

Využívání zdrojů podzemních vod pro zásobování obcí ve vrcholových partiích Českého středohoří

Jiří Starý, Daniel Kahuda¹, Svatopluk Kořalka², Martin Procházka², Jakub Průša³

1 Vodní zdroje, a.s.

2 Aquatest a.s.

3 Severočeské vodovody a kanalizace a.s.

Abstrakt:

Oblast Českého středohoří je velice specifická svým pestrým geologickým vývojem a hydrogeologickou stratifikací, která nemá v rámci České republiky obdoby. Jedná se zejména o existenci kompletního sledu svrchnokřídových souvrství od cenomanu po santon, který byl ve finální fázi morfologicky výrazně modelován terciérním vulkanismem.

V souvislosti s aktuálními kumulativními obdobími sucha se mnoho obcí v regionu snaží i za pomoci státem dotovaných programů vybudovat takové jímací objekty, které jim zajistí udržitelnou exploataci dlouhodobě stabilních a kvalitativně i kvantitativně vyhovujících zdrojů podzemních vod. Zejména ve vrcholových partiích Českého středohoří se jedná o úkol z hlediska hydrogeologického projektování poměrně náročný. Při projekci průzkumu je třeba pracovat často s malou plochou hydrogeologických povodí s omezenými zásobami podzemní vody a vhodně zacílit na různé typy zde přítomných křídových či terciérních kolektorů, které obvykle mají velmi rozdílné hydraulické vlastnosti. Hydraulické odezvy čerpání na nových jímacích objektech se mohou díky specifické litologii a geometrii kolektorů projevat na značné vzdálenosti, proto je potřeba věnovat velký důraz na správné umístění vrtu ve vztahu k zásobované obci, kvalitnímu provedení a vyhodnocení hydrodynamických zkoušek a monitoringu potenciálně dotčených studní, za účelem získání přesných podkladů pro finální návrh dlouhodobě udržitelného využívání vodního zdroje.

Z hlediska volby vhodné technologie vrtných prací či finální výstroje jímacích vrtů je vždy nutné pracovat s variantními řešeními, která umožňují v případě potřeby i v průběhu vrtných prací operativní přechod na vhodnou technologii pro dané hydrogeologické prostředí či změnu technologie vstrojování vrtů.

Příspěvek se zaměřuje také na popis specifických vlastností litologických a hydraulických vlastností kolektorů, vázaných například na mechanicky nestabilní jemnozrnné pískovce merboltického souvrství, vápnité slínovce březenského souvrství v tektonicky oživených zónách či extrémně propustné terciérní tufity či tefrity, které představují oproti obecně zažitým předpokladům často velmi vydatné kolektory s vysoce kvalitní vodou vhodnou pro hromadné zásobování. Článek ilustruje na celkem čtyřech různých lokalitách ve vrcholových partiích Českého středohoří možnosti budování jímacích objektů a využívání přítomných kolektorů pro hromadné zásobování podzemní vodou.

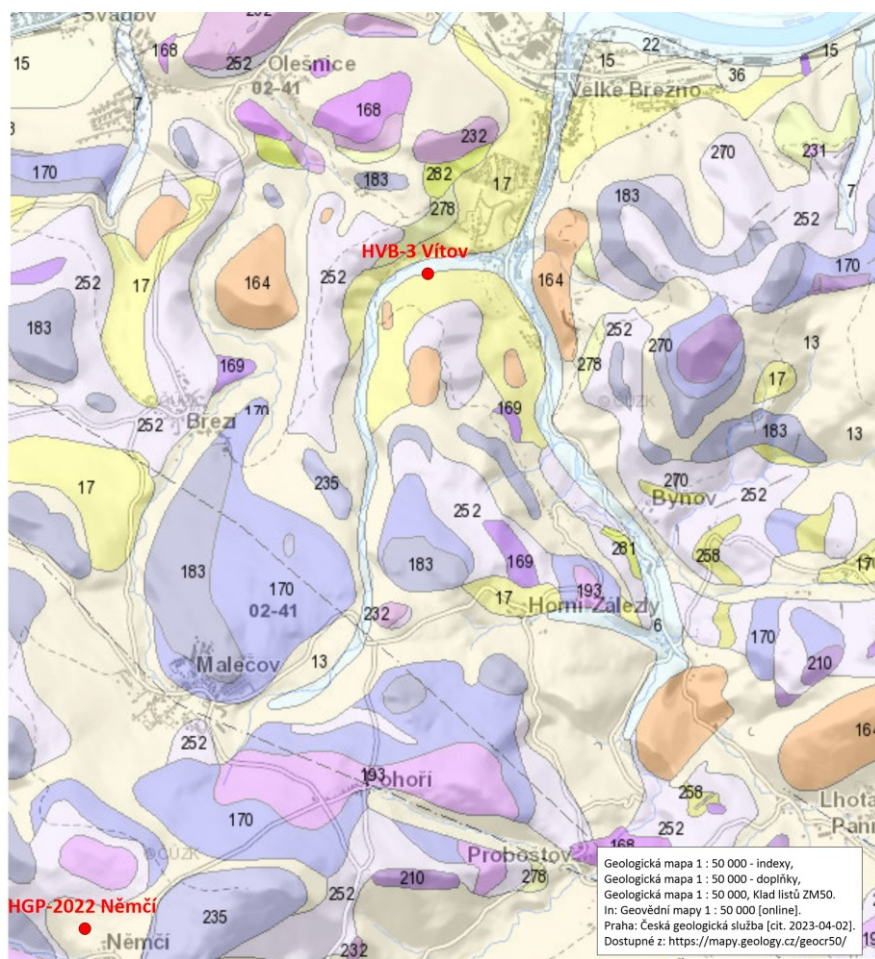
Klíčová slova: České středohoří, hydrogeologická stratifikace, zdroje hromadného zásobování vodou, hydrogeologické povodí, hydraulické vlastnosti kolektorů, technologie vrtných prací, rizika vodárenského využívání.

Geologické a hydrogeologické poměry širšího území

Lokality průzkumu jsou z geomorfologického hlediska součástí Českého středohoří, z hydrogeologického hlediska součástí hydrogeologických rájů 4611 Křída dolního Labe po Děčín – levý břeh – jižní část, 4612 Křída dolního Labe po Děčín – levý břeh – severní část a 4620 Křída dolního Labe po Děčín – pravý břeh.

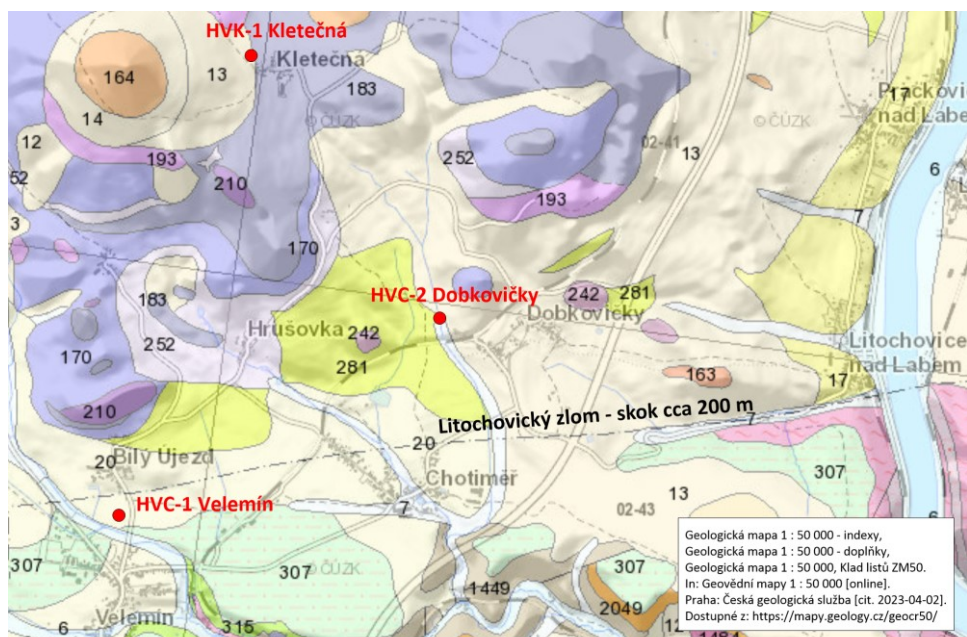
Lokality Němčí a Vítov (severněji situované lokality) se nacházejí v hluboce zakleslé středohorské struktuře, která je tvořena systémem ker s různými vertikálními posuny a často kompletním sledem svrchnokřídových vrstev v rozsahu cenoman – santon. Lokality Dobkovičky a Kletečná (jižněji situované lokality) se nacházejí ve výše situované kře již bez přítomnosti santonských vrstev a lokalita Velemín je situována v nejvyšší, vyzdvižené kře opárensko-břvanské hrástě (Cajz, Valečka 2010), kde na povrch vycházejí vrstvy spodního turonu (opuky).

