

Výsledky řešení grantového úkolu „Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspektivních dolových polích velkolomů“ na základě testování hornin a měření rozpojovacích odporů na rýpadlech v lomu Libouš

Ergebnisse einer Lösung der Grantaufgabe „Prognostizieren der Lösewiderstände bei Gebirgen in perspektiven Abbaufeldern in Tagebauen“ auf Basis des Gebirgstestens und Messens von Lösewiderständen auf den Baggern in Tagebau Libouš

Der Beitrag informiert über dem Projekt und der Lösung der Grantaufgabe „Prognostizieren der Lösewiderstände bei Gesteinen in perspektiven Abbaufeldern in Tagebauen“ für den Tagebau Libouš auf dem Grund des Gesteinstestens und Messens von Lösewiderständen auf allen an diesem Tagebau eingesetzten Baggern. Durch diese Untersuchung wurde nachgewiesen, dass eine akzeptierbare Korrelationsbeziehung zwischen bestimmten physikalisch-mechanischen und petrographischen Eigenschaften von Sedimenten und Lösewiderständen besteht. Auf Basis der im Artikel angeführten Lösungsergebnisse ist eine Prognose der Widerständen erarbeitet, welche die Sedimenten des Deckgebirges einer Kohlenflöz in einem perspektiven Abbaufeld dem Lösen stellen werden. Ziel der durchgeführten Arbeiten ist glaubwürdige Unterlagen für eine Erneuerung der Kohleförderungstechnik und Technologie sicherzustellen.

Results of solution of the grant task of „Making predictions of separation resistances of rocks in perspective mine fields of big mines“ on a basis of testing rocks and measuring separation resistances on shovels in the mine of Libouš

The article submits a piece of information on the project and solution of the grant task of „Článek podává informaci o projektu a řešení grantového úkolu „Making predictions of separation resistances of

rocks in perspective mine fields of big mines“ for the mine of Libouš on a basis of testing rocks and measuring separation resistances on all shovels operated in this mine. By a presented research, it has been proved that there exists an acceptable correlation relation between certain physical-mechanical and petrographic properties of sediments and separation resistances. On a basis of solution results presented in the article, there is being compiled a prediction of separation resistances imposed by sediments of overlaying walls of a coal seam in the perspective mine of Libouš II. The aim of the works performed is the security of credible bases for the renovation of exploitation facilities and technologies.

Результаты решения задания гранта „Прогнозирование сопротивлений пород копанию в перспективных шахтных полях крупных разрезов“ на основе тестов пород и измерения сопротивлений копанию на экскаваторах разреза Либоуш

Статья дает информацию о проекте и решении приведенного задания на бурогольном крупном разрезе Либоуш на основе испытаний горных пород и измерения сопротивлений копанию на всех экскаваторах указанного разреза. Исследование доказало, что существует приемлемое корреляционное соотношение между определенными физико-механическими и петрографическими свойствами седиментов и сопротивлением копанию. На основе приведенных в статье результатов решения разрабатывается прогноз сопротивлений, которые будут седименты надугольной вскрышной

толщи оказывать процессу экскавации в перспективном шахтном поле Либоуш II. Целью этих работ является обеспечение достоверных данных для возобновления горно-транспортной техники и технологии.

Výsledky řešení grantového úkolu „Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspektivních dolových polích velkolomů“ na základě testování hornin a měření rozpojovacích odporů na rýpadlech v lomu Libouš

Článek podává informaci o projektu a řešení grantového úkolu "Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspek-

tivních dolových polích velkolomů" pro lom Libouš na základě testování hornin a měření rozpojovacích odporů na všech rýpadlech nasazených na tomto lomu. Uvedeným výzkumem bylo prokázáno, že existuje přijatelný korelační vztah mezi určitými fyzikálně-mechanickými a petrografickými vlastnostmi sedimentů a rozpojovacími odpory. Na základě v článku uváděných výsledků řešení je zpracovávána prognóza rozpojovacích odporů, které budou klást sedimenty nadloží uhelné sloje v perspektivním dolovém poli Libouš II. Cílem prováděných prací je zajištění věrohodných podkladů pro obnovu těžební techniky a technologie.

1. Lom Libouš

Lom Libouš je jako součást Severočeských dolů, a. s., významnou těžební jednotkou pro těžbu hnědého uhlí. V rámci územně ekologických limitů těžby, vyhlášených českou vládou má lom Libouš k dispozici ještě cca 380 mil. tun vytěžitelných zásob energetického hnědého uhlí. Ty zajišťují životnost velkolomu na dalších 30 – 35 let.

Pro zajištění potřebných těžeb uhlí je nutné ročně skrýt cca 40 mil. m³ nadložních sedimentů. Na odtěžení tohoto objemu nadložních hmot se podílejí čtyři technologické soubory rýpadel, pásových dopravníků a zakladačů o výkonnosti $Q_{th} = \text{cca } 5000 \text{ m}^3 \cdot \text{s.z. hod}^{-1}$. Pohled na dobývací stranu lomu Libouš je znázorněn na obr. 1.

Je pochopitelné, že stroje a zařízení, která mají stáří 34 resp. 35 let vyžadují inovaci, příp. nahrazení stroji novými. Tato obnova, zejména u rýpadel vyžaduje, aby při ní byly vzaty v úvahu změny, které při přechodu do nového dolového pole označovaného jako Libouš II vznikají (obr. 2). Velká pozornost je proto věnována dokonalé znalosti geologické stavby a petrografii nadloží perspektivního dobývacího prostoru, jakož i hodnocení fyzikálních vlastností nadložních sedimentů.

