

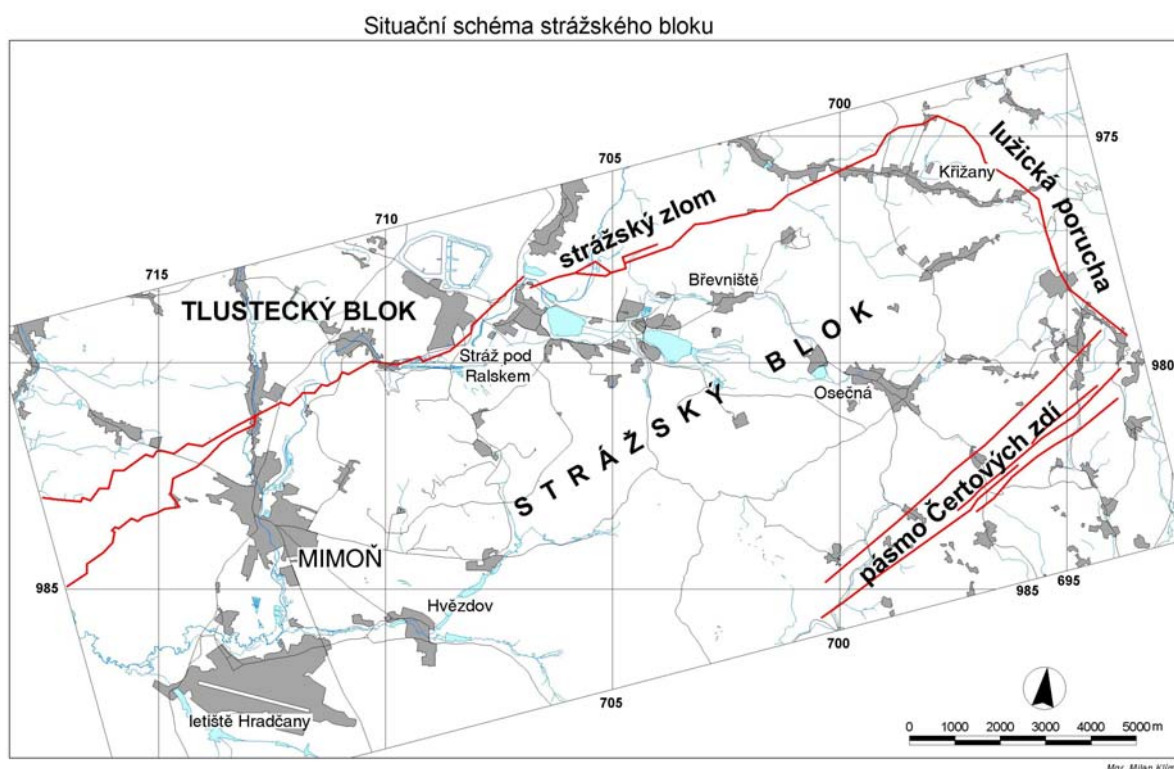
Průběh zatápění Dolu Hamr I

Vladimír Ekert, DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu, Máchova 201, 471 27 Stráž pod Ralskem, ekert@diamo.cz, tel. 487 894 258

