnávají tlakové změny ve zvodni. Vrty s menší hloubkou hladiny pod terénem a s horšími filtračními vlastnostmi zvodní (hlinité písky) a s problematickou spojitostí s erozní bází reagují na dotaci ze srážek markantněji (NBP-9, SHB-3). Vrt NBV-4 má charakter přechodu mezi těmito 2 skupinami vrtů.

U vrtů NBV-4, NBP-9 a SHB-3 je patrný trend růstu úrovně hladiny podzemní vody, tedy přiblížení se k terénu. U SHB-3 a NBP-9 jsou i patrná 2 dílčí maxima, mezi nimiž je pokles hladiny (konec roku 2014). To odpovídá (s různou retardací u prvního maxima) srážkovému chodu, který rovněž vykazuje maximum úhrnů v srpnu a září 2014 a dále v lednu 2015. Lednové maximum se projevuje i u vrtu NBV-4. Je nutno si uvědomit, že letní srážková maxima mají odlišný vliv na doplňování zásob podzemních vod, a to s ohledem na evapotranspiraci ve vegetačním období a i na odlišný charakter srážkového chodu v létě (letní přívalové deště s významnou povrchovou složkou odtoku na rozdíl od méně intenzivních a déle trvajících podzimních a zimních dešťů - zima 2014-2015 byla nadprůměrně teplá, s krátkou dobou trvání sněhové pokrývky).

V příloze č.2 je mapa hydroizohyps pro datum 3.3.2015. Stejně jako v účelové mapě, prezentované v závěrečné zprávě z 8/2014 jako příloha č.7, jsou zde zobrazeny zvlášť hydroizohypsy pro 3 zvodněná prostředí – hlavní písčitou (sálskou) zvodeň, antropogenní zvodeň a kvaziizolovanou zvodeň bělošedých sálských písků. Pouze mapa hydroizohyps hlavní písčité zvodně je konstruována interpolací úrovní hladin v měřených vrtech. Stejnou konstrukci hydroizohyps zvodní antropogénu a písčité čočky nebylo možno provést, protože obě tyto zvodně jsou ověřeny pouze jedním vrtem (antropogén – NBP-1, čočka – SHB-3; vrt NBV-2 lokalizovaný v okrajové části čočky nemá vhodně umístěnou perforaci pro separátní ověření této polohy). Úroveň podzemní vody v těchto 2 strukturách se tedy interpretovala ručně, se zohledněním aktuální úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech NBP-1 a SHB-3; v případě písčité čočky byl zachován předpoklad omezené drenáže této zvodně směrem k severu, k vývěru v příkopu u vrtu NBN-15.

Z mapy hydroizohyps je vidět, že se charakter odvodnění území nezměnil. Proudění podzemní vody zachovává směry, dokumentované již v rámci průzkumu 2014.

<u>Poznámka</u>: po zjištění výrazného nástupu hladiny podzemní vody ve vrtech NBP-9 a SHB-3 byla zvažována možnost bezprostředního průniku určitého množství srážkové vody mezikružím vrtu (po vnější stěně pažnice vrtu) přes případně nedostatečně zatěsněné ústí vrtu. Proto byly 16.1.2015 v obou vrtech provedeny zonální odběry vzorků vody (hladina, dno, uprostřed vodního sloupce), ve kterých byla stanovena konduktivita. Předpokládalo se, že v případě relativně rychlého průniku dešťové vody na hladinu podzemní vody netěsným stvolem vrtu by měla vzniknout hydrochemická zonalita, projevující se ve změnách konduktivity vody. Tato zonalita se ale neprojevila; konduktivita vody byla v celém sloupci vrtu cca stejná a odpovídala konduktivitě, zjištěné hydrochemickými analýzami během průzkumu 2014.

Dále bylo nárazově (15.1., 3.3. a 16.4.2015) prověřováno případné nastoupání vody ve vsakovací sondě NBN3 (vs-1), situované cca 150 m k SV od vrtu NBP-9. Tato sonda je 7,5 m hluboká, zahloubená do stropu písků v podloží hlín. V žádném případě nebyl v této sondě zjištěn výskyt hladiny podzemní vody, což dokládá lokální charakter vysokého vztlaku podzemní vody ve vrtu NBP-9.

