

Netradiční možnosti využívání technologií GPS v povrchové těžbě hnědé uhlí

Untraditionelle Möglichkeiten des Einsatzes der GPS-Technologie bei der tagebaumäßigen Braunkohlegewinnung

Der Artikel macht über den Zutritt der Kohlengesellschaft AG Most zur Nutzung einer der jüngsten Methoden der Punktlagebestimmung mithilfe der Navigationssateliten sowie des GPS-Systems bekannt. Im allgemeinen wird die Anwendung dieses Systems im Ausland zusammengefaßt, insbesondere bei der Unterstützung der mit der Gewinnung der Nutzrohstoffe zusammenhängenden Leistungen in den Tagebauen. Näher kommt er an die Nutzung dieses Systems in der BRD, im Braunkohlenrevier Rheinbraun ein, weil ähnliche Abbaubedingungen auch in den Tagebauen in der Tschechischen Republik zu finden sind.

Ebenfalls wird die Ausnutzung dieser Methode im Eisenbahnbetrieb sowie in Tagebauen der Tschechischen Republik beschrieben. Weiter befaßt sich der Beitrag mit der Anwendung bei der Überwachung der Bewegung von Oberschichten der Erdoberfläche im unmittelbaren Vorfeld und breiterer Umgebung des Tagebaues Tschechoslowakische Armee hinsichtlich auf seine Lage am Fuße des Erzgebirges.

Im Abschluß bemüht sich der Autor des Beitrages allmähliche Schritte bei der Bildung eines integrierten Modularsystems, das sich mit systematischer Überwachung und Auswertung der Förderprozesse in Tagebauen befaßt, in Bezug auf die Realisierung der bearbeiteten Abbaupläne und deren Auswertung auf der Basis grundlegender, topographischer, geologischer und technisch-ökonomischer Dateien zu definieren.

Untraditional possibilities of utilization the GPS technologies at opencast excavation of brown coal

The article deals with access of the Most coal company at utilization of one of the

latest method for determination the position of the point by means of navigation satellites and system GPS. Commonly it summarizes the utilization of this system in abroad especially at support of activities connected with excavation of service minerals at opencast mines. Closer it deals with utilization of the system in Federal German Republic in brown coal basin Rheinbraun because the similar conditions can be found also at opencast brown coal mines in the Czech Republic.

The article also describes the method GPS utilization in sphere of railway transport and coal opencast mines in the Czech Republic. Closer it deals with its utilization at following up the movement of top strata of the earth surface in the close forefield and broader vicinity of the opencast coal mine of the Czechoslovak army with regard to its situating at the foot of the Ore Mountains.

In conclusion the author tries to define the procedure steps at formation of integrated modular system engaging in systematical following up and evaluation of mining processes at opencast coal mines, in regard to realization of processed procedure plans and their evaluation on the base of basic data topographical, geological and technical-economical data sets.

Нетрадиционные возможности использования технологий GPS при открытой разработке бурого угля

Статья говорит о подходе Мостецкой угольной компании, а/о к использованию одного из новейших методов определения положения точки при помощи навигационных спутников и системы GPS.

Дается общий обзор применения данной системы в загранице, в особенности при поддержке деятельности, связанных с разработкой полезных ископаемых открытым способом. Более подробно

автор занимается использованием системы в ФРГ - Рейнском бурогольном бассейне, так как аналогичные условия можно встретить на открытых бурогольных разработках Чешской Республики.

В статье также описывается использование метода GPS в области ж.-д. транспорта и угольных разрезов в Чешской Республике, а именно его применением при следении за движением верхних слоев земной поверхности в непосредственном предполе и более широких окрестностях угольного разреза им. Чехословацкой Армии, с учетом его расположения у подошвы массива Крушных Гор.

В заключение автор стремится определить постепенные шаги при создании интегрированной модулярной системы, занимающейся систематическим исследованием и оценкой угледобычных процессов на разрезах, в отношении к осуществлению разработанных планов продвижения и их оценки на базе совокупностей основных топографических, геологических и технико-экономических данных.

Netradiční možnosti využívání technologií GPS v povrchové těžbě hnědého uhlí

Článek pojednává o přístupu Mostecké uhelné společnosti k využívání jedné z nejposlednějších metod určování polohy bodu pomocí navigačních družic a systému GPS. Obecně shrnuje využívání tohoto systému v zahraničí zejména při podpoře činností, spojených s těžbou užitečných nerostů na povrchových lomech. Blíže se zabývá využíváním systému ve Spolkové republice Německo v hnědouhelném revíru Rheinbraun, protože obdobné podmínky lze nalézt i na povrchových hnědouhelných lomech v České republice.

Článek rovněž popisuje využití metody GPS v oblasti železniční dopravy a uhelných lomů v České republice. Blíže se zabývá jejím využitím při sledování pohybů svrchních vrstev zemského povrchu v bezprostředním předpolí a širším okolí povrchového uhelného lomu Československé armády, vzhledem k jeho situování na úpatí Krušných hor.

V závěru se autor snaží definovat postupové kroky při vytváření integrovaného modulárního systému, zabývajícího se systematickým sledováním a vyhodnocováním těžebních procesů na povrchových uhelných lomech, ve vztahu realizace zpracovaných postupových plánů a jejich vyhodnocení na bázi základních datových topografických, geologických a technicko-ekonomických datových souborů.

