K problematice určení mezního úhlu vlivu dobývání v poklesové kotlině

Josef Novák[1] *a Vladimír Sedlák*[2]

To a question of determining the mining boundary angle in subsidence

The mining boundary angle, as one of the basic parameters of subsidence, is used a lot of methods at prediction calculation of movements and deformations. The mining boundary angle is used at determining so called the pillar angles at the protected pillar of warehouses on the earth surface. This mining boundary angle together with the mining depth characterises the subsidence measure on the earth surface. The mining boundary angle depends upon geological, hydrogeological relations and deformability of rock massif, upon excavation technology etc.

The presented paper deals with determining the mining boundary angle on a base of geodetic measurements on the monitoring network points in the coalfield - OKR in the Czech Republic. The mining boundary angles of two monitoring stations: Stonava and Karvina-Solca are determined. The presented problem in determining the mining boundary angle and its authentication in the condition of OKR is summarised in the paper conclusions. There are alleged a few knowledge in the conclusions: shadiness in determining the mining boundary angle – uncertain limits of so called null influence, dependency of the mining boundary angle upon geomechanical properties and geological structure of the rock massif, the mining boundary angle depends upon geodetic measurement accuracy, etc.

Key words*: mining boundary angle, subsidence, endangered territory, injured territory.*

Úvod

Vědní disciplína „Vlivy poddolování“ má významnou úlohu v hornickém podnikání, neboť přispívá k racionálnímu dobývání ložisek nerostných surovin při současné minimalizaci projevů vlivů dobývání a vytváří teoretické předpoklady pro koexistenci těžební organizace a hornické krajiny.

U mnoha metod predikčního výpočtu pohybů a deformací na povrch a při stanovení ochranného pilíře se jako jednoho ze základních parametrů poklesové kotliny používá mezního úhlu dobývání. Tento úhel charakterizuje spolu s hloubkou uložení rozsah vlivu dobývání na povrch. Při plochém uložení se vyjadřuje jako veličina, která závisí na přetvárných vlastnostech hornin.

Pojem mezní úhel vlivu dobývání je definován jako úhel, který svírá s vodorovnou rovinou spojnice okraje porubu (dobývané plochy) s okrajem poklesové kotliny (Neset, 1984, Schenk, 1997, Schenk, 1999, Novák 2000). Za okraj poklesové kotliny se považuje čára spojující body poklesové kotliny o nulovém poklesu nebo o dohodnuté mezní hodnotě pohybů nebo přetvoření (Neset, 1984, Žilavý, 1969, Sedlák, 1997). Z výše uvedeného vyplývá, že jde o definici konvencionelní.

Shrnutí dosavadních poznatků o mezním uhlu vlivu v poklesové kotlině

V literatuře (Ženč, 1968, Knothe, 1953) se objevují určité rozpory v pojetí mezního úhlu vlivu jako veličiny pro predikční výpočet pohybů a deformací v důsledku dobývání a úhlu k přesnému určení polohy vlivů dobývání s povrchem (viz nulová izokatabáza).

Uvedeme pro přehled několik definic mezního úhlu vlivu dobývání, které byly publikovány ve vědeckých pojednáních našich i zahraničních odborníků:

- Mezní úhel vlivu může být definován také jako úhel, který svírá spojnice okrajů porubu v daném okamžiku s místem na povrchu, v němž je pokles vlivem dolování rovný minimální hodnotě, která má za následek ještě přípustné deformace na povrchu nebo na povrchových objektech, s vodorovnou rovinou (Neset, 1984). Při určování mezního úhlu vlivu proto přijímáme za podklad naměřené poklesy, které jsou podstatně větší než nevyhnutné chyby při měření. Prof. Neset navrhuje v roce 1962, aby pro měření v OKR se přijala za minimální hodnotu poklesů pro jejich určení hodnota 10 mm.

