

## Využití tepelné energie důlních vod zatopených hlubinných dolů

Bedřich Michálek<sup>1</sup>, Daniel Holéczy, Petr Jelínek<sup>2</sup> a Arnošt Grmela<sup>3</sup>

### *Utilization of Thermal Energy of Mine Waters from Flooded Underground Mines*

*Dozens of ore, uranium and coal underground mines have been closed in the Czech Republic recently as a result of ending or considerable cutting down the mining of raw materials. After the completion of all necessary works associated with the decommissioning of underground mine workings, the mines were mostly left to spontaneous natural flooding with water. The volumes of mine waters in the underground reach up to millions of cubic metres. Taking into account the huge volumes and temperature of waters, which is in range of 10 to 29°C at the site of draining from the underground, mine waters represent a considerable and stable source of thermal energy, the utilization of which is still wholly neglected. The authors inform about the principles of the use of mine waters for this purpose and about two projects that are in a different stage of realization.*

**Key words:** closure of mines, mine waters, geothermal energy

### Úvod

Důlní prostory hlubinných dolů jsou ideálním retenčním prostředím teplých vod. Jsou dostatečně hluboko, aby byla zajištěna stabilita (kvalitativní - co do chemického složení důlních vod a co do teplotního variačního rozmezí; kvantitativní – co do retenčního objemu důlních děl, což zajišťuje dostatečnou rezervu v požadované vydatnosti pro ekonomický provoz současných typů tepelných čerpadel). I když v současné době jsou alternativní zdroje energie ještě ekonomicky náročnější a kapacitně méně vydatné než zdroje z klasických fosilních paliv, z jaderných reakcí i z velkých vodních děl, je nutno, vzhledem k nárůstu cen energetických surovin a jejich hrozícímu nedostatku v poměrně blízké době a vzhledem k ochraně životního prostředí, hledat právě v těchto zdrojích cestu pro budoucnost. Proto jsme přesvědčeni, že právě výzkum a vývoj možností využívání těchto geotermálních zdrojů pro energetické účely by měl být na těchto zdrojích neprodleně zahájen.

### Důlní vody

Vymezení pojmu „*důlní vody*“ (definuje zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství) je poměrně široké a legislativní aplikace jsou někdy značně složité. Hlavním kritériem, kterým lze důlní vody charakterizovat, je důlní prostor (ať již povrchový nebo hlubinný), do kterého „*všechny podzemní, povrchové a srážkové vody*“ vnikly, „*a to bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejího spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami*“. Při tom důlními prostory jsou všechna důlní díla a dále vyrubané, zavalené nebo založené prostory v hlubinných dolech, prostory po vytěženém ložisku v lomu, hliništi nebo po těžbě šterků a písků z vody (tj. u ložisek nerostných surovin těžených pod hladinou vod, v aluviálních nivách nebo ze dna vodního recipientu).

Mnohotvárnost forem důlních vod je pravou příčinou problémů s vytvořením jednoduché definice, která by jednoznačně vystupovala v báňské, vodohospodářské, odpadové i environmentální legislativě. Důsledkem uváděné specifické tvorby důlních vod vzniká v jejich hodnocení problém nejen mezirezortní, ale také problém interdisciplinární, například mezi přírodními vědami a technickými (báňskými) vědami. Za příslušnými ustanoveními zákonů o nakládání s důlními, resp. „zvláštními“ vodami, je totiž potřebné vidět různé odborné aspekty, týkající se např. lokalizace a charakteru důlních děl, jejich odvodňovacího účinku a vlivu na změny hydrogeologických a hydrochemických poměrů ložiskového území. Kvalita a množství důlních vod se v době aktivní těžby ložiska často velmi výrazně liší od stavu po ukončení těžby a opuštění ložiska, jejich zařazení však již ne.

### Důlní vody a jejich zdroje

Důlní vody jsou výsledkem různých poměrů míšení přírodních i antropogenních (umělých) zdrojů. Vody infiltrující horninovým masivem do důlních děl (důlní vody) jsou v převážné většině již vodami

<sup>1</sup> Ing. Bedřich Michálek<sup>1</sup>, Ph.D., Ing. Daniel Holéczy, DIAMO státní podnik, odštěpný závod GEAM, 592 51 Dolní Rožinka, Česká republika

<sup>2</sup> Dr. Ing. Petr Jelínek, DIAMO státní podnik, odštěpný závod ODRA, 703 86 Ostrava – Vítkovice, Česká republika

<sup>3</sup> Doc. Ing. Arnošt Grmela, CSc., VŠB – TU OSTRAVA, Institut geologického inženýrství, 708 33 Ostrava – Poruba, Česká republika (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 8. 1. 2007)

směsnými, resp. vodami se změněným chemismem v důsledku vyvolaného proudění, vlivem snížení původního tlaku, odplynění, vlivem zdržení ve starých důlních dílech apod. Poměr jednotlivých zdrojů v důlních vodách je výsledkem řady faktorů, mezi které patří zejména intenzita důlních a dobývacích prací, pozice důlních děl vůči hlavním zvodněným horizontům oblastí, mocnost pokryvů a stupeň jejich hydroizolační funkce.