A) Určování polohy bodu pomocí navigačních družic systémem GPS

Úvod

V poslední době se nejen ve vědeckých publikacích, ale i v populárně technických časopisech objevují pojednání o jedné z nejuniverzálnějších metod určování polohy bodu na zemském povrchu - o metodě GPS. Aplikace a využívání této metody již proniklo do celé řady odborných činností i v naší republice. Ani hornická činnost, zejména na velkých povrchových hnědouhelných lomech, již v současné době není ušetřena vlivu této metody a práce v těchto systémech proniknou i do řady netradičních oborů spojených se sledováním a vyhodnocováním těžby velkého hnědouhelného lomu on line. Přes nesporně vyšší cenu hardware a software je to metoda velice výkonná a návratnost vložených prostředků při efektivně vedených pracích, spojených s jejím využitím, je rychlá.

Zpracovaný příspěvek o využívání metodiky GPS pro určování polohy bodu v definovaném souřadnicovém systému je *populárně-technickým* pojednáním pro širokou technickou hornickou veřejnost o tradičních i netradičních možnostech využívání této technologie v povrchovém hnědouhelném hornictví. Původně tento systém neměl vůbec sloužit pro účely širokého technického využití. Byl vyvinut armádou Spojených států amerických a poprvé byl uplatněn v rozsáhlém měřítku ve válce v Perském zálivu.

Nejprve by bylo vhodné se velice stručně a populárně zmínit o systému GPS všeobecně. Jak již zkratka užívaná pro práce v tomto systému uvádí (GPS = Global Positioning System), jedná se volně přeloženo o systém souhrnného určení pozice bodu v definovaném souřadnicovém systému.

Základní součástí je systém NAVSTAR 24 navigačních družic rozložené obíhající po orbitálních dráhách okolo země po přesně matematicky definovaných dráhách v cyklu 2x denně (2x 12 siderických hodin). Po jedné orbitální dráze obíhají vždy 3 družice. Družice vysílají v pravidelných a známých časových intervalech signály, ve kterých jsou zakódovány údaje o poloze družice a údaj palubních družicových atomových hodin (tzv. palubní efemeridy) na frekvencích $L_1 = 1575,42$ MHz a $L_2 = 1227,60$ MHz. Tyto signály jsou potom zachycovány a vyhodnocovány pozemními mobilními nebo stacionárními přijímači uživatelů. Signály jsou vysílány společně v otevřeném a v zašifrovaném tzv. C/A kódu znemožňujícím všem běžným uživatelům, s výjimkou armády Spojených států a jejich spojenců, zneužití tohoto systému pro vojenské účely (navádění říditelných střel na cíle). Dráhy družic jsou neustále sledovány a propočítávány a jedenkrát za 24 hodin jsou jejich efemeridy aktualizovány pro následující časový interval. Řídící kontrolní stanice pro sledování, vyhodnocování a aktualizaci efemerid je situována v Colorado Springs (USA), další kontrolní stanice jsou umístěny na ostrovech Ascencion, Diego Garcia, Kwajalein a Havaj. Tři z těchto pozemních stanic předávají informace družicím a ty pak jednotlivým uživatelům. Systém diferenciálních rovnic v počítači přijímače pak řeší vztah mezi okamžitou polohou několika družic (minimálně 3, zpravidla však 6 - 8) a přijímačem propočtem tzv. pseudovzdáleností, jejichž základní vztahy jsou dány přepočtem časových intervalů mezi vysláním signálů a jejich zachycením pozemními stanicemi. Poloha určovaného bodu je pak matematicky řešena dle známých úloh, kdy známe souřadnice známých bodů (momentální poloha družice) a vzdálenosti mezi těmito body a určovaným bodem. Vypočtená poloha bodu v mezinárodním referenčním souřadnicovém systému na povrch tělesa hladinového elipsoidu je nakonec systémem transformačních rovnic přepočítána do platného zobrazovacího systému uživatele. V mezinárodním systému pozemních stanic, sdružených po názvem IGS, je i česká stanice na observatoři Pecný u Prahy. Tato stanice je organizačně řízena Výzkumným ústavem geodeticko-topograficko-kartografickým v Praze - Zdibech.

Přesnost v určení polohy bodu.

Přesnost určení polohy neznámého bodu je dána kvalitou vybavenosti uživatele a délkou měření (observace) na určovaném stanovišti. Pokud se týká přesnosti určení polohy požadovaného bodu metodou GPS, transformováno do jazyka důlně měřického předpisu, převyšuje tato řádově povolenou odchylku požadovanou vyhl. ČBÚ č. 435/1992 Sb. pro určování poloh bodů základního důlního polohového bodového pole zjištěného dvěma nezávislými měřickými metodami danou vztahem

$$P = \pm 6 * 10^{-2} \text{ m,}$$

nebo pro přesnost určení polohy bodů základního důlního polohového bodového pole určeného polygonovým pořadem dané vztahem

$$D_{xy} = \pm 10^{-3} * \sqrt{k_1 * L + k_2 * [RR]}$$

Dosahovaná přesnost aparatur GPS je závislá na typu aparatury (výrobce), kvalitě software, délce observace (měření) a částečně konfiguraci terénu. Prakticky lze řádově mluvit o milimetrové přesnosti v určení polohy bodu a dvojnásobně nižší přesnosti v určení výšky bodu. V současné době je kromě běžného využívání těchto aparatur v komerční oblasti geodetických firem také využíváno aparatur GPS pro pravidelné určování poloh trigonometrických bodů v jednotné trigonometrické síti katastrální včetně bodů nejvyšší přesnosti a určování poloh dalších bodů této sítě s nižší přesností. Nezanedbatelný význam této metody je při geodynamickém vyšetřování změn svrchních vrstev zemské kůry.

