

Mikrogravimetrická měření – aplikace v inženýrské geologii, archeologii a geodynamice

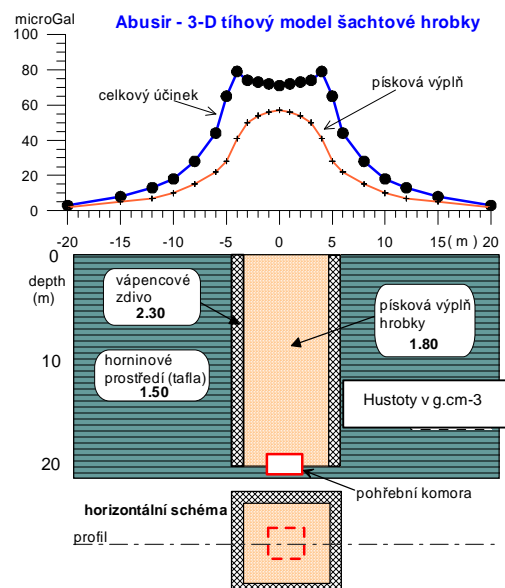
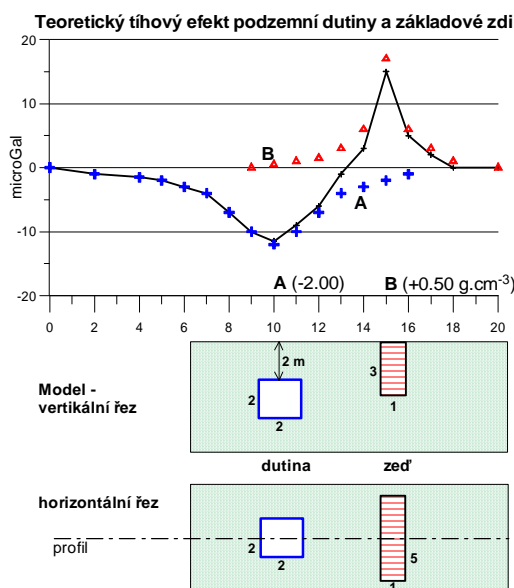
Jan Mrlina, Geofyzikální ústav AV ČR

Gravimetrie jako geofyzikální metoda je založena na měření tíhového pole na zemském povrchu. K tomuto účelu slouží gravimetry, určující hodnotu tíhového zrychlení. Tyto přístroje mají jednoduchý princip, ale vyspělou technologii, která umožňuje registrovat tuto veličinu v řádu 10^{-8} m.s⁻². Těto hodnotě se říká mikroGal a je běžně používanou jednotkou při velmi přesných měřeních. Tíhové zrychlení na povrchu Země se pohybuje v rozmezí 978,000,000 až 983,000,000 mikroGal, zatímco mikrogravimetrický průzkum se zabývá anomáliemi 10 až 100 mikroGal. Chyba měření se pohybuje okolo 3 – 5 mikroGal. S ohledem na fakt, že tíhové zrychlení závisí na zeměpisné šířce (vliv zploštění a rotace Země) a nadmořské výšce (vzdálenost od těžiště Země), zavádějí se příslušné korekce. Rovněž tak je nutno redukovat data o slapové efekty Měsíce a Slunce, vliv morfologie terénu a drift přístroje, závisící na mechanických vlastnostech měřicího systému, environmentálních faktorech (teplota, atmosférický tlak), transportních podmínkách, apod.).

Aplikovaná mikrogravimetrie je schopna řešit problémy související s anomálními objekty, zónami či poruchami ve svrchní vrstvě zemské kůry. Tíhové anomálie takových objektů je nutno citlivě separovat z měřených dat, neboť ta obsahují komplexní účinek všech hmot pod i nad úrovní měření.

Typickým předmětem vyhledávacího mikrogravimetrického průzkumu jsou podzemní dutiny jakéhokoliv původu [1]. Jedná se o relikty staré hornické činnosti, krasové jeskyně, historické podzemní prostory, sekundární kaverny v okolí podzemních objektů, apod. Přestože teoretický tíhový účinek, jenž můžeme vypočítat předem s ohledem na očekávanou velikost dutiny, je příliš nízký, lze dutinu lokalizovat. Přispívá k tomu tzv. klenbový efekt, který způsobuje rozvolňování hornin v jejím nadloží, doprovázené poklesem objemové hustoty hornin. Tím se zdroj tíhové anomálie přiblíží až k povrchu a lze tak kombinovaný efekt rozvolnění a vlastní dutiny lépe zachytit. Velikost tíhového signálu závisí rovněž na poměru velikosti a hloubky objektu.