Klíčová slova: Důl, zatápění, monitoring

1 Úvod, hydrogeologické poměry

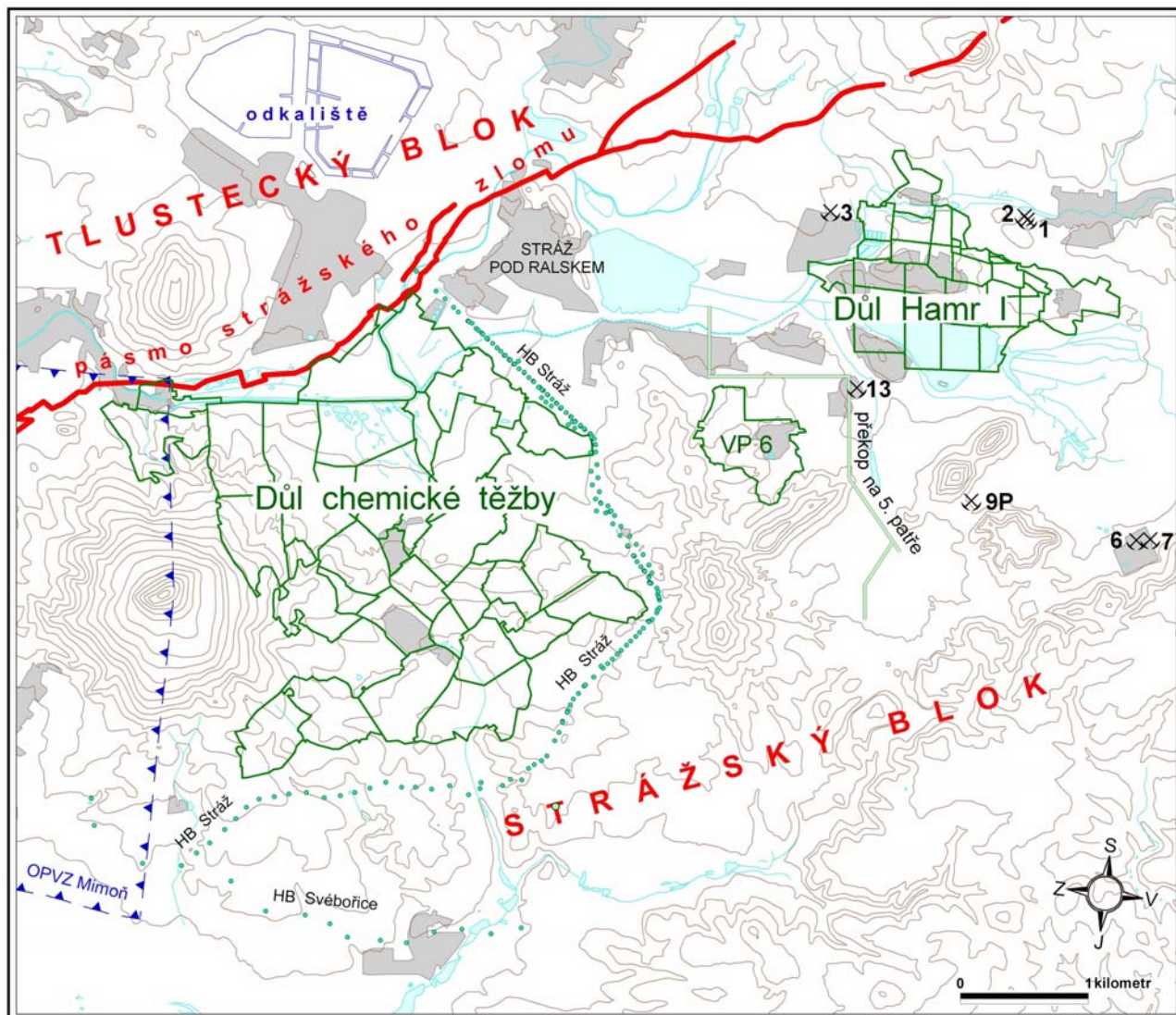
Ložiska uranové rudy se nachází v České republice, v severních Čechách, v Libereckém kraji, v okrese Česká Lípa, mezi obcemi Mimoň a Křižany.