Obrázek č. 1 Geologická mapa severních lokalit



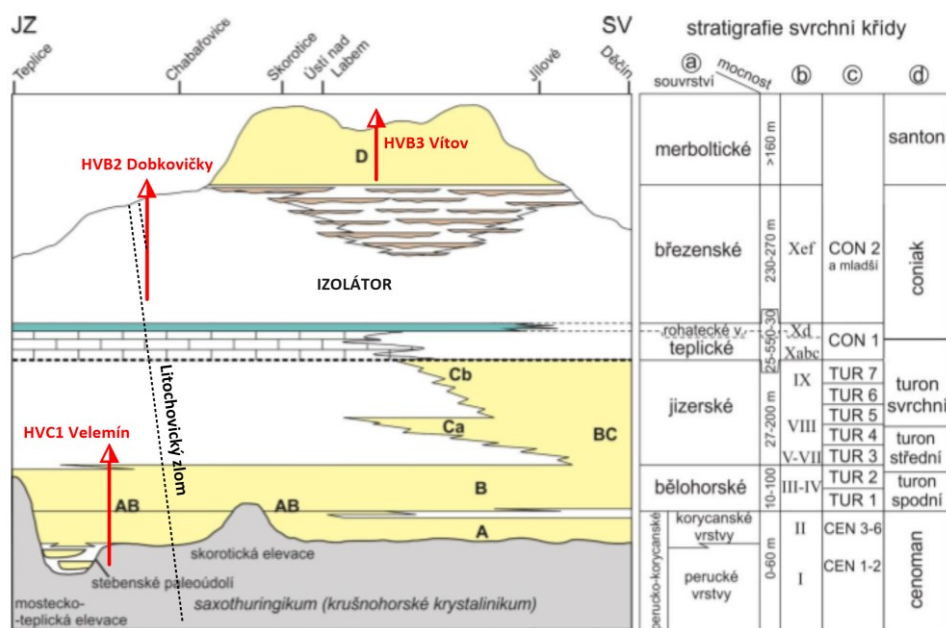
- 252 pyroklastika bazaltoidních (příp. trachybazaltických) hornin
- 278 pískovce arkózovité, jílovité až křemenné s vložkami a závalky jílovců a prachovců - výchozy kolektoru D

Obrázek č. 2 Geologická mapa jižních lokalit



- 183 alk. ol. bazalt - bazanit - limburgit - terciární vulkanit
 281 vápnité jílovce, slínovce, vápnité prachovce - izolátor
 307 písčité slínovce až jílovce spongilitické, místy silicifikované (opuky) - výchozy kolektoru AB

Obrázek č. 3 Schematický stratigrafický a hydrogeologický řez křídovými vrstvami rajonu 4612 s vyznačením pozic svrchnokřídových vrtů



Upraveno dle Venera, Mixa, 2016

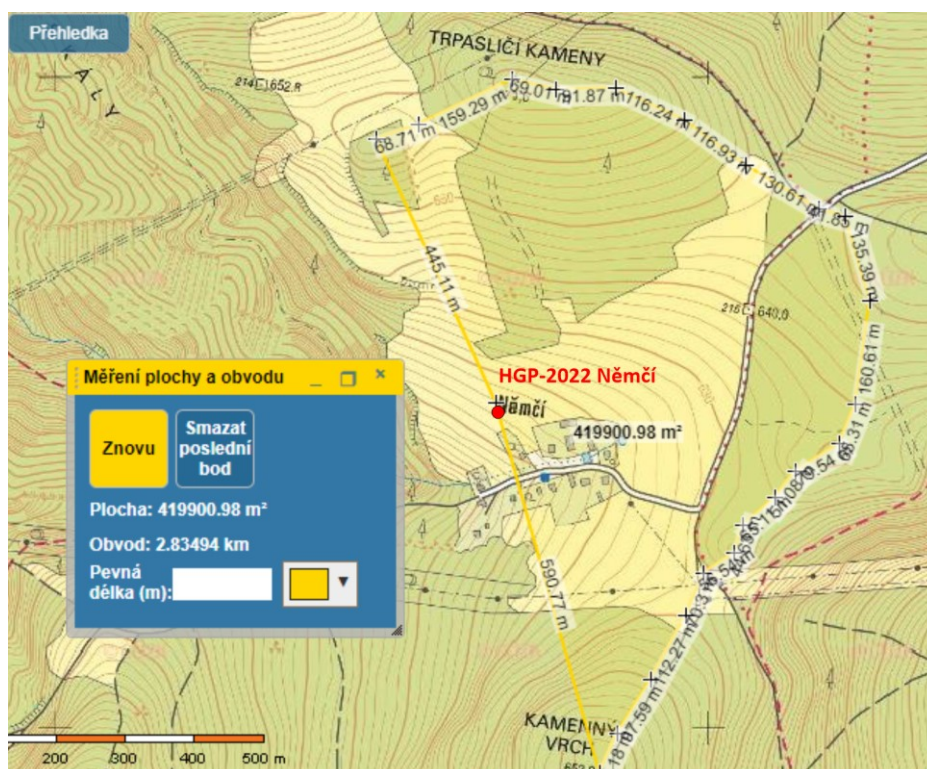
Hlavními studovanými kolektory na jednotlivých lokalitách jsou:

- kolektor D, vázaný na santonské pískovce, ale také na přípovrchové pásmo rozpukání slínovců březenského souvrství v tektonicky oživené zóně;
- kolektor AB, vázaný na spongilitické slínovce, pískovce a slepence bělohorského a korycanského souvrství;
- terciární kolektor, vázaný na tuřity a tefrity paleogenního stáří

Lokalita Němčí

Obec Němčí je nejvýše položená obec v Českém středohoří a hydrogeologické povodí je velmi omezené, obec se nachází v blízkosti horského sedla. Na lokalitě Němčí byl navržen k exploataci mezozoického či terciárního kolektoru až 80 m hluboký hydrogeologický vrt HGP-2022. **V prvním kroku je zásadní požadavek odhadnout reálnost požadovaného odběru ve vztahu k povodí uvažovaného vodního zdroje.** Při uvážení průměrného specifického odtoku podzemní vody ve výši 2,4 l/s/km² lze odhadnout celkový maximální možný odběr ze všech vrtů a studen v zájmovém povodí vrtu HGP-2022 a obce Němčí do 1 l/s. Požadavek na vydatnost vrtu 0,3 – 0,5 l/s lze tedy splnit (započítán také odhadovaný odběr ze studní v obci).

Obrázek č. 4 Hydrogeologické povodí vodního zdroje jímání vrtem HGP-2022 (zdroj: www.nahlizenikokn.cz)



Z hlediska umístění vrtu ve vztahu k obci je zásadní: **umístit vrt do dostatečné vzdálenosti od využívaných studní a vrtů v obci**; dle odhadované propustnosti hornin a z toho vyplývajícího očekávaného dosahu depresního kužele je v prostředí křídových sedimentů a tufitických hornin (analogie s jinými lokalitami) potřebná základní minimální vzdálenost 60 m. Další důležitý krok je **vytipovat antropogenně znečištěné či ohrožené lokality v obci a situovat vrt mimo dosah potenciálního či reálného znečištění**. Vrt byl po zvážení výše uvedených skutečností situován severně od obce, 100 m od nejbližší studny v obci (obr. 4, 8).

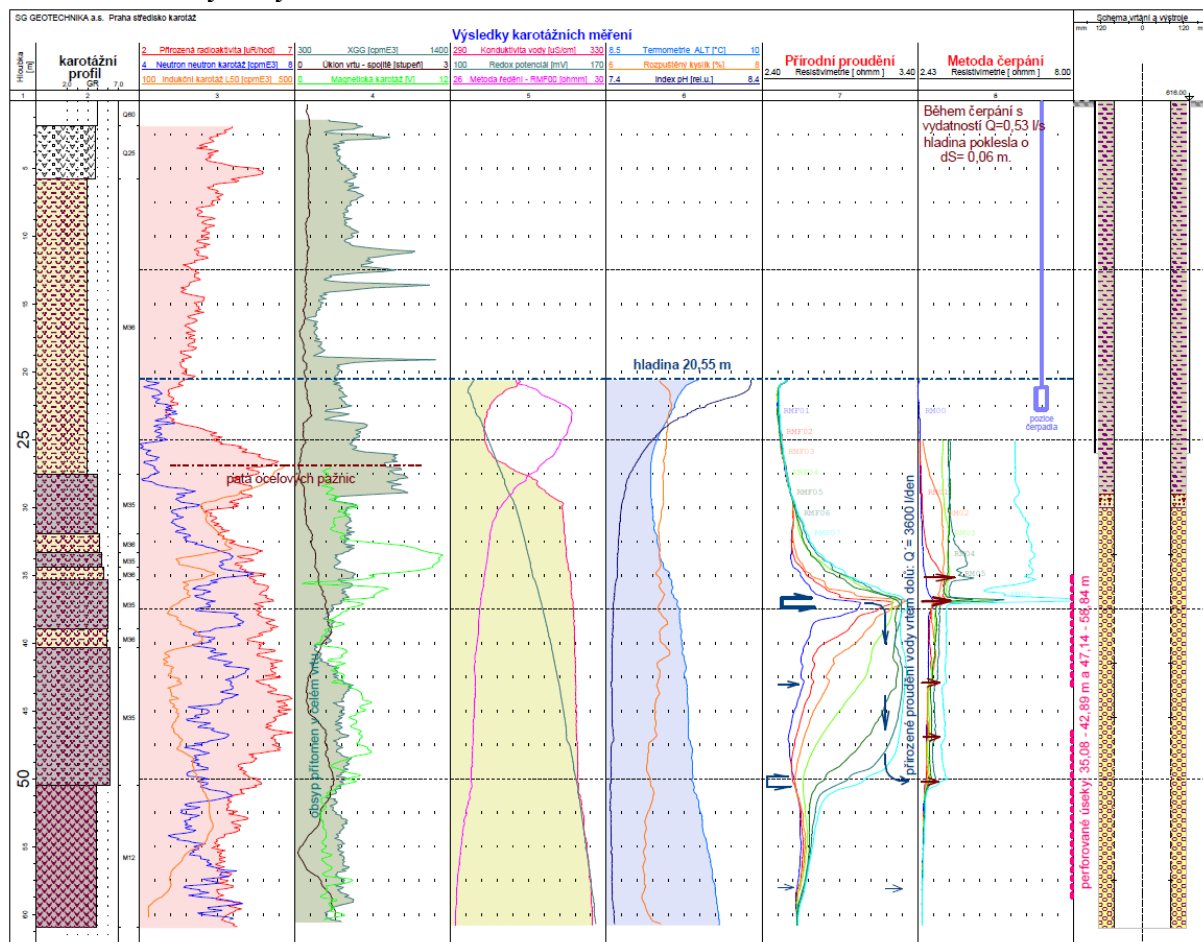
Vrt HGP-2022 zastihl pod kvarténními vrstvy do hloubky 55 m terciární, tufity fialové, silně písčité, místy silně propustné a rozpukané (zejména v úseku 36 – 51 m), silně porézní, často až s houbovitou strukturou (tefrity). Nižší do 61 m již byl přítomen rigidní čedič. **Zde je důležité rozhodnutí o pokračování či ukončení vrtu, pokud je zastížena po dostatečně propustném kolektorském prostředí nepropustná vrstva.** Vzhledem ke střídavému charakteru vulkanoklastických vyvělin (zde dobře propustné tufy často střídají pevné vulkanické horniny charakteru izolátoru v několika sekvencích) bylo rozhodnuto o

předčasném ukončení vrtu a jeho vystrojení, z důvodu zamezení proražení dílčího bazálního izolátoru ve vrtu a úniku vody ze svrchní tufitické vrstvy do případných nižších subkolektorů.

