

Letecký geofyzikální průzkum

*Provedení geologických a dalších prací
pro hodnocení a zúžení lokalit pro
umístění hlubinného úložiště*

G IMPULS Praha spol. s r.o. - RNDr. Jaroslav Bárta, CSc.,
RNDr. Michal Tesař,
McPhar Geosurveys Ltd. - Dr. Henrik T. Andersen

Duben 2004

OBSAH

1	Úvod	3
1.1	PROVOZNÍ HAVÁRIE PŘI LETU 19. 9. 2003	5
1.2	MAGNETICKÉ BOUŘE	5
1.3	ORGANIZACE LETŮ A BEZPEČNOST	7
1.4	VLIV KATODOVÉ OCHRANY	7
1.5	VLIV ELEKTRIFIKOVANÝCH ŽELEZNIC	8
1.6	ZMĚNY POČASÍ, MLHY	8
2	Letecká geofyzika	9
2.1	ÚVOD K LETECKÉMU PRŮZKUMU	9
2.2	OBLASTI PRŮZKUMU	9
2.3	PRŮZKUMNÉ OPERACE	11
2.4	HELIKOPTÉRA A VYBAVENÍ	16
2.4.1	Helikoptéra	16
2.4.2	Přístrojové vybavení pro průzkum	16
2.5	KONTROLY A KALIBRACE PŘÍSTROJOVÉHO VYBAVENÍ	26
2.5.1	Testování a kalibrace leteckého magnetometrického systému	26
2.5.2	Kalibrace a testování systému gamaspektrometru	26
2.5.3	Kontroly a kalibrace elektromagnetického systému	29
2.5.4	Kalibrace výškoměru	29
2.5.5	Kontrola pozemní stanice GPS a další každodenní kontroly	29
2.6	ZPRACOVÁNÍ DAT	29
2.6.1	Všeobecně	29
2.6.2	Zpracování magnetických dat	30
2.6.3	Zpracování gamaspektrometrických dat	32
2.6.4	Zpracování elektromagnetických dat	35
2.7	INTERPRETACE	36
2.7.1	Všeobecný přehled	36
2.7.2	Další dostupné informace	36
2.7.3	Magnetické informace	36
2.7.4	Elektromagnetické informace	37
2.7.5	Gamaspektrometrické informace	38
2.8	KOMENTÁŘ K JEDNOTLIVÝM LOKALITÁM	39
2.8.1	Blatno, lokalita č. 14	39
2.8.2	Božejovice-Vlksice, lokalita č. 30	39
2.8.3	Budišov, lokalita č. 08	40
2.8.4	Lodhěfov, lokalita č. 07	40
2.8.5	Pačejov, lokalita č. 40:	41
2.8.6	Rohozná, lokalita 41:	41
2.8.7	Doporučení	42
2.9	VÝSTUPY	43
2.9.1	Předběžné výstupy	43
2.9.2	Konečné výstupy	43
2.10	PERSONÁLNÍ ZABEZPEČENÍ PROJEKTU	45

3	Pozemní měření	46
3.1	ZADÁNÍ ÚKOLU, POPIS TERÉNNÍCH PRACÍ	46
3.2	VÝSLEDKY	47
3.2.1	Budišov	47
3.2.2	Božejovice – Vlksice	48
3.2.3	Pačejov-nádraží	48
3.2.4	Lodhěřov	49
3.2.5	Rohozná	49
3.2.6	Blatno	50
3.3	ZÁVĚRY KE KONTROLNÍMU POVRCHOVÉMU MĚŘENÍ.....	51
4	Závěry a doporučení	52
5	Literatura	56

PŘÍLOHA 1 - OBRÁZKY

PŘÍLOHA 2 - POZNÁMKY KE KALIBRACÍM A SOFTWARE

1 Úvod

Na základě smlouvy s účelovým sdružením GeoBariéra (zastoupeným firmou AQUATEST a.s., Geologická 4 z 17. 4. 2003) zajistila firma G IMPULS Praha spol. s r.o., pracoviště Přístavní 24, 170 00 Praha 7 letecký geofyzikální průzkum vybraných lokalit, které jsou uvažovány pro užší výběr místa vhodného pro vybudování podzemního úložiště radioaktivních odpadů. Letecký geofyzikální průzkum je součástí úkolu zadaného ve veřejné soutěži Správou úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) pod názvem:

Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště.

Vzhledem k tomu, že v současné době se v České republice nenachází kompletní geofyzikální výbava, která by byla schopna splnit vysoké nároky na technickou úroveň realizace požadovaných měření přistoupil G IMPULS Praha nejprve k výběru zahraničního partnera, který by byl schopen zajistit jak hardware, tak i software schopný realizovat spolehlivě vlastní letecké geofyzikální měření, jeho zpracování a interpretaci. V interním výběrovém řízení byla nakonec vybrána firma

McPhar Geosurveys Ltd.
1256B Kerrisdale Blvd., Newmarket,
Ontario, Canada L3Y 7V1,
E-Mail obchodního ředitele: tbodger@mgssurveys.com,

která s ohledem na odbornou úroveň svých nabídek i dobré reference dávala oprávněnou naději, že měření úspěšně zajistí, a to v rozsahu daném požadavky zadání.

Jednou z rozhodujících podmínek kvalitní realizace leteckých měření je mít k dispozici nejméně dvě helikoptéry, které jsou kompatibilní s geofyzikálním vybavením a jsou řízeny zkušeným leteckým personálem. Na základě interního řízení bylo rozhodnuto, že letecký servis (helikoptéru včetně osádky) zajistí společnost:

DELTA SYSTEM – AIR a.s.,
Bratří Štefanů 101,
500 03 Hradec Králové,
E-Mail na obchodní oddělení : office@dsa.cz.

S firmou McPhar Geosurveys Ltd. uzavřela firma G IMPULS Praha smlouvu o dodávce prací na klíč. S firmou DELTA SYSTEM – AIR a.s. uzavřel smlouvu přímo McPhar Geosurveys Ltd., který si kladl požadavky na letecký servis podle svých potřeb.

Úkolem firmy G IMPULS Praha spol. s r.o. byl v projektu následující:

- Vést subdodavatelské subjekty k plnění úkolů podle požadavků projektu. Plnit úlohu dozoru nad kvalitou prací.
- Zajistit logistické zázemí pro McPhar Geosurveys Ltd.

- Plnit úlohu odborného mluvčího o geofyzikálních pracích při styku s veřejností.
- Zajistit kontrolní pozemní geofyzikální měření, které mělo za úkol ověřit správnost leteckého měření a získat přesnější představu, nakolik je v praxi letecký průzkum srovnatelný s pozemním.
- Zajistit v rámci dalších etap prací pokračování pozemních měření metodou VDV na oblastech vybraných zejména podle zde předkládaných výsledků leteckých měření, ale i podle ostatních důležitých informací z GIS.

Geofyzikální letecké měření v zásadě probíhalo tak, aby byl, pokud možno, splněn časový harmonogram daný projektem. V průběhu prací se však objevily i neočekávané komplikace, které původní plán lokálně zpožďovaly nebo alespoň vyžadovaly zvláštní pozornost. Management geofyzikálních prací pak musel vynaložit značné úsilí, aby překážky byly překonány a tak bylo možno předat výsledky měření tak, aby nedošlo k opoždění dalších etap úkolu (výběr zúžených lokalit, porovnání leteckých měření s dálkovým průzkumem, pokračování pozemních geologických výzkumů).

Hlavní data realizace projektu shrnuje následující přehled:

Pracovní úkon	Datum
Podepsání smlouvy s firmou McPhar Geosurveys Ltd.	19. 6. 2003
Pozemní kontrolní geofyzikální měření.	květen - červenec 2003
Postupný přílet přístrojů a terénní skupiny McPhar do ČR, celní jednání	2. – 8. září 2003
Instalace měřicího systému HummingBird do helikoptéry v Hradci Králové	8. – 14. 9. 2003
Přesun skupiny se zabudovaným a odladěným měřicím systémem na terénní základnu v Rakovníku. Zahájení provozních aktivit.	15. září 2003
Poškození elektromagnetického systému (gondoly) při cvičném letu nad vrcholky stromů.	19. září 2003
Nová gondola s novým systémem byla po dodání do ČR zabudována na helikoptéru. Rutinní lety byly opět zahájeny.	26. října 2003
Ukončení rutinních terénních (letových) měření.	20. listopadu 2003
Prezentace předběžných výsledků na kontrolním dnu	3. prosince 2003
Prezentace geofyzikálních map po ukončení zpracování dat	11. a 12. března 2004
Prezentace výsledků na informačním setkání se zástupci veřejnosti	23. dubna 2004
Předání výsledků geofyzikálních měření zadavateli úkolu	30. dubna 2004
Kontrolní den spojený s prezentací konečných výsledků geofyzikálních měření	20. května 2004

Jak již bylo uvedeno, vyskytly se v průběhu prací některé překážky, které průběh projektu komplikovaly. Protože je pravděpodobné, že letecká geofyzika bude v ČR používána pro nejrůznější projekty i v budoucnu, je jistě užitečné obtížná místa realizace projektu popsat a popřípadě okomentovat.

1.1 Provozní havárie při letu 19. 9. 2003

Při cvičném letu (zaškolování nového pilota) došlo poblíž Rakovníka k zamotání gondoly s aparaturou do vrcholků stromů. Gondola musela být stržena na zem a po vyšetření incidentu byla nahrazena novou. Náhrada aparatury a nové vyladění systému si vyžádalo přerušení prací přibližně na jeden měsíc. Terén střední Evropy je značně pokryt lesem, stožáry vysokého napětí apod., a je proto nutno počítat s určitým rizikem obdobných nehod. Jak bylo zjištěno, drobné nehody s gondolami postihly i jiné zkušené firmy podnikající v letecké geofyzice.

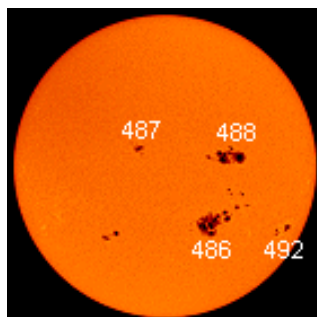
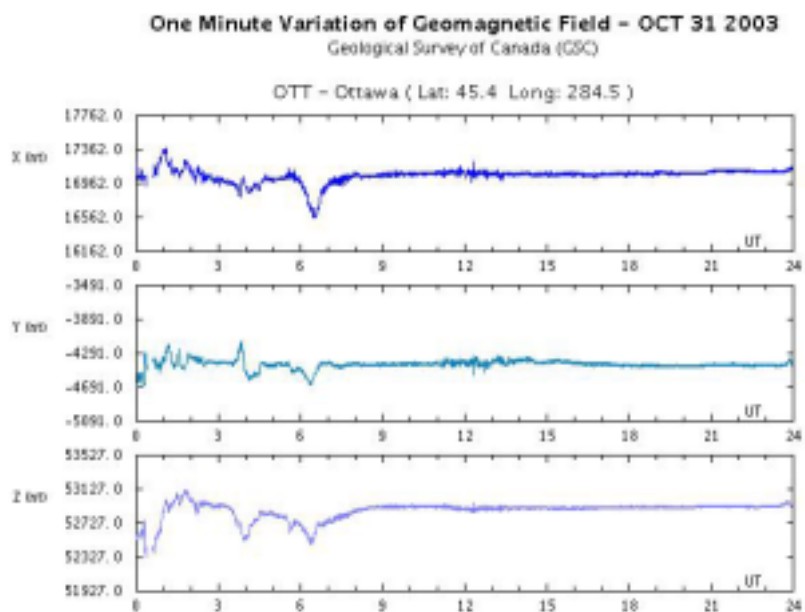


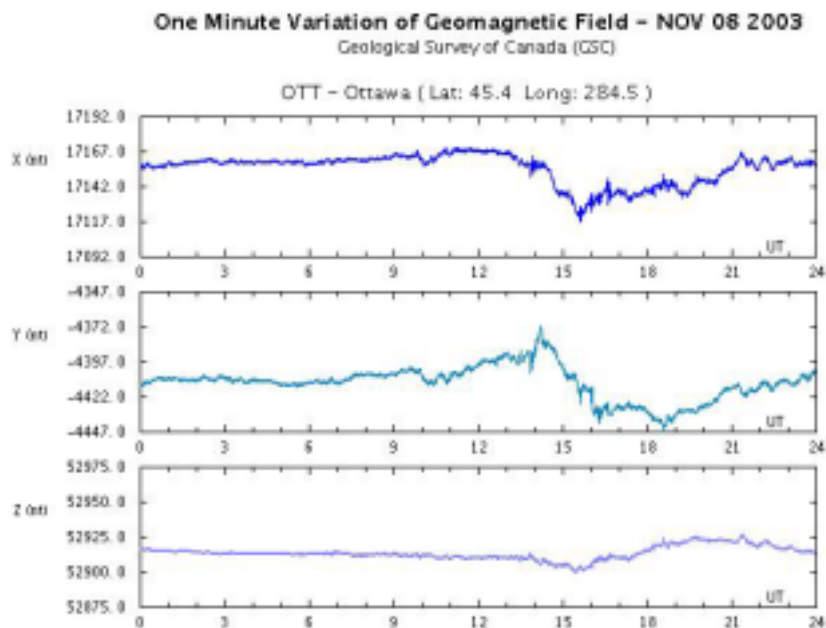
Obr. Geofyzikální gondola po havárii

1.2 Magnetické bouře.

Vzhledem k tomu, že se průzkumné práce opozdily z důvodu poškození hlavní měřící sondy, byly vlastní průzkumné lety posunuty a zahájeny na začátku neočekávaného období mimořádně silných magnetických bouří. Firma G IMPULS Praha oslovila pracovníky Geofyzikálního ústavu AV ČR na Spořilově ke spolupráci. Současně byla prognóza magnetických bouří sledována pomocí internetu v informacích celosvětových magnetických stanic. Mezi firmou G IMPULS Praha a Geofyzikálním ústavem AV ČR byla uzavřena dohoda s tím, že pracovník Geofyzikálního ústavu Ing. Bochníček, specialista na studium geomagnetického pole, bude zasílat prognostické informace o vývoji magnetického pole na území ČR, a to každý den ráno na průzkumnou základnu v Táboře. Záznam o změnách magnetického pole z minulého dne a prognóza vývoje na probíhající den byly podkladem pro rozhodování o právě plánovaném letu a kontrole kvality dat nalétaných minulého dne. Na základě těchto regionálních informací a po kontrole zápisu lokální variační magnetické stanice v Táboře se rozhodovalo společně s pracovníky McPhar o možnosti létání a posuzovalo se, zda nalétaná data nebyla zaznamenána za vyšší magnetické aktivity, než je stupeň 2. Pokud kolísání pole přesáhne stupeň 2, není dle poznatků Geofyzikálního ústavu možné získat spolehlivá naměřená data. Magnetické bouře probíhající na podzim 2003 měly charakter anomálie, která se vyskytuje jednou za 50 let. Intenzita pole například narušila i provoz spojovacích družic. Na základě velmi náhlé změny magnetické aktivity, která nastala při

měření na lokalitě Božejovice – Vlksice, došlo i při zavedených opatřeních k ovlivnění dat. Měření magnetického pole proto muselo být na této lokalitě opakováno.





Obr. Příklad sledování celosvětové magnetické bouře, která nastala na podzim 2003 včetně záznamu slunečních skvrn z 31.10. 2003

1.3 Organizace letů a bezpečnost

S ohledem na náročnou technologii používanou při měření věnovala firma G IMPULS Praha mimořádnou pozornost kontaktům s veřejností – její informovanosti a ochraně zájmů obyvatel. Na lokalitách Lodhéřov a Blatno jsou například v provozu kamenolomy. Při létání bylo nutno zajistit součinnost mezi provozem v lomech (bezpečnost trhacích prací) a organizací letů. Pro kontakt s vedením lomů byl určen pracovník firmy G IMPULS Praha. Tento pracovník, mimo jiné, dohlížel, aby byly skutečně přerušeny trhací práce v dohodnuté době leteckého měření. Je nutno konstatovat, že vedení lomů vyhověla s porozuměním našim potřebám, za což jim i touto cestou děkujeme.

1.4 Vliv katodové ochrany

Na lokalitě Lodhéřov se nachází část tranzitního plynovodu, který podléhá servisnímu středisku Jindřichův Hradec. Firma G IMPULS Praha prostřednictvím svého zástupce uzavřela dohodu, že po dobu leteckého průzkumu bude vypnuta katodová ochrana. Tím se podstatně zlepšila úroveň dat naměřených elektromagnetickou a magnetickou metodou.

1.5 Vliv elektrifikovaných železnic

Na lokalitách Pačejov a Blatno se nacházejí elektrifikované železniční tratě. V zájmu kvality leteckých měření byl učiněn pokus o vypnutí el. trakce, nebo alespoň o omezení provozu na tratích. Tato snaha se setkala s určitým pochopením správy ČD. Předpokladem pro jednání však bylo předložení přesného plánu letů. Konkrétní plán letů však musel být vždy upravován podle počasí a vývoje magnetických bouří, a proto ke konečné dohodě nedošlo.

1.6 Změny počasí, mlhy

Vzhledem k pozdnímu podzimnímu termínu terénních prací nastal častý výskyt dlouho trvajících přízemních mlh. Každodenní rozhodování o provádění průzkumu bylo založeno na aktuálních informacích o stavu počasí na plánované lokalitě a krátkodobé prognóze změn. Tyto informace zajišťovali letci vrtulníku pomocí rádiového spojení s hydrometeorologickými stanicemi situovanými v blízkosti letišť a zkoumaných oblastí. Rozhodnutí o uskutečnění letu bylo vždy ponecháno na letcích.

Celkem bylo ve zdůvodněných případech zameškáno 13 průzkumných letových směn.

Jak již bylo konstatováno, zde předkládaná zpráva informuje v následující kapitole 2 o realizaci a výsledcích leteckých měření. Kapitola vznikla zestručněním překladu originálního textu firmy McPhar a odvolává se většinou i na originální přílohy, sestavené a vytištěné kanadskou stranou. V praxi tedy může získat všechny potřebné informace čtenář ze zde předkládané české verze. Odborník, kterého zajímají podrobnosti, může využít i anglicky psanou zprávu firmy McPhar, která je součástí celkové dodávky pro objednatele (SÚRAO) jako zvláštní příloha. Obdobně v kapitole 3 jsou stručně popsány poznatky z kontrolních pozemních měření, které provedli geofyzici firmy G IMPULS Praha. Zároveň je součástí dodávky podrobná zpráva o pozemních měřeních, která umožňuje seznámit se i s detaily naměřených dat. V kapitole 4 je uveden komentář hlavního dodavatele geofyzikálních prací, tj. pracovníků firmy G IMPULS Praha, který doplňuje pohled odborníků firmy McPhar o některé postřehy a doporučení místních odborníků, důvěrně seznámených s naší geologií. Je nutno poznamenat, že zpracování a interpretace dat byla po celou dobu akce prováděna důsledně za přítomnosti českých specialistů (včetně geologů).

