

Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava  
Hornicko – geologická fakulta

2106/9 Hornická geomechanika

Disertační práce doktorského studia

# **Hodnocení stavu porušení pevného nadloží exploatovaných slojí**

Ing. Jiří Havaj

školitel  
prof. Ing. Vladimír Petroš, CSc.  
VŠB – TU Ostrava

srpen 2008  
Šenov

**OBSAH:**

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ:</b> .....	<b>2</b>
<b>SEZNAM TABULEK:</b> .....	<b>3</b>
<b>ABECEDNÍ SEZNAM SYMBOLŮ:</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>6</b>
<b>3. KLASIFIKAČNÍ PARAMETR PEVNÝCH VRSTEV</b> .....	<b>6</b>
<b>4. PROBLEMATIKA HODNOCENÍ NAPĚTÍ V HORSKÉM MASIVU Z HLEDISKA ANOMÁLNÍCH GEOMECHANICKÝCH JEVŮ</b> .....	<b>11</b>
4.1 SOUČASNÉ POZNATKY K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE .....	12
4.1.1 <i>Hodnocení stavu horského masivu za postupujícím porubem</i> .....	13
4.1.2 <i>Změny stavu závalových hornin vlivem působícího napětí</i> .....	15
4.2 VÝSLEDKY HODNOCENÍ PORUŠOVÁNÍ PEVNÉHO NADLOŽÍ OBLASTI 4. KRY DOLU ČSM.....	17
4.2.1 <i>Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží (4. kry Dolu ČSM)</i> ....	19
4.2.2 <i>Hodnocení stavu porušení pevného nadloží (4. kry Dolu ČSM)</i> .....	20
<b>5. POPIS STUDOVANÉ LOKALITY</b> .....	<b>26</b>
5.1 CHARAKTERISTIKA DOBÝVACÍHO PROSTORU .....	26
5.2 POKRYVNÝ ÚTVAR .....	27
5.3 RELIÉF KARBONU .....	28
5.4 KARBONSKÝ ÚTVAR - STRATIGRAFIE PRODUKTIVNÍHO KARBONU .....	28
5.4.1 <i>Karvinské souvrství</i> .....	28
5.4.2 <i>Ostravské souvrství</i> .....	28
5.5 ÚLOŽNÍ POMĚRY A TEKTONICKÁ STAVBA.....	30
5.5.1 <i>Pestré vrstvy</i> .....	32
5.5.2 <i>Erozivní výmoly</i> .....	32
<b>6. METODIKA MĚŘENÍ A POSTUP ZPRACOVÁNÍ ZÍSKANÝCH ÚDAJŮ</b> .....	<b>32</b>
6.1 DOBÝVÁNÍ PŘED ZAHÁJENÍM MĚŘENÍ.....	32
6.2 DOBÝVÁNÍ PO ZAHÁJENÍ MĚŘENÍ.....	32
6.3 HORNICKO - TECHNICKÉ ÚDAJE OBLASTI 4. DŮLNÍHO POLE DOLU DUKLA .....	33
6.4 HODNOCENÍ MECHANICKÉHO CHARAKTERU HORNIN PEVNÉHO NADLOŽÍ.....	35
6.4.1 <i>Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. X</i> .....	38
6.4.2 <i>Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. XI</i> .....	40
6.4.3 <i>Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. XII</i> .....	41
6.4.4 <i>Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. XVI</i> .....	41
6.5 HODNOCENÍ STAVU HORSKÉHO MASIVU NA ZÁKLADĚ POZOROVÁNÍ POKLESŮ POVRCHU VZHLEDEM K ČASOPROSTOROVÉMU POSTUPU DOBÝVÁNÍ .....	43
6.5.1 <i>Hodnocení pevného nadloží sloje č. X</i> .....	49
6.5.2 <i>Hodnocení pevného nadloží sloje č. XI</i> .....	52
6.5.3 <i>Hodnocení pevného nadloží sloje č. XII</i> .....	54
6.5.4 <i>Hodnocení pevného nadloží sloje č. XVI</i> .....	56
6.5.5 <i>Hodnocení pevného nadloží sloje č. XVII</i> .....	57
<b>7. ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ</b> .....	<b>58</b>
<b>8. ZÁVĚR</b> .....	<b>61</b>
<b>LITERATURA:</b> .....	<b>62</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH:</b> .....	<b>68</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek č. 1:	Deformační pásma za postupujícím porubem vedeným na zával.....	13
Obrázek č. 2:	Situace dobývaných porubů a povrchových bodů.....	17
Obrázek č. 3:	Charakter horninového prostředí v linii vrtu ČSM 147.....	18
Obrázek č. 4:	Stav vydobytí porubů v době prolomení .....	20
Obrázek č. 5:	Současné hodnocení poklesů povrchu a seismické aktivity .....	21
Obrázek č. 6:	Izokatabázy a řez A - A' - květen 1999.....	22
Obrázek č. 7:	Izokatabázy a řez A - A' - říjen 2001.....	24
Obrázek č. 8:	Izokatabázy a řez A - A' - říjen 2002.....	25
Obrázek č. 10:	Svodný litologický profil [71] - dobývací prostor Dolní Suchá Dolu Dukla..	29
Obrázek č. 11:	Řez V- Z po souřadnici 1 104 500.....	31
Obrázek č. 12:	Přehled dobývaných porubů ve slojích č. VII, X, XI, XII, XVI a XVII .....	33
Obrázek č. 13:	Schématické znázornění určení průměrného mezního úhlu vlivu .....	34
Obrázek č. 14:	Průzkumný vrt AG - 9 .....	36
Obrázek č. 15:	Poklesová křivka povrchového bodu č. 6 s časovým průběhem dobývání porubů .....	39
Obrázek č. 16:	Poklesová křivka povrchového bodu č. 7 s časovým průběhem dobývání porubů .....	39
Obrázek č. 17:	Situační mapa dobývání ve sloji č. VII .....	43
Obrázek č. 18:	Situační mapa dobývání ve sloji č. X .....	44
Obrázek č. 19:	Situační mapa dobývání ve sloji č. XI.....	45
Obrázek č. 20:	Situační mapa dobývání ve sloji č. XII .....	46
Obrázek č. 21:	Situační mapa dobývání ve sloji č. XVI.....	47
Obrázek č. 22:	Situační mapa dobývání ve sloji č. XVII .....	48
Obrázek č. 23:	Srovnání poklesových křivek povrchových bodů č. 7, č. 8, č. 22 a č. 26 s časovým průběhem dobývání porubů .....	49
Obrázek č. 24:	Srovnání poklesových křivek povrchových bodů č. 6 a č. 7 s časovým průběhem dobývání porubů .....	50
Obrázek č. 25:	Poklesová křivka povrchového bodu č. 22 s časovým průběhem dobývání porubů .....	51
Obrázek č. 26:	Poklesová křivka povrchového bodu č. 26 s časovým průběhem dobývání porubů .....	52
Obrázek č. 27:	Srovnání poklesových křivek povrchových bodů č. 8, č. 22 a č. 26 s časovým průběhem dobývání porubů.....	56
Obrázek č. 28:	Závislost šířky vydobytého prostoru při prolomení pevného nadloží na součiniteli neohebnosti .....	58
Obrázek č. 29:	Graf závislosti mezi součinitelem neohebnosti a šířkou vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží.....	59
Obrázek č. 30:	Závislost součinitele neohebnosti na určené vydobyté ploše při prolomení pevného nadloží .....	60

**SEZNAM TABULEK:**

<b>Tabulka č. 1: Etalonové délky návrtu .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabulka č. 2: Hodnoty pevností v tlaku .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabulka č. 3: Mocnosti vrstev v nadloží sloje č. 29 .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabulka č. 4: Výpočet mezných úhlů a poloměr účinné plochy .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabulka č. 5: Hodnoty pevností v prostém tlaku pro vrstvy sušské [71] .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabulka č. 6: Hodnoty pevností v prostém tlaku pro vrstvy sedlové [71] .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabulka č. 7: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabulka č. 8: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabulka č. 9: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabulka č. 10: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti .....</b>	<b>42</b>

**ABECEDNÍ SEZNAM SYMBOLŮ:**

$a$	součinitel dobývání
$H$ (m)	hloubka dobývání
$h_i$ (m)	mocnost jednotlivých vrstev
$h_k$ (m)	mocnost karbonu
$h_p$ (m)	mocnost pokryvu
$h_{pn}$ (m)	mocnost pevného nadloží
$h_z$ (m)	mocnost pásma zavalování
$k_c$	součinitel celistvosti vrtného jádra
$\bar{k}_{c\ pn}$	vážený průměr součinitele celistvosti pevného nadloží
$k_n$	součinitel neohebnosti
$k_{n\ pn}$	součinitel neohebnosti pevného nadloží
$k_o$	součinitel okamžitého nakypření
$k_{op}$	opravný součinitel
$k_t$	součinitel trvalého nakypření
$l_m$ (m)	etanolová délka návrtu - průměrná délka kousků vrtného jádra s přirozenými plochami odlučnosti v hodnoceném úseku vrtu.
$l_n$ (m)	průměrná délka kousků vrtného jádra s přirozenými plochami odlučnosti v hodnoceném úseku vrtu
$m$ (m)	dobývaná mocnost sloje
$\mu$ (°)	mezný úhel vlivu
$\mu_k$ (°)	mezný úhel vlivu pro karbon
$\mu_p$ (°)	mezný úhel vlivu pro pokryv
$P$ (m <sup>2</sup> )	vydobyтая plocha v době prolomení pevného nadloží
$r$ (m)	poloměr účinné plochy
$\check{s}$ (m)	šířka vydobyté plochy
$\sigma_{Pd}$ (MPa)	jednoosá pevnost v tlaku
$\sigma_{Pd\ red}$ (MPa)	redukovaná pevnost
$\bar{\sigma}_{Pd\ pn}$ (MPa)	vážený průměr jednoosé tlakové pevnosti pevného nadloží

## 1. Úvod

Postupná exploatace slojí ovlivňuje napětíodeformační stav v horském masivu. Poznání skutečného stavu napětí a tendence jeho vývoje je složitou problematikou. Využívá se proto co největšího rozsahu údajů a metod, které by mohly k získání potřebných informací přispět. Mezi metody, které by mohly přispět k lepšímu poznání o rozložení, patří metoda sledování deformací povrchu v průběhu dobývání. Z těchto deformací a jejich vývoje při postupném odrubávání slojí lze do určité míry předpokládat v horském masivu oblasti, kde by mohlo docházet ke koncentraci napětí. Tyto oblasti mohou být zdrojem vzniku anomálních geomechanických projevů horského masivu, mezi něž mimo jiné patří otřesy. V odborné literatuře, která řeší problematiku seismických jevů, jsou používány pojmy „důlní otřes“ a „horský otřes“. Použití jednoho nebo druhého pojmu je filosofickou otázkou, takže já jsem v této disertační práci použil pojmu důlní otřes.

Problematiku porušování pevného nadloží již v minulosti řešily studie např. v oblasti jámového ochranného pilíře větrní jámy č. 2 závodu 3 (Mír) Dolu 1. Máj [1] a v současné době v oblasti 4. kry na Dole ČSM [2].

Vlivem hlubinného dobývání ložiska na zával se narušuje původní napětíový stav horského masivu. Nad a pod vydobytou plochou dochází po určité době k podstatnému snížení původně působícího napětí a kolem vydobytého prostoru dochází vždy ke zvýšení napětí. Důsledkem zvýšeného napětí dochází ke stlačení okolí výrubu, které se projevuje určitým, měřitelným poklesem povrchu. Určení této hodnoty poklesu s ohledem na rozsah a mocnost vydobytých porubů je důležité pro rozeznání stavu, kdy již došlo k celkovému porušení pevných nadložních vrstev. Při prvním dobývání v daných podmínkách to znamená porušení celé mocnosti nadložních karbonických hornin. V případě dobývání další sloje hraje rozhodující roli mocnost meziloží k předchozí dobývané slojí (za předpokladu, že dobývání výše uložené sloje bylo v takovém rozsahu, že došlo k plnému prolomení nadloží nad touto slojí). Jakmile dojde k prolomení tohoto meziloží, výše uložené horniny, které byly porušeny vyrubáním nadložní sloje pak již rychle poklesávají, což se v krátké době projeví zvýšeným poklesem povrchu.

V určitých podmínkách horského masivu vždy existuje určitá šířka důlního díla po jehož zavalení dochází k postupnému porušování nadloží s plným projevem až na povrch.

Snahou této disertační práce je v konkrétních podmínkách stanovit rozměry vydobyté plochy, při kterých došlo k porušení celé mocnosti pevných hornin.

Porušení nadložních hornin závisí hlavně na jejich pevnosti a mocnosti. Při hodnocení pevnosti horského masivu musíme brát v úvahu vliv diskontinuit v horském masivu.

Pro studium porušování horského masivu je nutné znát jeho geologickou charakteristiku a pevnostní skladbu. Dále pro vyjádření závislosti mezi rozměry vydobyté plochy kdy již došlo k celkovému porušení pevných nadložních vrstev a charakteristikou těchto pevných vrstev je nutné najít vhodný parametr, který by zahrnoval všechny podstatné činitele, na kterých porušení pevných vrstev závisí.

## 2. Cíle disertační práce

Z předcházejícího textu vyplývají cíle této disertační práce:

- Vyhodnotit průběh porušování pevného nadloží dobývaných slojí na základě časoprostorového hodnocení poklesů povrchu vzhledem k dobývání a charakteru nadložních hornin v konkrétních podmínkách 4. důlního pole Dolu Dukla;
- Objasnit průběh vytváření poklesové kotliny z geomechanického hlediska;
- Charakterizovat tuhost pevného nadloží jedním parametrem, který by zahrnoval všechny podstatné činitele, na kterých porušení pevných vrstev závisí – celková mocnost pevných vrstev, jejich pevnost a četnost diskontinuit;
- Vyjádřit závislost mezi rozměry vydobyté plochy, kdy již došlo k celkovému porušení pevných nadložních vrstev, a tuhostí těchto vrstev.

## 3. Klasifikační parametr pevných vrstev

Aby bylo možné vyjádřit závislost velikosti odrubané plochy, při níž dochází k porušení celé mocnosti pevného nadloží na charakteru těchto pevných hornin, musíme najít takový klasifikační parametr, který by zahrnoval hlavní ovlivňující činitele.

Základními ovlivňujícími činiteli pevného podrubaného nadloží, na kterých závisí jejich prolomení jsou:

- mocnost sledovaných pevných hornin,

- pevnostní charakteristika,
- plochy nespojitostí.

Existují ještě další ovlivňující činitelé, kteří mají menší význam, jako např. zvýšené horizontální napětí, zvodnění hornin apod. Zvýšené horizontální napětí bude působit proti prolomení podrubaného nadloží a bude tím docházet k zvětšování vydobyté plochy, při níž dojde k porušení celé mocnosti pevného nadloží. Zjišťování horizontálního napětí je složité a nákladné. Z tohoto důvodu nejsou údaje o horizontálním napětí běžně k dispozici. To je důvod, proč tento údaj nebude zahrnovat do klasifikační charakteristiky pevného nadloží. Narůstající zvodnění hornin způsobuje jejich oslabení a bude tím docházet k jejich rychlejšímu porušování. V konkrétních podmínkách hodnoceného ložiska však u pevných nadložních hornin nedochází k podstatnějším rozdílům ve zvodnění, proto k tomuto ovlivňujícímu činiteli nebude také přihlížet.

Klasifikacím hornin je v literatuře věnována velká pozornost [3]. V [4] jsou porovnány různé klasifikační metody pro pevný horský masiv. Je zde přehled 21 klasifikačních metod od nejstarších [5] po klasifikace z roku 1995 [6, 7, 8]. Jednou z nejpoužívanějších klasifikačních metod je [9]. Edelbro et al. [4] blíže na příkladech hodnotí RMR na základě [9, 10], RMS podle [11], Q systém podle [12], parametr N podle [7], R<sub>Mi</sub> kritérium podle [8], SG kritérium podle [13] a další modifikace RMR. Na začátku článku [4] je sice zdůrazněno, že mimo jiné musí být brána v úvahu velikost bloků průvodních hornin (intact rock), ale v hodnocených metodách mocnost pevných vrstev není zohledněna.

V [14] je navržen coal measure classification (CMC) system, který zohledňuje pevnostní charakteristiky, výši působícího napětí vlivem hloubky uložení, porušení vlivem stěnového dobývání, diskontinuity vlivem sedimentačních cyklů a tektonické činnosti, zvodnění a další podrobná hodnocení včetně anisotropie hornin.

Publikace [15] se zabývá procesem zavalování při dobývání mocných slojí, což je problematika příbuzná problematice řešené v této disertační práci. Článek [15] však řeší porušování jen bezprostředního nadloží.

Článek [16] se zabývá hodnocením nadloží uhelných slojí (The mine roof rating – CMRR). Tato metoda klasifikace hornin je využívána pro řešení různých problémů při projektování hornické činnosti, např. dimenzování pilířů, volba výztuže a dalších. Použitá metoda však nezahrnuje hlavní ovlivňující činitele z hlediska porušování celého pevného nadloží.



Moon a Roy [17] se zabývají klasifikací horského masivu na konkrétním uhelném dole. Pevnost hornin je hodnocena podle [18] a [19]. Pro hodnocení diskontinuit jsou použity zásady podle [20], [21] a [22]. RQD autoři hodnotí v souladu s [21]. Zvodnění a zvětrání je hodnoceno podle návrhu [23] a [19]. Vyhodnocené parametry RMR jsou srovnávány s naměřeným napět'ovým polem a pozorováním in situ.

Ramamurthy [24] se zabývá geoinženýrskou klasifikací hornin a horského masivu. Vychází z klasifikace průvodních hornin na základě jejich pevnosti a modulu přetvárnosti podle Coates [25], Deere and Miller [26], Stapledon [27], Franklin et al. [28], Hansagi [29] a ISRM [30]. Dále se zabývá parametry smykové pevnosti podle Bieniawski [31, 32, 33]. Pevnost a modul přetvárnosti hodnotí podle [34] a na základě rovnice navržené v [35]. Do geoinženýrské klasifikace zahrnuje hodnocení zvětratelnosti podle [36].

Stille a Palström [37] srovnává různé způsoby klasifikací horského masivu – základní klasifikaci podle [19] s využitím definic podle [38] a hodnotí praktické požadavky podle [39]. V detailním hodnocení se zabývá RMR systémem podle [38] s přihlédnutím k [34], [40], [41], [42], [43], Q systému podle Barton et al. [12] s rozšířením hodnocení podle modulu přetvárnosti [44], RMi systému podle [8], [45] a [46], dále je hodnocen GSI systém podle [43] a [47].

Şen a Sadagah [48] navrhuje MRMC, který vychází z klasického RMR systému, zahrnující rock quality designation RQD [49] a hodnotí další ovlivňující parametry s použitím rock structure rating (RSR) [50], rock mass quality (Q) [12], hodnocení podle [51] atd. Místo skokového bodového hodnocení jednotlivých parametrů v RMR systému navrhuje průběžné funkce výpočtu těchto parametrů. Poprvé byl tento systém publikován Hongtonem [52]. V [48] jsou porovnány výsledky klasického RMR systému klasifikace s tímto modifikovaným systémem.

Yaşar [48] navrhuje novou metodu klasifikace horského masivu s uhelnými slojemi na základě hodnocení 12 parametrů: mineralogické složení hornin, jednoosá tlaková pevnost, jednoosá tahová pevnost horského masivu, Youngův modul, stříhová pevnost, soudržnost hornin, úhel vnitřního tření, index pevnosti při bodovém zatížení, kuželový vtláčný index [53], Cerchar index [54], tvrdost Shoreovým skleroskopem a stanovení indexu měrné energie pomocí přenosného vrtacího zařízení [55].

Z výše uvedeného rozboru publikací a z celé řady dalších prací, zabývajících se klasifikací horského masivu, vyplývá, že žádná z uvedených klasifikačních metod nehodnotí výslednou tuhost určité mocnosti vrstev. Výjimku z tohoto konstatování tvoří

jedna z metod klasifikací průvodních hornin, která byla zavedena v České republice v 70. letech minulého století. Než blíže rozvedu zmíněnou metodu klasifikací, musím popsat princip hodnocení pevnosti hornin v horském masivu.

Princip přepočtu laboratorní pevnosti na pevnost horského masivu spočívá ve stanovení opravného součinitele  $k_{op}$ , kterým se vynásobí laboratorně stanovená pevnost a výsledná hodnota je smluvní charakteristikou pevnosti horského masivu.

Opravný součinitel se stanovuje podle četnosti diskontinuit vrtného jádra. Tato metoda se používá pro klasifikaci průvodních hornin z hlediska jejich chování při dobývání i v dalších aplikacích. Bere se v úvahu jednoosá tlaková pevnost  $\sigma_{Pd}$  a hodnocení dělitelnosti vrtného jádra.

Použitá metoda v České republice vychází z Hansagiho metody hodnocení vlivu diskontinuit [29] a upravuje ji na technologické podmínky vrtání používané v České republice. Četnost diskontinuit je dána součinitelem celistvosti vrtného jádra [56]:

$$k_c = \frac{l_n}{l} \quad (1)$$

kde  $k_c$  - je součinitel celistvosti vrtného jádra,

$l_n$  - průměrná délka kousků vrtného jádra s přirozenými plochami odlučnosti v hodnoceném úseku vrtu (m),

$l$  - tzv. etalonová délka návrtu, která závisí na průměru vrtného jádra a technologii vrtání. Pro technologie vrtání používané v České republice jsou stanoveny etalonové délky návrtu 1,0 m, 1,5 m nebo 3,0 m – tabulka č. 1

Tabulka č. 1: Etalonové délky návrtu

Průměr jádra $d$ (mm) technologie vrtání	Kategorie kusovitosti (mm)			Etalonová délka návrtu $l$ (m)
	I	II	III	
34	< 75	75 – 105	> 105	1,00
48	< 100	100 - 200	> 200	1,50
49 wire line nebo 82 dvojitá jádrovnice	< 300	300 - 500	> 500	3,00

Pevnost horského masivu se pak hodnotí jako redukovaná pevnost  $\sigma_{Pd \text{ red}}$  dle vztahu:

$$\sigma_{Pd \text{ red}} = k_{op} \cdot \sigma_{Pd} \quad (2)$$

kde  $k_{op}$  je opravný součinitel.

Pro karbonské horniny byl odvozen vztah  $k_{op}$  v závislosti na součiniteli celistvosti vrtného jádra  $k_c$ :

$$k_{op} = 1 - 0,591 e^{-4,14k_c} \quad (3)$$

Tento systém hodnocení pevnosti horského masivu je používán hlavně pro prognózu nebezpečí vzniku důlních otřesů. Na základě skladby nadložních hornin bylo klasifikováno efektivní nadloží (šestinásobek mocnosti sloje) z hlediska procesu zavalování. K tomu se používaly hlavně tři metody:

- metoda úhlu pevnostního spádu,
- metoda průměrné redukované pevnosti,
- metoda stanovení součinitele neohebnosti.

Zatímco první dvě metody hodnotí nadloží sloje bez přímé závislosti na mocnosti efektivního nadloží, stanovení součinitele neohebnosti dává výsledky v přímé úměře k mocnosti hodnoceného nadloží.

Metoda hodnocení nadloží podle součinitele neohebnosti  $k_n$  byla vyvinuta z výpočtu průhybu podrubaného nadloží. Pro hodnocení průhybu by měly být zkoumány pevnostní a přetvárné charakteristiky hornin při namáhání ohybem. Vzhledem k tomu, že vzorky hornin jsou získávány z vrtného jádra, je prakticky nemožné zjišťování ohybové charakteristiky na takovýchto vzorcích. Proto byl udělán přepoččet ohybových charakteristik z charakteristik získaných při zkouškách hornin v jednoosém tlaku. Pro stanovení součinitele neohebnosti pevného nadloží byl získán empirický vztah [56]:

$$k_{n \text{ pn}} = 0,26 \cdot h_{pn} \cdot \bar{k}_{c \text{ pn}} \cdot \sqrt{\bar{\sigma}_{Pd \text{ pn}}} \quad (4)$$

kde  $h_{pn}$  je mocnost hodnoceného nadloží (m),

$\bar{k}_{c \text{ pn}}$  - vážený průměr součinitele celistvosti pevného nadloží,

$\bar{\sigma}_{Pd \text{ pn}}$  - vážený průměr jednoosé tlakové pevnosti pevného nadloží (MPa).

Vážený průměr součinitele celistvosti pevného nadloží určujeme podle vztahu:

$$\bar{k}_{c\ pn} = \frac{\sum k_c \cdot h_i}{h_{pn}} \quad (5)$$

kde  $k_c$  je součinitel celistvosti jednotlivých vrstev,

$h_i$  - mocnost jednotlivých vrstev (m),

$h_{pn}$  - mocnost pevného nadloží (m).

Vážený průměr jednoosé tlakové pevnosti pevného nadloží určujeme podle vztahu:

$$\bar{\sigma}_{Pd\ pn} = \frac{\sum \sigma_{Pd} \cdot h_i}{h_{pd}} \quad (6)$$

kde  $\sigma_{Pd}$  je jednoosá pevnost v tlaku jednotlivých vrstev (MPa).

Z uvedeného se jeví jako velmi vhodné vyjadřovat charakteristiku pevného nadloží pomocí součinitele neohebnosti pevného nadloží  $k_{n\ pn}$ . Výhodou je to, že výsledné hodnocení  $k_{n\ pn}$  zahrnuje všechny hlavní ovlivňující činitele – mocnost, pevnost i celistvost pevných nadložních vrstev.

#### 4. Problematika hodnocení napětí v horském masivu z hlediska anomálních geomechanických jevů

Problematika určování napětí v horském masivu se dostala do popředí zájmu hlavně z důvodu řešení anomálních geomechanických jevů, zvláště pak důlních otřesů.

Důlní otřesy jsou trvalým rizikem spojeným s hornickou činností. V české části Hornoslezské pánve jsou zaznamenávány a popisovány od začátku minulého století. Hornickou činností dochází k porušení relativně ustáleného napěťo-deformačního stavu horského masivu. Tyto napěťo-deformační změny mohou v oblastech, kde působí tzv. přídatná napětí, způsobit značný nárůst napětí. Horniny akumulují pružnou energii, která je přímo úměrná druhé mocnině působícího napětí a nepřímo úměrná jejich modulu pružnosti. S narůstajícím napětím tak značně roste akumulovaná energie v horském masivu, která se za určitých podmínek změní na energii kinetickou. Uvolněná potenciální energie může způsobit vyvržení stavebních jednotek horského masivu z obrysu důlního díla do volného prostoru a vytvořit tak zjevnou deformaci důlního díla, čímž je naplněna skutková podstata důlního otřesu.

Problematikou důlních otřesů se zabývala řada výzkumných pracovníků, kteří v rámci poznatků o důlních otřesech se v dané době pokusili důlní otřes a jeho

mechanismus pokud možno co nejobjektivněji definovat. V této práci budu citovat některé významné definice důlních otřesů.