Toto vše je zajišťováno specificky stanoveným vrtným průzkumem, systematickým vyhodnocováním vzorků hornin z vrtů v hlubokém předpolí lomu, jakož i vyhodnocováním sedimentů, nacházejících se v otevřené porubní frontě. Vzniká cenná banka dat fyzikálně-mechanických parametrů a petrografických vlastností hornin, která může být využita pro prognózu dobývatelnosti nadloží uhelné sloje při dalším postupu lomu. Nejdůležitější je pak prognóza rozpojovacích odporů, které bude klást hornina dobývacím strojům na jednotlivých pracovních horizontech v různých hloubkách lomu.

2. Geologická charakteristika nadložních vrstev uhelné sloje

Jako celek představuje nadložní souvrství lomu Libouš litologicky málo diferencovaný komplex jílovců (ve svrchních partiích lokálně až jílu), lišících se navzájem obsahem prachové frakce a sideritu. Místně jsou vyvinuty polohy pelosideritu. Jílovce mají převážně šedohnědou barvu a tence deskovitou odlučnost. Styk s hlavní slojí tvoří zpravidla až 3 m mocná poloha pevných tmavohnědých až šedočerných uhelných jílovců.

Vlivy rozvětrání jílovců se projevují do hloubek cca 20 m pod původním povrchem terénu. Patrná je zejména limonitizace, změna barvy, konzistence atd.

3. Metoda a obsah řešení

Metoda prognózování rozpojovacích odporů je založena na úvaze, že pro velikost rozpojovacích odporů jsou rozhodující fyzikálně-mechanické, příp. petrografické vlastnosti hornin. Zároveň bere v úvahu, že existují ještě další faktory, které mají na rozpojovací odpor vliv. Jedná se o vlastnosti rozpojovacího orgánu rýpadla a o technologii dobývání. Jak se v průběhu prací prokázalo, posledně jmenované faktory sice mají určitý vliv na měrný rozpojovací odpor, který hornina klade rozpojovacímu orgánu, ten však v praxi představuje cca 15 % zjištěného měrného rozpojovacího odporu [9].

Předmětem řešení bylo nalezení korelačních vztahů mezi rozpojovacími odpory a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi sedimentů na základě měření měrných rozpojovacích sil in-situ na rýpadlech. Nalezení takových korelačních vztahů má umožnit prognózování rozpojovacích odporů v předpolí lomů a to na základě vlastností hornin zjištěných vrtným průzkumem.

Z důvodů již dříve uvedených bylo nutné pro konstrukci korelačních vztahů přistoupit na některé zjednodušující předpoklady, především:

- a) u rýpadel obdobné konstrukce rozpojovacího orgánu závisí rypné a rozpojovací odpory hlavně na fyzikálních a petrografických vlastnostech sedimentů;
- b) je předpokládán relativně homogenní horninový masív alespoň v mocnosti jedné dobývané lávky;
- c) je uvažována stejná technologie dobývání (jedná se o technologii dobývání kolesovými rýpadly).

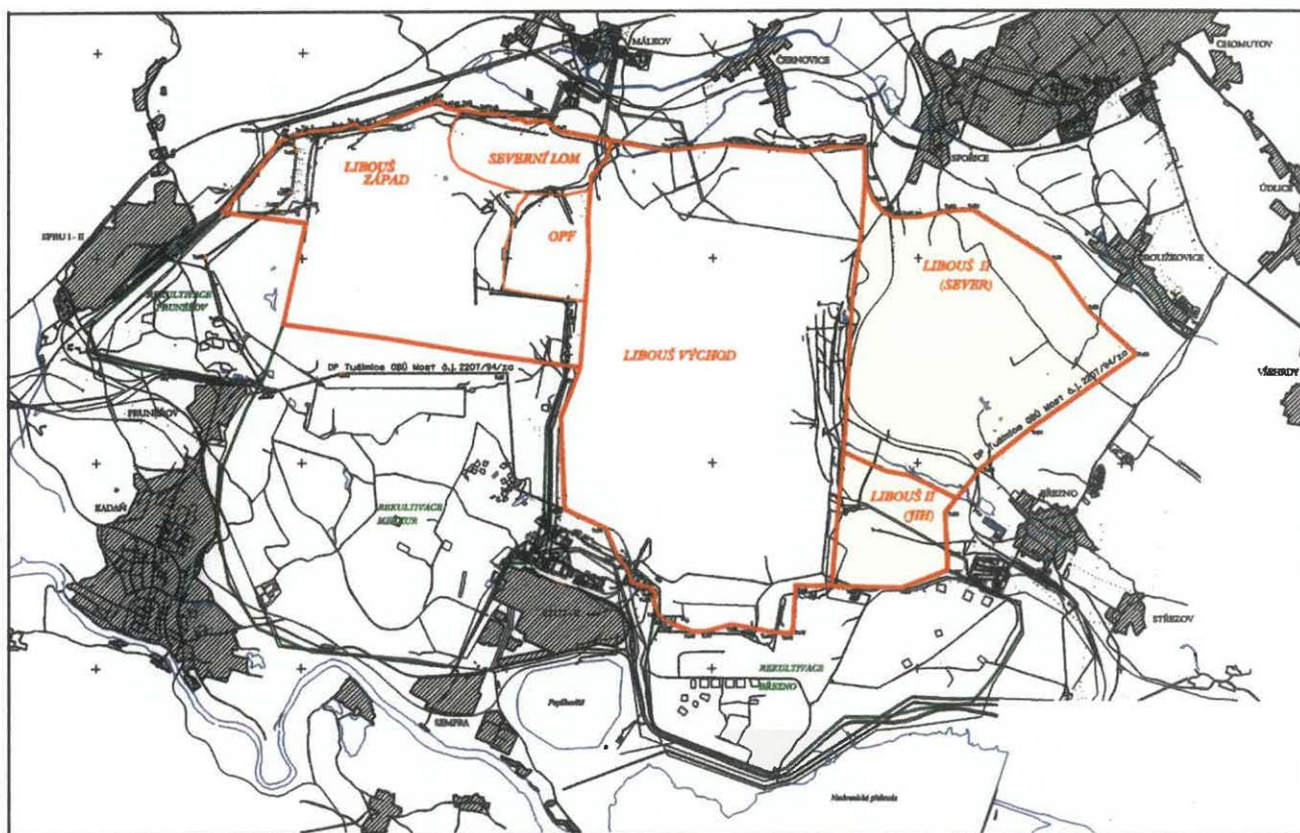
4. Zařízení na kontinuální měření veličin rozhodných pro výpočet měrných rypných a rozpojovacích sil