2 Letecká geofyzika

2.1 Úvod k leteckému průzkumu

V období od 27. října do 21. listopadu 2003 provedla firma McPhar Geosurveys, Ltd. pro firmu G IMPULS Praha s.r.o. podrobný helikoptérový elektromagnetický, magnetický a radiometrický průzkum nad šesti (6) lokalitami v České republice. Všechny tyto lokality se nacházejí v západní a jižní části České republiky a jejich podloží tvoří vesměs granitické horniny Českého masivu.

Účelem průzkumného projektu bylo provést mapování prvků jako jsou pukliny, trhliny, zlomy a další možné tektonické a litologické charakteristiky, jež mohou poskytnout data a informace nápomocné při výběru oblasti s nejnižší strukturní nehomogenitou v rámci každého ze šesti bloků. Tato práce má umožnit výběr lokality a v rámci této lokality místo, které by bylo vyhodnoceno jako vhodné pro možné budoucí podzemní úložiště jaderného odpadu.

Výše uvedené cílové prvky se vyznačují anomální odezvou na jednu či více ze tří geofyzikálních metod uplatněných v tomto průzkumném projektu. Bohužel, slabá až mírná odezva ze strany geologických cílových objektů byla v několika oblastech cloněna hustotou obytné a průmyslové zástavby. Informace z průzkumných dat ovšem potvrdily většinu známých i tušených tektonických prvků a naznačily existenci několika dalších možných prvků.

Bylo nalétáno celkem 1845,1 kilometrů helikoptérového průzkumu, což pokrylo celkovou plochu 263,3 čtverečních kilometrů v průzkumné síti 200 x 500 metrů. Orientace průzkumné sítě byla zvolena tak, aby se každému bloku dostalo optimálního pokrytí. První produkční let se konal nad lokalitou Božejovice dne 4. listopadu 2003 a poslední nad lokalitou Budišov dne 19. listopadu 2003.

2.2 Oblasti průzkumu

Oblasti průzkumu jsou situovány v západní a jižní části České republiky:

- Budišov přibližně v polovině vzdálenosti mezi Brnem a Jihlavou,
- Rohozná 10 kilometrů západně od Jihlavy,
- Lodhěřov 30 kilometrů jihovýchodně od Tábora směrem na Jindřichův Hradec,
- Božejovice 20 kilometrů severozápadně od Tábora,
- Pačejov 20 kilometrů severozápadně od Strakonice směrem na Plzeň
- Blatno 40 kilometrů severně od Plzně.

Existují značné rozdíly v hustotě obytné a průmyslové zástavby uvnitř a na okrajích každého z průzkumných bloků. Tyto kulturní prvky obecně omezují užitečné informace, které lze z datových souborů získat o přírodním vývoji zájmových území

Bloky Budišov, Bozejovice a Pačejov jsou charakterizovány převážně zemědělskou půdou a obytnou zástavbou, zatímco bloky Blatno, Lodhéřov a Rohozná jsou z větší části pokryty lesním porostem. Ačkoliv šest průzkumných bloků se nachází v rozmezí 210 kilometrů od lokality Blatno na západě až po lokalitu Budišov na jihovýchodě, povětrnostní podmínky v listopadu se mohly blok od bloku značně lišit v průběhu jediného dne. Déšť a husté ranní mlhy tak hlavní měrou přispěly k časovému rozvrhu diktovanému počasím.

Přehled průzkumných oblastí a souřadnicových sítí je uveden níže v tabulkách 1 a 2 (spolu s rohovými souřadnicemi pro průzkumné oblasti protažené přes jednotlivé bloky a ilustrační mapou). Všechny souřadnice jsou v systému WGS-84 UTM Zone 33N (Central Meridian 15degE).

Materiál s ilustrační mapou, který vydala SÚRAO, je uveden v anglické originálu zprávy.

Název lokality	Plocha	Profilová síť	Základní profily		Převazující profily		Celkem	Směr
			počet profilů	profily-km	počet profilů	profily-km		
Site 14, Blatno	44.5	200m/500m	46	220.8	16	88.6	309.4	108o/198o
Site 30, Bozejovice	43.2	200m/500m	28	212.7	18	82.3	295.0	090o/180o
Site 40, Pačejov	42.2	200m/500m	29	208.8	16	87.2	296.0	090o/180o
Site 41, Rohozná	43.7	200m/500m	37	221.0	15	88.0	309.0	126o/216o
Site 08, Budišov	43.9	200m/500m	35	222.1	14	90.0	312.1	157o/247 o
Site 07, Lodhéřov	45.8	200m/500m	42	231.2	15	92.4	323.6	112 o/202o
Totals	263.3			1316.6		528.5	1845.1	

Tab. 1: Přehled průzkumných oblastí

Název lokality	č. rohu oblasti	UTM-X	UTM-Y	Délka	Šířka
Site 14, Blatno	1	382941.8	5544384.5	13.3652363	50.0402336
	2	379471.3	5545520.0	13.3164339	50.0497513
	3	378471.3	5554398.0	13.2996492	50.1293640
	4	384884.0	5553297.5	13.3896656	50.1207466
	5	382941.8	5544384.5	13.3652363	50.0402336
Site 30, Bozejovice	1	465581.7	5479043.5	14.5250158	49.4630699
	2	457101.6	5479108.5	14.4079857	49.4631119
	3	457172.5	5484456.5	14.4083843	49.5112190
	4	461746.8	5484413.5	14.4715748	49.5111389
	5	465561.1	5483432.5	14.5243492	49.5025444
	6	465581.7	5479043.5	14.5250158	49.4630699
Site 40, Pacejov	1	408314.1	5468988.0	13.6328754	49.3662453
	2	400741.7	5469069.5	13.6332436	49.4171906
	3	400871.0	5474732.5	13.7364178	49.4165840
	4	408352.8	5474534.5	13.7371635	49.3666954
	5	408314.1	5468988.0	13.6328754	49.3662453
Site 41, Rohozna	1	531088.0	5464302.5	15.4278736	49.3306541
	2	526528.9	5467600.0	15.3653450	49.3605347
	3	529077.6	5472831.0	15.4008274	49.4074669
	4	535769.6	5470037.0	15.4928207	49.3819809
	5	534569.8	5467789.0	15.4760942	49.3618317
	6	531088.0	5464302.5	15.4278736	49.3306541
Site 08, Budisov	1	569076.8	5456670.5	15.9493504	49.2588959
	2	566614.1	5462377.0	15.9164600	49.3104935
	3	572890.9	5465118.5	16.0033016	49.3344345
	4	575592.6	5459227.5	16.0393677	49.2811241
	5	569076.8	5456670.5	15.9493504	49.2588959
Site 07, Lodherov	1	496616.8	5448677.5	14.9535685	49.1908913
	2	491253.9	5450783.0	14.8799191	49.2097778
	3	494413.1	5456592.5	14.9232121	49.2620735
	4	497427.0	5457308.5	14.9646320	49.2685318
	5	500521.2	5455307.0	15.0071611	49.2505302
	6	496616.8	5448677.5	14.9535685	49.1908913

Tab. 2: Rohové souřadnice průzkumných oblastí

2.3 Průzkumné operace

Přístrojové vybavení pro průzkumný projekt bylo mobilizováno do České republiky na začátku září 2003. Zařízení bylo sestaveno, instalováno do helikoptéry a testováno v hangáru firmy DELTA SYSTEM - AIR v Hradci Králové. První zkušební let se konal dne 14. září 2003. Z důvodu vojenského cvičení konaného v prostoru bloku Budišov

bylo rozhodnuto o změně zahájení průzkumných operací, a to na západě České republiky v prostoru lokality Blatno. Posádka, helikoptéra a vybavení byly přestěhovány na letiště v Rakovníku dne 15. září 2003. První produkční let nad lokalitou Blatno se uskutečnil dne 16. září 2003. Po dvou dnech pohotovostního čekání z důvodu mírně aktivní geomagnetické bouře došlo při zkušebním letu k nárazu čidla elektromagnetického a magnetického systému (Hummingbird) do stromu a systém byl těžce poškozen. Bohužel, průzkumné operace musely být přerušeny až do doby dodání náhradního systému do České republiky. Helikoptéra i vybavení se vrátilo do Hradce Králové, kde byly uskladněny v hangáru firmy DELTA SYSTEM - AIR. Posádka se vrátila do Newmarketu připravit, otestovat a odeslat náhradní systém Hummingbird.

Zkušební let s náhradním systémem Hummingbird byl uskutečněn v Hradci Králové dne 27. října 2003. Z důvodu zhoršujících se povětrnostních podmínek a předpokládaného malého časového okna pro klidnou geomagnetickou aktivitu byla centrální operační základna zřízena v Táboře, a následujícího dne, tedy 28. října, se helikoptéra i posádka přemístily na letiště v Táboře. Veškeré průzkumné lokality byly v rámci letového dosahu helikoptéry a pozemní podpora s palivem mohla být odeslána na kteroukoliv z lokalit během jedné až dvou hodin za možného dobrého počasí v období relativně klidné geomagnetické aktivity. Vzdálenost a přibližná doba letu z Tábora na každou z lokalit je uvedena níže:

Lokalita	Vzdálenost	Přibližná doba letu z Tábora
Budišov	95 km	40 minut
Rohozná	55 km	25 minut
Lodhěřov	30 km	15 minut
Božejovice	20 km	10 minut
Pačejov	75 km	30 minut
Blatno	120 km	50 minut

Magnetometrická stabilní stanice byla zřízena na operační základně na tábořském letišti. Její umístění bylo zvoleno tak, aby byla co nejdále od energetických vedení a pohybujících se vozidel. Tato stabilní stanice byla používána k monitorování a zaznamenávání denních magnetických změn během průzkumných operací (viz obr. níže).

Stabilní stanice GPS byla zřízena na základně pro geofyzikální zpracování a zaznamenávala statické polohy GPS pro pozdější diferenční opravy pozice helikoptéry. Anténa GPS byla umístěna na střeše budovy pro ničím nebráněný pohled na postavení satelitů (viz obr. níže).



Obr. Magnetometrická stabilní stanice na letecké základně v Táboře



Obr. Stabilní stanice GPS

Gamaspektrometrická stabilní stanice byla rovněž zřízena na základně pro geofyzikální zpracování a byla sledována v průběhu průzkumných operací (viz obr. níže).



Obr. Gamaspektrometr - stabilní stanice

Testovací a kalibrační místa byla zřízena na letišti a zkušební letová trasa byla zvolena z tábořského letiště do Turovce. Zkušební trasa byla létána na začátku letu a znovu potom v opačném směru při návratu z letu za účelem monitorování doby zpoždění záznamu a rovněž jakýchkoliv změn v datových souborech.

Průzkumné vybavení a věci pro případnou údržbu byly uloženy na letišti v Táboře. Odpočívárna v aeroklubu poskytovala pohodlné zázemí pro posádku.

Průzkumné sítě byly létány formou volného závěsu ve jmenovité výšce helikoptéry 60 metrů nad povrchem země (30 metrů v případě elektromagnetických a magnetických čidel). Výška letu byla udržována co možná nejlíže výše specifikované výšce, aniž by byla ohrožována bezpečnost posádky, stroje a průzkumného vybavení. Oblasti s obytnou zástavbou a přírodní překážky si ovšem vynutily nalétání částí některých bloků ve větších výškách, než je uvedeno.

Jmenovitá rychlost průzkumu byla 25 – 30 metrů za sekundu. Skenovací rychlost pořizování elektromagnetických a magnetických dat byla 0,1 sekundy, a v případě spektrometru, radarových a barometrických výškoměrů a systému GPS pro navigaci/zjišťování polohy to byla rychlost 1,0 sekundy. Hodnoty magnetických dat jsou tudíž zaznamenávány přibližně po každých třech metrech, a stanovení polohy a sumární počet impulsů gama záření jsou zaznamenávány přibližně po každých 30 metrech dráhy letu.

Navigaci napomáhal systém příjmu v reálném čase (Real-Time DGPS), který udává GPS souřadnice jakožto WGS-84 zeměpisná šířka a délka, a navádí pilota na předem naprogramovanou průzkumnou síť. Souřadnice x-y-z polohy helikoptéry udávané systémem GPS byly zaznamenávány spolu s výškou od terénu udávanou radarovým výškoměrem. Výšková navigace podél letových linií byla stanovována radarovým výškoměrem.

Konečné vertikální a horizontální pozice měření byly odvozovány z diferenčně opravených GPS dat a vypočítávány z dvoufrekvenčního přijímače typu Millenium GPS s přesností přibližně 1,5 metru. Výška helikoptéry nad terénem byla sledována a zaznamenávána pomocí radarového výškoměru.

Průzkumná data byla denně převáděna na hard disk PCMCIA a do přenosné paměťové karty, a potom kopírována do terénních pracovních stanic pro zpracování dat. Terénní zpracování dat zahrnovalo diferenční opravu GPS dat, sloučení dat do databázového formátu GEOSOFT GDB a kontrolu magnetických, elektromagnetických a gamaspektrometrických dat, zda odpovídají specifikacím ve smlouvě. Průzkumné letové linie, které vykazovaly nadměrné odchylky po diferenční opravě, nebo u kterých byla z jakéhokoliv důvodu konstatována horší kvalita, byly nalétány znovu, kdykoliv to bylo možné.

Bouřlivá geomagnetická aktivita způsobená obrovskými erupcemi ze sluneční skvrny 486 dne 28. října 2003 bránila průzkumnému létání až do 3. listopadu 2003, kdy byla stanovena a nalétána testovací trasa. První produkční let z Tábora se uskutečnil nad lokalitou Božejovice dne 4. listopadu 2003 a poslední let nad lokalitou Budišov dne 19. listopadu 2003. Včetně letu č. 3 nad lokalitou Blatno uskutečněného dne 16. září 2003, bylo zapotřebí celkem deset (10) dnů testování/kalibrace a vlastního průzkumného létání k dokončení projektu. Závěrečné testy a kalibrace byly provedeny dne 20. listopadu 2003 a helikoptéra a vybavení byly demobilizovány do DELTA SYSTEM - AIR v Hradci Králové.



Obr. Základní odborný tým firmy McPhar na letecké základně (první zleva vedoucí skupiny pan Andersen)

2.4 HELIKOPTÉRA A VYBAVENÍ

2.4.1 Helikoptéra

Průzkum byl nalétán pomocí helikoptéry typu Eurocopter AS355F2 Ecureuil s registračním označením OK-MIA (viz obr. níže). Helikoptéra byla provizorně upravena tak, aby sloužila jakožto plošina pro geofyzikální průzkum. Bylo na ni instalováno zařízení pro navigaci pilota, pohon přídatných agregátů pro geofyzikální vybavení a nosič pro digitální videokameru ke sledování dráhy letu. Elektromagnetické čidlo je připevněno k závěsnému háku a nosič zařízení je připevněn na opěrci sedadla za pilotem.



Obr. Helikoptéra Eurocopter AS355F2

Instalaci geofyzikálního a pomocného vybavení provedl personál firmy McPhar u společnosti DELTA SYSTEM - AIR v Hradci Králové v České republice. Finální úpravy, kalibrace a testování potom byly provedeny na letišti v Táboře.

2.4.2 Přístrojové vybavení pro průzkum

2.4.2.1 Přehled průzkumného systému

- Přístrojové vybavení instalované v helikoptéře zahrnovalo:
- Cesiový magnetometr typu Geometrics G-823 instalovaný do detekčního systému HummingBird, s rozlišovací schopností 0,001nT/vzorkovací frekvence 10 krát za sekundu (10 Hz),
- Gamaspektrometr typu Pico EnviroTech GRS-410 s krystalovými detektory NaI(Tl) o objemu 16,78 litru pro měření aktivity Země a 4,2 litru pro měření kosmického záření,
- 24-kanálový přijímač GPS typu NovAtel Millennium & OMNISTAR DGPS-Max měřící v reálném čase

- Počítač pro navádění pilota typu Picodas PNAV-2100 GPS
- Duální systém HummingBird a Eigis na bázi PC pro pořízení dat s vysokokapacitními hard diskly, barevným displejem, procesorem typu LARMOR s rozlišovací schopností 0,001nT/10 Hz, a vlastním software SURVEY, REPLOT a dalšími typy vlastního i komerčního software,
- Radarový výškoměr typu Terra model TRA-3500/TRI-30 pro měření výšky helikoptéry nad povrchem země,
- Převaděč barometrického tlaku na výšku typu Setra model 276 k zaznamenávání hodnot barometrického tlaku během měření a výšky nad hladinou moře.
- Přístrojová skříň.

2.4.2.2 Systém magnetometru

Magnetické čidlo použité pro průzkum bylo typu Geometrics G-823. Jedná se o cesiové čidlo magnetometru na bázi optického čerpání, instalované v gondole systému HummingBird EM. Udávaná citlivost magnetického čidla je 0,001 nanoTesla (nT) při intervalu vzorkování 0,1 sekundy.



Obr. Magnetické čidlo Geometrics G-823

Cesiové magnetické čidlo je v podstatě miniaturní jednotka na bázi atomové absorpce, která vytváří signál, jehož frekvence (Larmorova frekvence) je úměrná intenzitě okolního magnetického pole. Jednotka se skládá ze tří hlavních prvků: jsou to cesiová odpařovací lampa, absorpční buňka a fotocitlivá dioda. Tyto tři součásti jsou všechny upevněny podél společné optické osy uvnitř pouzdra pro čidlo. Systém elektronické podpory je instalován ve vzdálenosti přibližně tří metrů od čidla a vysílá Larmorův signál do počítačového systému umístěného v systému pro sběr dat, který převádí signál na velikost magnetického pole uváděnou v jednotkách nanoTesla (nT).

2.4.2.3 Gamaspektrometr

K získání dat o záření gama pro tento projekt byl použit systém gamaspektrometru Pico EnviroTech GRS-410, s obsahem celkem 1024 palců krychlových (16.78 litru) krystalových (NaI(Tl)) detektorů měřících aktivitu Země a 256 palců krychlových (4.2 litru) krystalových (NaI(Tl)) měřících kosmické záření, viz obr. níže. Systém byl konfigurován k získání 256 diskretních energetických kanálů z obou typů krystalových detektorů (viz Příloha).