S ohledem na pozici důlních děl drénujících horninový masiv, s ohledem na velikost hydraulického spádu vyvolaného čerpáním důlních vod a jeho udržováním na úrovni nejhluběji exploatovaných pater dolu a "pod.", je obvyklým charakteristickým projevem *vertikální geochemická zonálnost* důlních vod. Je známa a popsána mnohými autory jak z exploatovaných ložisek, tak i z lokalit opuštěných a zatopených dolů. Je charakteristickým jevem i u některých rozsáhlých zvodní přírodních mimoložiskových vod – zejména typická je např. vertikální i horizontální hydrogeochemická zonálnost fosilních mořských vod na bázi spodního bádenu („detrit“) v pokryvu ložiska uhlí v OKR. S postupem dolu do hloubky a v relaci s plošným rozmístěním těžby a otvírky jednotlivých částí dobývacího prostoru se obvykle mění jak kvalita, tak i kvantita důlních vod. Velmi často se na ložisku vytváří tedy jakási hydrogeologická vertikální zonálnost. Tento charakteristický jev, doprovázející důlní vody, se projevuje zejména v období otvírky, ale i těžby ložiska.

### Důlní vody po ukončení exploatace ložiska

Po ukončení prací na ložisku dojde po určité době k postupné regeneraci přírodního režimu a geohydrodynamický systém se stabilizuje. Kvalita a kvantita důlních vod po opuštění a zatopení ložiska odpovídá finálnímu hydraulickému spádu, danému místní drenážní bází (přirozený výtok nebo úroveň čerpání) a stabilizovanou dotací přírodních mimoložiskových vod z nadloží (infiltrace srážkových a povrchových vod). Většina přírodních mimoložiskových vod z podloží zaniká nebo je minimalizována. Po ukončení těžební činnosti se mění vodní bilanční rovnice dolu a některé její členy zanikají nebo mají výrazně odlišné hodnoty.

$$Q_{\text{výtok (čerpání)}} = Q_{\text{přírodní zdroje}} \pm Q_{\text{ztráty}}$$

Toto má za následek i změnu kvality důlních vod. Tato kvalitativní změna se projeví však s určitou retardací, protože naplňování stařin zatápěného dolu probíhá kontinuálně s postupným zánikem podílu některých zdrojů. Obvykle jsou na nižších patrech dolů zdroje důlních vod výše mineralizované a proto i nejnižší patra dolu při postupném zaplavování vykazují vody zákonitě vysoké mineralizace (důsledek vertikální hydrogeochemické zonálnosti zdrojů vod a projevu tíhové diferenciacce vod odlišné hustoty ve kvazistagnujícím hydrodynamickém režimu zatápěné lokality, důsledek difuze v důsledku koncentračních potenciálů mezi vodami různého složení, důsledek termického proudění apod.). Kvantifikování těchto fenoménů je problematické. Ve složitých přírodních podmínkách se může např. proti difuzi uplatňovat sorpce, proti termickému proudění hmotnostní kontrast vod odlišné mineralizace.

Případné čerpání důlních vod na zatopeném dole, resp. výtok důlních vod na úrovni drenážní báze, je vždy pouze přihladinovým zásahem do zvodněného systému a nevyvolává hlubší proudění v hornicky otevřeném masivu. Velmi malé hydraulické spády pod erozní bází budou prakticky eliminovat možný význam preferenčních komunikačních cest jako potenciálních hydraulických zkratů, přes které by mohlo docházet ke komunikaci významnějších množství vod na větší vzdálenosti a za větších rychlostí, než jsou průměrné hodnoty, charakterizující masiv v makroměřítku.

Vzhledem k tomu, že po ukončení dolu prakticky nezaniká důlní činností vyvolaná infiltrace vod z povrchu prioritními cestami, existuje téměř ve všech případech opuštěných ložisek ve svrchní zóně stařinových vod *oxidační prostředí* a přirozené proudění vod k místní odvodňovací bází probíhá dominantně právě v této zóně. V hlubších částech opuštěného ložiska je zvodněný systém kvazistagnující a jsou vytvořeny podmínky pro vznik *redukčního prostředí*.

