

Jan SCHENK*, Josef NOVÁK**, Václav MIKULENKA***

VERIFIKACE POHYBŮ A PŘETVOŘENÍ MĚŘENÍM NA POZOROVACÍ STANICI

VERIFICATION OF MOVEMENTS AND DEFORMATION BY THE MEASUREMENT ON OBSERVATION STATION

Abstrakt

Príspevok shrnuje výsledky dlhodobého mčrení poklesů a posunů na pozorovací stanici Źolnov v karvinské části OKR. Porovnáním skutečnosti s v OKR používanou metodou prognózních výpočtů, která v daných podmínkách neodpovídá skutečnosti, autoři představují hypotézu postupného rozvolnění podrubávaného karbonského nadloží. Postupné vícenásobné dobývání slojí mění pevnostní charakteristiku podrubaného nadloží tak, že se vytváří poklesová kotlina nového tvaru. Současně autoři upozorňují, že pro výpočty posunů je třeba uvažovat naklonění jak karbonského hřbetu, tak i sloje i při plochem uložení slojí. Výsledky výzkumu jsou doplněny řadou grafů, které vhodně podporují uvedenou hypotézu.

Abstract

By the contribution results of long-term measurement of mining subsidence and movements (hereafter „displacements“) by the observation station in Źolnov in Karviná part of Ostrava-Karviná coalfield (hereafter OKR) are summarized. Based on comparing of reality with the results of prognostic calculation method used in OKR which at given conditions are not quite coincident with the reality a hypothesis of gradual destruction of undermined Carboniferous roof strata is presented by the authors. Due to gradual multiple exploitation of coal seams the strength characteristics of undermined overlying strata is reduced so that a new shape of mining subsidence depression is formed. At the same time the authors call attention to the fact that it is necessary to take into consideration the dip of both Carbon ridge and coal seams even at conditions of flat deposition of coal seams. The results of research are complemented with many graphs by which the above-mentioned hypothesis is supported.

Key words: undermining, mining subsidence basin, mining subsidence and movement.

Úvod

I když se vlivy poddolování řeší více jak 100 let, přesto je třeba neustále ověřovat správnost modelů pro předběžné výpočty vlivů poddolování, neboť dobývání i ve stejném revíru postupuje do větších hloubek, do okrajových částí ložiska, ve kterých byla jeho vrchní uhlonosná část denudována a zakryta méně pevným pokryvem, mění se geomechanické vlastnosti masívu jeho postupným podrubáváním apod. Na základě provedených měření in situ je třeba čas od času přistoupit ke zpřesnění těchto modelů.

V rámci řešení grantového úkolů byla provedena verifikace počítaných horizontálních posunů a přetvoření s naměřenými hodnotami.

Pro analýzu byly použity naměřené hodnoty na pozorovací stanici Źolnov v obci Stonava při dobývání vrchní lávky sloje Prokop karvinského souvrství o průměrné mocnosti 3,5m. Tvar porubu a poloha pozorovací

* Prof. Ing., CSc., Institut geodézie a důlního měřictví, HGF VŠB-TU Ostrava, e-mail: jan.schenk@vsb.cz

** Prof. Ing., CSc., Institut geodézie a důlního měřictví, HGF VŠB-TU Ostrava, e-mail: josef.novak@vsb.cz

*** Ing., Ph.D., Institut geodézie a důlního měřictví, HGF VŠB-TU Ostrava, e-mail: vaclav.mikulenka@vsb.cz

stanice je zřejmá z přílohy č. 5. Na této stanici bylo poprvé v OKR použito při pozorování vodorovných pohybů připojení na nepoddolované území pomocí statické metody GPS, čímž bylo zajištěno optimální určení dynamického pohybu bodů během jejich podrubání.

Protože horizontální pohyb je složkou prostorového pohybu bodů (Neset, 1984), je třeba nejdříve verifikovat svislou složku – poklesy a teprve následně určovat vztah mezi poklesy a vodorovnými posuny.

Dosavadní modely používané v OKR

Pro předběžné výpočty pohybu povrchu se všeobecně používá teorie plně účinné plochy, která říká, že maximální pokles vznikne vydobytím plně účinné plochy. Její další zvětšování již nevede ke zvětšení poklesu ve středu (dně) vzniklé poklesové kotliny. Tvar plně účinné plochy u ploše uložených slojí je kruh, jehož poloměr se vypočítá podle vzorce

$$r = H \cdot ctg\mu \quad (1)$$

kde H je hloubka sloje, μ je tzv. mezní úhel vlivu. Velikost tohoto mezního úhlu vlivu je závislá na pevnosti podrubávaného nadloží a platí zde přímá úměra. V OKR se používá pro karbonské pohoří hodnota 65° a pro pokryvný útvar 55° .

Vliv jednotlivých částí plně účinné plochy na povrchový bod je různý a proto řada autorů se zabývala rozdělením plně účinné plochy na pásma stejné účinnosti (Neset, 1984). V OKR se používá rozdělení plně účinné plochy podle Knotheho (1953), které bylo odvozeno pro polskou část Hornoslezské uhelné pánve, jejíž součástí je OKR. Tato funkce pro pokles ve tvaru

$$s(x) = \frac{S_{max}}{r} \int_x^\infty e^{-\frac{\pi\lambda^2}{r^2}} d\lambda \quad (2)$$

byla odvozena pro dobývání tzv. přímou porubní frontou, kdy tato fronta je větší než dvojnásobek poloměru plně účinné plochy. Derivací této funkce pak byly odvozeny další funkce pro vodorovný posun, naklonění, zakřivení a přetvoření terénu na svahu poklesové kotliny. Pro výpočty na počítači byla funkce Knotheho upravena Hradilem (1969) pro výpočet tzv. trojúhelníkovou metodou pro obecné vyrubané plochy.

Z měření in situ se ukazuje, že tvar poklesové kotliny se mění a dosavadní metody prognózy např. poklesů nejsou především v okrajových částech revíru spolehlivé, jak je dokumentováno na přílohách 1 až 4. Z příloh vyplývá značný rozdíl mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami dosavadní metodou označenou jako Knothe.

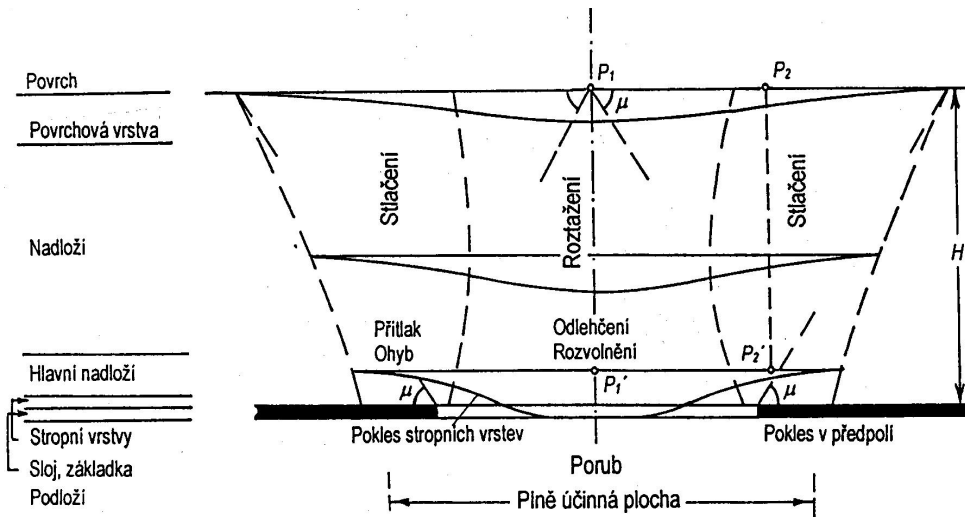
I když existují i jiné metody výpočtu pohybu povrchu založené na principu konečných prvků, jsou jednak velmi pracné, jednak je někdy obtížné stanovit koeficienty přetvárnosti především pro dobývání narušený horninový masív. Proto má význam teorie plně účinné plochy, i když není plně exaktní a je založena na empirických předpokladech.