3.3 <u>Vyhodnocení hloubky hladiny podzemní vody pod terénem před a po HTÚ</u>

Úroveň hladiny vody resp. její hloubka pod terénem je pro realizaci zakládání jedním ze stěžejních faktorů. V místech, kde je hladina v blízkosti terénu, je ztížené zakládání a rovněž dochází ke snižování únosnosti základových zemin i snižování stability svahů.

V závěrečné zprávě z 8/2014 byla provedena konstrukce map izobát – hloubek naražených i ustálených hladin podzemní vody vůči budoucímu terénu po HTÚ. Konstrukce byla provedena pro všechny 3 dokumentované zvodně (hlavní písčitá, čočka šedobílých písků, antropogén). Dále bylo v tabulce č.8 závěrečné zprávy z 8/2014 tabelární formou provedeno vyjádření hloubek hladiny vody vůči stávajícímu i budoucímu (HTÚ) terénu v jednotlivých dílčích plochách. Vyhodnocení izobát vůči budoucímu terénu vycházelo ze srovnání mapy hydroizohyps (k datu 15.7.2014, s malou korekcí u NBP-1) s digitálním modelem upraveného terénu v síti 10x10 m.

Krátce po odevzdání závěrečné zprávy byly v projektu HTÚ v severní části dílčí plochy B a v jižní části plochy A provedeny drobné změny, a to ve smyslu zmenšení hloubky výkopů. (tento návrh byl předložen na stavební úřad). Z hlediska hloubky hladiny podzemní vody pod terénem se tedy jednalo o změnu ve směru vyšší bezpečnosti.

Mapa izobát vycházející ze zaměřených hladin dne 3.3.2015 (monitoringem nejvyšší dokumentovaný stav) je zobrazena v příloze č.3. Po dohodě s objednatelem byl pro vyhodnocení monitoringu použitý aktuální (poslední) návrh HTÚ, který se od terénu použitého v závěrečné zprávě 2014 mírně liší (údaje v posledním sloupci tabulky č.8 vychází z aktuálního modelu HTÚ).

V příloze č.3 byl upraven rozsah zvodnění antropogénu v severní části zájmového území, ve smyslu jeho rozšíření (tzn. červená přerušovaná linie neodpovídá analogické linii ve zprávě z 8/2014), protože se při vyšším vodním stavu předpokládá, kromě zvýšení absolutní úrovně hladiny podzemní vody, i větší plošný rozsah antropogenní zvodně (je ve volném režimu).

Pro zakládání staveb je v hodnoceném území důležitější mapa izobát naražené hladiny, která je problémová právě z důvodu otevření zvodně při výkopech (tedy naražení hladiny podz. vody). U mapy izobát ustálených hladin může, v případě vysoké napjatosti zvodně a mocných málo propustných zemin v nadloží zvodně, docházet k mylným interpretacím ohledně míry ohrožení terénu vodou. Pro dané území s vysokou napjatostí zvodně nelze tedy a priori vyslovit závěr, že v místech, kde ustálená hladina vystupuje např. do úrovně 2 m pod terén, dojde v tomto případě k průniku podzemní vody do výkopu s touto hloubkou. Údaj o úrovni ustálené hladiny je nutno vždy konfrontovat s úrovní hladiny naražené.

V tabulce č.9 je přehled hloubek hladiny vody vůči budoucímu (aktuální HTÚ) terénu v jednotlivých dílčích plochách. Jde o analogii tabulky č.8 ze závěrečné zprávy z 8/2014; nejsou zde ale obsaženy údaje o úrovni naražené hladiny, ani popis současného stavu (před HTÚ) – tyto údaje viz ZZ 8/2014. Upozorňujeme, že pro současný stav byl využitý nový model HTÚ (označ. HTÚ2) a údaje z 8/2014 (HTÚ1) a 3/2015 nejsou zcela srovnatelné.

dílčí plo-cha	**ustálená hladina podzemní vody (metry pod terénem) po HTÚ**					
	hlavní písčitá zvodeň		**čočka šedobílých písků**		**antropogenní zvodeň**	
	HTÚ1⁺	**HTÚ2⁺⁺**	**HTÚ1⁺**	**HTÚ2⁺⁺**	**HTÚ1⁺**	**HTÚ2⁺⁺**
A	2,0* - 7,0	2,0* - 6,0	-	-	(0,0*) 4,0 - 11,0	(*0,0) 4,0 - 11,0
A1	-	-	-	-	1,0 - 11,0	1,0 - 11,0
B* **	**4,5** - 16,0	**1,5** - 15,0	-	-	(<3,0**) 4,0 - 7,0	(<2,5**) 6,0 - 9,0
C	>15,0	< 14,0	-	-	-	-
D	9,0 -17,0	9,0 - 16,0	2,0 - 5,0	2,0 - 4,0	-	-
E	0,0 - 16,0	0,0 - 16,0	4,0 - 6,0	3,0 - 3,5	0,0 - 6,0	0,0 - 6,0
E1	12,0 - 15,0	10,0 - 15,0	2,0 - 4,0	2,0 - 3,5	-	-
E2	-	-	-	-	0,0 - 8,0	1,0 - 8,0