Obrázek č. 5 Geologický profil vrtu HGP-2022 (interval fotografií 2 – 3 m, vlevo nahoře počátek, vpravo dole báze vrtu); dole detail tefritu



Obrázek č. 6 Výsledky karotážních měření

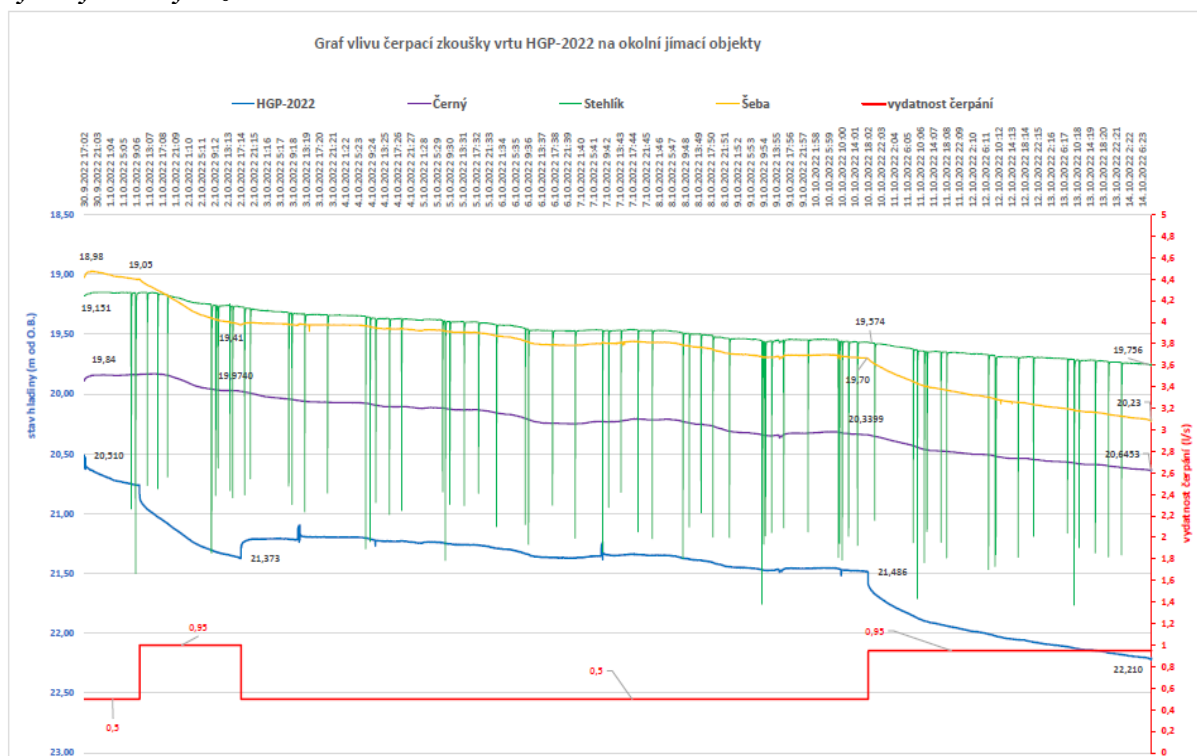


Metodou přírodního ředění byla nalezena místa přítoků podzemní vody do vrtu. Voda do vrtu přitéká v úsecích 36,9 – 37,9 m a 42,7 m a vrt opouští v úsecích 49,5 – 50,6 m a 58,5 m, a to v rámci jediného kolektoru, vázaného na terciérní tufity a tefrity. **Pomocí karotáže byl tedy přesněji definován hloubkový dosah kolektoru a současně byla ověřena stratigrafická pozice individuálních monitorovaných studní v obci ve vztahu k tomuto kolektoru.**

Během 14-ti denní čerpací zkoušky došlo ke konci 1. deprese s vydatností čerpání 0,5 l/s k ustálení hladiny podzemní vody jak ve vrtu HGP-2022, tak ve většině monitorovaných studní v obci Němčí na přijatelné úrovni do mínus 0,85 m oproti původnímu stavu. Jak je vidět z grafického zobrazení 2. deprese při čerpání 0,95 l/s, zde již k ustálení hladiny nedošlo ani ve vrtu HGP-2022, ani v žádné z monitorovaných studní, hladina ke konci zkoušky ve všech objektech setrvale strmě klesala.

Pro účely objektivizace hodnocení pohybů hladiny v monitorovaných studnách vlivem hydrodynamických zkoušek je nutné monitorovat také vhodný referenční vrt, pokud není v oblasti např. vrt sítě ČHMÚ. K monitoringu přirozeného pozadí byl využit referenční vrt u obce Pohoří (cca 1,6 km SV směrem na opačném svahu kóty Kukla), který zastihnul stejný terciérní kolektor, jako vrt HGP-2022. Během čerpací zkoušky bylo evidováno výrazně suché období, celkový úhrn srážek činil pouhých 8 mm. Po odečtení režimního poklesu hladiny podzemní vody v referenčním vrtu Pohoří tak byly získány reálné poklesy hladin ve studnách vlivem čerpací zkoušky (viz tabulka č. 1).

Obrázek č. 7 Výsledky monitoringu hladin ve vrtu HGP-2022 a okolních studen během hydrodynamických zkoušek



Tabulka č. 1 Monitoring hladin ve vrtu HGP-2022, okolních studnách a referenčním vrtu

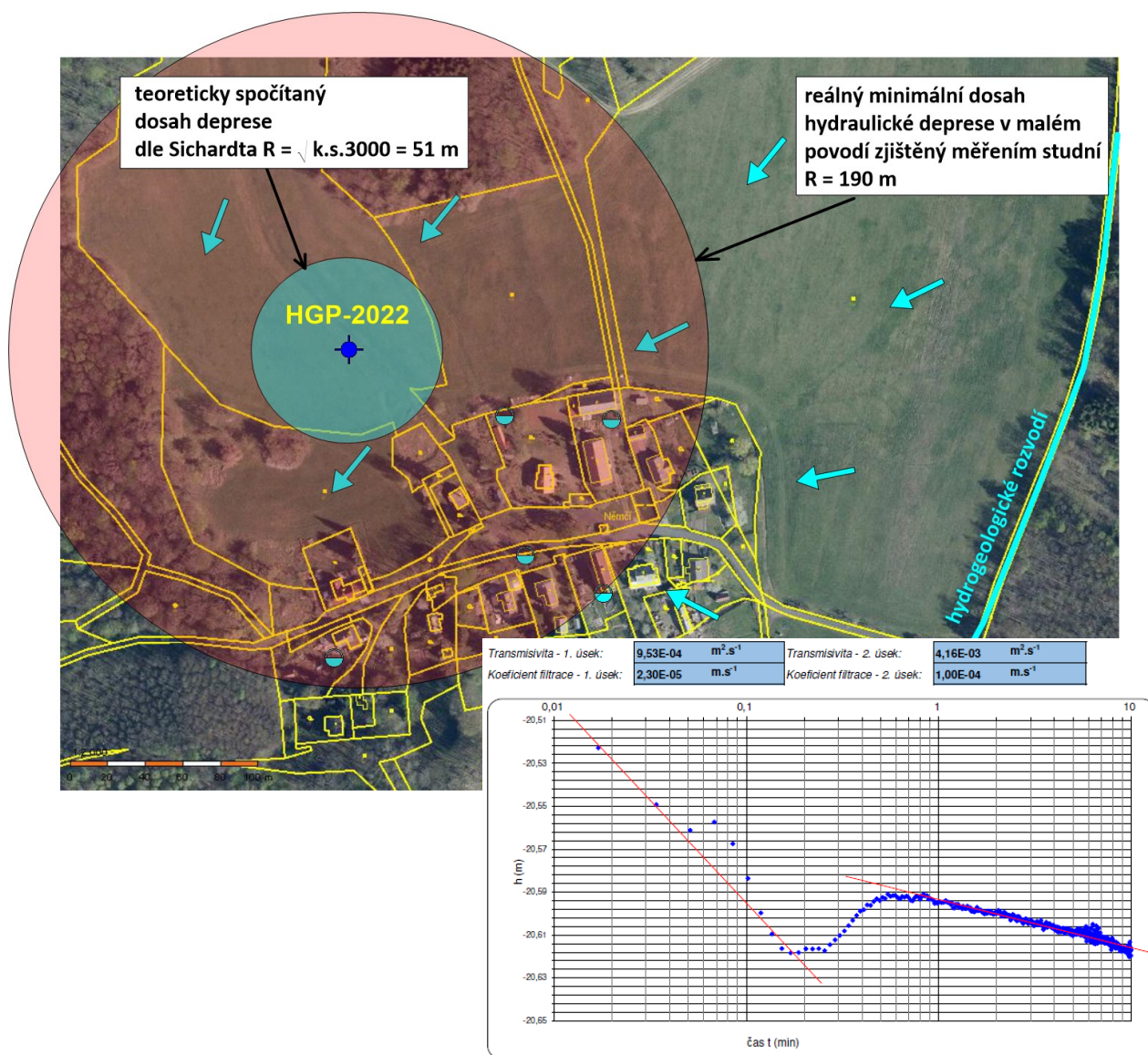
Monitoring hladiny podzemní vody v obci Němčí - hydrodynamické zkoušky na vrtu HGP-2022