Obr. Gamaspektrometr – systém Pico EnviroTech GRS-410

Gamaspektrometr se skládá ze dvou základních částí:

- systém detektorů a
- počítadlo a diskriminátor.

Systém detektorů je tvořen blokem luminiscenčního materiálu, který je opticky spojen s čidlem viditelného světla, s tzv. fotonásobičem - Photo-Multiplier Tube (PMT). Některé pevné materiály emitují záblesky viditelného světla (světélkují či scintilují), proniká-li jimi záření gama. Existují tři (3) hlavní typy luminiscenčních materiálů: organické krystaly, anorganické krystaly a organické plasty. Luminiscence anorganických materiálů se v podstatě vztahuje ke krystalické struktuře, a to buď prostřednictvím defektů mřížky v čistém krystalu, anebo častěji prostřednictvím nečistot vpravovaných za účelem “aktivace” krystalu, jako například krystaly jodidu sodného (NaI) aktivované thaliem (Tl). Přidaná vlastnost detektorů na bázi krystalů jodidu sodného (NaI) spočívá v tom, že intenzita světelného záblesku či scintilace se přímo vztahuje k energii dopadajícího záření gama. Řídící jednotka GRS-410 počítá scintilace detekované pomocí PMT a stanoví úroveň energie záření gama, které způsobilo scintilaci z intenzity světelného záblesku. Počet pulzů záření gama lze potom přidat ke kanálu pro příslušný okruh energie. Po zvolené době pozorování nebo času integrace je zaznamenáván počet pulzů v každém kanálu. Pro letecké geofyzikální průzkumy se běžně používá čas integrace 1,0 sekundy.

System spektrometru má rozsah měření od 0 do 3,0 MeV. Kanál sledující kosmické záření počítá všechny scintilace nad 3 MeV. GRS-410, vybaven příslušným software, má grafický displej, na němž je možné zobrazit jakékoliv vybrané spektrum nebo statistické záznamy.

GRS-410 je samostabilizační spektrometr a sleduje a koriguje velikost a pozici spektrálního okna pomocí max. píku thoria. Byly zaznamenávány a zpracovávány hraniční hodnoty níže uvedených spektrálních oken. 256-kanálová digitální data byla zaznamenána a poskytnuta klientovi.

Příklad standardních rozsahů jednotlivých energetických oken, které byly zaznamenány v hranicích energetického okna v MeV, je uveden v tabulce 3 níže

Standardní okna		
ELEMENT	DOLNÍ HRANICE (MeV)	HORNÍ HRANICE (MeV)
CELKOVÁ AKTIVITA	0,41	2,81
DRASLÍK	1,37	1,57
URAN	1,66	1,86
Thorium	2,41	2,81
KOSMICKÉ ZÁŘENÍ	3,00	∞

Tab. 3: Příklad standardních energetických oken

2.4.2.4 Helikoptérový elektromagnetický systém

Za účelem pořízení elektromagnetických dat pro tento projekt byl použit systém Geotech HummingBird s frekvenční doménou (HEM). Je to lehký, plně digitální systém, schopný poskytovat data z frekvencí 7001, 6606, 880 a 34.133 Hz horizontálních koplánárních a vertikálních koaxiálních cívkových souborů. Oba typy dat (reálná a imaginární složka) jsou zaznamenávány v ppm primárního frekvenčního pole.

System se v zásadě skládá ze čtyř dvojic cívek vysílač-přijímač a doprovodné elektroniky a je instalován v pevném 7 metrů dlouhém tubulárním tělese, které je zavěšeno a vlečeno 30 metrů pod helikoptérou (viz obr. níže). Celkem osm kanálů dat bylo zaznamenáváno při vzorkovací četnosti 10 Hz, výsledkem čehož byl soubor měření získávaný přibližně po každých 3 metrech dráhy letu. Ukládání veškerých parametrů a dat je řízeno softwarem z konzoly v helikoptéře.



Obr. 7 m dlouhé tabulární těleso



Obr. Vlečení systému 30 m pod helikoptérou

2.4.2.5 Elektromagnetický systém a zavěšená gondola za letu

System je vynulován a kalibrován s použitím kalibrační cívky a feritové kalibrační tyče na začátku a na konci každého dne průzkumného létání a rovněž je vynulován v pravidelných intervalech během leteckého pořizování dat.

2.4.2.6 Stabilní magnetometrická stanice

V tomto projektu byl použit magnetometr GEM GSM-19 Overhauser (viz obr. níže) v konfiguraci pro měření pomocí pozemní stabilní stanice. GSM-19 má citlivost 0,1 nT. Pozemní stabilní magnetometrická stanice byla instalována na letišti v Táboře (viz příloha v originálním anglickém textu). Bylo vynaloženo veškeré úsilí k tomu, aby bylo čidlo magnetometru umístěno na místě s nízkým magnetickým gradientem a mimo dosah přenosových vedení elektrické energie a pohybujících se železných objektů, jako jsou motorová vozidla a letadla.



Obr. Magnetometr GEM GSM-19

Data z pozemní stabilní magnetometrické stanice byla zaznamenávána do vnitřní paměti jednotky a zálohována do terénní pracovní stanice každý večer po skončení průzkumného létání.

2.4.2.7 Navigační systém GPS NAVSTAR

Přijímače GPS použité v tomto projektu byly typu NovAtel "Millenium", dvoufrekvenční, L2/P2 code, 24-kanálový NAVSTAR (které samy o sobě mají přesnost +/-15 metrů a přesnost vyšší než +/- 1,5 metru po provedení diferenčních oprav), a 12-kanálového typu OMNISTAR DGPS-Max (viz obr. níže) v reálném čase diferenčně opravujícího výstupní polohová data. Rychlost měření GPS přijímačů byla v sekundových intervalech. Tento GPS systém zahrnoval navigační počítač PNAV-2100 s dvouřádkovým čtyřicetiznakovým displejem k navádění helikoptéry. Navigační systém PNAV-2100 navádí pilota nad předem stanovenou letovou sítí profilů, kterou lze sledovat na druhé obrazovce.



Obr. Navigační přijímací systém OMNISTAR DGPS-Max a model Setra 470 pro barometrická výšková měření

Tyto systémy GPS přijímačů rovněž zajišťovaly časovou synchronizaci polohových dat se zaznamenávanými geofyzikálními daty.



Obr. Instalace navigačního systému v helikoptěře

2.4.2.8 Digitální videosystém Geo-iMAGE Lite

Během průzkumu byl v provozu digitální videosystém Geo-iMAGE Lite a zaznamenával digitálně barevná zobrazení povrchu země pod helikoptérou. Tyto

záznamy byly uloženy formou .JPG souborů na hard disk na konzole Geo-iMAGe a klientovi byly dodány na discích CD-ROM.

System tvořily následující komponenty hardware:

- Konzola Geo-iMAGe-Lite k zachycení, zpracování a zobrazení s hromadnou pamětí pro archivaci videozáznamu
- Barevná digitální videokamera Sony DFW-V500 s automatickým zaostřováním a dvojnásobným přiblížením

Ve výšce 60 metrů zachycují jednotlivá zobrazení plochy zemského povrchu o velikosti zhruba 52 m (napříč trasou) krát 34 m (podél trasy), s velikostí pixelu 7 cm. Videozáznamy byly pořizovány rychlostí 4/sekundu podél trasy s překryvem mezi snímky v řádu 30%. Bohužel neexistuje překryv mezi letovými liniemi a tak nebude možné vytvořit „mozaiku“ celé průzkumné plochy z těchto snímků.

2.4.2.9 Pozemní stabilní stanice GPS

Pozemní stanice GPS, kterou tvoří další NovAtel “Millennium” 24-kanálový dvoufrekvenční GPS přijímač, byla instalována na základně pro zpracování dat poblíž tábořského letiště, a zaznamenávala GPS data na přenosný PC zapisovač dat pro účely diferencních oprav po skončení letu.



Obr. Pozemní stanice GPS (NovAtel, Millennium)

2.4.2.10 Výškoměry

Typ Terra výškoměrného systému TRA-3500/TRI-30 Radar zaznamenával výšku helikoptéry nad terénem se zaznamenanou přesností přibližně +/- 0,5 metru, v rozmezí od 1 do 750 m.

Typ Setra 470 barometrického výškoměru/převaděče tlaku měřil barometrický tlak, ze kterého se počítala výška helikoptéry nad hladinou moře. Typ Setra 470 má přesnost +/- 0,02% a rozlišení 0,5 metru.

2.4.2.11 Systém sběru/zaznamenávání dat

K zaznamenávání geofyzikálních a navigačních dat na palubě helikoptéry byl použit duální systém HummingBird na bázi PC a systém Aegis pro pořízení dat (DAS). Data byla zaznamenávána na hard disky (a později kopírována na vyměnitelný hard disk PCMCIA a na přenosné paměťové karty) s rychlostí přehrávání 0,1 sec v případě magnetických a elektromagnetických dat, a 1,0 sec v případě radiometrických a pomocných dat. Systém DAS plní pět hlavních funkcí: 1) řízení a monitoring, 2) pořizování dat, 3) zpracování dat v reálném čase, 4) navigace a 5) zpětné přehrávání dat a analýza.

Systémy DAS jsou mikropočítače, které jsou plně kompatibilní s PC. Veškeré rutiny spojené se sběrem dat, dále potom kontrola, vyrovnávání, zaznamenávání a ověřování jsou pro zajištění maximální možné flexibility řízeny softwarem. Pro umožnění rozšiřitelnosti byla jak pro software, tak pro hardware využita modulární koncepce. Čidla používaná v systémech DAS mohou zahrnovat gravimetrické, radiometrické, magnetické a elektromagnetické jednotky. Další přístroje jako jsou navigační systémy GPS, výškoměry a videozařízení pro záznam dráhy letu jsou rovněž snadno propojeny se systémem. Zaznamenávaná data jsou monitorována na barevném displeji z tekutých krystalů jakožto různé pseudo-analogové stopy k ověření kvality a funkčnosti zaznamenávaných dat (viz obr. níže).



Obr. Monitor pro zobrazení zaznamenaných dat

2.4.2.12 Terénní počítačové pracovní stanice

Na tomto projektu byly využity tři terénní pracovní stanice pro zpracování dat (FWS), které byly přiřazeny k přenosným mikropočítačovým systémům na bázi PC pro použití na technických základnách v terénu. Tyto pracovní stanice jsou nastaveny pro použití se softwarem pro zpracování dat Geosoft Montaj Data Processing Software (v našem případě byla používána verze 5.1.10), a s různými vlastními a komerčními typy software k vyhledání, editaci, zpracování a archivaci řetězců dat z různých čidel. Terénní pracovní stanice FWS jsou schopny znovu zobrazit data, a v případě potřeby mohou být využity k vytvoření pseudoanalogových diagramů/tabulek ze zaznamenaných digitálních dat během 12 hodin po skončení průzkumného letu. Tyto stanice jsou rovněž schopny zpracovávat a zobrazovat veškerá geofyzikální a navigační data pořízená během průzkumu, a rovněž vytvářet předběžné mapy buď v černých nebo barevných konturách na papíře.

Terénní pracovní stanice byly použity pro následující účely:

- Ověřování digitálních dat – kvalita a úplnost dat naměřených leteckým průzkumem byla denně zajišťována pomocí statistických a grafických prostředků,
- Ověřování dráhy letu – GPS data sloužila k vytváření grafů dráhy letu za účelem ověření úplnosti a přesnosti každodenního létání
- Předběžné mapy – softwarový systém GeoSoft umožňoval v terénu rychle a účinně vytvářet předběžné mapy dat pro účely kontroly šumů a návaznosti dat.

Pracovní stanice jsou přenosné PENTIUM mikropočítače, kompatibilní s PC, s 500 MHz či rychlejším procesorem a jsou vybaveny pamětí o kapacitě 256 MB či vyšší, vysokokapacitním hard diskem, vysokokapacitními vyměnitelnými magnetickými či optickými médii pro uchování dat, a rovněž displejem s vysokou rozlišovací schopností sloužícím pro textové i grafické informace. Součástí systému použitého v tomto projektu byly rovněž barevné inkoustové tiskárny a skenery.

Softwarový systém slouží pro editaci, sestavování, zpracování a zobrazování leteckých dat. Software čte přenosná datová média, kontroluje mezery v datech, hraniční hodnoty či další chyby a umožňuje editaci dat v případě potřeby. Data zaznamenaná pozemní GPS/magnetometrickou stanicí jsou denně kontrolována, editována, zpracovávána a poté slučována s daty pořízenými leteckým průzkumem. Zobrazení dráhy letu podle GPS je vytvářeno a tištěno jak pro stanovení dráhy letu, tak pro ověření skutečné dráhy letu. Vícekanálové grafy sklopených profilů zaznamenaných a editovaných dat jsou zobrazovány na grafické obrazovce a lze je dle potřeby reprodukovat na inkoustové tiskárně. Software lze rovněž použít k opětovnému vyvolání záznamu dráhy letu, k magnetickému vyrovnání, filtraci, vytvoření jednotné sítě bodů a izolinií (grid) z různých datových souborů.

2.4.2.13 Náhradní vybavení

Běžný sortiment náhradních dílů, záložního software a nezbytných testovacích přístrojů byl k dispozici v terénních kancelářích v Táboře a Hradci Králové.

2.5 KONTROLY A KALIBRACE PŘÍSTROJOVÉHO VYBAVENÍ

2.5.1 Testování a kalibrace leteckého magnetometrického systému

2.5.1.1 Každodenní kontroly

Magnetometrická pozemní stanice byla sledována v pravidelných intervalech jak před začátkem průzkumného letu, tak v jeho průběhu, a to za účelem minimalizace možnosti pořízování dat během aktivních geomagnetických bouří. Několikrát jsme před průzkumným letem konzultovali geomagnetickou observatoř v Budkově, když byla předpovídána možná geomagnetická aktivita.

2.5.1.2 Směrový efekt

Hodnota magnetického „směrového efektu“, kterým je zatíženo měřené magnetické pole, byla vyrovnávána pomocí konstanty „DC-offset“ existující mezi letovými liniemi ve čtyřech různých směrech. Tato vyrovnání byla konstantní v průběhu měření každého bloku a byla stanovována statisticky a odstraňována při předběžném zpracování.

2.5.1.3 Kontrola doby zpoždění mezi daty GPS a magnetometrickými daty

Kontrola byla prováděna ke stanovení časového rozdílu mezi magnetometrickými odečty a činnostmi systému GPS. Při několika příležitostech byly přes význačné anomálie podniknuty zkušební lety ve dvou směrech v průzkumné výšce (viz obrázky v Příloze).

Kontrola byla denně prováděna před začátkem vlastního průzkumného létání. Doba zpoždění během celého průzkumu setrvala na úrovni 500 msec.

2.5.2 Kalibrace a testování systému gamaspektrometru

2.5.2.1 Kalibrace kosmického okna

Ke stanovení kosmického pozadí a vlivu helikoptéry byla ke konci průzkumu dne 20. listopadu 2003 provedena kalibrace kosmického okna.

Kosmická kalibrace byla prováděna létáním ve výškách 1000 m, 1100 m, 1200 m, 1300 m, 1400 m, 1500 m, 1600 m, 1700 m, 1800 m, 1900 m a 2000 m nad zemí, s časem měření zhruba 7 – 10 minut na každé výšce nad rybníkem Svět. Kalibračního letu bylo

využito k výpočtu hodnot kosmického pozadí a vlivu helikoptéry. Výpočty byly provedeny podle standardu uvedeného ve zprávě IAEA z roku 1991 následovně:

$$N = a + bC,$$

kde:

N = kombinované kosmické pozadí a vliv helikoptéry v každém spektrálním okně

a = vliv helikoptéry v okně

b = stripping faktor pro příslušné registrační okno

C = hodnota přefiltrovaného kosmického pozadí

Kde byly tyto hodnoty opraveny na mrtvou dobu, a kde “a” a “b” byly stanoveny s použitím lineární regrese.

2.5.2.2 Kalibrace gamaspektrometru

Gamaspektrometr PicoEnvirotech GRS-410 byl kalibrován v Ottawě dne 14. ledna 2004 v zařízení Karevan, s použitím kalibračních zářičů z Geological Survey of Canada. Kalibrační měření prováděl Dr. Ivo Mejzr z firmy PicoEnvirotech s pomocí Hermanna Muelera. Data a výpočty jsou uvedeny v Příloze.

2.5.2.3 Stanovení koeficientu útlumu záření v závislosti na výšce

Stanovení koeficientů útlumu záření bylo provedeno na konci průzkumného létání 20. listopadu 2003. Kalibrace byla provedena pomocí přeletů nad 10 vybranými místy na tábořském letišti. Souřadnice 10 míst jsou uvedeny v seznamu “cal_stations.xls” v Příloze. Helikoptéra na každém z těchto míst přistála, a zůstala na zemi po dobu 2 – 5 minut k zajištění stabilizovaného čtení gamaspektrometru a poté pomalu vystoupala vertikálně do výšky 150 – 200 m nad zemí za účelem sběru dat útlumové křivky pro každý spektrální kanál. Výšková data a data přefiltrovaná, opravená na mrtvou dobu a s odstraněným pozadím byla použita ke stanovení koeficientů útlumu s použitím exponenciální regrese.

2.5.2.4 Stanovení poměrů zdánlivé citlivosti radioaktivních prvků (K, U, Th)

Poměry citlivosti byly stanovovány s použitím dat přefiltrovaných, opravených na mrtvou dobu, s odstraněným pozadím a s opraveným koeficientem útlumu, pořízených na 10 místech měření na tábořském letišti.

Zdánlivá koncentrace radioaktivního prvku byla stanovována z měření na každém z 10 míst s použitím kalibrovaného přenosného pozemního gamaspektrometru (GS-256,

Geofyzika a.s., Brno, CZ), který poskytl G IMPULS. Poměry citlivosti byly vypočítávány následovně:

$$C = N_s/S,$$

kde:

C = zdánlivá koncentrace prvku (K-procento, eU-ppm, eTh-ppm), opravená na mrtvou dobu, o pozadí a útlum.

S = citlivost zdroje pro okno

2.5.2.5 Test rozlišovací schopnosti spektrometru

Rozlišovací schopnost spektrometru byla stanovována před a po každém průzkumném letu s použitím známého zdroje cesia.

2.5.2.6 Test spektrální stability

Stabilita spektrometru byla monitorována prováděním každodenních kontrol zdroje a kontrolou 256-kanálového spektra pro každou linii průzkumu.