Tabulka č.9: Hloubka ustálené hladiny podzemní vody k 3.3.2015 v dílčích plochách – výhled po HTÚ

Vysvětlivky pro tabulku č.9:

* V okolí vrtu NBM-8 se vyskytuje dvojí zvodnění - hlavní písčitá zvodeň a lokálně se vyskytující antropogenní materiály nasycené vodou, která tudy přednostně odtéká po povrchu terénu i v připovrchové vrstvě. Toto místo je před zahájením HTÚ nutno odvodnit. Hloubka hladiny 0,0 m pod ter. je určena pro lokální okolí vrtu NBM-8; nejmenší hloubka hladiny vody v hlavní rekultivovaná ploše je 4 m pod ter.

** Není vyloučena možnost výskytu antropogenní zvodně na jižním okraji rekultivace podél Slezské ulice (tato struktura byla ověřena vrtem NBN-8 jako suchá, ale vrt je umístěn v okrajové části). Režim této potenciální zvodně bude volný a hloubku hladiny naražené i ustálené hladiny odhadujeme na více než 2,5 m pod terénem. V tomto místě se nepočítá s realizací zářezů, takže není nutný další detailní průzkum tohoto místa.

*** V okolí vrtu NBV-3 se od hloubky cca 14 m pod ter. (strop zvodně) vyskytuje izolovaná čočka štěrkopísků ve výrazně tlakovém režimu. Výtlačná úroveň (USH) je 4,5 m pod terénem. V místě se předpokládá 2 m zářez. Struktura je lokálně omezená a pro zemní práce je zcela bez rizika, proto není v tabulce zvlášť vymezena.

\+ srážkový deficit, neaktuální plán HTÚ, podle závěrečné zprávy 8/2014

++ k 3.3.2015, aktuální plán HTÚ

Z vyhodnocení úrovně ustálené hloubky hladiny podzemní vody vztažené ke dni 3.3.2014, kdy bylo v monitorované časové řadě dosaženo nejvyšší úrovně hladiny podzemní vody, plynou tyto závěry:

- Provedeným monitoringem se potvrdilo, že průzkumné práce 2014 probíhaly v období, kdy hladina podzemních vod byla zakleslá z důvodu dlouhotrvajícího vodního deficitu.
- I přes to, že monitoring časově nepokrývá celý rok, předpokládáme, že nejvyšší úroveň hladiny podzemní vody se bude vyskytovat v jarních měsících, což je přirozený projev obvyklý i z dalších lokalit.
- Je pravděpodobné, že v případě celoročně nadprůměrných vodních stavů (viz rok 2010) dosáhne hladina podzemní vody ještě o cca 0,5-1 m výše, než 3.3.2015 (odvozeno podle údajů z vrtů řady „NBV“, hloubených v roce 2011).
- Nejvyšší změna úrovně hladiny podzemní vody **hlavní písčité zvodně** byla zjištěna v rozvodnicové oblasti v dílčí ploše B, jmenovitě v oblasti vrtu NBP-9. Nejvyšší zjištěná úroveň zde dosáhla 3,3 m pod současným terénem; v případě popsaném v předchozí odrážce (déletrvající nadprůměrné úhrny srážek) se může dostat i na cca 2,5 m pod současný terén. Se zohledněním aktualizovaných HTÚ, které v místě NBP-9 předpokládají snížení nivelety terénu o 2,1 m, lze konstatovat, že ani po HTÚ nedosáhne hladina podzemní vody pozitivní piezometrickou úroveň (artés). Hloubka naražené hladiny podzemní vody (6,8 m pod ter.), tj. úroveň stropu zvodně dává záruku, že HTÚ nezpůsobí konflikt nového terénu s touto zvodní. Komplikací může být výskyt podružné písčité polohy, ověřené vrtem NBP-9 v hloubce 3,5-3,8 m pod terénem. Tato poloha byla v době vrtání nezvodněná; předpokládáme, že při vyšších vodních stavech bude docházet k jejímu sezonnímu zvodnění. Strop této polohy se bude nacházet 1,4 m pod úrovní nového terénu (po HTÚ). S odvoláním na výše uvedené (maximální sezonní nástup hladiny vody) nepředpokládáme po provedení HTÚ artéský projev ani této sezonně zvodněné polohy, nicméně pro etapu zakládání budoucích staveb je nutno počítat s možností výskytu mělkého zvodnění (opatření - viz kap. 4).
- Pro oblast vrtu SHB-3 (tlaková **zvodeň izolované čočky sálských bělošedých písků**) byl zjištěn nástup hladiny podzemní vody o 1,2 m. V tomto místě se ale neplánují zářezy; po HTÚ zde bude niveleta terénu zvýšena o více než 2 m. Opět platí, že hloubka stropu zvodně (6,7 m pod ter.) je podstatně vyšší, než maximální zjištěná ustálená úroveň podzemní vody. Provedení HTÚ tedy nezpůsobí konflikt nového terénu a hladiny této zvodně.

