

VÝVOJ DŮLNÍCH VOD ROSICKO-OSLAVANSKÉ UHELNÉ PÁNVE V PRŮBĚHU TŘICETI LET OD POČÁTKU ZATÁPĚNÍ

Josef Zeman

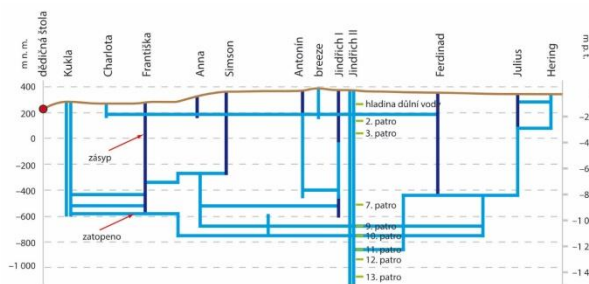
Masarykova univerzita, PŘF, Ústav geologických věd, Kotlářská 2, 602 00 Brno, jzeman@sci.muni.cz

ÚVOD

Více než třicet let od počátku zatápění rosicko-oslavanské uhlé pánve poskytuje unikátní pohled na procesy, které postupně mění charakter důlních vod a umožňují sledovat vzájemný vztah mezi srážkami, průtokem důlních vod na dědičné štole, jejich fyzikálně-chemickými parametry a chemickým složením. Sledované trendy umožňují kvalifikovaný odhad dalšího vývoje důlních vod nejen v rosicko-oslavanské pánvi, ale i na dalších zatápěných a zatopených ložiscích.

VÝVOJ NÁSTUPU DŮLNÍCH VOD

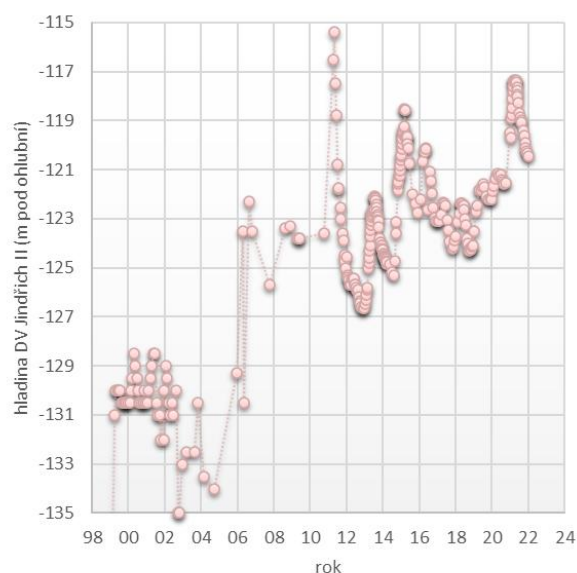
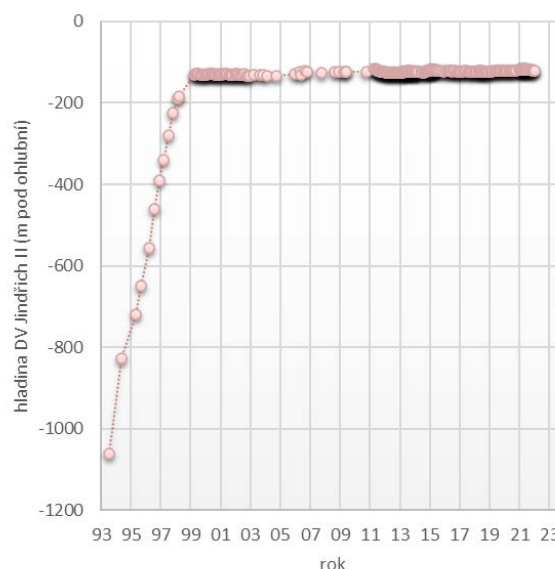
Schéma důlních děl v rosicko-oslavanské pánvi a jejich propojení je uvedeno na obr. 1. Zatápění začalo v roce 1991, důlní vody začaly přetékat přes přelivovou hranu do dědičné štol 15. 9. 1998 a pánev byla úplně zatopena v roce 1999. Nástup hladiny důlní vody v průběhu zatápění na jámě Jindřich II a následné průtok důlních vod na dědičné štole v Oslavanech jsou uvedeny na obr. 2.