Při zatápění stařin dolu dochází k zaplňování důlních děl, které byly řádově desetiletí až staletí osušeny. V těchto dílech se akumulovala rezidua zvětrávání hornin, vysrážené soli z odpařených vod, v uhelných dolech byly desítky tun vápenného prachu, stará důlní výztuž (dřevo, železo) atd. Tyto, z části antropogenní materiály (pro dané prostředí exotické), mají velmi silný vliv na výslednou kvalitu vod v zatopených stařinách. Např. odpar důlních vod činí v dolech významný podíl v bilanční rovnici dolu a produkty odparu po zatopení zpět vstupují do roztoku. Tento jev je výrazně dokumentován prakticky na všech likvidovaných uhelných revírech. Výsledkem těchto fyzikálně – chemických procesů je výrazné zvýšení obsahu rozpuštěných látek (síranové, chloridové a uhličitánové ionty, železo, mangan, vápník, uran, radium aj.) v důlních vodách likvidovaných a zatopených bývalých dolů.

### Akumulace důlních vod

Likvidace hlubinných dolů v České republice v nedávné minulosti byla provedena jejich přirozeným zatopením po předchozím ukončení hornických prací v podzemí a provedení nezbytných prací v souvislosti s likvidací v podzemí dolů. Ze zatopených dolů jsou zpravidla řízeně vyváděny důlní vody (dědičnou štolou,

čerpáním aj.), které by přesáhly stanovenou výšku hladiny v podzemí. Tato úroveň hladiny je stanovena pro každé ložisko individuálně vzhledem k morfologii okolního terénu a je určující pro to, aby důlní vody nemohly nekontrolovatelným únikem ohrozit okolní prostředí, eventuálně sousední činný důl. S ohledem na vysoké koncentrace rozpuštěných složek v důlní vodě (nad stanovenými limity pro vypouštění) je nutné v řadě případů vodu vyváděnou ze zatopených dolů před vypouštěním do vodotečí čistit a kontaminanty zachycovat.

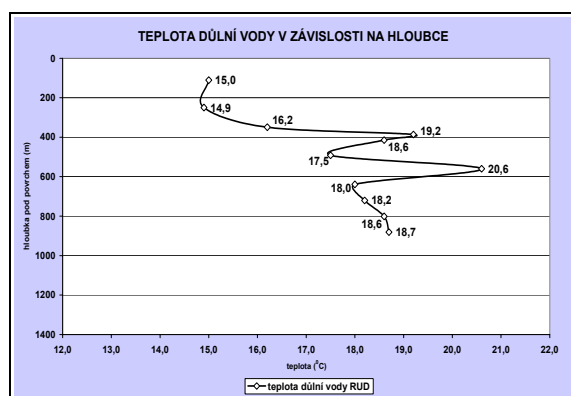
Objem akumulace důlních vod v likvidovaných dolech je tedy dán především objemem vyražených důlních děl a vytěžené suroviny v rámci dobývacích prací pod stanovenou hladinou důlních vod (méně pak rozsahem puklinových systémů horského masivu). Množství důlních vod akumulovaných v podzemí na vybraných lokalitách s ukončenou těžbou je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1. Akumulace důlních vod na vybraných lokalitách s ukončenou těžbou.  
Tab. 1. Mine water accumulation at selected localities with noactivity.

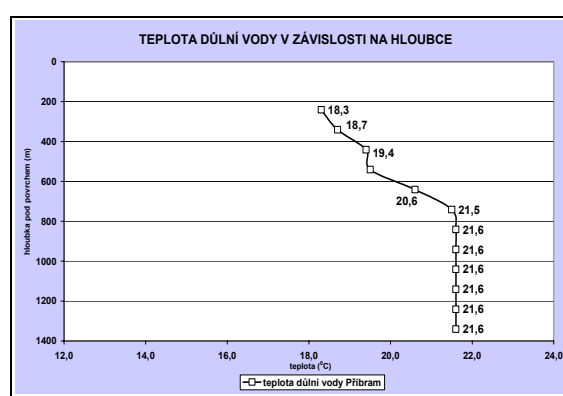
CHARAKTERISTIKA DŮLNÍCH VOD NA VYBRANÝCH LOŽIŠCÍCH S UKONČENOU TĚŽBOU						
LOKALITA		TĚŽENÝ NEROST	OBJEM VOD V PODZEMÍ	ČERPÁNĚ (VYVÁDĚNÉ) MNOŽSTVÍ VOD	TEPLOTA DŮLNÍ VODY NA VÝTOKU	GEOTERMICKÝ STUPEŇ
			mil. m <sup>3</sup>	l/s	°C	m
OKR	OSTRAVSKÁ PÁNEV	černé uhlí	23,87	160,0	26,0	30 - 33
	PETŘVALDSKÁ PÁNEV	černé uhlí	3,63	38,0	25,0	30 - 33
ROŠICKO - OSLAVSKÁ PÁNEV		černé uhlí	10,00	55,0	14,0	52
ZLATÉ HORY		barevné kovy	0,14	60,0	8,0 - 10,0	67
PŘÍBRAM		uran	22,00	80,0 - 90,0	21,0	57
OLŠÍ		uran	1,84	7,0	10 - 12	55