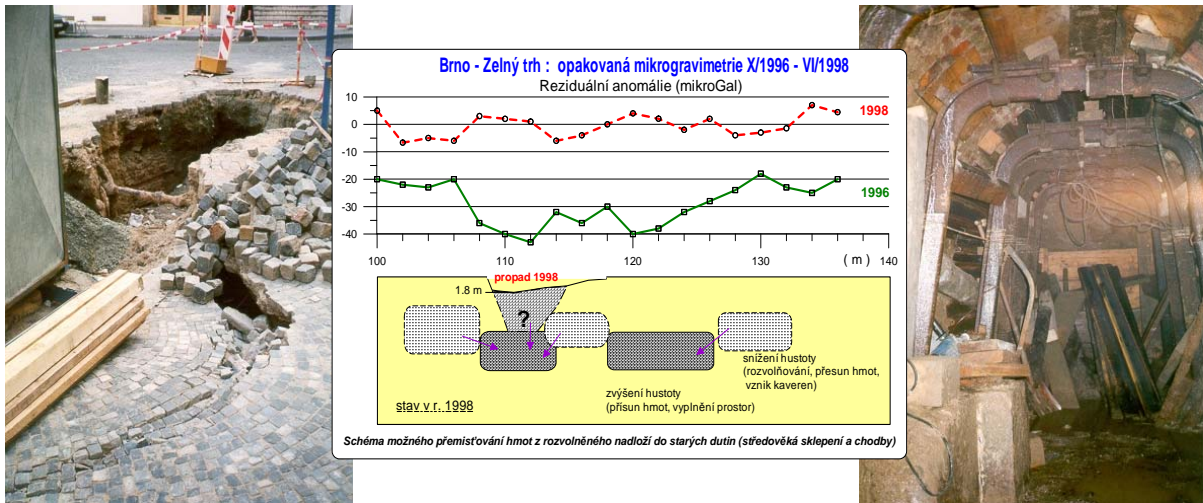
Jednoduchý model podzemní dutiny a základové zdi na obr. 1 ukazuje velikost teoretické anomálie pro oba objekty a jejich integrální efekt [2]. Obdobně byl testován model šachtové hrobky na české archeologické koncesi v Abusíru v Egyptě [3]. Horninové prostředí je tvořeno velmi lehkou jílovitou horninou nazývanou „tefla“, zatímco vlastní hrobku tvoří masivní vápencová obvodová zeď, pohřební komora v hloubce 20 m a výplň vápencovým pískem. Přestože pohřební komora není lokalizovatelná s ohledem na velkou hloubku a malou velikost, komplexní tíhový efekt celé hrobky je dostatečně velký pro zachycení mikrogravimetrickým měřením (obr. 2). Podobně byla testována například hrobka Nefertari v Údolí královen v Luxoru, kde jsme provedli experimentální měření, jehož výsledek byl v dobré shodě s teoretickým tíhovým modelem, vypočteným na základě znalosti přesné geometrie hrobky [4]. Dalším měřením byly zjištěny obdobné indikace i na několika dalších místech, kde nejsou hrobky dosud známy, ale pokračování výzkumu blokuje složitá místní administrativa.



Obr. 1. Teoretické modelování tíhových účinků.

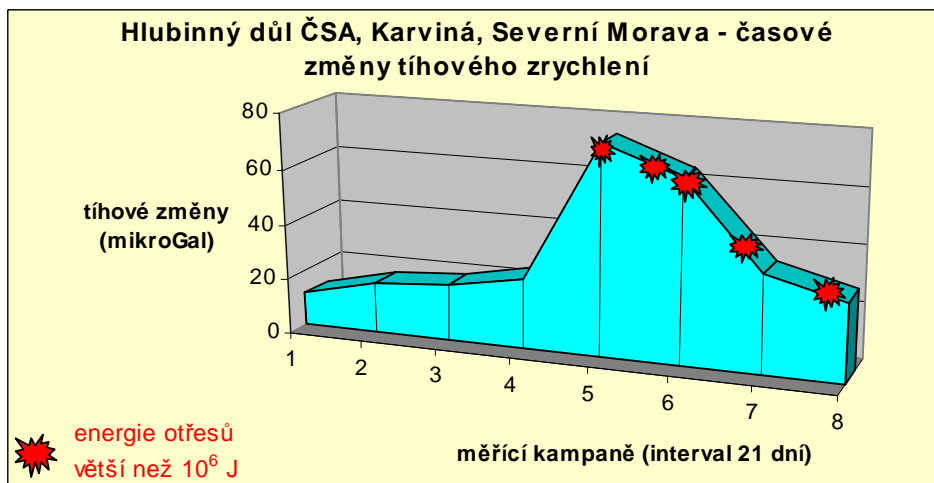
Obr. 2. Model šachtové hrobky.