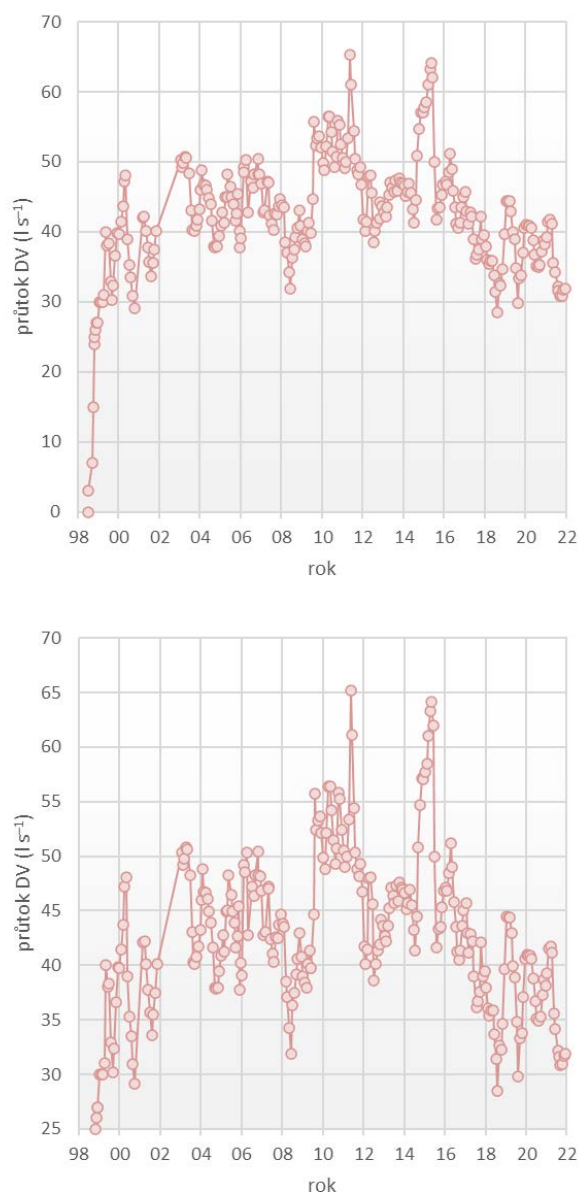
Obr. 1: Schéma důlních děl v rosicko-oslavanské pánvi a jejich vzájemné propojení

Ani po zatopení rosicko-oslavanské pánve nedošlo k tomu, že by následně zůstávala hladina důlních vod na stabilní úrovni a kolísá v rozmezí zhruba ± 10 m. Přitom není prokázána přímá závislost na srážkových úhrnech oblasti, změny ve výšce hladiny důlních vod jsou spíše spojeny se změnami hydrogeologických parametrů horninového prostředí porušeného hornickou činností. Obdobně kolísá i průtok důlních vod na dědičné štole, přitom opět není jednoznačná a přímá závislost na hladině důlních vod na jámě Jindřich II. Principiálně hladina důlních vod na jámě Jindřich II a průtok důlních vod na dědičné štole spolu souvisí, díky neustálému vývoji

hydrogeologických parametrů zvodně narušené hornickou činností i desítky let po zatopení není souvislost jednoznačně interpretovatelná a srážkové úhrny a hladinu důlních vod nelze spolehlivě využít pro předvídání budoucího průtoku důlních vod na dědičné štole.



Obr. 2: Vývoj nástupu hladiny důlní vody na jámě Jindřich II v průběhu zatápění 1991–1999, po zatopení a přelivu důlních vod do dědičné štol a detail v letech 1999–2022.