### Teplota důlních vod

Primárně je teplota důlních vod předurčena teplotou horninového masivu, respektive tepelným tokem v dané oblasti. Ten dosahuje např. v oblasti moldanubika hodnoty kolem 50 mW.m<sup>-2</sup>, k okrajům tohoto masivu stoupají i nad 60 mW.m<sup>-2</sup>. Oblasti zvýšeného tepelného toku (až 80 mW.m<sup>-2</sup>) jsou situovány pod Krušnými horami, v Českém středohoří (kde souvisí s dozvuky terciárního vulkanismu), v podorlické oblasti, části české křídové pánve a v karpatské oblasti. Skutečná teplota vod je pak dána hloubkovým rozsahem zatopených důlních děl, geotermickým stupněm v dané lokalitě a případným prouděním (míšením) vod v zatopeném dole. Provedená měření na některých lokalitách dokládají zřetelnou hloubkovou teplotní stratifikaci důlních vod (Obr. 1, 2). Teplota vyváděné (vytékající) vody závisí na technickém řešení vyvádění vod ze zatopeného dolu, zejména zda je vyváděna z hlubších horizontů nebo pouze tzv. hladinová voda. Závisí i na tom, zda daným technickým řešením byla vyvolána výraznější cirkulace (míšení) vod v podzemí. Teplota důlní vody na výstupu je pro vybrané lokality uvedena v tab. 1.



Obr. 1. Teplota důlních vod v zatopeném dole Rosicko – oslavanské pánve  
Fig. 1. Temperature of mine waters in the flooded mine in the Rosice – Oslavany coalfield



Obr. 2. Teplota důlních vod v zatopeném dole uranového ložiska Příbram  
Fig. 2. Temperature of mine waters in the flooded mine in the Příbram uranium deposit

### Principy technického řešení využití tepelné energie důlních vod

Při hledání vhodného technického řešení využití tepelné energie důlních vod likvidovaných a zatopených hlubinných dolů je potřeba brát v úvahu následující skutečnosti:

- teplota vody v zatopeném dole není konstantní, v hlubších horizontech bývalého dolu je vyšší, naopak tzv. hladinová voda je chladnější,
- vyvádění důlních vod (výtok) je zpravidla soustředěn do jednoho místa (jeden výpustný profil), jeho situování je předurčeno především morfologií terénu, situováním důlních děl využitých pro vyvádění vod a situováním vodoteče, do které je důlní voda vypouštěna,
- zpravidla vysoká mineralizace důlních vod, v případě vod z bývalých uranových dolů i jejich radioaktivita.

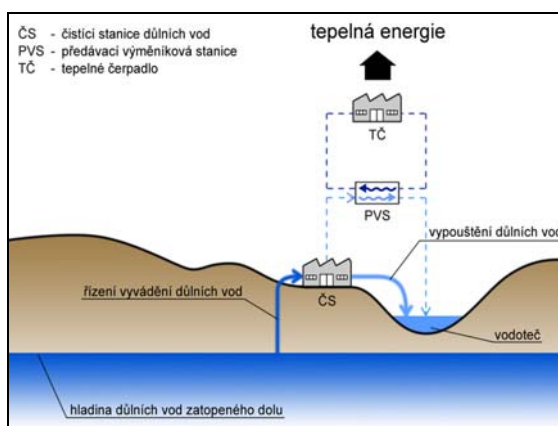
Pro odběr důlních vod využívaných jako zdroj tepelné energie jsou možná dvě základní technická řešení (schéma viz obr. 3 a 4) a jejich případné kombinace podle konkrétních podmínek dané lokality:

- odběr důlní vody v místě, kde je důlní voda řízeně vyváděna z podzemí,
- vytvoření samostatného odběrného místa pouze pro tyto účely.

