

Petr BUJOK, Pavla MIKUNDOVÁ, Radovan HÁJOVSKÝ
VŠB-Technická univerzita Ostrava, Hornicko geologická fakulta, Institut geologického inženýrství, Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

PROCES IMPLEMENTACE VÝZKUMU V HORNINOVÉM MASIVU V LOKALITĚ MALÉHO VÝZKUMNÉHO POLYGONU NA VŠB-TU OSTRAVA

Abstrakt. Aplikovaný výzkum teplotních změn horninového masivu způsobených hlubokými vrty sloužící jako zdroj nízkopotenciální energie pro tepelná čerpadla je v areálu VŠB-TU OSTRAVA realizován v lokalitách dvou výzkumných polygonů. Tzv. „Velký výzkumný polygon“ situovaný u Nové auly + CIT VŠB-TUO je určen zejména pro sledování vlivu masivních odběrů tepla z horninového prostředí. Tzv. „Malý výzkumný polygon“ situovaný u nové budovy Energetického centra VŠB-TUO je určen zejména pro výzkum regeneračního a akumulačního chování hornin v okolí soliterních a resp. duálních vrtů napojených na tepelné čerpadlo a klimatizační systém.

PROCESS OF THE IMPLEMENTATION OF RESEARCH INTO A ROCK MASS IN THE LOCALITY OF SMALL RESEARCH POLYGON ON THE PREMISES OF VŠB-TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Summary. Applied research into temperature changes of rock mass caused by deep boreholes used as low-potential energy sources for heat pumps is conducted on the premises of VSB – Technical University of Ostrava (VSB-TUO) in localities of two research polygons. A so-called “Large Research Polygon” situated near the New Assembly Hall + Centre for Information Technologies of VSB-TUO is designed especially for observing the influence of great heat withdrawal from the rock environment. A so-called “Small Research Polygon”, located in the vicinity of a new building of Energy Research Center of VSB-TUO is intended mainly for research into the restoration and accumulation behaviour of rocks in the surroundings of solitary and also dual boreholes connected to the heat pumps and air-conditioning system.

1. Úvod

V areálu VŠB-TUO v Ostravě – Porubě jsou v současné době využívány k aplikovanému výzkumu teplotních změn v horninovém masivu dva výzkumné měřící polygony a to tzv. „Velký výzkumný polygon“ (VVP) a „Malý výzkumný polygon“ (MVP) blíže viz fig. 1. Výzkumné aktivity jsou zde koordinovány „Metodickou radou“, která je složená ze zástupců zainteresovaných fakult (Hornicko-geologická fakulta, Fakulta strojní, Fakulta elektrotechniky a informatiky) a Výzkumného energetického centra (VEC), VŠB-TU Ostrava.

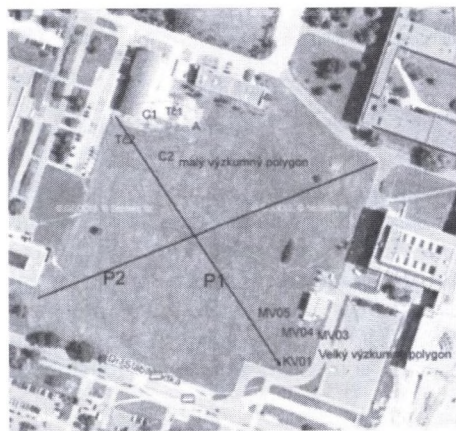


Fig. 1. Lokalizace VVP a MVP v areálu VŠB-TU Ostrava

Fig. 1. Situation of Large and Small Research Polygon in the area of VŠB-TU Ostrava