2.5.2.7 Denní kontroly zdroje

Kontrola zdroje byla prováděna před a po každém průzkumném letu s použitím zdrojů se standardní kalibrací: uran (U) a thorium (Th). Každý test byl prováděn postupným měřením přirozeného radiačního pozadí, zdroje uranu a zdroje thoria, každého z nich po dobu jedné minuty.

2.5.2.8 Kontroly 256-kanálového spektra

Pro každou průzkumnou linii bylo vypočítáno a zobrazeno 256-kanálové spektrum. Umístění U a Th pík / registračních oken bylo ověřováno za účelem zjištění, zda odpovídají správným kanálům.

2.5.2.9 Testovací trasa

Kontrolní trasa Tábor – Turovec byla zvolena jakožto testovací trasa. Tato testovací trasa byla létána na začátku a na konci každého průzkumného letu. Odchytky měřeného neupraveného záření od průměru celkového záření a záření K, U a Th jsou v rozmezí $\pm 15\%$ pro všechny testy, s výjimkou testovacího letu na konci průzkumného létání dne 4. listopadu 2003. Veškeré linie nalétané dne 4. listopadu 2003 (lokalita Božejovice) byly znovu nalétány dne 11. listopadu 2003.

2.5.3 Kontroly a kalibrace elektromagnetického systému

System HummingBird HEM byl kalibrován na zemi před začátkem a znovu po skončení každého dne průzkumného létání. Počáteční pozemní testy a kalibrace byly prováděny po 45 až 60 minutách zahřívání systému, v závislosti na okolní teplotě. Testovací sekvence sestávala z kalibrace každé frekvence pomocí kalibrační cívky a kalibrační feritové tyče.

Těsně před začátkem každého průzkumného letu a znovu po jeho skončení, palubní operátor kalibroval systém pomocí vnitřní kalibrační cívky. V pravidelných intervalech během průzkumných letů, přibližně každých 30 až 40 minut, helikoptéra vystoupala do výšky 250 metrů nebo výše, aby bylo operátorovi umožněno provést kontrolu pozadí a posunu pozemního efektu. Bohužel, několikrát tento manévr nemohl být uskutečněn z důvodu souvislé mrakové pokrývky ležící ve výšce pod 250 metrů.

Testovací trasa Tábor-Turovec byla létána kdykoliv to bylo možné při opouštění tábořského letiště a znovu v opačném směru při návratu. Data z každého letu po testovací trase jsou porovnávána za účelem ověření kalibrace systému.

2.5.4 Kalibrace výškoměru

Kalibrace výškoměru radaru byla provedena před začátkem celého průzkumu dne 3. listopadu 2003 a znovu po skončení průzkumu dne 20. listopadu 2003.

2.5.5 Kontrola pozemní stanice GPS a další každodenní kontroly

Před začátkem průzkumného letu byla prováděna kontrola počtu “viditelných” satelitů NAVSTAR, a všechny přenosné systémy jsou synchronizovány s GPS časem. Kontrola všech záznamových a synchronizačních systémů byla prováděna na začátku a na konci každého průzkumného letu.

2.6 ZPRACOVÁNÍ DAT

2.6.1 Všeobecně

Zpracování dat bylo prováděno ve dvou fázích:

- každodenní kontrola kvality dat, počáteční zpracování a archivace dat, a příprava předběžných mapových výstupů byla prováděna v terénu na operační základně v Táboře a v kancelářích firmy G IMPULS Praha,
- finální zpracování dat a jejich prezentace, interpretace a závěrečná zpráva byly prováděny v kancelářích firem G IMPULS Praha a McPhar.

2.6.1.1 Sestavení dráhy letu

Dráha letu byla odvozována z diferenčně opravených poloh GPS s použitím leteckých GPS dat i dat z pozemní stanice GPS a rovněž z poloh v reálném čase, které udával OMNISTAR DGPS-Max. Editace GPS dat a zpracování diferenčních oprav bylo prováděno s použitím zpracovatelského systému GrafNav GPS, který vyvinula firma WayPoint Navigation, Inc. Poloha byla vypočítávána každou vteřinu (přibližně každých 30 metrů dráhy letu) s přesností větší než +/- 1,5 metru. Tato polohová data byla sloučena s magnetickými, radiometrickými, elektromagnetickými a pomocnými daty do databází Geosoft GDB.

Digitální systém kamery GeoLite pro sledování dráhy letu zaznamenával obraz každou vteřinu. Těchto zobrazení mohlo být využito jak k opětovnému vyvolání záznamu dráhy letu v případě potřeby, tak jako prostředku korelace pozemních rysů s geofyzikálními anomáliemi. Zobrazení a k nim příslušný lokalizační soubor byly denně archivovány a posléze uloženy na CD pro každý průzkumný blok. Datový formát je popsán v Příloze C anglického originálu zprávy.

Všechny mapové výstupy jsou předkládány na topografickém podkladu, který připravilo sdružení GeoBariéra, oddělení GIS data, pro každou ze šesti průzkumných ploch. Informace v topografickém podkladu zahrnují výškopis, silnice, železnice, vedení vysokého napětí, potrubní vedení, řeky a vodní toky, lesy, zemědělsky využívanou půdu, obytnou zástavbu, atd. Ačkoliv na papírových mapách jsou zobrazeny pouze vybrané soubory informací, veškeré geografické informace existují v digitální formě v každé mapě jako zvláštní vrstva.

2.6.2 Zpracování magnetických dat

2.6.2.1 Magnetická data z pozemní stanice

Data z pozemní magnetometrické základny byla denně editována a zanášena do databáze Geosoft GDB.

2.6.2.2 Opravy magnetických dat

Zpracování magnetických dat zahrnovalo opravu pro orientaci čidla systému HummingBird v magnetickém poli Země a opravy o denní variace s použitím digitálně zaznamenávaných hodnot pozemní magnetometrické stanice a konečné úpravy průzkumné sítě s použitím informací získaných z příčných a kontrolních letových linií k vyrovnání souboru průzkumných dat (Saul, 1998). Tento opravený datový soubor byl použit k vytvoření sítě pro další zpracování a analýzu.

2.6.2.3 Gridding

Opravená magnetická liniová data z průzkumu byla interpolována mezi průzkumnými liniemi pomocí gridovací metody náhodného bodu k vytvoření hodnot x-y pro

standardní velikost okna gridovací sítě 50 x 50 metrů. Obecně, algoritmus minimální křivosti (MINC) byl používán k interpolaci opravených dat na pravidelnou čtvercovou síť.

2.6.2.4 Derivace

Data totálního magnetického pole byla podrobena řadě filtračních technik za účelem vytvoření barevných kontur následujících odvozených magnetických polí:

- redukce na pól
- první vertikální derivace
- druhá vertikální derivace
- horizontální derivace
- analytický signál

Produkty těchto filtračních technik mohou zvýraznit konkrétní magnetické anomálie, a tím napomoci při rozpoznávání magnetických charakteristik, zejména tam, kde sledované charakteristiky jsou slabě magnetické.

2.6.2.5 Popis zobrazení redukce na pól

Redukce na pól je používána k vycentrování magnetických anomálií nad jejich zdroji. Může to napomoci při interpretaci anomálních rysů, jako je například anomálie nad tělesy bazaltu na bloku Blatno.

2.6.2.6 Zobrazení první a druhé vertikální derivace a horizontálního gradientu

Mapy první a druhé vertikální derivace a horizontálního gradientu jsou používány ke zvýraznění lokálních anomálií a k potlačení regionálních efektů. Strukturní informace, stejně jako litologická rozhraní lze často lépe interpretovat z těchto datových souborů. Bylo vytvořeno barevné stínované zobrazení horizontálního gradientu (viz mapy stránkového formátu v Příloze D anglického originálu textu).

2.6.2.7 Zobrazení analytického signálu

Analytický signál (rovněž označovaný jako celkový gradient) byl vypočítáván ze složek horizontálního a vertikálního gradientu (MacLeod et al 1993, a Roest et al 1992). “Magnetická rozhraní” jsou v zásadě pozitivní anomálie, a nezávislé na inklinaci okolního pole.

2.6.3 Zpracování gamaspektrometrických dat

2.6.3.1 Svázání radiometrických dat s daty GPS

Opravená x-y-z GPS data a časová data byla svázána s radiometrickými daty do databáze Geosoft GDB s použitím GPS času jakožto referenčního času.

2.6.3.2 Převádění neupravených dat

Pro každý let existoval jeden soubor binárních dat. Soubor binárních dat byl převeden do souboru *.XYZ file a zaveden do souboru databáze Geosoft. V této fázi nebyla data rozdělena do jednotlivých průzkumných linií. Existovala pouze jedna dlouhá letová "linie" v každém souboru *.XYZ a v databázi Geosoft pro každý let.

2.6.3.3 Oprava na mrtvý čas

Oprava na "mrtvý" čas byla prováděna použitím následujícího vzorce:

$$N = n / (1 - TC * t * 10^{-6}),$$

kde:

N = opravený počet pulsů v každé sekundě

n = neupravený zaznamenaný počet pulsů v každé sekundě

TC = hodnota neupraveného celkového počtu pulsů

t = aplikace mrtvého času (10 mikrosec/puls)

2.6.3.4 Filtrace

Za účelem omezení statistického šumu byla prováděna filtrace dat pomocí následujících filtračních délek:

- Celkové záření v intervalu 4 s, K v intervalu 5 s, U a Th v intervalu 7 s.
- Kosmické záření v intervalu 35 s.
- Radar a barometrický výškoměr v intervalu 5 s.

2.6.3.5 Výpočet skutečné výšky nad povrchem země

K výpočtu skutečné výšky nad povrchem země bylo použito následujícího vzorce:

$$STPA = (\text{rad_m} * 1013.25 * (\exp(-\text{bar_m}/8581) * 273)) / (1013 * (\text{OAT} + 273)),$$

kde:

STPA – skutečná výška v metrech,

rad_m – upravená hodnota radarového výškoměru v metrech,

bar_m – upravená hodnota barometrického výškoměru v metrech a

OAT – teplota vzduchu ve °C.

Vzhledem k tomu, že systém pro pořizování dat neobsahoval teploměr, byla teplota zaznamenávána ručně do letového deníku pro každou příčnou letovou linii a později připojena k dalším letovým údajům.

2.6.3.6 Pozadí kosmického záření a vliv helikoptéry

Výpočty pozadí kosmického záření a vlivu helikoptéry byly prováděny pomocí:

$$TCb=56.846+2.2187*\text{COSFILT},$$

$$Kb=2.3147+0.1134*\text{COSFILT},$$

$$Ub=0.6318+0.0694*\text{COSFILT},$$

$$THb=2.2696+0.1032*\text{COSFILT},$$

$$UpUb=1.019+0.0184*\text{COSFILT},$$

kde

COSFILT = upravená velikost kosmického záření,

TCb, Kb, Ub, THb, UpUb = celková velikost záření, velikost záření K, U, Th a velikost vlivu helikoptéry měřeného v uranovém okně.

2.6.3.7 Radonové pozadí

Radonové pozadí nebylo stanovováno a odstraňováno vzhledem k tomu, že v blízkosti průzkumné oblasti se nevyskytuje dostatečně velká vodní plocha (jezero či vodní nádrž), nad níž by bylo možné stanovit reprezentativní hodnoty radonového pozadí. Ačkoliv na jihu České republiky se nachází velká vodní nádrž, je neprakticky daleko od průzkumných oblastí a povětrnostní podmínky nad ní by se byly značně odlišovaly od podmínek nad průzkumnými oblastmi či bloky. Ovšem vliv radonového pozadí na kvalitu a platnost finálních výstupů je považován za bezvýznamný.

2.6.3.8 Stripping (přepočtové poměry jednotlivých radioaktivních prvků)

Přepočtové poměry byly stanoveny v Ottawě 14. ledna 2004 (viz Příloha) a jsou následující:

Th v U okně (Alfa): 0.3537 (+/-0.0018)

Th v K okně (Beta): 0.2417 (+/-0.0042)

U v K okně (Gama): 0.3976 (+/-0.0030)

U v Th okně (A): 0.0451 (+/-0.0011)

K v Th okně (B): -0.0009 (+/-0.0059)

K v U okně (C): 0.0062 (+/-0.0030)

Hodnoty v závorkách jsou vypočítané směrodatné odchylky.

2.6.3.9 Opravy útlumu

Koeficienty útlumu byly stanovovány z kalibrace provedené dne 20. listopadu 2003 a následující vztahy byly použity k výpočtu velikosti záření normalizovaného na nominální průzkumnou výšku 60 metrů nad zemí:

$$T_{cfin} = TC_g * \text{EXP}(-0.007013 * (60 - STPA)),$$

$$K_{fin} = K_g * \text{EXP}(-0.008151 * (60 - STPA)),$$

$$U_{fin} = U_g * \text{EXP}(-0.007911 * (60 - STPA)),$$

$$Th_{fin} = Th_g * \text{EXP}(-0.007372 * (60 - STPA)),$$

kde:

STPA = skutečná výška nad povrchem země,

TC_g, K_g, U_g, Th_g = přepočtená velikost záření, opravená o pozadí.

2.6.3.10 Výpočet zdánlivých koncentrací radioaktivních prvků

Konečná oprava má za úkol převést velikost záření na zdánlivé koncentrace radioaktivních prvků. Pojem zdánlivé koncentrace se vztahuje ke koncentracím draslíku (K), uranu (U) a thoria (Th) v zemi. Tento pojem se také vztahuje ke zdánlivé celkové velikosti záření na úrovni zemského povrchu, kterou lze rovněž vypočítat.

Tyto výpočty jsou užitečné, neboť poskytují výsledky, které jsou nezávislé na proměnných parametrech průzkumu, jako jsou objem detekčního krystalu a výška letu.

Pořízení těchto dat umožňuje sloučit starší data se současným datovým souborem a rovněž nabízí nástroj zřízení základního souboru hodnot pro budoucí porovnávání. Zdánlivé koncentrace K, U, a Th byly vypočítávány na základě popisu v IAEA-TECDOC-1363 z roku 2003, “Směrnice pro mapování radioaktivních prvků s použitím gamaspektrometrických dat”.

2.6.3.11 Gridding

Opravená gamaspektrometrická data z průzkumu byla interpolována mezi průzkumnými liniemi k vytvoření hodnot x-y pro standardní velikost okna gridovací sítě 50 x 50 metrů, podobně jako v případě magnetických dat.

2.6.4 Zpracování elektromagnetických dat

Stejně jako u jiných datových souborů pořizovaných leteckým geofyzikálním průzkumem lze na postup zpracování HEM dat pohlížet jako na sérii jednotlivých úkolů prováděných ve dvou samostatných etapách. První etapa byla uskutečněna v průběhu pořizování dat a druhá po skončení celého průzkumného létání.

První etapa probíhala na operační základně v Táboře a zahrnovala denní opětovné přehrávání dat z leteckého záznamového systému, třídění, editaci a slučování datových souborů z výškoměrů a GPS do databáze Geosoft Montaj. Tato data byla potom podrobována systematické kontrole z hlediska úplnosti, všeobecné kvality a zda jsou v souladu se smluvními specifikacemi. Byly vytvářeny terénní mapy za účelem kontroly všeobecné spojitosti dat. Nakonec veškeré poznámky, terénní deníky, poznámky zpracovatele a výkazy denní činnosti spolu s daty pořízenými v jednotlivých dnech byly uloženy do archivu. Po skončení operací v terénu byla částečně zpracovaná data předložena ve formě předběžných map sklopených profilů (v ppm).

Druhá etapa, závěrečné zpracování zahrnovalo odstranění nežádoucích deformací (hraniční hodnoty v řetězci dat) způsobených hlavně vlivem prvků obytné či průmyslové zástavby vyskytujících se v dráze letu nebo v její blízkosti, a potom normalizaci a vyrovnání datových kanálů. Proces vyrovnávání dat byl časově nejnáročnější, neboť v několika případech špatné povětrnostní podmínky zabránily helikoptéře vystoupat do dostatečné výšky umožňující provést kontrolu měřicího systému. Data z horizontální cívky (6606 Hz) byla použita k výpočtu pravidelné sítě bodů s hodnotami zdánlivých odporů o velikosti okna 50 x 50 metrů.

HEM data (elektromagnetická data pořízená systémem HummingBird) z každé průzkumné oblasti jsou předkládána ve formě dvou (2) map sklopených profilů a mapy zdánlivých měrných odporů.

2.7 INTERPRETACE

2.7.1 Všeobecný přehled

Účelem tohoto leteckého geofyzikálního průzkumu je poskytnout data a informace, které napomohou při mapování charakteristik jako jsou pukliny, trhliny a zlomy a snad i další tektonické charakteristiky, a označit oblast s nejnižší strukturní nehomogenitou. Tato práce má umožnit výběr lokality a kde konkrétně na této lokalitě by bylo nejlépe umístit možné budoucí podzemní úložiště jaderného odpadu. Tyto lokality byly selektivně vybrány nad oblastmi výskytu převážně granitických hornin v rámci Českého masivu.

U cílových charakteristik, které mají být mapovány, se všeobecně očekává, že mají slabou až střední anomální odezvu na tři geofyzikální metody použité při tomto průzkumu. Zvláště důležitou záležitostí tudíž je to, že některé průzkumné bloky se vyznačují značnou obytnou a průmyslovou zástavbou, která zatěžuje data dalšími šumy, což často omezuje užitečné informace, které lze získat z jednoho či více datových souborů.

Kromě toho, při interpretaci geofyzikálních dat pořízených nad takovými oblastmi je zde často nejistota, zda konkrétní geofyzikální anomálie je způsobena tektonickým prvkem, řekou či kulturními charakteristikami souvisejícími s řekou. Dokonce i v případě detailních znalostí topografie a kulturních prvků (informace GIS dodané firmou G IMPULS) zde zůstává určitá nejednoznačnost, pokud jde o zdroj geofyzikální anomálie.

2.7.2 Další dostupné informace

Všeobecný přehled o geologii a o převládající strukturní stavbě území byl získán z vybraných publikovaných prací a map (viz seznam literatury). Aktuální podrobné litologické a strukturní informace byly získány na dvou setkáních konaných ve dnech 18. a 25. března 2004 s geology, kteří pracovali pro sdružení GeoBariéra. Byli to kolegové: Jan Marek, Jaroslav Skopový a Jaroslav Skořepa.

