

GNSS MĚŘENÍ NA PODDOLOVANÉM ÚZEMÍ U KARVINÉ

Hana Doležalová¹

GNSS records on the undermine territory near Karviná

In 2006, Institute of Geonics started to build and repeatedly geodetically survey the points of an observation network above exploited mining panels near Karviná. The primary objective was to monitor the development of the subsidence depression in non-trivial geo-mechanical conditions in the area with significant tectonic faults. Thanks to stabilization of the observation network as lines and scattered points, it is possible to evaluate subsidence of individual points, profiles and also in area, and thanks to surveying the spatial position of each point, it is also possible to evaluate the horizontal shifts. The evaluation of the surface effects of underground mining on the basis of monitoring both subsidence and horizontal shifts and their directions, enabled a more complex understanding of the subsidence depression development. The geo-mechanical situation is very important here, first of all the existence of tectonic faults. Together with the rock mass failure due to former exploitation, they cause irregular changes on the surface of the undermined area.

Abstrakt

V roce 2006 začal Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. budovat a opakovaně geodeticky zaměřovat body pozorovací stanice nad dobývanými poruby v blízkosti Karviné. Primárním účelem bylo sledovat vývoj poklesové kotliny v netriviálních geomechanických podmínkách v oblasti s několika výraznými tektonickými poruchami. Díky stabilizaci pozorovací stanice ve formě linií a roztroušených bodů lze vyhodnocovat nejen pokles jednotlivých bodů, ale také pokles v profilech a plošně, a díky zaměřování prostorové polohy bodů lze navíc sledovat i horizontální posuny jednotlivých bodů. Vyhodnocení projevů hlubinného dobývání na povrchu na základě sledování jak poklesů, tak posunů a jejich směrů, umožnilo komplexnější pochopení vývoje poklesové kotliny. Ukazuje se, že pro tento vývoj je velmi podstatná celková geomechanická situace, v zájmové oblasti pak především výskyt tektonických poruch, které spolu s porušením horninového masívu předchozí těžbou způsobily nerovnoměrné změny na povrchu poddolovaného území.

Klíčová slova

pozorovací stanice, tektonická porucha, sledování poklesů, sledování posunů

1. Úvod

Hlubinná těžba uhelných ložisek v ostravsko-karvinském revíru způsobuje pohyby a deformace na povrchu. Nejběžnějším způsobem sledování povrchových projevů poddolování jsou výšková geodetická měření prováděná metodou geometrické nivelace. Při opakovaném použití metody GNSS však získáme prostorové souřadnice sledovaných bodů, a tím tedy nejen výškové změny na povrchu poddolovaného území, ale i horizontální posuny, případně vektor celkového pohybu.

V roce 2006 začal Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. budovat a opakovaně geodeticky zaměřovat body pozorovací stanice pro sledování vývoje poklesové kotliny v netriviálních geomechanických podmínkách, k čemuž byla vybrána oblast s několika výraznými tektonickými poruchami.

2. Lokalizace a popis zájmové oblasti

Zájmová lokalita je situována v hornoslezské uhelné pánvi v blízkosti Karviné, na východě je ohraničena státní hranicí s Polskem. Jde o severní oblast důlního pole Dolu ČSM-Sever, dobývací prostor Louky, na demarkaci s Dolem Darkov. Horninový masív je v dané lokalitě tvořen typickými horninami pro stavbu karbonského pohoří v hornoslezské pánvi s tafrogenní stavbou. Kostru tafrogenní stavby tvoří základní poklesy s amplitudou většinou desítek až stovek metrů, kombinované horizontálními posuny (Dopita 1997).

V zájmové oblasti byla naplánována exploatace porubu 361 000 s délkou porubní fronty 180 m a směrnou délkou porubu zhruba 500 m, v hloubce 960 m pod povrchem, s proměnlivou mocností 1,4 – 2 m, a to v období od října 2006 do června 2007. Dále bylo rozhodnuto dobývat porub 293 102 s délkou porubní fronty 185 m a směrnou délkou až 880 m, který se nachází jižně od porubu 361 000, a to v hloubce 990 m pod povrchem, s průměrnou dobývanou mocností 3,2 m, od května 2007 do dubna 2008. Dobývací metodou je stěnování na řízený zával, s postupem od východu na západ. Vzhledem k nepřesným informacím nebyly body v zájmové oblasti zaměřeny ještě před zahájením dobývání, ale o měsíc později. Velikost vydobytých prostor je zobrazena na obrázku 1 šrafováním, červeným podkladem je odlišena ta část porubu, která byla vydobyta ještě před zahájením povrchových geodetických měření.