Uranové zrudnění v české křídové pánvi bylo objeveno při ověřování gama anomálie na vrtu HJ-1 v roce 1963. Těžba uranové rudy začala v okolí Stráže pod Ralskem na přelomu 60. a 70. let na třech ložiscích, z původně 8 objevených a prozkoumaných. Metodou hlubinného dobývání byla uranová ruda těžena na ložisku Hamr pod Ralskem (Důl Hamr I, Důl Hamr II) a ložisku Břevniště pod Ralskem (Důl Křižany I). Na ložisku Stráž pod Ralskem (Důl chemické těžby) a části ložiska Hamr pod Ralskem (vyluhovací pole 6) byla použita metoda podzemního loužení „in situ“ pomocí zředěné kyseliny sírové. Každá z metod vyžaduje jiné podmínky, hlubinná těžba dokonalé osušení ložiska a chemická těžba co nejvyšší hladinu pro větší efektivitu čerpání. Tak vznikl v cenomanském kolektoru hydraulický dipól, kdy na vyluhovacích polích Dolu chemické těžby (DCHT) byla hladina cenomanské zvodně více než o 100 m výše než na 2,5 km vzdáleném Dole Hamr I (DH I). Z vyluhovacích polí (VP) chemické těžby docházelo k únikům kyselých technologických roztoků směrem k centrální depresi na DH I. K omezení průniků kyselých technologických roztoků do DH I byla vybudována hydraulická bariéra Stráž (HB Stráž). Vtláčením vod do linie vrtů HB Stráž se mezi DCHT a DH I vytvořilo v cenomanské zvodni tlakové rozvodí. Jako opatření proti průniku kyselých technologických roztoků byl v předpolí DH I vybudován v podloží drenážní překop 5. patra. Z něj byly navrtány dovrchní vrty do cenomanského kolektoru, kterými se čerpaly kyselá důlní vody (cenomanská podzemní voda a kyselá technologická roztoky uniklé z DCHT přes HB Stráž) do čistících technologií. Koexistence dvou odlišných dobývacích

metod si vyžádala složité technické a hydraulické zásahy a způsobila velké ovlivnění kvality podzemních vod a životního prostředí.

Mapa zájmového území



Ložiska Stráž pod Ralskem a Hamr pod Ralskem jsou součástí tektonické jednotky zvané strážský blok s křídovou sedimentací souvrství cenomanu až středního turonu. Uranové zrudnění se nachází na bázi zvodněných cenomanských pískovců. Ve strážském bloku je vyvinuta cenomanská a turonská zvodeň. Turonská zvodeň je vázána na souvrství středního turonu a má v celé oblasti volnou hladinu. Směr proudění podzemní vody je od SV k JZ a rychlost proudění je od 0,05 po 0,1 m.den⁻¹. Cenomanská zvodeň je vázána na souvrství středního cenomanu. Vyjma oblasti podél lužické poruchy byla cenomanská zvodeň před zahájením těžby uranu v celém zájmovém území napjatá. Odvodňováním cenomanské zvodně při hloubení důlních jam a rozfáráním ložiska Hamr pod Ralskem hlubinnou těžbou se tlakové poměry ve zvodni zásadně změnily. Na většině plochy dobývacích bloků DH I a dále na S ke strážskému zlomu má cenomanská zvodeň volnou hladinu. Probíhající zatápění DH I postupně navrácí hladinové poměry v cenomanském zvodněném kolektoru na původní úroveň. Přirozený neovlivněný směr proudění podzemní vody před zahájením těžby uranu ve strážském bloku byl ve směru SV-JZ. Současný převažující směr proudění podzemní vody je do centra zatápěné depresní kotliny na DH I. Největší hydraulický gradient je mezi depresní kotlinou na DH I a severovýchodní částí HB Stráž. Rychlost proudění podzemní vody v celém strážském bloku se pohybovala od 0,01 až po 0,5 m.den⁻¹ (region 0,01 – 0,03 m.den⁻¹, oblast VP 0,1 – 0,3 m.den⁻¹, oblast mezi VP a DH I 0,2 – 0,5 m.den⁻¹).