První řešení využívá vod, které se již z podzemí bývalého dolu dostaly na povrch (jedno zda čerpáním nebo gravitačním výtokem). Pokud procházejí čistící stanicí, jsou již i zbaveny nežádoucích a škodlivých látek (např. uran, radium). Nevýhodou je jejich zpravidla nižší teplota (zejména při gravitačním výtoku se jedná o vody z přípovrchových částí bývalého dolu) a situování místa, které nebylo primárně posuzováno pro uvažované využití vod jako zdroje tepelné energie (místo výtoku může být vzdálené od místa potřeby energie).

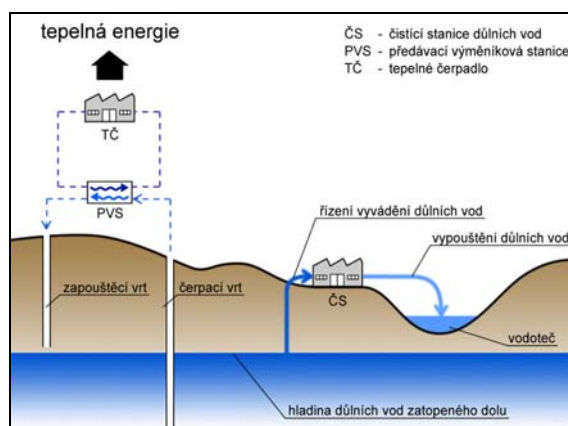
Druhé řešení vyžaduje vybudování samostatného čerpacího systému (např. přes speciální vrt). Výhodou je možnost dosažení výrazně teplejších vod než jsou v místě řízeného vyvádění a možnost vhodnějšího situování tohoto zdroje energie vzhledem k místu spotřeby. Nevýhodou však je, že budou čerpány surové důlní vody (silně mineralizované, příp. radioaktivní) což vyžaduje další technická opatření. Aby nebyl narušen hydrologický režim dané lokality, bude zřejmě nutné vyčerpané vody ve stejném objemu do ložiska vracet (např. zapouštěcím vrtem).

Vzhledem k mineralizaci důlních vod (případně i radioaktivitě) by každé technické řešení mělo vycházet z principu předávací výměňkové stanice (tepelná energie důlních vod bude předávána jinému médiu) a minimálního oběhu důlních vod (silná inkrustace potrubních rozvodů).



Obr. 3. Odběr důlní vody pro tepelné čerpadlo v místě řízeného vyvádění vod z podzemí.

Fig. 3. Collection of mine waters for a heat pump at a site of the controlled draining from underground.



Obr. 4. Odběr důlních vod pro tepelné čerpadlo v samostatném odběrném místě.

Fig. 4. Collection of mine waters for a heat pump at a separate site.

### Využití důlních vod čerpaných ze zatopených dolů ostravské dílčí pánve OKR

Při útlumu hornické činnosti a likvidaci dolů v západní části hornoslezské pánve - v tzv. ostravské dílčí pánvi (ODP) Ostravsko-karvinského revíru (OKR) bylo nutno řešit mj. i dočasné čerpání důlních vod a udržování hladiny v zatopených důlních prostorech na úrovni, která vyloučí přetok důlních vod z ostravské do sousedních dílčích pánví uhelného revíru. Byla vypracována koncepce odvedení důlních vod ze všech dolů ODP na centrální jámu - Důl Jeremenko. Zde byla vybudována jediná čerpací stanice – Vodní jáma Jeremenko (VJJ).

### Charakteristika důlních vod ODP

Po zastavení čerpání důlních vod na všech likvidovaných dolech v ostravské dílčí pánvi (30. 6. 1997) přítoky miocénních, kvartérních a povrchových vod do důlních prostor postupně zaplavovaly ponechaná důlní díla a sařiny. Vzestup hladin v jednotlivých dobývacích prostorech, příp. i v jejich částech, byl hodnocen jako nerovnoměrný. Nerovnoměrný průběh nástupu hladin v zatápěné oblasti byl způsoben především vertikálně velmi členitou bází dosahu báňských prací na jednotlivých dolech. Stoupáním úrovně hladiny důlních vod v zatopených dolech ostravské dílčí pánve klesá celková vydatnost přítoků miocénních slaných vod z pokryvu i vydatnost přítoků ze zvodněných systémů v karbonském masívu. Je to důsledek snížení hydraulického spádu a rovněž stabilizace masívu – uzavírání puklinového systému geostatickým tlakem.

Přítoky do likvidovaných dolů v ostravské dílčí pánvi OKR pocházejí jednak z mořských miocénních uloženin pokryvu či z hlubších úrovní karbonu a jeho podloží, jednak z mělkých podzemních vod kvartéru, případně z povrchových toků. Provozní vody, které tvořily v minulosti významnou část důlních vod ukončením hornické činnosti přestaly existovat.