Před zahájením dobývání porubu 361 000 bylo možno charakterizovat zájmovou oblast z hlediska poklesů jako poměrně stabilizovanou. V minulosti zde byla v nadloží porubu 361 000 dobývána jedna uhelná sloj a v nadloží porubu 293 102 probíhala dříve těžba v pěti slojích. Vlivy dobývání na povrch byly sledovány opakovaným nivelačním měřením. Na základě těchto měření lze konstatovat, že největší pokles nastal do roku 1999 a podle posledních dostupných měření vykazoval povrch v roce 2004 mírné doznívání poklesů v rozsahu do cca 5 cm za rok (Doležalová et al. 2007).

V zájmové oblasti se nachází čtyři tektonické poruchy poklesového charakteru, z nichž nejvýraznější jsou poruchy X a A. Porucha X má mocnost poruchového pásma 25 – 50 m, amplitudu poklesu 350 m a úklon cca 60°. Směr úklonu této poruchy je orientován tak, že prochází vyšším nadložím půdorysně nad severním porubem 361 000. Jižněji, subparalelně poruše X, prochází výrazná poklesová tektonická porucha A, s amplitudou poklesu cca 350 m a s úklonem 60°, jehož orientace je opačná. Jižní porub 293 102 se tak nachází v příkopové propadlině vymezené na severu poruchou X, na jihu pak poruchou A. Ze severní strany je cca 400 m od porubu 361 000 méně výrazná porucha 6. Na východě je pak nepojmenovaná porucha procházející ve směru S – J (Doležalová et al. 2009). Tektonická situace je znázorněna na obr. 1.

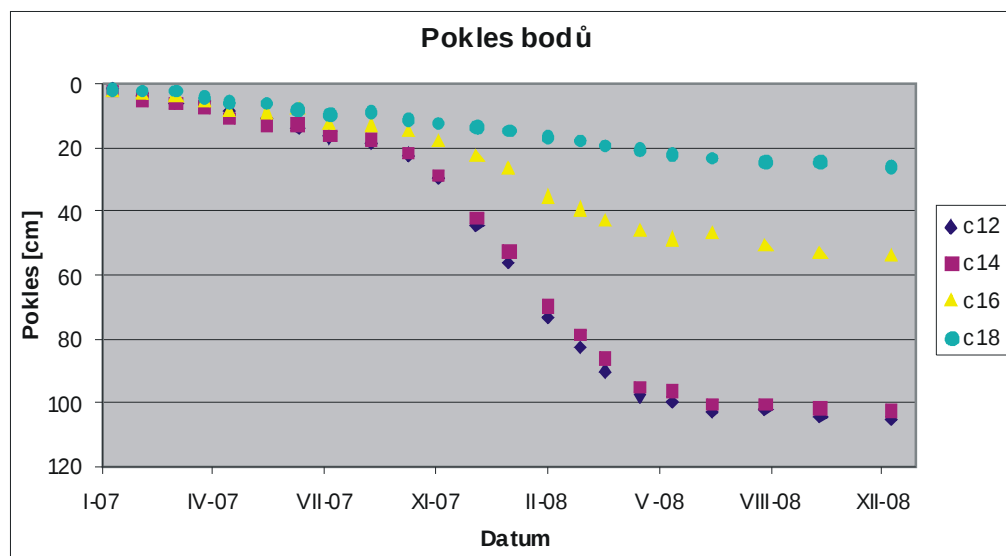
3. Pozorovací stanice

Plán budování pozorovací stanice jako souboru pevných bodů na povrchu vycházel z předpokládaného rozsahu vlivů poddolování v dané oblasti (k dispozici byl model předpokládaných vlivů z vydobytí obou porubů). Stabilizaci bodů bylo nutno přizpůsobit konkrétním podmínkám povrchu nad dobývanými poruby, kde už v etapě plánování probíhaly intenzivní rekultivační práce a terén se neustále výrazně

Výsledkem měření a následného počítačového zpracování jsou prostorové souřadnice zaměřovaných bodů v systémech označených WGS-84 a S-JTSK. Díky stabilizaci pozorovací stanice ve formě linií a roztroušených bodů je možno vyhodnocovat nejen pokles jednotlivých bodů, ale také pokles v profilech a plošně. Vzhledem k tomu, že metodou GNSS je zaměřována prostorová poloha bodů, lze navíc vypočítat i horizontální posuny jednotlivých bodů, případně deformace jednotlivých úseků.