Pro řešení úkolu bylo vyvinuto zařízení na kontinuální měření veličin rozhodných pro výpočet měrných rypných a rozpojovacích sil. Jeho blokové schéma je znázorněno na obr. 3.

Měřicí aparatura se skládala ze standardního počítače Intel Pentium vybaveného měřicí kartou a měřícím softwarem. Aparatura dále obsahovala převodník činného



Obr. 1 Pohled na dobývací stranu lomu Libouš



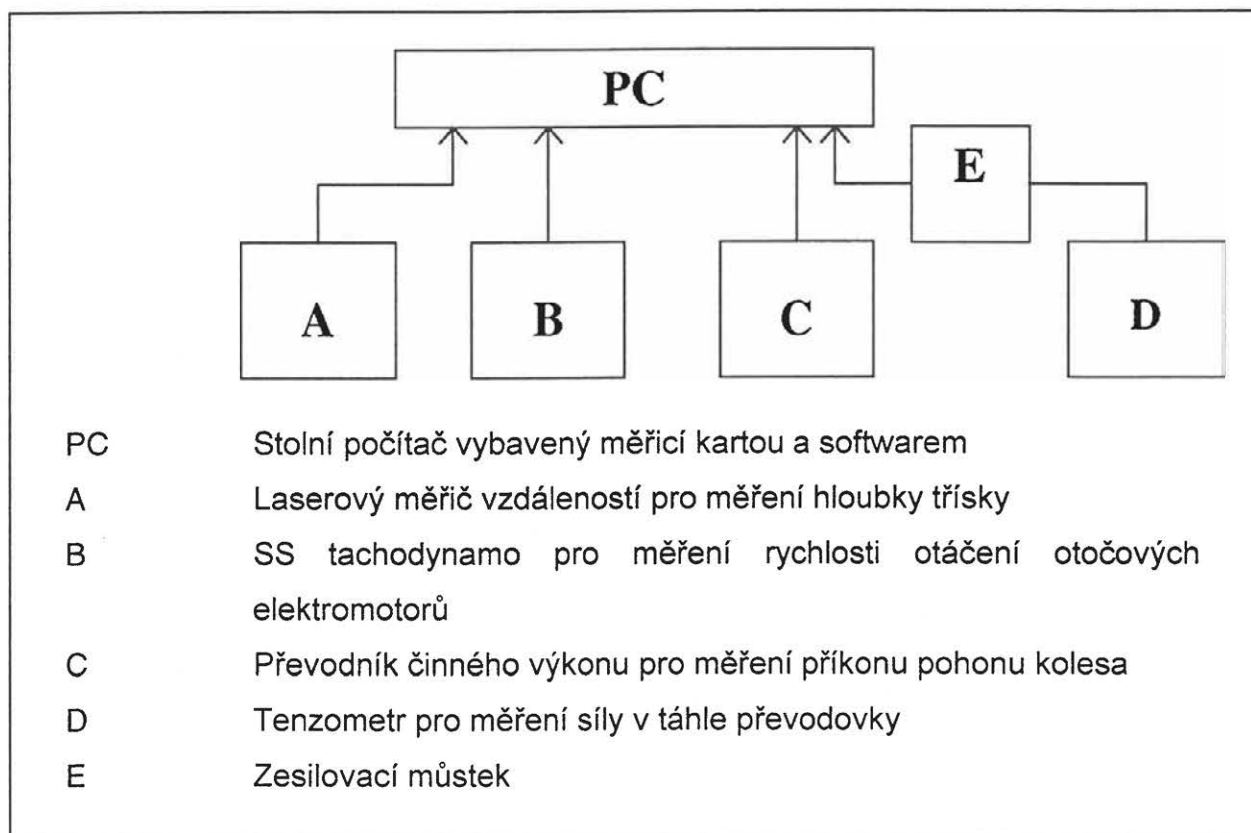
Obr. 2 Situování nového dolového pole Libouš II

výkonu pro snímání příkonu kola a tachodynamo elektromotorů pro snímání rychlosti otáčení horní stavby rýpadla, umístěné na volném konci jednoho z elektromotorů otoče. Dále byla vybavena laserovým měřičem vzdálenosti pro měření hloubky jednotlivých třísek.

