

Jiří K e j ř, VÚHU

Problematika řešení rozpojitelnosti na velkolomu Jiří v HDB
Sokolov

1. Úvod

Nasazením výkonnějších dobývacích strojů s větší rypnou schopností, větším obsahem korečků a vyšší obvodovou rychlostí kola se stává otázka těžitelnosti vyskytujících se pevných poloh pelokarbonátů v nadloží velmi aktuální. Na dobývací stroje jsou kladeny mimořádně vysoké nároky z hlediska dynamiky procesu rozpojování. Pro reálné posouzení technických a výkonových možností TC 2 na dole Jiří - HDBS byla provedena nezbytná technická měření na stávajících dobývacích strojích. Tato měření zajistila dostatek technických podkladů o parametrech nadloží z hlediska rozpojovacích sil, kusovitosti a vlivu trhacích prací.

2. Metody stanovení rozpojovacích sil

Pro stanovení velikosti rozpojovacích sil přímo na stroji v řezu se používá dvou způsobů měření. Je to měření nepřímé a přímé. Nepřímá metoda vychází z měření příkonu motoru pohonu kola a rozměru odebírané štěpiny. Příkon elektrického motoru pohonu kola je snímán převodníkem výkonu typu NC-91/242. Pro stanovení velikosti rozměru odebírané štěpiny se současně snímají tachodynamem otáčky motoru pohonu otoče horní stavby. Pro každou štěpinu je měřen výsuv kolesového výložníku a výška lávky. Dle normy ČSN 277013 je proveden výpočet naměřených hodnot na elektrické měřicí a vyhodnocovací ústředně systému ADT 4500 ve VÚHU Most. Měrný rypný odpor a měrná rozpojovací síla je podílem obvodové síly a celkové střední délky řezných hran korečků v záběru.

Pro přímé měření na kolese rýpadla se používá měrný koreček. Měrný koreček je upravený standardní typ korečku,

u kterého je zesílena zadní část. Velikost síly, působící na koreček je zjišťována tensometrickým tlakovým snímačem, umístěným mezi záď korečku a těleso kola v místě zajištění korečku klínem. Přenos měřicího signálu je bezdotykový při použití aparatury fy Hottinger Baldwin Messtechnik. Při měření se používá kapacitní přenos přes anténu, přichycenou na bok kola.

Obě měření, přímé i nepřímé, probíhají současně a tak zesílený signál z tlakového dynamometru spolu se signálem z tachodynamu a převodníku příkonu je přiveden na měřicí magnetofon EAM 500, kde je registrován a současně kontrolován záznam pomocí pomaluběžného osciloskopu. Blokové schéma zapojení je v příloze č. 1.

Ve snaze podchytit skutečné hodnoty rypných sil především v oblasti práce ve velmi tvrdých partiích co nejbližší hraně zubu byl vyvinut ve VÚHU měrný zub včetně metodiky měření. Měrný zub je určen pro lopatová rýpadla typu E 303 a jeho montáž je jednoduchá. Tvar měrného zubu je totožný se standardním provedením a dá se lehce vložit místopůvodního zubu. Měrný zub je tvořen dvěma částmi spojenými čepem. Na čepech jsou přitmeleny tensometrické snímače. Tensometrické snímače jsou propojeny speciálními kabely s měřicím zesilovačem typu PR 9307 a zesílený signál je přiveden na smyčku oscilografu RFT typ 8 LS a proveden záznam průběhu sil. Působení sil na měrný zub je znázorněno v příloze č. 2. Složka síly F_x , působící v ose zubu, je síla potřebná k rozpojení horniny a podíl délkou řezné hrany zubu nám vyjadřuje měrnou rozpojovací sílu.

3. Klasifikace nadloží z hlediska rozpojitelnosti

Měření rozpojitelnosti nadloží lomu Jiří a Družba byla orientována na partie s výskytem pevných jílovců nebo partie zpevněné polohami pelokarbonátových proplátek, ve kterých byla zasazena kolesová rýpadla. Měření rozpojitelnosti nepřímou metodou v letech 1980 - 1985 obsáhla 2. - 6.

skrývkový řez lomu Jiří /stroje K 800/1, K 800/2R, KU 300S/20/ a 2. řez dolu Družba /stroj KU 300S/03/.

Z uvedených měření lze určit následující hraniční stavy - viz příloha č. 3.