4. 1. Vyhodnocení poklesů

Pokles je zřejmě nejnázornějším ukazatelem vlivů hlubinného dobývání na povrch. Lze sledovat nejen pokles v jednotlivých etapách měření ve zhruba měsíčním cyklu, ale také celkový dosavadní pokles, od počátku měření (Schenk 1999).



Obr. 2: Vývoj poklesů vybraných bodů profilu C

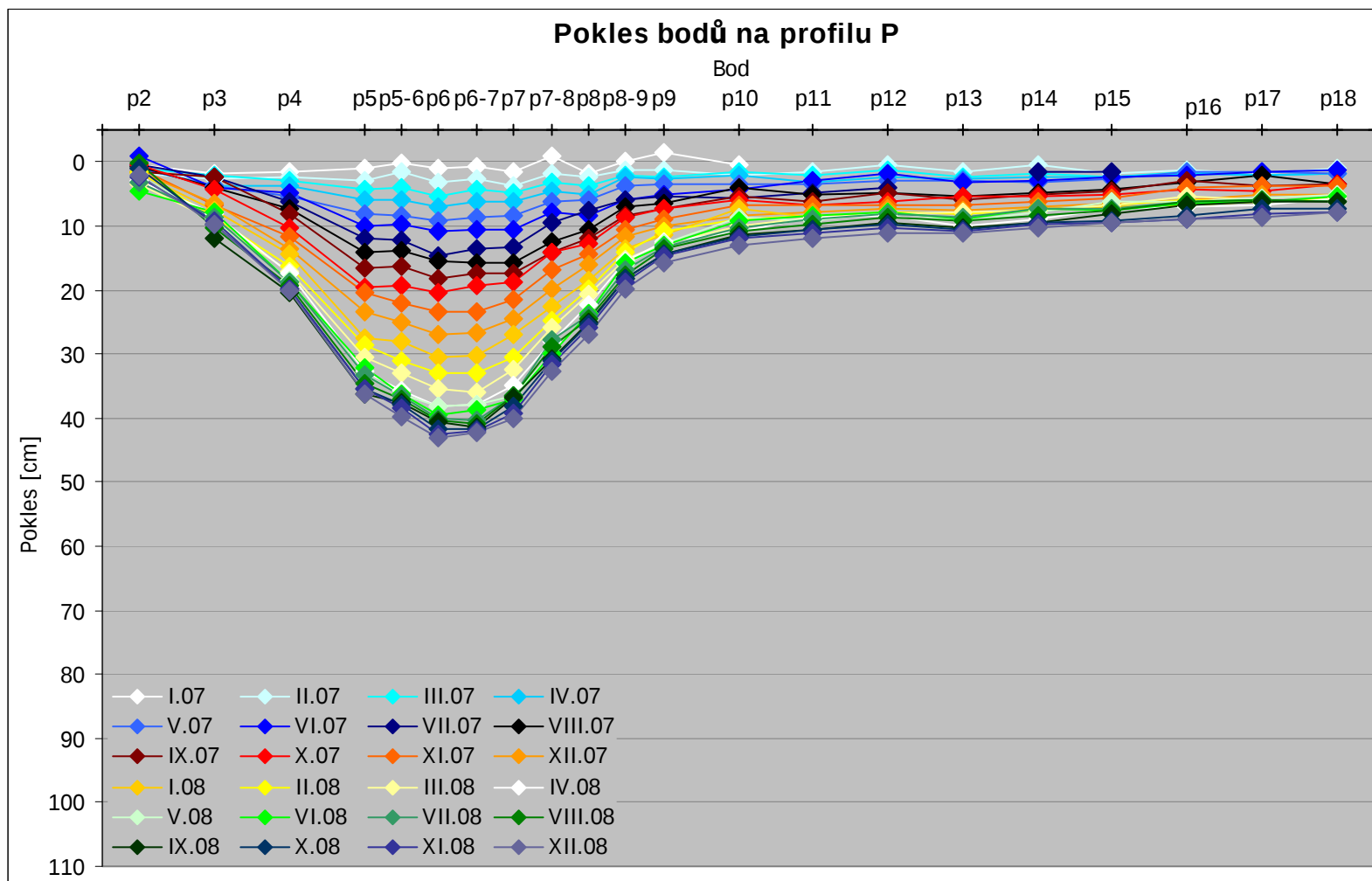
Bod c18 vykazuje odlišný průběh poklesu. Nelze u něj rozlišit jednotlivé fáze a pokles je po celou dobu jen mírný a téměř pravidelný. Terén v jeho okolí se nemění tak výrazně, jak by se dalo očekávat u bodu v blízkosti přímého nadloží porubu. Zásadní vliv na tuto skutečnost má složitá geomechanická situace s výskytem výrazných tektonických poruch, kterou dále komplikují vydobyté sloje v nadloží porubu 293 102 (Doležalová et al. 2009).