- Mezní úhel vlivu nám ohraničuje vliv dobývaní sloje na povrch. Je to úhel, který leží ve svislé rovině, kolmé na hranu porubu a jehož jedno rameno tvoří spojnice okraje vyrubané plochy s okrajem poklesové kotliny a druhé rameno je vodorovná přímka směrující od hrany porubu do nevyrubaného prostoru. Za okraj poklesové kotliny se obvykle považuje ta její část, kde naměřené poklesy nepřekročí 1% maximálního poklesu (Novák a Schenk, 1995).

[1] *prof. Ing. Josef Novák, CSc.,* Institut geodézie a důlního měřictví, Hornícko-geologická fakulta, VŠB-Technická univerzita Ostrava

[2] *prof. Ing. Vladimír Sedlák, PhD.*, Ústav geodézie a geografických informačných systémov, Katedra geografických informačných systémov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 22. 3. 2004)

- Za mez vlivu je zvolen bod s poklesem 10 mm. Tomuto bodu odpovídá mezní úhel vlivu (Ženč, 1968).

- Oblast vlivu hornických prací se ohraničuje nikoliv nulovými pohyby, nýbrž podle zvoleného kritéria, za něž se zvolí poklesy 10 – 15 mm, naklonění a vodorovné roztažení 0,5 mm $t.m^{-1}$ (Ženč, 1968).

- Mezní úhly vlivu musíme znát pro účely možností předběžného ohraničení vlivu na povrchové objekty. Jejich pomocí lze předem označit oblast nebezpečných pohybů, za než se považují hodnoty (Ženč, 1968):
  - poklesů 20 až 30 mm,
  - vodorovných posunů 20 až 30 mm,
  - naklonění 4 $mm.m^{-1}$,
  - změna naklonění 2 $mm.m^{-1}$,
  - stlačení a roztažení 2 $mm.m^{-1}$.

- Nutnost ohraničit oblast pohybů a deformací terénu nebezpečných pro povrchové objekty vedla v bývalém SSSR k zavedení pojmu „úhel vlivu“. Tento je definován jako úhel ležící ve svislé rovině, který svírá spojnice okraje vyrubané s místem na povrchu, kde nastanou nebezpečné pohyby a deformace, s vodorovnou rovinou. Hranice nebezpečných pohybů a deformací se stanoví podle těchto parametrů (Ženč, 1968):
  - naklonění 4 $mm.m^{-1}$,
  - vodorovné roztažení 2 $mm.m^{-1}$,
  - poloměr zakřivení 5 km,
  - pokles 20 mm.

- Mezními úhly vlivu nazýváme vnější (vzhledem k vyrubanému prostoru) úhly v hlavních řezech poklesové kotliny mezi vodorovnými přímkami a přímkami spojujícími hranici vyrubaného prostoru s tzv. mezními body, za které jsou považovány body o poklesu 10 mm, t.j. rovny přesnosti měření (Ženč, 1968).

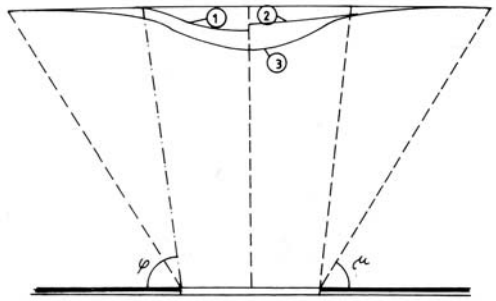
- Mezní úhly ohraničující poklesovou kotlinu po okrajových bodech, jejichž pokles nepřekročil hodnotu povolené chyby opakovaného výškového měření. Výškové změny o velikosti 5 mm zjištěné mezi dvěma sousedními měřeními jsou přijatelné pro určování okrajových bodů poklesové kotliny.

- V polské části hornoslezské uhelné pánve se mezní úhel vlivu nazývá úhel hlavních vlivů. Je definován jako úhel, který svírá vodorovná rovina se spojnicí hrany poruby s místem na povrchu, kde poklesy dosahují 1,22 % maximálního poklesu (Knothe, 1953).