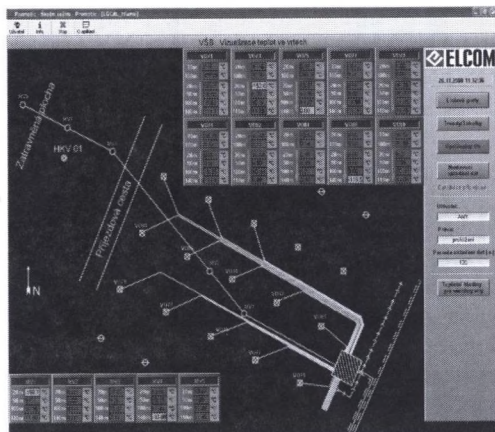


Fig. 2. Vizualizace údajů o teplotách v monitorovacích vrtech

Fig. 2. Visualisation of temperature data in monitoring wells

„Velký výzkumný polygon“ je určen zejména pro sledování vlivu masivních odběrů tepla z horninového prostředí, které slouží pro vytápění Nové auly + CIT VŠB-TU OSTRAVA. Je zde instalováno 10 tepelných čerpadel firmy IVT o celkovém výkonu 700 kW. Jako nízkoenergetický zdroj je zde využíváno 110 provozních vrtů, které jsou vyhloubeny do úrovně 140 m. Provozní vrty byly realizovány v rovnoběžných řadách, zhruba ve směru V-Z. Vrty jsou od sebe vzdáleny 10 m a stejná je i rozteč mezi řadami. Vrty jsou vystrojeny polyetylénovými (PE) kolektory (dvojitě „U“ trubice) a zainjektovány cementobentonitovou směsí. Monitorováno je 10 energeticky využívaných vrtů VO71, VO73, VO75, VO79, VO81, VO82, VO84, VO86, VO88, které jsou napojeny na tepelná čerpadla. Na vstupní větvi jsou umístěny 2 teplotní čidla v hloubce 20 a 100 m, na výstupní větvi jsou umístěny 4 teplotní čidla v hloubce 20, 50, 100 a 140 m. Kromě těchto energeticky využívaných vrtů je dále

monitorováno 5 měřicích vrtů MV1, MV2, MV3, MV4 a MV5, které nejsou napojeny na tepelná čerpadla. Vždy 4 teplotní čidla jsou umístěna v hloubce 20, 50, 100 a 140 m. Celý komplex (VVP) je doplněn jedním hydrogeologickým vrtem. Monitorováno je celkem 80 teplot v 15-ti vrtech. Teploty jsou měřeny pomocí teplotních čidel PT 1000 ve čtyřvodičovém zapojení. Nízkoúrovňové signály čidel vyúsťují v šachtici a jsou takto pomocí 16-ti bitových A/D převodníku převedeny na číslicový signál. Naměřená data jsou přenášena pomocí sítě Ethernet z šachtice do strojovny v budově Auly, kde je umístěn PC s aplikačním softwarem Promotic (viz fig. 2). Ukázka vývoje teplot v monitorovacím vrtu MV5 je uvedena na fig. 3.

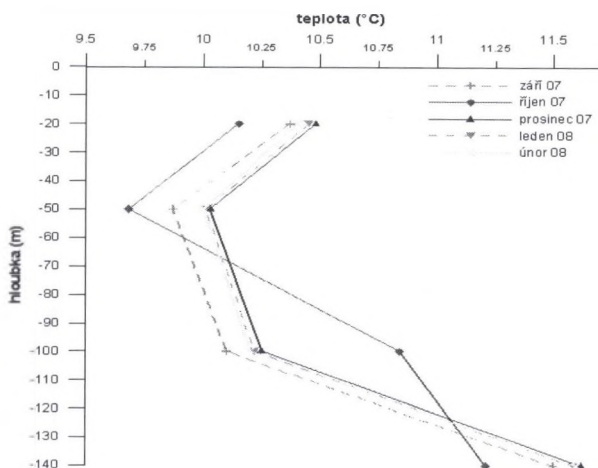


Fig. 3. Vývoj teplot v monitorovacím vrtu MV5
Fig. 3. Temperature changes in MV 5 monitoring well

„Malý výzkumný polygon“ je určen zejména pro výzkum regeneračního a akumulačního chování hornin v okolí energeticky využívaných vrtů pro „malé“ spotřebitele (zejména rodinné domy). MVP je situován u nové budovy VEC (rovněž v areálu VŠB-TU OSTRAVA). Jsou zde vyhloubeny dva provozní vrty do hloubky 140 m, které jsou rovněž vystrojeny teplotními čidly a to 4 na výstupní větvi v hloubkových úrovních (20,50,100 a 140 m) a dvě čidla na vstupní větvi v úrovni 20 a 100 m. Vrty jsou napojeny na nově instalované tepelné čerpadlo firmy IVT v budově VEC. V měsíci listopadu 2008 zde byly vyhloubeny firmou Green Gas DPB a.s. Paskov tři nové pozorovací vrty a to: „centrální“ vrt do hloubky 160 m a dva „klasické“ do hloubky 140 m.