Pokles bodů na profilech

Na obr. 3 je vynesena velikost poklesů bodů profilu P (potrubí, modrý profil na obr. 1), který prochází od východu na západ nad částí severního porubu 361 000. Z tvaru křivek poklesů bodů na profilu P je zřejmý hladký průběh vývoje poklesů v této části zájmové oblasti v souladu s teorií mísovitého tvaru poklesové kotliny. Mírný rozpor je patrný jen u okrajových částí profilu. Na východním okraji profilu (u bodu p2) by se dal očekávat větší pokles, neboť poklesová kotlina by měla podle předpokladů zasahovat dále za profil na východ.

Pokles jednotlivých bodů

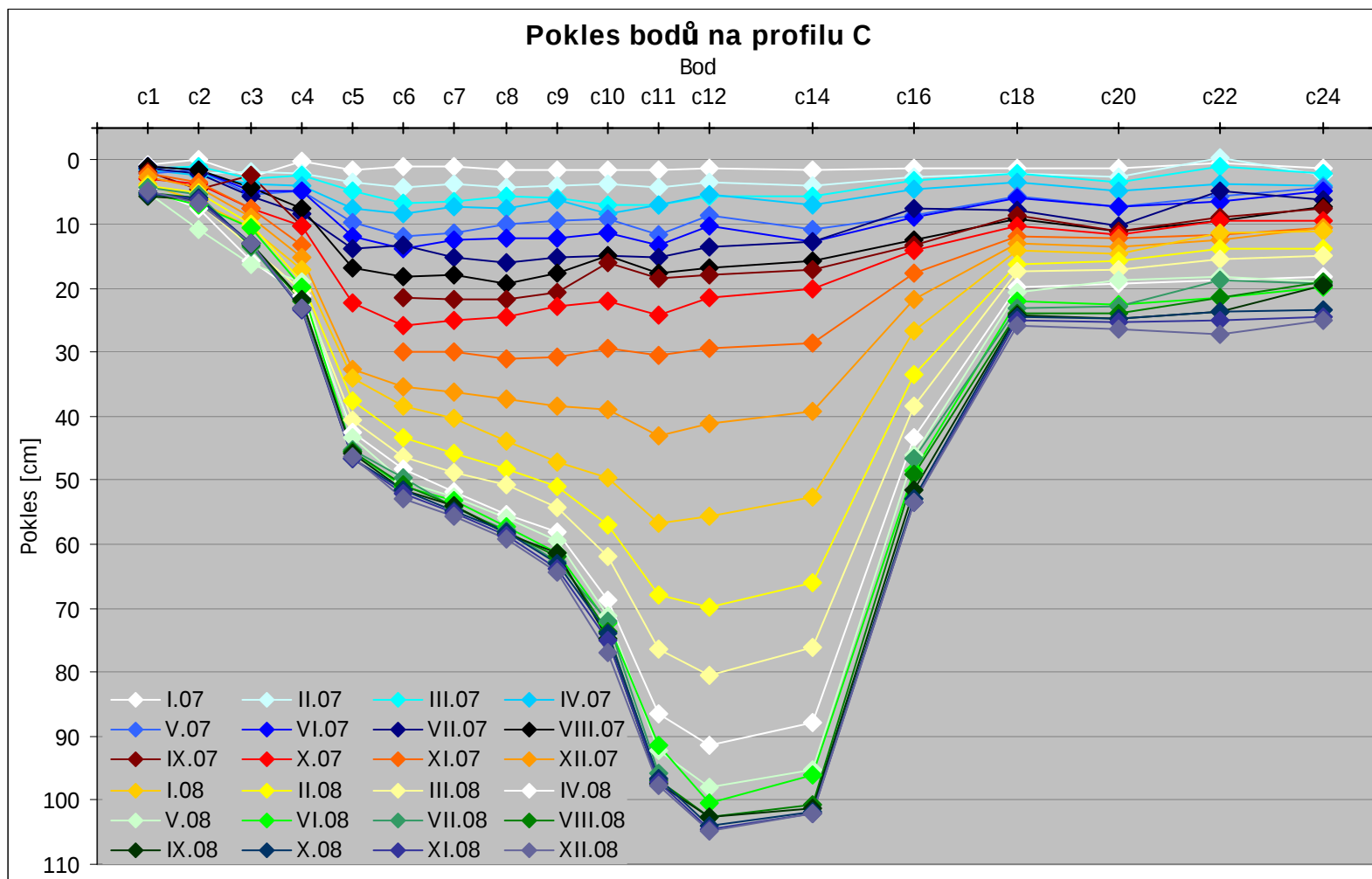
Na obr. 2 je vynesena velikost poklesů čtyř bodů profilu C v čase. Tyto body jsou stabilizovány na místní komunikaci, s rozestupem přibližně 100 m, nad centrální částí porubu 293 102 (body c12, c14, c16) nebo v její blízkosti (bod c18). U bodů lze rozlišit jednotlivé fáze poklesů. V první fázi, zhruba do poloviny roku 2007, lze sledovat téměř pravidelný pokles všech bodů do 20 cm. Hlavní příčinou těchto poklesů je dobývání prvního porubu. Druhou fází vývoje poklesů je pak reakce povrchových bodů na dobývání druhého porubu, nad kterým tyto body leží. Po první etapě pozvolného klesání jsou zřejmé nejprve výrazné výškové změny a následně fáze doznívání poklesů. Tento průběh odpovídá obecné poklesové křivce shodně s polohou bodů v přímém nadloží jižního porubu a dokládá bezprostřední vliv dobývání tohoto porubu na sledované body.



Obr. 3: Pokles bodů na profilu P (směr V – Z)

Naopak na západním okraji profilu (k bodu p18) se poklesová kotlina zdá být neohraňovaná, přestože zde byly body stabilizovány i za okrajem předpokládané poklesové kotliny. Podle měření na koncových bodech profilu P však není možno okraj poklesové kotliny jednoznačně určit, neboť na všech těchto bodech byl zaznamenán pokles více než 8 cm.