- **Antropogenní zvodeň** je ve volném režimu a i přes mírné zvýšení úrovně hladiny podzemní vody se nedostane do kolize s novým terénem po HTÚ. Platí ovšem výjimka, komentovaná už ve zprávě z 8/2014, kterou je **zóna kolem vrtu NBM-8**, disponovaná pro odvod povrchových vod při srážkách. Zóna je silně zamokřená a komplikací je vývoj obou zvodní (lokální antropogenní i sálská) nad sebou. V místě se předpokládají jak násypy, tak i zářezy. Před HTÚ je nezbytné zajistit odvodnění lokality převedením vody do dílčí plochy „E“ (je možno alternativně zvážit drenáž do navážky směrem k vrtu NBN-12, pokud umožní morfologická dispozice). V případech vysoce nadprůměrných vodních stavů (viz 3. odrážka) nelze vyloučit po HTÚ a redukci hlín v tomto místě vývěry podzemní vody z okraje hlavní písčité zvodně.
- V důsledku budoucích HTÚ se změní přítokové (infiltrační) i odtokové poměry v území (blíže viz zpráva z 8/2014); z tohoto důvodu se jeví jako vhodné pokračovat v monitoringu vodního režimu během a po realizaci HTÚ.

4. ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ

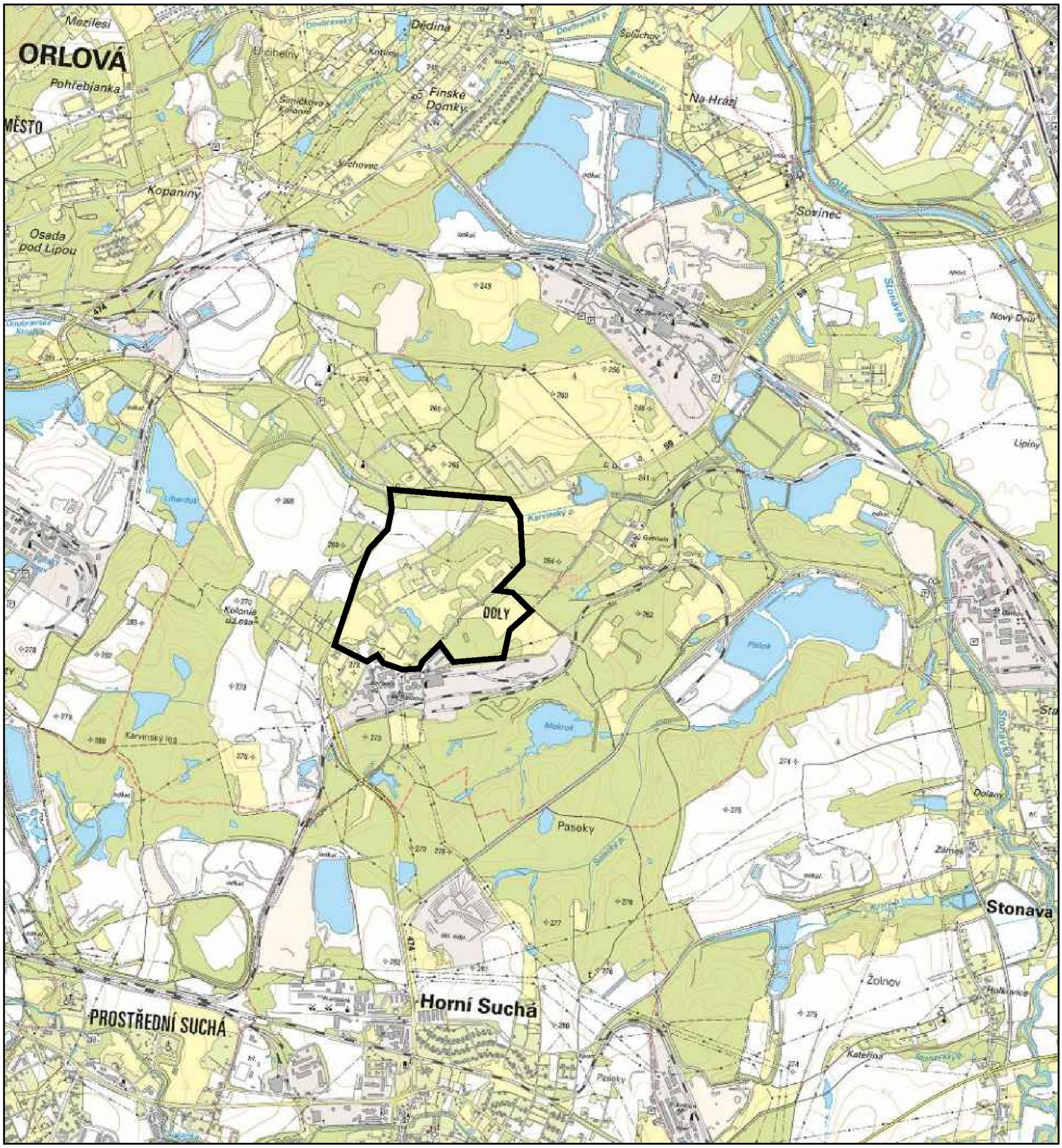