Geomechanické procesy se vyvíjí v čase a způsobují závažné geotechnické problémy. Krom zmíněného rozvolňování nad dutinami, jež může končit propadem povrchu, lze uvést sesuvy, otrěsy v hlubinných dolech, rizikové zvodnění výsypek, apod. [5,6]. Při průzkumu Zelného trhu v historickém centru Brna byla identifikována podzemní prostora. Protože nebyla technicky zajištěna, došlo na daném místě o dva roky později k propadu chodníku a vozovky. Následný ověřovací průzkum prokázal redistribuci hmot pod povrchem, kdy došlo k částečnému zaplnění podzemí, a naopak vzniku jiných odlehčených prostor. Na obr. 3 jsou zobrazeny obě tíhové křivky – před propadem a po propadu, a rovněž foto propadu a následně sanované historické podzemní chodby.



Obr. 3. Výsledky opakované mikrogravimetrie v místě propadu na Zelném trhu v Brně.

Probíhající geomechanické procesy lze tedy monitorovat opakovanými tíhovými měřeními, a to například vývoj tahového napětí v odlučných zónách sesuvných území, kde dochází ke vzniku tahových puklin a snížení blokové hustoty [7]. Opačný efekt byl zjištěn monitorovacími měřeními v hlubinném čtvercovém dole na Karvinsku, kde s postupující slojovou těžbou dochází ke změnám zatížení pilířů a čelní stěny porubu. Realizovali jsme 13 etap měření s intervalem 3 týdny, a to jak na povrchu, tak i na třech patrech v hloubce mezi 950 až 1100 m. Skupiny bodů nejbližší porubní frontě indikovaly výrazné zatížení masívu (pozitivní změnou měřené tíže, viz obr. 4.), po němž následovaly silné otrěsy na úrovni, při které může dojít k porušení masívu včetně vzniku závalu.



Obr. 4. Časové změny tíže registrované při opakovaných měřeních v dole ČSA a jejich vztah výskytu významných otrěsů v horninovém masívu.

Specifickou aplikací mikrogravimetrie jsou opakovaná měření v geodynamických sítích s cílem sledovat variace tíhového pole související s tektonickým napětím [8]. V západních Čechách jsme vyzorovali vazbu těchto změn na příchod zemětřeseného roje, přesný mechanismus a příčiny však dosud nejsou odhaleny. Obdobný výzkum realizujeme v oblasti korintského zálivu v Řecku a u Asuánské přehradě v Egyptě.

- [1] D.Odler a J.Mrlina, Věda, Technika a My, 8/98, 30 (1998)
- [2] J.Mrlina, Ve Službách Archeologie III., Brno, 137 (2001)
- [3] J.Mrlina, Ve Službách Archeologie III., Brno, 144 (2001)
- [4] E.A.Issawy, A.A.Tealeb, J.Mrlina, A.H.Radwan, G.S.Hassan and K.O.Sakr, Bulletin (NRIAG), Geophysics (B), Cairo, 201 (2001)
- [5] J.Mrlina, Extended Abstracts, 63rd EAGE Conference, Amsterdam, 11-15 June, 2001, V1, IG5 (2001).
- [6] J.Mrlina, Engineering Geology for Developing Countries – Proc. 9th Congress IAEG (J.L.van Rooy and C.A. Jermy, Edit.), Durban, South Africa, 2002, 1230 (2002)
- [7] P.Bláha, J.Mrlina and J.Nešvara, Exploration Geophys., Remote Sensing and Environ., V.1/98, 21 (1998)
- [8] J.Mrlina, Acta Montana IRSM AS CR (2002), Series A No. 20 (124), 125 (2002)