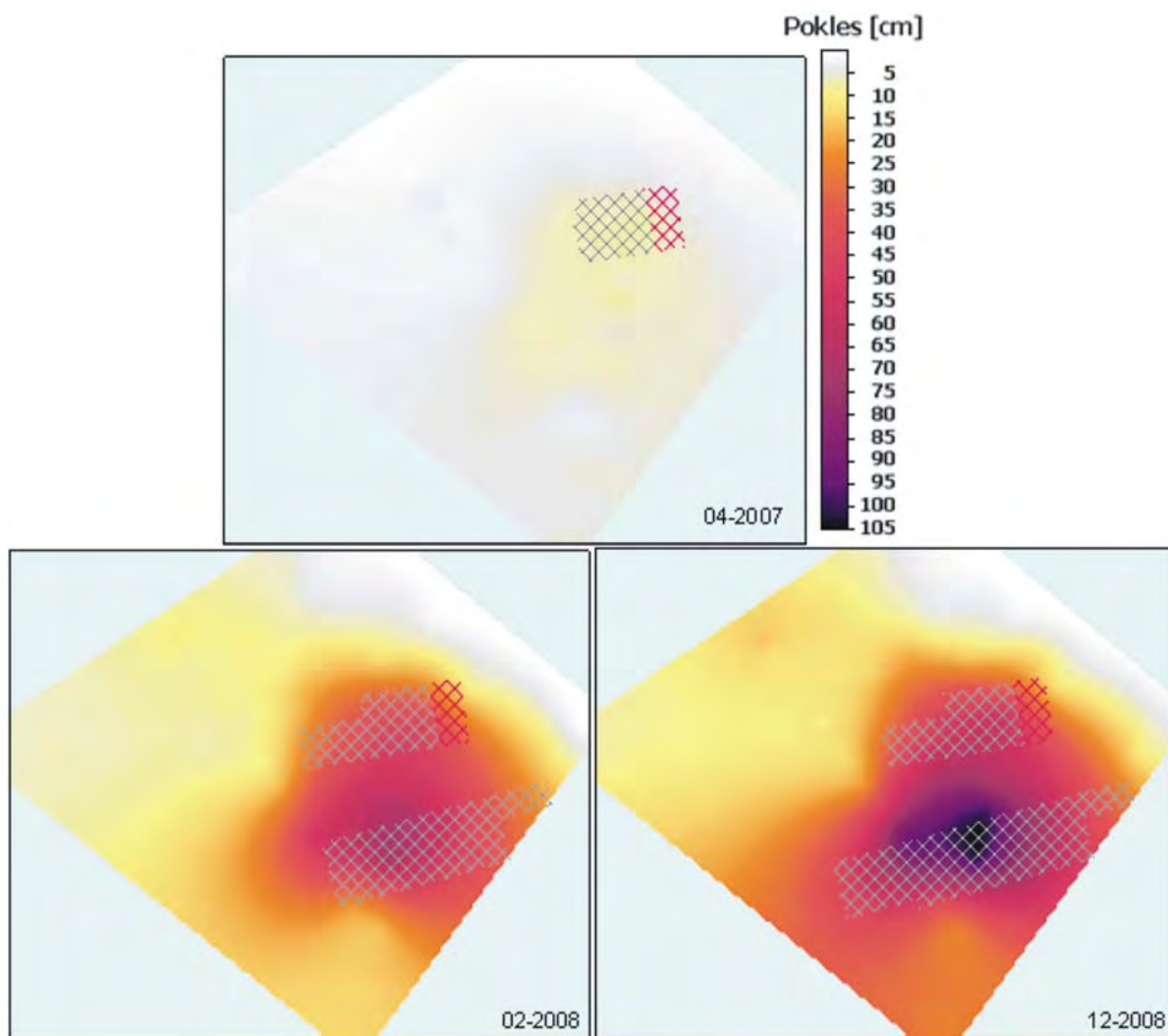
Na obr. 4 je vynesena velikost poklesů bodů profilu C (cesta, žlutý profil na obr. 1), který prochází od východu na jih nad východní částí porubu 361 000 a dále pak nad centrální částí porubu 293 102. Naměřené poklesy bodů tohoto profilu ukazují na složitější vývoj poklesové kotliny, jehož příčinou je průběh profilu nad oběma poruby napříč tektonickými poruchami. Z tvaru křivky poklesů je patrný nepravidelný vývoj v této části zájmové oblasti. Výrazný skok mezi body c14 a c18 (vzdálenost cca 200 m) je zapříčiněn celkovou geomechanickou situací v nadloží porubu 293 102, kde byla v minulosti vydobyta řada porubů a dále se tento porub nachází mezi



Obr. 4: Pokles bodů na profilu C (směr V – J)

tektonickými poruchami X a A. Výrazný je zde také rozdíl ve velikosti poklesů bodů na obou koncích profilu. Na severovýchodním okraji profilu (od bodu c1) se stejně jako u profilu P očekával větší pokles. A stejně jako u západního okraje profilu P není na jižním okraji profilu C možno jednoznačně určit okraj poklesové kotliny, neboť body c18 až c24 vykazují téměř shodný, pravidelný pokles do 28 cm.