- Mezní úhel vlivu je definován jako úhel, který s vodorovnou rovinou svírá normálová spojnice hrany vyrubané plochy s místem na povrchu, kde se projevuj´vlivy dobývaní určité zpravidla dohodnuté velikosti. V souvislosti s mezním uhlem vlivu je nutno charakterizovat funkci tzv. zálomového úhlu φ. Ve svislém řezu poklesovou kotlinou je zálomový úhel definován jako úhel, který svírá vodorovná rovina se spojnicí hrany vyrubané plochy a místa na povrchu s maximem vodorovného roztažení. Tento úhel se používá např. Podle Niederhofera pro ohraničení tzv. vnitřní poklesové kotliny (obr.1) (Matouš, 1969, 1988).

- Rozsah poklesové kotliny v OKR je dán „upozorněním obvodního báňského úřadu v Ostravě č.j. 273/1996-511 Ing. Šm./An-40 ze dne 29.8.1996 izočárou o poklesu 40 mm (hranice dotčeného území).

Pro řešení určité části praktických problémů, především pro přibližné stanovení rozsahu vlivů dobývání na povrch, stanovení mezního úhlu podle některého z uvedených kritérií plně vyhovuje.



Obr. 1. Mezní úhel vlivu μ, zálomový úhel φ, vnitřní 1,2 a vnější 3 poklesová kotlina.
Fig. 1. Mining boundary angle μ, gripping angle φ, interior 2 and exterior 3 subsidence.

Analýza určování mezního úhlu vlivu

Pro řešení některých problémů „vlivů poddolování“, zejména při stanovení skutečného vlivu dobývání by mohlo dojít k určitým omylům v důsledku rozdílů v určovaných mezních úhlech vlivu. Ve výzkumné zprávě Institutu geodézie a důlního měřictví Hornicko-geologické fakulty VŠB-Technická univerzita Ostrava byla provedena komplexní

analýza určování mezního úhlu vlivu, z níž uvádíme jen některé charakteristické příklady určování mezního úhlu vlivu (Novák a Schenk 1995).

Na obr.2 jsou uvedeny grafické průběhy naklonění pro hloubky dobývání 100 m, 200 m, 400 m a 600 m při poloměru hlavních vlivů $p = 0{,}5h$ a maximálním poklesu s_{max} = 100 cm (Knothe 1953). V daném případě bylo zvoleno za mezní hodnotu naklonění o velikosti 0,5 mm.m^{-1}. Z *obr.2* je patrné, že při zvětšování hloubky dobývání h za jinak stejných podmínek se zvětšuje i hodnota mezného úhlu μ vlivu pro hloubu následovně:

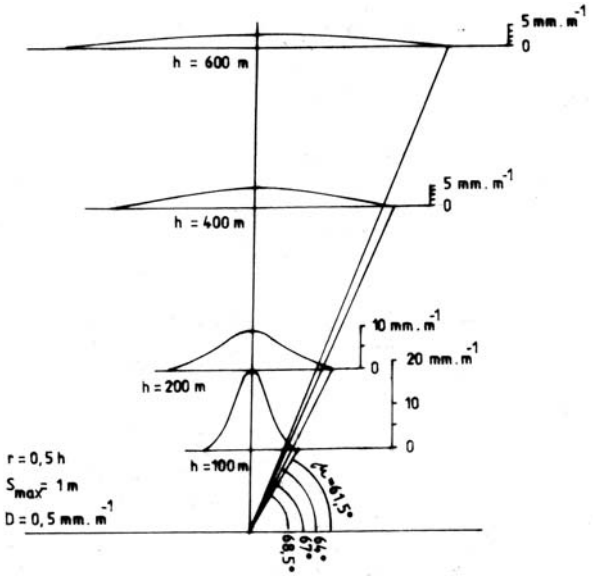
h = 100 m $\quad \mu_{100} = 61{,}5°$,
h = 200 m $\quad \mu_{200} = 64°$,
h = 400 m $\quad \mu_{400} = 67°$,
h = 600 m $\quad \mu_{600} = 68{,}5°$.