Pokud se týká vztahu důlně měřických prací, realizovaných pomocí aparatur GPS k legislativě, vyjádřené ve vyhlášce ČBÚ čis. 435/1992 Sb., není tento vztah v současné době definován a je uvažováno s jeho zahrnutím až v novelizovaném důlně měřickém předpisu.

B) Zkušenosti s využíváním systémů GPS v praxi

Využívání systémů GPS v zahraničí

Obecně lze konstatovat, že již delší dobu dochází v zahraničí k prudké invazi těchto systémů nejen do oborů geodetických a geotechnických činností, ale i dalších průmyslových činností, kde je požadováno sledování a vyhodnocování polohových změn požadovaného objektu. Nepochybně se jedná o jednu z nejvýznamnějších současných metod v oblasti geodetických a navigačních systémů. Nelze však tento jev zobecňovat, neboť celá řada geodetických činností (tvorba map velkých měřítek 1 : 500 nebo 1 : 1 000 v intravilánech měst nebo obcí, nebo v silně zalesněných či členitých terénech) není touto technologií zastupitelná. Na druhé straně vznikají zajímavá technologická spojení při využívání GPS v některých výrobních procesech.

Z dostupných zahraničních pramenů a vyjádření odborníků lze analogii při širším využívání GPS v hornické činnosti nalézt již na více jak 100 největších povrchových lomech na celém světě. Této technologie je využíváno při základním geologickém průzkumu a mapování v dosud nezmapovaném území, řízení výroby, rozvoji povrchových lomů a rovněž při rekultivačních činnostech. Pro technologie GPS, používaných ve velkých povrchových lomech, hovoří dle zahraničních pramenů rychlost při získávání přesných výsledků měření bez ohledu na povětrnostní podmínky a denní či noční dobu. Rovněž otázka vzdáleností mezi měřeným bodem a stanovištěm měřického přístroje pozbývá při užití této metody významu.

Některé zahraniční prameny uvádí zvýšení produktivity důlně měřických prací realizovaných metodou GPS až o 100 % při dosažení centimetrové přesnosti měření

v reálném čase. Není zanedbatelný význam této metody při rutinním řešení studií deformačních procesů v reálném čase využitím statické metody měření GPS. Zdroje americké firmy Trimble uvádějí dokonce řízení činnosti vrtných souprav ve vrtných schématech pomocí GPS, tedy bez pomoci důlního měřiče a řízení postupů těžebních mechanismů (osa postupu rýpadla a niveleta pojezdu) dle naprogramovaného itineráře. Americká firma RAHCO International (R.A.Hanson Company) uvádí první nasazení GPS technologie na těžebním mechanismu při řízené těžbě v solném dole v roce 1993. Na měděném dole El Abra v pohoří Atacama v Chile je pomocí GPS systému řízen proces zakládání neproduktivních hornin do projektovaného budoucího výsypkového tělesa. Kanadská firma Aquila Mining System Montreal se od počátků devadesátých let zabývá výrobou vrtných souprav a lopatových rýpadel, jejichž poloha je určována pomocí GPS. Jiná kanadská společnost Wenco International uvádí řízení automobilové dopravy při zakládání hlušiny do předem vyprojektovaného výsypkového tělesa dispečerskou službou s dosahovanou přesností konečné nivelety a tvaru svahu menší než jeden metr. První integrovaný systém GPS, zahrnující základní topografické a geologické informace, řízení výroby, navigování těžebních strojů a veškeré potřebné informace pro řízení a vyhodnocování výroby, byl spuštěn v roce 1995 na jednom rudném dole v americkém státě Minnesota a byl nazván Modular Mining System. Počátkem roku 1996 to byl první systém na světě spojující vysokou přesnost GPS se všemi aspekty povrchového dobývání nerostů. Rovněž známá americká firma Caterpillar Inc. přechází na výrobu dozerů, hydraulických lopatových rýpadel, nakladačů a graderů řízených bezdrátovou technologií GPS.

Produktivita prací je vysoká, neboť těžební práce či zemní úpravy jsou prováděny pod přímým řízením pomocí computeru v naprostém souladu s projektem a s minimálními nároky na počet členů technicko-inženýrského řídicího personálu. Pohled amerických inženýrů do budoucna je založen na bezobslužné mechanizaci narušující pomocí nátržné střelby dobývací, přepravující a deponující těžný nerost a hlušinu na předem vyprojektované místo. Úlohou báňského inženýra je plné uplatnění jeho schopnosti vyprojektovat těžební postupy dobývání a zakládání užitkového nerostu a hlušiny a úlohou strojního inženýra je uplatnění jeho schopnosti řídit pomocí CAD/CAM systémů těžbu dobývacích strojů a práce pomocné mechanizace v souladu se zpracovaným projektem těžby.