Základními sledovanými kvalitativními parametry důlních vod, které jsou čerpány na povrch a vypouštěny do povrchového toku řeky Ostravice, jsou koncentrace  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ . Tyto ukazatele byly od počátku stanoveny jako indikační a proto sledovány. Postupem času se dostal do sféry zájmů i obsah Fe, zejména z důvodu vizuálního efektu v oblasti vypouštěcího objektu. V ostatních hydrochemických parametrech se nejevily důlní vody problémové.

Hlavním zdrojem  $\text{SO}_4^{2-}$  v důlních vodách nejsou přítoky kontaminované vody z povrchu či ze zvodní v horninovém prostředí, ale rozklad pyritu v uhelné hmotě a okolním horninovém prostředí. Oxidace pyritu probíhá při spolupůsobení bakterií v aerobním prostředí. Probíhá i při minimální vlhkosti, např. v povlaku kondenzované vody, což jsou právě podmínky vyvolané hornickou činností. Při nedostatku kyslíku aktivita mikrobů klesá, až zaniká. Stabilním zdrojem  $\text{Cl}^-$  v důlních vodách OKR jsou prakticky jen přítoky podzemních vod z miocénních uloženin a z karbonu či jeho hlubšího podloží. Koncentrace  $\text{Cl}^-$  ve vodách miocénu se pohybuje od cca 2 000  $\text{mg.l}^{-1}$  (v jihozápadní části oderského bazénu) až do cca 19 000  $\text{mg.l}^{-1}$  (v jižní a severovýchodní části ostravského bazénu – bývalé Doly Ostrava (záv. Jeremenko) a Heřmanice). V průběhu času bude podíl detritových a karbonských vod klesat vlivem snížení hydraulického spádu a přirozeného uzavírání otevřených komunikací vlivem kolmatace a geostatického tlaku. Existuje však ještě jeden dočasný, avšak velmi významný zdroj chloridů v důlních prostorech, který podstatným způsobem ovlivňoval chemické složení důlních vod v aktivní zóně, jedná se o povlaky odpařené důlní vody na povrchu důlních děl. V současné době je tento zdroj v podstatě vyčerpán a koncentrace  $\text{Cl}^-$  iontů v důlních vodách výrazně klesá.

### Strategie vypouštění důlních vod čerpaných ze zatopených dolů ODP

Koncepce likvidace důlní činnosti v ostravské a petřvaldské dílčí pánvi z hlediska hydrogeologických poměrů moravské části hornoslezské pánve, která byla stanovena rozhodnutím státní báňské správy, předpokládá úplnou izolaci důlních děl v petřvaldské a karvinské dílčí pánvi, tj. zabránění přetoku důlních vod do této dílčí pánve. Tohoto stavu má být dosaženo udržováním hladiny důlních vod v ostravské dílčí pánvi pod úrovní cca -388,5 m centrálním čerpáním důlních vod speciálními ponornými čerpadly na jámě Jeremenko.

Z hlediska řízeného vypouštění čerpaných důlních vod, zejména z hlediska ochrany kvality povrchových vod, byla přijata koncepce vytvoření podzemního retenčního prostoru. Tento retenční prostor má za úkol :

- umožnit vypouštět regulovatelné množství čerpaných vod do povrchového toku podle momentálního stavu jeho kvality (zejména s ohledem na koncentraci  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  a celkovou mineralizaci),
- v případě nepříznivých stavů v povrchovém toku zastavit vypouštění a umožnit dostatečnou časovou retenci důlních vod v dole,
- zajistit úroveň hladiny důlních vod na takové úrovni, aby nedošlo k přetoku do petřvaldské a odtud do karvinské dílčí pánve.

Retenční prostor o objemu cca 1 300 000  $\text{m}^3$  vzniká v dolech ostravské dílčí pánve mezi výškovými úrovněmi -389,5 a -371,5 m pod hladinou moře. Prakticky je uvedená strategie naplňována nepřetržitým čerpáním vod jedním čerpadlem. Vzhledem k mírnému stoupání přítoků důlních vod se však ukázalo nutné zařadit ve vhodném období (v závislosti na prognóze dostatečných průtoků v řece Ostravici) spuštění i dalšího čerpadla po nezbytně nutnou dobu. Zařazení této další čerpací kapacity umožní pokles hladiny ve VJJ na technologické minimum. Tímto způsobem se opět dosáhne maxima retenční kapacity důlních prostor.