Na obr.3 jsou uvedeny grafické průběhy naklonění pro hloubku dobývání h = 200 m, poloměr hlavních vlivů r = 0,5h a pro hodnoty poklesů s_{max} = 50 cm, 100 cm a 200 cm. V daném případě byla zvolena jako v předcházejícím případě za mezní hodnotu naklonění D_μ = 0,5 mm.m^{-1}.

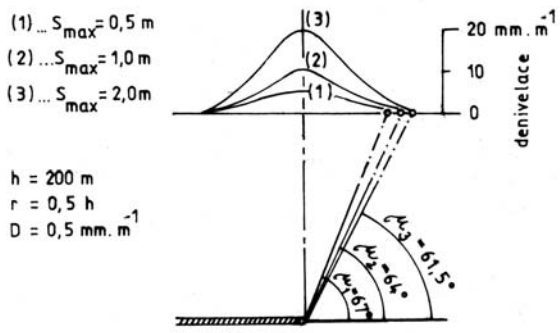
Z obr.3 je zřejmé, že při konstantní hloubce se při zmenšující se hodnotě maximálního poklesu (vliv mocnosti dobývané sloje) se mezní úhel zvětšuje:

s_{max} = 0,5 m $\quad \mu_1 = 67°$
s_{max} = 1,0 m $\quad \mu_2 = 64°$
s_{max} = 2,0 m $\quad \mu_3 = 61{,}5°$

Z dosavadních výzkumů vyplývá, že neurčitost při stanovení mezního úhlu vlivu neodstraní ani volba jediného kritéria pro jeho určení. V *tab.1* uvádíme výsledky výzkumných měření VVUÚ Radvanice ve východní části OKR, ve Stonavě a Karviné-Solci.



Obr. 2. Určování mezního úhlu vlivu podle mezní hodnoty naklonění v různých hloubkách.
Fig. 2. Determining the mining boundary angle according to the inclination boundary value in various depths.



Obr. 3. Určení mezního úhlu vlivu podle mezní hodnoty naklonění při různých mocnostech ložiska.
Fig. 3. Determination of the mining boundary angle according to the inclination boundary value at various deposit thickness.

Z tab.1 vyplývá následovní konstatování:

- hodnota mezního úhlu vlivu závisí na zvolené mezní hodnotě pohybu nebo přetvoření,

- pro stejnou hodnotu mezního pohybu nebo přetvoření dostaneme různé hodnoty mezního úhlu vlivu v závislosti na:
  - o zjištěném maximálním poklesu,
  - o tvaru a rozměrech vyrubané plochy,
  - o hloubce dobývání,

- bezpečně prokazatelný pohyb terénu vlivem dobývání nastává při dostatečných rozměrech vyrubané plochy daleko za mezí vlivu pro pokryvný útvar používanou dnes pro předběžný výpočet v podmínkách karvinské části OKR.

Tab. 1. Mezní úhel vlivu – lokalita (terén): Stonava a Karviná-Solca.
Tab. 1. The mining boundary angle – the locality (terrain): Stonava and Karviná-Solca.

Terén	**Pozorovací stanice**	Zvolený mezní pokles s [mm] (naklonění D [mm.m^{-1}])	**Reálný pokles** s [m]	Mezní úhel vlivu μ [°]
Stonava	síť VVUÚ	s = 10	2,2	40
		s = 20	2,2	50
	měřické přímky Dolu 9. květen	s = 10	0,75	59
			0,9	64
			0,2	67
Karviná-Solca	přímka 1 - 18	s = 10	2,0	51
			3,2	42
	přímka 193 – 220		1,9	45
			2,7	46
			4,1	37
			5,2	34
	přímka 1 – 18	D = 0,25	2,0	50
	přímka 193 – 220		1,9	49
			2,7	44