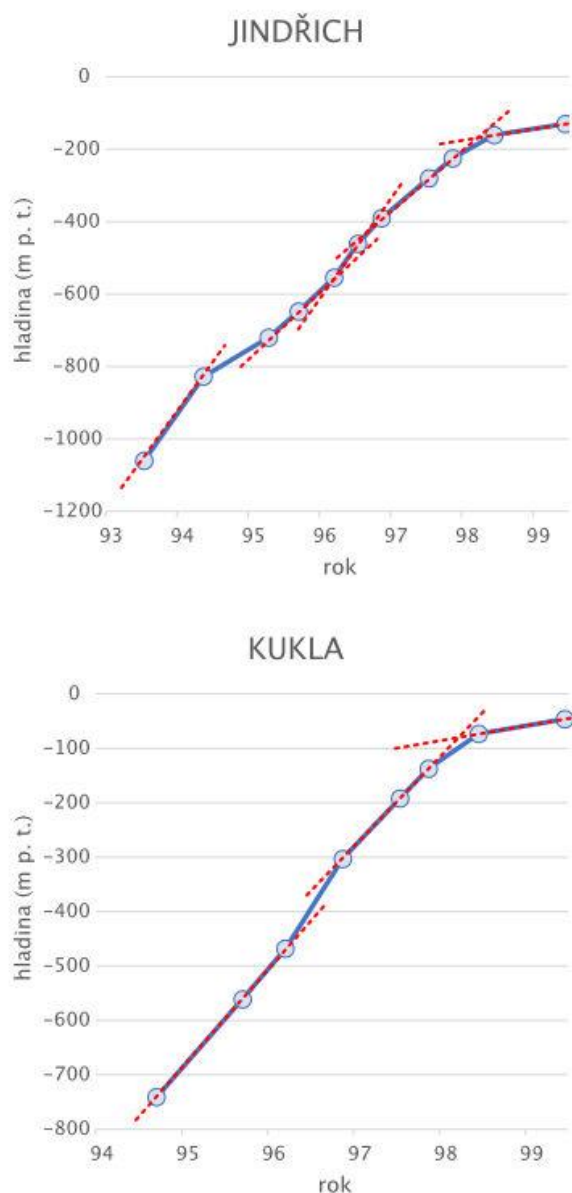


Obr. 3: Průtok důlních vod na dědičné štolě v Oslavanech a detail pro období 1999–2022.

Při nástupu hladin důlních vod se střídají období lineárního nástupu hladiny důlních vod s krátkými úseky, kdy dojde ke změně. Období lineárního nástupu hladiny principiálně odpovídá zaplavování „bazénu“ určitého objemu stabilním přítokem. V případě, že důlní voda vystoupí na úroveň, kdy začne zaplavit či vyplňovat další „bazén“ ve zvodni s větším objemem (či s menším přítokem v důsledku poklesu hydraulického gradientu), dojde k relativně rychlé změně a dále hladina stoupá jinou rychlostí.

Na obou jámách (Jindřich II, Kukla) bylo pozorováno postupné snižování rychlosti nástupu hladiny důlní vody s velmi pomalým nárůstem v období před zatopením a při dosažení přelivové hrany při výtoku důlních vod dědičnou štolou (obr. 4). Obdobné chování bylo pozorováno i na dalších

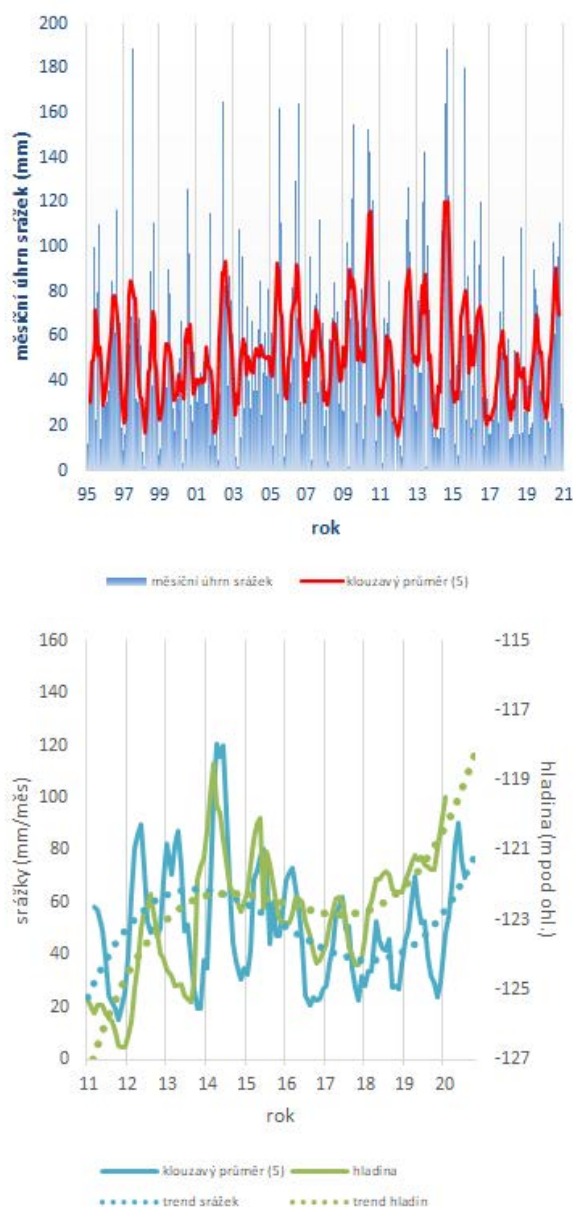
zatopených jámách. Detailní interpretace přesahuje rámec tohoto textu.