„Důlní otřes možno definovat jako náhlé uvolnění energie nahromaděné v horninovém prostředí, které obklopuje důlní dílo, přičemž se tato uvolněná potenciální energie, v místech nejmenšího odporu, mění v energii kinetickou.“ [57]

„Horský otřes je náhlé porušení horského masivu, při kterém se uvolní pružná deformační energie, jejíž přeměnou v práci nastane vyvržení či vysunutí jeho stavebních jednotek do důlního díla natolik, že toto přestalo plnit svou funkci po stránce provozně bezpečnostní. Plynné a kapalné komponenty se na vzniku deformací důlních děl nepodílejí vůbec, nebo jen zcela nepodstatně“ [58]

„Horský otřes je křehké porušení horského masivu, způsobené napětími vyvolanými hornickou činností, při které se uvolní pružná deformační energie, a její přeměnou v práci nastane takové přemístění hornin do důlního díla, že toto (byť jen dočasně) přestalo plnit svou funkci, po stránce provozně bezpečnostní na vzniku porušení a přemístění hornin do důlního díla se přitom plynné a kapalné komponenty tvořící horský masiv nepodílejí vůbec, či jen nepodstatně.“ [59]

„Důlní otřes je přírodní jev náhlého porušení horského masivu, který se projeví náhlým vysunutím nebo vyvržením hornin do důlního díla s následkem jeho zjevné a trvalé deformace; tento jev může být provázen seismickým a zvukovým efektem v tomto důlním díle. Na tomto ději se plynné a kapalné komponenty obsažené v horském masivu nepodílejí podstatnou měrou. Podle místa uvolnění pružné energie a porušení horského masivu se otřesy dělí na slojové a otřesy z vyššího nadloží.“ [60]

Obdobné definice jsou uvedeny v publikacích prof. Ing. O. Trnky, prof. Ing. J. Mikesky, DrSc., prof. Ing. M. Vavra, DrSc., prof. Ing. V. Petroše, CSc. [61, 62, 63, 64].

V OKR se používá terminologie a definice závazného právního předpisu vydaného ČBÚ jako Vyhláška č. 659/2004 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu v dolech s nebezpečím důlních otřesů.

#### **4.1 Současné poznatky k řešené problematice**

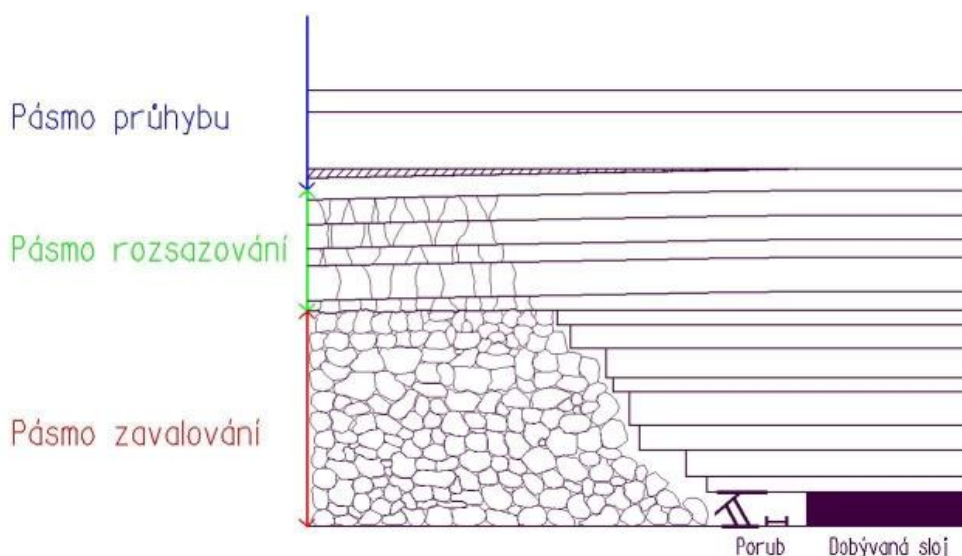
V přehledu o současném stavu řešené problematiky jsou v souvislosti s tématem disertační práce v následujících kapitolách uvedeny poznatky týkající se porušování horského masivu nad vydobytým prostorem.

#### 4.1.1 Hodnocení stavu horského masivu za postupujícím porubem

Za postupujícím porubem při dobývání na zával vzniká několik charakteristických pásem [65]. Jedná se hlavně o pásma zavalování, rozsazování a průhybu, viz obrázek č. 1. V pásmu zavalování se nadložní horniny rozruší a jednotlivé horninové kusy vykonávají jednak svislý pohyb, jednak různě rotují. Tím vzniká chaotická struktura charakterizovaná součinitelem okamžitého nakypření hornin  $k_o$ . Mocnost pásma zavalování  $h_z$  závisí na dobývané mocnosti sloje  $m$  [65] a určuje se ze vztahu:

$$h_z = \frac{k_o m}{k_o - 1} \quad (7)$$

V pásmu zavalování vzniká mezi jednotlivými kusy zavalených nadložních hornin nejvíce volných prostorů. Součinitel okamžitého nakypření se pohybuje v pevných horninách v rozmezí cca 1,1 - 1,25, pak mocnost pásma zavalování vychází na 5-ti až 11-ti násobek dobývané mocnosti sloje. O hodnotě součinitele okamžitého nakypření rozhoduje charakter nadložních hornin.



Obrázek č. 1: Deformační pásma za postupujícím porubem vedeným na zával

Nad pásmem zavalování vzniká pásmo rozsazování hornin. Toto pásmo je charakterizováno rovněž rozrušením hornin, ale jednotlivé horninové kusy již nevykonávají rotační pohyb. Postupně dochází pouze k svislému pohybu těchto částic při zachování orientace všech os k světovým stranám. Rozrušením hornin v pásmu rozsazování vznikají trhliny, jejich objem je však podstatně menší než objem volných prostor v pásmu zavalování.

Nad pásmem rozsazování je pásmo průhybu. V tomto pásmu již nedochází k rozrušování vrstev a tím je zde objem volných prostor ještě nižší než v pásmu rozsazování.

V pásmu průhybu může docházet k dočasné tvorbě volných prostor mezi jednotlivými vrstvami, když spodní vrstva je méně tuhá a tudíž se více prohýbá, zatímco vrchní vrstva má vyšší tuhost a tím má menší průhyb. Tyto volné prostory v pásmu průhybu však nejsou propojeny s vydobytým prostorem. Se zvětšujícím se odstupem od porubu a rovněž s nárůstem času od vydobyetí v daném místě dochází ke změnám mocností jednotlivých pásem. Pásmo zavalování je narůstající tíhou dosedajících nadložních hornin stlačováno a tím dochází ke snižování původní mocnosti tohoto pásma. V horninách, které se dostaly do pásma zavalování zůstává určitý součinitel trvalého nakypření a tím i určitý objem volných prostor v těchto rozrušených horninách.

Spodní hranice pásma rozsazování vlivem stlačování pásma zavalování klesá a zároveň jeho horní hranice se zvedá. Je to dáno tím, že zvětšující se průhyb vrstev v pásmu průhybu způsobuje rozrušení těchto vrstev a tím se tyto rozrušené části, které byly původně v pásmu průhybu, dostávají do pásma rozsazování. Při vytváření trhlin v pásmu rozsazování může docházet ke vzniku drobných úlomků, které se posunou do nižších partií trhlin a zabrání tak úplnému uzavření trhlin při zvyšování působícího napětí. Proto rovněž v pásmu rozsazování může dojít k určitému zvětšení mocnosti jeho vrstev ve srovnání se stavem před dobýváním. Ve srovnání s konečným nárůstem objemu vrstev spadajících do pásma zavalování je však nárůst objemu pásma rozsazování v konečné fázi velmi malý.

Spodní hranice pásma průhybu se s odstupem od porubu zvyšuje a jeho horní hranice se zvedá až dosáhne povrchu. Rovněž v této části horského masivu může dojít k určitému trvalému zvýšení mocnosti vrstev vlivem posunutí částic v otevřených prostorech mezi prohýbujícími se vrstvami různých tuhostí, jak bylo popsáno výše. Tyto změny mocností jsou však ve srovnání se změnami mocností v pásmech zavalování, případně rozsazování značně nižší a závisí na charakteru hornin. Vyšší mohou být u skalních hornin, kdežto v pokryvných zeminách budou velmi nízké.

Výsledkem těchto změn v horském masivu je skutečnost, že i při dobývání na zával je výsledný objem poklesové kotliny na povrchu menší než je objem vydobytého nerostu. Tato skutečnost je charakterizována tzv. součinitelem dobývání [66].

K výše popsanému deformačnímu procesu v horském masivu za postupujícím stěnovým porubem dochází u nadloží, které se dobře zavaluje. U velmi pevných nadloží, která nejsou narušena předchozím dobýváním (velmi mocné meziloží k poslední dobývané

sloji) hlavně při dobývání prvního porubu v daném bloku sloje může dojít k situaci, že se toto nadloží nezavaluje vůbec, nebo se rozruší pouze do určité výšky ve formě klenby a další deformace se utlumí až do vydobytí sousedních porubů.

Tento stav lze rozpoznat sledováním výškových změn stabilizovaných bodů na povrchu v oblasti vlivů dobývání daného porubu. Jestliže dojde k vytvoření klenby nad vydobytým prostorem a tím k zastavení dalších poklesů vyššího nadloží, sledované body na povrchu budou vykazovat jen minimální výškové změny. Tato situace by měla velký vliv na změny součinitele nakypření rozvolněných hornin v pásmu zavalování za postupujícím porubem - tedy na konsolidaci závalu. Na závalové horniny by působilo minimální napětí, proto by se slehávaly jen vlastní tíhou. Toto slehávání by však způsobilo vytváření volného prostoru pod vzniklou klenbou, což by značně ovlivňovalo nejen plynový režim v horském masivu za postupujícím porubem, ale hlavně by narůstalo napětí v okolí vydobytého prostoru.

Při opakovaném nivelačním měření stabilizovaných bodů na povrchu můžeme např. určovat blokové chování nadložních hornin, vliv ponechaných pilířů na proces deformování podrubaného masivu apod. [67].

Proces poklesu podrubaného nadloží znamená postupnou realizaci změny potenciální energie vlivem dobývání. Pokud pokles povrchu neodpovídá objemu a podmínkám vydobytých prostor, pak je zde stále určitá část změny potenciální energie horského masivu vlivem dobývání, přičemž tato potenciální energie může být zdrojem vzniku anomálních geomechanických projevů horského masivu [68].

Určování poklesů povrchu nám tak může dát cenné poznatky o deformačních poměrech v horském masivu a z toho vyplývajících potenciálních nebezpečí.

#### **4.1.2 Změny stavu závalových hornin vlivem působícího napětí**

Vlastní tíha závalových hornin, tíha hornin z pásma rozsazování i částečná tíha prohýbajících se hornin způsobují částečnou konsolidaci závalu. Dochází tím k zmenšování součinitele nakypření a mezerovitosti závalových hornin. Tento proces je dlouhodobý, v závislosti na nárůstu napětí ve vydobytém prostoru. V předmětných podmínkách se počítá, že podstatně nižší napětí, než odpovídá hloubce uložení, působí ve vyrubaném prostoru nejméně pět let. Často však, hlavně při dobývání pod velmi pevným nadložím, je doba podstatného odlehčení vydobytého prostoru ještě značně delší. Ani po obnovení působícího geostatického napětí nedojde k stlačení závalových hornin na jejich



původní mocnost, protože horniny při svém vzniku se utvářely za vyšších tlaků a teplot i v podstatně odlišných podmínkách. To, že nedochází k plné obnově původního objemu podrubaných hornin se projevuje tím, že součinitel dobývání nedosahuje hodnoty 1 [65].

Součinitel dobývání při vydobytí dostatečně velké plochy vyjadřuje poměr mezi poklesem povrchu a mocností vydobyté vrstvy. Tento součinitel dobývání závisí na charakteru pohoří, technologii dobývání, technologii likvidace vyrubaného prostoru a na hloubce dobývání pod povrchem. Při dobývání na zával se součinitel dobývání pohybuje v rozmezí cca 0,70 - 0,95. V podmínkách Ostravsko-karvinského revíru při dobývání v hloubkách cca 420 - 670 m byl určován součinitel dobývání cca 0,70 [65]. To znamená, že po vydobytí na zával zůstanou v horském masivu volné prostory o celkovém objemu odpovídajícím 30% objemu vydobyté sloje. Jak bylo již uvedeno, podílí se na těchto volných prostorech hlavně oblast pásma zavalování. Při tomto předpokladu to znamená, že v oblasti pásma zavalování lze hodnotu součinitele trvalého nakypření  $k_t$  stanovit podle vztahu:

$$k_t = 1 + (a - k_0 - 1), \quad (8)$$

kde  $a$  je součinitel dobývání.

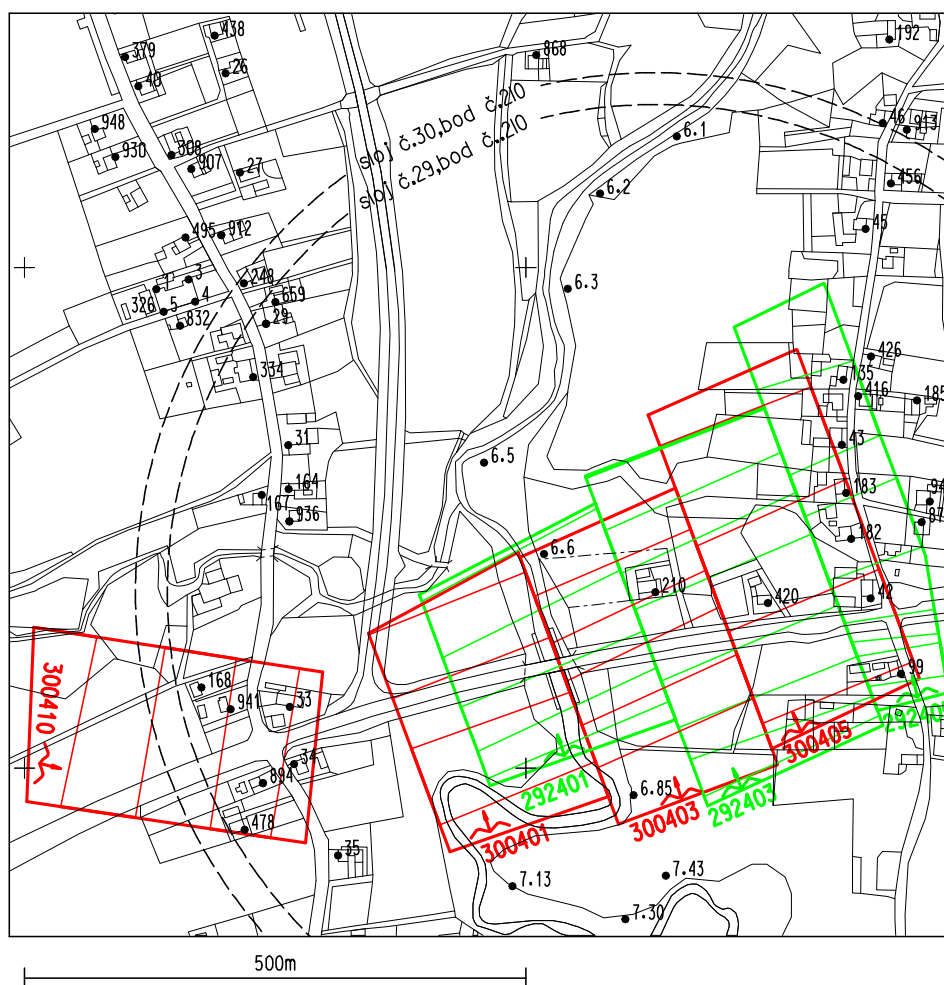
Pro hodnotu součinitele okamžitého nakypření  $k_0 = 1,17$  pak vychází součinitel trvalého nakypření  $k_t = 1,051$ . Ve skutečnosti bude tento součinitel trvalého nakypření ještě o něco málo nižší, protože se na volných prostorách, které zůstanou po poklesu nadloží, podílí rovněž menší mírou i oblast pásma rozsazování. Je to prokázáno tím, že součinitel dobývání závisí na hloubce uložení, kdežto mocnost pásma zavalování není hloubkou dobývání ovlivněna [65].

Trvalého součinitele nakypření však bude dosaženo až po více letech, jak bylo výše uvedeno. Změna okamžitého součinitele nakypření bude záviset na nárůstu působícího napětí ve vyrubaném prostoru. Tento nárůst není rovnoměrný v celé vydobyté ploše. V okolí nevydobytych partií bude ve stařinách působit trvale snížené napětí. V případě 4. důlního pole Dolu Dukla bude tomu tak také podél tektonických poruch, případně erozí. Velikost tohoto ovlivnění i plošný rozsah závisí na charakteru nadložních hornin. Čím jsou nadložní horniny pevnější, tím je snížení napětí vyšší a má větší plošný rozsah.

## 4.2 Výsledky hodnocení porušování pevného nadloží oblasti 4. kry Dolu ČSM

V hodnocené oblasti 4. kry Dolu ČSM se jednalo o dobývání prvních dvou slojí. První dobývaná sloj č. 29 se nachází v hloubce cca 750 m pod povrchem, druhá sloj č. 30 v hloubce 800 m. Obě sloje patří k sušským vrstvám karvinského souvrství. Dobývání prvního porubu ve sloji č. 29 bylo zahájeno v červenci roku 1996 a dobývání posledního porubu ve sloji č. 30 hodnocené oblasti bylo ukončeno v květnu roku 2002. Situování jednotlivých porubů dobývaných slojí je zobrazeno na obrázku č. 2. V celé sledované oblasti probíhalo dobývání metodou směrného stěnování na řízený zával.

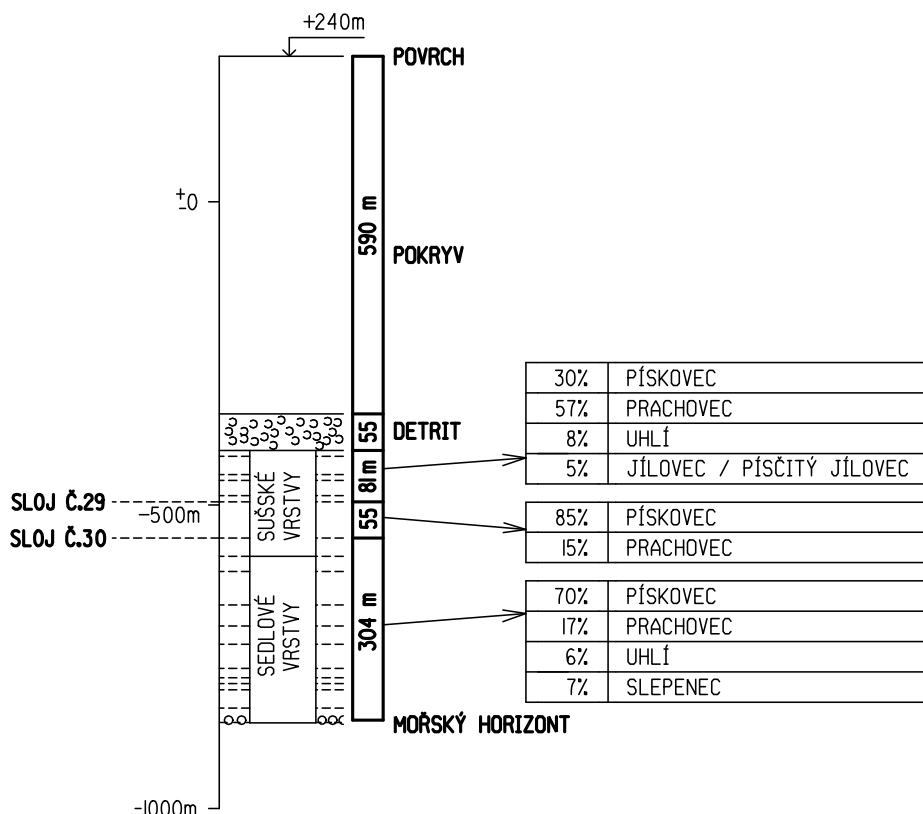
V hodnocené oblasti 4. kry Dolu ČSM probíhala periodická měření výšek povrchových bodů od roku 1993 s půl ročním intervalem až do současnosti. Povrchové body byly stabilizovány pomocí čepových značek do soklů zděných budov. Obrázek č. 2 vypovídá o vzájemné poloze povrchových pozorovacích bodů a půdorysného zobrazení dobývaných ploch.



Obrázek č. 2: Situace dobývaných porubů a povrchových bodů

Informace o geologických podmínkách byly získány z vrtu ČSM 147 a z geologického řezu vedeným tímto vrtem (obrázek č 3). Poloha vrtu ČSM 147 vůči dobývaným porubům je znázorněna na obrázku č. 4. Z obrázku č. 3 vyplývá, že je v dané oblasti velká mocnost pokryvu – cca 590m a mezi pokryvem a pevnými karbonskými vrstvami se nachází cca 55 m mocná vrstva detritu [69].

První dobývanou slojí byla sloj č. 29, která je situovaná cca 80 m pod detritem. Dobývaná mocnost sloje č. 29 se pohybovala v rozmezí 1,7 – 4,1 m. Hloubka uložení dobývané části sloje č. 29 pod povrchem je 700 – 830 m. Karbonské horniny v nadloží sloje č. 29 jsou tvořeny převážně prachovcem (57%) a pískovcem (30%).



Obrázek č. 3: Charakter horninového prostředí v linii vrtu ČSM 147

Další dobývaná sloj č. 30 se nachází cca 55 m pod slojí č. 29. Dobývaná mocnost sloje č. 30 se pohybovala mezi 2,3 – 4,5 m. Hloubka dobývané části sloje č. 30 pod povrchem je 750 – 880 m. Meziloží mezi slojemi č. 29 a č. 30 tvoří převážně pískovce (85%) a prachovce (15%).

Dobývaná oblast je vymezena dvěma výraznými zlomy, jejichž průběh, úklon a výška zlomů je znázorněna na obrázku č. 4. V jižní části hodnocené oblasti se nachází širší tektonické pásmo, poruby byly dobývány od tohoto tektonického pásma.

Problematika časoprostorového vytváření poklesové kotliny v závislosti na charakteru horského masivu byla podrobně uvedena v disertační práci Ing. E. Jirákové [2]. V následujících kapitolách jsou uvedeny výsledky hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží a výsledky hodnocení stavu porušení pevného nadloží.

#### 4.2.1 Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží (4. kry

##### Dolu ČSM)

Podrubané nadložní horniny ve vrstevnatém pohoří jsou namáhány tahem za ohybu. Pevnosti v tahu za ohybu se však velmi obtížně stanovují, protože je nemůžeme zkoumat na vrtném jádru, které je orientováno kolmo na vrstvy. Pro posuzování porušování nadložních hornin při dobývání se běžně bere v úvahu pevnost v tlaku [69]. Pro jednotlivé makropetrografické typy hornin sušských vrstev jsou v tabulce č. 2 uváděná rozmezí hodnot pevností v tlaku a orientační průměrná hodnota.

Jak bylo uvedeno v předchozím, v dané oblasti se jednalo o první dobývání. Proto při hodnocení porušování horského masivu je nutné brát v úvahu celou mocnost neporušených nadložních vrstev až po rozhraní karbonský masiv - pokryv. Z geologické charakteristiky vyplývá, že nad první dobývanou slojí č. 29 se nachází 81 m pevných neporušených vrstev karbonského souvrství. Karbonské horniny v nadložní sloje č. 29 jsou tvořeny prachovcem (57%), pískovcem (30%), uhelnými slojemi v nebilančních mocnostech (8%) a jílovcem (5%). V tabulce č. 3 jsou uvedeny součty mocností jednotlivých makropetrografických typů nadložních hornin  $h_i$ .

Pro hodnocení pevného nadloží je optimální volit metodiku klasifikace podle součinitele neohebnosti  $k_n$ . Výhodou této charakteristiky je to, že výsledná hodnota  $k_n$  zahrnuje všechny hlavní ovlivňující činitele, kterými jsou mocnost, pevnost a celistvost pevných nadložních vrstev.

Výsledkem hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. 29 je součinitel neohebnosti, jehož hodnota je 6,72.

