

VLIV TĚŽEBNÍCH JAM ŠTĚRKOPÍSKŮ NA PODZEMNÍ VODU

Impact of open gravel pits on the groundwater

Lucie Potočarová, Tomáš Kuchovský

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: lucie.potocarova@seznam.cz

(14–43 Mohelnice)

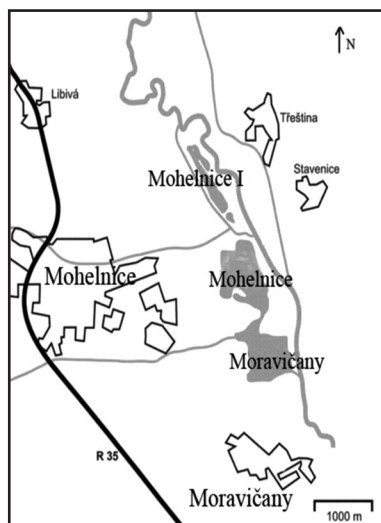
Key words: gravel pit, hydrogeochemistry, pH, Eh, groundwater level

Abstract

Nowadays mining of gravel represents dynamically developing area of mining industry. Mining pits affect not only countryside but also natural processes. They affect primarily height of groundwater levels which are dropping off in the upper area of mining and on contrary increase in the lower part of mining. There are changes also in chemical composition of groundwater and certain mineral are precipitated at the bottom of mining pits. This paper is about studying of these changes with the aid of regular field measuring, comparing the results with older ones and finally with geochemical modelling. Studying of these changes is important for finding out the extend of changes on the area which are caused by mining and whether these changes do not affect on groundwater quality because this area is used as water withdrawal area for Mohelnice city and its neighbourhood.

Úvod

V České republice představuje těžba štěrkopísků jednu z nejvýznamnějších těžebních aktivit. Ložiska jsou často situována v rozsáhlých akumulacích kvartérních sedimentů v nivách velkých vodních toků. Během těžby štěrkopísků dochází k zaplňování těchto jam podzemní vodou. Změny ve výšce hladiny, ale také změny chemického složení podzemní vody, se mohou odrazit na její kvalitě. Dobývací prostory (DP) jsou v nivě střední části toku řeky Moravy. Celková plocha všech tří DP převyšuje 100 ha, hloubka těžebních jam dosahuje až 35 m. Těžební jámy jsou situovány ve vzdálenosti 100 až 300 metrů od koryta řeky Moravy (obr. 1). Těžební prostory se samovolně zaplňují podzemní vodou, přitékající z okolních zvodněných písčitých štěrků. Z toho lze usuzovat na výrazné ovlivnění úrovní hladin a směrů proudění podzemních vod v okolí



Obr. 1: Poloha těžebních prostor.
Fig. 1: Location of gravel pits.

(Kuchovský et al. 2005). Hodnocené území se tedy nachází v akumulacím prostoru fluvialních sedimentů řeky Moravy, která vzhledem k charakteru svého povodí a silně meandrujícímu a neupravenému korytu nad DP Mohelnice I, téměř každoročně vyběžuje, především v období tání sněhové pokrývky v oblasti Jeseníků, a zaplavuje ve vět-

ší či menší míře okolní území. Po směru toku Moravy od DP Mohelnice je koryto regulováno napřímením toku a vyrovnáním rozdílů hladin umělým stupněm. Hydrogeologické poměry na lokalitě jsou do značné míry ovlivněny antropogenní činností, například odvodňováním pozemků, těžbou štěrkopísků, regulací koryt řeky a podobně (Čurda et al. 2001). Vodohospodářský význam Mohelnické brázdy je zdůrazněn vyhlášením Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Kvartér řeky Moravy, která zaujímá skoro celou plochu údolní nivy Moravy mezi Zábřehem na severu a Řimicemi na jihu. Toto území se také částečně překrývá s CHKO Litovelské Pomoraví (Čurda et al. 2001). Pliopleistocenní sedimenty Mohelnické brázdy mají velký význam pro jímání podzemní vody za účelem hromadného vodárenského zásobování.