2 Významné momenty vývoje hydraulického systému na ložisku Hamr pod Ralskem - DH I, DH II (hlubinná těžba)

1965, duben	začátek hloubení jámy 9P Lužice, nezvládnutí přítoků, v dubnu 1966 byla ukončena ražba a jáma byla zatopena (DH II), začátek hloubení jámy č. 1, dokončena v roce 1968, zpřístupňuje severní část ložiska Hamr pod Ralskem (DH I)
1966	začátek odvodňování cenomanského kolektoru (DH I)
1968	začátek hloubení jámy č. 2, dokončena v roce 1970, zpřístupňuje severní část ložiska Hamr pod Ralskem (DH I)
1971	začátek hloubení jámy č. 3 v západní části ložiska Hamr pod Ralskem, dokončena v roce 1975, hlavní těžební jáma DH I
1972	začátek dobývání experimentálního Bloku Sever (DH I)
1973, leden	nafárání tektonické poruchy Anežka drénující cenomanský kolektor, přítok až 150 l.s ⁻¹ , zatopení DH I
1973, listopad	po tamponáži tektonické poruchy Anežka na styku s chodbou bylo obnoveno čerpání z jámy č. 1 (DH I)
1980	začátek hloubení jam č. 6, 7, dokončeny v roce 1987, 1988 (DH II)
1982	začátek ražby překopů na úrovni 5. patra, ukončeno v roce 1987, čerpání technologických roztoků uniklých z chemické těžby dovrchními vrtly (DH I)
1983	začátek hloubení jámy č. 13, dokončena v roce 1985, vybudování čerpací stanice důlních vod, doprava strojů a materiálu (DH I); zahájena výstavba úpravny důlních vod před jejich vypuštěním do vodoteče - centrální dekontaminační stanice (CDS), dokončena v roce 1987 (pro důlní vody z DH I, DH II, DK I)
1984, květen	průval na dobývací komoře, vznik komunikace mezi cenomanskou a turonskou zvodní, propad povrchu 150 m od Hamerského rybníku, jako opatření bylo provedeno vypuštění Hamerského rybníka, znovu napuštěno až v roce 1994 (DH I)
1987	bylo rozhodnuto nepokračovat ve výstavbě DH II a nařízena likvidace DH II, v roce 1989 zatopení jam č. 6 a 7, i po zatopení jam č. 6 a 7 pokračovalo čerpání z clonových vrtů a jámy č. 6 – čerpání regulující přítoky do jižních partií DH I
2001, duben	vypnutí čerpací stanice na 5. patře jámy č. 13 a čerpací stanice na 4. patře jámy č. 3, po přechodnou dobu je v provozu náhradní čerpání pomocí vrtů z povrchu u jam č. 3 a č. 13 (DH I)
2001, srpen	zahájeno vtláčení alkalizací upravené odkalištní vody do severozápadní části dolového pole DH I
2003, květen	vypnuto náhradní čerpání pomocí vrtů z povrchu, ukončeno veškeré čerpání důlních vod z DH I, celkem bylo od roku 1966 do roku 2003 z DH I vyčerpáno 435,55 mil. m ³
2003, říjen	ukončeno vtláčení alkalizací upravené odkalištní vody do severozápadní části dolového pole DH I, celkem vtláčeno 4,72 mil. m ³