Tvar poklesové kotliny v podmínkách velkých hloubek, vícenásobného podrubání a mocného pokryvu

Poklesová kotlina se projevuje mnohem větším nakloněním svahů, než vyplývá z výpočtu podle Knotheho, s tím, že mimo půdorys porubů dosahuje pokles maximálně 25% maximálního poklesu, přičemž se však šíří do značných vzdáleností (přílohy 1 a 3). Jak je zřejmé z příloh 2 a 4 posouvá se maximální naklonění směrem nad vyrubaný porub, což odporuje dosud používané metodě výpočtu.

Mechanismus vzniku nového tvaru kotliny

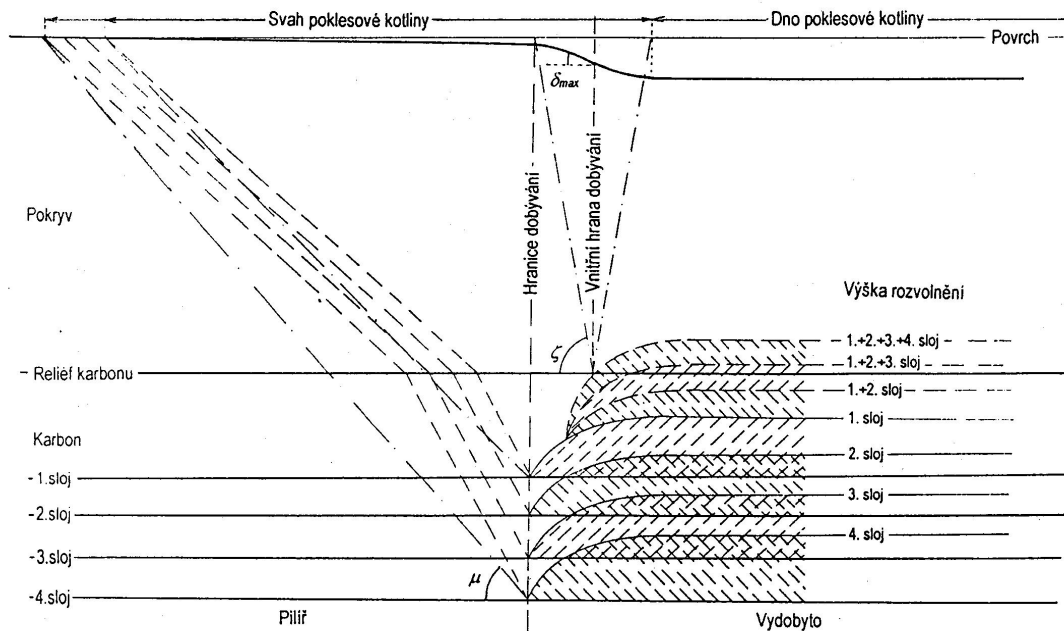
Dosud z hlediska pevnosti hornin se v OKR charakterizovala průměrná pevnost karbonského souvrství mezním úhlem 65° a pevnost méně pevného pokryvu úhlem 55° . Tyto hodnoty platily dobře pro menší hloubky dobývání a při podrubání jednou slojí.



Obr. 1: Svislé přetvoření podrubaného horninového masívu při plochém uložení a nevyrubání plně účinné plochy (podle Kratzsche, 1997)

Při dobývání ve středních a velkých hloubkách a zejména při exploataci celé skupiny slojí neodpovídají tyto mezní úhly skutečnosti.

Pro pružné horninové prostředí platí, že po vyrubání části sloje vznikne pásmo přitížení a pásmo odlehčení (obr. 1). V nadloží vyrubaného prostoru vzniká smykové napětí, jehož maximum se pohybuje do určité výšky nad vyrubaný prostor, která je dána především koeficientem nakypření po stlačení rozvolněného přímého nadloží (Kratzsch, 1997). Pro uklidněné nadloží se uvádí velikost koeficientu nakypření 1,05 a méně. To znamená, že rozvolnění přímého nadloží dosáhne nejméně výšky 20-ti násobku vydobyté mocnosti sloje a více.



Obr. 2: Mechanismus vzniku vnitřní hrany dobývání při vícenásobném podrubání.

Při vydobytí jedné sloje nedosáhne obvykle pásmo rozvolnění reliéfu karbonu. Hlavní nadloží se obvykle prohne a zachytí tíhu vyššího nadloží, protože ve větších hloubkách nedochází obvykle k vyrubání plně účinné plochy. To se projeví i menší hodnotou součinitele dobývání, než by odpovídalo dobývací metodě (viz

tabulka 1). Po vyrubání druhé a dalších slojí dochází ke sčítání těchto pásem rozvolnění, což se projeví tak, že rozvolněná část podrubávaného nadloží dosáhne až reliéfu karbonu.

V rozvolněné části masívu dochází prakticky v celé vnitřní ploše ke stejnému poklesu blížícímu se vydobyté mocnosti slojí, naopak vrstvy v okrajové části nad výrubem neztratily svoji pružnost, takže zde jsou poklesy relativně mírné a odpovídají klasickým poměrům. Proto na reliéfu karbonu vznikají v okolí vnitřní hrany dobývání stupňovité zlomy, kterými se vyrovnává rozdíl mezi plným poklesem rozvolněného masívu a jeho pružnou částí. Jestliže nad karbonskými horninami leží mocná vrstva málo pevných jílovitých a písčitých hornin pokryvu, které nedokáží rozložit pásmo stupňovitých zlomů do šíře, projeví se nad tímto vnitřním okrajem vydobyté plochy pásmo velkých naklonění doprovázené i velkými hodnotami zakřivení. Naopak pokles vyvolaný okrajovou pružnou částí podrubaného masívu se v důsledku malé pevnosti pokryvu rozšíří do značné vzdálenosti od okraje výrubů. Na obr. 2 je znázorněn mechanismus vytváření tzv. vnitřní hrany dobývání, nad kterou dochází k maximálnímu naklonění δ svahu poklesové kotliny (Schenk, 2000).

Skutečný pohyb podrubaného povrchu

S rozvojem využití technologie GPS (globálního polohového systému) bylo možné doplnit měření poklesů i měřením vodorovných posunů, což umožnilo sledovat nejen svislý pohyb povrchu, ale skutečnou trajektorii pohybu bodů povrchu (Mikulenka aj., 2000). To přineslo další poznatky o mechanismu tohoto pohybu. Především je možné říci, že pohyb směřuje k těžišti postupně se rozvíjejícího porubu. Výsledný směr pohybu v centru vyrubané plochy směřuje proti úklonu dobývané plochy a je závislý na směru normály k dobývané ploše a k reliéfu karbonu (příl. 6). Neplatí tedy dosud používaná metoda výpočtu, kdy ploše uložené sloje (do 22° úklonu) byly považovány za vodorovné s kruhovou plně účinnou plochou a tedy pohyb bodu uprostřed vyrubané plochy byl svislý. Toto zjednodušení platí pro výpočty poklesů. Dalším důležitým momentem je skutečnost, že pohyb nesměruje přímo do těžiště odrubané plochy, ale po křivce, pro kterou platí, že její tečna v povrchovém bodě směřuje k tzv. metatěžišti, které je přibližně v polovině hloubky dobývané sloje, jak vyplývá z příloh č. 6 a 7.

Nová metodika výpočtu a její softwarové zabezpečení

Novou metodikou výpočtu se musí řešit různé geomechanické vlastnosti podrubaného nadloží, tedy rozlišit vnitřní a okrajovou část podrubaného masívu, zajistit správný výpočet vodorovného posunu bodů povrchu a umožnit počítat i další deformace, jako jsou naklonění, poloměr zakřivení svahu poklesové kotliny a vodorovné přetvoření povrchu.

Řešení dvou různých geomechanických vlastností podrubávaného nadloží

Tuto metodu navrhl Pfläging a Neuhaus (1995) a spočívá v rozdělení vydobyté plochy na vnitřní a okrajovou část. Výpočet probíhá tak, že pro celou vydobytou plochu vypočteme poklesy s vnějším úhlem vlivu μ okolo 45° , od nich odečteme poklesy vypočtené se stejným úhlem vlivu pro vnitřní plochu a přičteme poklesy vnitřní plochy s vnitřním úhlem vlivu ζ okolo 75° . Tedy

$$s_i = {}^1s_i - {}^2s_i + {}^3s_i \quad (3)$$

kde ${}^i s$ jsou poklesy bodu vyvolané jednotlivými plochami.