RUČNÍ KONTROLNÍ MĚŘENÍ HLADIN V OBCI NĚMČI

datum	Jiří Černý m od O.B.	rozdlí	Jaroslav Stehlík m od O.B.	rozdlí	Jarmil Šeba m od O.B.	rozdlí	Jan Přihoda m od O.B.	rozdlí	obecní studna m od O.B.	rozdlí	referenční vrt Pohoří	rozdlí	VRT HGP-2022 m od O.B.	rozdlí	vydatnost čerpaní l/s	DEPRESE
START 30.9.2022	19,89		19,18		19,03		5,59		14,82		10,11		20,51		0	1.
3.10.2022	20,14	-0,25	19,35	-0,17	19,55	-0,52	5,58	0,01	14,99	-0,17	10,11	0	21,24	-0,73	0,5 - 0,95	1.
4.10.2022	20,16	-0,02	19,36	-0,01	19,6	-0,05	5,62	-0,04	15,03	-0,04	10,12	-0,01	21,26	-0,02	0,5	1.
5.10.2022	20,2	-0,04	19,43	-0,07	19,61	-0,01	5,66	-0,04	15,09	-0,06	10,14	-0,02	21,29	-0,03	0,5	1.
7.10.2022	20,29	-0,09	19,51	-0,08	19,69	-0,08	5,73	-0,07	15,2	-0,11	10,19	-0,05	21,37	-0,08	0,5	1.
9.10.2022	20,46	-0,17	19,46	0,05	19,85	-0,15	5,78	-0,05	15,32	-0,12	10,22	-0,03	21,55	-0,18	0,5	1.
10.10.2022	20,42	0,04	19,6	-0,14	19,84	0,01	5,77	0,01	15,33	-0,01	10,27	-0,05	21,52	0,03	0,5	1.
SUMA DIF 1.DEPR.		-0,53		-0,42		-0,81		-0,18		-0,51		-0,16		-1,01		SUMA DIF 1.DEPR.
SUMA DIF 1.REAL.		-0,37		-0,26		-0,65		-0,02		-0,35		0		-0,85		SUMA DIF 1.REAL.
11.10.2022	20,5	-0,08	19,68	-0,08	20,1	-0,26	5,8	-0,03	15,38	-0,05	10,3	-0,03	21,98	-0,46	0,95	2.
12.10.2022	20,62	-0,12	19,73	-0,05	20,23	-0,13	5,82	-0,02	15,45	-0,07	10,34	-0,04	22,1	-0,12	0,95	2.
STOP 14.10.2022	20,72	-0,1	19,77	-0,04	20,36	-0,13	5,83	-0,01	15,55	-0,1	10,32	0,02	22,25	-0,15	0,95	2.
SUMA DIF ČERP.		-0,83		-0,59		-1,33		-0,24		-0,73		-0,21		-1,74		SUMA DIF ČERP.
17.10.2022	20,7	0,02	19,85	-0,08	19,98	0,38	5,94	-0,11	15,64	-0,09	10,43	-0,11	21,46	0,79	0	STOUPACÍ ZK.
20.10.2022	20,65	0,05	19,9	0,05	19,87	0,11	5,96	-0,02	15,66	-0,02	10,41	0,02	21,35	0,11	0	STOUPACÍ ZK.
17.11.2022	20,86	-0,21	20,01	-0,21	20,05	-0,18	6,05	-0,09	15,87	-0,21	10,55	-0,14	21,42	-0,07	0	STOUPACÍ ZK.
SUMA DIF STOUP.		-0,14		-0,24		0,31		-0,22		-0,32		-0,23		0,83		SUMA DIF STOUP.
SUMA DIF KOMPL.		-0,97		-0,83		-1,02		-0,46		-1,05		-0,44		-0,91		SUMA DIF KOMPL.
SUMA DIF REALNA		-0,53		-0,39		-0,58		-0,02		-0,61		0		-0,47		SUMA DIF REALNA

Lze tedy s jistotou konstatovat, že dlouhodobě využitelná vydatnost vrtu HGP-2022, s ohledem na výsledky hydrodynamických zkoušek, detailního monitoringu okolních studní a v souladu s průměrným specifickým odtokem podzemní vody pro plošně omezené lokální povodí v oblasti obce Němčí činí maximálně 0,5 l/s, byť je vrt schopen pravděpodobně okamžitě poskytovat množství vody v prvních jednotkách l/s. Hydraulická odezva čerpaní podzemní vody z vrtu HGP-2022 se však projevuje v celé obci Němčí, prokazatelně minimálně na vzdálenost 190 m od tohoto vrtu.

Obrázek č. 8 Dosahy depresních kuželů v rámci plošně omezeného zdroje podzemní vody (teoretický a reálný dosah)



Výše uvedeným zjištěním je třeba přizpůsobit návrh odběru podzemní vody z takto plošně i vertikálně omezeného útvaru podzemní vody tak, aby byl zajištěn trvale udržitelný odběr podzemní vody a vodní útvar nebyl přetěžován. Provádění dlouhodobých hydrodynamických zkoušek s detailním monitoringem studní v širším okolí se zde jeví jako naprosto nezbytný předpoklad pro reálný návrh odběrného množství podzemních vod.

Lokalita Dobkovičky

Obec Dobkovičky se nachází v prostoru zakleslé kry Českého středohoří, v těsné blízkosti Litochovického zlomu, podél kterého došlo k poklesu severní kry o cca 200 m (obrázek č. 2 a 3). Na povrch zde vystupují svrchnokřídové sedimenty coniackého stáří (březenské souvrství), které mají v rámci rajonu funkci hydrogeologického izolátoru. V severněji situovaném prostoru mezi Dobkovičkami a portálem dálničního tunelu Prackovice byla v posledních letech provedena řada monitorovacích vrtů v březenském

souvrství, které potvrdily spíše izolátorské vlastnosti přítomných slínovců, koeficienty hydraulické vodivosti se zde pohybovaly převážně v řádech 10^{-7} až 10^{-8} $m.s^{-1}$, nicméně v blízkosti Dobkoviček a zlomové struktury byl dokumentován vrt v březenském souvrství s koeficientem hydraulické vodivosti v řádu 10^{-5} $m.s^{-1}$. Litochovický zlom lze vnímat jako širší tektonickou strukturu s mnoha doprovodnými bočními zlomy, které vytváří širší zlomové pole. Z tohoto důvodu byl na lokalitě Dobkovičky v dosahu litochovického zlomu navržen k exploataci mesozoického kolektoru až 80 m hluboký hydrogeologický vrt HVC-2. Na následující obrázku je zachycena přibližná rozloha hydrogeologického povodí vrtů HVC-2, jedná se o plochu cca 2,44 km^2 .

Obrázek č. 9 Hydrogeologické povodí vodního zdroje jímáného vrtem HVC-2 (zdroj: www.nahlizenidokn.cz)



Při uvážení specifického odtoku podzemní vody ve výši 2 $l/s/km^2$ lze odhadnout celkový maximální možný odběr ze všech vrtů a studen v zájmovém povodí vrtu HVC-2 na 4,9 l/s . Požadavek na vydatnost vrtu 0,5 l/s lze tedy splnit (započítán také odhadovaný odběr ze studní v obcích Kletečná, Malá Chotiměř a Dobkovičky).