3 Odvodňování DH I

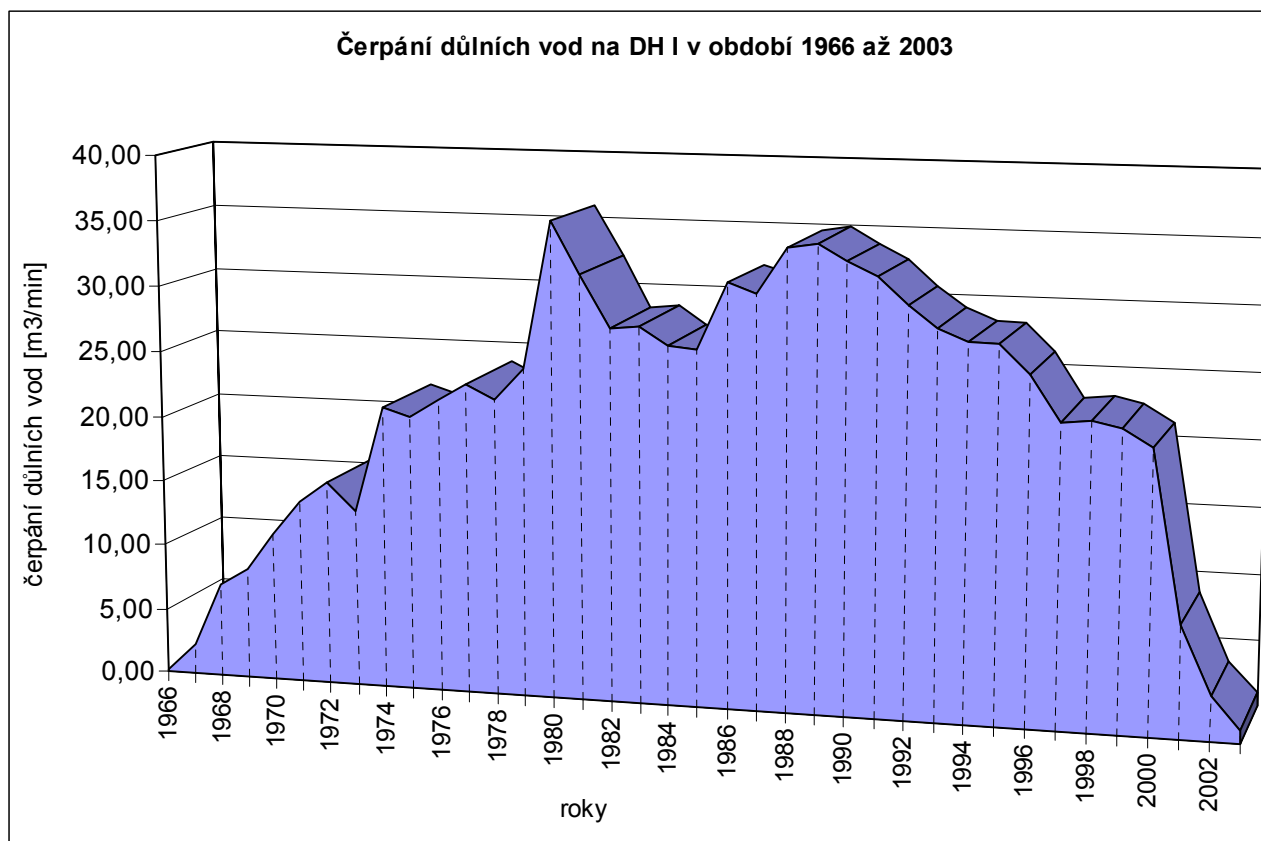
K odvodňování DH I sloužily 2 hlavní čerpací stanice. Čerpací stanice na 4. patře jámy č. 3 (ČS 4.p.) sloužila k čerpání neutrálních důlních vod, čerpací stanice na 5. patře jámy č. 13 (ČS 5.p.) byla uzpůsobena k čerpání kyselých důlních vod (vod uniklých z DCHT).

Neutrální důlní vody byly před vstupem do čerpací stanice na 4. patře jámy č. 3 vedeny přes žumpovní chodby, kde docházelo k odsazení hrubých nečistot. Čerpací stanice byla osazena 10 čerpadly s celkovou kapacitou cca 45 m³.min⁻¹. Z toho se 6 čerpadel nacházelo na sekci čirých

a 4 čerpadla na sekci rmutných vod. K vyčerpání neutrálních důlních vod na povrch sloužily 4 výtlačné řady. Průměrný přítok důlních vod do ČS 4.p. byl $11 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Čerpací stanice na 5. patře jámy č. 13 byla osazena 13 ks čerpadel (výkon 1 čerpadla byl $3 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$). Z toho 9 ks čerpadel bylo napojeno přímo na dovrchní vrty, 4 ks čerpadel byly napojeny na čerpací stanici a její žumpové chodby o užitkovém objemu $2 \times 3\,000 \text{ m}^3$. ČS 5.p zajišťovala odčerpání kyselých důlních vod a proto byla v antikoročním provedení. Průměrný přítok důlních vod do ČS 5.p. byl v době provozu dolu na plnou kapacitu $23 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Po vyčerpání důlních vod na povrch byly vody buď upravovány na „Centrální dekontaminační stanici“ (CDS) a vypouštěny do obtokového kanálu, který ústí do Ploučnice, případně vtlačeny do hydraulické bariéry Stráž (HB Stráž). Celkem bylo v letech 1966 až 2003 vyčerpáno z DH I $435,55 \text{ mil. m}^3$.