Návratnost vložených prostředků např. do vybavení měřického pracoviště systémem GPS, hodnocená zvýšením produktivity práce, je dle amerických pramenů odhadována na dobu cca 18 měsíců.

Nejbližší naší problematice je využívání technologie GPS na hnědouhelných dolech rýnského revíru ve Spolkové republice Německo. Na lomech Frimmersdorf a Bergheim je od konce 70. let řešen integrovaný systém sledování těžby on line. Průběžně byla na těchto lokalitách od této doby testována celá řada technologií podporujících dosažení cílů, jako např. radarový systém Miniranger od firmy Motorola, elektronické snímače úhlů a dráhy pohybů stroje, orientační a navigační zařízení spolkové armády atd. Z technických nebo z finančních důvodů bylo od těchto postupů upuštěno. Mezitím postoupily výsledky satelitní geodzie na takovou úroveň, že se přímo nabízely pro využití při sledování polohy rýpadel. Konfrontací určování aktuální polohy kola (břítu kola v určité poloze) pomocí GPS s aktuálními datovými topografickými a geologickými soubory je řízena těžba a směřování uhlí a ostatních hmot a počítány odtěžené objemy. Koncem roku 1995 bylo započato s testováním modulů v praxi. Pro první fázi pilotního projektu bylo zvoleno uhelné rýpadlo na lomu Garzweiler.

Kromě dnes známých standardních případů sledování polohy bodu resp. objektu pomocí GPS v letecké a námořní dopravě, hovoří zahraniční prameny o projektech sledování a řízení automobilové dopravy ve velkých městech a sledování a řízení železniční dopravy na trasách rychlovlaků (Inter - City) a velice úzké spojitosti s metodami fotogrammetrie. Neoddiskutovatelný význam má tato technologie v oblasti svého vzniku, tedy ve vojenství.

Využívání systémů GPS v tuzemsku

Jako první se aparatury GPS objevují v roce 1990 v resortu bývalé geodezie a kartografie v rámci zpracované „Koncepce modernizace a rozvoje československých geodetických základů“. Následně v roce 1992 bylo provedeno základní měření v české a slovenské referenční GPS síti nultého řádu. Tato síť tvoří kostru geodetických základů na území České republiky. V říjnu 1993 proběhla srovnávací měření na geodetické základně Koštice, vybudované v minulosti jako komparační základna pro elektrooptické dálkoměry důlně měřických oddělení lomů a dolů severočeských hnědouhelných dolů. Rozdíl v délkách na jednotlivých typech základen mezi terestrickým měřením a měřením GPS se pohybovaly v rozmezí 1,7 - 10,6 mm. V neposlední řadě se tyto aparatury začínají objevovat u privatizovaných geodetických firem, kde jsou využívány především pro tvorbu nového bodového pole zejména pro oblast působnosti katastrálních úřadů a s tím souvisejících pozemkových úprav, mapování území pro stavbu budoucích dálničních tahů, vytyčování a zaměřování dálkových tras produktovodů a dálkových rozvodů elektrických sítí vysokého napětí.

V poslední době se objevují projekty řešící mapování a sledování kolejové dopravy na území České republiky. Zajímavý projekt v této oblasti předložila a uzavřela s ředitelstvím Českých drah firma Geoinvest Praha. Předmětem řešení tohoto projektu je ověření možnosti uplatnění kinematických metod GPS pro potřeby České dráhy. Firma Geoinvest vyvinula pro tento účel prototyp měřicího kolejového vozíku, na němž byla připevněna aparatura GPS. K měření bylo použito 5 aparatur TRIMBLE 4000 SSE (USA), z nichž 4 byly použity jako statické referenční stanice a jedna byla umístěna na kolejovém vozíku. Kromě standardního určování polohy a výšky osy koleje pomocí pohybujícího se vozíku byl průběžně měřen rozchod koleje a převýšení kolejnic v obloucích. Měření bylo uskutečněno v roce 1994 na 1200 m dlouhém úseku zkušebního okruhu v Cerhenicích a výsledky měření byly konfrontovány s výsledky klasického měření, provedených elektrooptickými dálkoměry. Výsledky střední přesnosti a středních diferencí jsou ve všech porovnávaných případech pod hodnotou 9 mm. Výkonnost použití této metody při určování základních parametrů koleje v intervalu 1 metru se odhaduje na 10 - 15 km koleje za den.

Z organizací, zabývajících se hornickou činností, se tyto aparatury poprvé objevily v roce 1994 na dolech Bílina a v roce 1996 na dolech Nástup v Tušimicích a také na lomu Hrabák MUS, a.s..