Obr. 4: Časový vývoj nástupu hladin na jámě Jindřich II a Kukla v rosicko-oslavanské pánvi

Kromě toho je třeba počítat i s tím, že po zatopení pánve a přelivu důlních vod do dědičné štolý bude docházet k dalším změnám a v zatopené pánvi bude docházet i po zatopení ke kolísání hladiny důlních vod, jak ukazují zkušenosti z rosicko-oslavanské pánve na jámě Jindřich II. Pro hodnocení vzájemného vztahu mezi srážkami, hladinou důlních vod na jámě Jindřich II a průtokem důlních vod na dědičné štolě bylo vybráno období let 2011–2020, ve kterém už byla systematicky měřena hladina důlních vod na jámě Jindřich II. Při vynesení chodu srážek a výšky hladiny důlních vod v jednom grafu (obr. 5) je patrné, že u obou hodnot dochází k sezónním výkyvům se stejnou frekvencí, jenom jsou proti sobě obě řady posunuty. Pokud je zpožděn vývoj

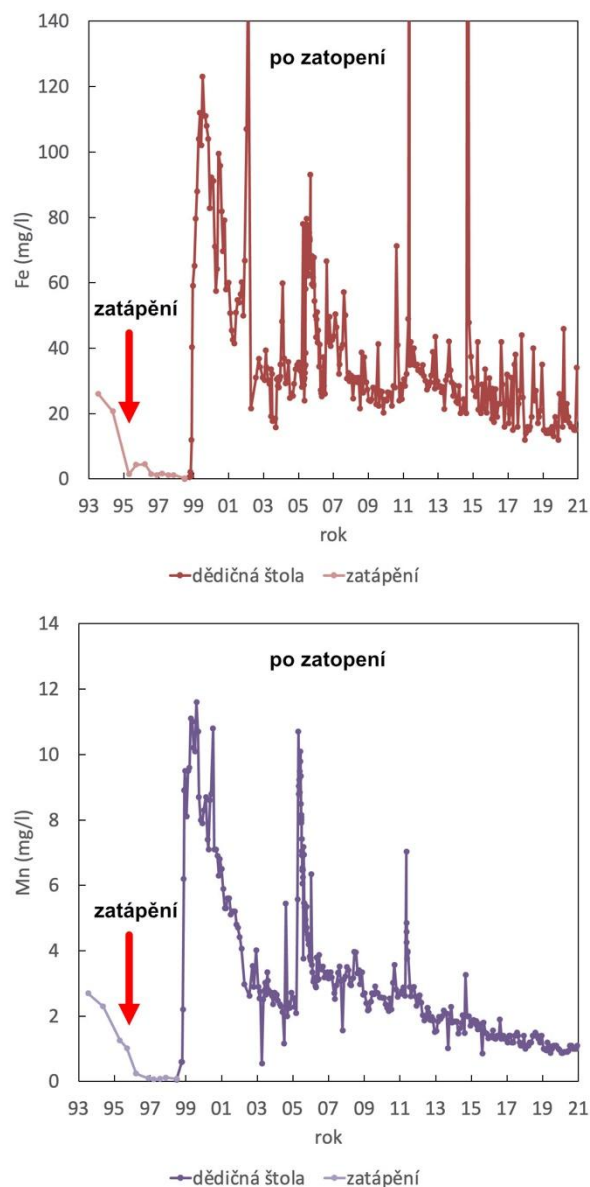
hladin důlních vod na jámě Jindřich II za chodem srážek o 9 měsíců, pak je vizuálně dosaženo velmi dobré shody s výjimkou přelomu let 2012/2013 a mírným posunem v polovině roku 2016. Přes tuto výraznou shodu v časovém chodu obou hodnot není mezi nimi přímá korelace, protože zvodně není tvořena pravidelným tělesem a objem zvodně se se stupněm jejího zaplnění mění. Znamená to, že stejné množství srážek nezpůsobí při různých hladinách důlních vod stejné zvýšení hladiny (nebo naopak, odtok stejného množství vody ze zvodně při různých hladinách nezpůsobí stejný pokles hladiny).