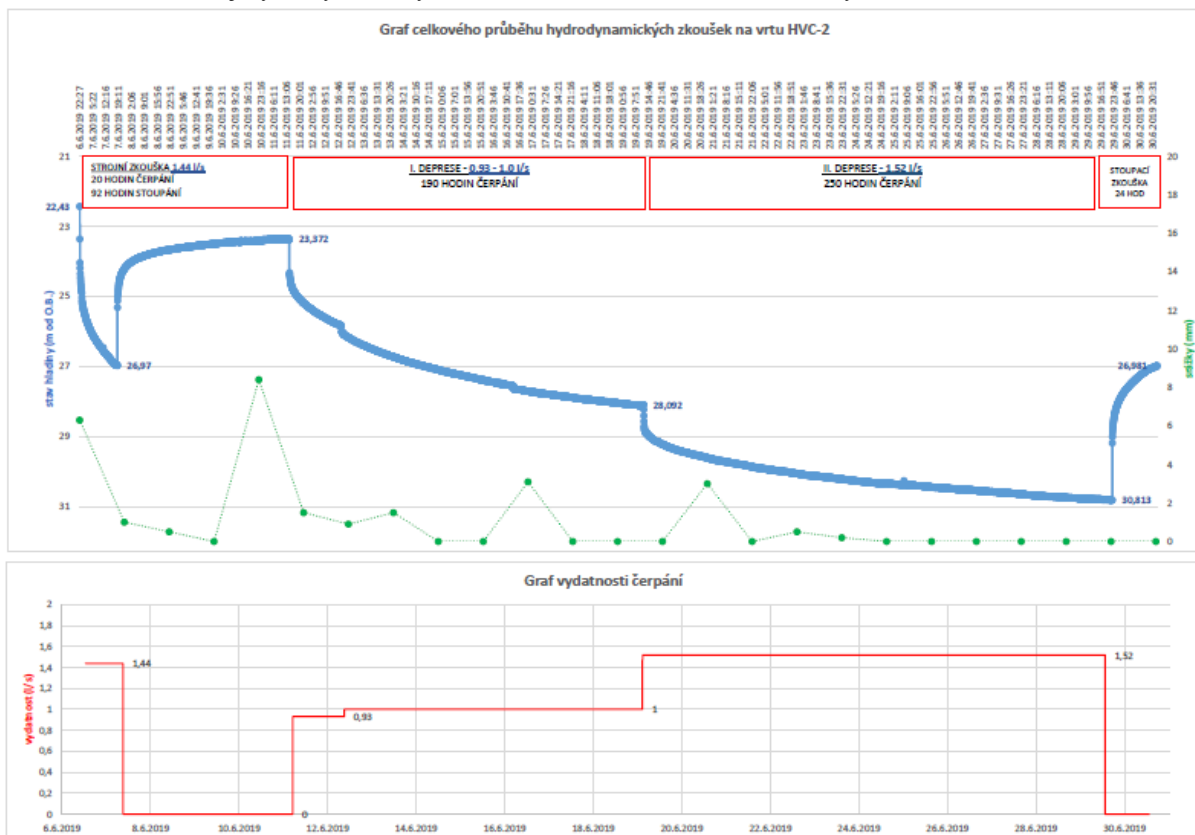
Vrt byl hlouben rotačně-příklepovým způsobem vrtným průměrem 10“ (254 mm), předvrt byl proveden ve vrtném průměru 330 mm do hloubky 5 m. Ocelová úvodní pažnice prům. 273 mm byla zatlačena do hloubky 17 m pod terén, aby odtěsnila nesoudržné kamenitohlinité sutě a bobtnavé jíly ve vyšších etážích vrtu. Průzkumný vrt HVC-2 byl vystrojen na zvodeň vázanou na mesozoické vápnité slínovce březenského souvrství, resp. připovrchové pásmo jejich rozpukání. Tato zvodeň zde má volnou hladinu, s negativní výtlačnou úrovní pod terénem v hloubce 22 m. V úseku 46 – 56 m pod terénem musela být použita biodegradabilní chemická emulze pro účely zajištění soudržnosti stěn vrtu, který byl v této hloubce velice nestabilní. Konečná hloubka nevystrojeného úseku vrtu dosahuje hloubky 56 m, vystrojená část však zasahuje pouze do hloubky 46 m po terén. V úseku 46 – 56 m pod terénem byly slínovce intenzivně tektonicky rozrušené a definitivní výstroj se

nakonec nepodařilo zapustit hlouběji. Z vrtu při využití rotačně-příklepové technologie vylétávaly kusy slínovce o velikosti až 14 cm. Vzhledem k vysoké vydatnosti vrtu již od hloubky 22 m byla konečná hloubka 46 m shledána jako dostačující.

Obrázek č. 10 Výplach z vrtu o vydatnosti cca 3 - 4 l/s a kostkovitě rozpadavé slínovce z hloubky 46 – 56 m o průměru až 14 cm, místy s limonitickými povlaky



Obrázek č. 11 Graf hydrodynamických zkoušek na vrtu HVC-2 Dobkovičky



Během hydrodynamických zkoušek bylo registrováno dlouhodobé období sucha, s minimálními srážkovými úhrny (obr. č. 11). Celkový srážkový úhrn činil po dobu zkoušek pouze 26,9 mm. Pro porovnání režimního kolísání (úbytku) podzemní vody v oblasti byla využita informace z monitorovacího systému v prostoru dálnice D8 u sesuvu Dobkovičky, který se nachází cca 1,1 km SV od lokality vrtu HVC-2 a není ovlivněn čerpáním. Za sledované období zde bylo v průměru registrováno maximální přirozené snížení hladiny o cca 0,3 m. Při uvážení tohoto přírodního poklesu tedy stále zbývá v případě vrtu HVC-2 zbytkové snížení cca 2,2 m, což nasvědčuje velmi pozvolnému doplňování statických zásob podzemní vody v období extrémně nízkých srážkových úhrnů a současně blízkosti okrajových podmínek (rozvodnice, litochovický zlom). Byla ověřena vysoká využitelná vydatnost vrtu ve výši až 1,5 l/s. Hydrodynamickými zkouškami byla ověřena zvýšená transmisivita horninového prostředí ve výši $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, což odpovídá mírně propustnému horninovému prostředí.

Lokalita Velemín

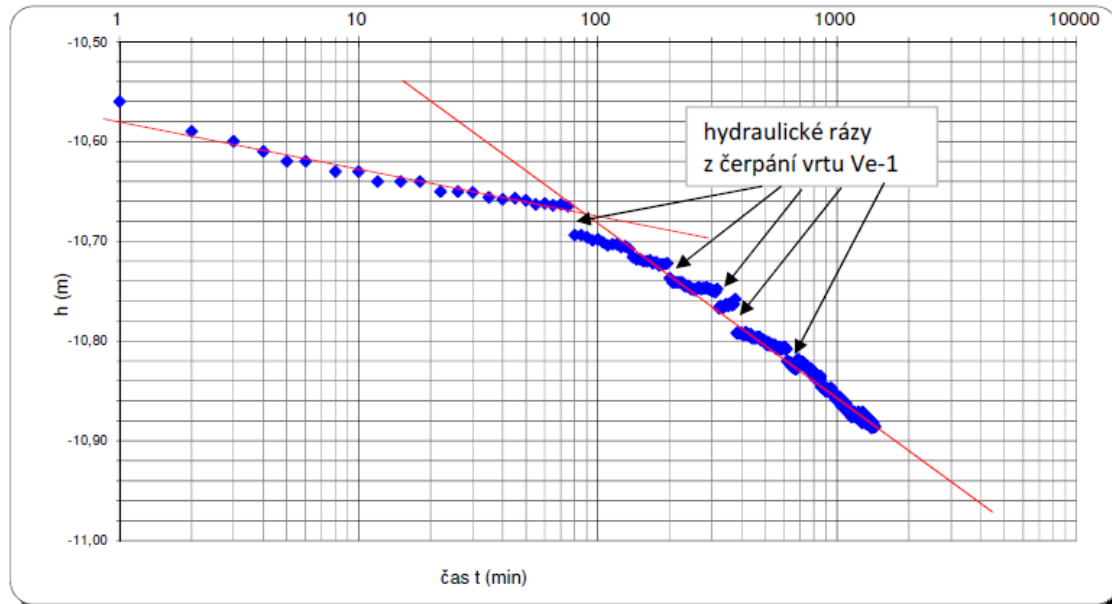
Vrt byl hlouben rotačně-příklepovým způsobem vrtným průměrem 10“ (254 mm), ocelová úvodní pažnice prům. 273 mm byla zapuštěna do hloubky 11 m pod terén. Průzkumný vrt HVC-1 byl vystrojen na spojitou zvodeň vázanou na cenomanské pískovce a slepence a přípovrchové pásmo rozpojení podložního rulového krystalinika. Tato zvodeň zde má mírně napjatou hladinu, s negativní výtlačnou úrovní pod terénem. Konečná hloubka vrtu dosahuje 51,3 m pod terén, hladina podzemní vody se ustálila v hloubce 9,6 m od okraje ocelové zárubnice vrtu. Vrt zastihnul do hloubky 6,5 m kvartérní vrstvy, do 11 m písčité slínovce bělohorského souvrství, do 21,5 m pískovce a slepence cenomanu a níže ortoruly karbonského stáří.

Obrázek č. 12 Hloubení vrtu HVC-1 Velemín a výnos cenomanských slepenců



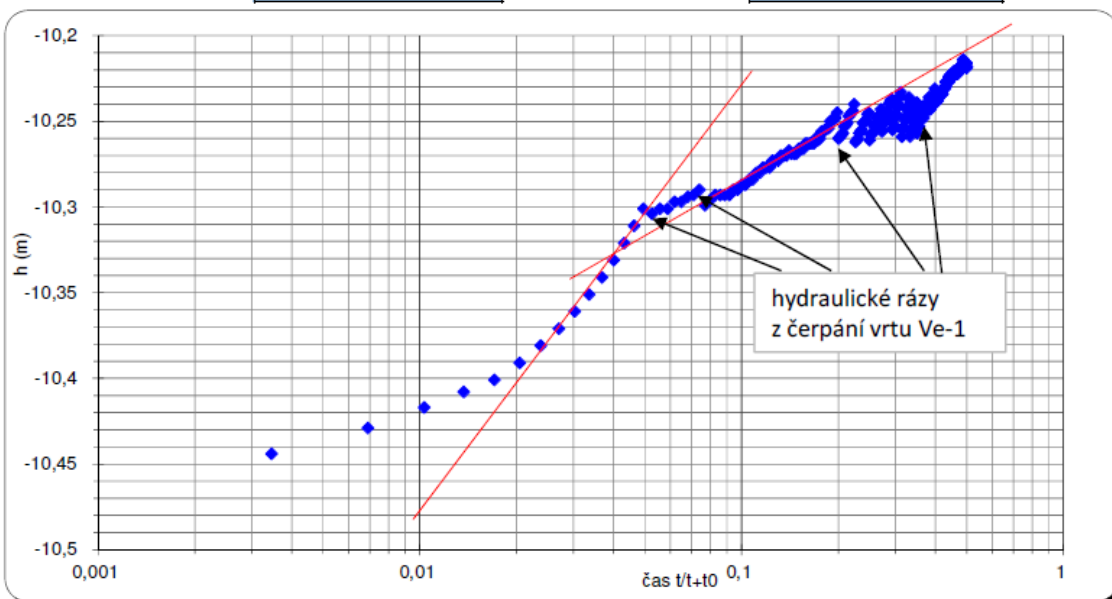
Obrázek č. 13 Grafy hydrodynamických zkoušek na vrtu HVC-1 Velemín