2. Vrtné a geofyzikální práce

Vrtné práce byly provedeny vrtnou soupravou typu NORDMAYER DBS 2/10 umístěnou na podvozku MERCEDES ACTROS (viz fig. 4). V závislosti na daných geologických podmínkách a požadavcích na techniku a technologii vrtání se jevílo jako optimální použití vrtné soupravy schopné rotačně příklepného způsobu rozpojování hornin, se vzduchovým výplachem s nástřikem vody.

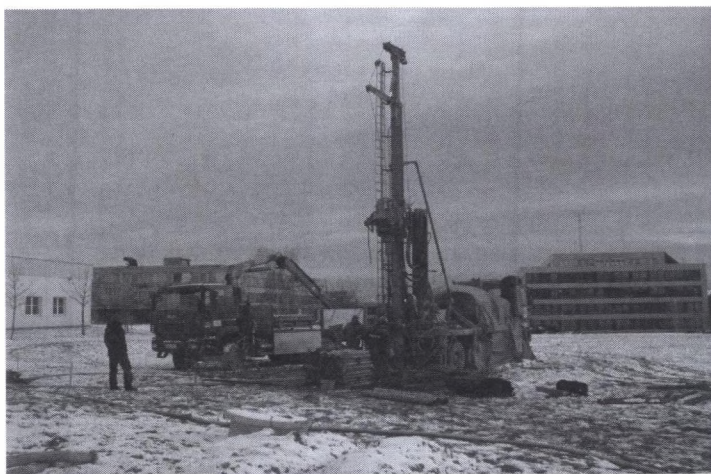


Fig. 4. Vrtná souprava typu NORDMAYER DBS 2/10 na podvozku Mercedes Actros.
Lokalita MVP u budovy VEC.

Fig. 4. Drilling equipment NORDMAYER DBS 2/10 on the base of Mercedes Actros.
- Small Research Polygon

Postup provádění byl na uváděné lokalitě následující. Úvodní část vrtu byla realizována pomocí dvojitě rotační hlavy, vrtná drť byla s vodou příp. pěnou řízeně odváděna do kontejneru bez rozstříku po okolí vrtu. Hlavní předností této technologie je možnost propažit nestabilní úsek vrtu, a to pouze pažnicemi jednoho průměru. Po provrtání nestabilních horizontů byla dvojitá hlava demontována. Na hlavu pažnic byl instalován těsnící uzávěr a ve vrtání bylo pokračováno jen vrtnou kolonou s běžným ponorným vrtacím kladivem. Z těsnícího uzávěru byla vrtná drť opět řízeně odváděna do kontejneru. Pokryvné útvary byly provrtávány tvrdokovovým dlátem (TK-dláto Ø 120 mm), interval karbonu – cca od 112 m pak pnorným kladivem COP_44 s dlátem Ø 120 mm

Po vytěžení vrtné kolony byl do vrtu zapuštěn PE kolektor (PE 2x32 mm) s patičí a ocelovou injektážní kolonou. Ve vrtu byla poté pomocí injektážní kolony provedena

vzestupná injektáž stvolu vrtu od počvy až po ústí. Injektážní směs byla připravována na pracovišti z bentonitu, cementu a vody v lehké ocelové vaně. Do vrtu byla přes injektážní kolonu začerpána pomocí šnekového čerpadla, které je součástí vrtné soupravy. Po injektáži byla vytěžena injektážní kolona a nakonec i pažnicová kolona, takže ve vrtu zůstal jen PE kolektor s tepelnými čidly. Trubka kolektoru byla vyvedena cca 1 m nad terén. Kolektor byl následně otestován tlakovou zkouškou s tlakem 10 barů a 4 bary. V „centrálním“ vrtu byl prováděn intervalový odběr jádra a bylo v něm provedeno karotážní měření. Jednalo se o ojedinělé operace, prováděné pravděpodobně poprvé v ČR ve vrtu určeném jako zdroj pro instalaci tepelného čerpadla.