Zařízení bylo uvedeno do provozu v závěru roku 1998 na rýpadle KU 800/20 na velkolomu Libouš, s těmito vlastnostmi:

1. Možnost dlouhodobého zjišťování veličin rozhodných pro výpočet rypných a rozpojovacích sil, příp. dalších parametrů;
2. univerzálnost řešení pro všechny typy kolesových rýpadel;
3. podle velikosti hard disku v podstatě neomezená délka záznamu;
4. následné počítačové vyhodnocení naměřených veličin, např. softwarem Quattro PRO nebo Excel apod.;
5. není nutný žádný zásah do technologie a elektro zařízení rýpadla;
6. vyhodnocení navazuje na dříve prováděná krátkodobá měření.

Nyní je uvedená aparatura nahrazována novým progresivním zařízením.



Obr. 3 Blokové schéma měřící aparatury

5. *Dobývání, měření a odběry vzorků při prováděných měřeních*

Odkliz nadloží uhelné sloje je prováděn čtyřmi skrývkovými řezy. Jsou zde zasazena dvě rýpadla typu SRs 1500 a dvě rýpadla typu KU 800. Dobývání probíhá převážně ve výškových řezech ve čtyřech až pěti lávkách. Horninový masiv I. skrývkového řezu, dobývaný rýpadlem SRs 1500, je znázorněn na obr. 4 Horninový masiv 4. skrývkového řezu, dobývaný rýpadlem KU 800, je znázorněn na obr. 5.

Od roku 1995 bylo na uvedených velkostrojích provedeno celkem čtrnáct měření veličin rozhodných pro výpočet měrných rypných sil F_{MP} [kN.m^{-1}] a měrných rozpojovacích sil F_{MR} [kN.m^{-1}] ve 42 lávkách. Zároveň byly odebrány vzorky hornin. Měření byla vyhodnocena podle známých algoritmů v České republice upravených normou ČSN 27 7013.

6. *Shrnutí výsledků statistického zpracování*

Cílem statistického zpracování bylo zjištění závislosti měrné rozpojovací síly v lávce $F_{MRstř}$ na výsledcích laboratorních zkoušek vzorků a to: obsahu karbonátů, obsahu jílových minerálů, objemové hmotnosti, vlhkosti, odporu v penetraci, pevnosti v tlaku a indexu jednotné klasifikace sedimentů.

Při statistickém zpracování byla využita metoda regresní diagnostiky programového systému ADSTAT 2.0 a grafický nástroj a základní statistické výpočty programu EXCEL 97.

Regresní vztah mezi závisle a nezávisle proměnnou je vyjádřen korelačními koeficienty a koeficienty determinace. Na základě výsledků statistického zpracování testovaných závislostí bylo možno určit lineární regresní modely, u kterých byly statistické testy regresního tripletu pozitivní, dále tam, kde byly t-testem přijaty parametry lineární regrese a koeficienty korelace a determinace byly příznivé. Do této skupiny lze zařadit lineární regresní model závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na indexu JKS, dále $F_{MRstř}$ na pevnosti v prostém tlaku σ_c a jak se v průběhu řešení ukázalo také $F_{MRstř}$ na pórovitosti.

Jejich regresní vztahy a statistické charakteristiky regrese obsahuje tabulka 1.

Tabulka 1

Testovaná závislost	Regresní vztah	korel. koef. R	koef. deter. R^2
$F_{MRstř}$ na indexu JKS	$y = 5.1x - 404$	0.79	0.624
$F_{MRstř}$ na pevnosti v tlaku σ_c	$y = 10.7x + 78,5$	0.70	0.486
$F_{MRstř}$ na pórovitosti	$y = -3.9x + 260$	0.85	0.718

Grafické znázornění jednotlivých regresních modelů je provedeno na obr. 6, 7 a 8. Na základě výsledků statistického testování pak bylo zpracováno souborné prognózní znázornění rozsahu závislosti měrné rozpojovací síly na testovaných veličinách (obr. 9). Pravděpodobný rozsah závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na JKS, pevnosti v prostém tlaku σ_c a pórovitosti je přehledně zachycen v tabulce 2.



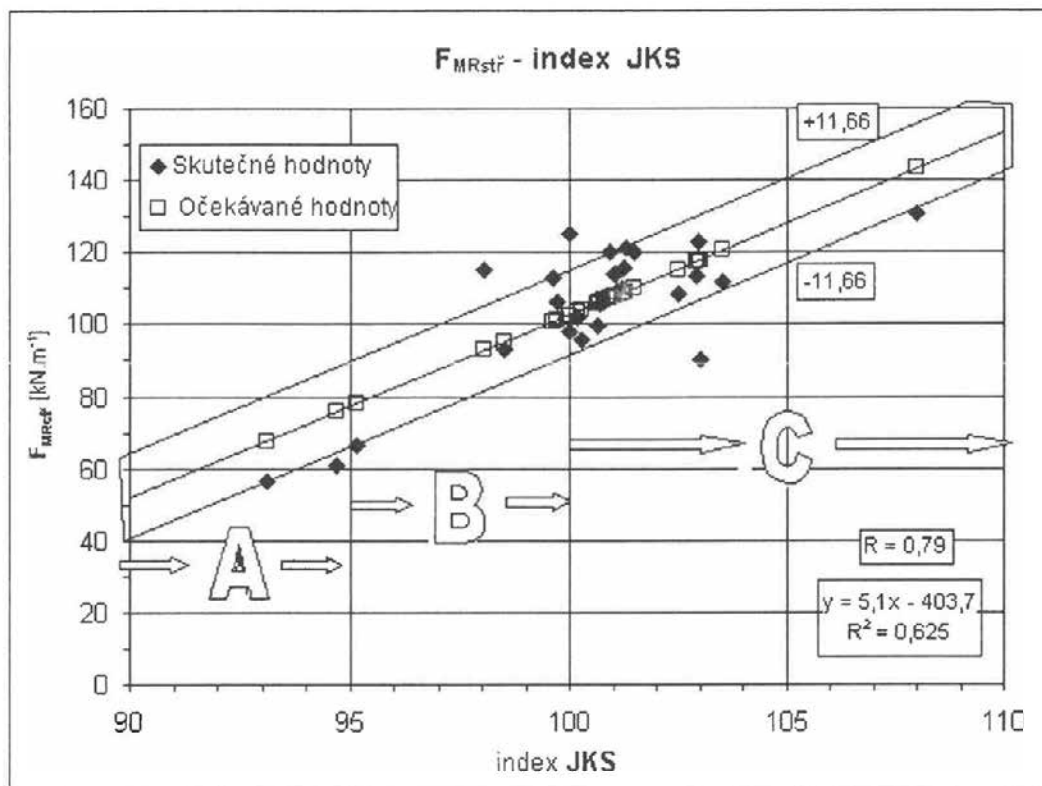
Obr. 4 Horninový masiv I. skryvkového řezu dobývaný rýpadlem SRs 1500