4 Zatápění DH I

Po založení důlních děl bylo zahájeno řízené zatápění DH I vypnutím čerpacích stanic. Čerpací stanice na 5. patře jámy č. 13 byla vypnuta 23.4.2001, o dva dny později byla vypnuta i čerpací stanice na 4. patře jámy č. 3. Objem čerpaných důlních vod před zahájením zatápění dosahoval ze 4. patra $6 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ a z 5. patra $10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Po vypnutí ČS 5.p. a ČS 4.p. bylo potřeba zajistit vodu pro vtlačení do HB Stráž, proto bylo na přechodnou dobu v provozu náhradní čerpání pomocí vrtů z povrchu u jam č. 3 a č. 13 o průměrném čerpaném objemu $4,6 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ (květen až prosinec 2001). V červenci 2001 bylo ukončeno náhradního čerpání v severozápadní části DH I u jámy č. 3, dále se důlní vody čerpaly jen u jámy č. 13. Pokračujícím zatápěním DH I se zmenšoval rozdíl hladin mezi vyluhovacími poli dolu chemické těžby (VP DCHT) a DH I a tak mohlo být snižováno i množství vod vtlačovaných do HB Stráž. Postupně byly cenomanské vody čerpané vrty z povrchu na DH I pro potřeby HB Stráž nahrazovány kontaminovanými turonskými vodami čerpanými na VP. Náhradní čerpání u jámy č. 13 bylo vypnuto 19.5.2003. Tím bylo definitivně ukončeno čerpání důlních vod z DH I.

Pro postup sanačních a likvidačních prací na odkališti CHÚ Stráž byl limitující objem volné vody v II. etapě odkaliště. Bylo rozhodnuto o přečerpání odkalištních vod do osušeného depresního prostoru DH I, čímž by se částečně zrychlilo zatápění DH I a zároveň upravilo pH vod, nacházejících se v dolovém poli DH I. Vtláčení alkalizací upravené odkalištní vody do vybraných

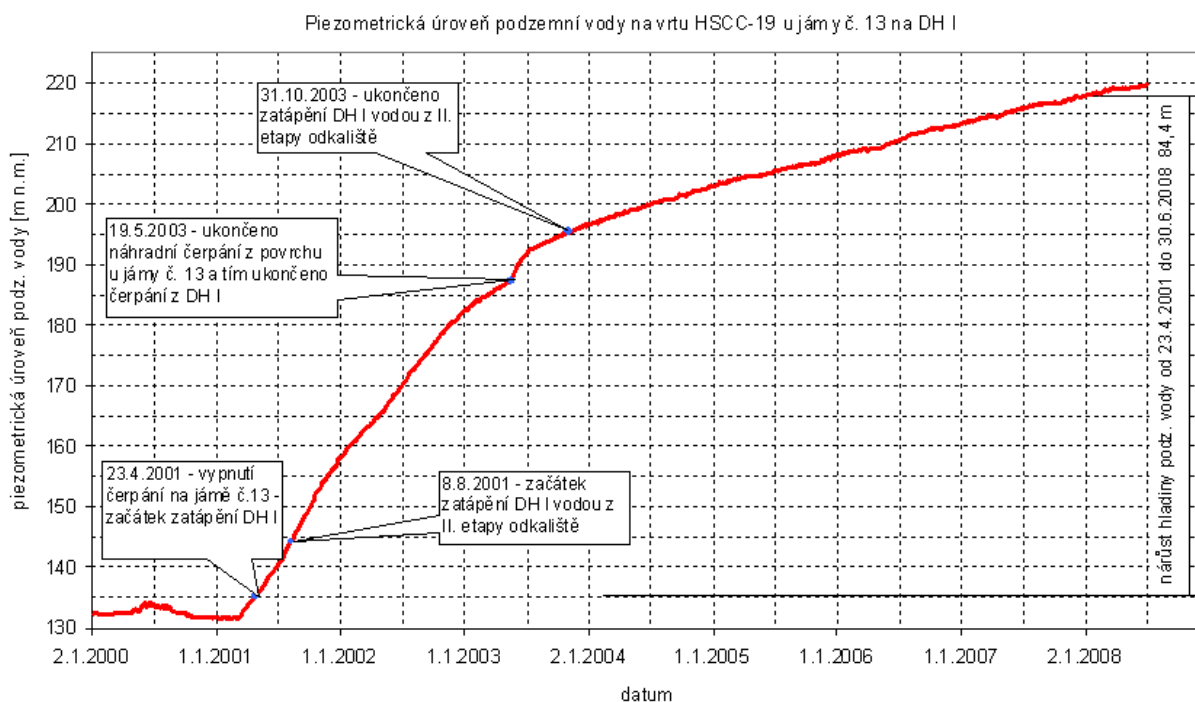
technických vrtů v severozápadní části dolového pole DH I bylo zahájeno 8.8.2001. Alkalizací upravená volná odkalištní voda byla z prostoru II. etapy čerpána potrubními řady na bývalou neutralizační stanici „Pustý“ v areálu DH I, kde se prováděla další alkalizace a takto upravená voda byla čerpána a vedena potrubními rozvody na povrchu ke vtláčení do důlních děl v podzemí prostřednictvím 4 technických vrtů.