Vrtná jádra byla odebrána v intervalech: 49,0-51,0 m jednoduchý jádrovák (JJ) Ø 108 mm, 119,0-121,0 m, Wire Line (WL) jádrovák Ø HQ (89 mm), 139,0-140,0 m, WL jádrovák Ø HQ 89 mm– technologie s těžitelnou jádrovnicí na laně, 156,7 – 158,3 m, WL jádrovák Ø HQ 89 mm– technologie s těžitelnou jádrovnicí na laně.

Na získaných horninových vzorcích je prováděn laboratorní výzkum, zejména s cílem stanovení tepelné vodivosti jednotlivých geologických vrstev. Měření je prováděno v laboratorích Ústavu geoniky České akademie věd (pobočka Ostrava).

Úkolem karotážních prací bylo vymezit litologické a lithostratigrafické hranice, rozčlenit profil na základní litologické typy hornin, stanovit intervaly přítoků vod a uskutečnit potřebná měření pro zjištění technického stavu vrtu a prostorového průběhu osy vrtu.

Pro řešení těchto úkolů byl použit následující komplex měření a metod. Zjištění skutečného měrného odporu vrstev, metod vlastních potencionalů (SP), stanovení měrného elektrického odporu vrtné kapaliny (rezistivimetrie – RM), magnetická karotáž (KMS), gama karotáž (GK), neutron-neutronová karotáž (NNK), hustotní karotáž (HK), akustická karotáž (AK), kavenometrie (KM), inklinometrie (IM) a termometrie (TM a TMD).

Realizována měření v centrálním monitorovacím vrtu A umožnila sestavit litologický profil vrtu a stanovit jeho stratigrafii. Opakovaná rezistivimetrie vyčlenila místo přítoku do vrtu, inklinometrií byl zjištěn prostorový průběh vrtu a kavenometrií jeho skutečný průměr po celé délce. Dále byly odvrtny dva monitorovací vrty, oba do hloubky 140 m. V těchto vrtech bylo provedeno inklinometrické měření. Všechny 3 vrty byly vybaveny soustavou teplotních čidel situovaných v intervalech 10 m do konečné hloubky. Jako nosič čidel byl použit umělohmotný (PE) kolektor tzv. „U“ trubice, používaná jako standardní vybavení stvolu vrtu při instalaci tepelného čerpadla. V případě uvedených monitorovacích vrtů (A,C1 a C2) bude trubice sloužit rovněž pro zapouštění kontrolních teplotních čidel, pro výzkum teplotních změn a při aplikaci tzv. TRT testu (Thermal Response Test) sledování teplotní odezvy

horninového masivu. Další využití bude realizováno při kontrolních měřeních kontinuálních teplotních průběhů ve stvolech vrtů s použitím optokabelů.

Předpokládá se napojení všech měřicích čidel do sběrného centra v budově VEC a automatické zpracování dat. V roce 2009 bude monitorovací systém doplněn dalšími 6 pozorovacími vrtvy s hloubkovým dosahem 140 m.

3. Testy teplotní odezvy horninového masivu

V České republice se zatím testování tepelné vodivosti hornin in-situ neprovádí. Využití výpočtového software pro dimenzování vrtů rovněž není běžnou záležitostí. Ve většině případů se v naší provozní praxi postupuje těmito způsoby:

- hloubka vrtů je určována jako podíl topného výkonu tepelného čerpadla a maximálního teplotního zisku z 1 m vrtu (ten je doporučován některými výrobci tepelných čerpadel v rozmezí 40 – 70 W/m),
- hloubka vrtů je určována jako podíl chladicího výkonu tepelného čerpadla a maximálního teplotního zisku z 1 m vrtu,
- hloubka vrtů je určována na základě empirických zkušeností s provozem tepelného čerpadla poblíž dané lokality,
- hloubka vrtů je přejímána pro daný typ tepelného čerpadla z firemních projekčních podkladů.

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava zakoupila pro své energetické výzkumné projekty od firmy Uber by GmbH & Co. KG, Germany unikátní přístroj (GeRT), který je schopen přímo ve vystrojeném vrtu provést test teplotní odezvy a na základě přiloženého softwaru velmi přesně stanovit tepelnou vodivost horninového prostředí. Příklad záznamů údajů je uveden na fig. 6.