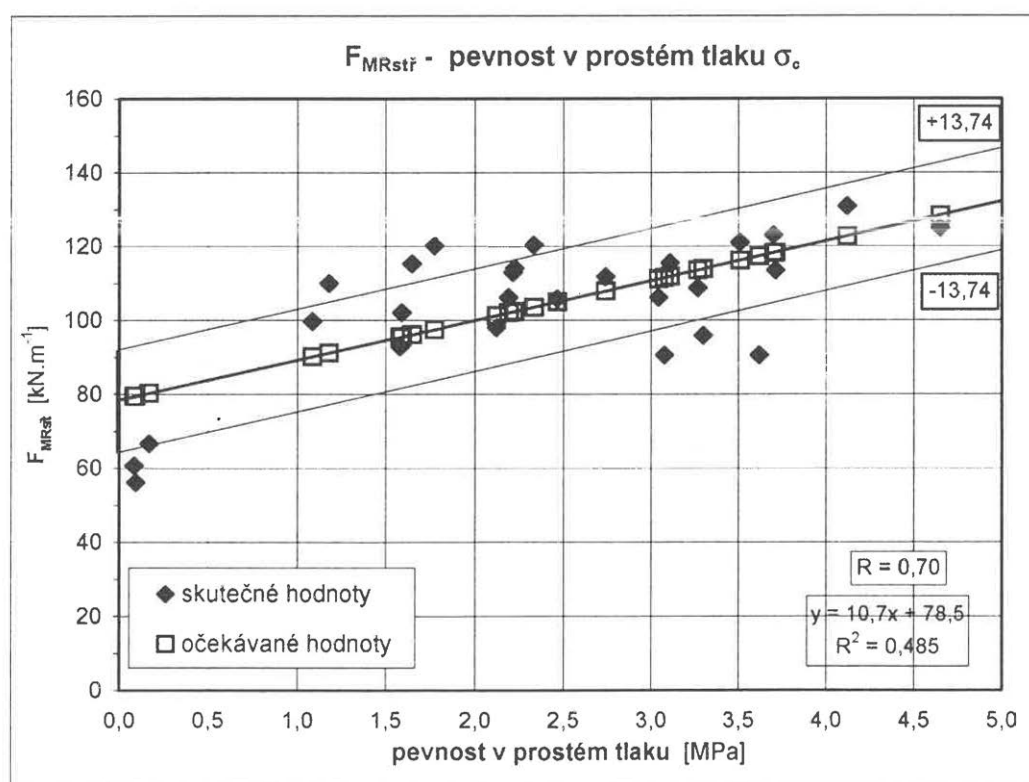
Obr. 5 Horninový masiv IV. skryvkového řezu dobývaný rýpadlem KU 800