Pevná část 2. skrývkového řezu, tvořená jílovcem bez pelokarbonátu, vykazala střední měrné rozpojovací síly mezi $35 - 70 \text{ kNm}^{-1}$, přičemž maxima dosáhla špiček 85 kNm^{-1} . Tyto horizonty při použití trhacích prací vykazaly střední hodnoty měrných rozpojovacích sil mezi $20 - 40 \text{ kNm}^{-1}$, maxima pak hodnoty kolem 60 kNm^{-1} .

Průměrné hodnoty měrných rozpojovacích sil hornin 3. a 4. skrývkového řezu s výskytem propláستku o mocnosti $10 - 15 \text{ cm}$ bez použití trhacích prací se pohybují v širokých mezích od $45 - 100 \text{ kNm}^{-1}$ délky řezné hrany. Okamžité maximální hodnoty při průchodu korečku propláستkem dosáhly až 145 kNm^{-1} .

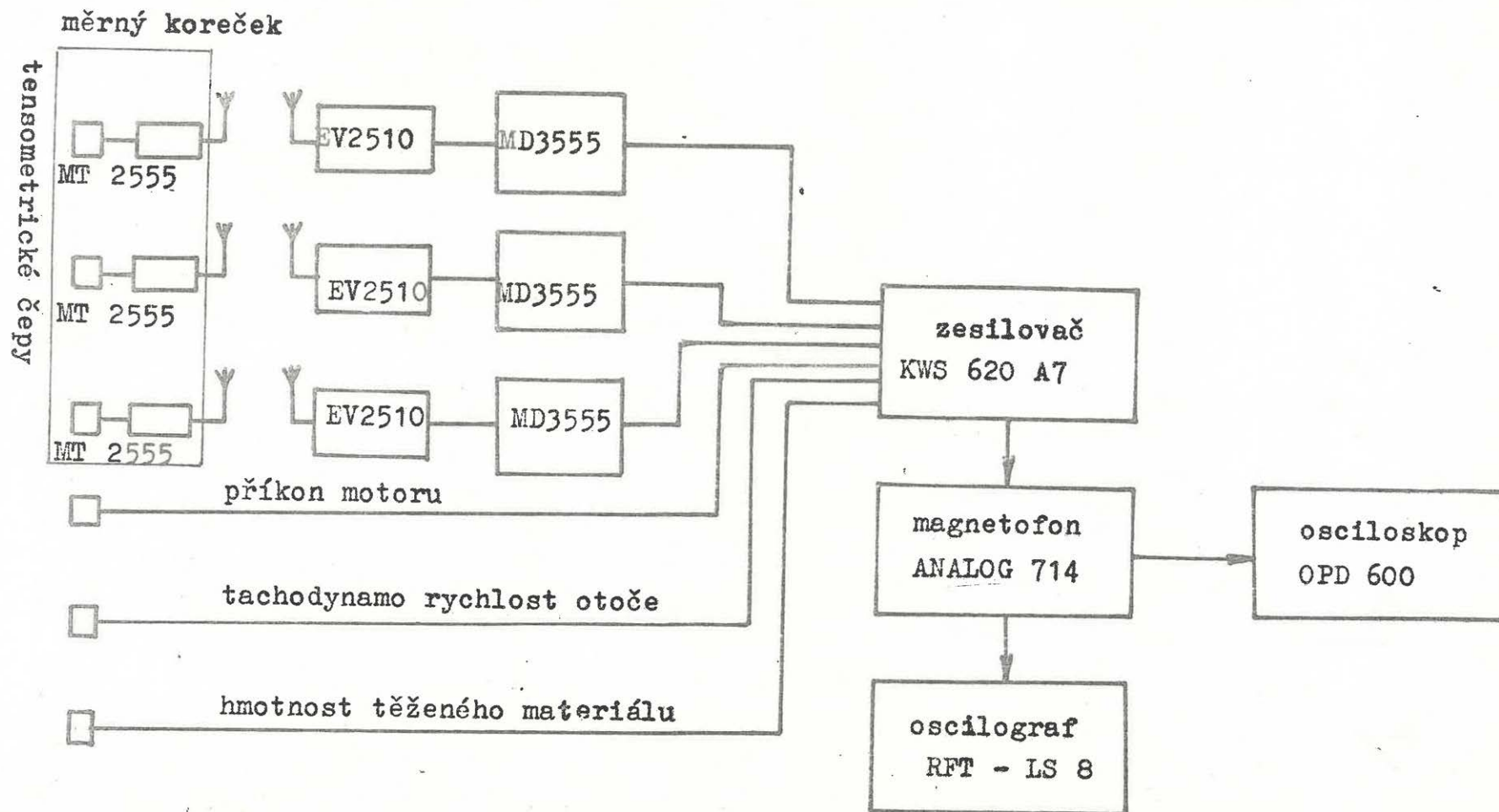
Použitím trhacích prací byly střední hodnoty měrných rozpojovacích sil sníženy na hodnotu $40 - 70 \text{ kNm}^{-1}$ a maxima se pohybovala kolem 100 kNm^{-1} .