Na bývalém státním podniku Doly a úpravny Komořany byly již v roce 1992 ve spolupráci s Výzkumným ústavem geodeticko topograficko kartografickým v Praze - Zdibech zahájeny práce na projektu geodynamického vyšetřování přesných měřických sítí pomocí metod GPS v rámci programu sledování Krušných hor. Základem pro pozorování a vyhodnocování bylo definováno pole měřických polohových a výškových bodů v rámci přesných geodetických sítí tzv. vnitřního a vnějšího sledování. Body v těchto sítích jsou většinou hloubkově stabilizovány a hlavice těchto bodů jsou upraveny

pro nucenou centraci. Měření v těchto sítích se datuje již od počátků sedmdesátých let v intervalu proměřování až čtyřikrát ročně, ale do té doby nebylo provedeno celkové geodynamické vyšetření změn polohy a výšky bodů v širším geodynamickém kontextu. Důvodů pro uskutečnění těchto měření bylo několik. Předně zde byla stále diskutovaná a úplně nezodpovězená otázka vlivu těžby povrchového hnědouhelného lomu Čs. armáda versus masiv Krušných hor. Dále byly k dispozici výsledky celé řady polohových a výškových měření, realizovaných ve vnitřních a vnějších pozorovacích sítích. Na měřeních a zpracování výsledků měření se kromě odborníků-specialistů z DÚK podílela řada dalších specialistů a firem jako VÚGTK Praha (ing. Vyskočil DrSc), ČVUT Praha (ing. Radouch CSc, ing. Kolenatý) a Zeměměřický ústav Praha. Jako další důvod se nabízela teoretická výzva podporovaná silnými indiciemi.

Z dílčích výsledků geotechnických (seismika, náklonoměry a částečně přesná inklinometrie) a geodetických měření vyplývala blízká shoda v těchto oblastech:

1. měření velmi přesných nivelací provedená na úpatí a svazích Krušných hor v oblasti Jirkov (Červený Hrádek) - Černice potvrzují pravidelný, relativní výzdvih masivu Krušných hor. Přitom výsledky těchto měření na bodech stabilizovaných při úpatí hor na kvarterních sedimentech mají výsledek opačný, tedy pokles,
2. velmi přesná polohová měření (střední chyba měření klasickými elektrooptickými dálkoměry při nucených centrácích na měřických stanoviscích a přeurčení trojúhelníků byla řádově několik milimetrů) potvrzují relativní polohovou stabilitu bodů stabilizovaných na pevných skalních výchozech Krušných hor a naopak tahové trendy směrem do uhelné pánve u bodů stabilizovaných na suťových pokryvech a úpatních svahových sedimentech,
3. zaznamenané výsledky seismických měření v průzkumných štolách Jezerka a Jezeří a na stanici Vysoká Pec prokazují permanentní seismické mikrošoky,
4. výsledky náklonových měření ve shora zmíněných štolách rovněž potvrzují výzdvihové trendy.

Otázka v tomto případě zní: a) Co je příčinou těchto jevů naměřených velmi přesnými metodami?

b) K jak velké kumulaci energetického potenciálu dochází vlivem sil, jejichž výsledky byly zjištěny exaktními metodami?

c) Jakou roli v tomto procesu sehrává povrchový hnědouhelný lom?

Odpověď je zřejmě částečně skryta v geodynamickém vyšetření širší oblasti. Jedním z prostředků geodynamického vyšetření je proměření vybrané množiny geodetických bodů metodou GPS, připojení těchto bodů na body mezinárodní sítě IGS a jejich pravidelné proměřování a vyhodnocování. Částečně tento úkol do svého silně redukováného programu zahrnul odbor geologie a měřictví Mostecké uhelné společnosti v rámci cyklického proměřování základního důlního polohového bodového pole ve smyslu vyhlášky ČBÚ čis. 435 / 1992 Sb..

Využití technologie GPS v podmínkách MUS, a.s. v minulosti

Jak již bylo v předchozím odstavci uvedeno, od závěru roku 1991 se odborníci tehdejšího státního podniku DÚK Komořany zabývají systémy GPS a jejich využitím

v podmínkách velkých uhelných povrchových lomů. Kontakty byly navázány s předními českými odborníky (např. Doc. Ing. Jan Kostecký CSc., ing. Vyskočil DrSc. - VÚGTK Praha - Zdiby) a firmami zabývajícími se distribucí aparatur GPS (ing. Vejvoda - Geoinvest, Trimble, ing. Kuldová - Leica, Wild, atd.). Výsledky těchto jednání byly vyjádřeny v roce 1993 v návrhu projektu bližší specifikace vybavení centrálního pracoviště pro fotogrammetrii a speciální geodetické práce a návazně v roce 1994 při stanovení postupů pro vybavení a zavádění metod měření systémem GPS. Představa projektu spočívala ve využívání těchto metod při proměřování přesných geodetických sítí při sledování a vyhodnocování naměřených výsledků geotechnických měření v předpolí lomu Československé armády a přilehlých svahů Krušných hor a jejich vyhodnocování, a širším geodynamickém kontextu a určování vlivovacích bodů pro potřeby leteckého měřického snímkování. Z celého tohoto projektu byla realizována pouze první část a to přesné proměření metodou GPS základní geodynamické sítě pevných bodů, proměřovaných v minulosti jako vnější a vnitřní síť polohových a výškových bodů pro sledování Krušných hor.

V září roku 1994 byla ve spolupráci odboru měřictví a geologie tehdejšího státního podniku Doly a úpravny Komořany (nyní Mostecká uhelná společnost, a.s.) s pražskou firmou Geoinvest na vybraných bodech vnější a vnitřních pozorovacích sítí zaměřena základní (nultá) etapa - „Podzim 1994“. Tyto vybrané body tvoří v souladu s vyhláškou ČBÚ č. 435 z roku 1992 Sb. základní důlní polohové bodové pole MUS a.s. Zaměření provedla firma Geoinvest Praha technologií GPS, s použitím 5 aparatur Trimble 4000 SSE. Pouze měřický pilíř č. 54, který je součástí vnitřní monitorovací sítě Jezerka, byl zaměřen s ohledem na morfologii a silně zalesněný terén terestrickými metodami.