Poklesy jednotlivých ploch můžeme vypočítat např. pomocí Knotheho funkce vlivu a trojúhelníkové metody podle Hradila (1970) následovně

$${}^i s = m \cdot a \cdot \sum_{p_i} \left\{ 1 - \text{EXP} \left[-\pi \left(\frac{x}{R} \right)^2 \right] \cdot \Delta\varphi \right\} \quad (4)$$

kde m je dobývaná mocnost, a koeficient dobývání, $\Delta\varphi$ vrcholový úhel trojúhelníku, x průvodič k hraně plochy v ose úhlu vrcholu a $R = H \cdot \cotg \mu$ je poloměr plně účinné plochy.

Stanovení šířky okrajového pásma

Šířku okrajového pásma d , případně posunutí maximálního naklonění, určuje (Knothe, 1984) podle vzorce

$$d = \sqrt{H} \div 0,1 \cdot H \quad (5)$$

kde H je hloubka sloje.

Je vidět, že tato závislost je značně široká, když např. pro hloubku 500m je d rovno hodnotě mezi 22,2 až 50 m. Podle popsaného mechanismu vzniku nového tvaru poklesové kotliny se jeví jako správnější určovat šířku d ze vzdálenosti k nejbližší v nadloži vyrubané ploše sloje.

Tak např. pro lokalitu Žolnov byla nejbližší rubanou slojí sloj č. 37 ve vzdálenosti 75 až 85m, hloubka dobývání se pohybovala mezi 580 až 780 m. Podle vzorce (5) by se posunutí pohybovalo mezi hodnotami 24m až 78m. Posunutí maximálního naklonění činilo 80m, což odpovídá vzdálenosti mezi slojemi. Obdobně dobývání v oblasti Lázní Darkov byla průměrná mezislojová vzdálenost okolo 45 m, při průměrné hloubce dobývání 530 – 630m. Rozpětí podle vzorce (5) činí od 23 do 63 m. Posunutí maximálního naklonění činilo 55m.

Z příkladů je vidět, že určení šířky okrajového pásma z mezislojové vzdálenosti odpovídá lépe skutečnosti.

Zajištění správného průběhu trajektorie pohybu bodu povrchu

Jak již bylo uvedeno výše je třeba zohlednit i relativně malý úklon sloje a počítat i sloje v plochém uložení jako šikmé. K tomu je nevhodnější metoda šikmého kužele vlivu podle Matouše (1963), kdy převedením sloje do roviny kolmé na osu kužele účinnosti, můžeme počítat vlivy jako pro vodorovné uložení a vypočtené hodnoty převést zpět do vodorovné roviny. Je tedy třeba znát směr a odklon osy kužele vlivu od svislice. Jeho určení je poměrně jednoduché, známe-li průměrnou mocnost karbonského nadloží h_K a mocnost pokryvu h_P a směr a velikost úklonu sloje σ_K , γ_K a reliéfu karbonu σ_P , γ_P vypočteme souřadnice Y_P , X_P průsečíku normály vedené z těžiště vyrubané plochy přes reliéf karbonu až na povrch, směr odklonu osy kužele σ_o a velikost odklonu od svislice α_o podle vzorců

$$Y_P = h_K \cdot \operatorname{tg} \gamma_K \cdot \sin \sigma_K + h_P \cdot \operatorname{tg} \gamma_P \cdot \sin \sigma_P$$

$$X_P = h_K \cdot \operatorname{tg} \gamma_K \cdot \cos \sigma_K + h_P \cdot \operatorname{tg} \gamma_P \cdot \cos \sigma_P \quad (6)$$

$$\sigma_o = \operatorname{arctg} \left(\frac{Y_P}{X_P} \right) \quad \alpha_o = \frac{1}{3} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{Y_P^2 + X_P^2}}{h_K + h_P} \right)$$

Odklon osy kužele se v důsledku ohybu trajektorie pohybu snižuje na jednu třetinu, jak je uvedeno ve vzorci (6).

Dynamické hodnoty pohybu

Doba pohybu povrchového bodu je závislá na délce dobývání v plně účinné ploše a na velikosti tzv. sekundárního pohybu, který probíhá i po zastavení dobývání, nebo při dobývání mimo plnou účinnou plochu. Pohyb bodu má pouze ve svislém směru jednostranný průběh, tj. stále se zvětšuje. Ve vodorovném směru je závislý na okamžité poloze těžiště vyrubané plochy, takže při přibližování se porubní fronty se pohybuje jedním směrem a po svém podrubání a vzdalování se porubní fronty směrem opačným (viz příloha 5). Abychom takovýto pohyb zachytili, musíme porub rozdělit na dílčí odrubané plochy, ke kterým počítáme samostatně dílčí pohyby.

Takovéto řešení nám umožňuje vyjádřit pravděpodobnou trajektorii pohybu bodů. Protože se pohyb šíří od dobývané sloje postupně až k povrchu vyjadřuje se vliv času na průběh pohybu pomocí časové funkce, kterých je celá řada (Schenk, 1998). V programu se používá upravená časová funkce Knotheho ve tvaru

$$f(t) = \left(1 - e^{-\frac{\Delta t - Re}{T_o}} \right) \quad (7)$$

kde Δt je doba, která uplynula od zahájení dobývání dílčí plochy k datu výpočtu, T_o je celková doba vlivu dílčí plochy na pohyb bodu a Re je zpoždění projevu pohybu na povrchu od zahájení dobývání.

Výpočet deformací

K deformacím, které se odvozují ze svislých pohybů – poklesů patří naklonění a poloměr zakřivení. Z vodorovných posunů se odvozuje vodorovné přetvoření. Abychom získali maximální hodnoty deformací v bodě, počítáme je pomocí blízkých bodů, pro které vypočteme příslušné pohyby.

Naklonění je charakterizováno svou maximální hodnotou a směrem. Jako nejvýhodnější referenční plocha se jeví rovnostranný trojúhelník, v jehož těžišti leží daný bod a vrcholy jsou 10m od něho vzdálené. Naklonění spádnice roviny tohoto trojúhelníka můžeme považovat za maximální naklonění v daném bodě, což platí i o směru naklonění. Výpočet je pak řešením parametrů roviny dané třemi body.

Poloměr zakřivení v daném bodě vyjadřuje křivost svahu poklesové kotliny, což je obecně zakřivená plocha. Hlavní poloměry zakřivení leží ve svislých rovinách vzájemně kolmých, z nichž jedna leží ve směru maximálního naklonění. Poloměr se počítá z poklesů tří bodů, které jsou vzájemně 10m vzdáleny od sebe, přičemž daný bod je uprostřed. Pro výpočet platí známý vzorec

$$R = \frac{l^2}{(s_p - s_1) - (s_2 - s_p)} \quad (8)$$

kde l je vzdálenost mezi body, s_p pokles prostředního bodu a s_1, s_2 poklesy krajních bodů. Výsledkem je poloměr směrem do kotliny (normálový) a ve směru izokatabáz (tečný).

Vodorovné přetvoření charakterizuje roztažení nebo stlačení povrchu na svahu poklesové kotliny. Vyjadřuje se pomocí vektorů přetvoření v hlavních směrech a lze je vypočítat z přetvoření stran rovnostranného trojúhelníka, sestrojeného podobně jako pro výpočet naklonění. Výpočet přetvoření v hlavních směrech se pak provede podle vzorců

$$\sigma_x = \arctg\left(\frac{\sqrt{3} \cdot [\varepsilon_2 - \varepsilon_1]}{2 \cdot \varepsilon_3 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2}\right)$$
$$\varepsilon_x = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3} + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\sqrt{3} \cdot \sin \sigma_x} \quad (9)$$
$$\varepsilon_y = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3} - \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\sqrt{3} \cdot \sin \sigma_x}$$

kde $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ jsou přetvoření jednotlivých stran rovnostranného trojúhelníku (Kratzsch, 1997).