Tabulka č. 2: Hodnoty pevností v tlaku

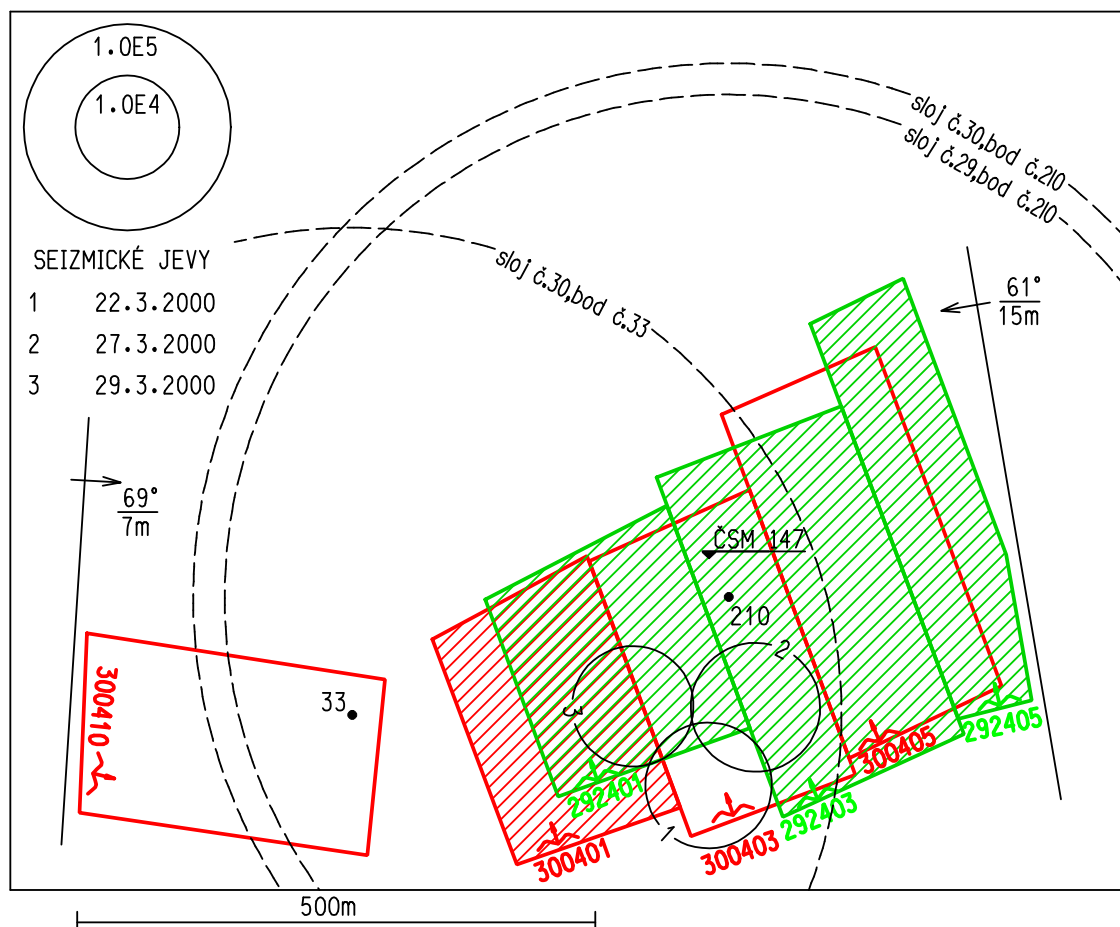
vrstvy sušské	jílovec	prachovec	pískovec jemnozrnný	pískovec střednězrnný	pískovec hrubozrnný	slepenec
pevnost v tlaku $\sigma_{Pd}$ (MPa)	50 – 60 55	57 – 124 80	66 – 129 90	50 – 142 90	72 – 116 90	67 – 103 80

Tabulka č. 3: Mocnosti vrstev v nadloží sloje č. 29

i	hornina	procentuální zastoupení (%)	mocnost nadloží (m)	mocnost vrstvy $h_i$ (m)
4	prachovec	57	81	46,17
3	pískovec	30		24,30
2	uhlí	8		6,48
1	jílovec	5		4,05
suma				81

#### 4.2.2 Hodnocení stavu porušení pevného nadloží (4. kry Dolu ČSM)

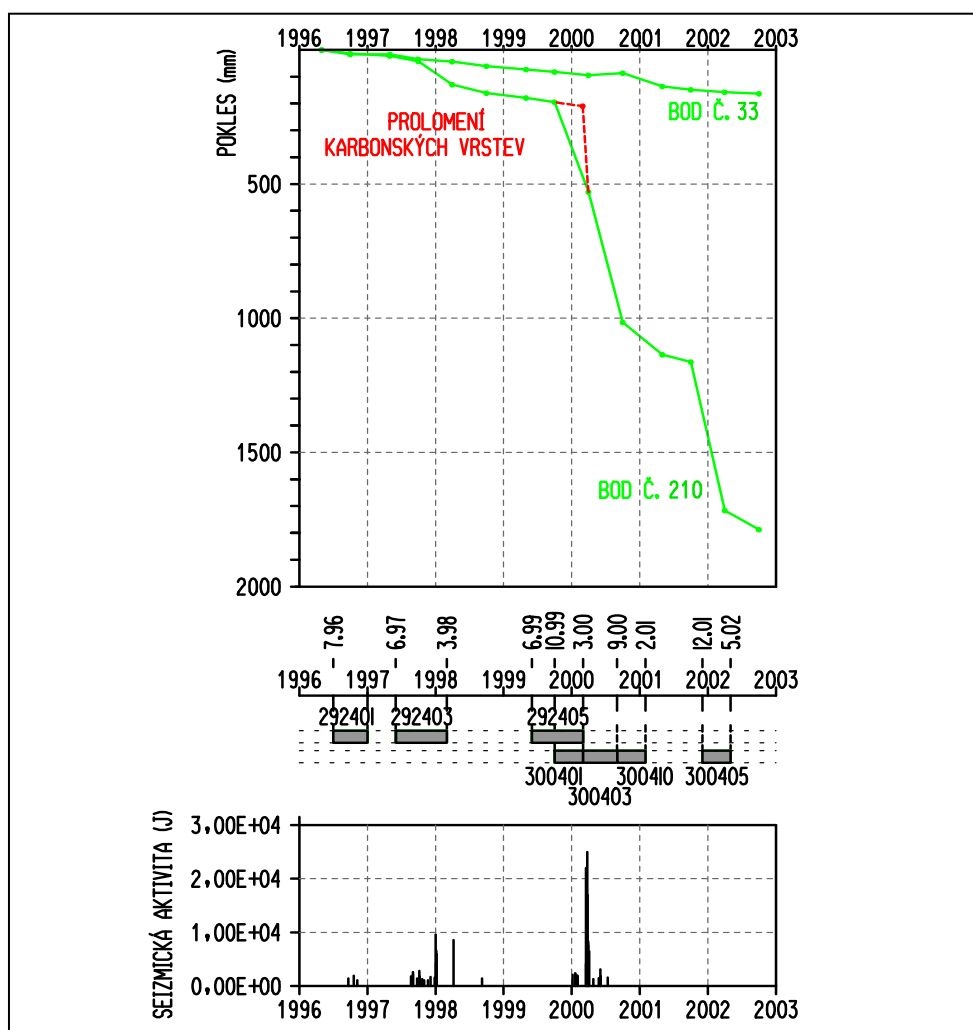
Pro hodnocení stavu porušení pevného nadloží byl vybrán povrchový bod č. 210, který se nachází zhruba nad těžištěm dobývaných ploch a byl zaměřen při všech periodických výškových měřeních povrchu. Poloha povrchového bodu č. 210 je graficky znázorněna na obrázku č. 4. Za počáteční měření pro výpočet poklesů jsou považovány hodnoty výšek naměřené v dubnu 1996, tedy tři měsíce před zahájením dobývání ve sledované oblasti.



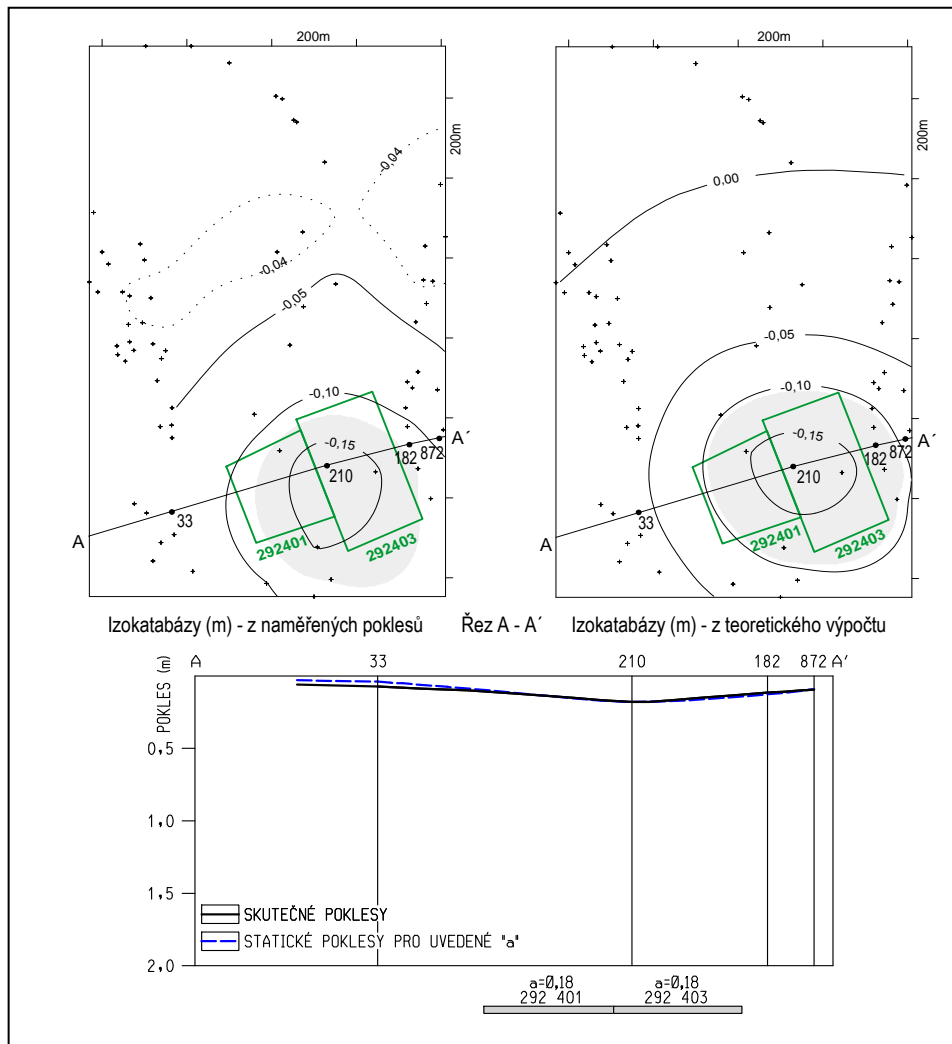
Obrázek č. 4: Stav vydobytí porubů v době prolomení

V časovém období od července 1996 do března 1998 byly vyrubány poruby č. 292401 a č. 292403 a pak následovala 15-ti měsíční přestávka v dobývání, během níž docházelo k postupnému uklidnění pohybů povrchu. Z vyhodnocení vyplývá, že došlo:

- k vytvoření klenby nad vydobytým prostorem, na které došlo k zastavení porušování výše uložených karbonských hornin (obrázek č. 5)
- vytvořením klenby nad vydobytým prostorem docházelo k vysokému přitížení v okolí vydobyté plochy a ke stlačení hornin v okolí vydobyté plochy
- stlačení hornin v okolí vydobyté plochy způsobilo pokles nadloží v celé ovlivněné části včetně poklesu klenby nad vydobytým prostorem. Na povrchu vznikla charakteristická poklesová kotlina, ale poklesy neodpovídaly vydobyté mocnosti. Porovnání naměřených poklesů povrchu s teoretickým výpočtem statických poklesů pro  $a = 0,18$  je zpracováno v řezu (obrázek č. 6)



Obrázek č. 5: Současné hodnocení poklesů povrchu a seismické aktivity



Obrázek č. 6: Izokatabázy a řez A - A' - květen 1999

V období od června 1999 do února 2001 byly vydobyty poruby č. 292405, 300401, 300403, 300410 po nichž následovala 10-ti měsíční přestávka v dobývání, během níž se začínají pohyby povrchu uklidňovat. Vyhodnocení tohoto období se vyznačuje následujícími aspekty:

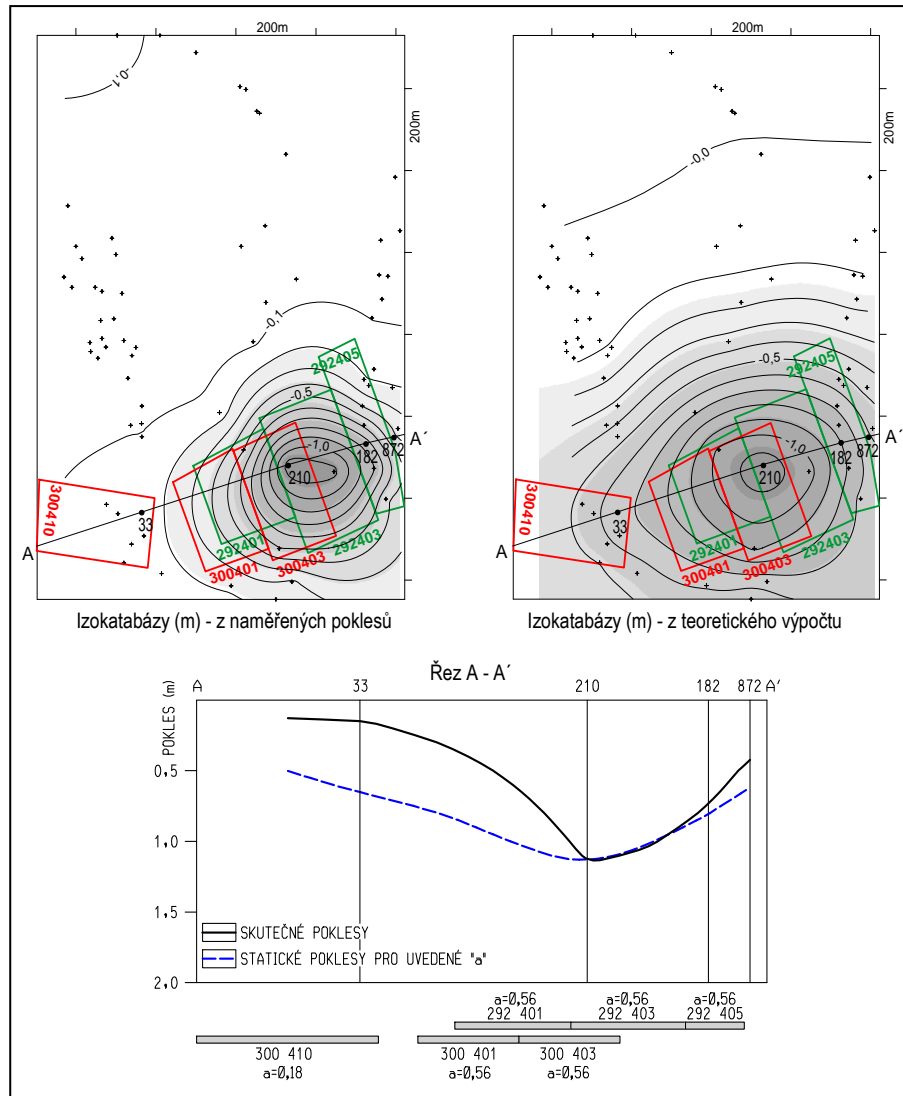
- z hodnocení stavu horského masivu na základě pozorování poklesů povrchu a dobývání jednotlivých porubů vyplývá, že v době zahájení dobývání porubu č. 300403 došlo k prolomení pevného nadloží až po rozhraní karbonský masiv - pokryv (obrázek č. 5)
- doba prolomení vytvořené klenby v pevném nadloží byla upřesněna vyhodnocením seismologických záznamů z předmětné oblasti (obrázek č.5)
- v povrchovém bodě č. 210, který byl ve vlivu dobývání (porubem č. 292403 a č. 300403 byl přímo podrubán), byl naměřen pokles vlivem stlačení hornin před

porušením klenby o hodnotě 195 mm. Na základě hodnocení předchozího vývoje poklesů před porušením klenby se ve skutečnosti mohlo jednat až o cca dvojnásobnou hodnotu poklesu bodu č. 210. Mezi posledním měřením poklesů a dobou, kdy došlo k porušení klenby uběhlo cca 5 měsíců, během nichž byla rozšířena vydobytá plocha o výrub porubu č. 300401 a dovýrub porubu č. 292405 (obrázek č.5.)

- v konkrétním hodnoceném případě došlo k prolomení pevného 81 m mocného nadloží až po rozhraní karbonský masiv - pokryv po vydobytí cca 170 000 m<sup>2</sup> půdorysné plochy s délkou cca 550 m a šířkou cca 320 m (obrázek č. 4) Mechanický charakter horninového prostředí byl charakterizován hodnotou součinitele neohebnosti 6,72. Nutno dodat, že podél východní hrany výrubu se nachází výrazná tektonická porucha, která ovlivnila postupné utváření poklesové kotliny
- vlivem prolomení celé mocnosti pevných hornin se dříve rozrušené horniny nebo nepevné horniny pokryvu začaly rychle přemísťovat
- rychlost poklesů byla vysoká vlivem vyplňování volných prostor nepevnými horninami
- prolomení pevného nadloží způsobilo snížení napětí v dříve značně přitížené oblasti kolem výrubu. To vyvolalo odlehčení hornin a tím posunutí směrem nahoru. V oblasti dříve značně přitížené tak mohlo dojít i k relativnímu zvednutí povrchu
- zvednutí povrchu bylo částečně eliminováno rychlým nárůstem poklesů povrchu po prolomení (obrázek č. 5)
- v hodnoceném případě bylo na povrchových bodech situovaných v severní a západní části sledované oblasti naměřeno zvednutí povrchu v rozmezí 7 – 11 mm
- z naměřených hodnot poklesů v povrchovém bodě č. 33 vyplynulo, že k prolomení vytvořené klenby v nadloží nad vydobytým porubem č. 300410 nedošlo (obrázek č. 5)
- z porovnání naměřených poklesů povrchu a teoretického výpočtu statických poklesů pro  $a = 0,56$  (obrázek č. 7) vyplynulo, že v západní části lokality se naměřené poklesy výrazně odlišovaly od teoretických hodnot. Nedocházelo



k následnému postupnému porušování celé mocnosti pevného nadloží a následkem toho se vytvářel strmý svah poklesové kotliny.



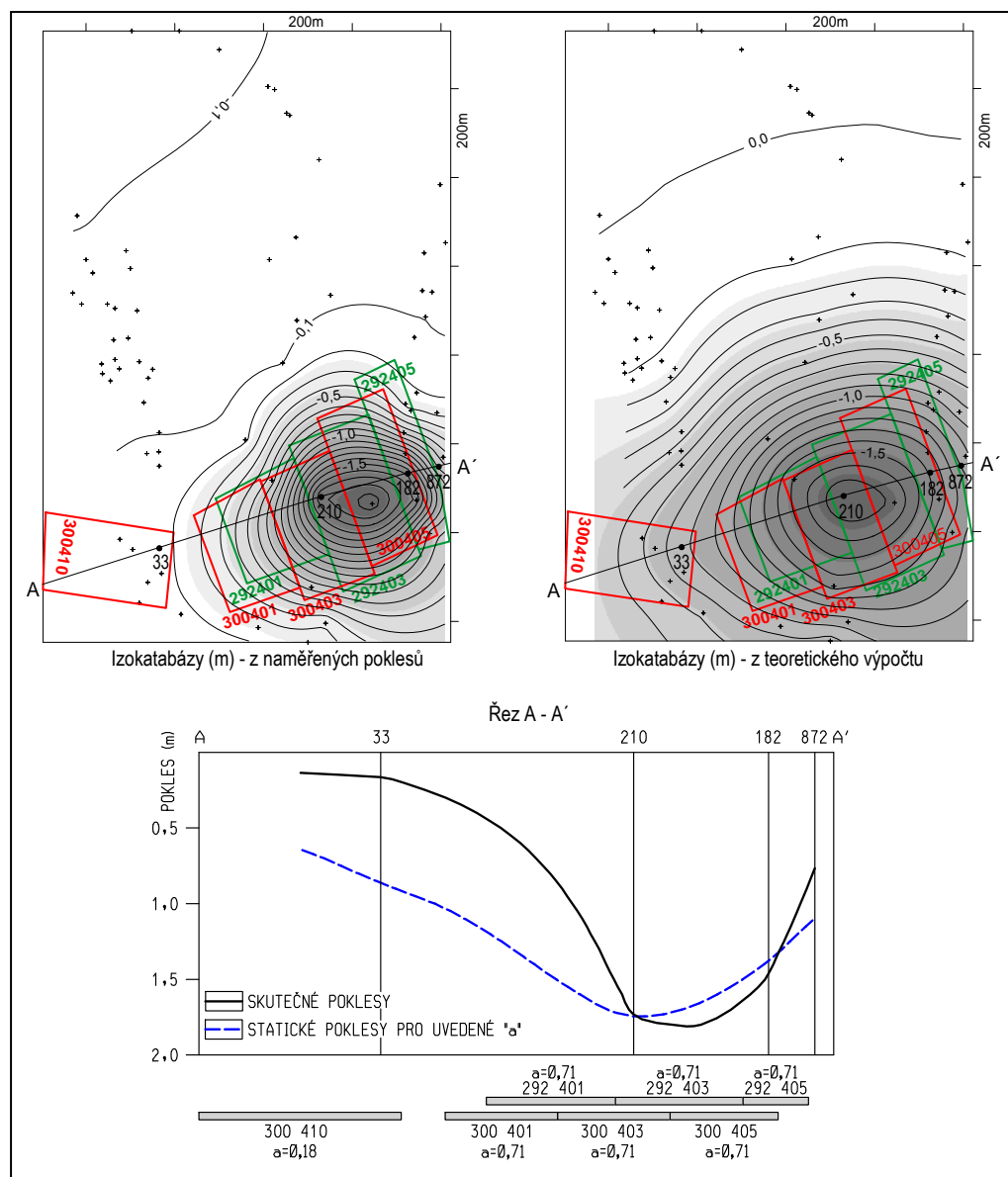
Obrázek č. 7: Izokatabázy a řez A - A' - říjen 2001

Dobývání porubu č. 300405 probíhalo od prosince 2001 do května 2002. Od ukončení dobývání tohoto porubu do doby posledního měření poklesů povrchu uplynulo pět měsíců. Období dobývání porubu č. 300405 se vyznačovalo:

- rychlým nárůstem poklesů v již vytvořené oblasti největších poklesů, přičemž k postupnému plošnému rozšiřování této oblasti již nedocházelo
- výrazná tektonická porucha, která probíhá podél východní hrany výrubu, výrazně ovlivnila průběh utváření poklesové kotliny (obrázek č. 8). Došlo k sesunutí vrstev

v nadloží, a tím se oblast největších poklesů povrchu vytvořila blíž k tektonice, mimo půdorysné těžiště vydobytých ploch, jak se předpokládá při statickém výpočtu

- z rozdílů hodnot naměřených a teoretických poklesů pro  $a = 0,71$  v západní části lokality (obrázek č. 8) vyplývá, že nedocházelo k postupnému porušování celé mocnosti pevného nadloží. Vzniklé převisy neporušených karbonských vrstev se svým vetknutím do nepodrubaného nadloží podílely na značném přitížení západní oblasti.



Obrázek č. 8: Izokatabázy a řez A - A' - říjen 2002

Předmětem dalšího výzkumu by mělo být stanovení funkční závislosti mezi hodnotou součinitele neohebnosti  $k_n$  a parametry vydobyté plochy v daných podmínkách, při které došlo k prolomení pevného nadloží. Nejprve je ovšem nutné provést hodnocení porušování pevného nadloží i v jiných oblastech. Rozhodujícími parametry vydobyté plochy je šířka porubu a plocha výrubu. Metodiku tohoto hodnocení poskytuje [2], kde jsou uvedeny závěry hodnocení porušování pevného nadloží jedné oblasti a to 4. kry Dolu ČSM. Uvedenými výsledky jsou:

- součinitel neohebnosti pevného nadloží  $k_n = 6,72$
- šířka porubu / šířka vydobyté plochy  $\check{s} = 320 \text{ m}$
- plocha výrubu v době prolomení pevného nadloží  $P = 170\,000 \text{ m}^2$

## 5. Popis studované lokality

V dobývacím prostoru Dolní Suchá byla dle potřeby Dolu Dukla prováděna řada povrchových výškových měření v různých časových intervalech a s různou periodickou pravidelností. Jako nejucelenější a k hodnocení nejvhodnější se jeví severovýchodní oblast dobývacího prostoru, tj. 4. důlní pole Dolu Dukla.

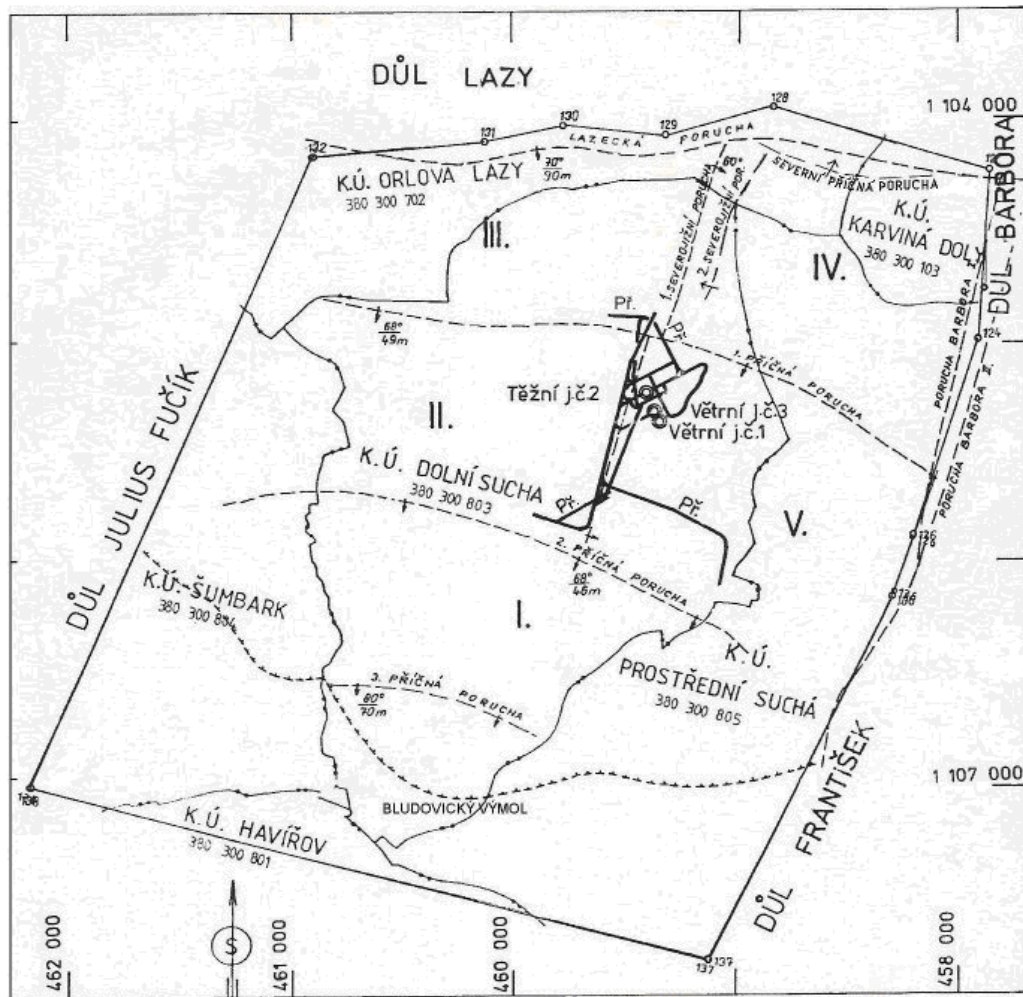
Tato ke studiu zvolená oblast má velmi komplikované jednak přírodní podmínky (tektonické poruchy obou hlavních směrů ZSZ - VJV a SSV - JJZ a erozivní výmoly) a jednak probíhající časový a situační sled dobývání jednotlivých vydobytých ploch včetně měnící se délky porubní fronty a ponechaných pilířů v mezném stavu napjatosti kolem výrazných tektonických poruch. Tyto pilíře byly ve studované oblasti z větší části vydobyty jako zbytkové pilíře v období před dokončením dobývání v dané sloji.

### 5.1 Charakteristika dobývacího prostoru

Dobývací prostor Dolní Suchá Dolu Dukla se nachází na jihozápadě karvinské oblasti v české části Hornoslezské pánve. Rozkládá se na  $11,39 \text{ km}^2$  na katastrálním území Orlová Lazy, Karviná Doly, Dolní Suchá, Prostřední Suchá, Šumbark a Havířov (obrázek č. 9).

Celý dobývací prostor je ohraničen na severu Lazeckou poruchou, na východě poruchou Barbora, na jihu Bludovickým výmolem a na západě Orlovskou vrásou.

Plocha dobývacího prostoru je rozdělena do pěti důlních ker, které byly na Dole Dukla označovány jako důlní pole 1 až 5.



Obrázek č. 9: Dobývací prostor Dolní Suchá Dolu Dukla

## 5.2 Pokryvný útvar

V dobývacím prostoru Dolní Suchá jsou pokryvné útvary zastoupeny sedimenty kvartéru a terciéru a tvoří souvislý pokryv karbonu na celé rozloze dobývacího prostoru [70].