Závěry formulované v závěrečné zprávě ze srpna 2014 (Malucha, Hotárek, Mrógala, 2014) není nutno na základě výsledků monitoringu hladin podzemní vody měnit.

Nad rámec závěrů z 8/2014 doporučujeme:

- provádět monitoring v období realizace HTÚ, zejména pak v oblasti rozvodnice (vrty NBP-9 a NBV-4), tzn. zachovat tyto vrty i během realizace HTÚ;
- v rámci projektové přípravy pro vlastní zástavbu území doporučujeme věnovat zvýšenou pozornost případnému sezónnímu zvodnění nejsvrchnější písčité polohy v oblasti rozvodnice (vrtem NBP-9 doložena v úrovni 3,5-3,8 m pod ter., po provedení HTÚ se zde dostane do hloubky 1,4 m pod ter.);
- vedle vrtu NBP-9 doporučujeme vyhloubit krátký monitorovací vrt (event. štíhlou sondu) do hloubky 4 m (nebo po HTÚ do hloubky 2 m) a zde v období realizace HTÚ provádět monitoring případného sezonního zvodnění svrchní písčité čočky v rozvodnicové oblasti;
- krátký monitorovací vrt (event. štíhlou sondu) pro tento monitoring doporučujeme vyhloubit i v místě nejhlubšího zásahu v rámci HTÚ (hloubka výkopu 4,8 m v cca JTSK pozici: X = 1 103 450, Y = 456 800).
- před realizací zástavby v místě vrtu NBP-9 důsledně provést likvidaci tohoto vrtu jílovým (bentonitovým) zatěsněním.