Obr. 5: Klouzavý pětíměsíční průměr vývoje srážek na ČDV v Oslavanech (modrá linie), dlouhodobý trend jejich vývoje (tečkovaná), vývoj hladiny důlních vod na jámě Jindřich II (zelená linie) a dlouhodobý trend jejího vývoje (tečkovaná) při zpoždění trendu vývoje hladin za trendem vývoje srážek o 9 měsíců v letech 2011–2020.

VÝVOJ CHEMICKÉHO SLOŽENÍ

V průběhu zatápění byly na jámě Jindřich II vzorkovány důlní vody z hladiny. Vývoj koncentrací vybraných složek v období zatápění je uveden na obr. 6. Zvýšené koncentrace rozpuštěného železa a manganu po úvodním zvýšení pak v průběhu zatápění postupně klesaly, koncentrace síranů a rozpuštěných látek postupně rostly.



Obr. 6: Vývoj koncentrací železa a manganu v důlních vodách v průběhu zatápění a po zatopení rosicko-oslavanské uhelné pánve.

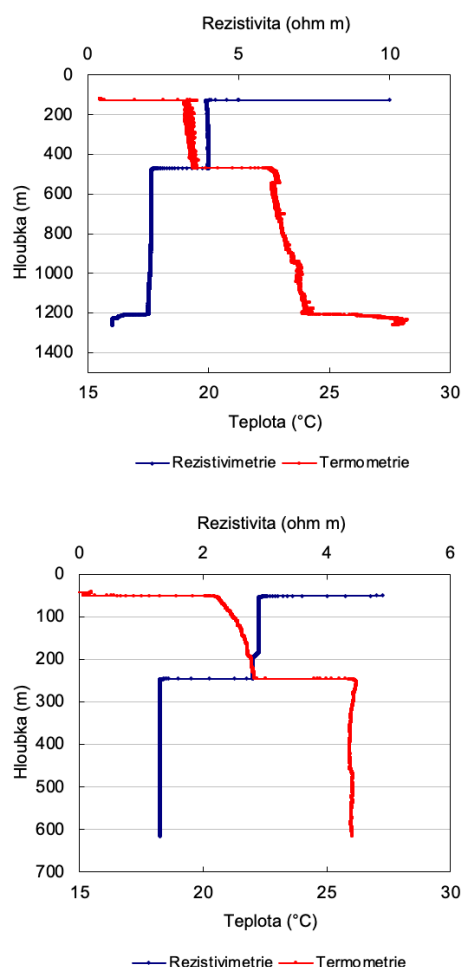
Po zatopení měly koncentrace významných složek důlních vod hodnoty srovnatelné s geochemickým pozadím a odpovídaly infiltračním vodám a podzemním vodám mělkého oběhu. S několikaměsíčním zpožděním došlo k ostrému nárůstu koncentrací rozpuštěného železa, manganu (obr. 6) a síranů, výrazně se zvýšila celková mineralizace důlních vod. Nárůst koncentrací je o

jeden až tři řády. Například u železa z desetin mg/l na desítky až stovky mg/l, maxima koncentrací je dosaženo až po jednom až dvou letech. Následně pak koncentrace pomalu exponenciálně klesají, u různých složek různou rychlostí a po zhruba čtyřech letech se rychlý pokles koncentrací mění na mnohem pomalejší. I po více než dvaceti letech však zůstávají koncentrace vysoko nad geochemickým pozadím oblasti a infiltračních vod.