Na schůzce konané dne 30. března 2004 byly s Karlem Martínkem a Jiřím Žákem probrány otázky lokální geologie a prvků zjištěných dálkovým průzkumem na lokalitě Rohozná. Všeobecný přehled lokálních strukturních prvků u každé lokality dodala firma G IMPULS Praha ve formě interpretovaných zobrazení dálkového průzkumu v digitálním formátu JPG.

2.7.3 Magnetické informace

Magnetická data jsou předkládána ve formě totálního magnetického pole, řady upravených map a odpovídajících sítí digitálních dat. Tyto mapy často tvoří výchozí bod při interpretaci kontaktů mezi různými typy hornin, puklinami a zlomy.

Prvky sledované v tomto projektu (pukliny, trhliny, zlomy a další tektonické rysy) mohou mít souvislost s anomálním magnetickým projevem, způsobeným buď kontrastem citlivosti mezi horninovými typy anebo sekundárními magnetickými minerály souvisejícími s těmito rysy. Magnetické anomálie způsobené magnetickými minerály uloženými v trhlinách a zlomech a kolem nich mají obvykle malou amplitudu, 2 až 10 nT. Rozlišování různých horninových typů na kontaktu má ovšem často další výhodu v tom, že pro horninový masiv je často charakteristická distribuce magnetitu. V takových případech bývá často změna charakteru anomálie přes různé typy hornin.

V prostředí s mírně rozvinutou obytnou a průmyslovou zástavbou a zemědělským využitím jsou magnetické metody v nevýhodě a informační obsah dat je často chudý. Kulturní prvky, jako jsou vedení vysokého napětí, oplocení, potrubní rozvody, železniční tratě, kovové konstrukce, apod., obecně vytvářejí anomálie s větší amplitudou, než jsou sledované cílové prvky. Zvláště důležitou roli zde hrají elektrifikované železniční tratě používající stejnosměrný proud a potrubní systémy vybavené katodovou ochranou, neboť obvykle ovlivňují data na vzdálenost až několika kilometrů. Železnice vybavené stejnosměrným proudem mají další nevýhodu v tom, že umístění a amplituda rušivého pole jsou závislé na pozici vlaku a množství energie spotřebovávané lokomotivou.

2.7.4 Elektromagnetické informace

Elektromagnetická data byla použita ke zmapování zdánlivého elektrického odporu do hloubky přibližně 100 až 150 metrů (v závislosti na objemovém odporu). Očekávaný průměrný odpor nad různými typy žul a ze žul pocházejících půd byl odhadován v rozsahu 300 až 700 ohmmetrů. Trhliny a zlomy v granitických horninách jsou často doprovázeny zónami se zvýšeným obsahem jílu a zvýšené puklinatosti (či hustoty trhlin). Takové zóny se zvýšeným obsahem jílu mají obvykle nižší odpor než okolní hornina a nadloží, a tím nabízejí prostředek ke zmapování takových lineárních charakteristik. Nadloží nad různými typy hornin in situ může rovněž vykazovat změnu odporu, čehož je možné využít. Odporové anomálie způsobené těmito charakteristikami jsou pravděpodobně v rozsahu 50 až 100 ohmmetrů a s charakteristickými anomálními změnami v okolí.

Elektromagnetická data, a tím rovněž odporová data jsou nepříznivě ovlivněna následujícími faktory:

- zavlažovanými a hnojenými zemědělskými poli,
- chmelovými výsadbami s drátěnými sítěmi a kovovým pletivem,
- telefonním vedením, oplocením, železnicí, kabely, potrubím, apod.,
- silnoproudým vedením, elektrifikovanými železnicemi, potrubím s katodovou ochranou apod.

Tyto kulturní prvky často vytvářejí anomálie, které jsou podobné anomáliím očekávaným z geologických prvků anebo kontaminují řetězec dat do takové míry, že z nich lze získat pouze málo užitečných informací.

2.7.5 Gamaspektrometrické informace

Gamaspektrometrická data jsou prezentována ve formě barevných map izolinií a sítí digitálních dat uvádějících:

- celkové záření
- draslík (koncentrace v %)
- uran (ekvivalent koncentrace v ppm)
- thorium (ekvivalent koncentrace v ppm)
- poměry draslíku k thoriu (K/Th) a rovněž uranu k thoriu (U/Th).

V této formě mohou data rovněž sloužit jakožto základ pro budoucí gamaspektrometrické studie.

I když je gamaspektrometrie považována za geofyzikální měření, měla by být považována spíše za geochemický nástroj, neboť gamaspektrometrické informace odrážejí podpovrchovou distribuci přirozeně se vyskytujících radioaktivních prvků. V oblastech výchozů a mělce uloženého nadloží jsou gamaspektrometrické informace často vynikajícím nástrojem při mapování různých horninových jednotek, neboť se tyto informace přímo vztahují k distribuci radioaktivních prvků a jsou téměř necitlivé k vlivům procesu chemického zvětrávání. Použití gamaspektrometrických informací bylo v několika případech úspěšné při rozlišení granitických těles s velmi podobnou mineralogií, ale rozdílného stáří, neboť distribuce radioaktivních prvků byly zřetelné. Pukliny a zlomy se mohou projevovat gamaspektrometrickou anomálií. Může se to vyskytnout tam, kde došlo k redistribuci radioaktivních prvků způsobené cirkulující oxidační atmosférickou vodou.

I když není neobvyklé, aby asfaltová silnice nebo zpevněný povrch parkoviště vykazaly související anomální odezvu v uranovém okně, a občas také v thoriovém okně, nebyla tato skutečnost zaznamenána nad žádným ze šesti průzkumných bloků. Rušícími prvky byly změny v hustotě vegetace a obsahu půdní vlhkosti. Detailní geografické informace obsažené v GIS datech, která poskytl G IMPULS McPharu, byly v široké míře použity k vyřazení anomálních charakteristik způsobených zemědělsky využívanou půdou, lesními porosty, přírodními i umělými vodními nádržemi, řekami, dalšími vodními toky, kanály, atd. Ovšem ze tří datových souborů pořízených v rámci tohoto projektu byla gamaspektrometrická data nejméně ovlivněna kulturními prvky a obecně měla předvídatelnou odezvu na známé charakteristiky.

2.8 Komentář k jednotlivým lokalitám

2.8.1 Blatno, lokalita č. 14

Průzkumný blok Blatno je z valné části pokryt lesním a nízkým keřovým porostem. V rámci této oblasti se nacházejí dvě obce, Tis u Blatna a Kračín, a sedm obcí na hranici průzkumné oblasti či blízko ní. Největší z nich jsou Žihle v jihovýchodním cípu, Blatno v severní části východního okraje a Lubenec v severozápadním cípu oblasti. Jižně od Tisu u Blatna je v provozu malý lom, kde se pravidelně provádějí odstřely. Ačkoliv všechna tato obytná a

průmyslová zástavba má souvislost s anomálními odezvami v magnetických a elektromagnetických datech, největší škody na datech působila železniční trať vedoucí přes severní část oblasti. Vliv železniční trati na záznamy dat byl sledovatelný až několik kilometrů. Jak data ze zářijových průzkumných letů, tak rovněž data získaná v listopadu při opakovaných letech nad liniemi v těsné blízkosti železniční trati byla vyřazena z důvodu nadměrného šumu.

Podloží průzkumné oblasti Blatno je z větší části tvořeno biotitickou žulou, která místně vytváří výchozy. Na východě je ohraničena karbonskými sedimenty, kde kontaktní pásmo tvoří topografický prvek, a rovněž je jasně zachycena v odporových a radiometrických datových souborech (lineární prvek Bs, viz interpretační mapa v souboru mapových příloh). V magnetických datech se žula projevuje slabě. Na jihu je žula ohraničena chloriticko-sericitickými a biotitickými fylity. Kontakt je jasně definován radiometrickými daty a rovněž odporem podél linie označené jako Cs (viz interpretační mapa ze souboru mapových příloh). Kontakt je rovněž naznačen na severozápadě podél linie De (viz interpretační mapa), což podporují jak odporová, tak radiometrická data. Je zde několik dalších lineárních prvků, které lze možná interpretovat na základě kombinace geofyzikálních informací a informací získaných dálkovým průzkumem. Patří mezi ně linie Fe na jihu a linie As a He na severu. Vyskytuje se zde řada malých čedičových těles ve východo-západním směru poblíž Tisu u Blatna. Jejich hloubkový dosah a to, zda pocházejí z tělesa pod současným povrchem, lze pravděpodobně podrobněji stanovit podrobným vyhodnocením vlastností hornin a 3D modelováním.

Výběr zóny s co nejmenšími možnými strukturními nehomogenitami byl z valné části proveden na základě odporových informací a informací získaných dálkovým průzkumem. V rámci bloku Blatno je ovšem obtížné vymezit oblast o užitečné velikosti, která nevykazuje známky strukturní nehomogenity z jednoho či více datových souborů, které jsou k dispozici.

2.8.2 Božejovice-Vlksice, lokalita č. 30

Průzkumný blok Božejovice-Vlksice leží přibližně 20 kilometrů severovýchodně od operační základny v Táboře. Je to zemědělsky využívaná oblast s obytnou i průmyslovou zástavbou, v níž se nachází čtrnáct menších obcí, množství silnic, vedení vysokého napětí, potrubní rozvody, oplocení atd. Pouze velmi malá část oblasti, která není pokryta obytnou zástavbou, není zemědělsky využívána.

Podložní horninou uváděnou v této oblasti je tmavý biotitický granodiorit, s možnými žilnými (porfyrickými?) roji na jihu. Charakteristiky získané z datových souborů jsou slabé a jsou všeobecně zmíněny, neboť jejich existence je podepřena informacemi z mapy dálkového průzkumu. Linie označená v interpretační mapě jako Ce (viz soubor map) je dobrou odporovou anomálií, úzce související s odvodňovacím systémem. Jsou zde ovšem také silnice a další prvky, které mohly přispět k odporovým informacím anebo k jejich zkreslení. Linie Be je rovněž slabou charakteristikou, ale s možnou podporou z informací získaných dálkovým průzkumem. Linie označené v interpretační mapě jako Ds, Es a As jsou radiometrickými charakteristikami. Pokud by byl prokázán jejich význam, doporučuje se provést jejich ověření, zda nejsou způsobeny změnami v hustotě vegetace.

Oblast vybraná jako zóna s možnými nejmenšími strukturními nehomogenitami, je malá oblast bezprostředně východně od obce Střítež. Tato zóna byla vybrána s tím, že obsahuje horninu s nejmenší puklinatostí a je vhodnější než okolní oblasti.

2.8.3 Budišov, lokalita č. 08

Průzkumná oblast Budišov je z valné části zemědělsky využívána a je pokryta obytnou zástavbou. Nachází se zde devět obcí. Je zde železniční trať vedoucí z Budišova na jihu přes Radíkov, Vlčatín, Oslavičku až do Oslavic severně od oblasti. Kromě vlivu kulturních prvků vyskytujících se v oblasti magnetických anomálií je zde podezření, že zemědělská pole ovlivňují odporová data proměnlivými obsahy hnojiv a vlhkosti v půdě. Radiometrická data mají tendenci odrážet hustotu vegetačního pokryvu.

Podloží bloku Budišov je tvořeno melanokráním granitoidem až amfibol-biotitickým granitem, který zvětrává do lehce písčité půdy. Je-li tomu tak, pukliny a zlomy nemusí obsahovat žádná významná množství jílových minerálů, a tudíž mohou být pouze slabě odraženy v odporových datech. Pět strukturních prvků možného zájmu bylo však interpretováno z informací v datových souborech (viz interpretační mapa v mapovém souboru). Linie označující vysoký odpor, Ee, je uváděna s určitým váháním, neboť těsně koreluje se silnicí a dalšími kulturními prvky. V tomto případě to může být tak, že odpor odráží geologickou situaci v podloží a že kulturní prvky jsou v souladu s výslednou topografií. Podobně tomu je u prvku Ce. Lineární prvky Bs, Ds a As jsou slabě zastoupeny v radiometrických datech, ale jsou podpořeny daty z dálkového průzkumu, a nezdá se, že by byly způsobeny vegetačními schémata.

V jižní části bloku byla vybrána malá oblast, kde se uvažuje možnost existence nejmenších strukturních nehomogenit. Je to založeno především na odporových datech představujících zvodnělé tektonické zóny, což je podpořeno nevýraznou topografií terénu.

2.8.4 Lodhěřov, lokalita č. 07

Uvnitř průzkumné oblasti Lodhěřov se nacházejí tři obce, k větším z nich patří Lodhěřov. V těsné blízkosti hranice průzkumné oblasti leží tři větší města, Pluhův Žďár na západě, Deštná na severu a Studnice v jižním cípu. Hlavní silnice ze Studnice přes

Lodhěřov do Deštné sleduje odvodňovací systém, a rovněž pravděpodobně regionální tektonický prvek. Zvláště důležitým prvkem je potrubí vedoucí přes jižní část průzkumné oblasti, neboť je opatřeno katodickou ochranou. I když byla tato ochrana během průzkumného létání deaktivována, zůstává zde silné anomální magnetické pole související s potrubím. Nezdá se ovšem, že by elektromagnetická data byla ovlivněna.

Silný lineární prvek, Ae (viz interpretační mapa v mapovém souboru), vykazují jak odporová, tak radiometrická data. I když tento prvek rovněž odpovídá kulturním prvkům, je zde také silná podpora v datech získaných dálkovým průzkumem. Druhý odporový prvek, linie Be, je extrahován z rušivých vlivů umělých poruch a odpovídá pravděpodobně hlubinnému kontaktu sledovatelnému i v gravimetrii. Lineární charakteristiky zjištěné radiometricky byly vybrány na základě toho, že pro ně existuje podpora z jiných datových souborů, a nezdá se pravděpodobné, že by byly způsobeny rozdíly v hustotě vegetace.

Byly vybrány dvě malé oblasti Z1 a Z2, které mohou mít nejnižší hustotu strukturních nehomogenit v rámci bloku. Jsou však malé a jsou neurčitěho charakteru.

2.8.5 Pačejov, lokalita č. 40:

Uvnitř bloku Pačejov se nachází osm obcí v rámci hranic průzkumné oblasti a několik větších vesnic na hranici oblasti. Jsou zde vedení vysokého napětí a elektrifikovaná železniční trať procházející jihozápadním cípem průzkumného bloku. Většina ploch je zemědělsky využívána, a pouze malá část je pokryta lesním porostem. Magnetická data byla silně ovlivněna kulturními prvky a bylo z nich získáno málo užitečných informací.

Podloží průzkumné oblasti tvoří amfibolický granodiorit, u něhož bylo na několika lokalitách zaznamenáno zvětvávání do podoby některých jílových minerálů. Z odporových a radiometrických dat bylo interpretováno několik lineárních prvků (viz interpretační mapa v souboru map). Linie Ce a Is mají vyjádření v odporových i radiometrických datech, a to s určitou podporou dat získaných pomocí dálkového průzkumu. Anomální charakteristiky linií Ae, Bs, De, Es a Js nejsou výrazné. Ostatní lineární charakteristiky jsou slabé, ale nezdá se, že by byly způsobeny nějakými kulturními prvky.

Malé území v jihozápadním cípu průzkumné oblasti bylo navrženo jako možná zóna s nejnižší strukturní nehomogenitou. Ta ovšem představuje pouze ten nejlepší výběr v rámci bloku, neboť se zdá, že je zde možnost jednoho nebo několika strukturních celků v rámci celé průzkumné oblasti.

2.8.6 Rohozná, lokalita 41:

Nejvýraznějším morfologickým prvkem průzkumné oblasti Rohozná je kopec se dvěma vrcholky, Čeřínek ve výšce 761 m a Mešnice ve výšce 753 m. Na Čeřínku je vybudován malý lyžařský vlek a další rekreační zařízení, a přibližně 2 km jihozápadně od vrcholu Čeřínku je soustava radiových antén. Na území průzkumné oblasti se nacházejí tři malé obce, Rohozná na jihu leží na stejnojmenné říčce, Hojkov na severu a Cejle na východě.

Na hranici průzkumné oblasti jsou dvě obce. Větší z nich, Dolní Cerekev, leží těsně za východní hranicí průzkumné oblasti. Do tohoto města vede jak silnice, tak železniční trať. Jinak je tato oblast z valné části pokryta lesním porostem.

Podloží průzkumné oblasti údajně tvoří starší a porušená žula (a rovněž rula), do níž ve středu oblasti proniklo mladší granitické těleso. Tento model je podpořen gamaspektrometrickými daty, která vykazují zajímavou anomální distribuci koncentrací draslíku a thoria (jak lze vidět na mapách Th a poměru K/Th). Rovněž stojí za zmínku, že charakter draslíku, a zejména poměr draslíku k thoriu (K/Th) naznačují, že mladší těleso granitu bylo uloženo ve dvou fázích a pravděpodobně tvoří dvě granitová tělesa označená jako G1 a G2 na integrované interpretační mapě. Z relativní geometrie dvou naznačovaných granitových těles vyplývá, že východně ležící těleso utřalo část západně ležícího tělesa. To by svědčilo o tom, že východně ležící a tedy mladší granitické těleso (G2) může být méně tektonicky porušené. Skutečnost, že mladší žuly jsou méně tektonicky porušené (rozpuštěné a porušené zlomy) je do jisté míry podpořeno rozsáhlejší odporovou anomálií a rovněž tím, že tyto mladší žuly tvoří topografické vyvýšeniny v oblasti.

Tento model je podpořen magnetickými daty, která naznačují, že centrální část průzkumné oblasti je méně magneticky aktivní než okolní hornina (viz mapu analytického signálu). V této magneticky méně aktivní zóně se bohužel vyskytují dvě silné kulturní magnetické anomálie, způsobené lyžařským vlekem a radiovými anténami. Ovšem menší anomálie v této centrální klidnější oblasti by mohly být způsobeny vložkami magnetičtějších starších hornin (žula/rula). Soubor dvou profilů napříč blokem byl kvantitativně interpretován. Interpretační modely jsou uvedeny v souboru mapových příloh a jsou uvedeny také v anglickém originálu zprávy.

S výjimkou charakteristických linií označených v interpretační mapě jako Ae a Be jsou indikované lineární prvky spíše slabé, mající obecně hlavní podporu v interpretaci informací získaných dálkovým průzkumem. Zdá se pravděpodobné, že Ae je výraznějším tektonickým prvkem. Je zde ovšem možnost, že měrný odpor a topografická deprese mohou být způsobeny zónou alterací, pokud východně ležící těleso intrudovalo podstatně později než západně ležící těleso.