Lokalita:	Bílý Ujezd				
Čerpaný objekt:	HVC-1				
Čerpané množství:	0,9 l/s				
Mocnost zvodně (m):	10,5				
Transmisivita - 1. úsek:	3,29E-03	$m^2 \cdot s^{-1}$	Transmisivita - 2. úsek:	2,44E-04	$m^2 \cdot s^{-1}$
Koeficient filtrace - 1. úsek:	3,14E-04	$m \cdot s^{-1}$	Koeficient filtrace - 2. úsek:	2,32E-05	$m \cdot s^{-1}$



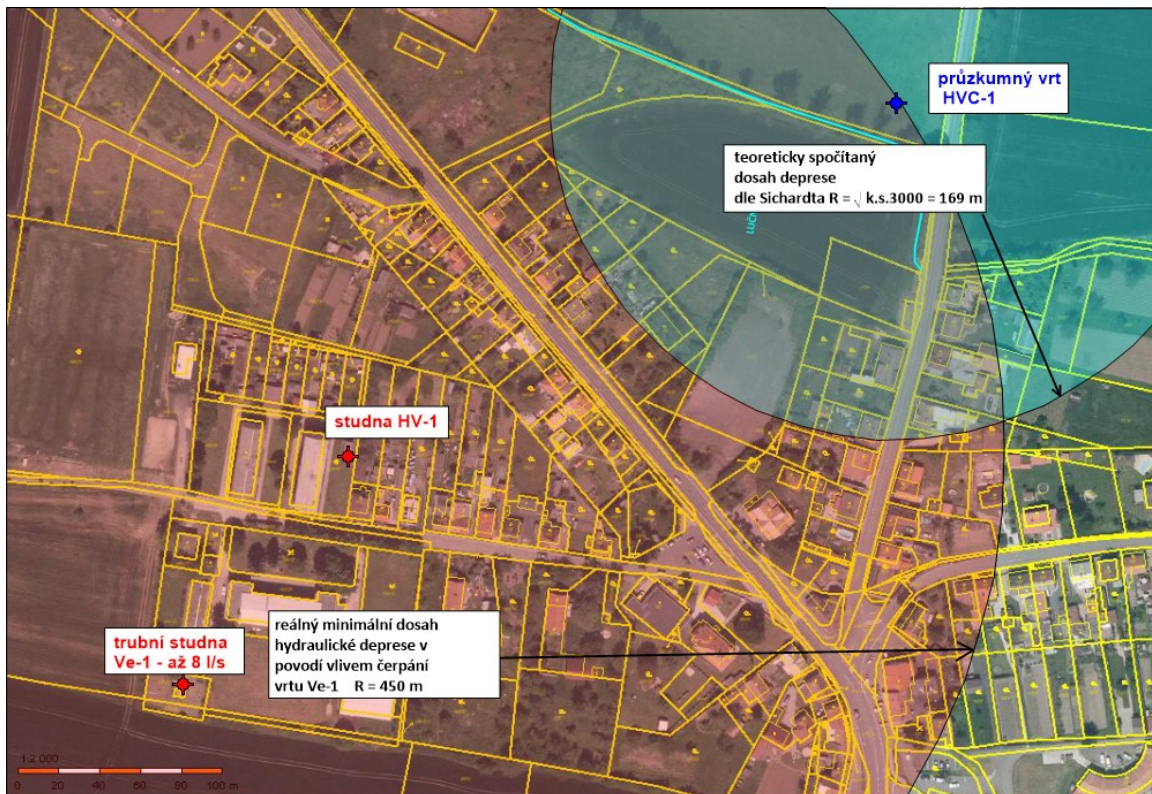
Vyhodnocení přítokových zkoušek přímkovou aproximací dle Jacoba - stoupací zkouška

Lokalita:	Bílý Ujezd				
Čerpaný objekt:	HVC-1				
Čerpané množství:	0,9 l/s				
Mocnost zvodně (m):	10,5				
Transmisivita:	6,59E-04	$m^2 \cdot s^{-1}$	Transmisivita - 2. úsek:	1,10E-04	$m^2 \cdot s^{-1}$
Koeficient filtrace:	6,27E-05	$m \cdot s^{-1}$	Koeficient filtrace - 2. úsek:	1,05E-05	$m \cdot s^{-1}$



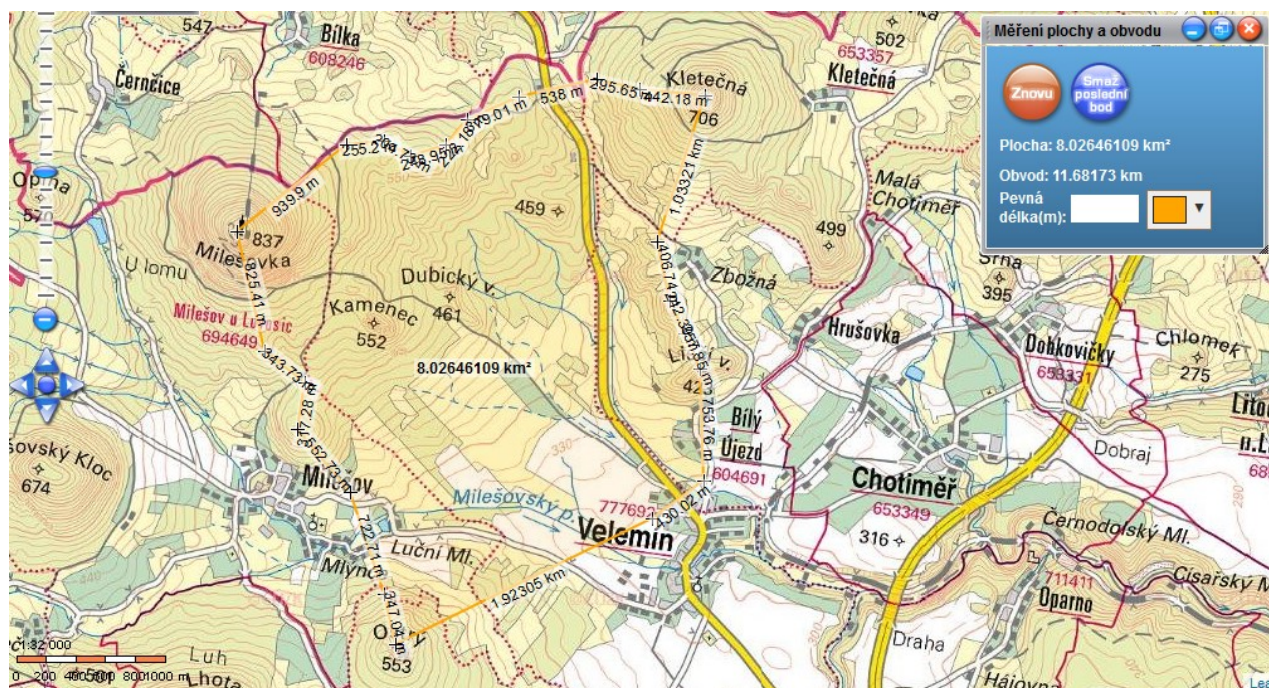
Již při úvodní stojní zkoušce byly zaregistrovány nárazové (skokové) oscilace hladiny v rozsahu 2 – 4 cm, při následné stoupací zkoušce taktéž (viz obrázek č. 13). Jedná se o hydraulické rázy, způsobené střídavým zapínáním a vypínáním čerpadla v obecním vrtu Ve-1, který se nachází 450 JZ od vrtu HVC-1. Tato skutečnost svědčí o významné hydraulické spojitosti cenomanské zvodně (kolektor A) v rámci celé velemínské kotliny a intenzivním tektonickém postižení vodního útvaru. Vrt Ve-1 je hlavní zdroj podzemní vody pro skupinový vodovod Velemín a dle aktuálních informací a průběžných aktuálních měření je z tohoto vrtu čerpáno nárazově až 8 l/s podzemní vody, přičemž dočasný hladinový skok ve vrtu Ve-1 při těchto střídavých odběrech činí až 9,2 m.

Obrázek č. 14 Dosahy depresních kuželů v rámci plošně omezeného zdroje podzemní vody (teoretický a reálný dosah)



Dlouhodobá čerpací zkouška na vrtu HVC-1 probíhala ve třech depresích, s postupně se zvyšujícím množstvím čerpané vody (1,8 l/s, 3,0 l/s a 3,5 l/s). Na konci 3. deprese se hladina podzemní vody nacházela na stavu 14,65 m od O.B., celkové snížení tedy činilo 4,57 m. Během hydrodynamických zkoušek bylo registrováno dlouhodobé období sucha, s minimálními srážkovými úhrny. Při uvážení přírodního poklesu 0,3 m zbývá v případě vrtu HVC-1 zbytkové snížení cca 0,7 m, což nasvědčuje omezeným využitelným zásobám podzemní vody v relativně uzavřené struktuře velemínské kotliny. Na následujícím obrázku je zachycena přibližná rozloha hydrogeologického povodí hlavních jímacích vrtů HVC-1, Ve-1 a HV-1, jedná se o plochu cca 8 km².