třída JKS			A						B						C									
index JKS			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	
$F_{MRstř}$ [kN.m ⁻¹]	rozsah F_{MRstr}	11,7	63,7	68,8	73,9	78,9	84,0	89,1	94,1	99,2	104,2	109,3	114,4	119,4	124,5	129,6	134,6	139,7	144,8	149,8	154,9	159,9	165,0	
		0	52,0	57,1	62,2	67,2	72,3	77,4	82,4	87,5	92,5	97,6	102,7	107,7	112,8	117,9	122,9	128,0	133,1	138,1	143,2	148,2	153,3	
		-11,7	40,3	45,4	50,5	55,5	60,6	65,7	70,7	75,8	80,8	85,9	91,0	96,0	101,1	106,2	111,2	116,3	121,4	126,4	131,5	136,5	141,6	
pevnost v pr.tlaku		[MPa]	0,04	0,06	0,10	0,16	0,24	0,35	0,36	0,84	1,31	1,78	2,25	2,73	3,20	3,67	4,14	4,61	5,09	5,56	6,03	6,50	6,98	
$F_{MRstř}$ [kN.m ⁻¹]	rozsah F_{MRstr}	13,7	65,7	70,8	75,9	80,9	86,0	91,1	96,1	101,2	106,2	111,3	116,4	121,4	126,5	131,6	136,6	141,7	146,8	151,8	156,9	161,9	167,0	
		0	52,0	57,1	62,2	67,2	72,3	77,4	82,4	87,5	92,5	97,6	102,7	107,7	112,8	117,9	122,9	128,0	133,1	138,1	143,2	148,2	153,3	
		-13,7	38,3	43,4	48,5	53,5	58,6	63,7	68,7	73,8	78,8	83,9	89,0	94,0	99,1	104,2	109,2	114,3	119,4	124,4	129,5	134,5	139,6	
pórovitost		[%]	53,5	52,2	50,9	49,6	48,3	47,0	45,7	44,4	43,1	41,8	40,5	39,2	37,9	36,6	35,3	34,0	32,7	31,4	30,1	28,8	27,5	
$F_{MRstř}$ [kN.m ⁻¹]	rozsah F_{MRstr}	10,2	62,2	67,3	72,4	77,4	82,5	87,6	92,6	97,7	102,7	107,8	112,9	117,9	123,0	128,1	133,1	138,2	143,3	148,3	153,4	158,4	163,5	
		0	52,0	57,1	62,2	67,2	72,3	77,4	82,4	87,5	92,5	97,6	102,7	107,7	112,8	117,9	122,9	128,0	133,1	138,1	143,2	148,2	153,3	
		-10,2	41,8	46,9	52,0	57,0	62,1	67,2	72,2	77,3	82,3	87,4	92,5	97,5	102,6	107,7	112,7	117,8	122,9	127,9	133,0	138,0	143,1	

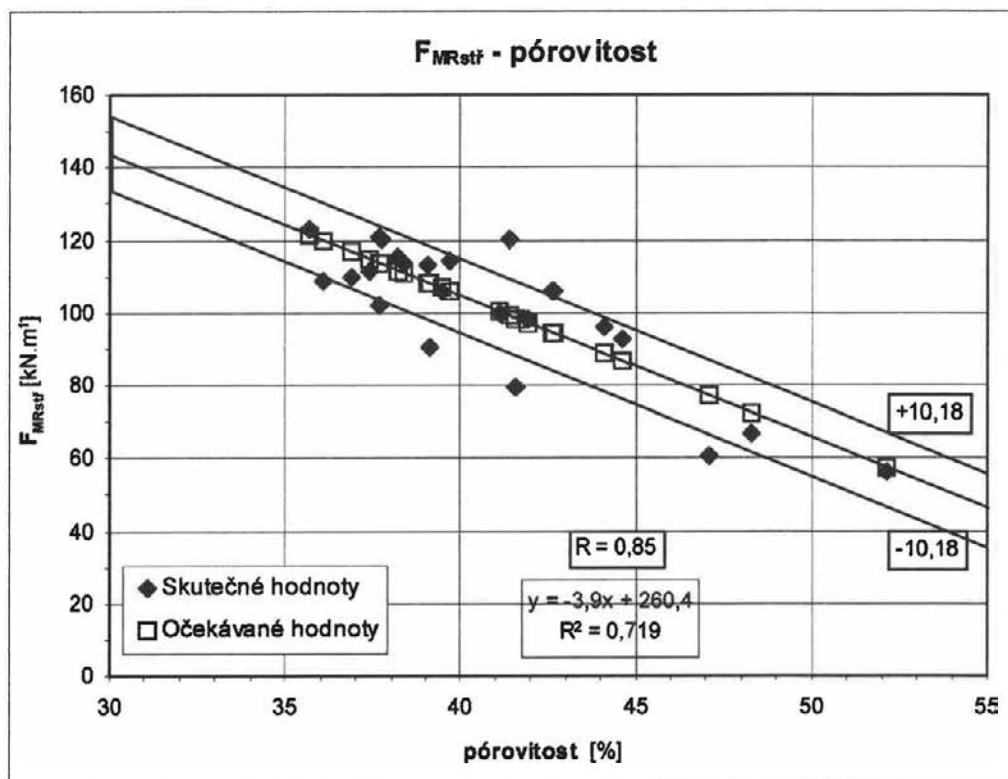
Tab. 2 Pravděpodobný rozsah závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na JKS, pevnosti v prostém tlaku σ_c a pórovitosti (vztažený k indexu JKS)