Kvartér se rozkládá v mocnosti od 6,7 m do 27 m a jsou zde zastoupeny:

- glacifluviální hrubozrnné písky s valouny žuly a pískovců, obsahující polohy štěrků a štěrkopísků,
- fluviální štěrkopísky a štěrky s polohami písčitých jílu,
- sprašové hlíny.

Terciér dosahuje mocnosti od 265 m v SV části dobývacího prostoru do 1300 m v JV části dobývacího prostoru. Je tvořen převážně souvrstvím jemně slídnatých slínů s vrstvičkami písků až jemnozrnného pískovce.

Svahy karbonského pohoří pokrývají terciární štěrky a štěrkopísky se suťovými frakcemi. Tyto vytvářejí zvodnělé a proplyněné horizonty.

### **5.3 Reliéf karbonu**

Reliéf karbonu má podobu plochého hřbetu, upadajícího směrem na západ pod úhlem 10 - 15° ve výmol na Orlovské vráse. V severní části dobývacího prostoru je svah karbonského reliéfu skloněn k JJV pod úhlem 5 - 7°. V jižní části pak upadá pod úhlem až 40° do Bludovického výmolu. Absolutní výška reliéfu karbonu se pohybuje od +60 m na severu do -1100 m na jihu [70].

### **5.4 Karbonský útvar - stratigrafie produktivního karbonu**

Produktivní karbon je v dobývacím prostoru Dolní Suchá tvořen sedimenty karvinského i ostravského souvrství.

#### **5.4.1 Karvinské souvrství**

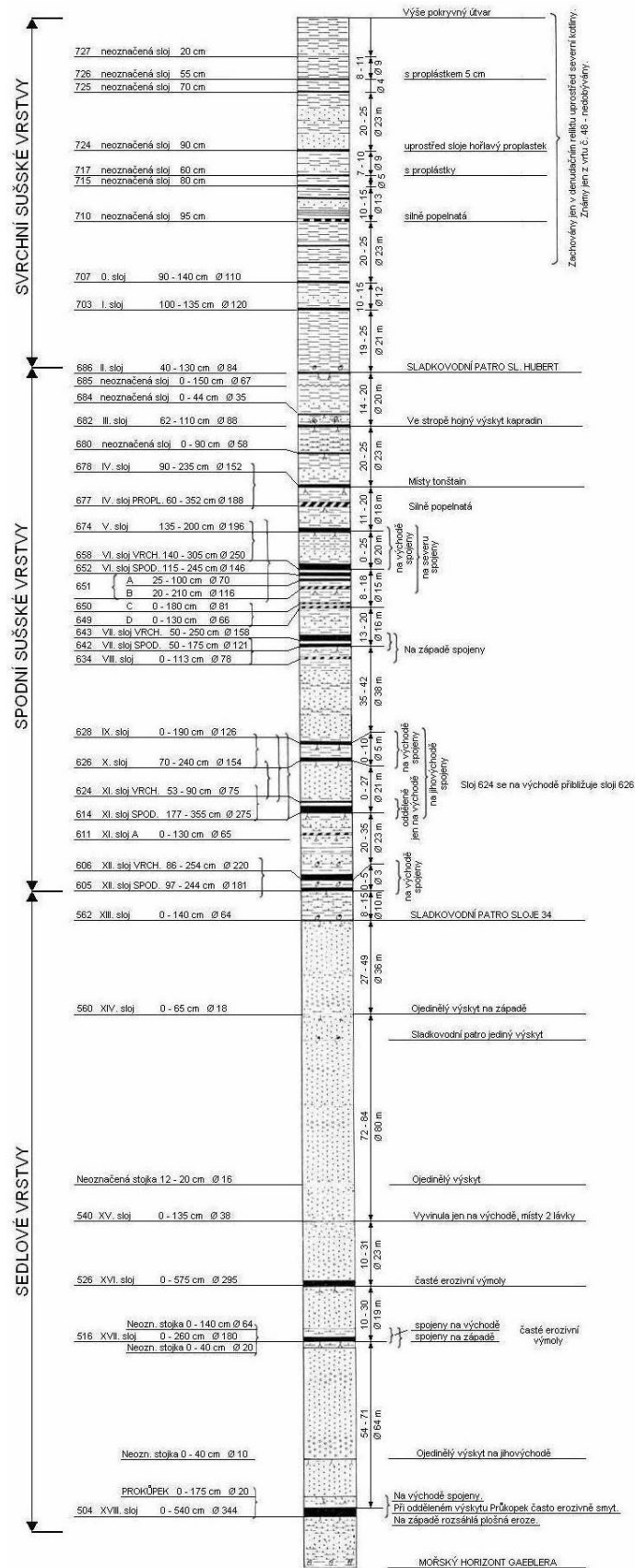
V tomto souvrství je zachována bazální část svrchních sušských vrstev, spodní sušské a sedlové vrstvy.

Slojový vývoj je v dobývacím prostoru Dolní Suchá Dolu Dukla odlišný od vývoje slojí známého v dalších dobývacích prostorech dolů karvinské části Ostravsko - karvinského revíru. Sloje sušských vrstev jsou v bilančním vývoji vyvinuty v redukovaném počtu. Dále je známý především tzv. „chudý dukelský vývoj“ slojí sedlových vrstev, kde jsou v bilančním vývoji vyvinuty jen sloje č. XVI (526), XVII (516) a č. XVIII (504). Litologický charakter sušských a sedlových vrstev je dokumentován ve svodném litologickém profilu na obrázku č 10. Pevné průvodní horniny slojí sedlového pásma vytvářejí předpoklady pro výrazné projevy klenbového účinku, charakterizovaného nezalomenými nadložními vrstvami nad vyrubanou částí sloje, a tím i podstatným snížením poklesu nadloží. [1]

#### **5.4.2 Ostravské souvrství**

Nejsvrchnější vrstevní jednotkou jsou porubské vrstvy. V této vrstevní jednotce byla důlní činnost provozována od sloje č. 498 (Bulfric 1) po sloj č. 432 (Ivan 2).

V další vrstevní jednotce - jakloveckých vrstvách - byl vývoj slojí ověřen jen v omezeném rozsahu průzkumnými vrty po sloj č. 365 (Gabriela).



Upravená geologická dokumentace ODMG Dolu Dukla z roku 1986

Původní dokumentace zpracována z profilů jam; profilů provozních vrtů č. 3, 5, 10, 12, 13, 15, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 33, 34, 45, 46, 62, 65, 66, 81, 82, 85, 127, 177, 191, 237, 253, 264, 275, 281, 343, 364, 435, 448, 541, 556, 598, 599, 575, 592, 609, 635, 645, 684, 685, 692, 694, 698, 699, 703, 710, 717, 718, 719, 724, 731; průzkumných vrtů AG 1 až AG 16, Geo 4, Geo 6, Geo 24 a ze základních důlních map.

Obrázek č. 10: Svodný litologický profil [71] - dobývací prostor Dolní Suchá Dolu Dukla

Vrstvy hrušovské a petřkovické nebyly vzhledem k značné hloubce uložení v dobývacím prostoru průzkumnými vrty ověřovány.

## 5.5 Úložní poměry a tektonická stavba

Generální úklon vrstev je v dobývacím prostoru Dolní Suchá 5 - 8° k SSV.

Podél západního okraje dobývacího prostoru probíhá synklinála orlovské vrásky. Jedná se o překocenu vrásovou strukturu z části denudovanou.

Přibližně středem dobývacího prostoru prochází ve směru SSV - JJZ plochá brachysynklinála, označovaná jako sušská kotlina. Vrstvy ve směru na západ od této struktury stoupají plynule pod úklonem 7° - 10° do oblasti orlovské vrásky.

Směrem na východ od sušské kotliny vrstvy stoupají pod úhlem 12° - 20° a tvoří západní rameno antiklinály s označením sušské sedlo. Ve východním rameni této antiklinály jsou vrstvy ukloněny pod úhlem 3° - 7° směrem na východ. Sušské sedlo prochází východní částí dobývacího prostoru ve směru SSV - JJZ. Výše popsané úložní poměry jsou patrné na obrázku č. 11 a v příloze č. 2.

Tektonická stavba je poměrně složitá. Hlavní zlomová tektonika rozděluje dobývací prostor na 5 ker (totožné s exploatovanými krami). Na Dole Dukla byly jednotlivé kry označovány jako důlní pole.

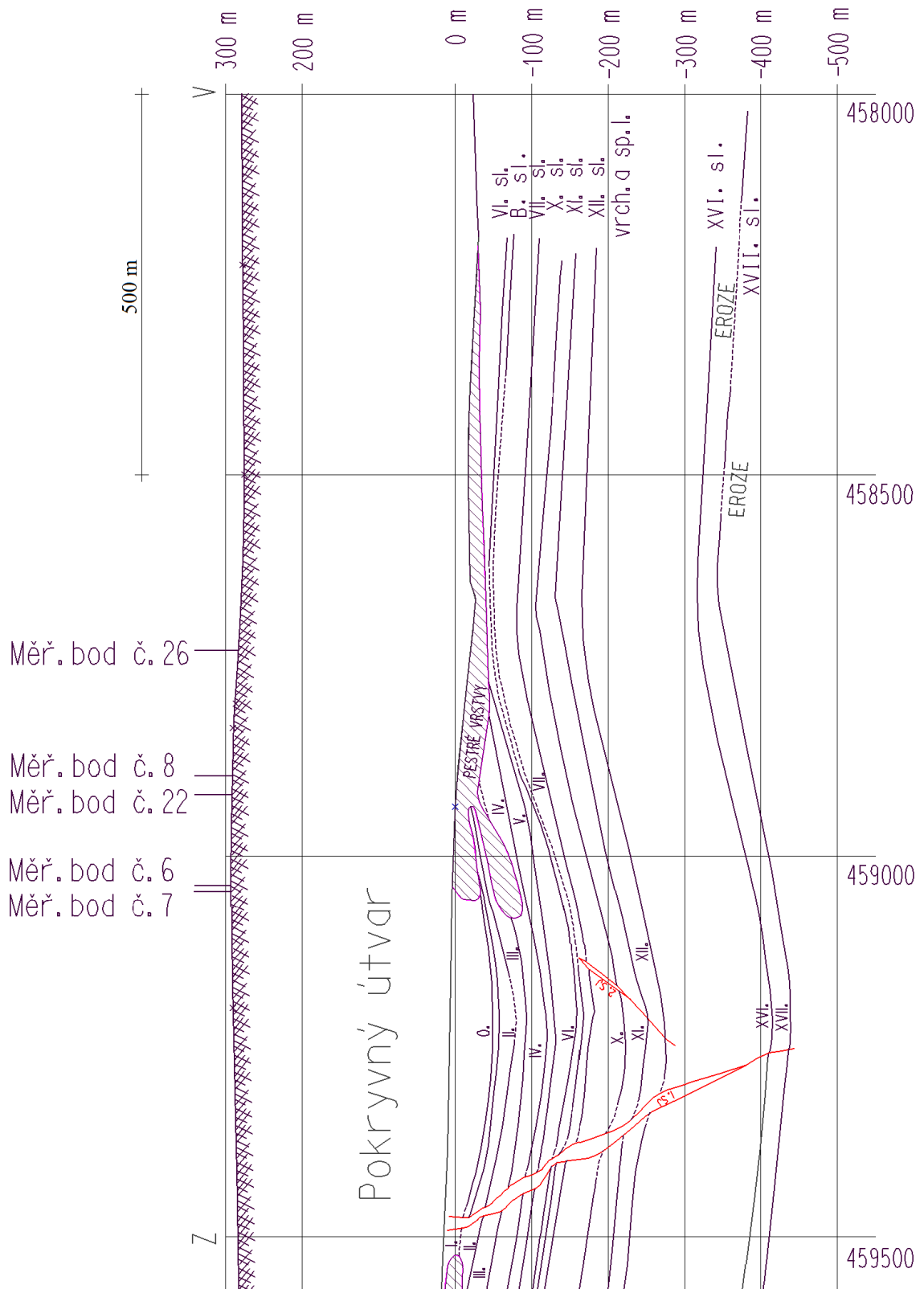
Z výrazných zlomových dislokací jsou zastoupeny tektonické poruchy poklesového charakteru. Jak je patrné na obrázku č. 9, probíhají ve směru ZSZ - VJV a ve směru SSV - JJZ.

Poklesy směru ZSZ - VJV jsou Lazecká porucha, Severní příčná porucha a Porucha č. 5 (výskyt jen v sušských vrstvách), Porucha č. 6, 1. příčná porucha, 2. příčná porucha a 3. příčná porucha.

Poklesy směru SSV - JJZ jsou 1. Severojižní porucha, 2. Severojižní porucha (výskyt jen v sušských vrstvách) a porucha Barbora (v severní části dobývacího prostoru se větví na Barbora I. a Barbora II.).

Kolem tektonických poruch se vyskytuje systém doprovodných tektonických poruch, které spolu vytvářejí poruchová pásma různých rozsahů.

Pro hornickou činnost je významná také drobná tektonika. Jde zejména o systémy puklin (tzv. stříhy) směru SSV - JJZ a ZSZ - VJV. Puklinové systémy jsou nejčtenější a nejvýraznější v uhelných slojích.



Obrázek č. 11: Řez V- Z po souřadnici 1 104 500



Studovaná oblast 4. důlního pole je omezena ze severu Lazeckou poruchou, východu poruchou Barbora II. z jihu 1. příčnou poruchou a ze západu 1. Severojižní poruchou.

### **5.5.1 Pestré vrstvy**

Průběh pestrých vrstev je velmi nepravidelný. Vyskytují se v západní a jihovýchodní části dobývacího prostoru. V sušských vrstvách jsou známy také ze severovýchodní části dobývacího prostoru.

Porubské vrstvy ostravského souvrství nejsou pestrými vrstvami postiženy.

### **5.5.2 Erozivní výmoly**

Erozivními výmoly jsou v dobývacím prostoru postiženy převážně sloje sedlových vrstev.

## **6. Metodika měření a postup zpracování získaných údajů**

V kapitole budou uvedeny důlně-geologické údaje hodnocené lokality, charakterizující jak přírodní podmínky tak důlně-technické informace o dobývání.

### **6.1 Dobývání před zahájením měření**

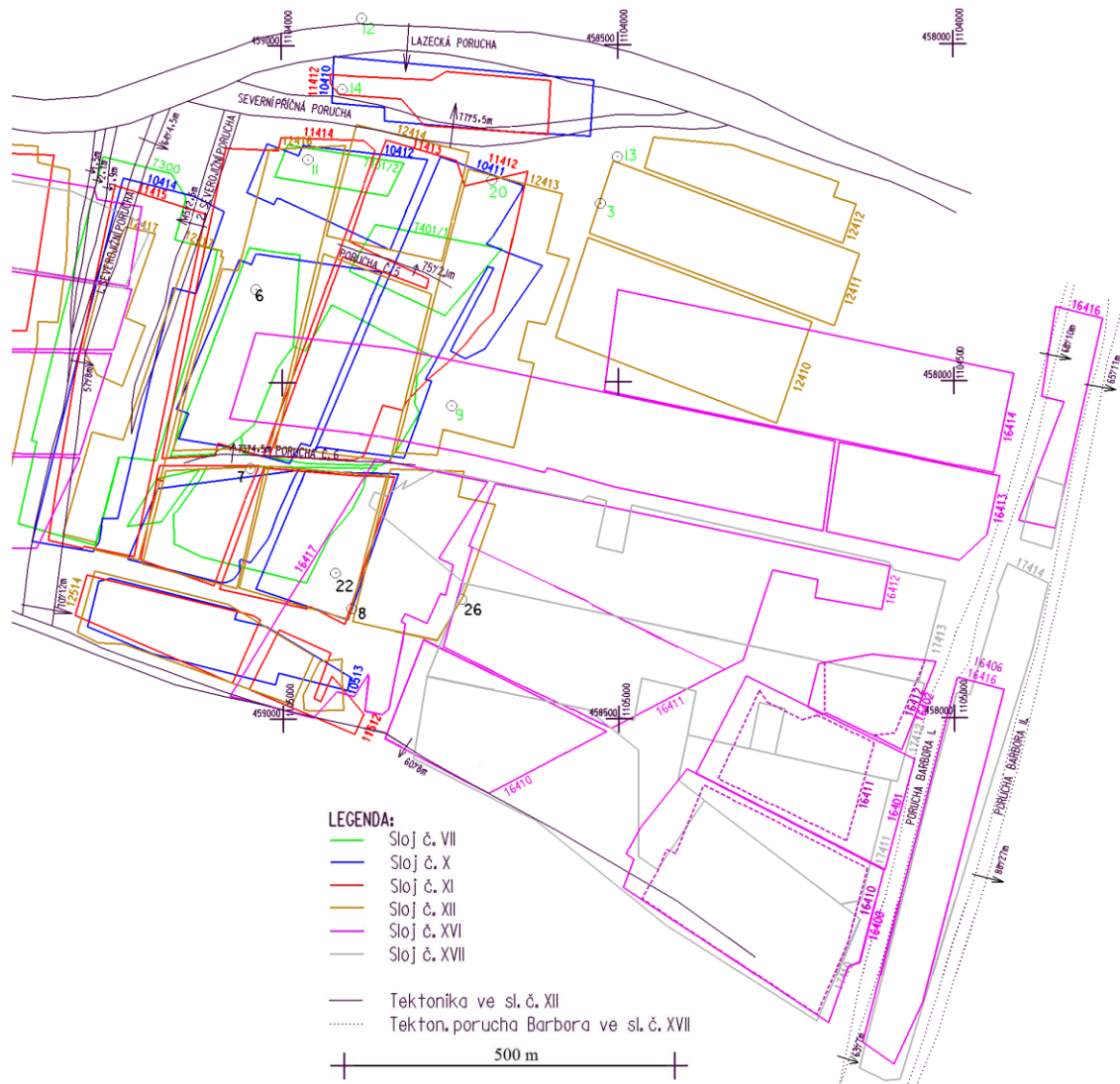
Dobývání bylo v předmětné oblasti započato v roce 1916 a probíhalo ve svrchních sušských vrstvách ve slojích č. 0 (707) a č. I (703), v spodních sušských vrstvách ve slojích č. II (686), III (682), IV (678), V (674), VI (658+652). Dobývání bylo prováděno převážně na řízený zával.

### **6.2 Dobývání po zahájení měření**

Nivelační měření na stabilizovaných povrchových bodech bylo zahájeno v květnu 1970 a bylo realizováno periodicky dvakrát ročně. V tomto období byly v předmětné oblasti dobývány ve spodních sušských vrstvách sloje č. VII (643), X (626), XI (614), XII (606+605) a v sedlových vrstvách sloje č. XVI (526) a XVII (516).

Dobývání bylo prováděno v celé sledované oblasti metodou směrného stěnování na řízený zával.

Na obrázku č. 12 je patrné v jakém plošném rozsahu byly výše uvedené sloje ve sledovaném období dobývány.



Obrázek č. 12: Přehled dobývaných porubů ve slojích č. VII, X, XI, XII, XVI a XVII

### 6.3 Hornicko - technické údaje oblasti 4. důlního pole Dolu Dukla

Povrchová nivelační měření byla v návaznosti na dobývání slojí ve 4. důlním poli Dolu Dukla prováděna od roku 1970 periodicky s časovým intervalem šesti měsíců. Povrchové body byly stabilizovány standardním způsobem stabilizace pevných bodů do nezamrzné hloubky za účelem dlouhodobého sledování poklesů v celé této oblasti.

Aby bylo možné určit, které vydobyté plochy se podílejí na poklesech povrchových bodů, bylo nutné stanovit poloměr účinné plochy  $r$  podle vzorce (9). Pro určení poloměru plně účinné plochy je zapotřebí znát mezný úhel vlivu  $\mu$  a hloubku  $H$  dobývané části sloje:

$$r = \cot g\mu \cdot H, \quad (9)$$

kde  $r$  je poloměr účinné plochy (m),

$\mu$  je mezný úhel vlivu ( $^{\circ}$ )

$H$  je hloubka dobývání (m)

Princip určení průměrného mezného úhlu vlivu je schématicky znázorněn na obrázku č. 13. Dlouhodobými zkušenostmi byly v OKR stanoveny hodnoty mezných úhlů pro karbon ( $\mu_k=65^{\circ}$ ) a pro pokryv ( $\mu_p=55^{\circ}$ ). Průměrný mezný úhel vlivu [66] je s ohledem na mocnost karbonu ( $h_k$ ) a mocnost pokryvu ( $h_p$ ) dán vzorcem (10):

$$\mu = \frac{\mu_k \cdot h_k + \mu_p \cdot h_p}{h_k + h_p}, \quad (10)$$

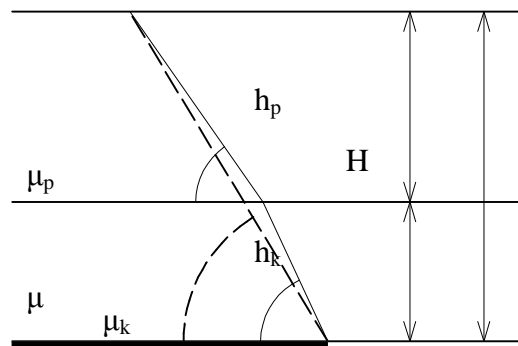
kde  $\mu$  je průměrný mezný úhel vlivu ( $^{\circ}$ )

$\mu_k$  je mezný úhel vlivu pro karbon ( $^{\circ}$ )

$\mu_p$  je mezný úhel vlivu pro pokryv ( $^{\circ}$ )

$h_k$  je mocnost karbonu v místech dobývaných porubů (m)

$h_p$  je je mocnost pokryvu v místech dobývaných porubů (m)



Obrázek č. 13: Schématické znázornění určení průměrného mezného úhlu vlivu

Hodnoty mezného úhlu vlivu byly ve studované oblasti stanoveny z údajů o mocnostech karbonu a pokryvu v místech dobývaných porubů, které jsou uvedeny v tabulce č. 4.

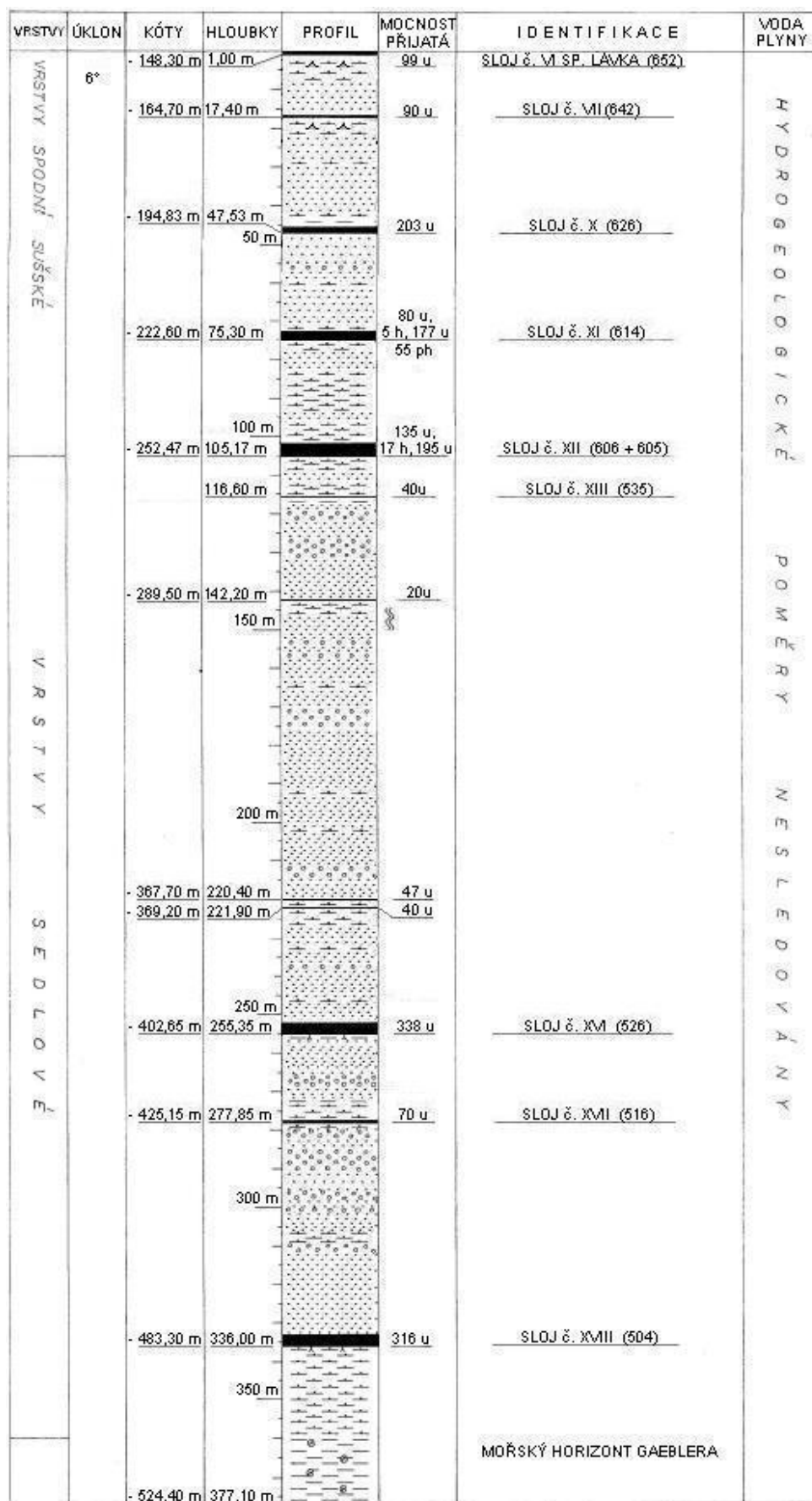
Tabulka č. 4: Výpočet mezných úhlů a poloměr účinné plochy

číslo sloje	číslo povrch. bodu	$h_k$	$\mu_k$	$h_p$	$\mu_p$	H	$\mu$	poloměr účinnosti
		mocnost karbonu (m)	mezný úhel karbonu (°)	mocnost pokryvu (m)	mezný úhel pokryvu (°)	celková hloubka (m)	mezný úhel (°)	
VII.	6	178	65	283	55	461	58,9	278,5
X.	6	214	65	283	55	497	59,3	295,0
XI.	6	238	65	283	55	521	59,6	306,1
XII.v+sp I.	6	270	65	283	55	553	59,9	320,8
XVI.	6	420	65	283	55	703	61,0	390,1
XVII.	6	445	65	283	55	728	61,1	401,7
VII.	7	124	65	292	55	416	58,0	260,1
X.	7	158	65	292	55	450	58,5	275,6
XI.	7	178	65	292	55	470	58,8	284,8
XII.v+sp I.	7	212	65	292	55	504	59,2	300,4
XVI.	7	357	65	292	55	649	60,5	367,2
XVII.	7	387	65	292	55	679	60,7	381,0
VII.	8	18	65	313	55	331	55,5	227,1
X.	8	57	65	313	55	370	56,5	244,5
XI.	8	73	65	313	55	386	56,9	251,7
XII.v+sp I.	8	107	65	313	55	420	57,5	267,1
XVI.	8	259	65	313	55	572	59,5	336,6
XVII.	8	285	65	313	55	598	59,8	348,5
VII.	22	45	65	314	55	359	56,3	239,8
X.	22	79	65	314	55	393	57,0	255,1
XI.	22	93	65	314	55	407	57,3	261,4
XII.v+sp I.	22	128	65	314	55	442	57,9	277,3
XVI.	22	279	65	314	55	593	59,7	346,5
XVII.	22	303	65	314	55	617	59,9	357,5
( VII. )	26	0	65	273	55	273	55,0	191,2
X.	26	47	65	314	55	361	56,3	240,7
XI.	26	61	65	314	55	375	56,6	247,0
XII.v+sp I.	26	91	65	314	55	405	57,2	260,5
XVI.	26	237	65	314	55	551	59,3	327,1
XVII.	26	269	65	314	55	583	59,6	341,9

Z vypočtených hodnot průměrných mezných úhlů byly následně stanoveny poloměry plné účinné plochy pro body č. 6, 7, 8, 22 a 26 v dané sloji (obrázky č. 17 - 22 a přílohy č. 3 - 8).