Před zahájením těžby v první polovině 20. století se při ložiskových průzkumech pohybovala hladina podzemní vody v prostoru Moravičany-jih na kótě od 246 do 250 m n. m., v prostoru Moravičany-sever (Mohelnice) ca 249 až 251 m n. m. (Kuchovský et al. 2005). Úroveň hladiny důlní vody v DP Mohelnice a Moravičany, které jsou propojeny plavebním kanálem, je stanovena výpustným objektem situovaným na jv. okraji DP Moravičany na kótě 247,1 m n. m., z čehož je patrné, že oproti přirozenému stavu se hladina vody v jezeře Mohelnice I snížila asi o 1,3 metru. Tento umělý zásah související s těžbou štěrkopísků lze považovat pro hydrogeologický režim pravobřežní části údolní nivy Moravy spíše za zlepšení nepříznivého hydrogeologického stavu vyvolaného předchozím napřímením koryta řeky Moravy. Režim podzemních vod v protilehlé, levobřežní části údolní nivy řeky Moravy, v místech bývalého trvale podmáčeného lužního lesa, není těžbou štěrkopísků ovlivňován a stávající stav je podmíněn vymýcením lužních lesů a odvodněním podmáčených ploch pro zemědělskou činnost. V důsledku vyrovnání hladin dochází při s. okraji DP

Moravičany k přítoku podzemních vod do jezera, zatímco při j. okraji naopak důlní vody infiltrují do horninového prostředí. V tomto prostoru se hladina důlní vody nachází o 0,4–0,9 m výše, než hladina okolních podzemních vod. Úroveň hladiny důlních vod v DP Moravičany se pohybuje v závislosti na přítoku podzemních vod do DP Mohelnice. Rozkvy hladin důlních vod zaznamenaný od roku 2000 dosahuje 0,33 metru v závislosti na přítoku podzemních vod do šterkovny.

Geologie studovaného území

Okolí studované oblasti náleží k horninám spodního karbonu, který je v převážné části území tvořen jílovitými břidlicemi s vložkami drob a drobových pískovců, na J. území převládají droby s vložkami slepenců. Tyto horniny tvoří podloží mladších pokryvných útvarů a na povrch vystupují v nápadné morfologické elevaci na levém břehu řeky Moravy. Kvartérní pokryv je tvořen fluvialními sedimenty Moravy a jejich přítoků, které místy dosahují mocnosti až 100 metrů. Pro sedimentaci je typické střídání zvodněných šterků a písků s vrstvami jílu, které mnohdy vytváří nepropustný artéský strop zvodně a způsobují mírně odlišné tlakové poměry v dílčích hloubkových úrovních mocné zvodně (Pospíšil 2000). Oblast dobývacích prostorů je tvořena spodnoepleistocenními fluvialními šterkopisky v depresích, fluvialními šterkopisky hlavní terasy a fluvialními šterkopisky údolní terasy. Podloží tvoří jíly a písčité jíly. Vlastní ložisková poloha je tvořena sedimenty šterku, v ojedinělém případě šterkovitých písků. Šterkopískové polohy jsou prokládané polohami jílu, písčitého jílu a jí-

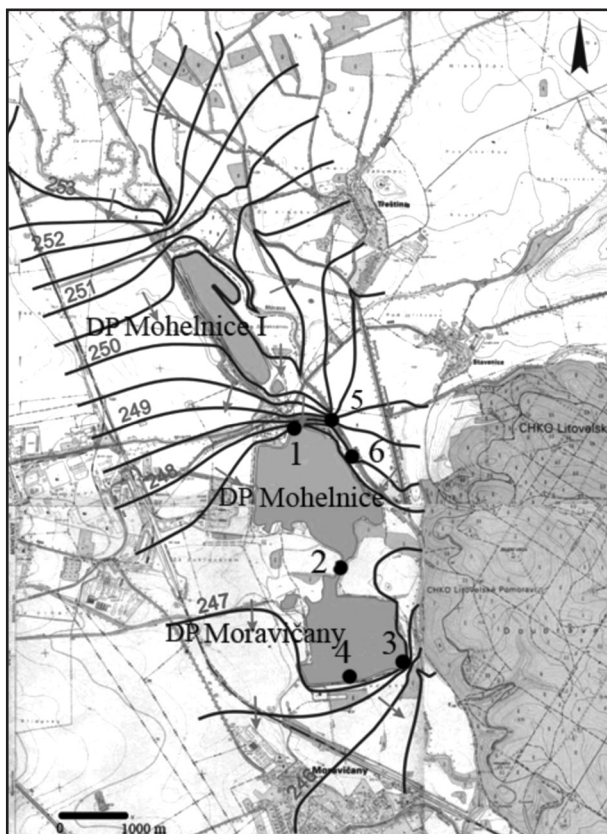
lovitých písků. Mocnosti šterkopísků dosahují v oblasti dobývacích prostorů hloubky až 50 metrů (Pospíšil 2000).