### Praktické využití tepelného potenciálu čerpaných důlních vod

Samotná existence čerpacího systému VJJ nabízí možnost využití jednoho z alternativních zdrojů energie - geotermální energie z důlních vod akumulovaných v hlubších částech vydobytých a likvidovaných dolů. Vzhledem k tomu, že byla splněna základní kritéria pro nasazení tepelného čerpadla – stabilní zdroj vody o teplotě 26-28°C a smysluplné využití získané tepelné energie, bylo v závěru roku 2005 přistoupeno k realizaci projektu „Využití odpadního tepla pro ohřev teplé užitkové vody“, který má výrazně ekologický akcent. V současné době již je zařízení v rutinním provozu.

Systém ohřevu teplé užitkové vody (TUV) pomocí tepelného čerpadla je vzhledem k mimořádné agresivitě důlní vody navržen jako dvouvýměňíkový. Primární výměňík voda↔voda umístěný ve směšovací stanici poblíž ohlubně těžňí jámy Jeremenko předává tepelnou energii čerpané důlní vody „transportnímu“ médiu, které ji dopraví k tepelnému čerpadlu. Voda ohřátá v tepelném čerpadle na cca 55°C pak následně předává tepelnou energii v sekundárním výměňíku instalovaném uvnitř taktovací nádoby, cirkulující užitkové vodě. Ohřátá voda je poté vedena do stávajících zásobňíkových ohříváčů. Tyto zásobňíky slouží při normálním provozu pouze jako akumuláčňí nádrže. V případě poruchy na systém tepelného čerpadla nebo při odstávce čerpaní důlních vod může být pro ohřev TUV opět použito původňích plynových hořáků. Celý systém tepelného čerpadla je v podstatě bezobslužňý s nejmodernějšími diagnostickými prvky.

Zkušenošťi z dosavadňího provozu jsou překvapivě dobré. Vzhledem k tomu, že ekonomické vyhodnocení je zatím pouze z období 07 – 09. 2006, nelze tyto indikátory brát jako obecné. Přesto byla propočítána celková finanční úspora v nákladech na přípravu TUV ve výší cca 40 tis. Kč. za předměťné období, to znamená cca 160 tis. Kč. ročně.

Po vyhodnocení pololetňího provozu bude možno provést optimalizační zásahy do systému, které mohou celkovou ekonomiku ještě zlepšit.

Celkový energetický potenciál čerpané důlní vody je značný. Pro výrobu TUV je využíván pouze zlomek:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| • celkové množství čerpaných důlních vod (07/2006)....             | 415 849 m <sup>3</sup> |
| • množství důlních vod využitých v primárním výměňíku (07/2006)... | 12 167 m <sup>3</sup>  |
| • procento využití čerpaných vod.....                              | 2,93 %                 |

Průchodem přes primární výměňík dojde o ochlazení důlní vody o méně než 1 °C, což zakládá možnost dalšího tandemového využití. Vyhledávání dalších možností a směrů pro exploataci tepelné energie z důlních vod čerpaných na povrch ze zatopených dolů ODP je jednou z priorit v dalším období.

### Záměr využití důlních vod ze zatopeného dolu na uranovém ložisku Olší

Jednou z mnoha lokalit, kde bylo třeba počítat s vyváděňím a čišťěňím důlních vod po ukončení těžebňí činnosti a zatopení vydobytých prostor, je dnes již bývalé uranové ložisko Olší. Nakládání s důlními vodami po zatopení důlních prostor na požadovanou kótu spočívá ve snižování obsahu škodlivin ve vypoušťěňých vodách pod limit stanovený vodoprávní orgánem. Jedná se o snižování obsahu uranu jeho sorpcí na ionexu a srážěňím radia chloridem barnatým. K řízenému odběru důlních vod byla vyražena šťola VK-3/0-3 do komína VK-3/0-3, z něhož je prováděňo čerpaní důlní vody určené k čišťěňí.

Ložisko Olší se nachází v jihovýchodňí část Českomoravské vrchoviny v nadmořské výšce 450 – 550 m n. m. Území náleží hydrologicky do povodí řeky Svatky, s přítoky řek Nedvěďička a Loučka. Vlastní odvodněňí ložiska je potokem Hadůvka (přítok Loučky) a Teplá (přítok Nedvěďičky). Tyto toky mají charakter bystřiny s velmi proměňlivým průtokem silně ovlivňovaným srážkovou činností. Hydrogeologicky jsou horniny skalňího podloží velmi málo propustné až nepropustné. Propustnost se zvyšuje na tektonice bez výplně jílovými minerály, hlavně v granitických horninách a horninách s pokročilou migmatizací a granitizací.