Z poklesů bodů stabilizovaných v profilech je možno sledovat vývoj poklesové kotliny. Místa razantnějších změn v poklesech blízkých bodů ukazují na oblasti, v nichž je pohyb bodů na povrchu výrazně ovlivněn výskytem tektonické poruchy a předchozí těžbou. Tato místa lze na základě profilového vyhodnocení poklesů lokalizovat především nad centrální částí jižního porubu 293 102, sevřeného mezi tektonickými poruchami X a A. Naopak severně od tektonické poruchy X ukazují profilová vyhodnocení poklesů na pozvolnější průběh poklesů bez razantních změn.



Obr. 5: Plošné vyhodnocení vývoje poklesové kotliny z GPS měření (Doležalová et al. 2009)

velikostně převyšující hranici dotčeného území. Příčinou těchto poklesů je vliv celkových vydobytých prostor v horninovém masívu, kde již v minulosti probíhala těžba, a to nejen v nadloží sledovaných porubů, ale také v širším okolí dobývacího prostoru Louky.

Plošné vyhodnocení poklesů

Dostatečně hustá síť stabilizovaných bodů umožňuje vyhodnocovat vlivy dobývání v zájmové oblasti také vytvářením plošných modelů poklesů. Na obr. 5 je zobrazeno plošné vyhodnocení vývoje poklesové kotliny na základě GPS měření. Na jednotlivých snímcích je stav poklesové kotliny k danému datu zobrazen také s aktuálně vytěženými plochami. Při tvorbě modelu byla použita interpolační metoda základního korigování s bodovým odhadem (Doležalová et al. 2009). Ze snímků na obr. 5 je vidět postupné přemísťování středu poklesové kotliny a zvětšování velikosti a rozsahu poklesů od začátku měření do prosince 2008. Z prvního snímku je zřejmé, že měření do dubna 2007 zjistila jen mírný pokles povrchu vlivem dobývání porubu 361 000. V dalším období, v červnu 2007, došlo k ukončení dobývání porubu 361 000 a v květnu 2007 k zahájení dobývání porubu 293 102. Na povrchu došlo k výrazným změnám, na nichž měl hlavní podíl postup dobývání porubu 293 102. Střed poklesové kotliny se posunul směrem k centrální části tohoto porubu. Poslední snímek zobrazuje stav několik měsíců po ukončení těžby obou porubů (duben 2008). Tvar ani rozsah poklesové kotliny se již výrazně nezměnil, především v centrální části však došlo ke značným poklesům (Doležalová et al. 2009).

Z hlediska sledování okrajů poklesové kotliny je zřejmé, že na základě GPS měření v zájmové oblasti lze vymezit pouze severovýchodní ohraničení poklesové kotliny. Ve všech ostatních částech byl naměřen pokles

4. 2. Vyhodnocení posunů

Schematické zobrazení vývoje horizontální polohy bodů v centrální části zájmové oblasti je uvedeno na obr. 6 (měřítko posunů bylo voleno tak, aby byl patrný směr posunů bodů). Z obrázku je evidentní směr posunů většiny bodů nejprve na východ, tedy k těžišti vydobyté plochy v počátku dobývání porubu 293 102. Následně se s postupem porubní fronty na západ změnil směr posunů těchto bodů, a to opět k těžišti vydobyté plochy, které se přesunulo současně s postupem dobývání. U bodů na jihu, tedy bodů c18 až c24, na nichž byl naměřen téměř rovnoměrný pokles, je zřejmý jiný trend horizontálního pohybu. Tyto body ve srovnání s ostatními nijak výrazně nemění svou horizontální polohu a s výjimkou bodu c24, který se posunuje na jih vlivem těžby v okolí zájmové oblasti, oscilují kolem své původní pozice.

5. Zhodnocení

Použití metody GNSS je pro sledování povrchových projevů poddolování velmi vhodné především tehdy, když je snaha sledovat celou nebo obecně velkou část poklesové kotliny, a to v oblastech, kde se očekávají velké povrchové změny. S ohledem na přesnost GNSS měření tato metoda nemusí být vyhovující pro sledování malých změn v blízkosti okraje poklesové kotliny. Výhodou GNSS je však možnost efektivního výškového i polohového připojení bodů na poddolovaném území na bod či body mimo oblast aktivních projevů poddolování.