Metodika

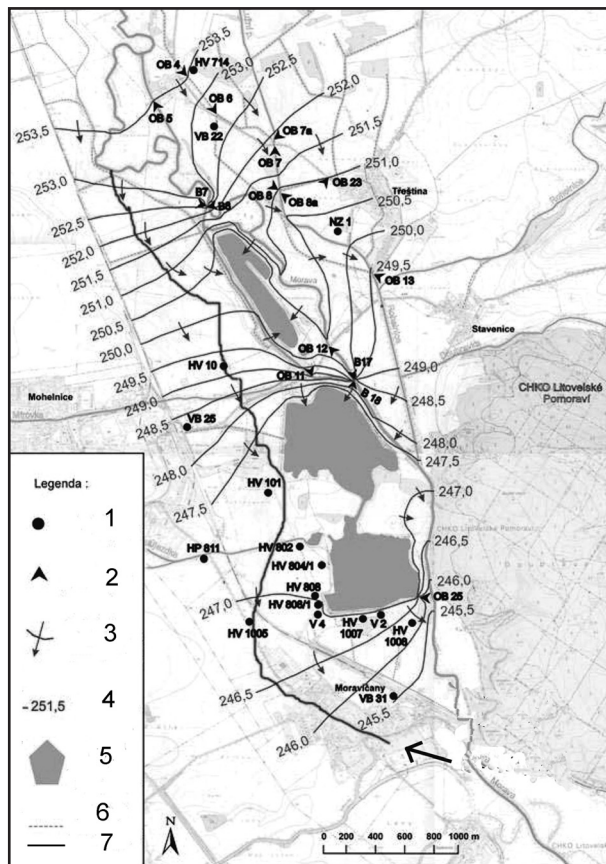
Potřebná data byla měřena na lokalitě jezer Mohelnice I, Mohelnice a Moravičany. Měření probíhalo od 1. 10. 2008 do 1. 10. 2009, vždy v měsíčních intervalech. Během měření se nashromáždila data z 6 měřených bodů, z nichž 4 se nachází v dobývacích prostorech a dva další v korytě řeky Moravy (obr. 2). Body byly voleny tak, aby co nejlépe charakterizovaly změny vlastností důlních vod v prostoru těžebních jam. Byly zde měřeny chemické parametry povrchových vod jako je pH, Eh, konduktivita a teplota. Data z terénního měření byla následně zpracována v programu MS Office Excel tak, aby byly patrné nejen sezónní změny parametrů, ale také změny v rámci celého území. Výsledky chemické analýzy, která byla na lokalitě provedena, byly použity pro vytvoření geochemického modelu v programu Geochemist's Workbench. Po zadání vstupních podmínek, v tomto případě výsledků analýzy povrchové vody, modelovací program automaticky sestaví na základě termodynamické databáze systém nelineárních rovnic a zjistí minimum Gibbsovy funkce. Pokud systém odpovídá minimu Gibbsovy funkce, pak tímto krokem modelování skončilo. Výstup programu ukazuje konkrétní stav systému, v jakých formách jsou jednotlivé složky v roztoku přítomny, jaké jsou jejich aktivní koeficienty atd. Pokud program zjistí, že je systém v nerovnováze – např. přesycený vůči některým minerálům nebo naopak nenasycený, pak pro dané podmínky najde rovnováhu a parametry systému příslušně opraví tak, že například rozpustí nebo vysráží určité množství minerálů, změní redox potenciál a na výstupu je uveden rovnovážný stav, ke kterému bude systém směřovat (Zeman 2007).