Vtláčení upravených odkalištních vod do dolového pole DH I bylo ukončeno 31.10.2003. Celkem bylo do DH I vtláčeno 4 720 828 m³ upravené odkalištní vody.

5 Monitoring zatápění DH I

Od začátku zatápění DH I je na hydrogeologických vrtech v ploše dobývacích bloků DH I a jeho nejbližším okolí sledován a vyhodnocován vzestup hladiny podzemní vody v cenomanském kolektoru. Na určených technických vrtech ústících do důlních děl je sledován a vyhodnocován vzestup hladiny důlní vody v okolí jam a v ploše dobývacích bloků DH I.

Vývoj piezometrické úrovně podzemní vody je detailně monitorován na vrtu HSCC-19, který se nachází v centru původní depresní kotliny na DH I u jámy č. 13. Na vrtu HSCC-19 došlo snížením čerpání důlních vod z čerpací stanice na 5. patře ke vzestupu hladiny podzemní vody ještě před začátkem zatápění. Po vypnutí ČS 5.p. pokračoval vzestup hladiny podzemní vody s nezměněnou intenzitou. V srpnu 2001 se začala přečerpávat voda z II. etapy odkaliště CHÚ Stráž pro řízené zatápění DH I upravenou odkalištní vodou. Vrty pro vtláčení upravené odkalištní vody byly vzdáleny cca 1 150 m na SSZ od vrtu HSCC-19, a proto se vtláčení neprojevovalo na vzestupu hladiny podzemní vody na vrtu HSCC-19. V květnu 2003 bylo ukončeno náhradní čerpání na povrchu u jámy č. 13 pro potřeby HB Stráž a to se projevilo vzestupem hladiny podzemní vody v okolí vrtu HSCC-19.



Piezometrická úroveň podzemní vody na vrtu HSCC-19 dosáhla k 30.6.2008 úrovně 219,65 m n.m., což představuje od vypnutí ČS 5.p. do konce června 2008 nástup 84,4 m. Na konci června 2008 byla piezometrická úroveň podzemní vody na vrtu HSCC-19 21,1 m nad stropem fukoidových pískovců (strop cenomanského kolektoru), tj. došlo k obnovení původní napjaté hladiny podzemní vody v cenomanském kolektoru. V ploše dobývacích bloků DH I a dále na S ke strážskému bloku piezometrická úroveň podzemní vody v cenomanské zvodni ještě nenastoupala ke stropu fukoidových pískovců (volná hladina podzemní vody).