V současném období se velmi diskutuje o problematice „dotčeného“ a „ohroženého“ území zejména v podmínkách karvinské části OKR. Dnes je nutno na prvním místě vidět ústavně právní normu, která říká, že státní moc nutno uplatňovat jen v mezích zákona a způsobem k tomu stanoveným. Ohrožení můžeme obecně definovat jako riziko porušení chráněného zájmu. Vzhledem k tomu, že pojem „dotčení“ je obecnější než „porušení“, je možno konstatovat, že okruh osob, jejichž právní poměry jsou ohroženy, může být užší než okruh osob dotčených *(*Staša 1995). K otázce hranic dotčených a ohrožených zájmů je nutno říci, že pro výklad (definici) těchto hranic je nutno použít technických kritérií, která musí být obsahem rozhodnutí báňské správy.

Technickými kritérii pro rozsah dotčení hranic v poklesové kotlině, popř. hranic ohroženého území jsou:

- přesnost měření pohybů a deformací (např. Kritérium prof. Matouše je dvojnásobek střední chyby provedeného měření),
- hodnoty vodorovného přetvoření, poloměru zakřivení a naklonění, podle nichž se poddolované území zařadí do příslušné třídy stavenišť I., II., III., IV. a V. (hranice těchto stavenišť jsou zpravidla přílohou báňského posudku – tab.2), jak to uvádí ČSN 730039.

Podle našeho názoru je nutno věnovat velkou pozornost této problematice dalším výzkumem a zpracovat teoretické zdůvodnění technických zásad, které by měly být obsahem budoucí novelizované vyhlášky ČBÚ č. 415/1992 Sb.

Tab.2. Třídy stavenišť pro poddolované území.
Tab.2. The grades of building sites for the undermined territory.

Poddolované území		**Vlivy na reliéf krajiny**		
Skupina vlivů	**Intenzita vlivů poddolování**	**Vodorovné poměrné přetvoření [mm.m^{-1}]**	**Poloměr zakřivení [km]**	**Naklonění [mm.m^{-1}]**
I.	velmi intenzívní	7 a více	3 a méně	10 a více
II.	intenzívní	7 – 5	3 – 7	10 – 8
III.	střední	5 – 3	7 – 12	8 – 5
IV.	mírná	3 – 1	12 – 20	5 – 2
V.	velmi mírná	1 a méně	20 a více	2 a méně

Podle našeho názoru je nutno věnovat velkou pozornost této problematice dalším výzkumem a zpracovat teoretické zdůvodnění technických zásad, které by měly být obsahem budoucí novelizované vyhlášky ČBÚ č. 415/1992 Sb.

Závěr

Celkově lze shrnout problematiku mezního úhlu vlivu a jeho verifikaci v podmínkách karvinské části OKR takto:

- Z dosavadních výzkumů a provedené analýzy vyplývá, že nelze stanovit jednoznačnou vědeckou definici mezního úhlu vlivu. Nejednoznačnost definice spočívá zejména v neurčitém omezení hranice tzv. nulového vlivu. Tato mez může být dána např. dosažitelnou popř. zvolenou přesností výsledků opakovaných měření nebo přípustnou hodnotou pohybů a přetvoření pro určitý typ objektu (Knothe, 1953, Matouš, 1988).
- U ploše uložených slojí je mezní úhel vlivu parametr poklesové kotliny, který závisí na geomechanických vlastnostech hornin a na geologické stavbě pohoří.
- Mezní úhel vlivu určujeme zpravidla na pozorovacích stanicích geodetickými metodami, jejichž přesnost je ovlivněna systematickými a nahodilými chybami měřického procesu. Dosažitelná přesnost, např. při opakovaných výškových měřeních je charakterizována např. povolenou odchylkou pro přesnou nivelaci, uvedenou ve Vyhlášce č.435/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Přesnost výškových změn je ovlivněna i změnami výšek nivelačních bodů vlivem vysychání, bobtnání, promrzání i sedání objektů. Taktéž nelze zabránit změnám výšek výchozích nivelačních bodů v důsledku tektogenetických pohybů zemské kůry, které mohou být jak ukazují výsledky výzkumu náhle i pozvolné, pravidelné i nepravidelné. Z těchto výzkumných měření (opakovaných výškových měření) na zvláštních nivelačních sítích, vybudovaných v ostravsko-karvinské aglomeraci a jejím okolí, vyplývá, že dochází k prokazatelným pohybům až 4 mm ročně i daleko mimo oblast ovlivněnou dobýváním. Z výše uvedeného vyplývá, že určení hranice tzv. nulového poklesu není prakticky možná. Z tohoto důvodu se v současnem období neohraničuje oblast vlivu dobývaní nulovými poklesy (nulovou izokatabázu), nýbrž podle různě zvoleného kritéria minimálního kritéria pohybu nebo přetvoření. K tomu je možno dle našeho názoru využít i „klasifikaci poddolovaných území“ dle ČSN 73 00 39 „Navrhování staveb na poddolovaném území“, která je uvedena v tab.2.
- Pro koexistenci těžebních společností s uživateli hornické a pohornické krajiny musí zůstat podle našeho názoru mezní úhel vlivu konvenční, t. j. právní veličinou pro běžná rozhodování o důlních škodách. Při tom nelze kategoricky vyloučit možnost skutečného ovlivnění zejména citlivých stavebních objektů za konvenční hranici vlivů tam, kde bude prokázáno objektivními výsledky měření pohybů a přetvoření vybraného objektu či souboru objektů.

Článek vznikl v souvislosti s řešením grantového projektu č. GAČR105/00/1078: „Dynamika poklesové kotliny a její dopad na hornickou krajinu“ řešeného na Institutu geodézie a důlního měřictví HGF VŠB-Technická univerzita Ostrava a č. 1/0368/03: „Monitorovanie a modelovanie geotektonických recentných pohybov v košickej kotline v GIS z hľadiska ochrany životného prostredia“ řešeného na Fakultě BERG Technické univerzity v Košicích.

Literatúra – References

Knothe,S.: Rownanie profilu ostatecznie wyksztalconei nicoki osiadania, *Archiwum górnictva i hutnictwa I (1953), seš. 1.*

Matouš,J.: Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině., *VŠB Ostrava, 1969*.

Matouš,J.: Nové metody v důlním měřictví v oboru vlivy poddolování., *Doktorská dizer. práce., VŠB Ostrava, 1988.*

Neset,K: Vlivy poddolování., *SNTL Praha, 1984.*

Novák,J., Schenk,J.: Mezní úhel vlivu a jeho verifikace v karvinské části OKR., *Výzkumná zpráva.VŠB Ostrava, 1995.*

Novák,J.: Mezní úhel dobývání v poklesové kotlině., *Monografia*., *VŠB-TU Ostrava, 2000*.

Sedlák,V.: Modelling subsidence development at the mining damages., *Monograph*. *Štroffek, Košice, 1997.*

Schenk,J.:. Časový faktor, důležitý prvek při zkoumání dynamiky vývoje poklesové kotliny Monografie*, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1997.*

Schenk,J.: Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině., *Učební texty. VŠB-TU Ostrava, 1999*.

Staša,J.: Ohrožené a dotčené území., *Záznam z 14.12.1995. OKD, a.s. IMGE Ostrava, 1995.*

Ženč,M: Některé zákonitosti pohybu pohoří při dobývání ploše uložených slojí v ostravsko-karvinském revíru. VVUÚ Radvanice, *1968*.

Žilavý,B.: Vplyvy poddolovania. *ALFA Bratislava, 1969*.

ČSN 730039 Navrhování staveb na poddolovaném území.

Vyhláška ČBÚ č.435/1992 Sb.

Vyhláška ČBÚ č.435/1992 Sb. Ve znění pozdější předpisů.