V Evropě se tyto testy označují jako testy teplotní odezvy (Thermal Response Test - TRT), v USA (Geothermal Resource Technology, Inc., 2003) jako testy tepelné vodivosti hornin (Formation Thermal Conductivity Testing).

Aparatura Geothermal Response Test (GeRT) je mobilní technické zařízení schopné na základě přiloženého softwaru korektně nadimenzovat instalované geotermální systémy. Hlavní výhodou GeRT je přímé měření na vrtech pro tepelná čerpadla. Pro analýzu

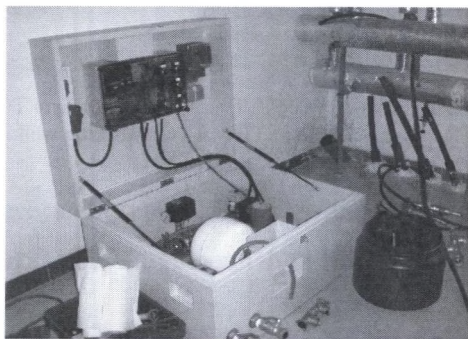
získaných dat z Thermal Response Testu se ve světě nejčastěji používá metoda „liniového zdroje“. Tato metoda je založena na předpokladu vyzařování tepla z nekonečně tenkého zdroje o konstantní velikosti do nekonečného okolí. Hypoteticky se předpokládá, že kolem vrtu je teplotní pole neporušené a že do vrtu proudí konstantní množství tepelné energie během dostatečně dlouhé doby.

Testování GeRT (fig. 5) se provádí ve vrtu vystrojeném PE-kolektorem a s mezikružím vyplněným injektážní směsí. PE-kolektor naplněný vodou je pak napojen na konstantní zdroj tepla (elektrokotel), voda je pomocí oběhového čerpadla cirkulována PE-kolektorem, přičemž jsou měřeny a snímány energetický příkon a teplota na vstupu a výstupu z PE-kolektoru.

Účelem testovacích prací je zjistit některé tepelné vlastnosti horninového masívu, které jsou nezbytné pro stanovení počtu, hloubky a rozmístění vrtů pro projekt vytápění budov pomocí tepelných čerpadel.

Fig. 5. Aparatura Geothermal Response Test (GeRT). Příprava k testování provozního vrtu TČ1 (u budovy VEC). U stěny jsou patna vyústění horizontálního rozvodu - PE kolektory

Fig. 5. Geothermal Response Test Apparatus (GeRT). Preparing for tests in working well TČ1 (near VEC building). Horizontal piping is visible at the wall - PE collectors



Zkouška teplotní odezvy se provádí pro stanovení termálního výkonu tepelného výměníku ve vrtu. Provedením GeRT získáme následující informace: účinnou tepelnou vodivost podloží, tepelný odpor vrtu a stálou teplotu země. Měření probíhá nejméně 50 hodin, přičemž se zkoumá teplotní odezva, která je následně zaznamenávána.

Použitý způsob měření předpokládá, že přenos tepla v zemi je pouze vedením tepla. Na přenos tepla může mít vliv pohyb podzemní vody. U tohoto typu přenosu tepla můžeme při měření dojít k vyšším výsledkům, než kdyby měření bylo prováděno v laboratoři bez rušivých vlivů podzemních vod. Účinné vedení tepla závisí na geohydrologických podmínkách v oblasti a také se mohou vyskytovat rozdíly mezi jednotlivými vrti.