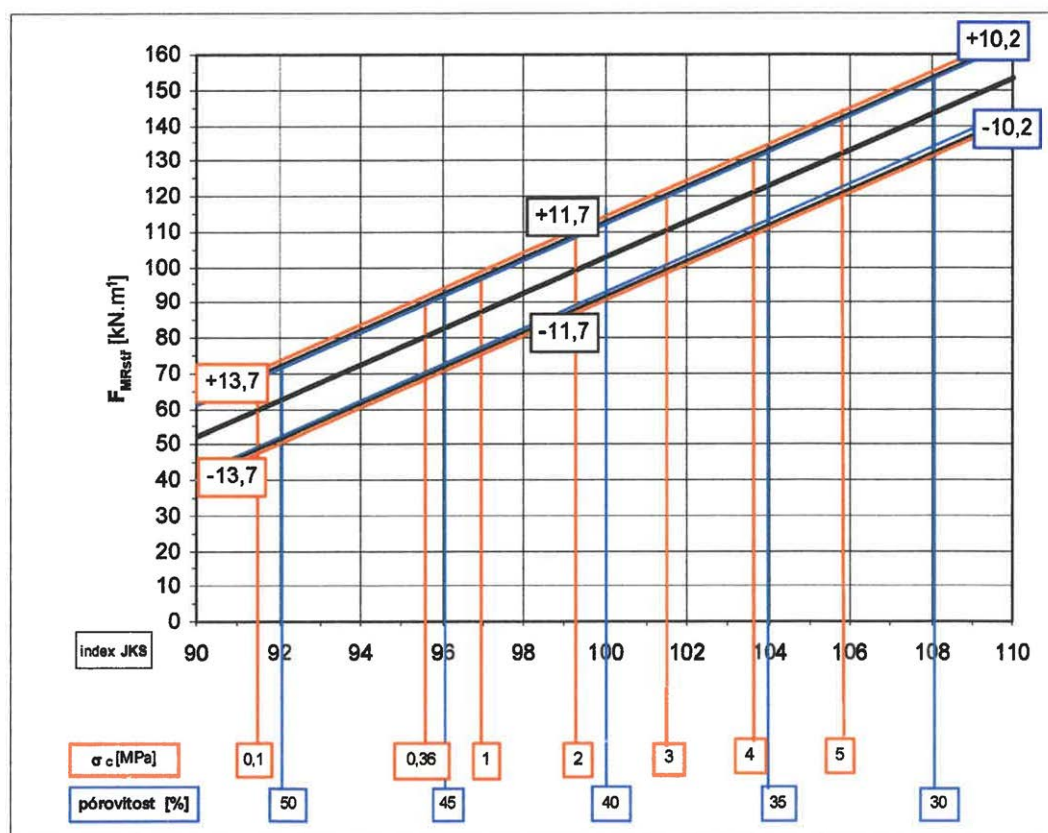
Obr. 6 : Grafické znázornění závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na indexu jednotné klasifikaci sedimentů (JKS)



Obr. 7 : Grafické znázornění závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na pevnosti v prostém tlaku σ_c



Obr. 8 : Grafické znázornění závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na pórovitosti



Obr. 9 : Znázornění pravděpodobného rozsahu závislosti měrné rozpojovací síly $F_{MRstř}$ na testovaných veličinách (JKS, σ_c a pórovitosti)

7. Uplatnění získaných poznatků pro prognózování rozpojovacích odporů

Základem k uplatnění získaných poznatků je dostatečná informovanost o petrografických a fyzikálně mechanických vlastnostech sedimentů nacházejících se v předpolí postupu porubní fronty.

K tomu je využíváno dostupných a cílevědomě získaných vyhodnocení vzorků sedimentů nacházejících se v otevřené porubní frontě lomu i v jejím předpolí na základě vyhodnocování nadloží v rámci vrtného průzkumu.

Do sítě geologicko-petrografických řezů, vedených nadložím uhelné sloje a orientovaných kolmo na porubní frontu, případně rovnoběžně s ní, jsou vyneseny postupy porubních front (obr. 10). Na základě již přijatého hodnocení podle platné klasifikace sedimentů (JKS) je vyhodnocovaným horizontům přiznán určitý rozsah indexu JKS. Pak je využito zjištěných korelačních závislostí a odvozen rozsah pravděpodobných měrných rozpojovacích odporů. Korelační vztahy - měrný rozpojovací odpor versus pevnost v prostém tlaku případně pórovitost jsou využity jako doplňující informace pro případnou korekci prognózované rozpojovací síly nutné k překonání rozpojovacího odporu horniny odvozené z korelační závislosti na JKS.

Uvedená metodika byla aplikována při hodnocení předpolí lomu Libouš při severním postupu a nyní je aplikována při řešení pole Libouš II.