Obrázek č. 15 Hydrogeologické povodí vodního zdroje jímaného vrtu HVC-1 (zdroj: www.nahlizenikokn.cz)



Při uvážení specifického odtoku podzemní vody ve výši 2 l/s/km^2 lze odhadnout celkový maximální možný odběr ze všech vrtů a studen v zájmovém povodí vrtů HVC-1, Ve-1 a HV-1 na 16 l/s. Vzhledem k extrémně nízkým srážkovým úhrnům v posledních letech však bude ve skutečnosti tato hodnota aktuálně snížena o cca 10 – 20% na cca 13 l/s. Vrt HVC-1 se nachází v okrajové části lokální křídové pánve v rámci velemínské kotliny v blízkosti libochovického zlomu, mocnost cenomanského kolektoru A zde činí cca 10 m. V prostoru vrtů HV-1 a Ve-1 v centrální části pánve je mocnost kolektoru A větší a je zde také soustředěn hlavní odběr podzemní vody. Během dlouhodobých hydrodynamických zkoušek nedošlo při jednotlivých depresích k ustálení proudění (stav hladiny podzemní vody ve vrtu HVC-1 neustále mírně klesal) a následně po ukončení čerpacích zkoušek nebylo ani po 8 dnech dosaženo ustáleného stavu (zbytkové snížení činilo cca 0,7 m, i s odstíněním vlivů dlouhodobého sucha). Tato skutečnost napovídá blízkosti boční hydraulické bariéry ve formě litochovického zlomu (obrázek č. 2) a vlivu čerpání vrtu Ve-1, který vytvořil ve svém prostoru rozsáhlou hydraulickou depresi. Hydraulická odezva čerpání podzemní vody z vrtu Ve-1 se projevuje díky intenzivnímu tektonickému poškození kolektoru A velice rychle na vzdálenost až 450 m od tohoto vrtu. Vrty Ve-1, HV-1 a HVC-1 se navzájem ovlivňují, jejich depresní kužely se protínají na poměrně velkých plochách vzhledem k vysoké propustnosti kolektoru A, ne však takovým způsobem, který by bránil koexistenci jejich využívání, jak vyplývá z bilančního zhodnocení.

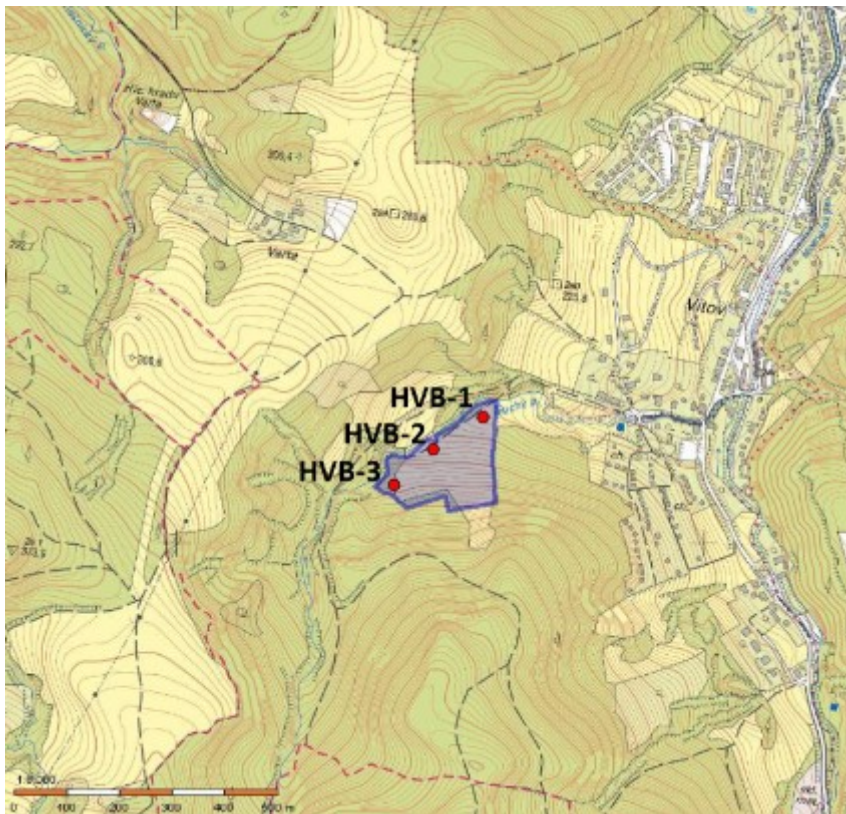
Lokalita Vítov

Na lokalitě Vítov, která je součástí zakleslé části středohorské kry, jsou dokumentovány výchozy santonských pískovců. Jejich ověřená mocnost zde dosahuje minimálně 70 m a jsou zdrojem jedněch z nejkvalitnějších podzemních vod, vzhledem k jejich výborným filtračním vlastnostem a chemické vyváženosti. Na lokalitě byly

v minulosti provedeny a dodnes jsou provozovány vrty HVB-1 a HVB-2 o hloubkách 22 a 25 m, požadavkem obce bylo vybudování vrtu HVB-3 o hloubce 73 m, který by posílil současný vodárenský provoz.

Hydrogeologické, resp. hydrologické povodí jímacího území má rozlohu 2,3 km². Průměrný dlouhodobý úhrn srážek činí 550 mm. Z těchto hodnot vyplývá, že do území povodí vstupuje atmosférou průměrně 40 l/s vody, z toho 13,2 l/s průměrně odtéká povrchovým tokem Suchého potoka a 26,8 l/s připadá na podzemní odtok a především na evapotranspiraci, která představuje největší část výstupů vody z povodí. Podzemní odtok je složka zásadní pro využitelnou vydatnost prameniště. Dle údajů z mapy podzemního odtoku na území ČR (Krásný, 1983) činí podzemní odtok v zájmové oblasti 2 – 3 l/s/km², upřesňující izolinie pak uvádí podzemní odtok ve výši 10 % srážkových úhrnů. Pro celé povodí Suchého potoka tedy podzemní odtok činí max. 4 l/s.

Obrázek č. 16 *Situace jímacího území Vítov*



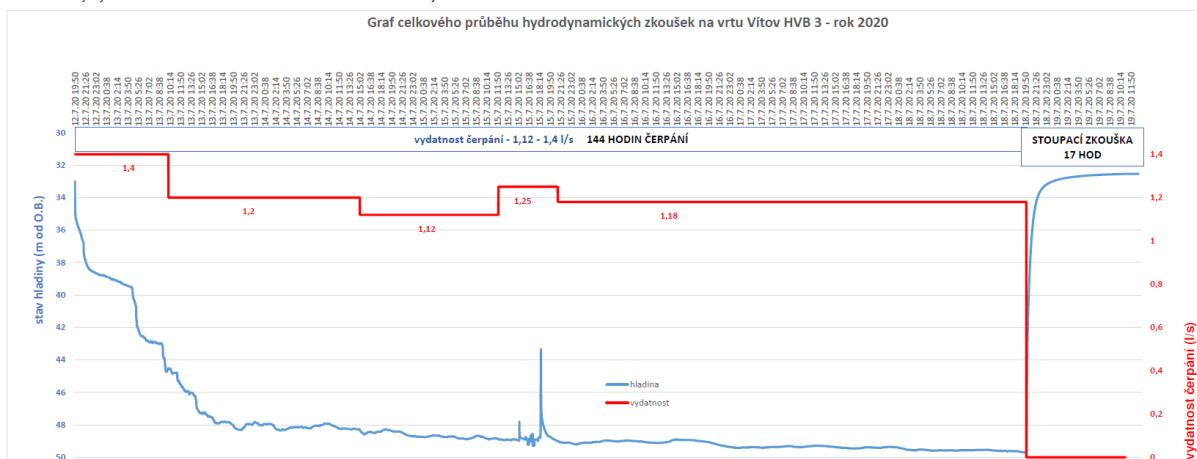
Budování vrtů v merboltických pískovcích (santon) vyžaduje složitější technologii vrtných prací a speciální výstrojový materiál, vzhledem k nízké soudržnosti horniny a jejímu častému pískování. Vhodné technologie jsou: vrtání se zatěžkaným kapalinovým výplachem trojlístým nebo valivým dlátem (systém ROTARY) nebo technologie TUBEX. Hloubení vrtu bylo zahájeno spirálem prům. 350 mm, s průběžným technickým pažením levými pažnicemi 324 mm do hloubky 12,0 m. Od hloubky 6,0 m byl vrt hlouben ponorným kladivem prům. 254 mm s dopažováním do konečné hloubky 73 m (systém TUBEX). Po ukončení vrtných prací byl vrt vystrojen závitovou PVC výstrojí 145/6,5 mm, ve vybraných úsecích osazenou lepenými filtry.

Obrázek č. 17 Výnos horninového jádra z vrtu HVB-3 – santonské pískovce a lepené filtry použité pro výstroj vrtu



Obrázek č. 18 Hydrodynamické zkoušky na vrtu HVB-3

Typ hydrodynamických zkoušek: 6 denní čerpací a 17 hodinová stoupací zkouška a monitoring vrtů HVB 1 a HVB 2
 Doba zahájení zkoušek: 12.7.2020 - 19:50
 Doba ukončení zkoušek: 19.7.2020 - 13:00
 Čerpané množství průměrné: 1,12 - 1,4 l/s
 Hladina podzemní vody před ČZ: 33,0 m od O.B.
 Hladina podzemní vody po SZ: 33,4 m od O.B.
 Výška O.B. nad terénem: 0,60 m
 Maximální snížení hladiny: 49,71 m od O.B.
 Pozorované objekty: Vrtů HVB 1 a HVB 2



Datum:	12.7.2020	13.7.2020	14.7.2020	15.7.2020	16.7.2020	17.7.2020	18.7.2020	19.7.2020
Počasí:	polojasno až oblačno	skorojasno až polojasno	polojasno až oblačno	polojasno až oblačno, místy přeháňky nebo bouřky	polojasno až oblačno	oblačno až zataženo, místy přeháňky nebo dešť	polojasno až oblačno	polojasno až oblačno, místy přeháňky nebo bouřky
Vzduch (°C):	19	20	22	23	19	18	21	21
Voda (°C):	10,1	10,45	10,63	10,82	11,22	11,23	11,11	10,23
Hladiny (vydatnosti) ve sledovaných pramenech a studních								
HVB1	18,26	18,26	18,26	18,26	18,26	18,26	18,27	18,26
HVB 2	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22

Vyhodnocení **skupinových hydrodynamických zkoušek** je součástí obrázku č. 18. Na vrtech HVB-1 a HVB-2 bylo prováděno standardní provozní čerpání podzemní vody do vodojemu Vítov, na vrtu HVB-3 bylo prováděno zkušební čerpání s odpadem do potoka. Hydrodynamickými zkouškami byla ověřena využitelná vydatnost vrtu v množství 1,2 l/s. Současně byly orientačně měřeny vydatnosti čerpání na vestavěných vodoměrech na zhlavích vrtů HVB-1 a HVB-2. Hladiny podzemní vody v těchto vrtech byly zaznamenávány instalovanými dataloggery. Během skupinové čerpací zkoušky nebylo u žádného z těchto vrtů evidováno zásadní snížení provozní hladiny. Byl zaznamenán pokles vydatnosti čerpání – u vrtu HVB-1 o cca 10%, u vrtu HVB-2 o 5%. Celková (sumární) vydatnost všech tří

sledovaných vrtů dohromady v závěru skupinové čerpací zkoušky dosahovala 2,3 l/s, což pokrývá s rezervou požadavek objednatele.