Na dole Družba byly na rýpadle KU 300S/03 zaznamenány hodnoty měrné rozpojovací síly na 2. řezu při práci stroje v jílovcích bez výskytu pelokarbonátu narušených střelnými pracemi v mezích $17 - 40 \text{ kNm}^{-1}$.

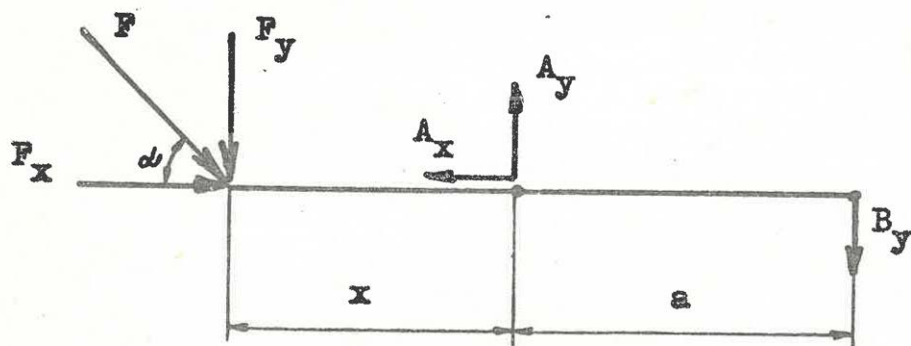
Při výskytu dvou propláستků o mocnosti $2 \times 25 \text{ cm}$ se při použití trhacích prací /rozteč vrtů $4 \times 4 \text{ m}$ / střední hodnoty měrných rozpojovacích sil nezměnily, ale značně vzrostly špičky zatížení pohonu kola. Tomuto vzrůstu by odpovídaly maximální hodnoty měrných rozpojovacích sil v rozmezí $50 - 130 \text{ kNm}^{-1}$.

Z uvedeného je patrné, že jílovcové partie nadloží na lomu Jiří a obdobně i na lomu Družba, bez pelokarbonátových propláستků vykazují střední měrné rozpojovací síly do 70 kNm^{-1} délky řezné hrany.