Metoda GNSS tak, jak byla použita pro sledování povrchových projevů poddolování na pozorovací stanici u Karviné, poskytla vhodné výstupy pro vyhodnocení vlivů dobývání ve formě vývoje poklesů a posunů, a to v rozsahu téměř celé poklesové kotliny. Díky opakovaným GNSS měřením lze v zájmové oblasti sledovat vývoj poklesové kotliny v jednotlivých etapách. Ukazuje se, že pro tento vývoj je velmi podstatná celková geomechanická situace, v zájmové oblasti pak především výskyt tektonických poruch a porušení horninového masívu předchozí těžbou. Jak bodové, tak profilové a plošné vyhodnocení poklesů ukazuje na složitost dějů v místech s tektonickými poruchami a naopak hladší průběh v oblastech bez výrazných poruch. V případě bodů v přímém nadloží porubu 293 102, který je sevřený mezi dvěma nejvýraznějšími tektonickými poruchami X a A, se situace dále komplikuje několika dříve vydobytými poruby ve slojích nad tímto porubem. Díky tomu, že metoda GNSS umožňuje zjišťování prostorové polohy bodů, lze opakovaným měřením sledovat nejen vývoj poklesů, ale také posunů. Toto vyhodnocení ukázalo opět na podstatný vliv tektoniky v zájmové oblasti, spolu s předchozím dobýváním v této oblasti a v jejím okolí. Vyhodnocení projevů hlubinného dobývání na povrchu na základě sledování jak poklesů, tak posunů a jejich směrů, umožňuje komplexnější pochopení vývoje poklesové kotliny. Metoda GNSS,



Obr. 6: Schematické zobrazení vývoje horizontálních posunů bodů v centrální části zájmové oblasti

kteřá díky poskytování prostorových souřadnic měřených bodů umožňuje toto vyhodnocení, je tedy v místech s tak výraznými povrchovými změnami, k jakým došlo v zájmové oblasti u Karviné, velmi vhodná.

Vzhledem k tomu, že běžné použití metody GNSS na poddolovaném území nemusí zajistit sledování malých povrchových změn s dostatečnou přesností, je potřeba oblasti s malými změnami sledovat také pomocí jiných, přesnějších metod. Např. nivelační měření je schopno zjistit výškové změny v rozsahu několika milimetrů a může tak vhodně doplnit a zpřesnit výšková GNSS měření v okrajových částech poklesové kotliny nebo obecně tam, kde dochází pouze k malým povrchovým změnám.

Téma prezentované v tomto příspěvku bylo součástí disertační práce s názvem Analýza geodetického a geofyzikálního monitoringu poddolovaného území (Doležalová 2009). Tento příspěvek byl podpořen grantovým projektem GAČR č. 105/07/1586.

Literatura

- DOLEŽALOVÁ, H.: Analýza geodetického a geofyzikálního monitoringu poddolovaného území., *Disertační práce*. Ostrava: ÚGN AV ČR, VŠB-TU Ostrava, 2009, 127 s.
- DOLEŽALOVÁ, H., KAJZAR, V., SOUČEK, K., STAŠ, L.: Evaluation of mining subsidence using GPS data, *Acta geodynamica et geomaterialia*, Vol. 6, No. 3, p.359-367, 2009. ISSN 1214-9705.
- DOLEŽALOVÁ, H., KAJZAR, V., SOUČEK, K., STAŠ, L., ŠIMKOVIČOVÁ, J.: Creating of observation station for monitoring surface influences of underground mining under nontrivial geo-mechanical conditions, *Proceedings of XIII. International Congress of International Society for Mine Surveying*. Budapešť: ISM, 2007, ISBN 978-963-9038-18-9.
- DOPITA, M., et al.: *Geologie české části hornoslezské pánve*, Praha: MŽP ČR, 1997. 278 s. ISBN 80-7212-011-5.
- SCHENK, J.: *Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině*, Ostrava: VŠB-TUO, 1999. 144 s. ISBN 80-7078-711-2.

¹Autor:

Ing. Hana Doležalová, Ph.D., Ústav geoniky AVČR, v.v.i., Studentská 1768, Ostrava-Poruba; dolezalova@ugn.cas.cz, tel. 596 979 346