Na základě výše zmíněných úvah byla zóna v severovýchodní části tělesa, označená jako G2 vybrána jako zóna s možnými nejmenšími strukturními nehomogenitami.

2.8.7 Doporučení

Doporučuje se, aby detailní ucelená interpretace probíhala jakožto pokračující proces, zahrnující veškeré geologické, geofyzikální a geografické informace tak, jak budou postupně k dispozici. Úvodní interpretace předkládaná v této zprávě by měla být výchozím bodem v procesu shromažďování dalších nových informací a přizpůsobování modelu a koncepcí, aby vyhovovaly omezujícím podmínkám vynucenými veškerými informacemi v aktualizované všeobecné databázi. Podružné magnetické, odporové a radiační charakteristiky mohou mít svůj význam, bude-li o nich uvažováno ve spojitosti s dalšími informacemi.

Konkrétně se zdá, že blok Rohozná skýtá možnost existence granitického tělesa, snad mladšího a méně tektonicky porušeného, než jsou okolní žuly a ruly, a tak by možná tento blok mohl mít prioritu v dalších průzkumech za účelem ověření této interpretace informací získaných z dat leteckého průzkumu. Bylo by vhodné pořídít další pozemní data, jak geofyzikální, tak geologická.

2.9 VÝSTUPY

Průzkumná data z každého ze šesti (6) bloků jsou předkládána ve formě souboru profilů a barevných map izolinií v měřítku 1:10 000 a 1:25 000 (viz tuby s přílohami a rozpis příloh na štítcích). Vybraný soubor barevných map izolinií a sklopených profilů je rovněž předkládán formou příloh, které jsou vevázány do textu anglického originálu zprávy. Souřadnicový systém použitý v celém projektu je WGS-84, s projekcí Universal Transverse Mercator, Zone 33 (Central Meridian 15 degrees E). Veškerá digitální data jsou rovněž prezentována na CD-ROM v PC kompatibilních formátech souborů.

2.9.1 Předběžné výstupy

Pořízená data byla předběžně zpracována v terénu, na terénní základně v Táboře a v kancelářích firmy G IMPULS v Praze. Byly dodány následující mapové výstupy v měřítku 1:20 000:

- Diferenčně opravené mapy letových profilů nanesené na topografický podklad a další geografické informace,
- Totální magnetické pole (barevné izolinie),
- Elektromagnetická data ve formě vyrovnaných profilů podél diferenčně opravené dráhy letu
- Sumární gamaaktivita (barevné izolinie).

Mapy byly rovněž dodány v digitálním formátu na CD, spolu s datovými soubory profilů a sítí.

2.9.2 Konečné výstupy

Položky dodané v rámci tohoto průzkumu jsou:

a) Barevné mapy

Finální data z každé ze šesti (6) průzkumných oblastí jsou předkládána formou souboru obsahujícího šestnáct (16) barevných map izolinií a sklopených profilů a jedné interpretační mapy. Pro každou z průzkumných oblastí byly vyhotoveny dvě (2) kopie v měřítku 1:25 000 a jedna (1) kopie v měřítku 1:10,000 každého souboru map a profilů, celkem tedy 306 map a profilů. Tato dokumentace obsahuje následující údaje:

- Plánovaná a skutečná dráha letu nanesená na topografický podklad a další geografické informace
- Totální magnetické pole
- Vypočítaná první vertikální derivace magnetického pole
- Vypočítaná druhá vertikální derivace magnetického pole
- Redukce na pól magnetického pole
- Vypočítaný horizontální gradient magnetického pole
- Analytický signál magnetického pole
- Sumární gamaaktivita
- Draslík, koncentrace v %
- Uran, ekvivalent koncentrace v ppm
- Thorium, ekvivalent koncentrace v ppm
- Poměr U/Th
- Poměr K/Th
- Sklopené profily 7001 Hz a 6606 Hz EM data (ppm)
- Sklopené profily 880 Hz a 34 kHz EM data (ppm)
- Zdanlivý měrný odpor z frekvence 6606 Hz (izolinie)
- Sumární interpretační mapa

b) Digitální data

Naměřená neupravená data a zpracovaná digitální data jsou obsažena ve dvou (2) kopiích, ve formátu PC compatible MSWord a MSExcel souborů a Geosoft map, sítí a souborů ve formátu ASCII "XYZ". Zahrnuty jsou rovněž další různé textové soubory ve formátu ASCII, včetně souboru README.TXT popisujícího obsahy a formáty souborů.

c) Zprávy

Předávány jsou tři (3) kopie této Závěrečné zprávy, včetně finálních tisků map. Tato zpráva poskytuje informace o pořízení, zpracování a interpretaci průzkumných dat.

d) Digitální videozáznamy letů

Předkládány jsou digitální videozáznamy pořízené během průzkumných letů. Jsou archivovány na CD-ROM discích v .JPG formátu.

2.10 Personální zabezpečení projektu

Na projektu v České republice se podíleli následující pracovníci firmy McPhar Geosurveys a DELTA SYSTÉM - AIR a.s.:

- Vedoucí projektu: Henrik T. Andersen
- Logistické zabezpečení: Tomáš Grand

Geofyzik: Henrik T. Andersen a Tomáš Grand

- Systémový inženýr: Keith Hall
- Operátor: Barry Levy
- Pilot: Kamil Kolísek (DELTA SYSTEM -AIR)
- Mechanik: Dan Jankto

Celkové řízení průzkumu bylo zajištěno z kanceláře společnosti McPhar Geosurveys, Newmarket, Canada: Timothy R. Bodger, generální ředitel.

3 Pozemní měření

3.1 Zadání úkolu, popis terénních prací

Ze smluvního vztahu pro subdodávku leteckých geofyzikálních prací pro úkol “Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště” vyplynula povinnost zhotovitele provést pozemní kontrolní měření na všech zkoumaných lokalitách, a to metodami velmi dlouhých vln (VDV), magnetometrie a gamaspektrometrie. Firma G IMPULS Praha spol. s r.o. jako zhotovitel prací vybral spolu s týmem geologů ze sdružení GeoBariéra vhodné a cílené umístění 6 kontrolních terénních profilů na 6 lokalitách, viz souřadnice koncových bodů v následující tabulce 4. Každý profil byl 2000 m dlouhý.

LOKALITA	X_JTSK	Y_JTSK	metráž
Budišov	1143898	644270	0
Budišov	1144821	642451	2000
Božejovice – Vlksice	1109360	748473	0
Božejovice - Vlksice	1107252	748473	2000
Pačejov - nádraží	1111731	806882	0
Pačejov - nádraží	1110920	808510	2000
Lodhěřov	1141250	718109	0
Lodhěřov	1140461	716356	2000
Rohozná	1131069	680399	0
Rohozná	1131600	678345	2000
Blatno	1028706	819280	0
Blatno	1029574	817508	2000

Tab.4. Lokalizace kontrolních pozemních geofyzikálních profilů

3.1.1.1 Geofyzikální přístroje

Měření bylo realizováno níže uvedenými kalibrovanými přístroji:

Gamaspektrometr GS 256, Geofyzika a.s., Brno

Magnetometr GSM 19, G SYSTÉM, Kanada

Magnetická variační stanice PM 2, Geofyzika a.s., Brno.

Přístroj pro měření VDV EM 16, SCINTREX, Kanada

3.1.1.2 Průběh terénních prací

Terénní práce probíhaly v měsících květnu až červenci 2003, tj. před zahájením leteckých měření. Geofyzikální profily byly vytýčeny body po 10 m. Pro lokalizaci

začátečních a koncových bodů profilů byla použita GPS GARMIN 20. Při realizaci gamaspektrometrie se z důvodu lepší shody s podmínkami leteckých měření spektrometrická sonda přikládala přímo na terén bez odkluzu drnu. Pro měření VDV byla vybrána vždy optimální vysílací stanice lokalizovaná v příčném směru na měřený profil.

3.2 Výsledky

Výsledky terénních měření byly zpracovány do grafů jednotlivých metod (software GRAPHER), viz obr. 1a, b, c, d, e, f v textu samostatné zprávy o pozemních měřeních (zpráva je součástí dodávky prací jako Příloha II). Pro porovnání výsledků obou metodik (pozemní a letecké geofyziky) byla vygenerována z leteckých gridů pouze data, která bylo možné přepočítat na úroveň povrchu. Toto je možné pouze z dat obsahů U, Th a K. Tato data a výsledky z pozemních měření jsou porovnávána v grafech, viz obr. 2a, b, c, d, e, f Přílohy II. Ostatní metody, které je možné přepočítat na úroveň povrchu jen obtížně (magnetometrie a EM metoda) jsou hodnoceny pouze kvalitativně, to je porovnáním trendu změny naměřené hodnoty podél profilu. Absolutní hodnoty nelze reálně porovnávat. Poznamenáváme, že letecká magnetometrie je vyhodnocena z měření, při kterém byl senzor nesen ve výšce 30 m nad terénem.

3.2.1 Budišov

3.2.1.1 Gamaspektrometrie

Tvary jednotlivých křivek jsou si velmi podobné. Data z leteckého měření jsou vlivem komplikovaného přepočtu a nesouměrného gridu poněkud nižší. Graf obsahu U je z leteckých měření velmi nízký, na prahu citlivosti metody, proto nebylo doporučeno použít obsahy U do hodnocení poměrových koeficientů.

3.2.1.2 Metoda VDV a komplexní vyhodnocení tektoniky z leteckých metod

Pro měření VDV byla použita stanice ICV 20,8 kHz. Z porovnání VDV s interpretační mapou leteckých měření plyne, že anomálie na metrůžce 250 a 500 se projeví jak v pozemních, tak leteckých měřeních. Další dvě pozemní anomálie se neprojevily v leteckém vyhodnocení. Jsou to lokální, úzké a velmi mělké tektonické prvky. Umělé vodiče na metrůžkách 1280 a 1820 se v leteckém vyhodnocení neobjevily.

3.2.1.3 Magnetometrie

Měření jsou navzájem srovnatelná a vykazují mírný rozptyl hodnot totálního magnetického pole (cca 15 gama, resp. nT) a shodný trend gradientu změny hodnot.

3.2.2 Božejovice – Vlksice

3.2.2.1 Gamaspektrometrie

Tvary jednotlivých křivek jsou si velmi podobné. Data z leteckého měření jsou vlivem přepočtu na povrch poněkud nižší a vyhlazená. Hodnoty obsahu U jsou velmi nízké, na prahu citlivosti metody, proto nebylo doporučeno použít obsahy U do hodnocení poměrových koeficientů letecké spektrometrie.

Metoda VDV a komplexní vyhodnocení tektoniky z leteckých metod

Pro měření VDV byla použita stanice GBZ 19,6 kHz. Z porovnání plyne, že anomálie na metrů 210, 490 a 700 nabyly zaznamenány v letecké geofyzice, protože profil jde kolmo na směr letových profilů a detekované tektonické prvky jsou převážně ve směru letových profilů. Zjištěné anomálie VDV jsou velmi mělké a úzké.

3.2.2.2 Magnetometrie

Měření jsou navzájem srovnatelná. Gradient totálního magnetického pole má rostoucí trend od jihu k severu (cca 10 gama na 2 km). Lokální anomálie sledovatelné v povrchové metodě nebyly v letecké variantě zaznamenány.

3.2.3 Pačejov-nádraží

3.2.3.1 Gamaspektrometrie

Tvarová shoda jednotlivých křivek je nejlepší ze všech lokalit. Absolutní hodnoty obsahů jednotlivých prvků v leteckém výstupu jsou vlivem komplikovaného přepočtu na povrch poněkud nižší a vyhlazená.

3.2.3.2 Metoda VDV a komplexní vyhodnocení tektoniky z leteckých metod.

Pro měření VDV byla použita stanice ICV 20,8 kHz. Porovnání jednotlivých anomálií je provedeno v níže uvedené tabulce:

Metráž na pozemním profilu	Anomálie na povrchu	Letecká interpretační mapa
90	Ano	Ano*
160	Ano	Ano*
950	Ano	Ne
1400	Ano	Ne

* složená širší tektonická jednotka

3.2.3.3 Magnetometrie

Měření jsou navzájem srovnatelná. Gradient totálního magnetického pole na 2 km je vzrůstající od jihovýchodu k severozápadu a činí cca 5 gama v obou metodách. Lokální anomálie v povrchové variantě na metrážích 500 – 600 byly také zaznamenány v letecké variantě.

3.2.4 Lodhěrov

3.2.4.1 Gamaspektrometrie

Tvary jednotlivých křivek jsou si velmi podobné. Data z leteckého měření jsou vlivem přepočtu na povrch poněkud nižší a vyhlazená. Grafy obsahu Th jsou v oblasti metrží pozemního profilu 400 - 1500 poněkud rozdílné. Na začátku a na konci profilu jsou prakticky shodné. Toto může být způsobeno lesním porostem ve střední části profilu.

3.2.4.2 Metoda VDV a komplexní vyhodnocení tektoniky z leteckých metod.

Pro měření VDV byla použita stanice GBZ 19.6 kHz. Anomálie jsou zhodnoceny v níže uvedené tabulce:

Metráž na pozemním profilu	Anomálie na povrchu	Letecká interpretační mapa
600	Ano	Ano
1180	Ano	Ne*
1650	Ano	Ne

* *v interpretovaném homogenním bloku*

3.2.4.3 Magnetometrie

Měřená data jsou srovnatelná s tím, že umělé anomálie od plynovodu, elektrického vedení a vodovodu se neprojevují ve výstupech letecké geofyziky.

3.2.5 Rohozná

3.2.5.1 Gamaspektrometrie

Tvary jednotlivých křivek jsou si velmi podobné v celé délce profilu bez výrazných změn. Data z leteckého měření jsou vlivem přepočtu na povrch a lesa poněkud nižší a vyhlazená.

3.2.5.2 Metoda VDV a komplexní vyhodnocení tektoniky z leteckých metod.

Pro měření VDV byla použita stanice ICV 20,8 kHz. Anomálie jsou zhodnoceny v níže uvedené tabulce

Metráž na pozemním profilu	Anomálie na povrchu	Letecká interpretační mapa
570**	Ano	Ne
1050**	Ano	Ano*

* Jižní pokračování v severní části interpretované tektoniky

** Obě anomálie jsou v doporučeném homogenním bloku

3.2.5.3 Magnetometrie

Měřená data jsou srovnatelná s tím, že umělé anomálie od elektrické vedení a vodovodu se projevují ve výstupech letecké geofyziky minimálně. Anomálie na metrážích 0-50 jsou od elektrického vedení. Další drobné anomálie jsou způsobeny ploty lesních školek a velmi nestandardní magnetická anomálie v konci profilu je způsobena přicházejícím vodovodem do obce Cejle.

3.2.6 Blatno

3.2.6.1 Gamasppektrometrie

Tvary jednotlivých křivek jsou si velmi podobné. Data z leteckého měření jsou vlivem přepočtu a nesouměrného gridu poněkud nižší a vyhlazená. Hodnoty obsahů jednotlivých prvků jsou si velmi podobné. V absolutních hodnotách nejsou shodné, což pravděpodobně způsobuje lesní porost.

3.2.6.2 Metoda VDV a komplexní vyhodnocení tektoniky z leteckých metod.

Pro měření VDV byla použita stanice ICV 20,8 kHz. Anomálie jsou zhodnoceny v níže uvedené tabulce:

Metráž na pozemním profilu	Anomálie na povrchu	Letecká interpretační mapa
700	Ano	Ne
770	Ano	Ne
1450	Ano	Ne

3.2.6.3 Magnetometrie

Měřená data jsou srovnatelná s tím, že umělé anomálie od lesních školek na začátku a konci profilu se neprojevují vůbec ve výstupech letecké geofyziky. Celé magnetické pole má v obou variantách výstupu shodný gradient nárůstu 1 gama / 200 m k západu.

3.3 Závěry ke kontrolnímu povrchovému měření

V celkovém pohledu využití kontrolních profilů pozemního měření k doložení správnosti leteckých měření lze sumarizovat tyto poznatky:

- Obě varianty geofyzikálního měření jsou srovnatelné z pohledu finálních cílů projektu.
- Letecká měření vykazují větší homogenitu datového pole všech měřených veličin
- Pozemní měření reaguje na všechny povrchové nehomogenity
- Z porovnání vyplývá, že letecká data i jeho mapové výstupy jsou správná a využitelná pro další práce obsažené v realizovaném projektu.

4 Závěry a doporučení

V průběhu let 2003 až 2004 (květen 2003 až květen 2004) byla realizována letecká geofyzikální měření na šesti vybraných lokalitách s cílem vyhledat relativně neporušené (homogenní) bloky vhodné pro další průzkum za účelem vymezení optimálního místa pro stavbu podzemního úložiště radioaktivních odpadů. Letecký výzkum byl doplněn i navazujícím pozemním výzkumem, kdy na vybraných profilech byly porovnávány výsledky pozemních měření s výsledky dosaženými letecky.

Letecká měření sestávala z metod:

- gamaspektrometrie,
- magnetometrie,
- elektromagnetická metoda ve variantě přístrojového systému Hummingbird.

Zatímco gamaspektrometrie a magnetometrie byla na teritoriu Čech a Moravy již realizována dříve (byť v jiných hustotách profilů a jinou přesností), jedná se v případě metody elektromagnetické o první měření u nás. Data, mapy profilů a izolinie odporů získané touto metodou jsou prvními výstupy, které byly realizovány v našich podmínkách. Význam měření tedy přesahuje pouze striktně stanovené resortní zadání, ale má celostátní význam jak pro geologický výzkum, tak i praxi.

V souvislosti s realizací projektu nelze pominout ani fakt, že realizaci leteckých měření zajišťovala kanadská firma McPhar Geosurveys. To znamená, že bylo možno se v praxi seznámit s praxí zahraničních geofyziků a s jejich pojetím interpretace naměřených dat. V neposlední řadě byly získány cenné zkušenosti, jak zajistit management zahraniční geofyzikální skupiny u nás (výběr dodavatele, smlouva, celní formality, kontrola a přejímka prací zahraničního dodavatele).

Firma G IMPULS Praha spol. s r.o., která zodpovídá sdružení GeoBariéra za komplexní dodávku geofyzikálních prací, zajistila jak logistickou podporu zahraničním kolegům, tak i důslednou přejímku prací ve smyslu interních předpisů firmy (norma ISO 9001, certifikace BVQI) a za splnění kvalitativních standardů daných projektem prací.