Diskuze

Pro co nejpřesnější zjištění chemických parametrů podzemní a povrchové vody byla prováděna měření v rámci jednoho roku na vybraných bodech v oblasti dobývacích prostorů. Místa měření byla vybrána tak, aby byly co nejpřesněji patrné změny, které zde probíhají při průtoku podzemní vody šterkovnami. Zonálně bylo měření prováděno ve vrtech v okolí šterkoven i na vodní ploše. Při porovnání hodnot konduktivity z terénního měření a ze zonálního měření bylo zjištěno, že těžba ovlivňuje režim podzemních vod jen do vzdálenosti do 200 metrů od DP Mohelnice I, do 100 metrů od DP Mohelnice a do 400 metrů od DP Moravičany (obr. 3). Uvnitř této oblasti byly hodnoty konduktivity až o polovinu nižší než vně oblasti, kde dosahovaly až $1\ 300\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na východě oblasti je zóna ovlivnění ukončena řekou Moravou, která zde tvoří okrajovou podmínku a za ní již ovlivnění neprobíhá. Pomocí geochemického modelování bylo zjištěno, že se v dobývacích prostorech sráží pyroluzit (MnO_2), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a také kalcit. Do modelu byly zadávány údaje z chemických analýz. Při porovnávání naměřených chemických parametrů podzemní i povrchové vody bylo potvrzeno, že jsou zde patrné sezónní trendy, kdy Eh nebo pH mají v určitém období podobný vývoj. Jinak tomu ale



Obr. 2: Poloha měřených bodů.
Fig. 2: Location of measured points.



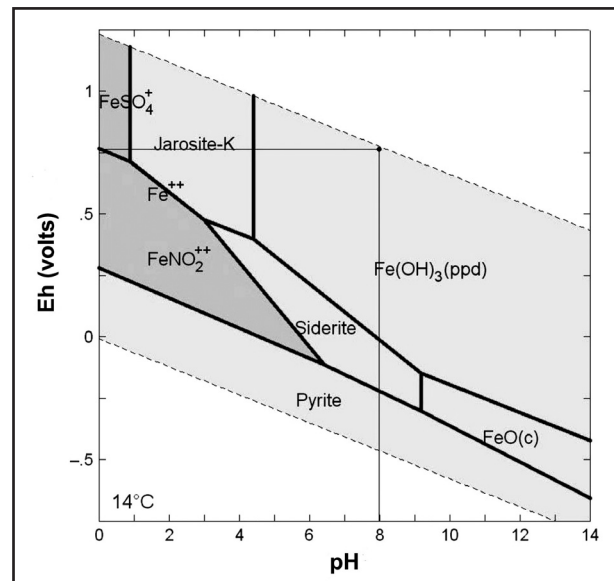
Obr. 3: Oblast ovlivněná dobývacími prostory. Vysvětlivky: 1 – hydrogeologický vrt, 2 – odměrný bod povrchových vod, 3 – hydroizohypsy a směr proudění podzemních vod, 4 – úroveň hladiny, 5 – hranice dobývacích prostor, 6 – systém odvodňovacích kanálů, 7 – hranice oblasti ovlivnění.

Fig. 3: Area influenced by gravel pits. Legend: 1 – hydrogeological bore, 2 – measured point of surface water, 3 – groundwater-table contours and flow directions, 4 – groundwater level, 5 – gravel pits boarder, 6 – drainage system, 7 – boarder of influenced area.

bylo v geochemickém modelování. Zde se trendy netvořily, docházelo ke srážení stejných fází ve všech modelovaných obdobích. K vysrážení kalcitu ve vodném prostředí dochází díky snížení koncentrace CO_2 v roztoku. V této souvislosti se také uvažuje o ovlivňování chemických parametrů organismy žijícími ve vodě. Jelikož geochemický model neukázal sezónní výkyvy v množství vysráženého kalcitu, mohlo by se jednat o aktivitu organismů, jejíž sledování nebylo součástí práce, a která by měla být vyšší v teplejších částech roku. Z chemických analýz a také z terénního měření je patrné, že na lokalitě dochází k trendům ve vývoji chemických parametrů nejen podzemní, ale i povrchové vody. S použitím analýz z povrchové vody, které byly zadány do modelovacího programu, vyplynulo, že v prostoru jezer dochází ke srážení pyroluzitu a $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (obr. 4) a při zrovnovážení podzemní vody z vrtu s atmosférou došlo navíc k vysrážení kalcitu (obr. 5).