Softwarové zajištění výpočtů

K zajištění výpočtu byl vytvořen program SUBSCH, kterým je možné připravit vstupní data o pohoří, odrubaných plochách a povrchových bodech. Výpočet pak probíhá automaticky po zadání dat, ke kterým má výpočet probíhat. Výsledkem výpočtů jsou textové soubory, které jednak formou tabulky obsahují požadované údaje, jednak textové soubory, které slouží jako vstupní pro zpracování v programech Excel, MacroGeo, Surfer a podobných. Z vypočtených výsledků lze vytvořit mapy izochar poklesů, naklonění, vodorovných přetvoření, mapy vektorů posunů, naklonění a vod. přetvoření. Dále pro zobrazení dynamiky pohybů především na jednotlivých profilech vedených poklesovou kotlinou lze sestavit v rámci programu Excel příslušné grafy. Některé příklady řešení jsou uvedeny v přílohách.

Verifikace vypočtených a naměřených pohybů a deformací

Jak vyplývá z příloh č.1 až 4 vystihuje nový výpočetní postup označený jako „SubSch“ mnohem lépe naměřené skutečnosti. Odchytky v podélném profilu mezi body 17-34 jsou vyvolány aktivací stařin v nadložní sloji, když poruby 40 501 a 40 502 byly zahájeny v dosud nenadrubaném prostoru, a teprve okolo bodu 25 dosáhly hranice nadložních výrubů, při čemž došlo k dotlačení dosud nedostatečně stlačených okrajových částí stařin. Tyto skutečnosti lze jen obtížně postihnout a zjistí se teprve měřením. V daném případě bylo rozlišeno pohoří, které nebylo dosud podrubáno (body 25-47) a pohoří již dříve podrubáno (body 1-25). Parametry pohoří pro výpočet jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Parametry pohoří pro výpočet

Typ pohoří	Vnější úhel vlivů	Vnitřní úhel vlivů	Šířka okraje	Koeficient dobývání	Doba vlivu T_0	Zpoždění Re	Redukce metacentra pohybu
nepodrubané	45°	55°	80 m	0,48	12 měs.	2 měs.	0,5
podrubané	15°	73,5°	80 m	0,92	9 měs.	0 měs.	0,5

Uvedené hodnoty byly určeny inverzním výpočtem metodou nejmenších čtverců (Sedlák, 1997). Zde dochází ke zdánlivému paradoxu především pro podrubané území, kdy vnější úhel vlivu byl určen hodnotou 15°. To je vyvoláno především nepřímými důlními vlivy vyvolanými odvodňováním a odplyňováním podrubaného nadloží, do značných vzdáleností. Rovněž metoda určování optimálních parametrů většinou zvětšuje minimální poklesy a zmenšuje jejich maximální hodnoty. Jsou tedy tyto úhly vlivů pouze hodnotami pro optimální výpočet předpokládaných pohybů a deformací, ale okraje vlivů dobývání je třeba stanovit určením maximálních dovolených deformací objektů podle ČSN 73 0039 (Schenk, 2001).

Na přílohách 8 a 9 jsou znázorněny absolutní pohyby bodů podélného profilu z přílohy 5. Protože tyto body ležely spíše severně od osy porubů, je velikost posunů bodů závislá na poloze bodů vůči ní. Z příloh vyplývá dobrá shoda vypočtených a naměřených hodnot s výjimkou části profilu kde došlo k aktivaci stařin.

Na přílohách 10 a 11 jsou znázorněny posuny bodů ve směru podélné osy porubů. Je na nich vidět souvislost polohy bodu a polohy těžiště vyrubané plochy k dané době měření. Pohyb bodů v předpolí porubu je nejprve proti postupu porubu (záporný) a teprve po projití porubů pod body nastane pohyb za postupujícím porubem (kladný). I zde je vidět dobrý souhlas naměřených a vypočtených posunů. Jejich půdorysný průběh je znázorněn na příloze č.5.

Závěr

I když je předpověď vlivů poddolování věc složitá, neboť je závislá na mnoha okolnostech, které lze jen obtížně někdy dopředu stanovit, přesto by se měla prognóza co nejlépe přiblížit pozdější skutečnosti.

Při prognóze rozlišujeme tzv. dlouhodobou předpověď na 5 a více let dopředu, která vychází z relativně málo přesných podkladů a její vstupní údaje jsou zatíženy relativně značnou chybou okolo 30- 50 %. Tato prognóza provedená dosavadními metodami splňuje svůj účel.

Při vlastním povolování hornické činnosti se vychází z relativně dobrých podkladů. Zásoby jsou obvykle ověřeny v kategoriích A a B, je známa použitá technologie dobývání, geometrické uspořádání porubů, časový sled dobývání apod. V tomto případě by mělo být cílem použít takovou metodu výpočtu, která co nejlépe vyjádří příští vlivy poddolování na povrch a povrchové objekty.

Poděkování

Příspěvek byl připraven s podporou grantu č. 105/01/0304 "Komplexní studium možnosti sanace odkališť a poklesových kotlin v kontextu revitalizace krajiny po báňské činnosti".

Literatura

- [1] HRADIL, J.: Výpočet poklesů povrchových bodů na středním samočinném počítači. *Uhlí, r. 16, čís. 12, SNTL Praha 1969.*
- [2] KNOTHE S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. *Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t.1. Polsko 1953.*
- [3] KNOTHE S.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górnictwa. *Wydawnictwo 'Śląsk', 1984.*
- [4] MATOUŠ, J.: Vlivy dolování při ukloněném uložení slojí. *Kandidátská disertační práce, VŠB Ostrava 1963.*

- [5] KRATZSCH, H. Bergschadenkunde. ISBN 3-00-001661-9. Deutscher Markscheider-Verain e. V. Bochum 1987.
- [6] NESET, K.: Vlivy poddolování. SNTL Praha 1984.
- [7] PFLÄGING, K., NEUHAUS, W.: Ein Randzonenverfahren zur Vorausberechnung von bergbaubedingten Bodenbewegungen. *Das Markscheidewesen* 99, 1995, s. 266-278.
- [8] SCHENK, J.: Časový faktor důležitý prvek při zkoumání dynamiky vývoje poklesové kotliny. *Monografie Institut geodézie a důlního měřictví, HGF, VŠB-TU Ostrava 1998.*
- [9] SCHENK, J. Metodika výpočtu vlivů poddolování na počítači, *Učební text, Institut geodézie a důlního měřictví, HGF, VŠB-TU Ostrava 2001.*
- [10] SEDLÁK, V.: Modelling subsidence development at mining damages. *TU Košice 1997.*
- [11] SCHENK, J. Dynamism of spatial displacements of points based on in-situ measurements and dependence on geomechanical properties of the roof. In *sborník 11th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR MINE SURVEYING, Vol. 2., Zarząd Główny SITG, Cracow, Poland, 2000, s. 219-225, ISBN 83-87267-24-4.*
- [12] MIKULENKA, V., SCHENK, J. NOVÁK, J. Experience from GPS application to ground control in OKR Mining District. In *sborník 11th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR MINE SURVEYING, Vol. 2., Zarząd Główny SITG, Cracow, Poland, 2000, s.441-446, ISBN 83-87267-24-4.*
- [13] SCHENK, J., KAPICA, R. Prostorový pohyb podrubávaného povrchu vzhledem k postupu porubní fronty. In *sborník z medzinárodného vedeckého seminára AKTUÁLNE OTÁZKY MERAČSTVA A INŽINIERSKIEJ GEODÉZIE., Katedra geodézie a geofyziky, BERG, TU Košice, Herlany, 2000, s. 128-133, ISBN 80-7099-595-5.*
- [14] SCHENK, J. Zpřesnění predikce vlivů poddolování v OKR. In *sborník z medzinárodného vedeckého seminára AKTUÁLNE OTÁZKY MERAČSTVA A INŽINIERSKIEJ GEODÉZIE., Katedra geodézie a geofyziky, BERG, TU Košice, Herlany, 2001, s. 133-139, ISBN 80-7099-685-4.*

Summary

By the contribution results of long-term measurement of mining subsidence and horizontal displacements by the observation station Žolnov in Karviná part of OKR are summarized. The reality is compared with results of prognostic calculation method used in OKR, which do not agree with reality under specific conditions. Compared with classic theory of Knothe the new shape of depression at multiple undermining and with a thick overburden is featured by increase and displacement of maximum inclination of slope of subsidence depression above worked-out area as well as by enlarging of depression area due to big thickness of roof strata (appendices No 1 through 3).