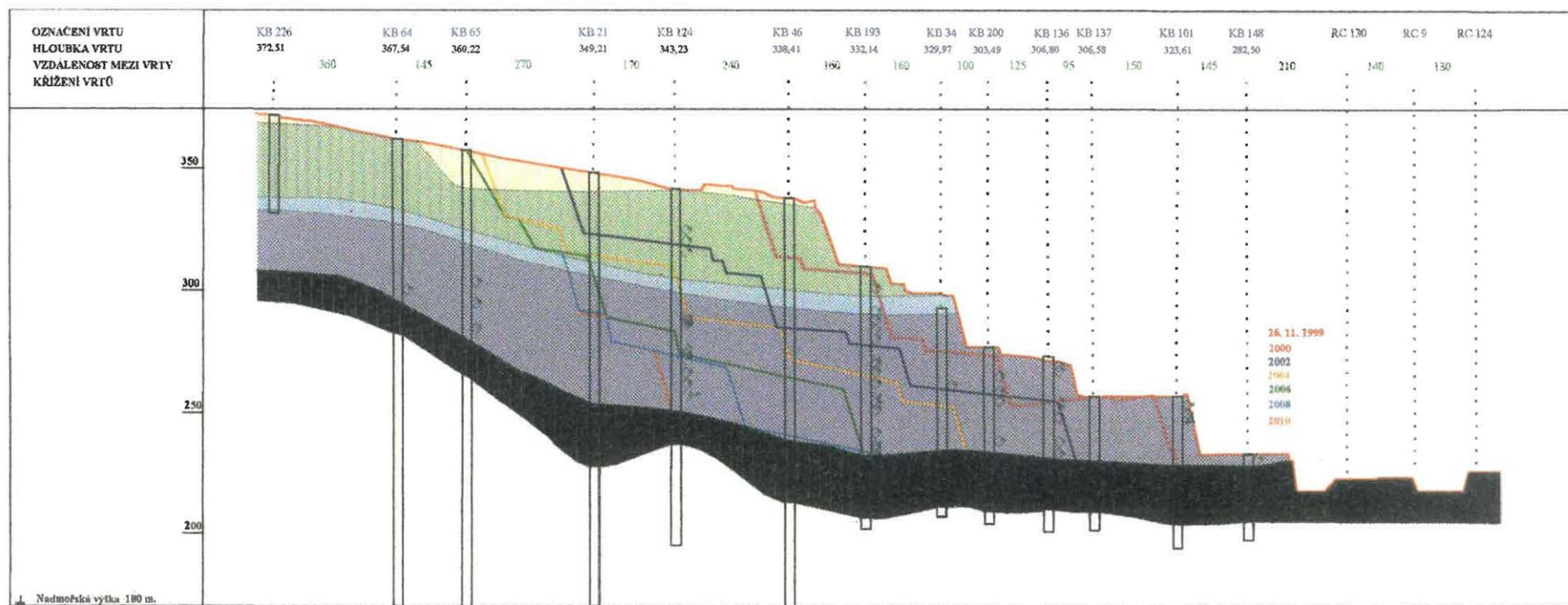
8. Shrnutí

V uplynulém období byla ve Výzkumném ústavu pro hnědé uhlí v Mostě vyvinuta metoda klasifikace nadloží uhelné sloje z hlediska dobytelnosti. Na tyto práce bylo od roku 1998 navázáno úkolem nazvaným „Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspektivních dolových polích velkolomů“ podporovaným Grantovou agenturou ČR a registrovaným pod č. 105/98/0166.

Klasifikace dobytelnosti je prováděna na základě zhodnocení petrografických a objektivizovaných fyzikálně-mechanických vlastností hornin. V průběhu prací a to na základě měření na rýpadlech in situ, jakož i na základě laboratorního testování odebraných vzorků hornin bylo prokázáno, že existuje přijatelný korelační vztah mezi určitými fyzikálně mechanickými a petrografickými vlastnostmi sedimentů a rozpojovacími odpory. Je pak možné, na základě vyhodnocení vzorků z vrtného průzkumu, provádět prognózu rozpojovacích odporů. Pilotní aplikace je prováděna pro lom Libouš. Cílem prováděné prognózy je zajištění věrohodných podkladů pro obnovu těžební techniky a technologie, jakož i pro dlouhodobou přípravu výroby, hlavně pak pro dobývání v prostoru Libouš II.

Literatura

1. Brus, Z.: Upřesnění jednotné klasifikace sedimentů z hlediska rozpojitelosti, Výzkumná zpráva VÚHU, 1989



Obr. 10 Geologicko-petrografický řez lomem Libouš

2. Gondek, H.: Predikce výkonnosti kolesových rýpadel v závislosti na báňsko-technických podmínkách, Doktorská dizertační práce, Ostrava VŠB, 1989
3. Kryl, V.; Milič, J.: Technologie lomového dobývání uhelných ložisek II, dobývání v obtížných podmínkách, skripta, VŠB – TU Ostrava, 1993
4. Kukal, K.: Návrh k pojmenování a klasifikaci sedimentů. Metodická příručka ÚÚG Praha, 1985
5. Limberk, V.: Povrchové dobývání ložisek, 1. vyd., Praha, SNTL, 1964
6. Piatkowiak, N., Scheffler, D.: Das Schneiden von verfestigten Gestein im Tagebauen. Braunkohle 1996, Nr. 5
7. Raaz, V.: Grabkraftermittlung und Optimierung der maschinen- und verfahrenstechnischen Parameter von Schaufelradbaggern für eine energie- und verschleißgünstigen Abbau von Braunkohle, Kohle und Zwischenmitteln im Tagebau. Braunkohle 1999, Nr. 5
8. Sloupská, M.: Jednotná klasifikace sedimentů v Severočeské hnědouhelné pánvi z hlediska rozpojitelosti. Uhlí č. 8/1998, str. 351 – 355
9. Žďárský, J.: Hodnocení dobývacích podmínek na lomu Libouš v letech 1995 – 1998. Odborné posudky VÚHU, 1995 – 1998
10. Žďárský, J., Bašta, L.: Zhodnocení horninového masívu lomu Libouš ve východní části porubní fronty IV. skryvkového řezu a měření měrných rypných a rozpojovacích sil na rýpadle KU 800/20 pomocí nové měřicí soupravy. Odborný posudek, VÚHU Most, srpen 1999
11. Žďárský, J., Kremláček, V.: Rock cutting resistance prognosis at the Lisous model mining site based on newly developed method. Publikováno: Sborník mezinárodního sympozia v báňském projektování a volbě technologického zařízení v Athénách, listopad 2000, str. 695-700
12. Žďárský, J.: North Bohemian Libous Opencast Mine: Mineability of Overburden Strata and Forecast of Digging Resistance. Publikováno: Surface Mining 2/2001

Pozn: Závěrečné oponentní řízení grantového úkolu (registrovaného pod č. 105/98/0166 s názvem "Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspektivních dolových polích velkolomů" proběhlo v oponentní radě za přítomnosti:

Prof. Ing. Václava Kryla, CSc. - předsedy

Ing. Ivana Svobody, PhD - člena

Prof. Ing. Martina Vavra, DrSc - zpravodaje GA ČR

Ing. Heleny Veverkové, ředitele VÚHU, a.s.

RNDr. Ing. Josefa Valeše, náměstka ředitele VÚHU, a.s.

Ing. Evžena Pichlera, CSc. - člena

Ing. Karla Strakoše - člena

Dr. Ing. Emila Fröhliche - oponenta

Ing. Františka Frause, CSc. - oponenta.