Účelem vzniku této sítě ZPBP bylo sjednotit vybrané body čs. jednotné trigonometrické sítě a vybrané body vnitřní a vnějších sítí bývalého státního podniku Doly a úpravny Komořany a vytvořit z nich ucelenou síť základních polohových bodů s odpovídající přesností a účelností.

Celá síť byla připojena na tři okolní stanice IGS - Graz (Rakousko), Wettzell (Spolková republika Německo) a Pecný (Česká republika). Připojovací základny byly řešeny samostatně a připojovací body - 19 Uhlíný vrch, 26 Medvědí skála a 27 Kapucín - sloužily jako opěrné pro vyrovnání celé sítě. Výsledné souřadnice byly transformovány do roviny Křovákova zobrazení šestiprvkovou prostorovou transformací. Vnitřní přesnost vyrovnaných souřadnic je velmi vysoká. Střední polohové chyby souřadnic jsou v intervalu 0.3 až 2.6 mm, ve výškách v intervalu 2.0 až 5.1 mm.

Na podkladě odborného stanoviska, zpracovaného VÚGTK Praha (ing. Vyskočil DrSc.) v roce 1994, hodnotícího změny poloh a výšek měřických bodů za posledních cca 20 let, bylo ustanoveno, že měření na bodech sítě ZPBP se bude opakovat v periodě 4 let. V případě patrných deformací na bodech sítě bude interval měření na bodech, jež prokazatelně vykazují polohovou změnu, úměrně zkrácen.

Výsledky měření byly vydány jako nultá etapa měření základního důlního polohového bodového pole Mostecké uhelné společnosti ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 435/1992 Sb. s periodou opakování měření maximálně 4 - 5 let. Výsledky měření první etapy, plánované pro rok 1998, a jejich geodynamické vyšetření, by mělo přinést první reálné poznatky o chování svrchních vrstev povrchu země v oblasti intenzivního přerubání velkými povrchovými hnědouhelnými lomy v širším geodynamickém kontextu. V roce 1994 však na nově vzniklé Mostecké uhelné společnosti převažovaly problémy

spojené s uspořádáním vnitřních řídicích struktur, s tím spojenou postupnou reorganizací a pozdější delimitací stavu pracovníků včetně pracovníků důlně měřické a geologické služby a bohužel z původní úvahy o efektivním využívání moderní a výkonné technologie pro všechny povrchové lomy MUS zbylo torzo nazývané fotogrammetrie. Na druhou stranu je potřebné upozornit na pozitivní skutečnost, že souběžně s těmito jevy, probíhajícími na Mostecké uhelné, dochází k prudké modernizaci důlně měřického pracoviště SDCH včetně nákupu technologie GPS.

Nicméně i přes tyto nepříznivé okolnosti byl v závěru roku 1995 zpracován ideový projekt pro využití technologií GPS v podmínkách MUS, a.s.. Jednalo se o definování konfigurace aparatur, hardware a software, cenovou nabídku a v neposlední řadě geometrické uspořádání řídicí RTK stanice tak, aby akční radius účinného pole vlivu řídicí RTK stanice zahrnoval sféry zájmu povrchových hnědouhelných lomů MUS, a.s.. K tomuto projektu se dílčím přístupem připojilo měřictví lomu Hrabák, které jako první v rámci MUS, a.s. bylo vybaveno základní konfigurací pro měření v GPS.

Pokud se týká otázky globálního využívání GPS v podmínkách MUS, je nespornou výhodou této technologie proti standardním elektrooptickým totálním stanicím její využívání bez ohledu na klimatické podmínky a denní či noční dobu. Umožňuje to jejich pracovní režim ve frekvenčním rozsahu 100 MHz - 100 GHz umožňující průnik radiových vln mlhou i prašným prostředím. Další nespornou výhodou je integrace do některých dalších systémů hornických a jiných průmyslových činností. Bez nadsázky lze říci, že ve 3D systému lze sledovat on line téměř vše, co sledovat chceme a navíc sledovaný prostor není omezen. Otázkou je pouze přesnost, se kterou chceme získat údaje o poloze respektive pohybu sledovaného objektu. Pak samozřejmě záleží na konfiguraci hardware a software a času pobytu na určovaném bodu. Pohyb aut, vlaků, lodí, letadel, mechanismů, osob, atd. lze zaznamenávat ve zvoleném časovém intervalu nepřetržitě.

C) Využívání GPS v širší integraci hornické činnosti hnědouhelných povrchových lomů severočeské pánve

Současný stav

Ve shora uvedených statích je popsáno jakými průkopnickými cestami se ubíraly první kontakty pracovníků měřictví a geologie DÚK, s.p. a později MUS, a.s. s touto pro nás, po zrušení embarga vládou Spojených států, novou technologií. Nicméně, máme „to“ zde a musíme k „tomu“ zaujmout odborný pohled a odborný přístup.