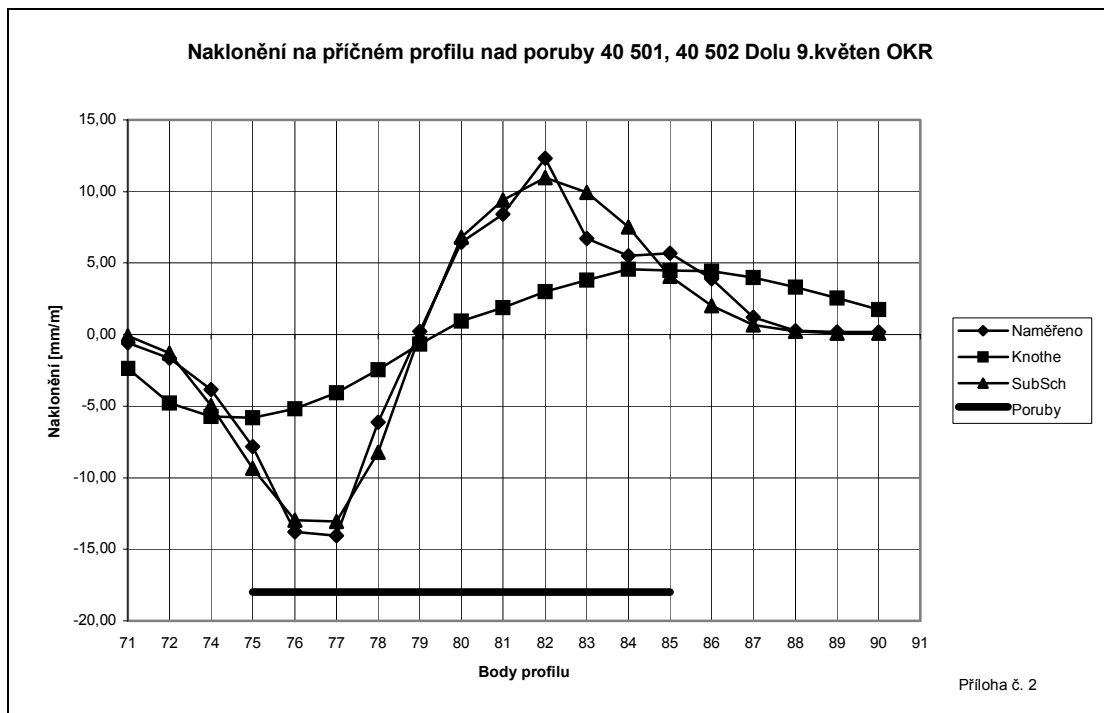
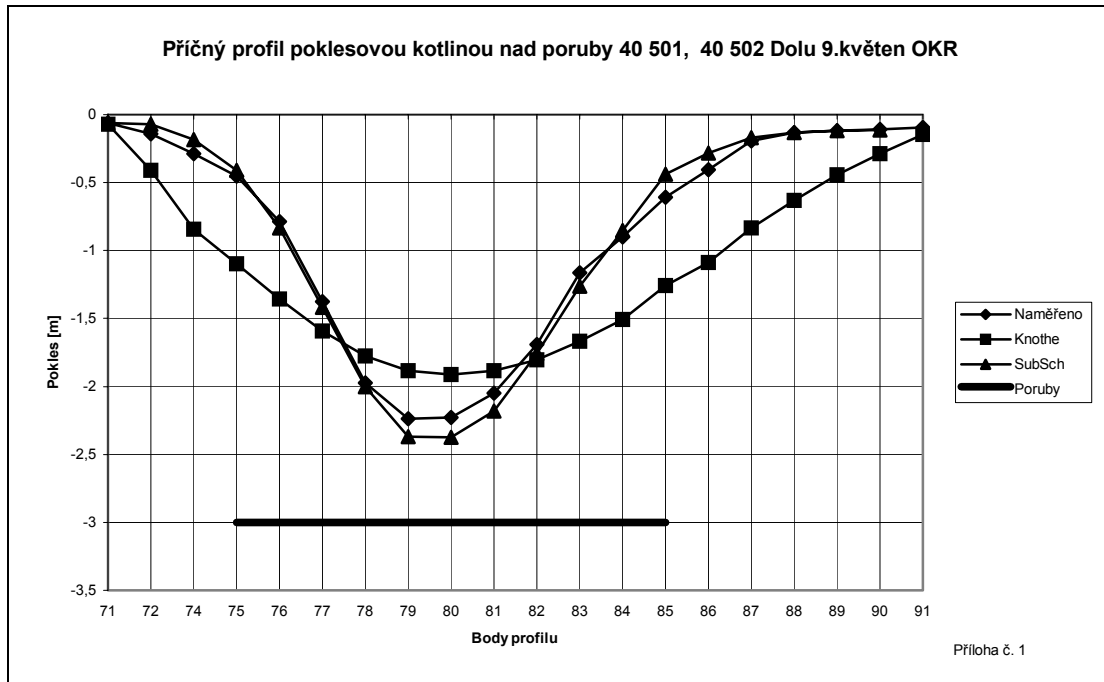
By a gradual multiple exploitation of coal seams within the same ground plan the strength characteristics of undermined Carboniferous overlying strata is degraded so that a graben will be formed in Carboniferous relief the depth of which would correspond to total hitherto worked out coal seam thickness (Fig. 2). The discontinuous slope of the graben will be transformed into a continuous one which would be featured by a relatively small width and big inclination, while the critical limit angle of inclination is featured by a value of about 75°. The adjacent part of Carboniferous overlying strata will behave with a critical limit angle oscillating under influence of thick overburden at approximately 45°.