#### 6.4 Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží

Litologická skladba hornin v rozsahu mezi počvou sloje č. VI spodní lávka (652) a stropem sloje č. XVII (516) je zřejmá z obrázku č. 14, který představuje profil průzkumného vrtu AG 9. Průzkumný vrt byl situován do JZ části studovaného 4. důlního pole Dolu Dukla, jak je zřejmé z obrázků č. 17 až 22.



Obrázek č. 14: Průzkumný vrt AG - 9

Uvádím tento průzkumný vrt vzhledem ke skutečnosti, že daný průzkumný vrt byl vrtán z úrovně sloje č. VI spodní lávka a ověřil spodní sušské vrstvy se slojemi č. VII, X, XI, XII. Dále byly ověřeny sedlové vrstvy se slojemi č. XVI, XVII a XVIII. Tento průzkumný vrt byl navrtán v roce 1956 vrtnou soupravou AS - 500. Kromě litologického profilu nebylo provedeno žádné další hodnocení vrtného jádra. Na základě těchto skutečností a vzhledem k situaci, že hodnoceny byly se spodními sušskými vrstvami a nadložím sloje č. XVI sedlových vrstev až průzkumné vrty v dobývacím prostoru Dolu 1. Máj, k. p., použil jsem pro hodnocení hornin pevného nadloží průzkumné vrty č. 5123 a 6219 s adekvátní skladbou hornin vzhledem k litologické skladbě hornin ve 4. důlním poli Dolu Dukla. Vrtání těchto průzkumných vrtů bylo realizováno v roce 1981 a v roce 1982 technologií wire line vrtnou soupravou TURMAG P/II.

Za pevné nadloží se považuje meziloží k předchozí sloji, jejíž nadloží je porušeno. Při hodnocení porušování nadložních hornin v průběhu dobývání sloje se používá běžně pevnosti v prostém tlaku [69]. Ve skutečnosti jsou nadložní horniny při podrubání namáhány tahem za ohybu. Tato veličina se však obtížně stanovuje, neboť ji nemůžeme zkoumat na vrtném jádru, které je orientováno kolmo na vrstvy.

Tabulka č. 5: Hodnoty pevností v prostém tlaku pro vrstvy sušské [71]

<b>vrstvy sušské</b>	jílovec	prachovec	pískovec jemnozrnný	pískovec střednozrnný	pískovec hrubozrnný	slepenec
pevnost v tlaku $\sigma_{Pd}$ (MPa)	39 – 77 53	10 – 205 76	25 – 163 97	53 – 112 83	42 – 95 67	28 – 93 47

V tabulce č. 5 jsou uvedena, pro jednotlivé makropetrografické typy hornin sušských vrstev, rozmezí hodnot pevností v prostém tlaku a jejich orientační průměrná hodnota. Pro makropetrografické typy hornin sedlových vrstev jsou hodnoty pevností v prostém tlaku uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Hodnoty pevností v prostém tlaku pro vrstvy sedlové [71]

<b>vrstvy sedlové</b>	jílovec	prachovec	pískovec jemnozrnný	pískovec střednozrnný	pískovec hrubozrnný	slepenec
pevnost v tlaku $\sigma_{Pd}$ (MPa)	34 – 85 44	18 – 146 67	34 – 173 79	20 – 143 69	15 – 103 67	25 – 143 69

Pro hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží slojí č. X, XI, XII a XVI jsem volil metodiku klasifikace podle součinitele neohebnosti pevného nadloží  $k_{n\text{pn}}$ , neboť jsou v tomto součiniteli zahrnuty hlavní ovlivňující prvky pevného nadloží, což je mocnost, celistvost a pevnost. Pro stanovení součinitele neohebnosti pevného nadloží  $k_{n\text{pn}}$  bylo nutno nejdříve stanovit součinitel celistvosti vrtného jádra  $k_c$ .

Součinitel celistvosti vrtného jádra zohledňuje vliv diskontinuit na tlakovou pevnost horského masivu a určuje se podle vztahu (1), jak je uvedeno v kapitole č. 3.

Kategorie kusovitosti (tabulka č. 1) slouží hlavně pro rozčlenění vrtu při počítačovém zpracování dokumentace a hodnocení vrtu. Zároveň tyto kategorie velice zjednodušeně a hrubě hodnotí charakter průvodních hornin z hlediska jejich chování při dobývání. V disertační práci jsem použil hodnoty etalonové délky návrtu 3,00 m pro technologii vrtání wire line.

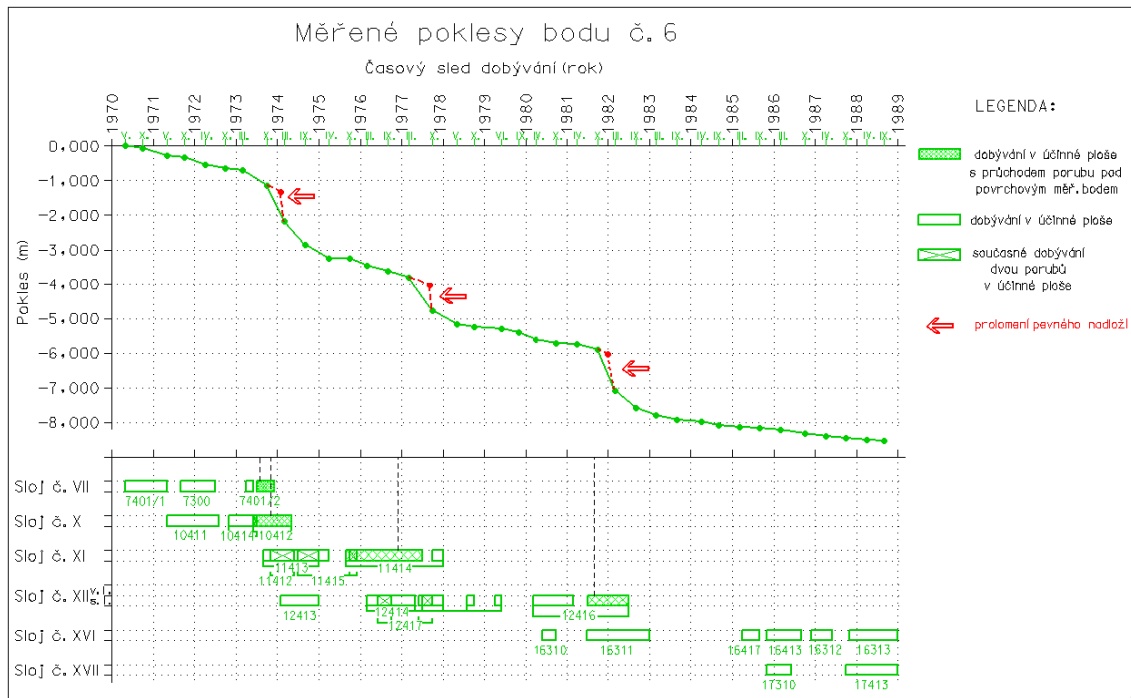
#### **6.4.1 Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. X**

V úvodu této podkapitoly uvádím, že z průběhů poklesových křivek povrchových bodů č. 6 a č. 7 (obrázek č. 15 a 16) vyplývá, že během dobývání sloje č. VII docházelo k pravidelnému porušování nadloží. Mocnost meziloží sloje č. VII a č. VI je cca 16 m a je tvořeno přibližně stejným poměrem pískovce a prachovce.

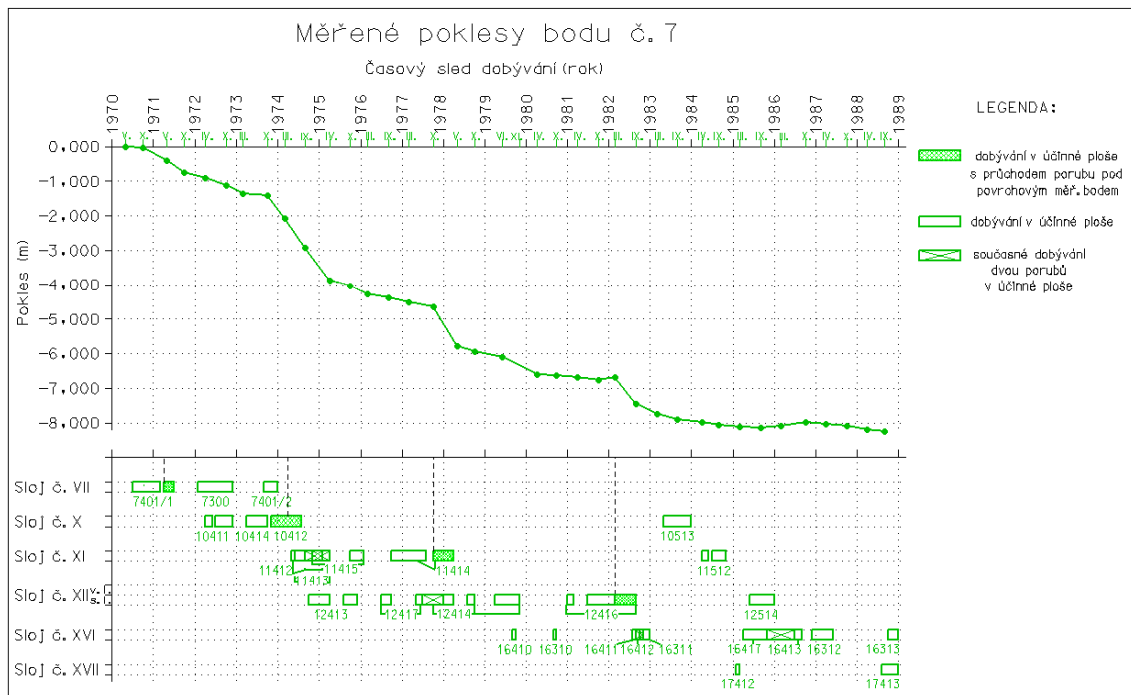
Vzhledem k tomu, že nadloží sloje č. VII bylo porušeno během dobývání této sloje, provedl jsem hodnocení pevného nadloží v rozsahu od sloje č. X až po sloj č. VII. Jedná se o meziloží mocné cca 30 m s převažujícím podílem pískovcových lavic. Vydobytá část sloje č. X byla ve studované oblasti uložena pod povrchem v rozmezí od 360 m do 540 m. Dobývaná mocnost se pohybovala od 1,66 m do 3,01 m.

Jak jsem uvedl v kapitole č. 3, pro hodnocení pevného nadloží je optimální volit metodiku klasifikace podle součinitele neohebnosti pevného nadloží  $k_{n\text{pn}}$ , která se stanovuje podle vzorce (4).

Parametry pevného nadloží sloje č. X včetně vypočtených hodnot pro klasifikaci podle součinitele neohebnosti jsou uvedeny v tabulce č. 7. Hodnoty pevnosti v tlaku  $\sigma_{Pd}$  jednotlivých vrstev, jak jsou uvedeny v tabulce č. 7, jsem zvolil na základě zkušeností získaných z dlouholeté praxe při působení na Dole Dukla.



Obrázek č. 15: Poklesová křivka povrchového bodu č. 6 s časovým průběhem dobývání porubů



Obrázek č. 16: Poklesová křivka povrchového bodu č. 7 s časovým průběhem dobývání porubů



Tabulka č. 7: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti

<b>Pevné nadloží sloje č. X, Dukla (meziloží slojí č. X a č. VII)</b>						
i	hornina	mocnost vrstvy $h_i$ (m)	$k_c$	$k_c \cdot h_i$	$\sigma_{Pd}$ (MPa)	$\sigma_{Pd} \cdot h_i$ (MPa·m)
6	prachovec	4,7	0,07	0,33	62	288
5	pískovec	6,9	0,07	0,48	90	617
4	prachovec	1,7	0,06	0,10	62	102
3	pískovec	11,9	0,07	0,87	90	1071
2	prachovec	1,3	0,05	0,06	62	81
1	jílovec	1,6	0,03	0,05	53	85
suma		28,1		1,89		2244
vážený průměr				0,07		79,86
$k_n=$	<b>4,4</b>					

Z vypočtených hodnot parametrů uvedených v tabulce č. 7 je nutné určit  $\bar{k}_{c\,pn}$  podle vztahu (5) a  $\bar{\sigma}_{Pd\,pn}$  podle vztahu (6). Pro pevné nadloží sloje č. X je  $\bar{k}_{c\,pn}=0,07$  a  $\bar{\sigma}_{Pd\,pn}=79,86$  MPa. Součinitel neohebnosti se určí dosazením vypočtených parametrů do vztahu (4). Pro pevné nadloží sloje č. X je  $k_{n\,pn}=4,4$ .

#### 6.4.2 Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. XI

Vydobytá část sloje č. XI se nacházela v hloubce od 365 m do 560 m. Dobývaná mocnost se pohybovala od 2,55 m do 3,47 m.

Hodnoceno bylo meziloží od sloje č. XI po sloj č. X v celkové mocnosti cca 25 m. Parametry pevného nadloží sloje č. XI včetně vypočtených hodnot pro klasifikaci podle součinitele neohebnosti jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti

<b>Pevné nadloží sloje č. XI, Dukla (meziloží slojí č. XI a č. X)</b>						
i	hornina	mocnost vrstvy $h_i$ (m)	$k_c$	$k_c \cdot h_i$	$\sigma_{Pd}$ (MPa)	$\sigma_{Pd} \cdot h_i$ (MPa·m)
6	pískovec	7,2	0,10	0,72	90	648
5	slepenec	1,4	0,15	0,21	70	98
4	pískovec	2,1	0,08	0,17	90	189
3	prachovec	3,0	0,07	0,21	62	186
2	pískovec	9,1	0,08	0,73	90	819
1	prachovec	1,8	0,09	0,16	62	109
suma		24,6		2,19		2049
vážený průměr				0,09		83,44
$k_n=$	<b>5,2</b>					

Pro pevné nadloží sloje č. XI je  $k_{n\,pn}=5,2$ .

### 6.4.3 Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. XII

Hloubka uložení vydobyté části sloje č. XII se pohybovala od 410 m do 590 m. Dobývaná mocnost této sloje byla v rozmezí od 2,94 m do 4,06 m.

Hodnoceno bylo meziloží od sloje č. XII po sloj č. XI v celkové mocnosti cca 27 m. Parametry pevného nadloží sloje č. XII včetně vypočtených hodnot pro klasifikaci podle součinitele neohebnosti jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti

Pevné nadloží sloje č. XII, Dukla (meziloží slojí č. XII a č. XI)						
i	hornina	mocnost vrstvy $h_i$	$k_c$	$k_c \cdot h_i$	$\sigma_{Pd}$	$\sigma_{Pd} \cdot h_i$
		(m)			(MPa)	(MPa·m)
7	prachovec	2,3	0,06	0,14	62	140
6	pískovec	5,5	0,09	0,49	90	491
5	prachovec	6,4	0,05	0,32	62	394
4	jílovec	1,8	0,04	0,07	53	95
3	prachovec	2,4	0,06	0,14	62	146
2	pískovec	1,9	0,08	0,15	90	167
1	prachovec	6,3	0,07	0,42	62	391
suma		26,4		1,72		1822
vážený průměr				0,07		69,14
$k_n =$	<b>3,7</b>					

Pro pevné nadloží sloje č. XII je  $k_{n\text{ pn}}=3,7$ .

### 6.4.4 Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. XVI

Hloubka vydobyté části sloje č. XVI se pohybovala v rozmezí od 540 do 690 m pod povrchem. Sloj se dobývala v rozmezí od 3,02 m do 4,76 m.

Hodnoceno bylo meziloží od sloje č. XVI po sloj č. XII v celkové mocnosti cca 147 m. Parametry pevného nadloží sloje č. XVI včetně vypočtených hodnot pro klasifikaci podle součinitele neohebnosti jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Obdobně jako u slojí č. X, XI, a XII sušských vrstev, tak také u sloje č. XVI sedlových vrstev jsem hodnoty pevnosti v tlaku jednotlivých vrstev  $\sigma_{Pd}$ , jak jsou uvedeny v tabulce č. 10, zvolil na základě zkušeností získaných z dlouholeté praxe při působení na Dole Dukla.

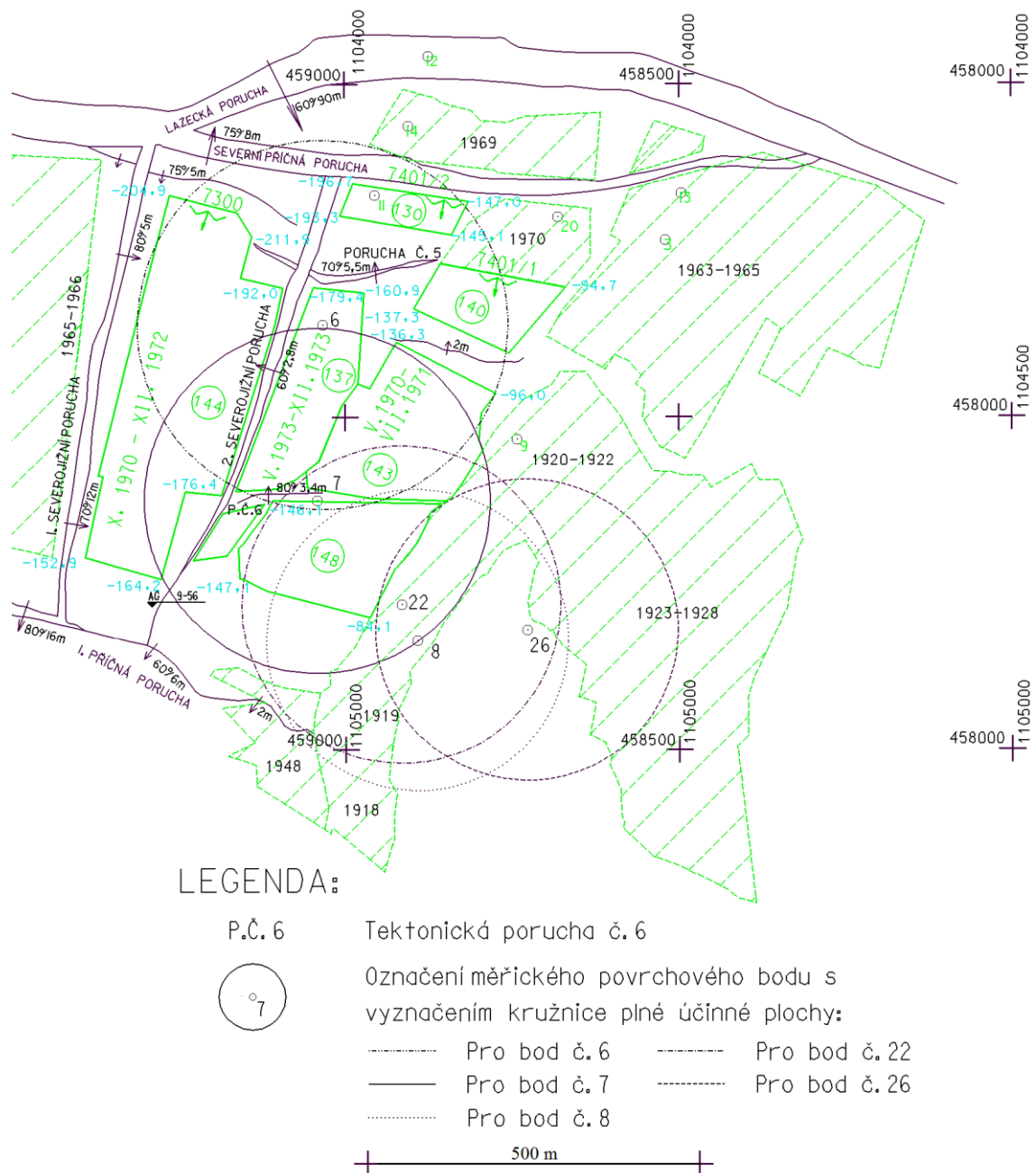
Tabulka č. 10: Klasifikace pevného nadloží podle součinitele neohebnosti

<b>Pevné nadloží sloje č. XVI, Dukla (meziloží slojí č. XVI a č. XII)</b>						
i	hornina	mocnost vrstvy $h_i$ (m)	$k_c$	$k_c \cdot h_i$	$\sigma_{Pd}$ (MPa)	$\sigma_{Pd} \cdot h_i$ (MPa·m)
38	prachovec	4,8	0,07	0,34	65	312
37	pískovec	2,4	0,08	0,19	90	216
36	prachovec	3,2	0,06	0,19	65	208
35	uhlí	0,4	0	0,00	25	10
34	prachovec	0,9	0,07	0,06	65	59
33	pískovec	1,8	0,08	0,14	90	162
32	slepenec	3,1	0,07	0,22	75	233
31	pískovec	4,2	0,08	0,34	90	378
30	slepenec	5,6	0,08	0,45	75	420
29	pískovec	9,8	0,07	0,69	90	882
28	uhlí	0,2	0	0,00	25	5
27	prachovec	4,3	0,05	0,22	65	280
26	pískovec	6,6	0,07	0,46	90	594
25	slepenec	1,4	0,06	0,08	75	105
24	pískovec	2,1	0,08	0,17	90	189
23	slepenec	1,7	0,07	0,12	75	128
22	pískovec	6,3	0,08	0,50	90	567
21	prachovec	2,0	0,06	0,12	65	130
20	pískovec	4,2	0,07	0,29	90	378
19	slepenec	5,9	0,06	0,35	75	443
18	pískovec	14,4	0,06	0,86	90	1296
17	prachovec	2,5	0,05	0,13	65	163
16	pískovec	7,6	0,08	0,61	90	684
15	prachovec	1,8	0,06	0,11	65	117
14	pískovec	8,9	0,07	0,62	90	801
13	slepenec	2,5	0,07	0,18	75	188
12	pískovec	5,5	0,08	0,44	90	495
11	uhlí	0,5	0	0,00	25	12
10	prachovec	1,1	0,04	0,04	65	72
9	uhlí	0,4	0	0,00	25	10
8	prachovec	5,0	0,06	0,30	65	325
7	pískovec	4,8	0,08	0,38	90	432
6	prachovec	1,8	0,07	0,13	65	117
5	pískovec	3,0	0,08	0,24	90	270
4	slepenec	0,4	0,06	0,02	75	30
3	pískovec	8,3	0,07	0,58	90	747
2	prachovec	1,3	0,06	0,08	65	85
1	pískovec	6,1	0,08	0,49	90	549
suma		146,8		10,14		12087
vážený průměr				0,07		82,36
$k_n=$	<b>23,9</b>					

Pro pevné nadloží sloje č. XVI je  $k_{n\text{ pn}}=23,9$ .

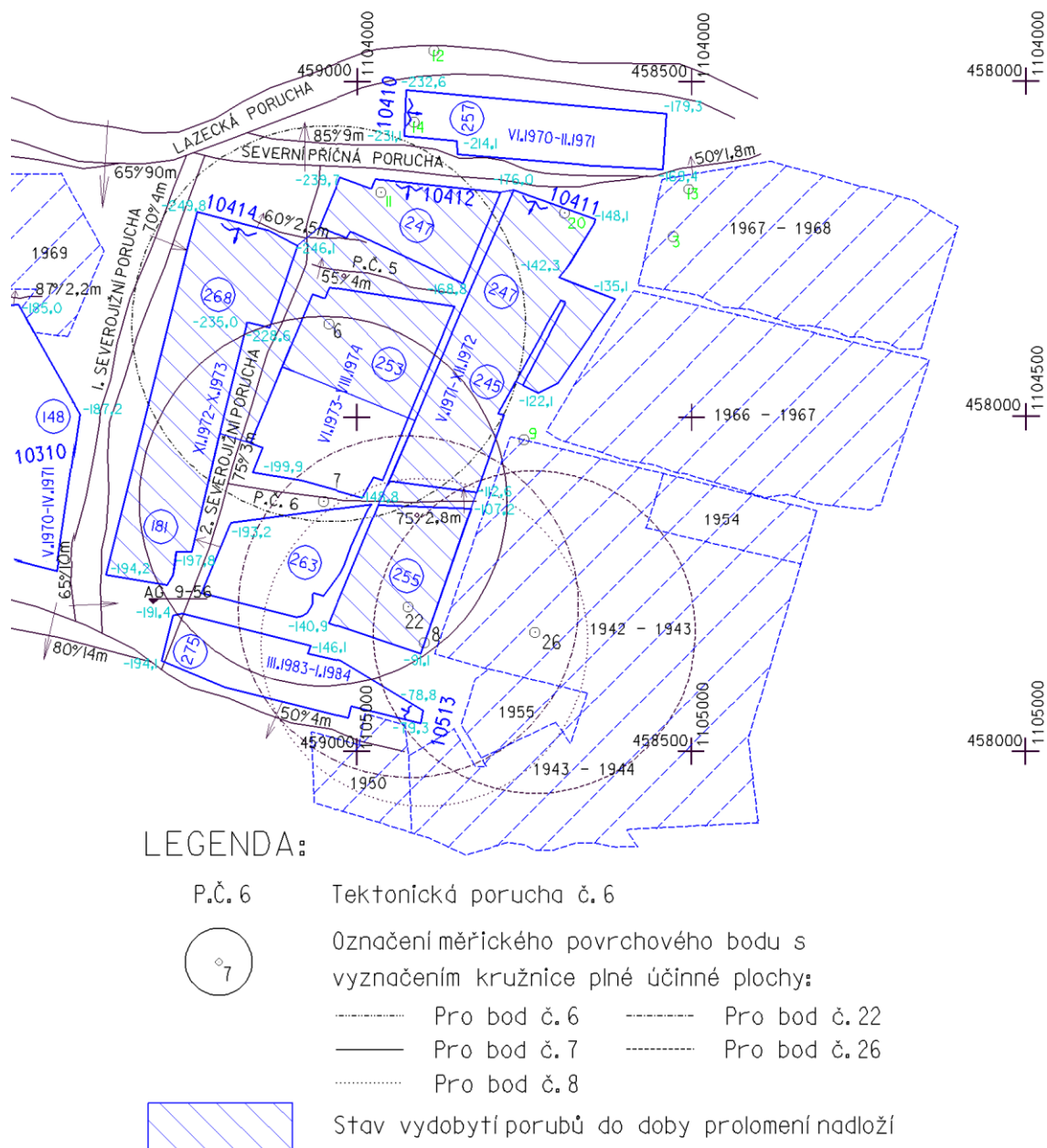
## 6.5 Hodnocení stavu horského masivu na základě pozorování poklesů povrchu vzhledem k časoprostorovému postupu dobývání

Přehled situování vydobytých ploch ve všech hodnocených slojích je znázorněn na obrázku č. 12. Vyrubané plochy jednotlivých porubů včetně směrů postupů a průměrných hodnot dobývaných mocností slojí č. VII, X, XI, XII, XVI a XVII jsou znázorněny na obrázcích č. 17 až 22 a zároveň jsou uvedeny v přílohách č. 3 až č.8 včetně měsíčních postupů porubních front.