Při hodnocení výkonů firmy McPhar se snažilo vedení geofyzikální části projektu o to, aby se zahraniční pracovníci mohli seznámit podrobně s geologickými poměry na zájmových lokalitách i s archivními geofyzikálními materiály (zejména s výsledky předchozích leteckých měření a regionálních tíhových měření – viz regionální geofyzikální podklady zajišťované firmou G IMPULS a předané jako datový soubor sdružení GeoBariéra v prosinci 2003). Zároveň byly udržovány soustavné kontakty se specialisty na jednotlivé zkoumané oblasti, tj. zejména s J. Markem (Geotechnika a.s.) a J. Skopovým (Geomin). Na druhé straně existovala snaha, aby zpracování i interpretace probíhala podle zkušeností a praxe kanadských a amerických geofyziků, a tak se nevytratil určitý odstup a objektivita pohledu zahraničních expertů na naše geologické poměry. Výsledkem společné interpretace s využitím všech získaných geofyzikálních poznatků je zejména vyznačení bloků s relativně malým stupněm porušení, které jsou

v interpretačních mapách vykresleny šrafovou. Tato místa jsou zvláště vhodná pro další podrobnější geologický průzkum.

V souvislosti s výše uvedeným přístupem poznamenáváme, že kanadští (resp. američtí) pracovníci se snažili vždy dosáhnout maximální citlivosti přístrojové techniky a představit naměřená data v co nejjemnějším gridu a zobrazení izolinií. Jak se ukázalo, tento postup je jistě účelný v průmyslově neporušených a geologicky klidných teritoriích. Toto však většinou neplatí pro střední Evropu. Pokud se měření provádí s vysokou citlivostí (což v zásadě není na škodu), je nutno naměřená data účinně vyhladit a data zobrazovat v reálném kroku izolinií, který překračuje úroveň průmyslových šumů. Zmiňované problémy se mohou zvláště projevit u matematicky upravovaných dat, jako jsou první a druhé derivace různých složek sledovaného pole. Na mapách tohoto typu se logicky projevují směry profilových linií. Tento efekt je způsoben i tím, že hustota profilů je vždy v jednom směru výrazně vyšší, než jak je tomu ve směru příčném. Pro budoucí projekty lze doporučit, aby mapy derivací polí byly prováděny pouze pro potřeby detailního studia vybraných území a nebyly požadovány pro základní prezentaci (v případě současného projektu byly tyto mapy požadovány). Řešitelé úkolu si výše uvedených problémů jsou vědomi a snažili se nalézt optimální kompromis mezi požadavky smlouvy, potřebou prokázat vysokou úroveň použitých technologií a realitou středoevropské krajiny.

Posuzujeme-li obecně vypovídací hodnotu jednotlivých metod, lze říci, že překvapivě největší význam mají odporové mapy (resp. elektromagnetická metoda). Tato metoda přináší zcela nové poznatky s velkou vypovídací hodnotou o geologické stavbě. Z teorie elektromagnetických polí je známo, že hloubkový dosah elmag. vln je závislý na frekvenci i velikosti měrného odporu prostředí. Z tohoto důvodu by bylo velmi účelné v budoucnosti provést v zájmových územích i stejnosměrné vertikální elektrické sondování, jehož komplexní interpretace s elektromagnetickým měřením by umožnila další upřesnění odporových (a tím i geologických) poměrů. Letecká magnetická měření a gamaspektrometrie splnily jednoznačně svou úlohu, jejich vypovídací hodnota je jen o něco málo nižší, než je tomu u elektromagnetické metody. Pro podrobné, následné studie lze doporučit, že radiometrické mapy lze studovat i z pohledu zásahů způsobených lidskou činností a že není zřejmě u konce možnost zpracování různých vztahů mezi prvky (trojně grafy a 3D zobrazení).

Řešitelům úkolu jsou známa některá „problematická“ místa, kde naměřená data umožňují dvojí výklad příčiny či, kde zjištěná skutečnost je překvapivá. Tato místa byla pečlivě diskutována a byla hledána optimální vysvětlení. Jedná se o následující body:

- Na lokalitě Lodhěrov se neprojevil u elektromagnetických měření výrazněji plynovod, jehož existence je zde známa. Nelze zcela vyloučit, že potrubí není kovové. Pravděpodobnost tohoto druhu je však malá. Je však možné, že protikorozní ochrana plynovodu formou „obětovaných elektrod“ vede k složitější síti vodičů, jejichž indukovaná pole se navzájem v konečném efektu do značné míry ruší.
- Na lokalitě Budišov je možno připustit prodloužení interpretované linie označené jako Ce (viz interpretační mapa) přes celou plochu. V konečném rozhodnutí se

opíráme o zkušenosti hlavního interpretátora (H. T. Andersen) s tím, že se i druhá varianta je přípustná.

- Profilová linie 13300 se na lokalitě Budišov jeví v elektromagnetickém měření jako uměle ovlivněná (nebo že jde o částečný výpadek měřícího systému). Po porovnání s magnetickým měřením (kde se anomální linie projevuje také) se přikláníme k názoru, že měření je v pořádku a anomální jev má reálný původ.

V průběhu diskusí o výsledcích měření vznikly dotazy na způsob testování leteckého gama spektrometru. Protože se jedná o rozsáhlejší technickou otázku, odkazujeme na textovou přílohu č.1, uvedenou na konci této zprávy.

Interpretační mapy, které jsou přiloženy do souboru mapových podkladů a jsou součástí dodávky, vycházejí z názoru, že do map byly zakresleny pouze ty prvky, které jsou z naměřených dat jasně specifikovatelné a jednoznačně lokalizovatelné. V praxi českých geologů však je zavedeno, že lze do tektonických studií zahrnout i projevy tektonické aktivity, které se projevují pouze v některých fyzikálních polích a které nemusí být provázeny úzkou, jasně definovanou poruchou s výrazným mechanickým efektem. Takovéto projevy lze očekávat tam, kde dochází k náhlé směrové deformaci izolinií měřeného pole (např. magnetického, geoelektrického, tíhového), která indikuje posuny horninových bloků, geologická rozhraní, pásma zvýšené puklinatosti, nebo pouze změny v rozložení napjatosti horninového masivu či napjatostní anizotropii. Tyto prvky jsme se snažili nalézt v našich naměřených datech a zobrazit zvláštní šrafou do interpretačních map (viz obr. 1 až 6) přiložených k tomuto textu. Interpretované struktury nazýváme „strukturně tektonickými prvky“. Tyto prvky nemusí plnit funkci aktuální tektonické linie, mohou se však zásadně projevit např. při otvírce důlního díla, kdy dojde ke změně napjatostního stavu horninového masivu.

Na závěr letecké části výzkumných prací pro vyhledání úložiště radioaktivních odpadů je možno zformulovat několik návrhů či doporučení pro další postup prací:

- Doporučujeme v budoucnu doplnit letecký průzkum stejnosměrným vertikálním elektrickým sondováním, které by umožnilo upřesnit hloubkové rozložení odporů interpretovaných z elektromagnetických měření.
- Doporučujeme doplnit letecký průzkum o tíhová měření. Dosud provedené podklady sestavené pro potřeby tohoto úkolu z dostupných regionálních dat mají značnou vypovídací hodnotu. Regionální data však nemohou nahradit podrobný gravimetrický průzkum, který umožní sledovat i dílčí struktury významné pro posouzení horninového prostředí v místě uvažovaného úložiště.
- S ohledem na to, že hlubší seismický průzkum není v současné době na vybraných lokalitách vůbec reálný (např. tlak veřejnosti), doporučujeme uvažovat o kladivové seismice, která by na vybraných místech hlavně sledovala rychlostní anizotropii přípovrchových partií. Bylo by tak možno si učinit první představu o rozložení napětí, puklinatosti a seismických rychlostech (modulech). Využití seismické tomografie kolem vrtu by bylo výhodou.

- Kritické rešerše lokalit zjistily značné množství realizovaných geofyzikálních prací. Za pozornost stojí zejména hlubinná seismická měření včetně evropského projektu Celebration (dokončeno 2002). Vyhodnocení seismických dat z geomechanického pohledu bude jistě přínosem.
- Pokračování prací se zřejmě neobejde bez zakoupení speciálního software, a to zejména:
 - kompletní balík programů Geosoft,
 - balík programů zajišťující pohodlný a rutinní kontakt mezi geofyzikálnimi daty a daty geografického charakteru (GIS),
 - vyspělý interpretační program pro potenciálová pole (tíhové a magnetické pole).

Toto vybavení je finančně náročné, ale mělo by být k dispozici přímo v ČR pro servis spojený se soustavným studiem (monitoringem) potenciálních míst pro stavbu úložiště.

5 Literatura

Boyarskikh, V.G., Zolotov, I.G. and Roze, Ye N., 1984, Selection of Line Spacing for Absolute Magnitude and Gradient Surveys Based on Statistical Properties of the Geomagnetic Field; *Geomagnetism and Aeronomy*, v.24, n.2, p.236-240.

Geological Survey of Czechoslovakia, 1967, Geological Map of Czechoslovakia, 1:500 000; Geological Survey of Czechoslovakia, Praha.

Geological Survey of Czechoslovakia, 1966, Geological Map of Czechoslovakia, 1:1 000 000; Geological Survey of Czechoslovakia, Praha.

IAEA, 1991, "Airborne Gamma-ray Spectrometer Surveying"; International Atomic Energy Agency, Vienna 1991, Technical Report Series No. 323.

IAEA, 2003, "Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data"; International Atomic Energy Agency, Vienna 2003, Technical Report "IAEA-TECDOC-1363.

Kaufman, A.A. and Keller, G.V., 1983, *Frequency and Transient Soundings*; Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York, 1983, pp. 685.

Keller, George V. and Frischknecht, Franl C., 1966, *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*; Pergamon Press, pp. 519.

MacLeod, Ian N., Vierra, Sergio, and Chaves, Ana Cristina, 1993, Analytic signal and reduction-to-the-pole in the interpretation of total magnetic field data at low magnetic latitudes: Proc. Of the 3rd Intnt'l Congress of the Brazillian Geophysical Soc, Rio de Janeiro, November 1993.

Nabighian, Misac N., 1984, Toward the three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms; *Fundamental relations: Geophysics* v.53, p.957-966.

Nabighian, Misac N., 1972, The Analytic Signal of Two-Dimensional Magnetic Bodies with Polygonal Cross-section; Its Properties and use for Automated Anomaly Interpretation: *Geophysics*, v.37, n.3, p.507-517.

Palacky, George J., 1986, *Airborne Resistivity Mapping*; Geological Survey of Canada, Paper 86-22, pp.195.

Reid, Alan B., 1980, Short Note; Aeromagnetic survey design: *Geophysics* v.45, n.5, p.973-976.

Roest, W.R., Verhoef, J., and Pilkington, M., 1992, Magnetic interpretation using 3-D analytic signal: *Geophysics* v.57, p.116-125.

Satran, Vladimir, and Gorek, Augustin, 1968, Crystalline and Magmatic Complexes of Czechoslovakia; International Geological Congress, XXIII Session, Prague 1968.

Saul, Stephen J. and Pearson, Michael J., 1998, Levelling of Aeromagnetic Data: Canadian Journal of Exploration Geophysicists, v.34, n.1&2, p.9-15.

Spector, A. and Grant, F.S., 1970, Statistical models for interpreting aeromagnetic data: Geophysics, v.35, n.2, p.293-302.

Suk, M., Krupička, J. and Pelc, Z., 1968, Pre-Cambrian of the Core of the Bohemian Massif; International Geological Congress, XXIII Session, Prague 1968.

Valleau, Nicholas C., 2000, HEM data processing – a practical overview; Exploration Geophysics, v.31, p.584-594.

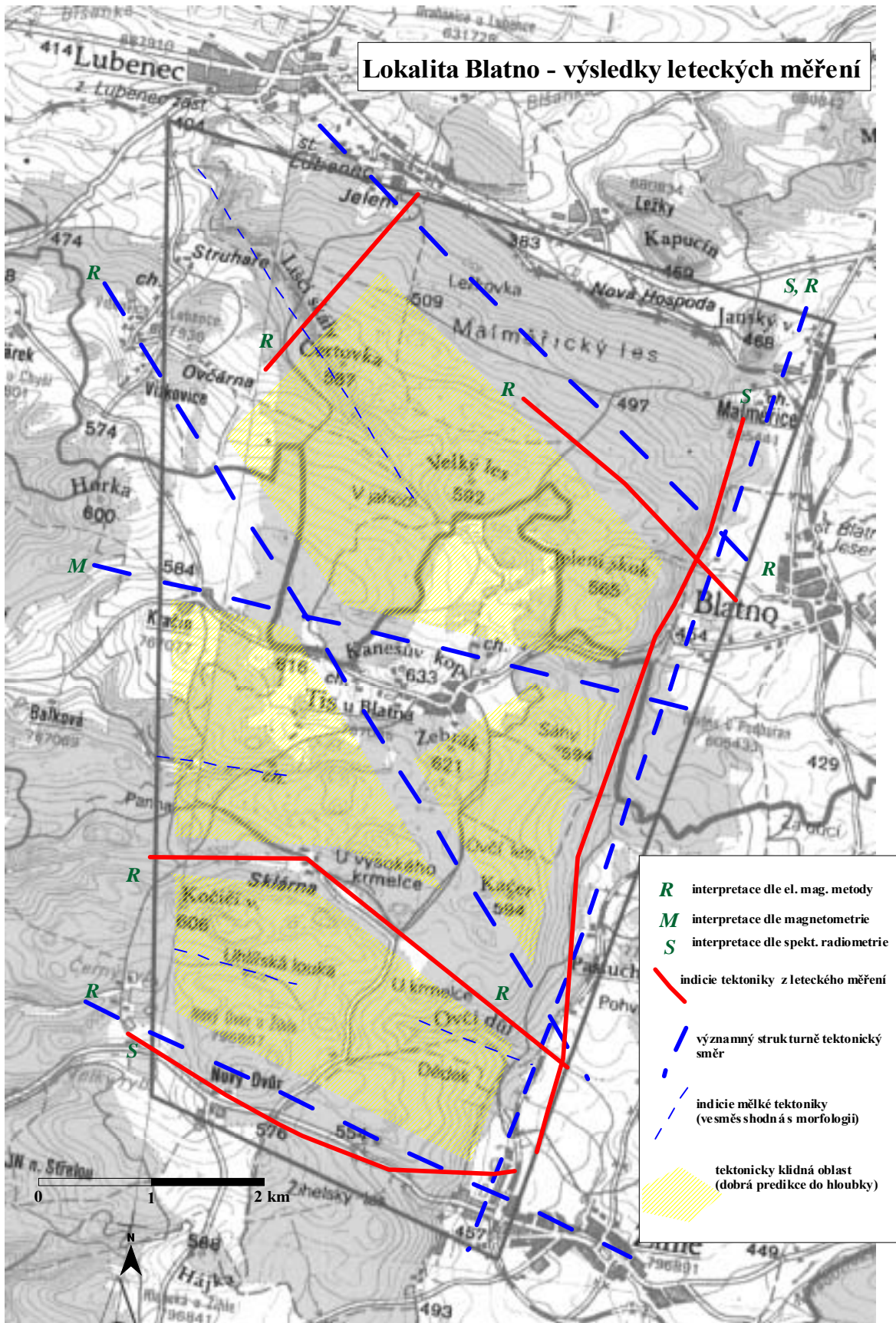
Vejnar, Zdenek, 1968, Crystalline Complexes of the Bohemian Massif; International Geological Congress, XXIII Session, Prague 1968.

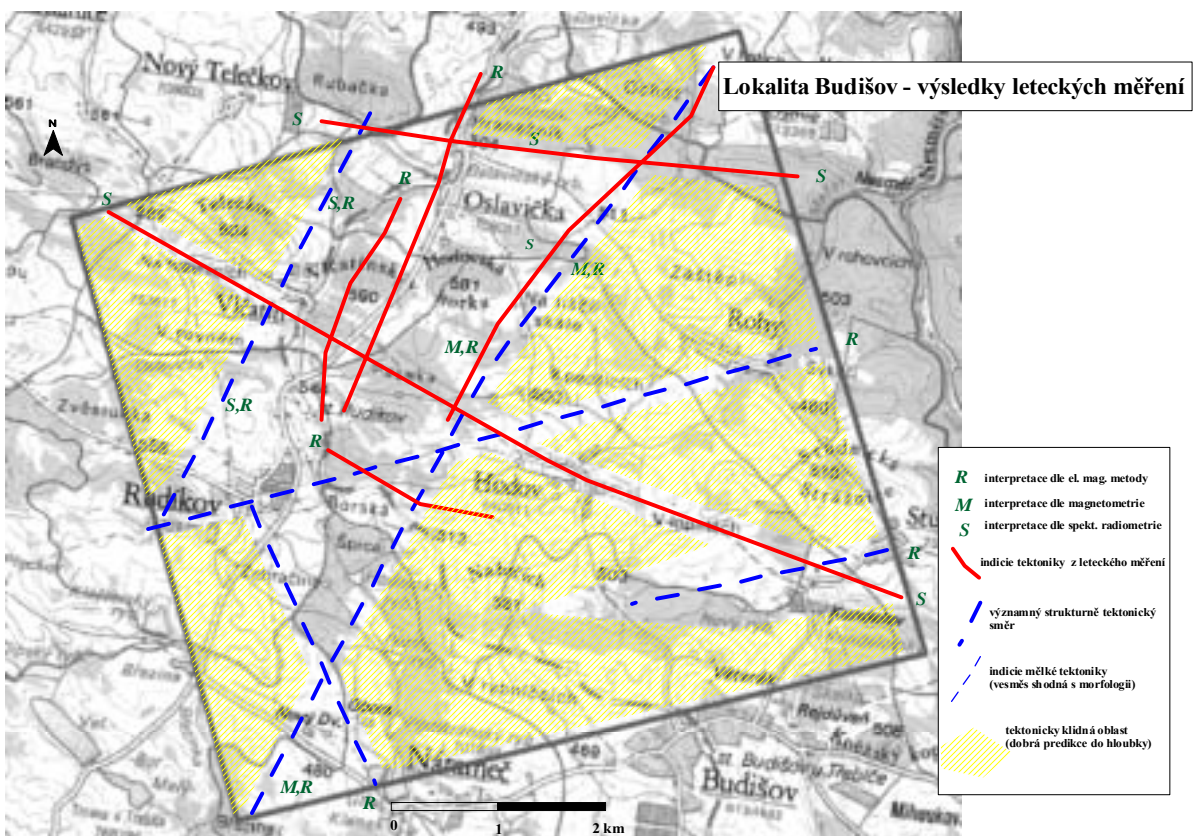
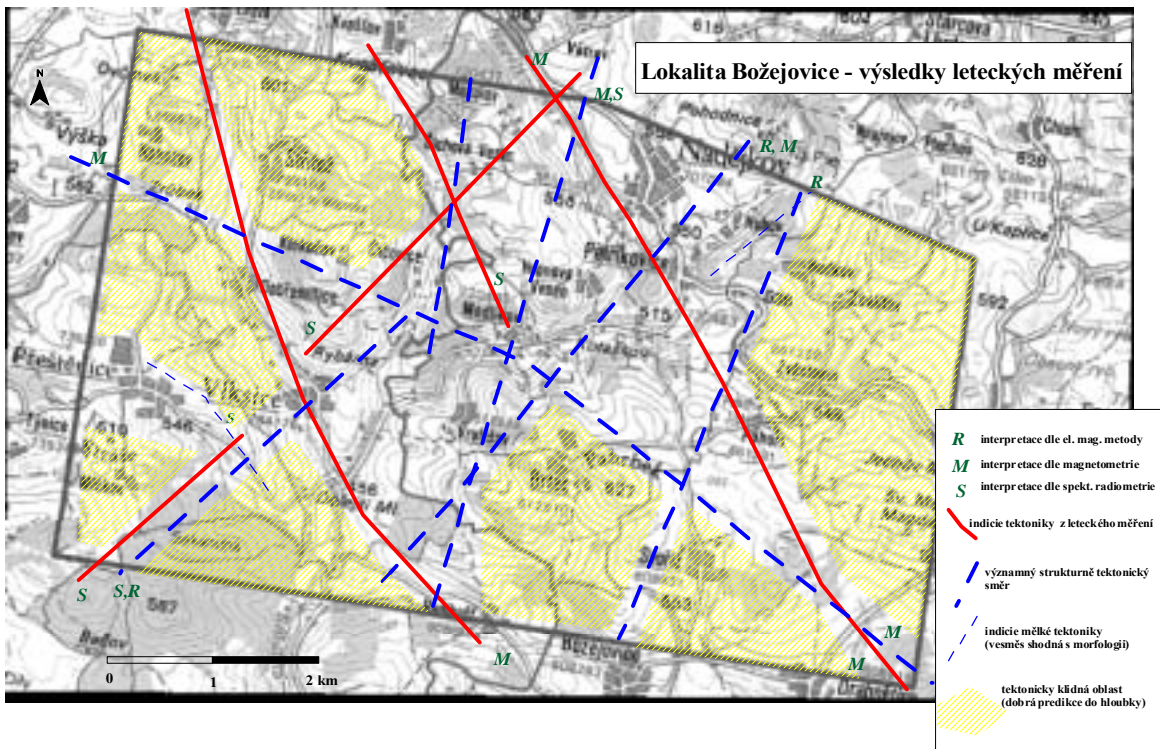
Wait, James R., 1982, Geo-Electromagnetism; Academic Press, pp.268.