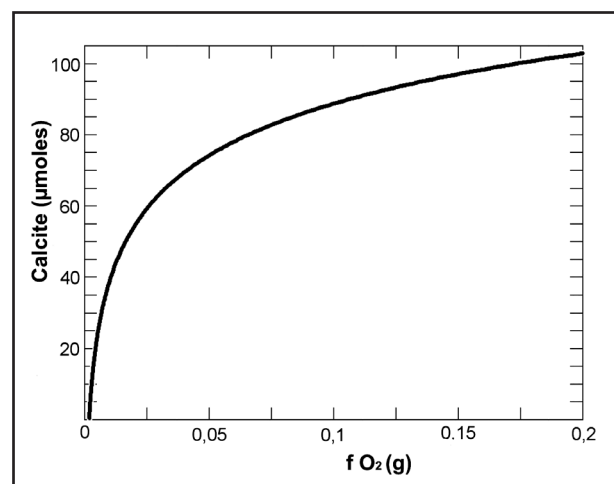
Závěr

Pokud tedy nedošlo ke zjištění sezónních trendů pomocí geochemického modelování, je nasnadě uvažovat o ovlivnění chemických procesů vodními organismy. Vlivem těžby zde došlo k vytvoření těžebních jam a tím



Obr. 4: Výstup z programu Geochemist's Workbench s vyznačenými hodnotami pH a Eh.

Fig. 4: Output from Geochemist's Workbench with values of pH and Eh indicated.



Obr. 5: Výstup z programu Geochemist's Workbench.

Fig. 5: Output from Geochemist's Workbench.

pádem ke změně směru proudění podzemní vody a také ke změně jejího chemického složení. Podle vyhodnocení dat z archivních měření zde dochází k vytvoření prostoru v okolí šterkoven, který je ovlivněn těžbou, jehož hranice jsou z východu dané tokem řeky Moravy a na západě je předpokládaná hranice, za kterou toto ovlivnění již nesahá. Tato hranice byla zjištěna pomocí vyhodnocení dat naměřených ve vrtech. Parametry podzemní vody naměřené vně vyznačené oblasti (v oblasti těžbou neovlivněné) se výrazně lišily od hodnot z vrtů, které se nachází uvnitř této oblasti. Podzemní voda vně vyznačené oblasti má konduktivitu dosahující v hloubce 16 metrů až $1\,330\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a voda, která je v těžbou ovlivněné oblasti, má konduktivitu v rozmezí hodnot 200 až $600\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vysokou konduktivitu kolem $1\,330\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ mohou také způsobovat průmyslová hnojiva používaná na zlepšení kvality zemědělské produkce, která zabírá většinu okolí dobývacích prostor.

Literatura

- Čurda, J. – Hanžl, P. – Havlíček, P. – Koverdinský, B. – Manová, M. – Majer, V. – Miller, V. – Otava, J. – Rejchrt, M. – Rýda, K. – Skácelová, D. – Šamanský, K. (2001): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, list Mohelnice. – 70 str., ČGÚ Praha.
- Kuchovský, T. – Říčka, A. – Červenková (2006): Impact of Gravel Pits on Ground water: Case study of Gravel Pits Near the Mohelnice City, Czech republic. – In: Mine Water and the Environment PROCEEDINGS, 10th International Mine Water Association Congress, June 2.–5. 2008, Karlovy Vary, Czech Republic, 69–72.
- Pospíšil, O. (2000): Hydrogeologické a hydrologické poměry DP Mohelnice, Mohelnice I a Moravičany. Monitoring pro knihu odvodňování – I. Etapa, květen 2000. – 12 str., Aquaprotec s. r. o. Brno.
- Zeman, J. (2007): Interakce vody s atmosférou a minerály. Modelování stability přírodních anorganických systémů. – MS, 97 str., MU Brno.