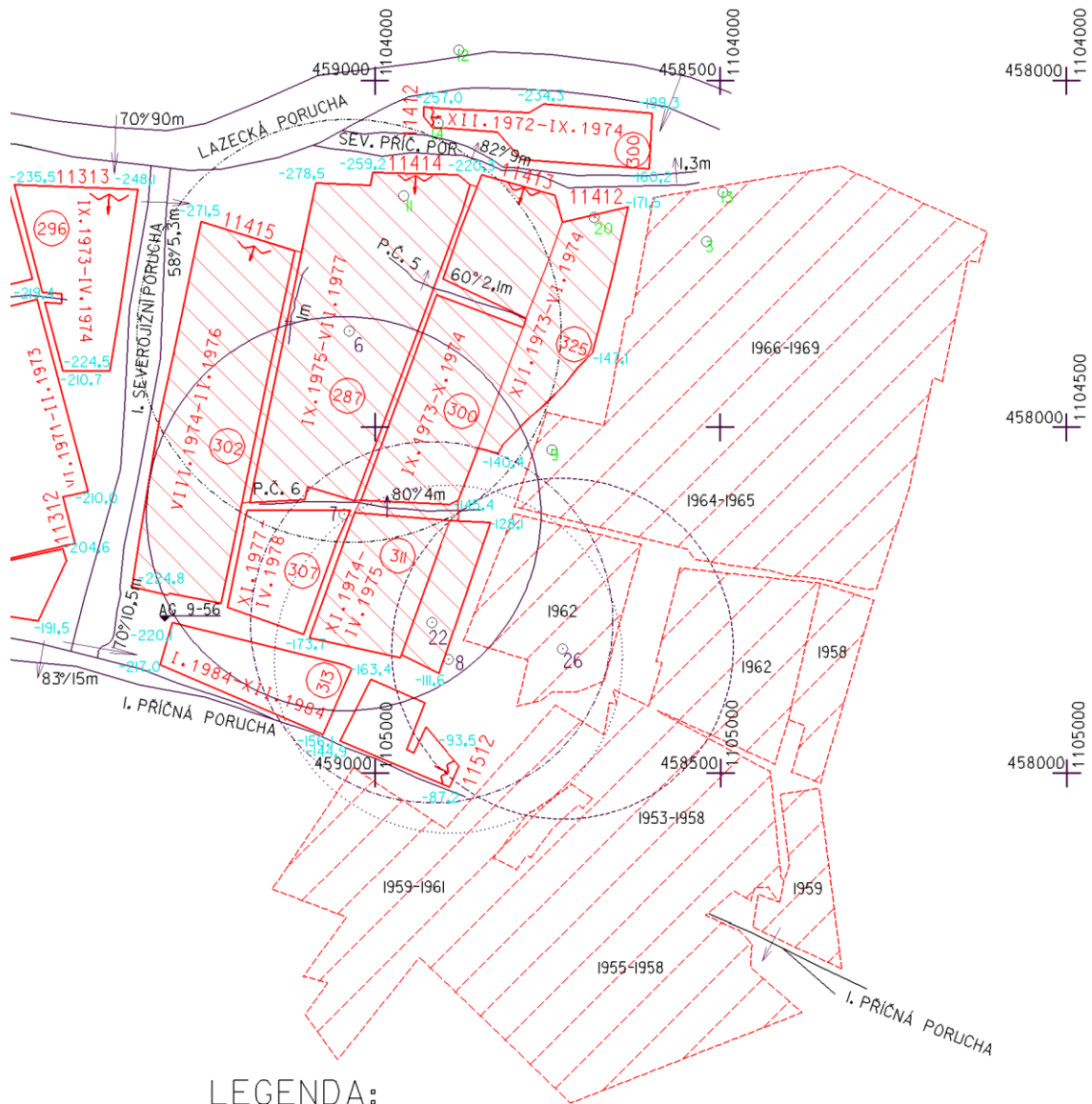


Obrázek č. 17: Situační mapa dobývání ve sloji č. VII

V oblasti 4. důlního pole byl pro hodnocení porušování pevného nadloží vybrán povrchový měřický bod č. 6 a č. 7 (obrázek č. 17 až 20). Pro zhodnocení širší oblasti 4. důlního pole a pro pozorování vertikálních změn pohybu povrchu vzhledem k bodu č. 7 byly dále vybrány povrchové body č. 8, 22 a 26 (obrázek č. 19 - 22).



Obrázek č. 18: Situační mapa dobývání ve sloji č. X



LEGENDA:

P.Č. 6 Tektonická porucha č. 6

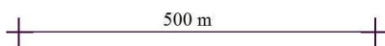


Označení měřického povrchového bodu s vyznačením kružnice plné účinné plochy:

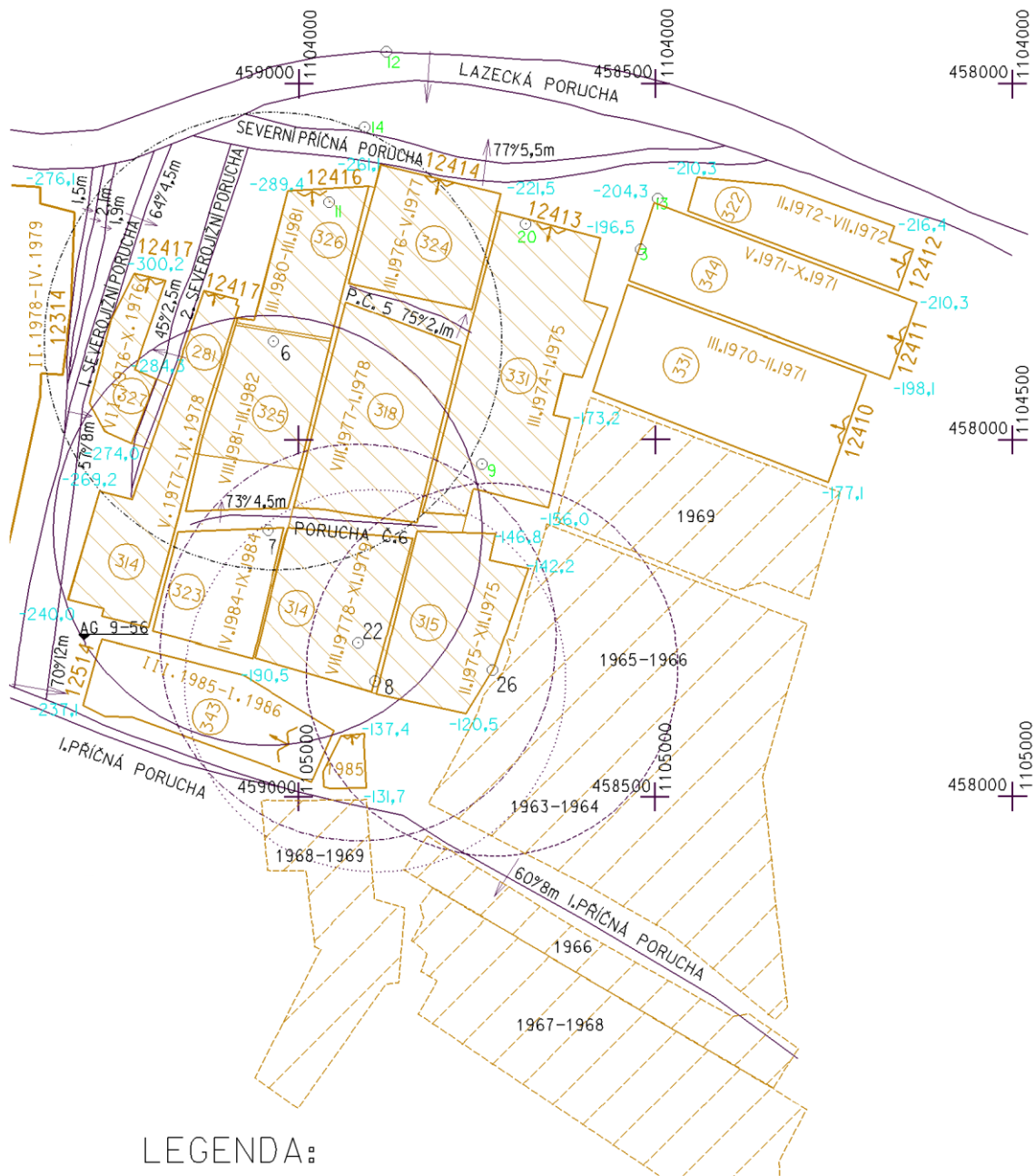
- Pro bod č. 6
- Pro bod č. 22
- Pro bod č. 7
- Pro bod č. 26
- Pro bod č. 8



Stav vydobytí porubů do doby prolomení nadloží



Obrázek č. 19: Situační mapa dobývání ve sloji č. XI



LEGENDA:

P.Č. 5

Tektonická porucha č. 5



Označení měřického povrchového bodu s vyznačením kružnice plné účinné plochy:

----- Pro bod č. 6

----- Pro bod č. 22

----- Pro bod č. 7

----- Pro bod č. 26

----- Pro bod č. 8

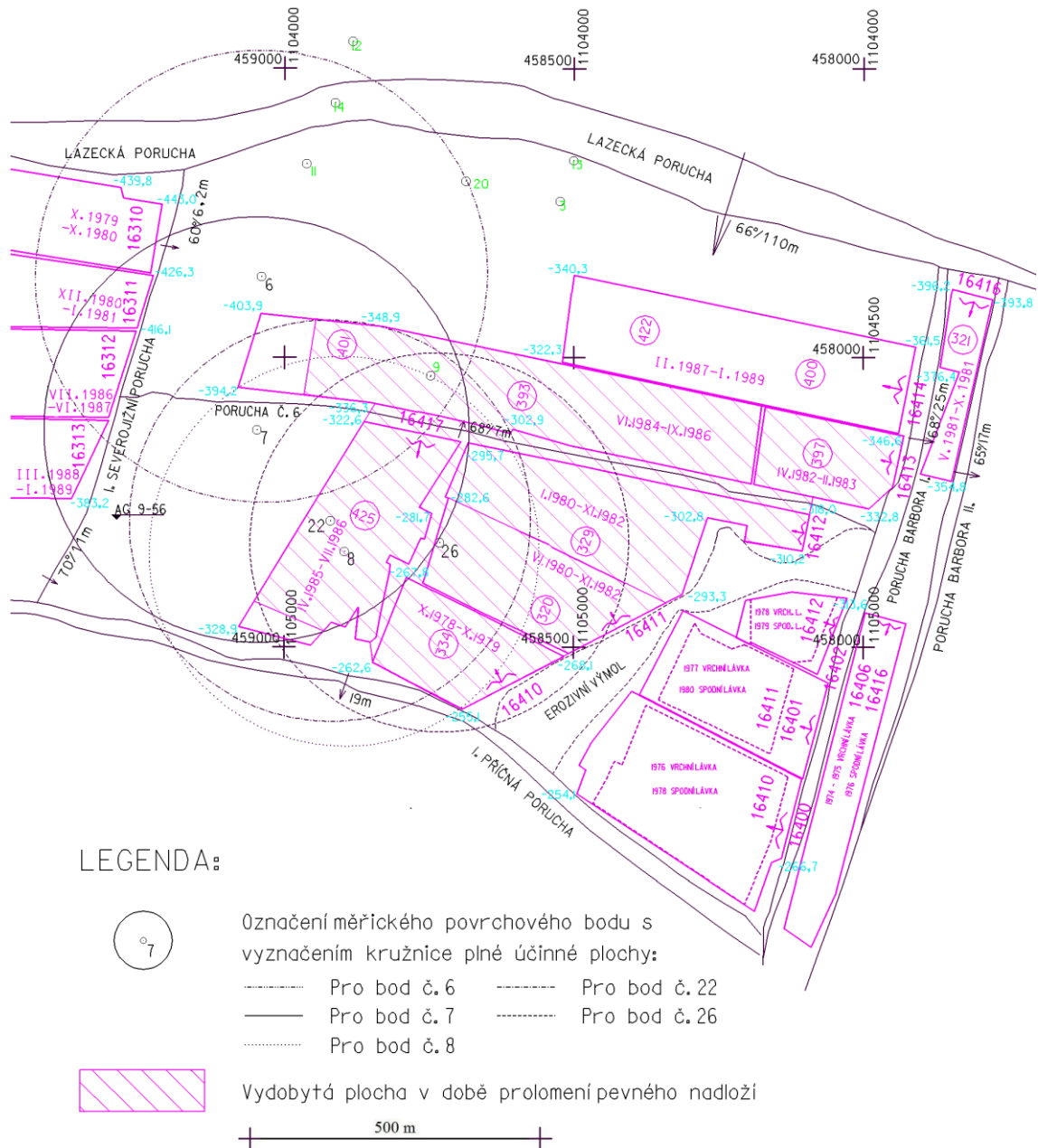


Stav vydobyetí porubů do doby prolomení nadloží

500 m

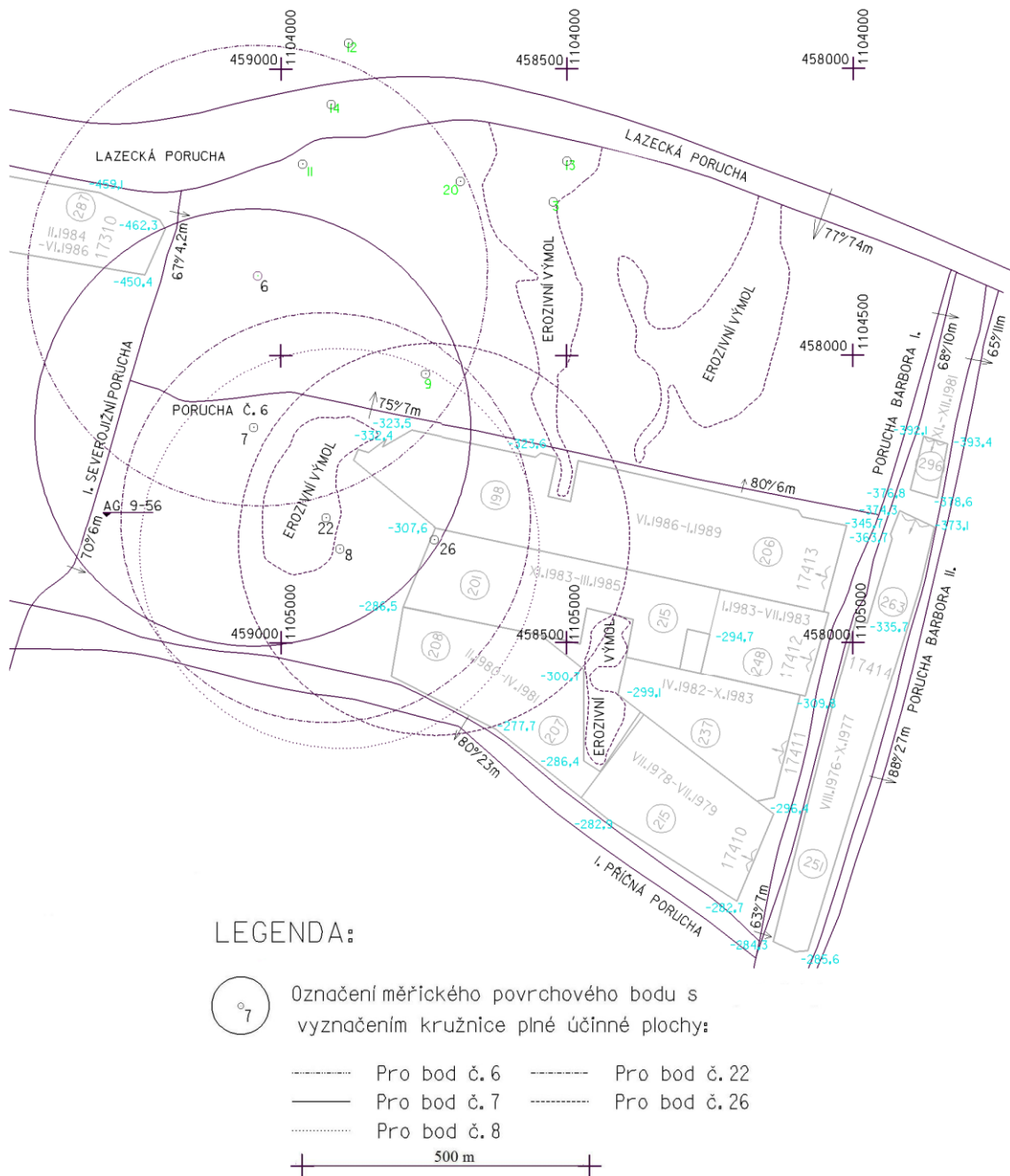
Obrázek č. 20: Situační mapa dobývání ve sloji č. XII





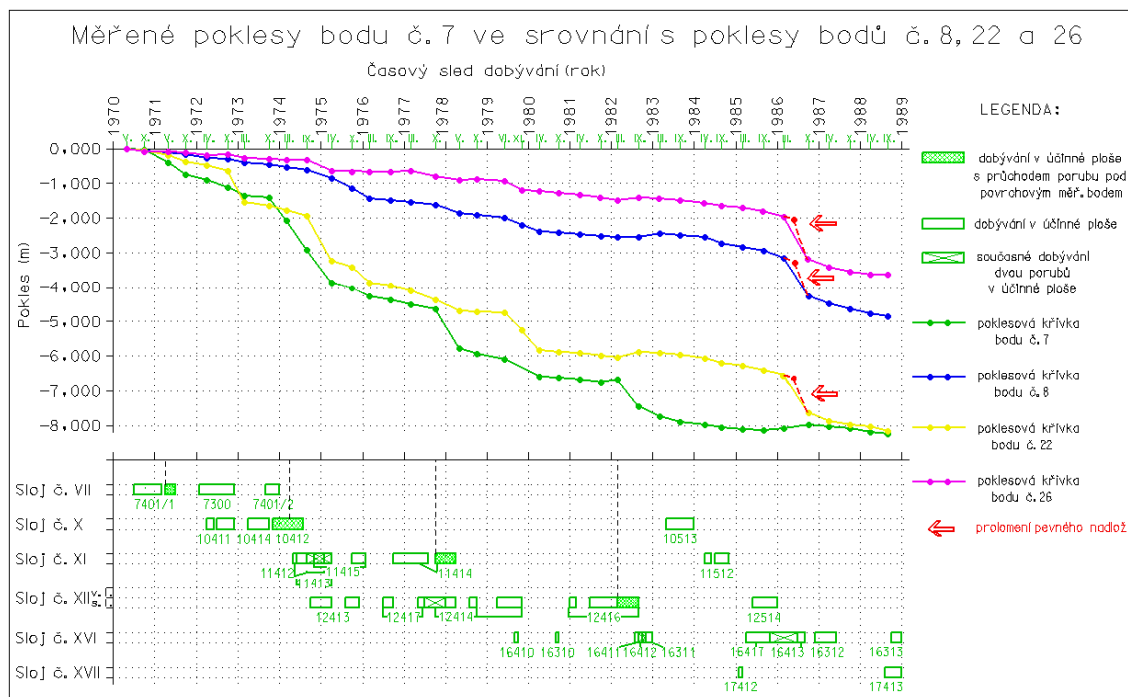
Obrázek č. 21: Situační mapa dobývání ve sloji č. XVI





Obrázek č. 22: Situační mapa dobývání ve sloji č. XVII

Průběhy poklesových křivek bodů č. 8, 22 a 26 ve srovnání k poklesové křivce bodu č. 7 jsou zobrazeny na obrázku č. 23.



Obrázek č. 23: Srovnání poklesových křivek povrchových bodů č. 7, č. 8, č. 22 a č. 26 s časovým průběhem dobývání porubů

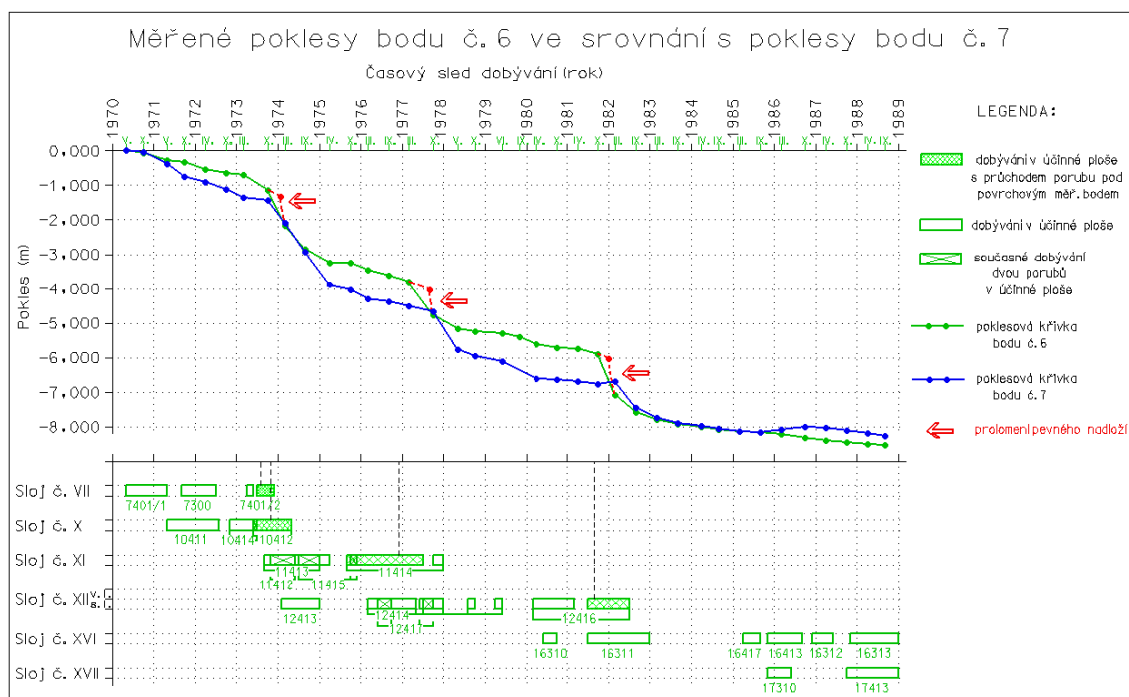
V době od zahájení periodického povrchového nivelačního měření v roce 1970 do roku 1973 probíhalo dobývání sloje č. VII poruby 7401/1, 7300 a 7401/2. Kružnice plných účinných ploch a situování povrchových bodů vzhledem k vydobytým plochám jsou zřejmé na obrázku č. 17 a v příloze č. 3.

Během tohoto dobývání docházelo k pravidelnému zavalování nadloží sloje č. VII, jak je patrné z průběhu poklesových křivek bodů č. 6 a č. 7 (obrázek č. 15 a č. 16).

### 6.5.1 Hodnocení pevného nadloží sloje č. X

Za pevné nadloží sloje č. X je považováno meziloží k dřívější dobývané sloji, u které došlo k prolomení nadloží, což v tomto případě představuje sloj č. VII. Mocnost meziloží mezi sloji č. X a č. VII je cca 30 m.

V hodnocené oblasti 4. důlního pole bylo dobývání ve sloji č. X zahájeno v dubnu 1971 porubem 10 411. Průměrná délka porubní fronty byla cca 140 m a směrná délka cca 700 m. Průměrná dobývaná mocnost tohoto porubu byla cca 2,50 m. Z průběhu poklesových křivek bodů č. 6 a č. 7 (obrázek č. 15 a 16) v době mezi květnem 1971 a říjnem 1972 vyplývá, že k porušení pevného nadloží sloje č. X nedošlo, zjištěná hodnota poklesu je 390 mm na bodě č. 6 a 730 mm na bodě č. 7. Hodnoty poklesů jsou způsobeny současným dobýváním ve sloji č. VII.

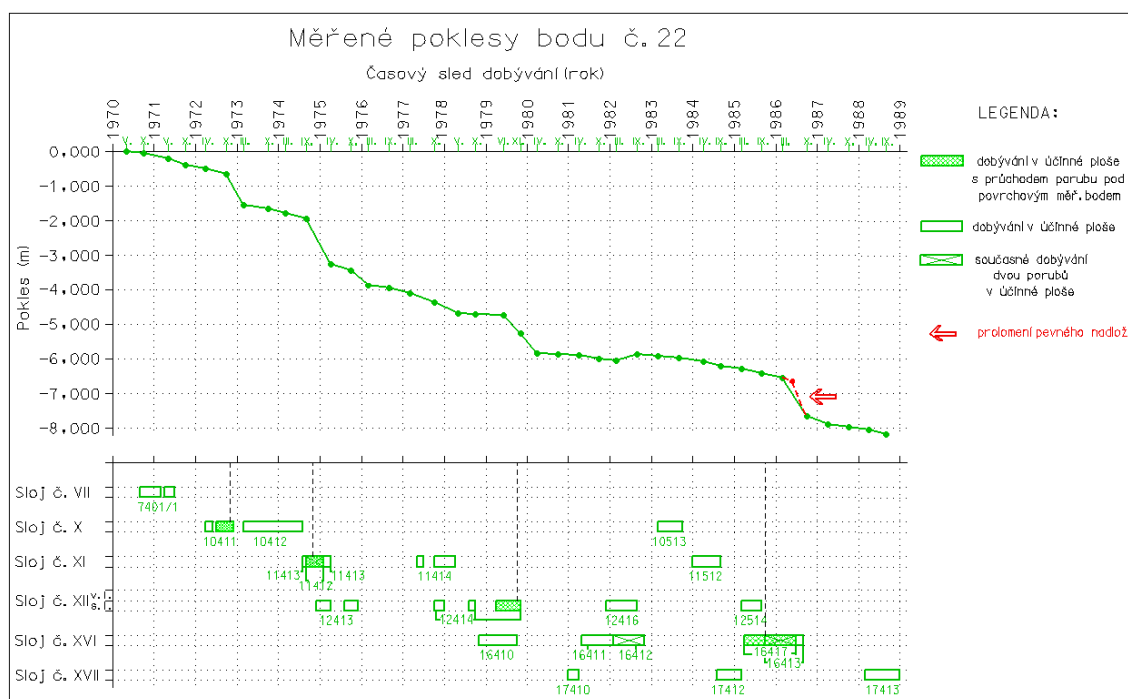


Obrázek č. 24: Srovnání poklesových křivek povrchových bodů č. 6 a č. 7 s časovým průběhem dobývání porubů

Dalším dobývaným porubem ve sloji č. X byl porub 10 414, jehož délka porubní fronty byla cca 110 m a směrná délka byla cca 560 m. Průměrná dobývaná mocnost porubu 10 414 byla cca 2,35 m. Následovalo dobývání porubu 10 412 s délkou porubní fronty cca 200 m a směrnou délkou cca 700 m. Plochou tohoto porubu procházejí dvě tektonické poruchy (obrázek č. 18), kolem nichž byly ponechány zbytkové pilíře. Plocha porubu 10 412 prochází pod povrchovými body č. 6 a č. 7. Povrchovým měřením výšek v době mezi říjnem 1973 a březnem 1974 byla zjištěna na bodu č. 6 hodnota poklesu 1030 mm a na bodě č. 7 byl naměřen pokles 660 mm. Z poklesových křivek těchto bodů vyplývá, že v době mezi říjnem 1973 a březnem 1974 došlo k prolomení pevného nadloží sloje č. X, předpokládaná doba prolomení je vyznačena na obrázku č. 15 červeně. V době prolomení byla určena šířka výrubu cca 150 m jako vzdálenost mezi výchozí prorážkou porubu 10 412, která se nacházela jižněji od tektonické poruchy č. 5, až po linii porubní fronty tohoto porubu k 1/1974. Pevné nadloží sloje č. X bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 4,4. Stav vydobytí porubů do doby prolomení pevného nadloží je na obrázku č. 18 graficky znázorněn šrafováním.