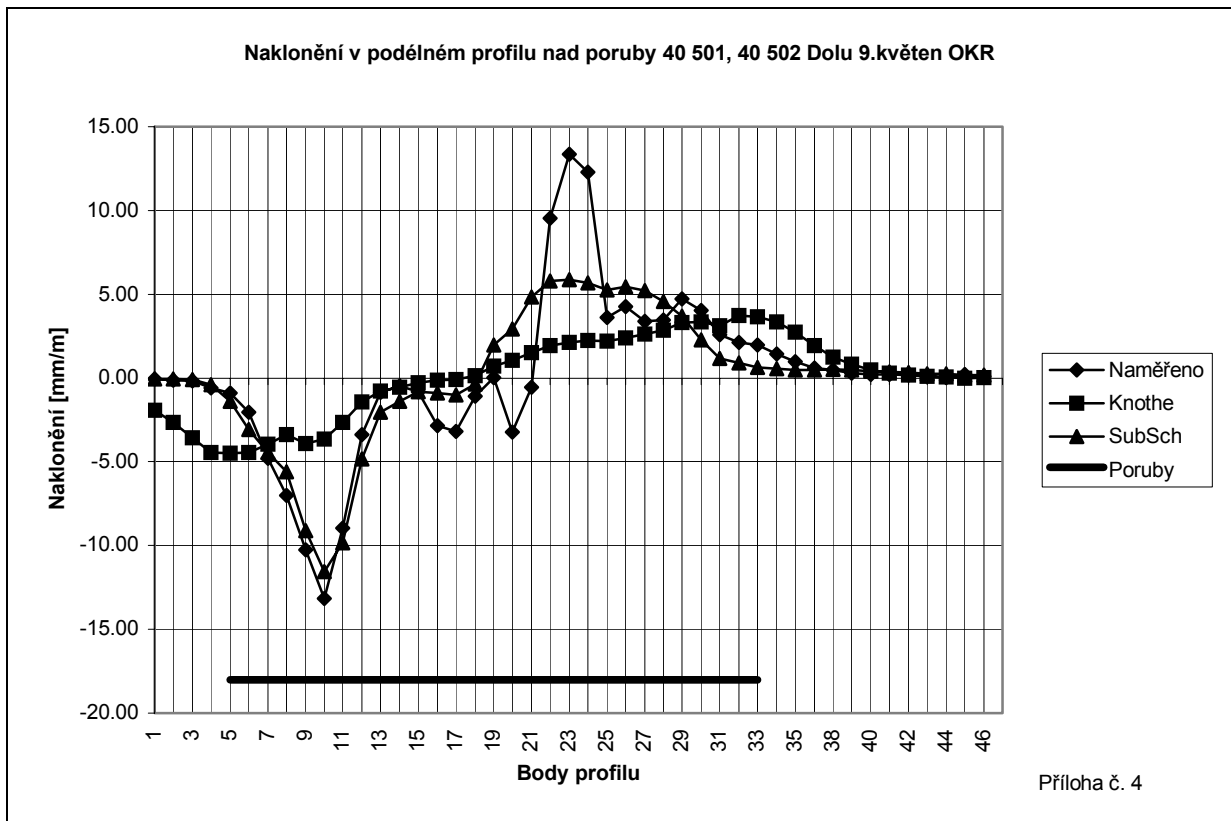
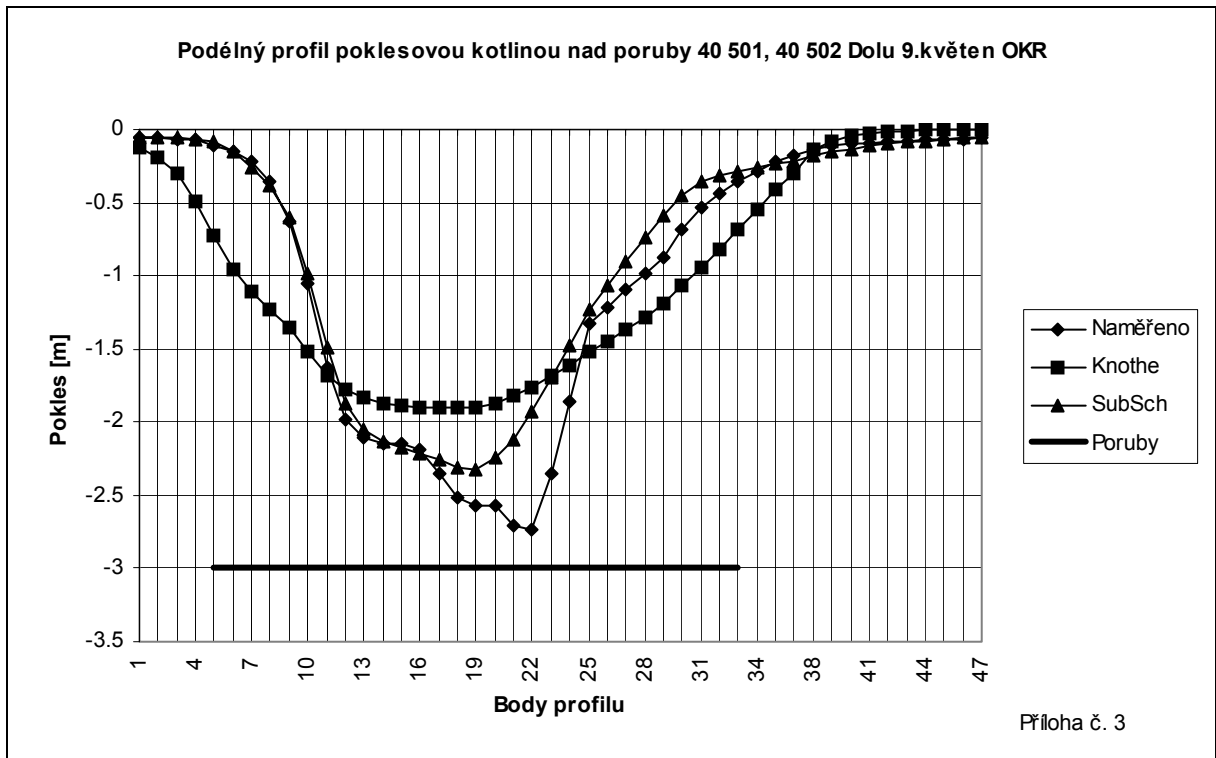
Based on measured values of spatial displacement at the observation station Žolnov (Appendices No 6 and No 7) a method of calculation of spatial displacement of points was developed. It was verified that the displacement is directed to the centre of gravity of gradually advanced longwall face. The resultant direction of displacement in centre of total worked-out area is directed against the dip of worked-out area and it depends both on normal direction to exploited area and to Carboniferous relief (appendix No 5). It is not true that flatly deposited coal seams dipped up to 22° could be considered as horizontal when calculating the displacements. The general movement of overburden can be characterized as flowing in, where the proper displacement of points proceeds along a curve, the direction near the surface is directed towards a so-called metacenter that is situated above the proper coal seam, approximately at a half of its mining depth below surface.

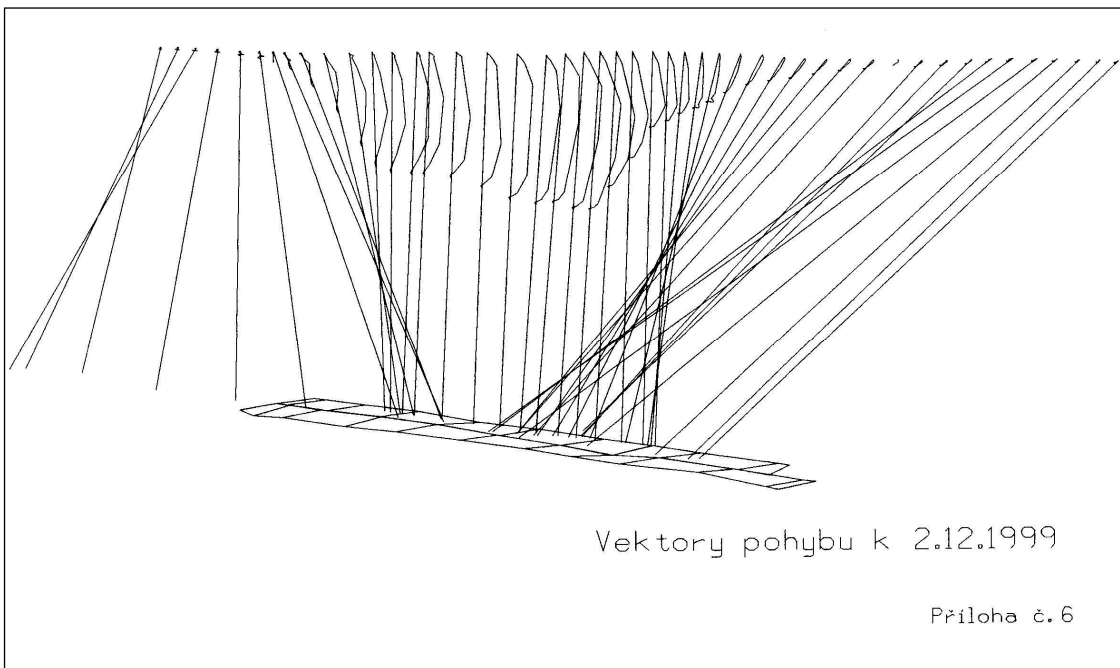
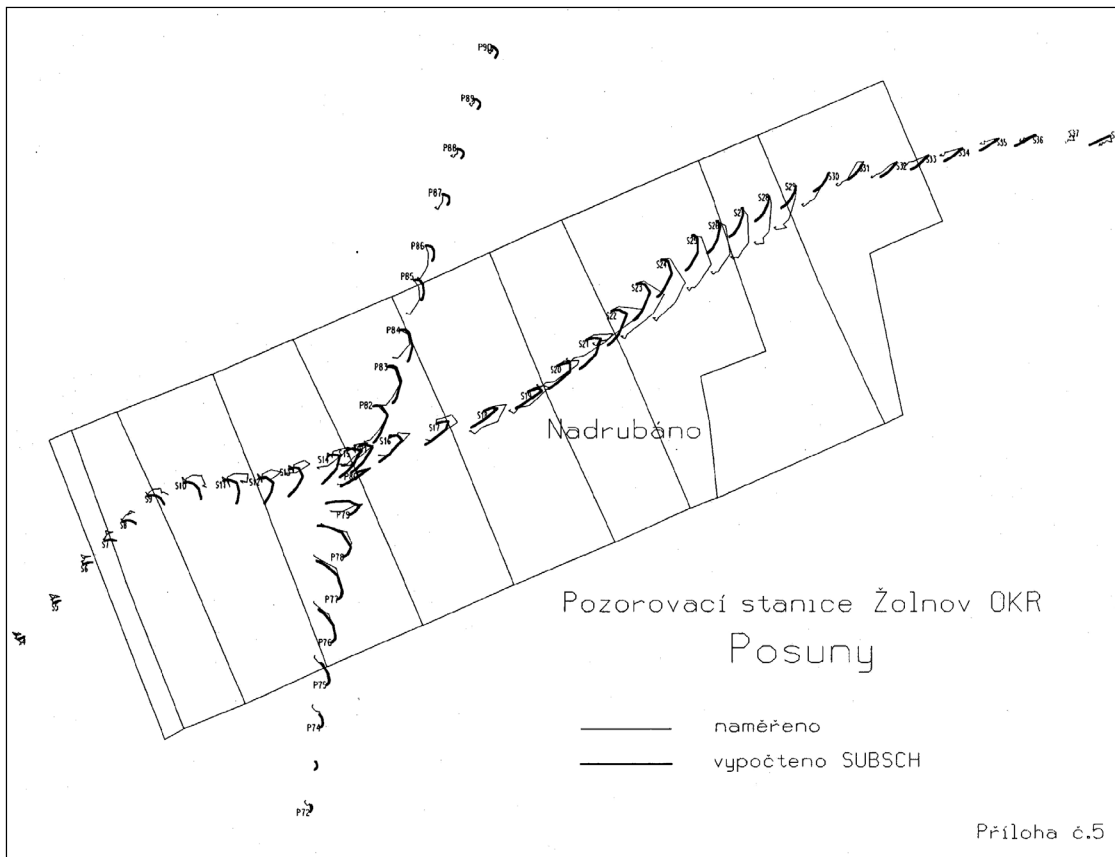
The authors also explain a methodology of calculation of dynamic values of displacements and deformations (equations 3 through 9) and software securing of results.