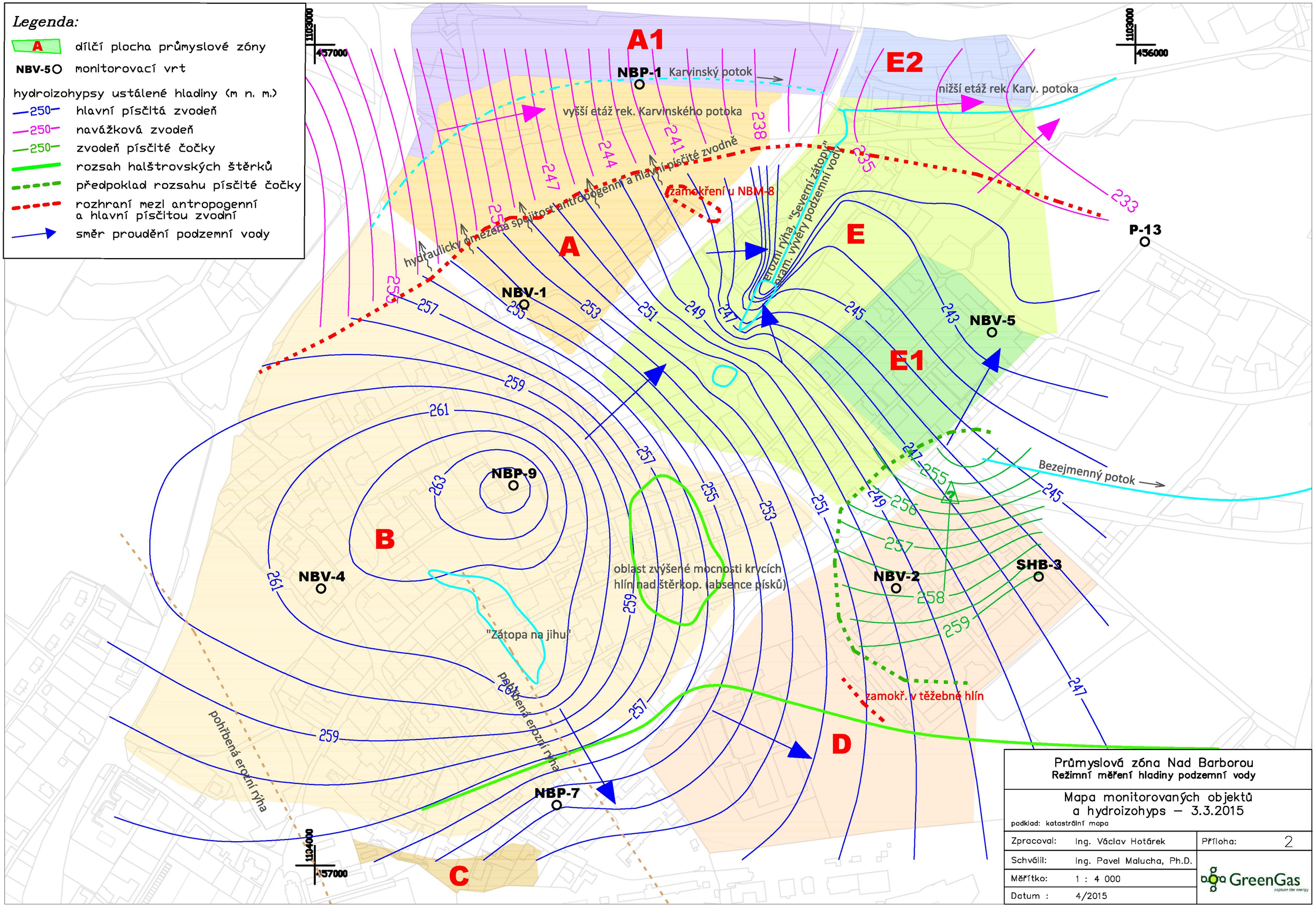
5. LITERATURA

1. Malucha, P., Hotárek, V., Mrógala, E.: Průmyslová zóna Nad Barborou - souhrnný inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum a průzkum potenciálního znečištění území, Green Gas DPB, a.s., Paskov 2014.
2. Šmolka, M., Hotárek, V.: Příprava brownfieldu, lokalita A5 – Nad Barborou, závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu, Green Gas DPB, a.s., Paskov 2011.