Nejen snem, ale cílem každého inženýrsko-technického pracovníka, který alespoň jednou prošel systémem řízení výroby na dole nebo povrchovém lomu a byl jedním z článků rozhodovacího procesu, je získání dostatečného počtu aktuálních informací v odpovídající četnosti pro rozhodovací proces, aby konečné rozhodnutí bylo nejen správné, ale včasné. K tomu nám v současné době slouží informační systémy založené na statistických databázových informacích průběžně zpracovávaných a distribuovaných uživatelům prostřednictvím počítačových sítí. Zjednodušeně se tento systém nazývá výrobně informační systém (VIS).

Od konce roku 1995 je po úspěšných jednáních a spolupráci s australskou firmou MINCOM Pty. Brisbane v odboru báňského rozvoje MUS, a.s. nainstalován jejich modulární softwarový produkt MineScape. Cílem konečného uplatnění této modulární

soustavy je její propojení až na úroveň těžebních lomů a dolů a výslednými produkty jsou textové a graficko numerické výstupy podporující rozhodovací proces pro řízení a plánování výroby v hnědouhelném lomu (v budoucnu i dolu) v časovém horizontu příští směna až střednědobý resp. dlouhodobý strategický plán zájmu uhelné společnosti. Tento modulární systém podporuje zpracování aktuálních topografických databází získaných na podkladě polních měření a vyhodnoceného leteckého měřického snímkování a zpracování aktuálních geologických databází získaných z výsledků vyhodnoceného geologického průzkumu a aktuálních poznatků získaných geologickou službou společnosti.

Návrh dalšího postupu

Jedním z článků, získávajících prvotní informace do tohoto modulárního systému o aktuální poloze těžebního mechanismu v povrchovém lomu, by měl být integrovaný systém založený na kontinuálním zjišťování aktuální polohy břitu nabíracího zařízení (lopaty, korečku kola, korečkového výložníku) těžebního mechanismu pomocí přijímačů GPS, nainstalovaných na těžebním mechanismu. Tento systém, popisovaný v úvodu tohoto článku, byl dlouhodobě vyvíjen na hnědouhelných dolech rýnského revíru Spolkové republiky Německo a je chráněn mezinárodními patenty. Do dnešní doby nebylo autorovi článku umožněno blíže se seznámit s postupem řešení německých kolegů zabývajících se touto oblastí. Řešení této úlohy v podmínkách velkých povrchových lomů severočeské pánve je tedy v našem případě založeno na závěrech vytvořených na podkladě studia dostupných tuzemských a zahraničních zdrojů a několika prioritních předpokladech:

- ♦ chybí zásadní rozhodnutí organizace o postoji k tomuto problému (pokud ano pak tedy)
- ♦ zpracování rámcového postupového projektu
- ♦ určení správné polohy pro umístění přijímačů GPS na konstrukci těžebního mechanismu s ohledem na typ stroje, konfiguraci terénu, přístup a údržbu přijímačů atd.
- ♦ matematické vyřešení pohybů velkstroje při těžbě a definování výsledného vektoru mezi přijímačem a zvolenou polohou břitu
- ♦ definování univerzální polohy sběrné RTK GPS stanice
- ♦ vyřešení datového toku ke zpracovateli.

Výsledkem je textová, numerická a podle požadavku i grafická výstupní sestava hlášení o proběhlém posledním cyklu (myšleno od posledního hlášení, kdy časový interval zpracování je libovolně definovatelný). Tato sestava, kromě dnes prezentovaných výstupních dat výrobně informačního systému, obsahuje:

- a) údaj o poloze těžebního stroje (x,y,z)
- b) údaj o skutečně vypočteném objemu odtěžených hmot v posledním cyklu
- c) podélný a příčný řez postavením těžebního stroje, včetně kvalitativního uspořádání lávek v dobývaném nerostu i odkluzu (doprovodné suroviny)
- d) výšku těženého řezu
- e) sklon těženého řezu

- f) údaj o skutečné kvalitativní skladbě v definované kvantifikaci pro příští cyklus
- g) grafické zobrazení zvoleného výřezu mapy.

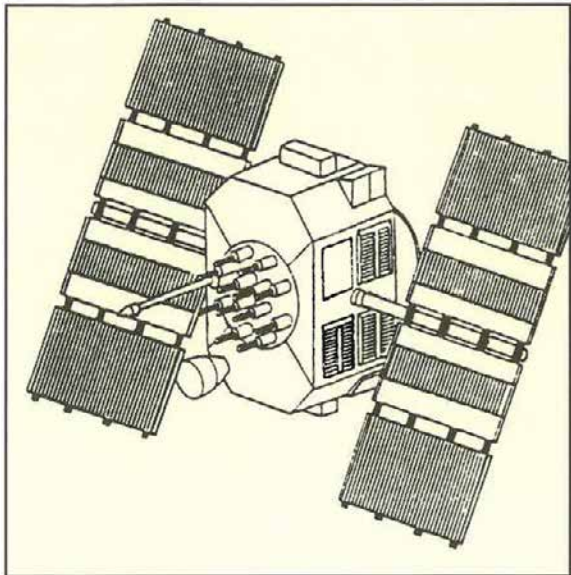
D) Závěr

Většina odborníků se shoduje v tom, že nástup technologie GPS, a to nejen do oboru klasické geodzie a mapování, lze analogicky přirovnat k nástupu fotogrammetrie v padesátých letech, kdy současné možnosti a metody ve využívání letecké fotogrammetrie, zejména automatizace prací, digitalizace výsledků atd. z ní vytvořily nejefektivnější metodu pořizování digitálních dat různého charakteru pro mapování a informační systémy. Samozřejmě existují územní celky, kde tuto metodu nelze uplatnit v plném rozsahu anebo vůbec. Ale ten samý problém existuje i při mapování klasickým způsobem při použití dnes již „pouze“ využívaných elektrooptických dálkoměrů nebo totálních stanic. Zde potom nastupuje um geodeta nebo důlního měřiče, jak kombinací různých metod a postupů prací vytvoří konečné dílo co nejefektivněji.