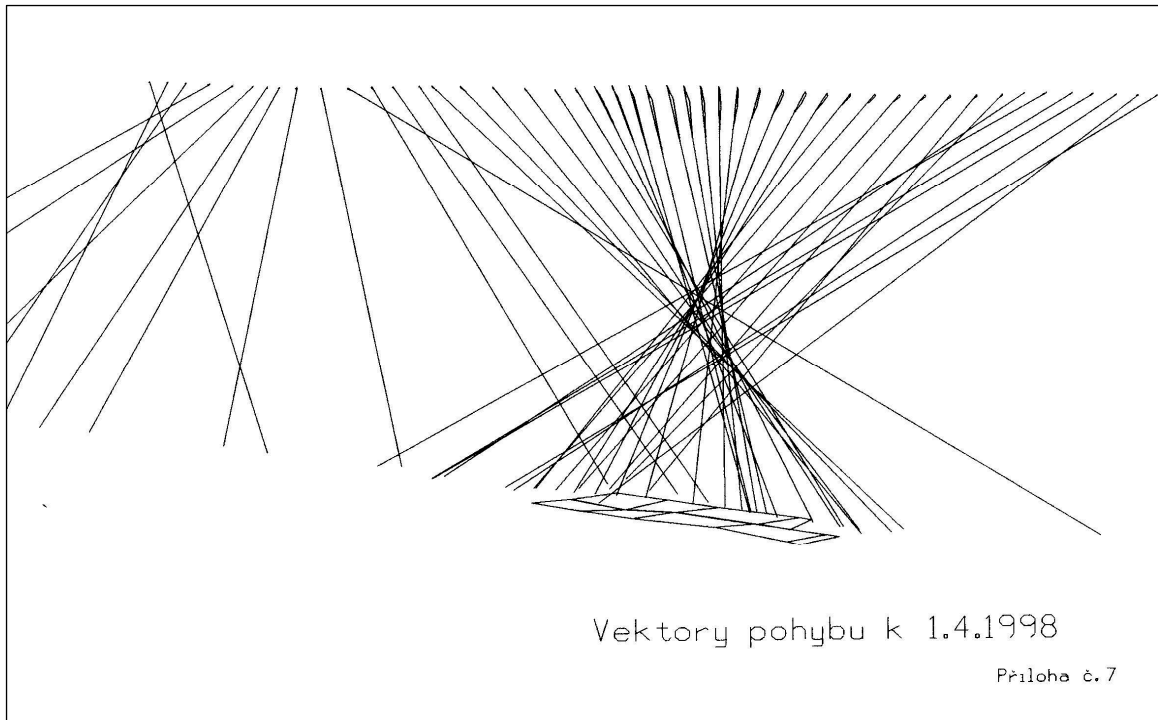
In the conclusion of the contribution the results of determination of parameters of theoretical calculation of the mining subsidence depression by the observation station Žolnov are presented. The results are mentioned in appendices 1 through 5 and 8 through 11.

The results of research have been elaborated and they can be applied for prognosis of subsidence in similar conditions occurring in the deposit and especially when solving coal exploitation below sensitive surface premises where detailed knowledge of potential deformations could positively influence preventive safety measures.