Zde je třeba poznamenat, že v době likvidace dolů v 90. letech nebylo toto chování důlních vod u nás ani ve světě známo. Mylně se předpokládalo, že v celém profilu zvodně či vertikálních důlních dílech budou důlní vody homogenní a nebudou kvalitativně horší než důlní vody vzorkované v průběhu zatápění dolů. Proto nebylo možné dané chování zohlednit v technických plánech likvidace.

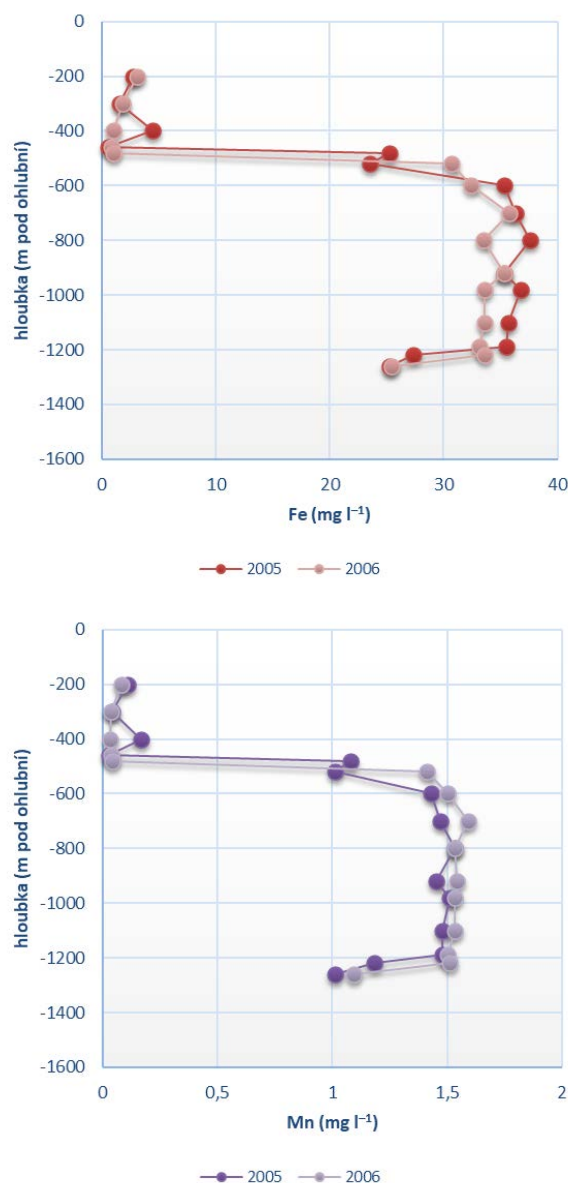
STRATIFIKACE DŮLNÍCH VOD

Na jámě Jindřich II a jámě Kukla byla v letech 2004–2007 provedena karotáž – měření teploty a měrného elektrického odporu. Zároveň bylo provedeno na obou jámách zonální vzorkování důlních vod.



Obr. 7: Karotážní měření teploty a elektrického odporu na jámách Jindřich II (nahore) a jámě Kukla (dole) v roce 2005, tj. 6 let po zatopení dolů.

Karotáž jasně ukazuje stratifikaci důlních vod, na jámě Jindřich II nejméně tři vrstvy, na jámě Kukla nejméně dvě vrstvy (geochemie ukazuje na jámě Jindřich II čtyři vrstvy a na jámě Kukla tři vrstvy (obr. 7). Rozhraní vrstev je dlouhodobě stabilní (ověřeno každoročním měřením v letech 2004–2007) a pozice rozhraní neodpovídá vyústění důlních děl do jam ani hranici mezi horninami.



Obr. 8: Vývoj koncentrací železa a manganu na jámě Jindřich II směrem do hloubky.

Vody se v jednotlivých vrstvách stratifikovaných důlních vod výrazně liší jak fyzikálně-chemickými parametry, tak i koncentrací jednotlivých složek (obr. 8). Z propojení jednotlivých důlních děl v rosicko-oslavanské pánvi (obr. 1) a z porovnání fyzikálně-chemických parametrů a chemického složení důlních vod na dědičné štolě v Oslavanech (obr. 6) a jednotlivých stratifikovaných vrstev důlních vod na jámě Jindřich II vyplývá, že na přelivovou hranu v dědičné štolě jsou vytlačovány důlní vody ze

střední vrstvy, tj. vrstvy, která má nejvyšší koncentrace železa a mangu a je z hlediska čištění a dopadu na životní prostředí nejméně vhodná.