PŘÍLOHA 1 - OBRÁZKY

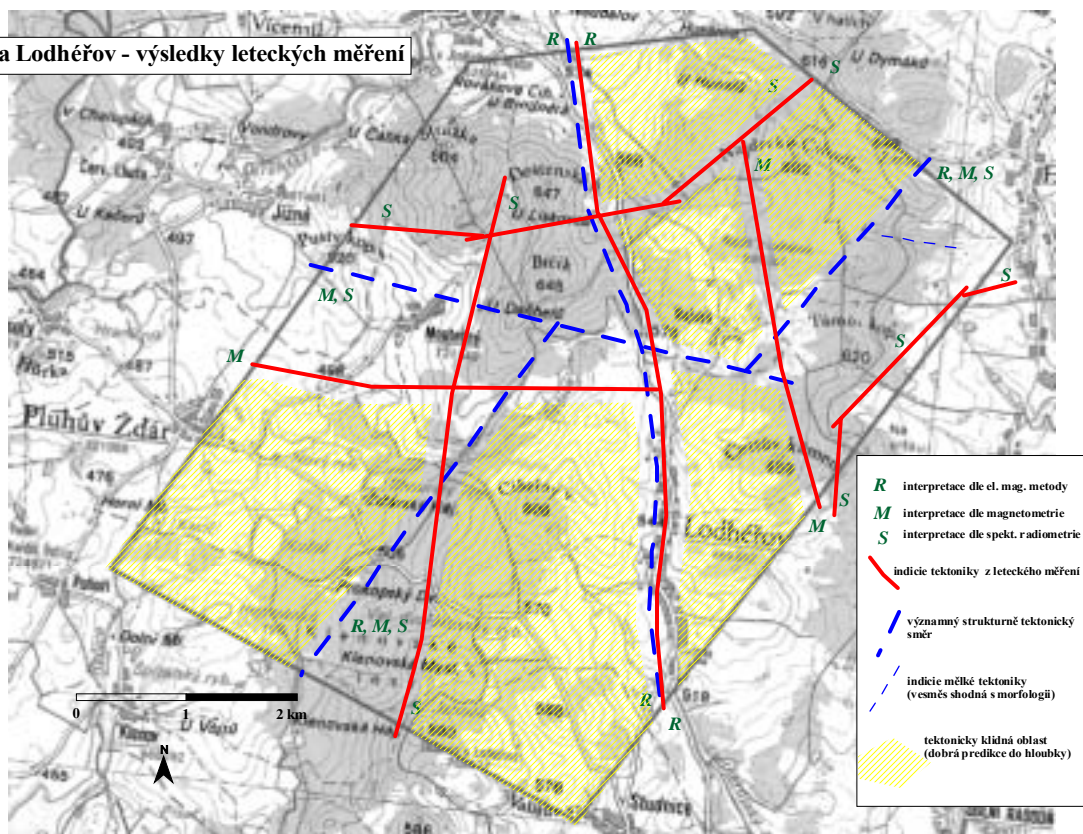
1. Komplexní geologická interpretace geofyzikálních dat. Lokalita Blatno. Úložiště radioaktivních odpadů
2. Komplexní geologická interpretace geofyzikálních dat. Lokalita Božejovice. Úložiště radioaktivních odpadů
3. Komplexní geologická interpretace geofyzikálních dat. Lokalita Budišov. Úložiště radioaktivních odpadů
4. Komplexní geologická interpretace geofyzikálních dat. Lokalita Lodhéřov. Úložiště radioaktivních odpadů
5. Komplexní geologická interpretace geofyzikálních dat. Lokalita Pačejov. Úložiště radioaktivních odpadů
6. Komplexní geologická interpretace geofyzikálních dat. Lokalita Rohozná. Úložiště radioaktivních odpadů

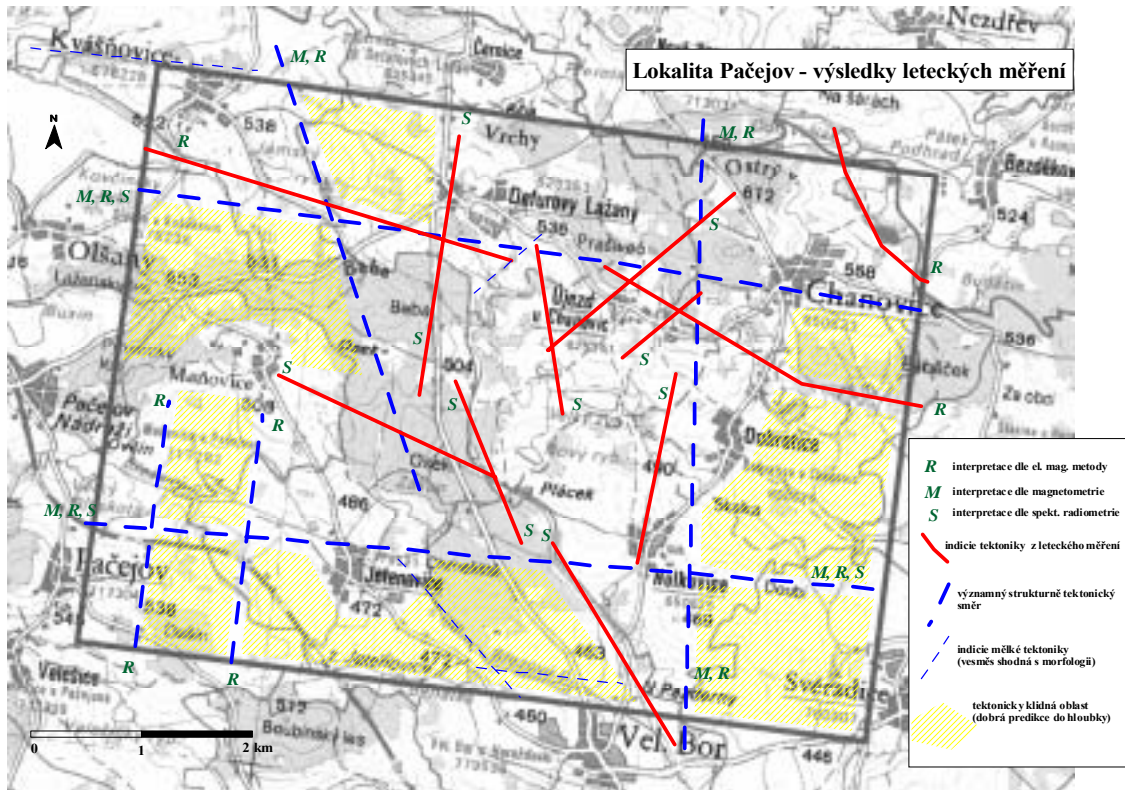
Lokalita Blatno - výsledky leteckých měření

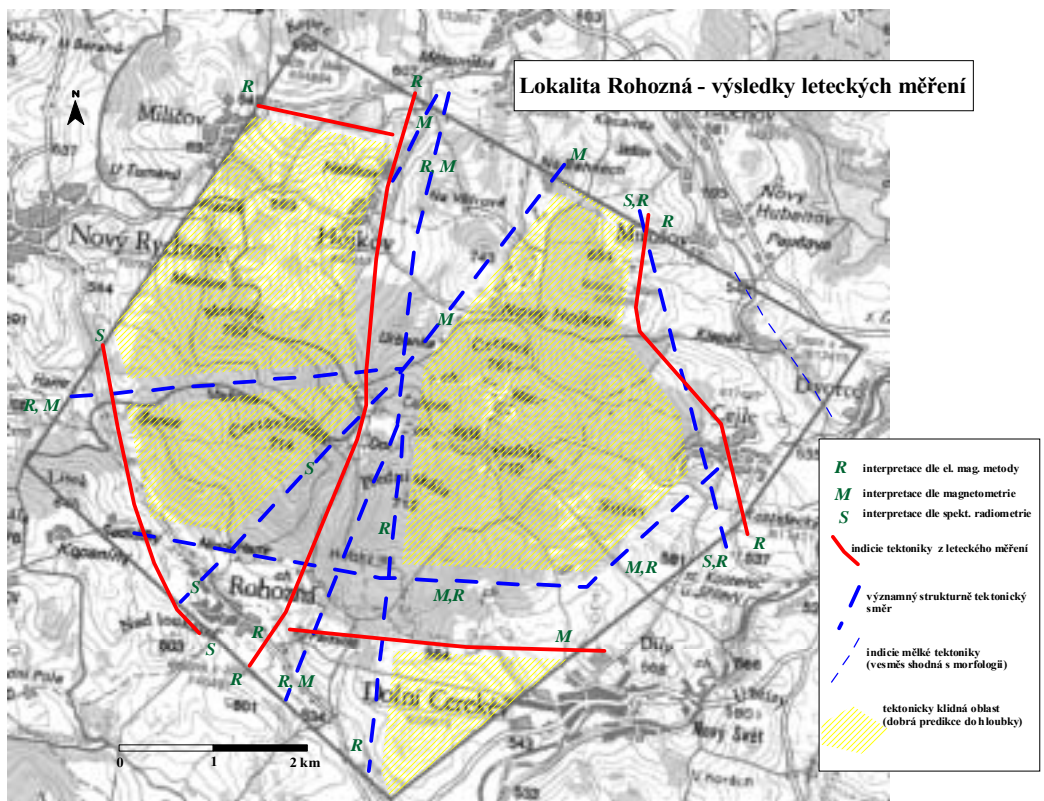




Lokalita Lodhěřov - výsledky leteckých měření







PŘÍLOHA 2

POZNÁMKY KE KALIBRACÍM A SOFTWARE

Postup kontroly radiometrického pozadí měřicího systému v průběhu leteckého měření v listopadu 2003 byl následující:

Pro letecká měření byl již v projektu zpracován plán každodenních kontrolních a kalibračních prací pro uvedení měřicího systému do provozu. U každé lokality byl vybrán velký rybník pro každodenní kontrolou pozadí měřicího radiometrického systému. Po nehodě měřicí gondoly v září 2003, vzniku nenadálých magnetických bouří a podzimních mlh, byl technologický postup v měsíci listopadu upraven následovně. Základna pro starty měřících letů byla pro všechny průzkumné plochy zbudována v Táboře. Zde byl situován kontrolní letový profil Tábor- Turovec (souřadnice), který byl veden přes charakteristické body. V letovém profilu byl velký železný hangár a dva rybníky, dále pak klidné pole bez rušivých vlivů za Turovcem.

Práce probíhala v následujících krocích:

1. Jednu hodinu před plánovaným zahájením letu byl měřicí systém zapnut a zahříván.
2. V případě, že povětrnostní situace a předpověď změn magnetického pole byly příznivé byly provedeny testy kalibrace EM systému kalibrační cívkou. Nastavení systému bylo fixováno.
3. Rutinní kontrola gamaspektrometru cesiovým standardem.
4. Celý systém byl helikoptérou vyneseno do vzduchu a zde byla provedena měření kontrolního profilu , a to v obou směrech.
5. Tento postup na kontrolním profilu se opakoval znovu po skončení létání.
6. V průběhu letu se provádělo v nepravidelných intervalech vynulování EM systému vzletem do výšek nad 250 m.

Záznamy těchto testů jsou uvedeny v prvotních denních záznamech měření. Každý večer byly vyhodnoceny testy a zkontrolována kvalita záznamů denních letů. Záznamy z denních kontrolních letů a závěrečný test nad rybníkem Svět (který byl proveden pro objektivní stanovení vlivu kosmického záření na měřená data) byly pak použity pro závěrečné zpracování zaznamenaných dat.

Letecká radiometrie byla porovnáována s pozemní gama spektrometrií. Měření proběhlo na sedmi stanicích umístěných na letišti v Táboře, a to s následujícími výsledky (viz tab. 1). Poslední tři sloupce (SK, STh, SU) udávají koeficienty vypočtené pro korekci pozemních hodnot na letovou výšku.

Stanice	K	Th	U	K	Th	U	SK	STh	SU
	cps	cps	cps	%	ppm	ppm			
10	89,94	34,14	5,28	3,65	13,00	1,90	24,6411	2,6262	2,7789
20	82,32	29,91	5,05	3,15	10,35	1,60	26,1333	2,8899	3,1563
30	82,63	30,87	5,39	3,35	10,80	1,50	24,6657	2,8583	3,5933
40	84,33	31,27	5,23	2,80	10,90	1,85	30,1179	2,8688	2,8270
50	78,78	29,84	5,83	2,90	9,00	1,50	27,1655	3,3156	3,8867
60	82,95	40,72	3,06	3,90	12,15	1,50	21,2692	3,3514	2,0400
70	82,20	36,14	4,23	2,60	12,60	1,70	31,6154	2,8683	2,4882
80	86,61	31,58	7,26	3,60	10,30	1,80	24,0583	3,0660	4,0333
90	81,38	29,74	5,28	3,05	9,85	1,45	26,6820	3,0193	3,6414
100	82,50	32,30	5,58	3,30	10,25	1,65	25,0000	3,1512	3,3818
	83,36	32,65	5,22	3,2	10,9	1,6	26,1348	3,0015	3,1827

Tab. 1: Výsledky stanovení obsahů K, Th, U a vypočtené převodní koeficienty SK, STh a SU. Pozemní gama spektrometrie.

V tabulce 2 jsou uvedeny souřadnice počátku, konce a lomových bodů letového testovacího profilu a to UTM systému a JTSK.

ID	X_UTM	Y_UTM	X_JTSK	Y_JTSK
1	474058	5472231	737293,2	1120675,9
2	478482	5471490	732999,9	1121980,4
3	480301	5470721	731294,5	1122977,4
4	483242	5469420	728544,5	1124646,6

Tab. 2: Souřadnice letového testovacího profilu

V tabulce 3 jsou uvedeny souřadnice pozemních stanic gama spektrometrických měření

Stanice	X_JTSK	Y_JTSK
10	733566.35	1122101.91
20	733356.51	1122248.41
30	733108.56	1122406.53
40	732825.44	1122604.56
50	732587.15	1122756.07
60	732921.90	1121900.48
70	732969.07	1122128.52
80	732783.23	1122844.23
90	732644.67	1122866.80
100	733131.12	1122257.36

Tab. 3: Souřadnice pozemních stanic gama spektrometrických měření

V tabulce 4 jsou uvedeny záznamy z kalibračního letu nad Třeboňským rybníkem (rybník Svět, 20.11.2003, let 36).

metry nad mořem	nTC	nTh	nU	nK	nU_up	ncos
2000	161,3	7,0	3,9	7,7	2,1	47,6
1900	155,4	6,7	3,6	7,4	1,7	44,0
1800	150,9	6,7	3,7	7,0	1,8	42,2
1700	145,7	6,4	3,2	6,9	1,7	39,6
1600	140,0	6,3	3,3	6,7	1,7	37,9
1500	138,3	6,5	3,4	6,3	1,6	36,6
1400	132,1	5,5	3,2	6,2	1,6	34,4
1300	130,1	5,9	2,6	6,0	1,7	32,0
1200	123,7	5,3	2,5	5,6	1,4	30,7
1100	119,6	5,0	2,9	5,7	1,6	28,9
1000	119,0	5,1	2,5	5,5	1,7	27,6

	Pozadí letadla	Vliv kosmického záření
TC	56,846	2,2187
Th	2,2696	0,1032
K	2,3147	0,1134
U	0,6318	0,0694
Uupw	1,019	0,0184

Tab. 4: Výsledky kalibračního letu nad Třeboňským rybníkem

Použitý software:

V průběhu měření a zpracování byl použit zejména následující software:

Geosoft Montaj Data Processing Software, verze 5.1.10,

Microsoft Office 2000,

Corel 10.



Správa úložišť radioaktivních odpadů
Dlážděná 6, 110 00 Praha 1
Tel. 221 421 511
E-mail: info@rawra.cz
www.surao.cz