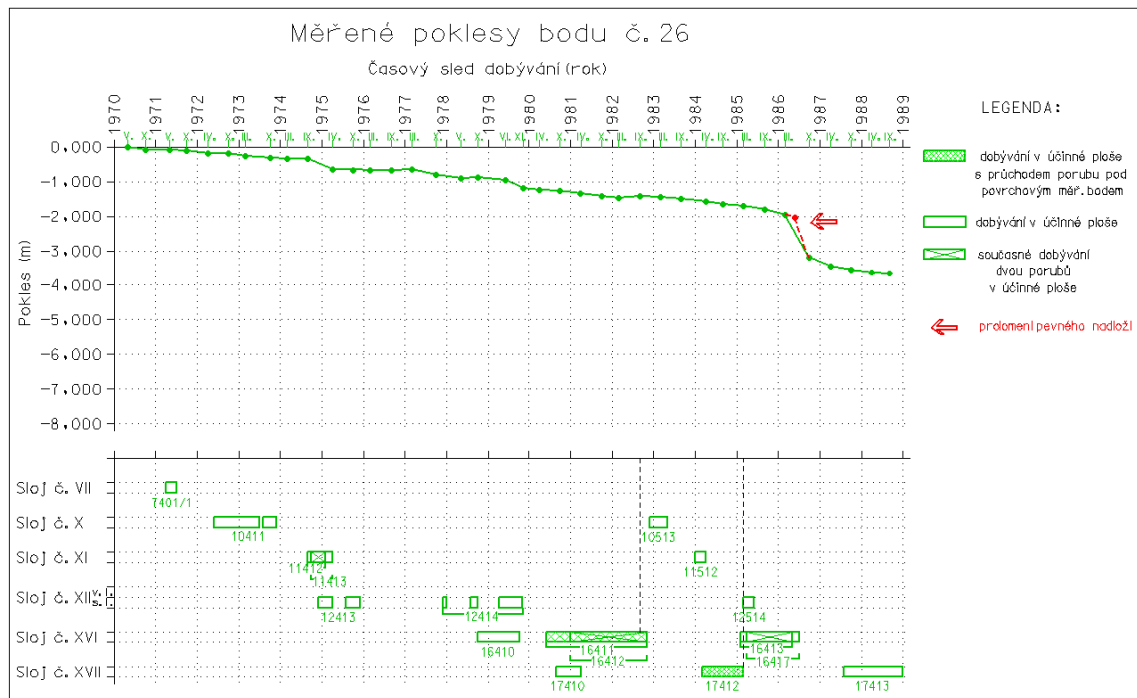
Z následujících povrchových měření byl zjištěn vysoký nárůst poklesů bodů č. 6 a č. 7. (obrázek č. 15 a 16), což odpovídá situaci po prolomení pevného nadloží.

Oblastí 4. důlního pole prochází tektonika č. 6, jejíž průběh, úklon a výška skoku je znázorněn na obrázku č. 18. Hodnocením pevného nadloží sloje č. X bylo zjištěno, že severně od této tektoniky docházelo k opožďování poklesů povrchu vzhledem k postupu dobývání. Jižně od této tektoniky docházelo k porušování převisů pevných vrstev v nadloží a rozšiřování již prolomeného místa utvořeného prolomením pevného nadloží nad výrubem dřívějšího dobývání ve sloji č. X východně od hodnocené oblasti. Tuto skutečnost dokazují hodnoty poklesů bodů č. 22 a č. 26 (obrázky č. 25 a č. 26) vzhledem k dobývání.



Obrázek č. 25: Poklesová křivka povrchového bodu č. 22 s časovým průběhem dobývání porubů

V době mezi říjnem 1972 a březnem 1973, kdy byl porub 10 411 dobýván v účinné ploše bodu č. 22 (obrázek č. 18), byl na tomto bodě naměřen pokles o hodnotě 880 mm. Ve stejném časovém období se plocha výrubu porubu 10 411 nacházela na okraji účinné plochy bodu č. 26 (obrázek č. 18). Pokles bodu č. 26 mezi říjnem 1972 a březnem 1973 činil 90 mm, což odpovídá vlivu výrubu na okraji vydobyté plochy a potvrzuje teorii o zalamování převisů a rozšiřování již prolomeného místa v nadloží sloje č. X. Kružnice plných účinných ploch a situování povrchových bodů vzhledem k vydobytým plochám jsou zřejmé na obrázku č. 18 a v příloze č. 4.



Obrázek č. 26: Poklesová křivka povrchového bodu č. 26 s časovým průběhem dobývání porubů

Hodnocením porušování pevného nadloží sloje č. X jsem dospěl k následujícím výsledkům:

- při dobývání porubu 10 412 v období mezi říjnem 1973 a březnem 1974 došlo k prolomení pevného nadloží s pravděpodobnou možnou dobou prolomení v lednu 1974,
- v době prolomení pevného nadloží byla určena šířka výrubu cca 150 m,
- plochu výrubu v době prolomení pevného nadloží nelze použít jako hodnotící parametr vzhledem k její značné nepravidelnosti,
- pevné nadloží bylo charakterizováno pomocí součinitele neohebnosti s hodnotou 4,4.

### 6.5.2 Hodnocení pevného nadloží sloje č. XI

Za pevné nadloží sloje č. XI je považováno meziloží mezi slojí č. X a č. XI, jehož mocnost je cca 25 m. Z litologického profilu (obrázek č.14) vyplývá, že v nadloží sloje č. XI se vyskytují pískovcové lavice dosahující mocnosti až 11 m, přímé nadloží je tvořeno vrstvou prachovce.

Dobývání ve sloji č. XI bylo zahájeno porubem 11 413 a téměř souběžně byl dobýván porub 11 412 (obrázek č. 19). Dobývaná mocnost porubu 11 412 byla cca 3,15 m, délka porubní fronty byla max. 85 m a směrná délka byla 310 m. Porub 11 413 byl

dobýván s průměrnou mocností cca 3,00 m, délka porubní fronty bylo cca 110 m a směrná délka porubu byla 600 m. V době dobývání uvedených porubů byla zahájeno dobývání ve sloji č. XII porubem 12 413. Poklesy povrchu naměřené v době mezi říjnem 1973 a dubnem 1975 byly vyhodnoceny jako přetrvávající vliv dobývání ve sloji č. X, jelikož byl v tomto období také dobýván porub 10 412 a došlo k prolomení nadloží sloje č. X, jak bylo popsáno dříve. Hodnocení porušování pevného nadloží sloje č. XI bylo provedeno na základě naměřených hodnot poklesů bodů č. 6 a č. 7 (obrázek č. 24), v jejichž účinných plochách byly dobývány poruby 11 412 a 11 413, a to na okraji účinných ploch zmíněných povrchových bodů, zatímco porub 10 412 pod body č. 6 a č. 7 přímo podchází (obrázek č.18).

V časovém období mezi dubnem 1975 a březnem 1977 následovalo zpomalování nárůstů poklesů povrchu. V době, kdy byly naměřeny relativně malé poklesy povrchu, byly dobývány poruby 11 415 o mocnosti cca 3,00 m a 11 414 o mocnosti také cca 3,00 m. Průběh tohoto dobývání je přehledně znázorněn v příloze č. 5, kde jsou kromě ploch výrubu zakresleny také měsíční postupy porubní fronty.

V době, kdy byl dobýván porub 11 414, byl na povrchovém bodě č. 6 zaznamenán mezi březnem 1977 a říjnem 1977 nárůst poklesů o hodnotě 910 mm, je proto možné se domnívat, že v této době došlo k prolomení pevného nadloží sloje č. XI. Předpokládaná doba prolomení je graficky znázorněna na obrázku č. 15 červeně. Byla určena šířka výrubu cca 320 m jako vzdálenost mezi tektonickou poruchou č. 5 a poruchou č. 6. Pevné nadloží sloje č. XI bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 5,2. Stav vydobytí porubů do doby prolomení pevného nadloží je na obrázku č. 19 graficky znázorněn šrafováním.

Nárůst poklesů povrchu byl zaznamenán také na povrchovém bodě č. 7, a to o hodnotě 1120 mm v době mezi říjnem 1977 a květnem 1978 tedy v době po prolomení, které bylo zjištěno na bodě č. 6. Vzhledem k tomu, že se bod č. 7 nachází jižněji od bodu č. 6 a to v půdorysné vzdálenosti cca 270 m nejedná se o prolomení pevného nadloží, ale o pravidelné zalamování převisů pevných nadložních vrstev a tedy o rozšiřování místa prolomení. [72]

V době, kdy bylo započato dobývání porubu 11 412 jižně od tektonické poruchy č. 6, dostal se vliv tohoto dobývání do účinné plochy hodnocených bodů č. 22 a č. 26 (obrázek č. 19). Z poklesových křivek těchto bodů (obrázek č.25 a č. 26 ) vyplývá, že v době mezi zářím 1974 a dubnem 1975 docházelo k zalamování převisů pevného nadloží sloje č. XI, což dokazují naměřené hodnoty poklesů a to 320 mm na bodě č. 26 a 1290 mm na

bodě č. 22. Kružnice plných účinných ploch a situování povrchových bodů vzhledem k vydobytým plochám jsou zřejmé na obrázku č. 19 a v příloze č. 5.

Hodnocením porušování pevného nadloží sloje č. XI jsem dospěl k následujícím výsledkům:

- k prolomení pevného nadloží došlo mezi březnem 1977 a říjnem 1977 s předpokládanou dobou prolomení v září 1977 v době, kdy byl provozován porub 11 414,
- šířka výrubu byla v době prolomení pevného nadloží určena cca 320 m,
- plochu výrubu v době prolomení pevného nadloží nelze použít jako hodnotící parametr vzhledem k její značné nepravidelnosti,
- pevné nadloží sloje č. XI bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 5,2.

### 6.5.3 Hodnocení pevného nadloží sloje č. XII

Za pevné nadloží sloje č. XII je považováno meziloží mezi slojí č. XI a č. XII s mocností cca 26 m. Z litologického profilu (obrázek č. 14) vyplývá, že v přímém nadloží sloje č. XII se vyskytují prachovce a dále se v nadloží vyskytuje lavice pískovce dosahující mocnosti až 5,5 m. Jedná se o nadloží smíšené s pravidelně se zavalujícím přímým nadložím a opožděně se zavalujícím vyšším nadložím [73].

Dobývání ve sloji č. XII bylo započato v březnu 1974 porubem 12 413, tedy cca dva měsíce po zahájení dobývání ve sloji č. XI. Délka porubní fronty porubu 12 413 byla cca 150 m a směrná délka porubu byla cca 590 m, průměrná dobývaná mocnost porubu byla 3,25 m. Tento porub byl situovaný na východní straně hodnocené oblasti a do účinných ploch hodnocených bodů č. 6 a č. 7 zasahoval pouze malou částí svého západního okraje (obrázek č.20).

Dalšími dobývanými poruby ve sloji č. XII byly poruby 12 414 a 12 417. Dobývaná mocnost porubu 12 414 byla cca 3,20 m, délka porubní fronty byla max. 140 m a směrná délka byla 580 m. Porub 12 417 byl dobýván s průměrnou mocností cca 3,00 m, délka porubní fronty byla cca 90 m a směrná délka porubu byla 390 m. Plochy těchto porubů se nacházely v účinných plochách hodnocených povrchových bodů č. 6 a č. 7. Zmíněné body však přímo nepodrubávají. Situace porubů a povrchových bodů je patrná z obrázku č. 20.

Posledním dobývaným porubem ve sloji č. XII byl porub 12 416, který přímo podjížděl pod hodnocenými body č. 6 a č. 7. Dobývaná mocnost porubu 12 416 byla cca

3,25 m, délka porubní fronty byla max. 110 m a směrná délka byla 530 m. V období mezi říjnem 1981 a březnem 1982 je z poklesové křivky bodu č. 6 (obrázek č. 15) patrný nárůst hodnoty poklesu, který za toto období činil 1 180 mm. Je tedy možné se domnívat, že mezi říjnem 1981 a březnem 1982 došlo k prolomení pevného nadloží sloje č. XII. Předpokládaná doba prolomení je vyznačena na obrázku č. 15 červeně. V době prolomení byla určena šířka výrubu cca 240 m jako vzdálenost mezi tektonickou poruchou č.5 a stopčárou porubní fronty porubu 12 416 severně od poruchy č. 6, přičemž pevné nadloží sloje č. XII bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 3,7. Stav vydobytí porubů do doby prolomení pevného nadloží je na obrázku č. 20 graficky znázorněn šrafováním. Nárůst poklesů povrchu byl následně zaznamenán také na povrchovém bodě č. 7 (obrázek č. 16) a to o hodnotě 770 mm. Vzhledem k tomu, že se bod č. 7 nachází jižněji od bodu č. 6, stejně jako při hodnocení nadloží předchozí sloje se nejedná o prolomení pevného nadloží, ale o pravidelné zalamování převisů pevných nadložních vrstev a tedy o rozšiřování místa prolomení.

Hodnocení porušování pevného nadloží v oblasti jižně od tektonické poruchy č. 6 bylo provedeno na základě naměřených poklesů povrchových bodů č. 22 a č. 26. Z poklesových křivek těchto bodů (obrázek č. 25 a č. 26) vyplývá, že v době mezi červnem 1979 a listopadem 1979 docházelo k zalamování převisů pevného nadloží sloje č. XII, což dokazují naměřené hodnoty poklesů a to 510 mm na bodě č. 22 a 240 mm na bodě č. 26. Z následujícího měření byl zjištěn pokles bodu č. 22 o hodnotě 580 mm. Tento pokles odpovídá vzájemnému situování povrchového bodu č. 22 a vydobyté plochy porubu 12 414. Kružnice plných účinných plochy a situování povrchových bodů vzhledem k vydobytým plochám jsou zřejmé na obrázku č. 20 a v příloze č. 6.

Hodnocením porušování pevného nadloží sloje č. XII jsem dospěl k následujícím výsledkům:

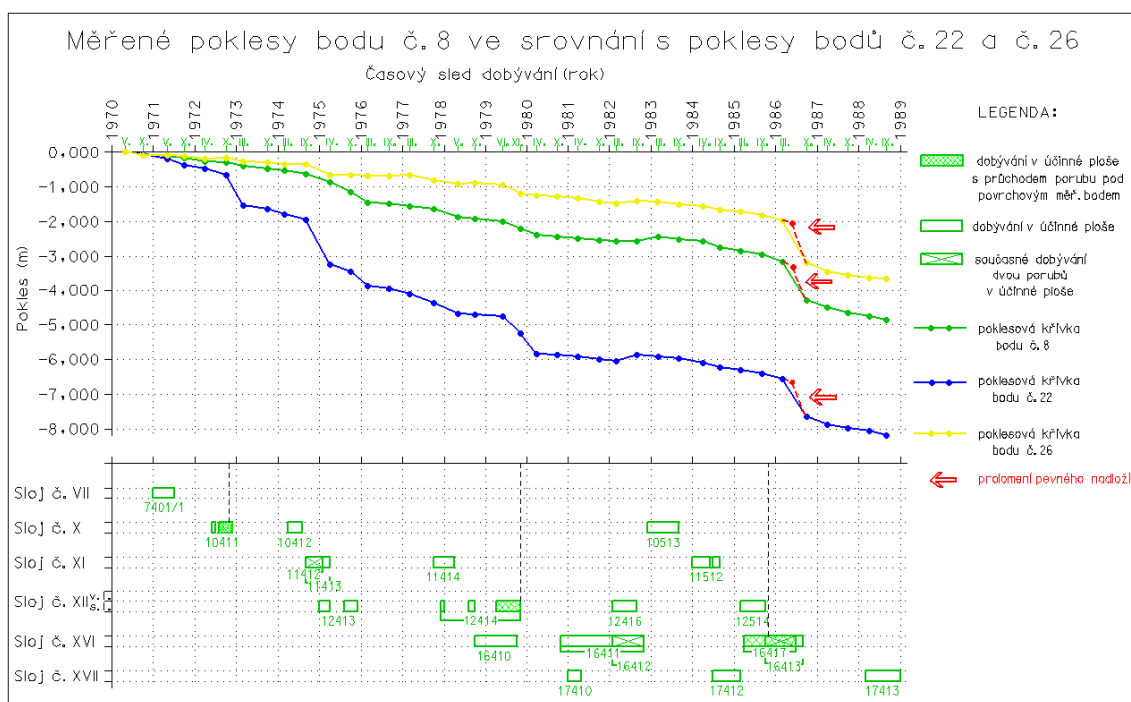
- k prolomení pevného nadloží došlo při provozu porubu 12 416 v období mezi říjnem 1981 a březnem 1982 s předpokládanou dobou prolomení v lednu 1982,
- šířka výrubu byla v době prolomení pevného nadloží určena cca 240 m,
- plochu výrubu v době prolomení pevného nadloží nelze použít jako hodnotící parametr vzhledem k její značné nepravidelnosti,
- pevné nadloží sloje č. XII bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 3,7.



### 6.5.4 Hodnocení pevného nadloží sloje č. XVI

Za pevné nadloží sloje č. XVI je považováno meziloží mezi slojí č. XVI a č. XII, jehož mocnost je cca 146 m. Z litologického profilu (obrázek č. 14) vyplývá, že v přímém nadloží sloje č. XVI se vyskytují lavice pískovců.

Pro hodnocení porušování pevného nadloží sloje č. XVI byly vybrány povrchové body č. 8, 22, a 26, jejichž poklesové křivky jsou znázorněny na obrázku č. 27. Vzájemná poloha povrchových bodů a dobývaných porubů je patrná z obrázku č. 21.



Obrázek č. 27: Srovnání poklesových křivek povrchových bodů č. 8, č. 22 a č. 26 s časovým průběhem dobývání porubů

Prvním dobývaným porubem sloje č. XVI byl porub 16 410, jehož dobývaná mocnost byla cca 3,30 m, délka porubní fronty byla max. 190 m a směrná délka byla cca 240 m. Následovalo dobývání porubů 16 412 a 16 411 s tím, že při dojíždění porubu 16 412 na linii rozšiřování porubní fronty, bylo zahájeno dobývání porubu 16 411. Oba poruby pak již byly provozovány s rozstupem společně. Délka porubní fronty porubu 16 411 byla max. 180 m a směrná délka porubu byla cca 340 m, průměrná dobývaná mocnost porubu byla 3,20 m. Délka porubní fronty porubu 16 412 se pohybovala od 60 m do 195 m a směrná délka porubu byla cca 600 m, průměrná dobývaná mocnost porubu byla 3,30 m. Dále pak následovalo dobývání porubů 16 413 a 16 417. Délka porubní fronty

porubu 16 413 byla cca 130 m a směrná délka porubu dosahovala 1 120 m, průměrná dobývaná mocnost porubu byla cca 3,90 m. Délka porubní fronty porubu 16 417 byla cca 150 m, směrná délka porubu byla cca 410 m a průměrná dobývaná mocnost porubu byla cca 4,20 m. Z poklesových křivek povrchových bodů č. 8, 22, a 26 (obrázek č. 27) vyplývá, že v období mezi březnem 1986 a říjnem 1986 došlo k prolomní pevného nadloží sloje č. XVI, což dokazují naměřené hodnoty poklesů bodu č. 22 o hodnotě 1 090 mm, na bodě č. 8 o hodnotě 1 120 mm a na bodě č. 26 o hodnotě 1 220 mm. Předpokládaná doba prolomení je na obrázku č. 25 a 26 vyznačena červeně. K době prolomení pevného nadloží byly stanoveny parametry výrubu sloje č. XVI, z nichž nejdůležitějším parametrem je šířka výrubu cca 580 m, která byla určena jako vzdálenost mezi výchozí prorážkou porubu 16 411 ve východní části studované oblasti a obrysu wydobyté plochy porubu 16 417 na západě. Plocha výrubu je na obrázku č. 21 graficky znázorněna šrafováním a dosahuje hodnoty 330 000 m<sup>2</sup>. Pevné nadloží sloje č. XVI bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 23,9. Kružnice plných účinných ploch a situování povrchových bodů vzhledem k wydobytým plochám jsou zřejmé na obrázku č. 21 a v příloze č. 7.

Hodnocením porušování pevného nadloží sloje č. XVI jsem dospěl k následujícím výsledkům:

- prolomení pevného nadloží nastalo v období mezi březnem 1986 a říjnem 1986 s předpokládanou dobou prolomení v červnu 1986,
- šířka výrubu byla v době prolomení pevného nadloží cca 580 m,
- Plocha výrubu dosahuje hodnoty cca 330 000 m<sup>2</sup>,
- pevné nadloží sloje č. XVI bylo charakterizováno součinitelem neohebnosti o hodnotě 23,9.

### **6.5.5 Hodnocení pevného nadloží sloje č. XVII**

Sloj č. XVII byla dobývaná ve sledovaném období v jihovýchodní části 4. důlního pole poruby č. 17 410 177 411, 17 412 a 17 413 (obrázek č. 22). Porub 17 410 měl průměrnou dobývanou mocnost cca 2,10 m, délka porubní fronty byla max. 150 m a směrná délka byla cca 630 m. U porubu 17 411 byla průměrná dobývaná mocnost cca 2,30 m, délka porubní fronty byla max. 160 m a směrná délka byla cca 260 m. Délka porubní fronty porubu 17 412 byla max. 120 m a směrná délka porubu dosahovala cca 600 m, průměrná dobývaná mocnost porubu byla cca 2,20 m. Porub 17 413 měl průměrnou dobývanou mocnost cca 2,00 m, délka porubní fronty byla max. 140 m a směrná délka byla cca 650 m (porub nebyl při ukončení periodického měření ukončen).

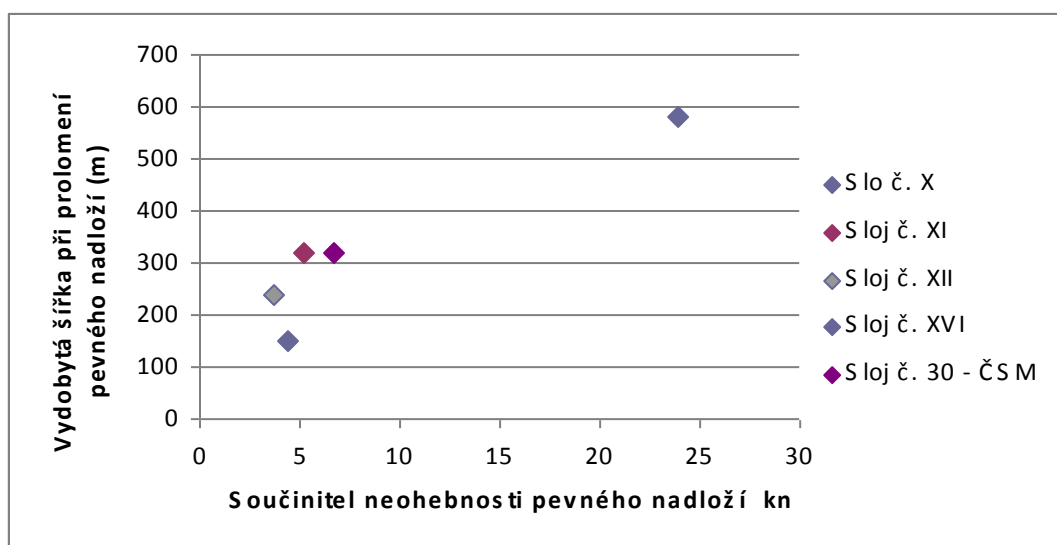
Vzhledem k danému prostorovému rozmístění sledovaných povrchových bodů a zároveň vzhledem k tomu, že bylo ukončeno periodické měření na sledovaných bodech, nebylo možno provést hodnocení porušování pevného nadloží sloje č. XVII.

Na závěr této kapitoly konstatuji, že nebylo možno provést současné hodnocení poklesů povrchu a seismické aktivity dané oblasti vzhledem ke skutečnosti, že databáze seismických jevů byla založena až v roce 1990. Při vyhodnocování prolomení pevného nadloží, ke kterým došlo po roce 1990 je možné daleko přesněji určit termín prolomení na základě vyhodnocení seismických záznamů z dané oblasti. Tím je také přesněji definována poloha porubu v době prolomení pevného nadloží. U starších měření, jako je toto vyhodnocované musíme vycházet z měření povrchu, které má časový interval většinou cca půl roku.

## 7. Zhodnocení dosažených výsledků

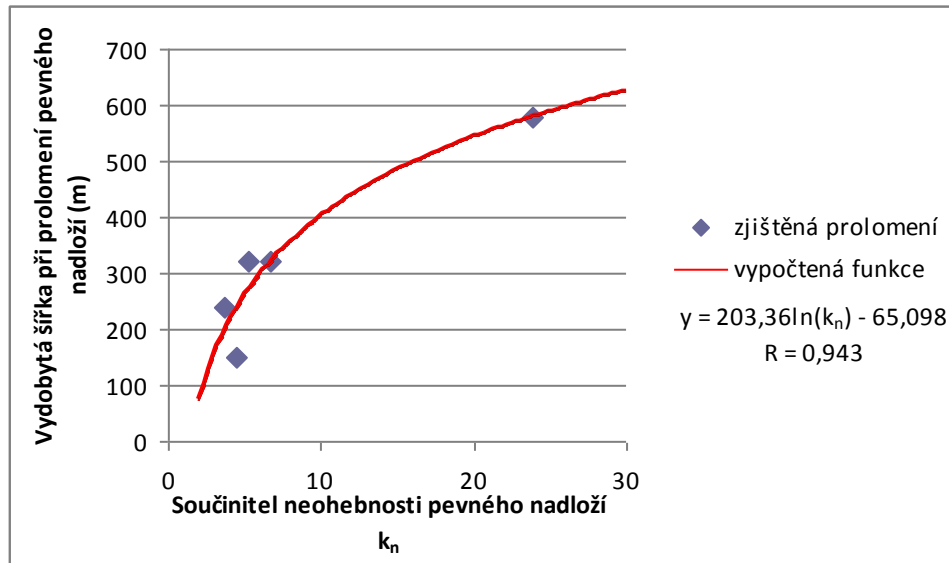
Dosažené výsledky této disertační práce potvrdily, že zvolená metodika hodnocení pevného nadloží byla správná.