ZÁVĚR

Zkušenosti s vývojem důlních vod na dosud zatopených ložiscích ukazují, že předpověď rychlosti zatápění a stanovení termínu, kdy důlní vody dosáhnou stanovené kóty, které jsou založeny na výpočtu objemu vyrubaných prostor a odhadu přítoku vod z okolní zvodně, jsou značně nespolehlivé. Je to dáno tím, že podzemní voda vyplňuje prostory, které byly značně poškozeny hornickou činností, v průběhu těžby se měnily hydraulické parametry zvodně a samozřejmě se se stoupáním hladiny důlních vod mění i hydraulické gradienty, a tedy přítoky vod do vyrubaných prostor.

Užívané hydrogeologické modelování poměrně spolehlivě předvídá vývoj situace (hladiny, směry a rychlosti proudění podzemních vod) v homogenním horninovém prostředí. Horninové prostředí vytěžených a zatápěných uhelných pánví je pravým opakem. Prostředí je extrémně nehomogenní, střídají se uhelné sloje s polohami dobře a málo propustných hornin, které není možné dobře vymapovat, horninové prostředí je silně mechanicky poškozeno hornickou činností a celá pánev je propojena velkým množstvím důlních děl. Všechny tyto faktory nelze v hydrogeologickém modelu dostatečně zohlednit.

Ze zkušeností z dosud zatopených dolů vyplývá, že nejspolehlivějším ukazatelem je sledování a pečlivé korektní vyhodnocování nástupu hladiny důlních vod v jednotlivých částech pánví a sledování vývoje fyzikálně-chemických parametrů a chemického vývoje důlních vod v čase a ve vertikálním profilu.

Z hlediska fyzikálně-chemických parametrů a chemického složení důlních vod se předpokládalo, že nejhorší kvalitu mají důlní vody v průběhu aktivní činnosti dolů. Po uzavření a zatopení dolů by mělo podle původního předpokladu docházet k postupnému míšení důlních vod s infiltračními vodami a od jejich prvního výtoku na povrch by mělo podle Youngera *et al.* (2002) docházet v konceptu tzv. prvního vypláchnutí („first flush“) ke zlepšování jejich kvality.

Zkušenosti ze zatápění dolů v posledních dvaceti letech ukázaly, že pokud není hladina důlních vod nijak regulována, pak i vrstva vysoce koncentrovaných důlních vod dosáhne povrchu a koncentrované důlní vody začnou vytékat na povrch. Tyto vody dosahují koncentrací

rozpuštěného železa v prvních stovkách mg/l (rosicko-oslavanská pánev, některé vrty v okolí jezera most, průsaky na ložisku Roudný atd.) až v tisících mg/l (ložisko Turkaň u Kutné Hory, polymetalické ložisko Zlaté Hory). Stratifikace důlních vod byla ověřena na jámě Jindřich II v rosicko-oslavanské uhelné pánvi, na jámě Aleška na zlatorudném ložisku Roudný, nepřímou ve vrtech v okolí jezera Most a na dalších místech.

Dokumentace vývoje důlních vod v průběhu zatápění je mimořádně důležitá z hlediska opatření pro následné nakládání s důlními vodami. Pokud se budou ze zvodně odebírat zředěnější důlní vody vrchní vrstvy stratifikovaných důlních vod se zajištěním mírného depresního kužele, pak se výrazně sníží náklady na čištění důlních vod, sníží se produkce nebezpečného odpadu a zabrání se průniku koncentrovaných důlních vod do povrchového prostředí. Koncentrované důlní vody pak zůstávají na místě a podléhají přirozené atenuaci, která probíhá vyšší desítky až stovky let.

Poděkování: Autor děkuje pracovníkům státního podniku DIAMO, odštěpný závod GEAM, Dolní Rožinka za dlouhodobou těsnou spolupráci při řešení problematiky důlních vod a jejich dopadů na životní prostředí.

POUŽITÁ LITERATURA

Younger, P.L., Banwart, S.A., Hedin, R.S., 2002: *Mine Water. Hydrology, Pollution, Remediation.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1-442.