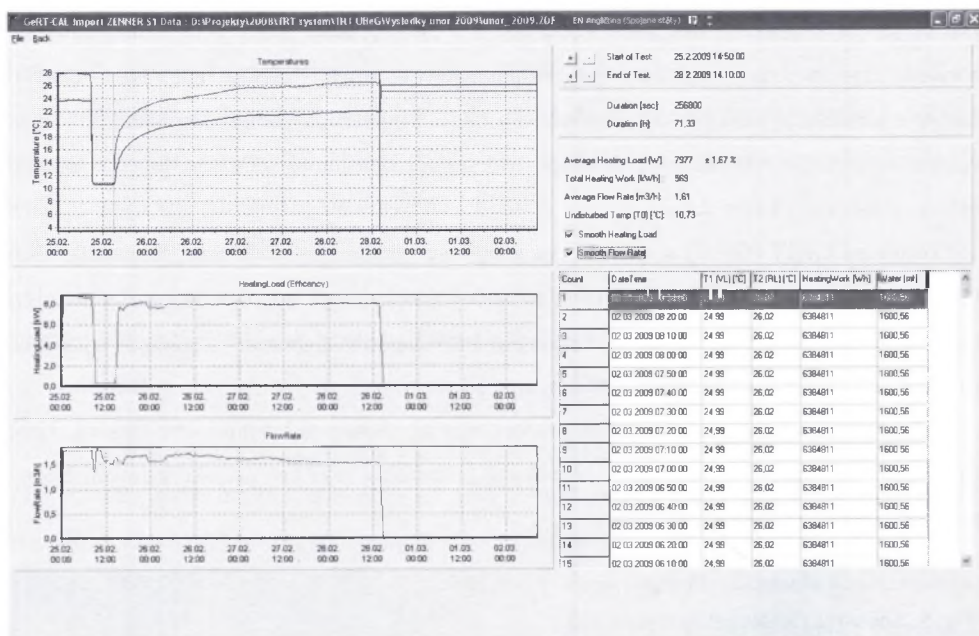


Fig. 6. Příklad výsledků TRT v provozním vrtu TČ1 měření ze dne 25.2. - 2.3. 2009
 Fig. 6. An example of TRT in TČ1 working well in the period of 25.2. - 2.3. 2009

4. Sledování hydrogeologických faktorů

Pro sledování vlivu filtrace podzemních vod je v lokalitě „VVP“ využíván hydrogeologický vrt (KV 01) situovaný u linie pozorovacích vrtů. V lokalitě „MVP“ byl na základě karotážních měření (opakovaná rezistivimetrie—RM a metoda TM a TMD) v „centrálním“ vrtu lokalizován přítok mineralizovaných vod v hloubkovém intervalu 111,2-112,5 m, který odpovídá silně vykavernovanému úseku nad kontaktem pokryvu s karbonem. Rychlost filtrace podzemních vod a intenzita přítoku bude stanovena na základě čerpacích zkoušek, které budou realizovány na nově odvrtných monitorovacích vrtech (březen-květen 2009). Pro výzkum přívrchových (do hloubky cca 30-40 m pod úrovní terénu) hydrogeologických poměrů bude využita aparatura ARES (pracuje na principu měření změn měrného odporu) v kombinaci s VES (vertikální elektrické sondy) a aparaturou GPR (geofyzikální radar).

5. Shrnutí

Výše uvedené přípravné práce, vybavení výzkumných měřících polygonů a tým zainteresovaných pracovníků skýtají záruku pro úspěšnou realizaci vědecko-výzkumných záměrů.

Získané údaje z laboratorních měření i z výzkumu prováděných „in situ“ (hydrodynamické zkoušky, geofyzikální měření, TRT testy, teplotní měření) budou využity pro sestavení matematického modelu umožňujícího modelování vývoje teplotních změn v horninovém masivu při dlouhodobém provozu tepelných čerpadel (ochlazování) a možné zpětné akumulaci „tepla“ např. z provozu klimatizace (oteplování) a to jak při „průmyslovém“ tak komunálním využití TČ.

V referátu byly využity poznatky získané při řešení grantového projektu Krajského výboru Moravskoslezského kraje (NK 541 90).

LITERATURA

1. Duffield, Wendell A.: Geothermal energy: clean power from the Earth's heat; U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey; USA, 2003.
2. Kunz A., Ryška J., Koniček J., Bujok P.: Využití horninového prostředí jako stálého efektivního zdroje energie pro tepelná čerpadla – Zborník prednášok, Technická univerzita v Košiciach. ISBN 80-7099-895-4, s. 207.
3. Bujok, P., Vrtek, M., Horák, B., Hájovský, R., Hellström, G.: Studie odezvy horninového masivu pro instalace tepelných čerpadel. Ostrava 2005, s. 152.
4. Bujok, P., Weiper, M., Selzer, L., Kalus, D.: Posouzení geologických poměrů širšího okolí lokality Aula a CIT areál VŠB – TU Ostrava 2005, s. 26.

Recenzent: Doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D., FEI, VŠB-TU OSTRAVA