### Historie dobývání a zatápěňí ložiska Olší

Těžba na ložisku byla zahájena v roce 1959. Převážňá část dobývacích prací byla vedena do úrovně 10. patra, tj do hloubky cca 500 metrů pod povrchem. Celkový objem všech hornických prací představuje 2 556 500 m<sup>3</sup>, z čehož je zatopeno cca 1 840 000 m<sup>3</sup> vytěženého objemu.

Zatápěňí ložiska bylo započato v roce 1989 a celkové zatopení na požadovanou kótu bylo ukončeno v lednu 1996. Počátek čišťěňí čerpaných důlních vod byl provázen přestavbou dekontaminační stanice v důsledku nutnosti čerpat větší objemy důlních vod než se původně předpokládalo. Množství v současnosti čišťěňých vod (Tab. 1) je silně ovlivňováno srážkovou činností. Čišťěňé důlní vody jsou vypoušťěny do toku Hadovka. Od započěťí zatápěňí je prováděň monitoring povrchových vod celé zájmové oblasti.

### Využití tepelného potenciálu důlních vod bývalého ložiska Olší pro vytápění a přípravu teplé vody v obci Drahonín

Z iniciativy starosty obce Drahonín, která leží v těsné blízkosti ložiska Olší, byl vypracován projekt „Využití důlních vod pro vytápění a přípravu teplé vody v obci Drahonín“. Projekt je založen na čerpání důlní vody čerpacím vrtem hlubokým 130 m z úrovně 3. patra (365 m n. m.) a zpětným zapouštěním těchto vod zpět do podzemí zapouštěcím vrtem. Současný systém čištění a vypouštění vod do vodoteče nebude dotčen a bude provozován stávajícím způsobem. Zkušební provozem bude nutno ověřit, zda odběr vod pro vytápění obce nebude mít vedlejší negativní účinky na současný stav tvořící se hydrologické rovnováhy a hlavně na účinnost stávající způsobu čištění.

Předpokládané maximální množství odebíraných důlních vod je projektováno na 96 m<sup>3</sup> za hodinu. Teplota důlní vody je cca 10 - 12<sup>0</sup>C a závisí na tepelném toku v této oblasti, jehož hodnota je cca 35 mW.m<sup>-2</sup>. Chemické složení důlní vody na úrovni 3. patra je:

- pH 6,5 - 7,5
- <sup>238</sup>U cca 10 mg.l<sup>-1</sup>
- <sup>226</sup>Ra 350 – 800 Bq.m<sup>-3</sup>
- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 1 500 mg.l<sup>-1</sup>
- Fe<sup>2+</sup> 10 –12 mg.l<sup>-1</sup>
- Mg<sup>2+</sup> 2 – 4 mg.l<sup>-1</sup>
- Ca<sup>2+</sup> 20 mg.l<sup>-1</sup>

Systém vytápění obce je vyprojektován jako provozní soubor složený z čerpacího vrtu, předávací výměňkové stanice, tepelného čerpadla a zapouštěcího vrtu. Výměňková stanice voda↔voda je nutná k tomu, aby byl minimalizován oběh mineralizované a radioaktivní důlní vody. Je předpoklad, že tento způsob výroby tepla pokryje 70 – 75 % spotřeby odběratelů, obyvatelů obce. Celkově bude projekt realizován na 41 objektech (rodinných domcích).

#### Závěr

Využití akumulace tepelné energie v důlní vodě z tepelného toku skalního podloží je možno považovat za perspektivní zdroj „obnovitelné energie“. Jedná se o zdroje stabilní jak teplotně, tak kapacitně.

*Referát byl vypracován v rámci řešení výzkumného úkolu GAČR 105/06/0127 „Netradiční využití ložisek uranu po ukončení hlubinné těžby“.*

#### Literatura – References

- [1] Hájek, A. a kol.: Analýza zaplavování uranových dolů v České republice, *DIAMO státní podnik, 2006.*
- [2] Grmela, A.: Specifika hydrogeologického režimu ložisek v období těžby a po jejím ukončení, *Konf. Těžba a její dopady na životní prostředí, Skalský Dvůr, Česká republika, březen 2006.*
- [3] Michálek, B., Hájek, A., Grmela, A.: Closure of Uranium Mines in the Czech Republic, *Konf. Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2005 and CAMI 2005), Banff – Kanada, listopad 2005.*
- [4] Kolektiv autorů: Rudné a uranové hornictví České republiky, *Anagram, Ostrava, 2003.*
- [5] Grmela, A., Bujok, P.: Využití nízkotermálních důlních vod z likvidovaných uhelných dolů jako alternativní zdroj energie, *Konf. Netradiční metody využití ložisek, Ostrava, Česká republika, 1999.*