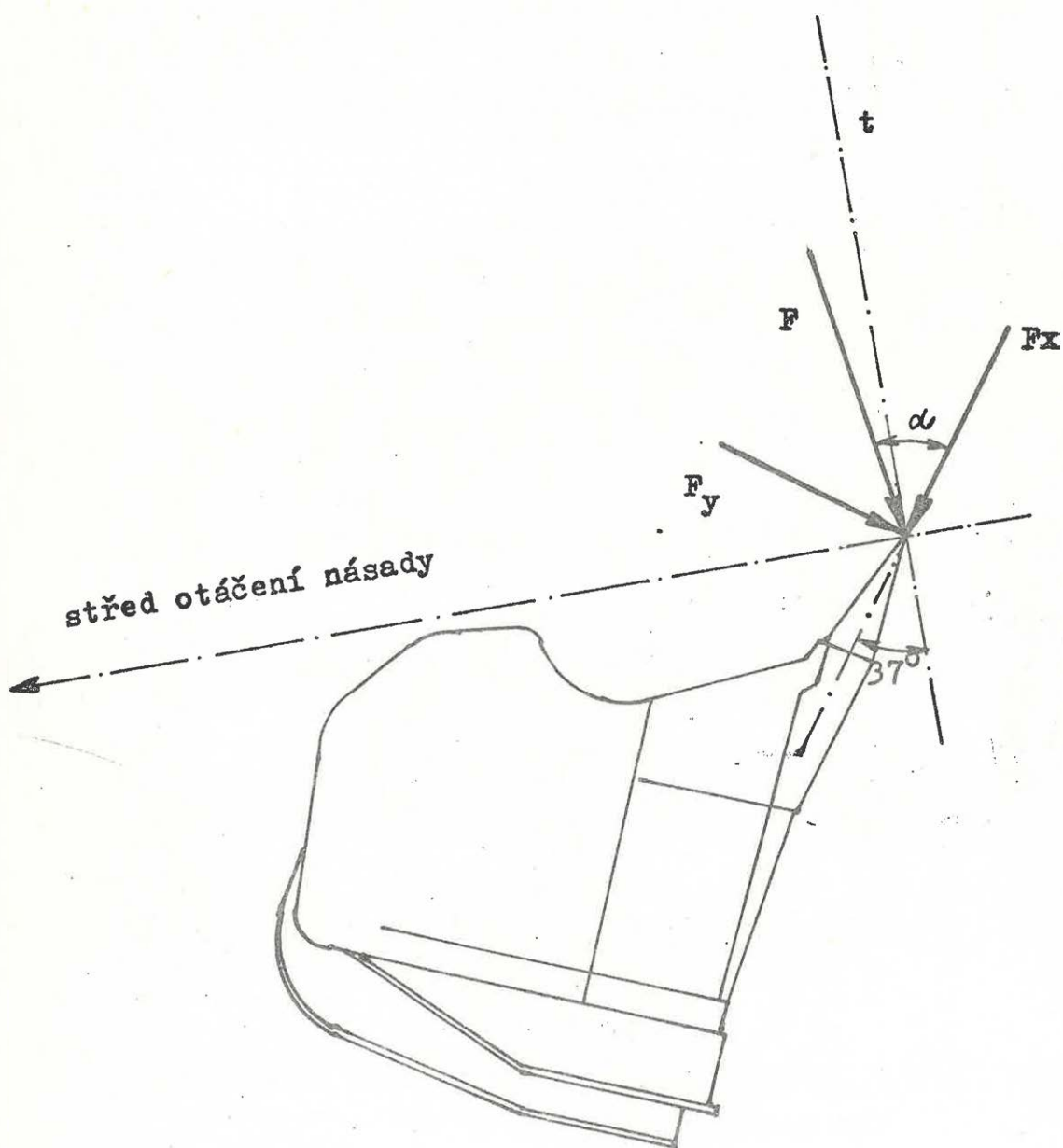
Měřicí aparatura pro přenos měřeného signálu z rotujícího kola



Schematické znázornění sil působících
na měrný zub,



A_x A_y B_y měřené veličiny



Charakteristika nadloží dolu Jiří a Družba s hlediska rozpojiteelnosti

Řez nadmořská výška	Lávka	Typ stroje	Měrná rozpojovací síla F_{ML}		Příkon motoru - naměřený		Příkon motoru jmenovitý	Výkonnost stroje Q	f	Poznámka
			stř	max	stř	max				
			kNm^{-1}		kW					

Důl Jiří

2/442	spodní	K-800/2R	38 - 92	42 - 127	88-261	178-386	260	713-1165	1,04- 2,12	pelokarbonát mocnost 10 cm střelné práce,vrty 6 x 6 m	
3/432		K-800/1	72 - 102	95 - 144	190-300	295-520	200	580-1134	1,04-1,7	pelokarbonát 10-15 cm	pevný blok
			36 - 67	62 - 85	155-260	240-420		791-1779	1,04-1,34	bez pelokarbonátu	
			23 - 60	45 - 68	110-270	225-300		856-1687	1,04-1,79	pelokarbonát 10-15 cm	střelné práce vrty 6x6 m
			21 - 33	25 - 42	105-190	185-290		1042-1900	1,01-1,30	bez pelokarbonátu	
			31 - 83	66 - 102	145-280	325-500		965-1477	1,04-1,82	pelokarbonát 10-15 cm	střelné práce vrty 4x4 m
			20 - 45	35 - 60	155-220	275-365		1017-2325	1,09-1,73	bez pelokarbonátu	
			38 - 73	64 - 109	160-215	255-410		820-1286	1,03-1,76	pelokarbonát 10-15 cm	střelné práce vrty 3x3 m
			24 - 45	38 - 56	110-150	175-240		1065-2140	1,06-1,65	bez pelokarbonátu	
4/409		K-800/1	31 - 60	82 - 143	140-245	340-510	200	865-1339	1,77-3,55	pelokarbonát ve spodní části lávky	
			27 - 45	54- 106	130-225	240-400		822-1660	1,43-2,65	pelokarbonát ve vrchní části lávky	
4/410		KU-300S/20	33 - 70	-	115-244	165-315	320	882-1973	1,34-1,82	bez pelokarbonátu	pevný blok
			47 - 111	-	132-244	204-300		718-1461	1,21-1,81	pelokarbonát 15 cm	pevný blok
4/390	1	K-800/2R	15 - 44	-	100-218	165-300	260	500-1197	1,4-2,51	bez pelokarbonátu střelné práce,vrty 4x4 m	
	2		21 - 47	-	108-300	192-300		550-1425	1,3-2,45		
	3		29 - 36	-	70-205	113-300		720-2161	1,38-2,45		
	4		24 - 40	-	98-200	156-300		765-1810	1,35-2,38		
6/386	2	K-800/2R	21 - 47	-	110-310	190-420	260	924-1854	1,45-2,89	bez pelokarbonátu střelné práce,vrty 4x4 m	
	3		26 - 36	-	170-250	280-430		1038-1840	1,70-2,06		
	4		24 - 40	-	200-275	275-425		1444-2053	1,41-2,12		