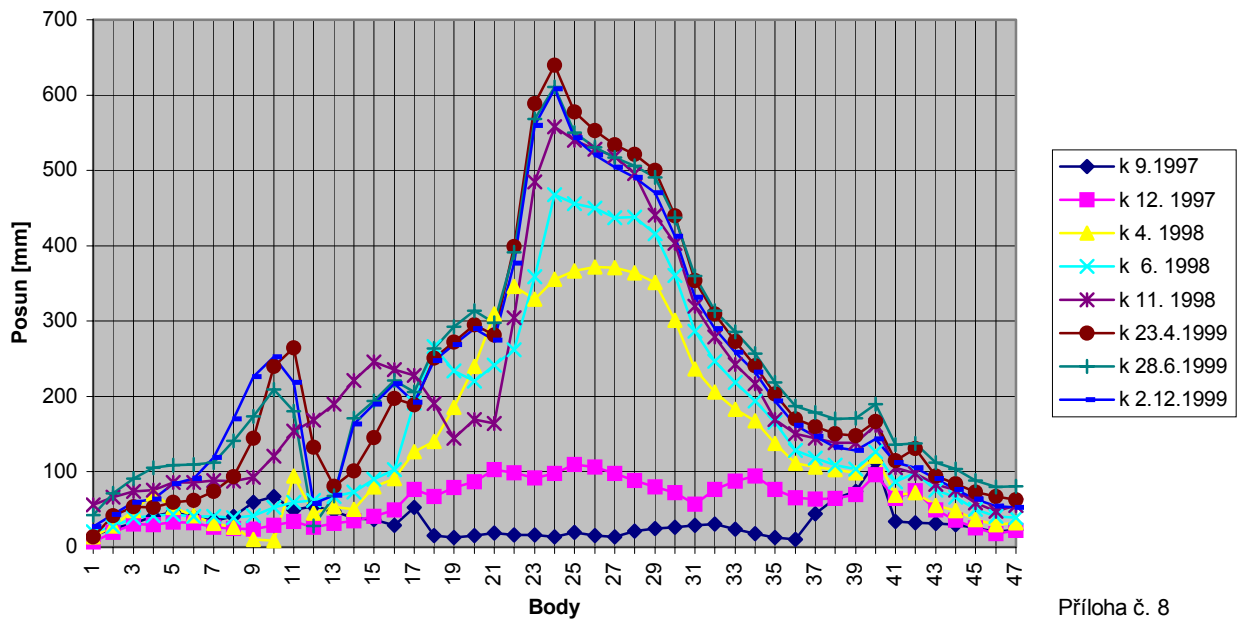




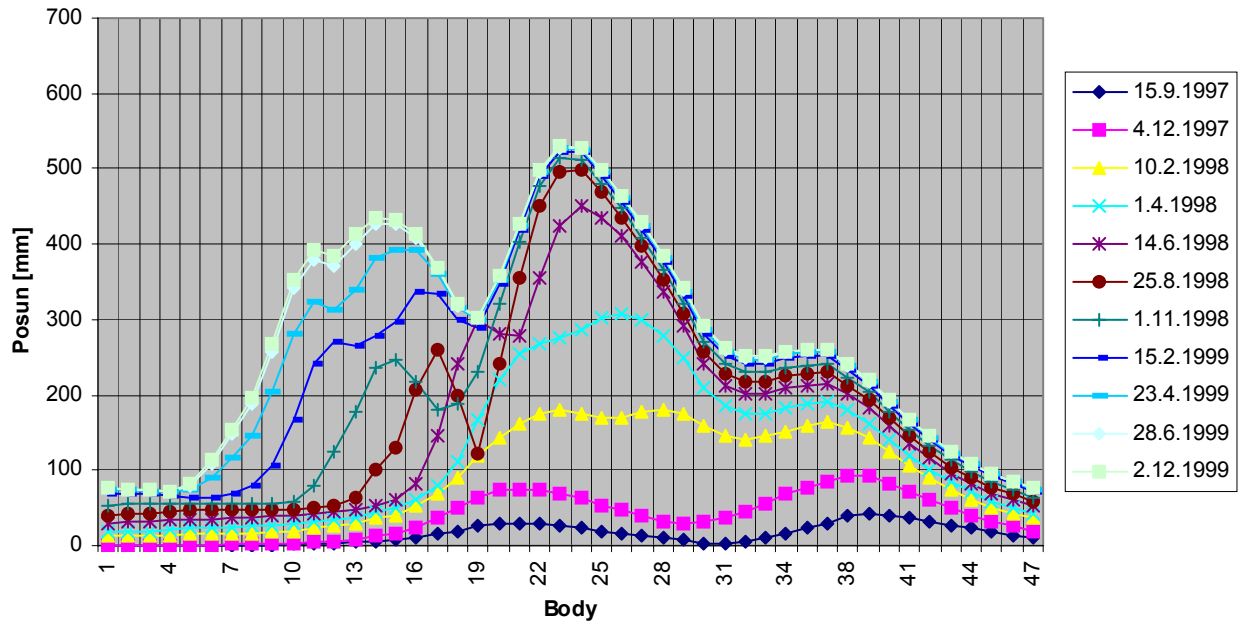




Naměřené posuny bodů podélného profilu

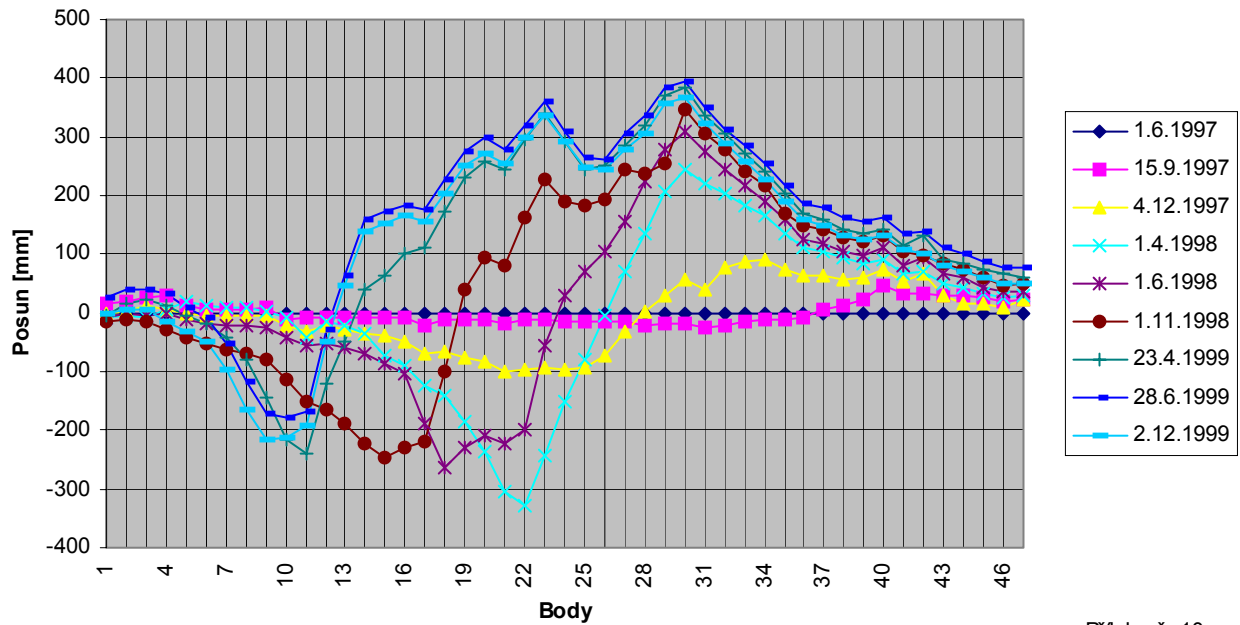


Vypočtené posuny bodů podélného profilu metodou SUBSCH



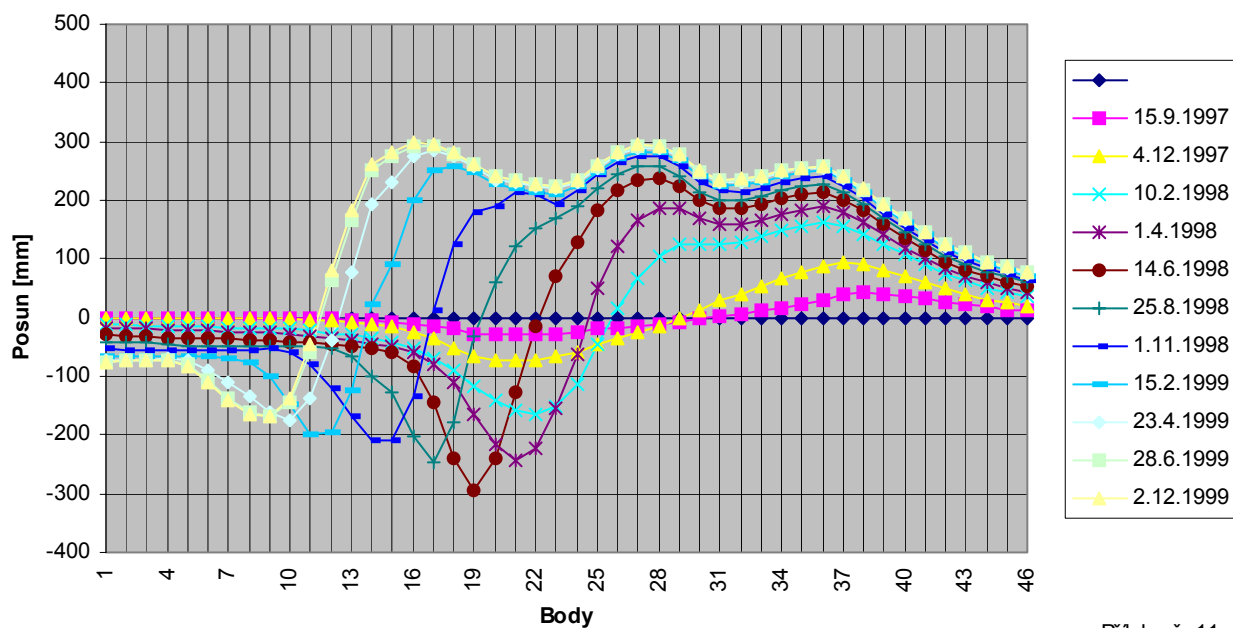
Příloha č. 9

Naměřené posuny bodů podélného profilu ve směru postupu porubu



Příloha č. 10

Vypočtené posuny bodů podélného profilu ve směru dobývání metodou SUBSCH



Příloha č. 11

Recenzenti: Prof. Ing. Vladimír Sedlák, PhD., Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií TU Košice,
Ing. Miloš Ženč, CSc., Havířov.