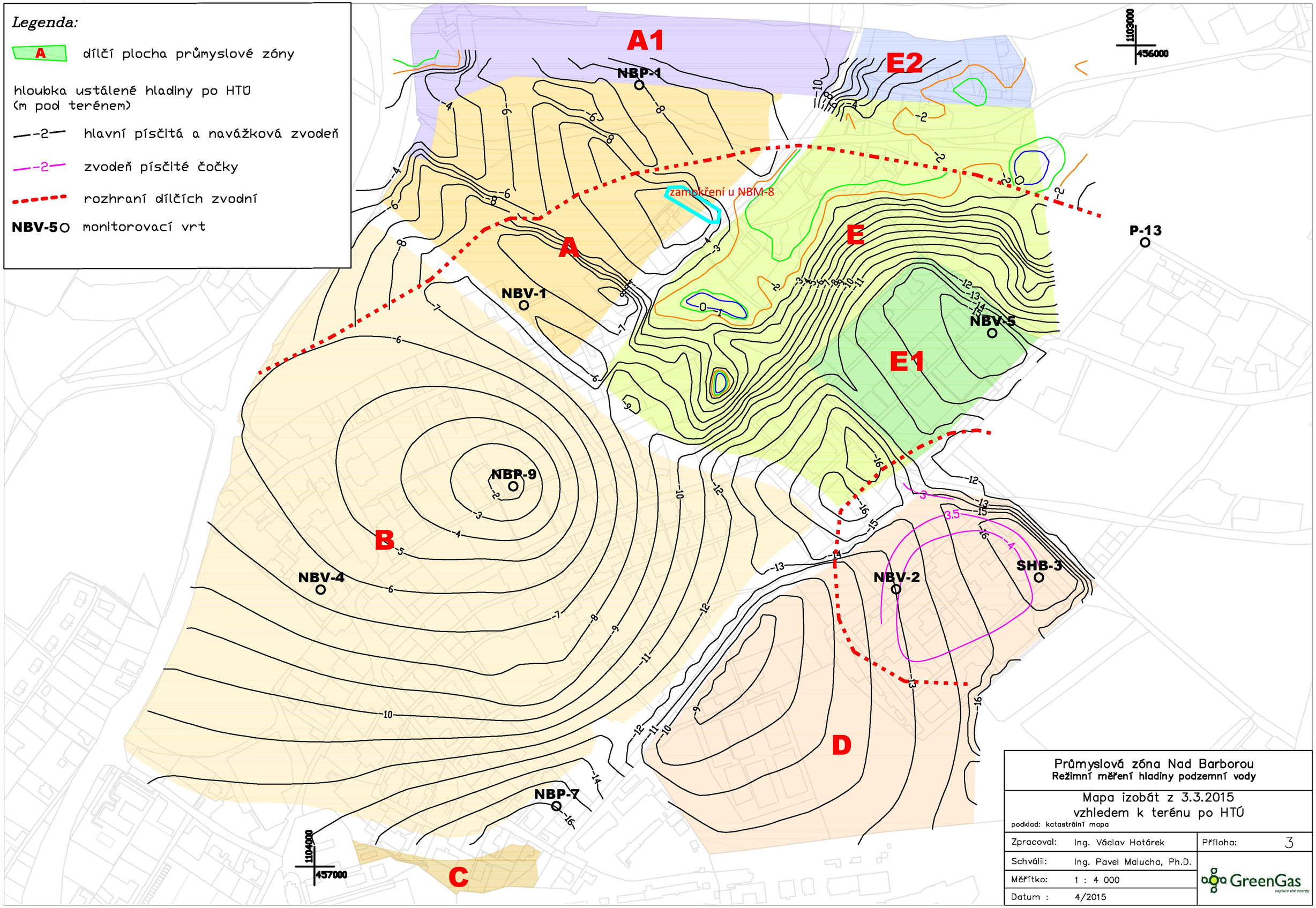


zájmové území

Průmyslová zóna Nad Barborou **Režimní měření hladiny podzemní vody**		
Přehledná situace zájmového území podklad: výřez základní topografické mapy 1:25 000		
Zpracoval:	Ing. Václav Hotárek	Příloha: 1
Schválil:	Ing. Pavel Malucha	GreenGas capture the energy
Měřítko:	1 : 25 000	
Datum :	4/2015	



Průmyslová zóna Nad Barborou Režimní měření hladiny podzemní vody			
Mapa monitorovaných objektů a hydroizohyps – 3.3.2015 podklad: katastrální mapa			
Zpracoval:	Ing. Václav Hotárek	Příloha:	2
Schválil:	Ing. Pavel Malucha, Ph.D.	GreenGas capture the energy	
Měřítko:	1 : 4 000		
Datum :	4/2015		



Průmyslová zóna Nad Barborou Režimní měření hladiny podzemní vody		
Mapa izobát z 3.3.2015 vzhledem k terénu po HTÚ podklad: katastrální mapa		
Zpracoval:	Ing. Václav Hotárek	Příloha: 3
Schválil:	Ing. Pavel Malucha, Ph.D.	GreenGas capture the energy
Měřítko:	1 : 4 000	
Datum :	4/2015	