Z výše provedeného hodnocení vyplynuly určité hodnoty vydobyté šířky v době prolomení pevného nadloží při konkrétních přírodních podmínkách charakterizovaných součinitelem neohebnosti, ve kterých probíhalo dobývání slojí č. X, XI, XII a XVI. Grafické znázornění závislosti šířky vydobytého prostoru při prolomení pevného nadloží na součiniteli neohebnosti pro hodnocené případy je na obr. č. 28.



Obrázek č. 28: Závislost šířky vydobytého prostoru při prolomení pevného nadloží na součiniteli neohebnosti

Z vyhodnocených šířek vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží byl sestaven graf závislosti na součiniteli neohebnosti – obrázek č. 29.



Obrázek č. 29: Graf závislosti mezi součinitelem neohebnosti a šířkou vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží

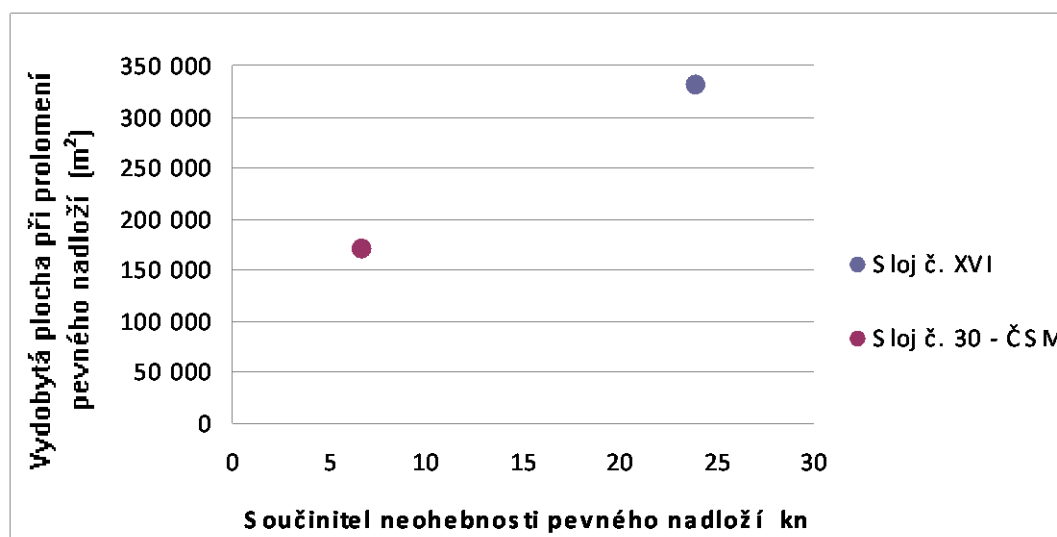
Pro body zjištěného prolomení pevného nadloží byla vypočtena regresní křivka. Danému uspořádání nejlépe vyhovuje logaritmická křivka ve tvaru:

$$y = 203,36 \ln(k_n) - 65,098 \quad (\text{m}) \quad (10)$$

kde  $y$  je vydobyta šířka při prolomení pevného nadloží (m).

Tato regrese poměrně dobře vystihuje zjištěné vydobyté šířky při prolomení pevného nadloží, protože korelační součinitel má hodnotu 0,943. Je třeba si však uvědomit, že zjištěné vydobyté šířky při prolomení pevného nadloží byly často v různé míře ovlivněny zlomovou tektonikou. Z této skutečnosti vyplývá také určitý rozptyl zjištěných bodů na uvedeném grafu. Zlomová tektonika v dobývané oblasti zmenšuje vydobytou šířku při prolomení pevného nadloží.

Vydobyta šířka charakterizuje prolomení pevného nadloží v případech kdy tvar vydobyté plochy je tvořen protáhlým obdélníkem. V případech, kdy tvar vydobyté plochy je zhruba čtvercový nebo jinak nepravidelný, je vhodné sledovat závislost velikosti vydobyté plochy při prolomení pevného nadloží na součiniteli neohebnosti. Ve sledovaných případech byla vydobyta plocha často velmi nepravidelná, takže vyjádření této závislosti má smysl pouze ve dvou případech (obrázek č. 30).



Obrázek č. 30: Závislost součinitele neohebnosti na určené vydobyté ploše při prolomení pevného nadloží

Vzhledem k tomu, že byly určeny jenom dvě hodnoty plochy není možno stanovit regresní křivku (obrázek č. 30).

Na obrázcích č. 28 a č. 29 jsou v grafech použity určené hodnoty šířky vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží slojí spodních sušských vrstev z lokalit Dolu Dukla a Dolu ČSM. I když obě uvedené lokality na sebe územně nenavazují, zjištěné parametry vykazují přibližně stejnou hodnotu šířky vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží. Nicméně určitý rozptyl hodnot šířky existuje, což je zapříčiněno hlavně zlomovou tektonikou v dobývané oblasti a jejím blízkém okolí. Vliv zlomové tektoniky na porušování nadložních hornin je obecně známý – zlomová tektonika urychluje porušování nadloží. Míra tohoto ovlivnění je však různá v závislosti na typu zlomové tektoniky, jejím úklonu a orientaci úklonu tektoniky vzhledem k vydobytému prostoru. Kvantifikace vlivu zlomové tektoniky na hodnotu šířky vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží je proto prakticky nemožná. To, že hodnoty šířky vydobytého prostoru v době prolomení pevného nadloží i v různých litologických podmínkách sušských a sedlových slojí, s různými mechanickými vlastnostmi hornin vychází srovnatelně je důkazem toho, že klasifikační parametr pevných horninových vrstev – součinitel neohebnosti pevného nadloží – byl zvolen správně.

## 8. Závěr

Pro hodnocení porušování pevných nadložních vrstev bylo nutné nejdříve najít takový klasifikační parametr, který by zahrnoval hlavní ovlivňující činitele - celkovou mocnost pevných vrstev, jejich pevnost a četnost diskontinuit. Po prostudování celé dlouhé řady klasifikačních metod vyplynulo, že uvedené hlavní ovlivňující činitele zohledňuje pouze jediná metoda - stanovení součinitele neohebnosti. Původní metoda stanovení součinitele neohebnosti byla modifikována v tom, že se nehodnotí pouze mocnost efektivního nadloží, ale celá mocnost pevných nadložních vrstev.

V této disertační práci jsem hodnotil porušování pevného nadloží slojí č. X, XI, XII a XVI v oblasti 4. důlního pole Dolu Dukla.

Z výsledků hodnocení byla určena regresní křivka. Jako nejvhodnější vyjádření šířky vydobyté plochy, kdy dojde k celkovému porušení pevných nadložních vrstev, se jeví regresní závislost ve formě logaritmické křivky, jejíž rovnice je dána vztahem:

$$y = 203,36 \ln(k_n) - 65,098 \quad (m)$$

Tato regresní křivka vyjadřuje závislost mezi součinitelem neohebnosti a šířkou, kterou je nutné vydobýt, aby došlo k prolomení pevného nadloží.

Tímto hodnocením byly naplněny všechny cíle, které si disertační práce vytýčila.

## LITERATURA:

- [1] ŽENČ, M.: *Pohyb pohoří při dobývání sedlových slojí v OKR*, Zpráva č. 75, VVUÚ Ostrava - Radvanice, 1970
- [2] JIRÁNKOVÁ, E.: *Časoprostorové vytváření poklesové kotliny v závislosti na charakteru horského masivu*. Disertační práce doktor. studia, VŠB-TU Ostrava, 2006
- [3] JIRÁNKOVÁ, E., PETROŠ, V., MIKOLÁŠ, M.: *Rock mass disintegration assessment on the basis of observations of surface subsidence in the course of underground mining of coal*. Odesláno k publikování v *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2008
- [4] MOON, V. AND ROY, T.: *Geological controls on rock mass classification of coal from Huntly East Mine, New Zealand* Engineering Geology **Volume 75, Issue 2**, October 2004, pp. 201-213.
- [5] PRIEST, S.D.: *Discontinuity Analysis for Rock Engineering*. Chapman and Hall, London 1993, 473 pp.
- [6] STAPLEDON, D.H.: *Discussion of DF Coates, rock classification*. *Int J Rock Mech Min Sci* 5 (1968), pp. 371–373.
- [7] BRADY, B.H.G. AND BROWN, E.T.: *Rock mechanics for underground mining*. Allen and Unwin, London 1985, 527 pp.
- [8] HAND, G.J.: *Construction and assessment of classification rules*, John Wiley & Sons, 1997.
- [9] CATRIN EDELBRO, JONNY SJÖBERG AND ERLING NORDLUND: *A quantitative comparison of strength criteria for hard rock masses*, Tunnelling and Underground Space Technology, **Volume 22, Issue 1**, January 2007, pp. 57-68
- [10] MARKAND, C., MOLINDA, G.M.: *The Coal Mine Roof Rating (CMRR)—a decade of experience*. International Journal of Coal Geology, **Volume 64, Issues 1-2**, 17 October 2005, Pages 85-103.
- [11] WICKHAM, G.E., TIEDEMANN, H. AND SKINNER, E.H.: *Support determination based on geologic predictions*. In: *Proc. 1st Rapid Exc. Tun. Conf.*, New York, AIME 1972, pp. 43–64.
- [12] BARTON, N., LIEN, R. AND LUNDE, J.: *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. *Rock Mech.* 6 (1974), pp. 189–236.
- [13] HANSAGI, I.: *Numerical determination of mechanical properties of rock and of rock masses*. *Int J Rock Mech Min Sci* 2 (1965), pp. 219–223.

- [14] CERCHAR: *Cerchar Tests for the Measurement of Durete and Abrasivite of Rocks*. Cerchar Document, 1973, pp. 53–59.
- [15] YAŞAR, E.: *A new rock mass classification for Coal Measures Rocks*, Engineering Geology, Volume 62, Issue 4, December 2001, pp. 293-300
- [16] BIENIAWSKI, Z.T.: *Classification of rock masses for engineering: the RMR system and future trends*. In: J.A. Hudson, Editor, *Comprehensive rock engineering vol. 3*, Pergamon Press, UK, 1993, pp. 553–573.
- [17] GUPTA, A.S. AND RAO, K.S.: *Weathering indices and their applicability for crystalline rocks*. *Bull Eng Geo Environ* 60 (2001), pp. 201–221.
- [18] RAMAMURTHY, T. AND ARORA, V.K.: *A simple stress–strain model for jointed rocks*. *Proceedings of the Seventh International Congress on Rock Mechanics*, Aachen, Germany, vol. 1, 1991. pp. 323–326.
- [19] HOEK, E., KAISER, P.K. AND BAWDEN, W.F.: *Support of underground excavations in hard rock*, A.A. Balkema, Rotterdam Brookfield, 1995.
- [20] PALMSTRÖM, A.: *RMi-a rock mass characterization system for rock engineering purposes*. Ph.D. Thesis University of Oslo, 1995, p. 400.
- [21] SERAFIM, J. AND PEREIRA, J.P.: *Consideration of the geomechanics classification of Bieniawski*. *Proceedings of the International Symposium on Engineering Geology and Underground Constructions*, 1983, pp. 1133–1144.
- [22] PALMSTRÖM, A.: *Characterization of rock masses by the RMi for use in practical rock engineering*. *Tunnel. Underground Space Technol.*, Vol. 11, No. 2, pp. 175–186 (part 1); Vol. 11, No 3, 1996, pp. 287–303 (part 2).
- [23] DEERE, D.U.: *Geological considerations, Rock Mechanics in Engineering Practice*, Division of Civil Engineering, School of Engineering, University of Wales, Swansea, Wiley, New York (1968) pp. 1–20.
- [24] HOEK, E.: *Strength of rock masses*. *News Journal of ISRM*2(2), 1994, pp. 4–16.
- [25] STILLE, H., GROTH, T. AND FREDRIKSSON, A.: *FEM-analysis of rock mechanical problems with JOBFEM*, Stiftelsen Bergteknisk Forskning – BeFo, Stockholm. 1/82., 1982, p.307.
- [26] UNVERAND, B. YASITLI, N.E.: *Modelling of strata movement with a special reference to caving mechanism in thick seam coal mining*. International Journal of Coal Geology Volume 66, Issue 4, 3 April 2006, Pages 227-252.



- [27] ŞEN, Z. AND BAHAAELDIN, H.S.: *Modified rock mass classification system by continuous rating*. Engineering Geology, Volume 67, Issues 3-4, January 2003, pp. 269-280.
- [28] BIENIAWSKI, Z.T.: *Engineering Rock Mass Classifications.*, Wiley, New York 1989, 251 pp.
- [29] RAMAMURTHY, T. A: *Geo-engineering classification for rocks and rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 41, Issue 1, January 2004, pp. 89-101.
- [30] BIENIAWSKI, Z.T.: *Engineering classification of jointed rock masses*. *Trans S Afr Inst Civ Eng* 15 12 (1973), pp. 335–344.
- [31] BIENIAWSKI, Z.T.: *Geomechanics classification of rock masses and its application in tunnelling*. In: *Proceedings of the 3rd International Congress on Rock Mechanics*, Denver, 1974, pp. 27–32.
- [32] TERZAGHI, K.: *Introduction to tunnel geology*, *Rock Tunnelling with Steel Supports*, 1946, pp. 5–153.
- [33] GOEL, R.K., JETHWA, J.L. AND PAITHANKAR, A.G.: *Correlation between Barton's Q and Bieniawski's RMR—a new approach*, *Int. J. Rock Mech. Min.* 33 (1995) (2), pp. 179–181 (Technical note).
- [34] FRANKLIN, J.A., BROCH, E. AND WALTON, G.: *Logging the mechanical character of rock*. *Trans Inst Min Met London* 80A (1971), pp. 1–8.
- [35] WOOD, D.: *Estimating Hoek–Brown rock mass strength parameters from rock mass classifications*. *Transp. Res. Rec.* 1330, 1991, pp. 22–29.
- [36] PRIEST, S. D. AND HUDSON, J.A.: *Discontinuity spacings in rock*. *Int. J. Rock Mech., Min. Sci. Geomech. Abstr.* 13, 1976, pp. 135–148.
- [37] DEERE, D.U.: *Technical description of cores for engineering purposes*. *Rock. Mech. Eng. Geol.* 1 (1964), pp. 17–22.
- [38] BROWN, E.T., EDITOR.: *Rock Characterization, Testing and Monitoring*. ISRM Suggested Methods. International Society for Rock Mechanics, Pergamon, Oxford, 1981 Published for the Commission on Testing Methods.
- [39] Mining Research and Development Establishment (MRDE). NCB Cone Indentor. MRDE Handbook No. 5., 1977.
- [40] BIENIAWSKI, Z.T.: *Rock mass rating systems in engineering practice*. *Symposium on Rock Classification Systems for Engineering Purposes*, ASTM, STP 984, 1988, pp. 17–34.

- [41] HOEK, E., MARINOS, P. AND BENISSI, M.: *Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens schist formation*. Bull. Eng. Geol. Env. **57**, 1998, pp. 151–160.
- [42] REDDISH, D. J. AND YAŞAR, E. A.: *New portable rock strength index test based on specific energy of drilling*. Int. J. Rock Mech. Miner. Sci. Geomech. Abstr. 33 5., 1996, pp. 543–548.
- [43] COATES, D.F.: *Classification of rock and rock masses*. Int J Rock Mech Min Sci 1 (1964), pp. 421–429.
- [44] ROMANA, M.R.: *A geomechanical classification for slopes: slope mass rating*. In: Hudson, J.A., Editor, 1993. *Comprehensive Rock Engineering* vol. 3, Pergamon, Oxford, pp. 575–599.
- [45] EINSTEIN, H., STEINER, W. AND BAECHER, G. B.: *Assessment of empirical design methods for tunnels in rock*. RETC 1979, pp. 683–705.
- [46] LAUFFER, H.: *Classification for tunnel construction (in German)*. Geologie und Bauwesen 24(1), 1958, pp. 46–51.
- [47] DEERE, D. U. AND MILLER, R. P.: *Engineering classification and index properties for intact rocks*. Technical Report No. AFNL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, 1966.
- [48] PALMSTRÖM, A. AND SINGH, R.: *The deformation modulus of rock masses - comparisons between in situ tests and indirect estimates*. Tunnel. Underground Space Technol. 16(3), 2001, pp. 115–131.
- [49] WHITTLES, D.N., REDDISH, D.J. AND LOWNDES, I.S.: *The development of a coal measure classification (CMC) and its use for prediction of geomechanical parameters*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 44, Issue 4, June 2007, Pages 496-513.
- [50] *The Cone Indenter MRDE Handbook No. 5*, Stanhope Bretby, Burton upon Trent. 1972
- [51] STILLE, H. AND PALMSTRÖM, A.: *Classification as a tool in rock engineering*. Tunnelling and Underground Space Technology Volume 18, Issue 4, August 2003, pp. 331-345.
- [52] ISRM. *Standardization of laboratory, field tests*. Int J Rock Mech Min Sci Geomech Abstr 1978;15:348 .

- [53] HOUGHTON, D.A.: *The role of rock quality indices in the assessment of rock masses*. In: Proc. Symp. Expl. Rock Eng., Johannesburg, Balkema, Cape Town vol. 1 (1976), pp. 129–135.
- [54] HOEK, E., CARRANZA-TORRES, C. AND CORKUM, B.: *Hoek–Brown failure criterion – 2002 ed.* In, Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunnelling Association of Canada Conference: NARMS-TAC 2002, July 7–10, University of Toronto, pp. 267–271. Updated version (October 2, 2002).
- [55] GRIMSTAD, E. AND BARTON, N.: *Updating the Q-system for NMT*. Proceedings of the International Symposium on Sprayed Concrete, Fagernes, Norway, Norwegian Concrete Association, Oslo 1993, 20 pp.
- [56] HOEK, E. AND BROWN, E.T.: *Practical estimates of rock mass strength*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci 34, 1998, pp. 1165–1186.
- [57] STRAUBE, R A KOL.: *Důlní otřesy v karbonském pohoří*, str. 33, 1972, SNTL Praha.
- [58] ZAMARSKI, B. A KOL.: *Genetická klasifikace horských otřesů*. Sborník konference Aktuální problémy geomechaniky. 1983, DT ČSVTS Ostrava.
- [59] PĚTUCHOV, I. M., ZAMARSKI, B.: *Boj proti horským otřesům v uhelných dolech*, 1990, STNL Praha.
- [60] Vyhláška ČBÚ č. 659/2004 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu v dolech s nebezpečím důlních otřesů, Praha
- [61] PETROŠ, V.: *Problematika důlních otřesů. Dobývání uhlí v obtížných důlně geologických podmínkách*, Materiál pro rekvalifikační studium „Hornické inženýrství“, VŠB-TU Ostrava, 1999
- [62] VAVRO, M., PETROŠ, V.: *Mechanika hornin a horského masivu I. část*, Skriptum pro postgraduální studium - Hornická geomechanika, VŠB v Ostravě, 1981
- [63] MIKESKA, J. ET AL.: *Mechanika hornin II*, Praha, SNTL, 1970
- [64] TRNKA, O. ET AL.: *Dobývání ložisek*, Praha, SNTL, 1968
- [65] JIRÁNKOVÁ, E.: *Časoprostorové vytváření poklesové kotliny v závislosti na charakteru horského masivu*. Disertační práce doktor. studia, VŠB - TU Ostrava, 2006
- [66] NESET, K.: *Vlivy poddolování*. SNTL Praha, 1984
- [67] PETROŠ, V.: *Geomechanický monitoring*. Učební texty, VŠB - TU Ostrava, 2002
- [68] PETROŠ, V., MÜLLER, K., KNEJZLÍK, J.: *Geomechanický a geofyzikální monitoring*, VŠB - TU Ostrava, 2000.

- [69] PETROŠ, V. ET AL.: *Investigation of rock mass destruction during mining. Eurock - Impact of humanity Activity on the Geological Enviriment*, page 461 - 466, Taylor & Francis Group plc, London 2005 ISBN 04-1538-042-1
- [70] Kolektiv autorů odb. výpočtu zásob a ložiskové geologie: *Výpočet zásob černého uhlí Dolu Dukla, o.z., Havířov - Textová část I.*, OKD - DPB, o. z. Paskov, 1990
- [71] DOPITA, M. ET AL.: *Geologie české části hornoslezské pánve*, MŽP ČR, Praha, 1997
- [72] HAVAJ, J.: *Hodnocení stavu porušení pevného nadloží exploatovaných slojí*, Sborník referátů z 2. tradičního geomechanického a geofyzikálního kolokvia, 181 - 193, Ostravice, 2008
- [73] *Metodický postup GM/05/REG*, Regionální prognóza vzniku otřesů na dolech OKR, OKD, DPB, a.s., Paskov, 2006

V současné době jsou připravovány dva příspěvky na XV. konferenci Společnosti důlních měřičů a geologů:

HAVAJ, J., JIRÁNKOVÁ, E.: *Posuzování průběhu porušování pevného nadloží exploatovaných slojí na základě měření poklesů povrchu.*

JIRÁNKOVÁ, E., CVILINK, J., HAVAJ, J., HANÁK, Z.: *Využití povrchových měření výšek při hodnocení porušování horského masivu.*

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

Příloha č.1: Hodnoty naměřených výšek povrchových bodů

Příloha č.2: Řez V - Z po souřadnici 1 104 500

Příloha č.3: Situační mapa dobývání sloje č. VII

Příloha č.4: Situační mapa dobývání sloje č. X

Příloha č.5: Situační mapa dobývání sloje č. XI

Příloha č.6: Situační mapa dobývání sloje č. XII

Příloha č.7: Situační mapa dobývání sloje č. XVI

Příloha č.8: Situační mapa dobývání sloje č. XVII

Příloha č.9: Přehled dobývaných porubů ve slojích č. VII, X, XI, XII, XVI a XVII

## **Anotace**

Při hlubinném dobývání stěnováním na zával dochází k přerozdělení původního napětí v horském masivu. Zatímco ve vydobyté oblasti je napětí podstatně sníženo, v okolní nevydobyté oblasti se napětí zvýší. Výše působícího napětí v okolí vydobyté plochy závisí mimo jiné na velikosti odrubané plochy, na dobývané mocnosti a na geologických vlastnostech horského masivu. V případě exploatace slojí s pevným nadložím může v okolí vydobyté sloje docházet ke koncentraci vysokých hodnot přídatných napětí. Ta mohou být při další exploataci příčinou vzniku otřesu, který při náhlém uvolnění napětí může nastat. V konkrétních podmínkách musí být vydobyta určitá plocha, při níž dojde k prolomení pevného nadloží. Čím je tato plocha větší, tím vyšší jsou napětí působící v jejím okolí a narůstá nebezpečí náhlého uvolnění napětí a vzniku otřesu. Části horského masivu, kde nedochází ke křehkému porušování a kde se tedy může koncentrovat napětí by bylo možné za určitých okolností předpokládat na základě dlouhodobého sledování poklesu povrchu.

Tato disertační práce se zabývá posouzením možné vzájemné vazby průběhu napěťodeformačních procesů v exploatovaném horském masivu a vývoje deformací povrchu. Na základě definice možného vztahu by bylo možno určit rozsah porušené oblasti v době prolomení pevného nadloží a odtud na rozsah neporušené oblasti, tedy na oblast možné koncentrace napětí.

Metodika práce spočívá ve srovnání naměřených hodnot poklesů povrchu nad oblastí v níž byly exploatovány sloje s geometrií odrubu jednotlivých slojí ve stejných časových úsecích. Jsou přitom zohledněny hornické a geologické podmínky a vlastnosti. Pro řešení byla vybrána oblast 4. důlního pole Dolu Dukla. Periodická měření výšek povrchových bodů v předmětné oblasti probíhala od roku 1970 s půlročním intervalem do roku 1988. V daném časovém období zde byly dobývány ve spodních sušských vrstvách sloje č. VII (643), X (626), XI (614), XII (605+606) a v sedlových vrstvách sloje č. XVI (526) a XVII (516). Hodnocení bylo zaměřeno na sloje č. X, XI, XII a XVI s pevným hlavně pískovcovým nadložím.

Všechny potřebné údaje o naměřených hodnotách poklesů povrchů a důlně-geologických informacích byly pro zpracování tématu disertační práce poskytnuty VOJ Dolu Paskov, závod Dukla případně byly další technické údaje poskytnuty k nahlédnutí v archívu OKD, a.s..

## **Annotation**

During underground longwall excavation the specific stress state in the rock mass occur. While in mined out area the stress is considerably lower, in adjacent not mined area acts higher stress. The value of stress acting in adjacent not mined area depends among others on the size of mined area, seam thickness and geological conditions of overburden. In the case when competent rocks are in that area the high stress level may concentrate there.. They may be the cause of rock burst in the next excavation. In the certain geological and mining condition the certain area must be excavated that the competent rock are failed . The larger is that area, the higher is acting stress in surrounding and the danger of rock burst is growing. Under certain circumstances the regions without brittle deformation and consequently the region of high level of stress in rock mass may be predicted from long-term measurements of surface subsidence.

This work deal with possible interrelation between stress-strain processes in the exploited rock mass and the development of surface deformation. Based on such an interrelation it could be possible to define deformation region and consequently the regions of high stress level in the exploited rock mass.

The used method consists in comparison measured values of surface subsidence above the exploited region with the geometry of exploited area or region in the rock mass in the same period. The geological and mining conditions are considered. For that reason the region of 4th. block former mine Dukla was chosen. The measurement of surface subsidence was realised since 1970 to 1988. In this period the seams of Lower Sušské beds and Sedlové beds was excavated. In this work was noticed the parts of rock mass in which the competent rock in the overburden of seam occurred.

All necessary data of surface subsidence and of the geological and mining condition of rock mass was lent by Mines of OKD Inc.

Místopřísežně prohlašuji,  
že jsem svou disertační práci vypracoval samostatně.

v Šenově 28. srpna 2008

Podpis



## Poděkování

Autor děkuje školiteli prof. Ing. Vladimíru Petrošovi, CSc., za cenné rady v průběhu zpracování doktorské práce, Ing. Evě Jiráňkové, Ph.D. z HGF VŠB – Technické univerzity Ostrava za konzultace k zpracovávané problematice a Ing. Ivo Horkému z VOJ Dolu Paskov, závod Dukla za poskytnuté údaje pro zpracování doktorské disertační práce.