Tabulka č. 1: Vzestup hladiny podzemní vody v cenomanském kolektoru v jednotlivých letech od začátku zatápění DH I na vrtu HSCC-19

index vrtu	vzestup hladiny podzemní vody [m]							od začátku zatápění do 30.6.2008
	od začátku zatápění do 31.12.2001	za rok 2002	za rok 2003	za rok 2004	za rok 2005	za rok 2006	za rok 2007	
HSCC-19	22,7	24,3	14,2	6,4	5,1	5,3	4,6	84,4

Postupně dochází na všech monitorovaných vrtech ke zpomalování vzestupu hladiny důlní a podzemní vody, což je přirozený a očekávaný jev. Vzestup hladiny podzemní vody je v jednotlivých partiích DH I nerovnoměrný, projevuje se zde vliv anizotropie horninového prostředí a tektonického postižení území.

Vrt HSCC-19 je osazen automatickou měřicí stanicí DataCon. Stanice DataCon je zařízení pro měření a záznam výšky hladiny a teploty vody ve vrtech, nádržích a vodních tocích. Měření je bezobslužné. Stanice je napájena z baterie, která zajistí několikaměsíční provoz. Nastavení parametrů sběru dat, přenos a zpracování dat je možné pomocí počítače, který se připojí ke stanici. Četnost měření stanice je na vrtu HSCC-19 nastavena na 1 x za hodinu. Jednou za měsíc se data stáhnou do počítače.



6 Závěr

Z hydrogeologického monitoringu před začátkem odvodňování cenomanského kolektoru na DH I je známa neovlivněná piezometrická úroveň podzemní vody cenomanské zvodně u jámy č. 13 a to 305 m n.m. Současná piezometrická úroveň podzemní vody cenomanské zvodně v této oblasti je na úrovni téměř 220 m n.m, tj. oproti neovlivněnému stavu pokles o 85 m. Vzestup hladiny podzemní vody na DH I se bude postupně zpomalovat a bude docházet k vyrovnávání

piezometrické úrovně podzemní vody mezi DH I a VP. Vyluhovací pole DCHT mezitím převezmou řídicí hydraulickou funkci (deprese) v cenomanském kolektoru strážského bloku (deprese vznikne zvýšeným čerpáním na VP pro potřeby sanačních technologií). K definitivnímu nástupu hladiny podzemní vody na DH I na původní úroveň dojde až několik desítek let po ukončení sanačních prací na DCHT.

Použitá Literatura:

Ekert V. (2008): Environmental Impact of Mine Water from Chemical Extraction and Underground Uranium Mining – Straz pod Ralskem, Czech Republic. Proceedings of the 10th IMWA Congress 2-5 June, 2008 Karlovy Vary, Czech Republic. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, 2008. s. 197-200. ISBN 978-80-248-1767-5.

Ekert V., et al. (2008): Zpráva o vývoji rozptylu zbytkových technologických roztoků za rok 2007. DIAMO, s.p., o.z. TÚU, oddělení geologické. Stráž pod Ralskem, březen 2008.

Ekert V. (2007): Zatápění Dolu Hamr I. Občasník DIAMO, ročník XII, číslo 7-8. DIAMO, s.p. Stráž pod Ralskem, červenec 2007.

Ekert V. et al. (2005): Současné výsledky sanace turonské zvodně kontaminované těžbou uranu v severních Čechách. Sborník. 12. Národní hydrogeologický kongres 19. – 22. září, 2008, České Budějovice. str. 59-60. ISBN 80-903635-0-4.

Fait J., Ekert V., Wasserbauer V. (2004): Nakládání s vodami na o. z. TÚU Stráž pod Ralskem.. Sborník přednášek na CD. 42. ročník mezinárodního symposia „Hornická Příbram ve vědě a technice“ 12. – 14. října, 2004, Příbram. Příbram: DIAMO, s.p., o.z. SUL, 2004.

Koštejn Z. et al. (2004): Závěrečná zpráva dolu dle Vyhlášky ČBÚ č. 52/1997 Sb. CD. DIAMO s. p., o. z. TÚU, oddělení geologické. Stráž pod Ralskem, 2004.