Tabulka č. 1 Shrnutí - hydraulické charakteristiky kolektorů v lokalitách vybraných vrtů

Označení vrtu a stratigrafická příslušnost	HVC-1 (Kc)	HVC-2 (Kbr)	HGP-2022 (Terciér)
Hloubka vrtu	51,3 m	46 m	61 m
Mocnost testované zvodně	39,3 m	24,1 m	41,4 m
Čerpaná vydatnost (l/s)	0,9 – 3,5	0,93 – 1,52	0,5 – 0,95
Počáteční úroveň hladiny podzemní vody (měřeno od O.B.)	10,08 m	22,43 m	20,51 m
Stav hladiny podzemní vody na konci dlouhodobé čerpací zkoušky (měřeno od O.B.)	14,65 m	30,81 m	22,22 m
Maximální snížení hladiny podzemní vody	4,57 m	8,38 m	1,71 m
Stav hladiny podzemní vody na konci závěreč. stoupací zkoušky – (měřeno od O.B.)	11,42 m	26,98 m	21,31 m
Zbytkové snížení hladiny podzemní vody po 24 hod	1,34 m	4,55 m	0,80 m
Specifická vydatnost vrtu průměrná (l/s/m)	0,88	0,18	0,52
Index transmisivity	8,79	1,80	5,2
Transmisivita (m.s ⁻²)	1,08.10 ⁻³	2,86.10 ⁻⁴	4,16.10 ⁻³
Koeficient hydraulické vodivosti (m.s ⁻¹)	1,03.10 ⁻⁴	1,19.10 ⁻⁵	1,0.10 ⁻⁴
Třída propustnosti a charakteristika propustnosti prostředí dle Jetela, 1982	III – dosti silně propustné	IV – mírně propustné	III – dosti silně propustné
Dosah hydraulické deprese dle Sichardta	169 m	87 m	51,3 m

O.B. - okraj zhlaví vrtu

S jakými technologiemi vrtných prací úspěšně do Středohoří?

V první řadě je potřeba upozornit, že vrtné soupravy typu lomových vrtaček bez pažení, které vrtají často metodou „pokus-omyl“ do této oblasti rozhodně nepatří. Většina lokalit ve vrcholových partiích Českého středohoří je vhodná pro využití relativně rychlé rotačně příklepové technologie s možností úvodního pažení (převážně kladivem 8“ až 10“ průměru), vzhledem k vysokému stupni zpevnění svrchnokřídových sedimentů. V horních partiích vrtu do hloubek 5 – 15 m se však obvykle vyskytují deluviální sedimenty charakteru tufitických hlín a jílu s proměnlivou příměsí vulkanických sutí širokého zrnitostního spektra, místy s velikostmi balvanů až do několika dm. Tento úvodní interval je nezbytně nutné zapažit do

dostatečné hloubky pracovním ocelovým pažením o průměru obvykle od 250 mm výše. V místech výskytu zvětralých slínovců (až do charakteru vysoce plastických slínů) byly na několika lokalitách dokumentovány bobtnavé jíly, které mohou zapříčinit obtížné vytěžování pracovního pažení. V případech, kdy byly vrty v tomto materiálu hloubeny jádrovým způsobem (např. soupravou UGB-V3S), často nebylo možné vytlačit běžným tlakovým vzduchem z jádrovky ani jádro o délce pouhých 50 cm.

V případě cenomanských pískovců, bělohorských opuk a březenských či teplických pelitických souvrství v prostorech mimo tektonické zóny nebyly během vrtných prací rotačně příklepovou technologií dokumentovány výraznější potíže se soudržností stěn vrtu či rychlostí postupu vrtných prací. V případě kostkovitě rozpadavých vápnitých slínovců březenského souvrství v tektonicky postižených zónách je však využití rotačně příklepové technologie limitováno mocností porušené zóny ve vrtu a následným vypadáváním objemných úlomků do stvolu vrtu, kde hrozí zaseknutí kladiva při vytahování. Bezpečný hloubkový dosah pro využití kladiva v tomto prostředí je maximálně 50 - 60 m, přestože v soudržném prostředí tyto soupravy bez výraznějších potíží dosahují hloubek 100 – 150 m. Podobné situace s vyvalováním bloků vulkanitů do stvolů vrtu jsou dokumentovány také u některých vrtů do terciérních tufitů či vulkanitů, také zde platí podobný hloubkový dosah této technologie.

V případě jemnozrnných, málo zpevněných pískovců nejvyššího svrchnokřídového stupně (santon) dochází na některých lokalitách (Čeřeniště, Tašov, Vítov) při využití rotačně příklepové technologie k intenzivnímu rozrušování stěn vrtu tlakovým vzduchovým výplachem a následně k intenzivnímu pískování vrtu a tvorbě rozsáhlých kaveren. Opět zde hrozí zaseknutí vrtného náradí ve vrtu a v případě vystrojení vrtů klasickou perforovanou zárubnicí také intenzivní a nekončící pískování vrtů, které následně zapříčiňuje vysokou poruchovost instalovaných čerpadel. V těchto případech, stejně jako v případech nesoudržných vápnitých slínovců či terciérních tufů a vulkanitů, bývá nejlepším řešením vrtání se zatěžkaným výplachem trojlístým nebo valivým dlátem. Vzhledem k velmi proměnlivé a složité tektonické a stratigrafické stavbě vrcholových partií Českého středohoří často nelze přesně predikovat přesné geologické složení v místech navržených vrtů.

Z výše uvedeného přehledu je zřejmé, že nejvhodnější je využívat variantního řešení – kombinací 2 vrtných technologií, které lze operativně měnit na základě aktuálně zastižených geologických podmínek. Je vhodné již ve fázi nabídky zákazníky obeznámit s touto možností a promítnout v předstihu variantní řešení do nabídky geologických prací. V dnešní době existují na trhu dostatečně technologicky vybavené a silné soupravy, které splňují tyto požadavky a pro případ zmáhání proměnlivých geologických podmínek mohou plynule přejít například z technologie rotačně příklepové na technologii rotary s kapalinovým výplachem. Vhodná je také kombinace úvodního šnekového vrtání a níže technologie TUBEX s průběžným pažením. Současně je žádoucí v případě vrtání v santonských vrstvách využívat pro finální vystrojení vrtů například továrně lepené pískové filtry či jiná adekvátní řešení, která zajistí dostatečné odfiltrování nesoudržných horninových částic již na vstupu do stvolu vrtu. Na mnoha těchto lokalitách již byly tyto filtry instalovány a jsou dlouhodobě spolehlivé a funkční. Zvýšené finanční náklady na realizaci a výstroj vrtů v takto složitých podmínkách se totiž zákazníkům z dlouhodobého hlediska rozhodně vyplatí, jen je třeba vše v předstihu podrobně a trpělivě vysvětlit.

Závěr

Oblast vrcholových partií Českého středohoří je z hlediska geologického i hydrogeologického velice pestrá a proměnlivá a tomu je třeba přizpůsobit jak projekci, tak vlastní realizaci hydrogeologických vrtů a následné testovací práce a návrh trvalého využívání vodních zdrojů. Vždy je dobré již v předstihu počítat s variantními řešeními jak pro vrtné práce, tak pro vystrojování vrtů a je nezbytně nutné provádět kvalitní dozor v průběhu vrtných a monitorovacích prací. Zde platí totiž mnohem více, než v jiných oblastech křídové pánve „štěstí přeje připraveným“ a jedním z hlavních úkolů hydrogeologa je zde generovat spokojené zákazníky, kteří nemusí řešit zbytečné reklamace u soudů či v horším případě v obskurních televizních reportážích. Odměnou jsou jim pak jedny z nejkvalitnějších prostých vod, které v rámci české křídové pánve oblast Českého středohoří poskytuje.

Literatura:

Cajz, V. - Valečka, J. (2010): Tectonic setting of the Ohře (Eger) Graben between the central part of the České Středohoří Mts. and the Most Basin, a regional study. - Journal of Geosciences, 55, 201-215. Prague.

Krásný, J., Daňková, H., Hanzel, V., Kněžek, J., Matuška, M., Šuba, J. (1981): Mapa odtoku podzemní vody ČSSR. ČHMÚ.

Venera, Z – Mixa, P.(2016): Rebilance zásob podzemních vod. Rajóny 4611, 4612, 4620. Závěrečné zprávy. Česká geologická služba. Praha.