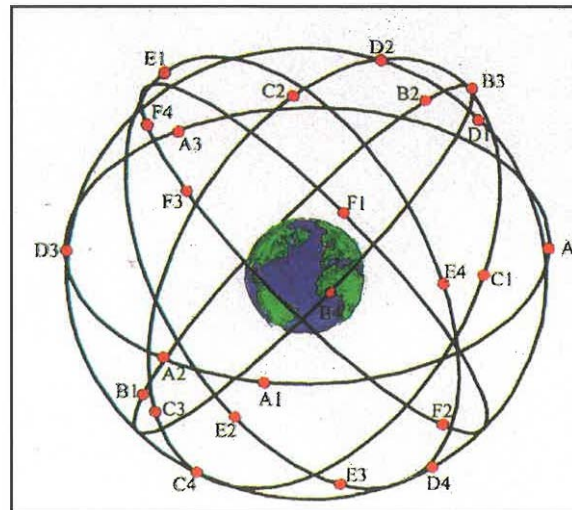
Dnešní doba je charakteristická tím, že umožňuje každému přístup téměř ke všem technologiím. Ne vždy znamená, že jsem-li nejlépe vybaven, jsem nejlepší. Jsem přesvědčen, že nejlepšími jsou ti, kteří nejen teoreticky a prakticky zvládnou nové technologie či nové metody práce nebo pracovní postupy, ale zejména promyšleným způsobem a pracovními postupy tuto činnost zefektivní a také v konečném výsledku nabídnou víc, než je od nich očekáváno. Integrace systému GPS do oborů jako je řízení a sledování provozu automobilové nebo železniční techniky, řízení a sledování činnosti velkostrojů a těžké či pomocné mechanizace, nebo kolejové techniky na velkých hnědouhelných lomech nám přímo nabízí celou škálu možností jak využívat získaná data. V tomto směru, ač to zní paradoxně, si nejen geodeti, ale i řídicí technicko-inženýrští pracovníci nepřímo vytvořili svého největšího konkurenta. A k tomuto nám všem metoda GPS hodila svou rukavici.

Literatura:

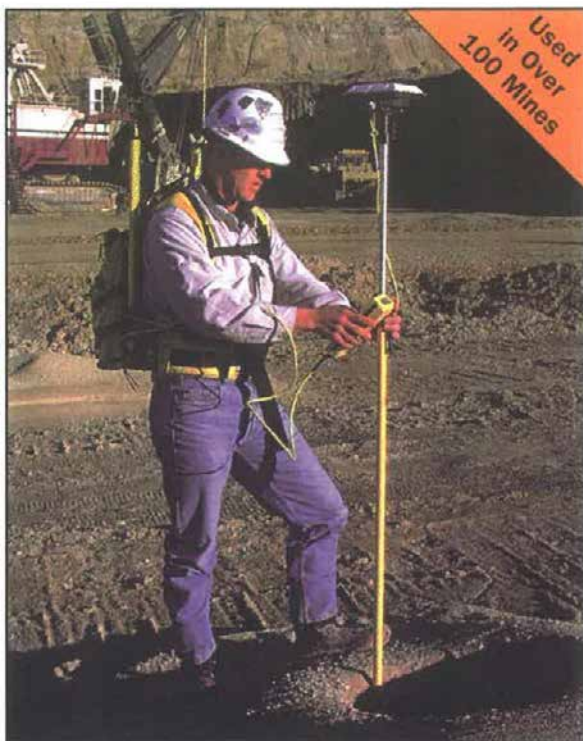
- 1) ing. Leoš Mervart: Základy GPS (ČVUT Praha 1993)
- 2) ing. David Jindra: Geodetické sledování pohybů v předpolí velkolomu Československé armády v Komořanech (Geoinvest Praha, říjen 1994)
- 3) H. Duddek, H. Guntch, W. Schaefer, und D. Wilms, Koln: SATAMA - Automatisiertes Tagebaufmass mittels hochgenauer Echtzeit - GPS Messungen auf Schaufelradbaggern (Braunkohle 3/96)
- 4) ing. Vyskočil DrSc: Odborné stanovisko k vývoji pohybů v prostoru předpolí velkolomu ČSA v Komořanech (VÚGTK Praha, prosinec 1994)
- 5) ing. Vejvoda: Určení aktuální prostorové polohy osy koleje kinematickou metodou GPS (Geoinvest Praha, červenec 1994)
- 6) Trimble - GPS For Mining (Applications and Technical Notes)



Obr. 1 Navigační družice GPS 1



Obr. 2 Oběžné dráhy navigačních družic 1



Obr. 3 Měření v hnědouhelném lomu 1



Obr. 4 Přijímač GPS 1