Důl Družba

2/425	1	KU-300S/03	17 - 28	-	142-175	229-284	320	711-1378	1,50-1,92	bez pelokarbonátu střelné práce, vrty 4x4 m	
	2		25 - 34	-	125-158	196-300		818-1183	1,33-1,87		
	3		22 - 42	-	115-175	180-278		753-1052	1,38-1,89		
2/426	3	KU-300S/03	16 - 44	48 - 132	100-160	135-390	320	469-1546	1,50-4,60	pelokarbonát mocnost 2x 25 cm střelné práce, vrty 4 x 4 m	

V případě výskytu pelokarbonátu je velikost sil, působících při rozpojování na korečku kola, dána nejen pevností, mocností a uložením propláستku, ale je odrazem geometrických veličin a kinetických poměrů kola. V tomto případě není rozhodujícím faktorem hloubka uložení.

Při hodnocení těchto pracovních poměrů stroje lze cestou nepřímých měření zjistit pouze informativní údaje vyjádřené poměrem maximálního a středního příkonu kola:

$$\frac{P_{\max}}{P_{\text{stř}}} = f \quad f - \text{součinitel nerovnoměrnosti zatížení pohonu kola}$$

Na dole Jiří se běžně pohybuje tento součinitel v jílovcích kolem 1,5 - 2, v případě výskytu pelokarbonátů pak dosahuje hodnot až 3,5. V případě použití trhacích prací je součinitel nerovnoměrnosti ovlivněn jak absolutním poklesem středního zatížení pohonu kola, tak i užitou technologií /eventuálně jejím dodržením/, vznikem nadměrné kusovitosti a mnohdy jsou dynamické jevy stroje omezujícím faktorem výkonnosti, i když silové využití pohonu nenastává.

Hodinová výkonnost se pohybuje v širokých mezích a výsledky měření ukazují, že výkonnost rýpadel je střední měrnou rozpojovací silou ovlivněna u různých typů rýpadel rozdílnou měrou.

Specifické podmínky nastávají v případě těžby nadloží, kde bylo užito trhacích prací. Kromě měrné rozpojovací síly hornin v těchto případech přistupuje řada vlivů, jež se obvykle obtížně specifikují, např. vliv kusovitosti, vliv dynamického průběhu zatížení pohonu kola, manipulační časy a míra vytižení pohonu kola.

Jak je patrné z uvedeného výčtu, bude každý typ stroje vykazovat jiné závislosti výkonnosti a měrných rozpojovacích sil vzhledem ke svým vlastnostem.

Přesto lze z dosažených výkonů u některých strojů usuzovat na změny dobývacích podmínek eventuálně na změny výkonnosti.

Dosažené výkonnosti rýpadel na jednotlivých rýpadlech za období roku 1982 - 83:

K 800/1 - na III. řezu v jílech bez pelokarbonátů vykazuje nižší výkon $/1100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/$ než v těžší kategorii na IV. řezu $/1300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/$ a při použití střelných prací v jílech s pelokarbonátem do 10 cm $/1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/$.

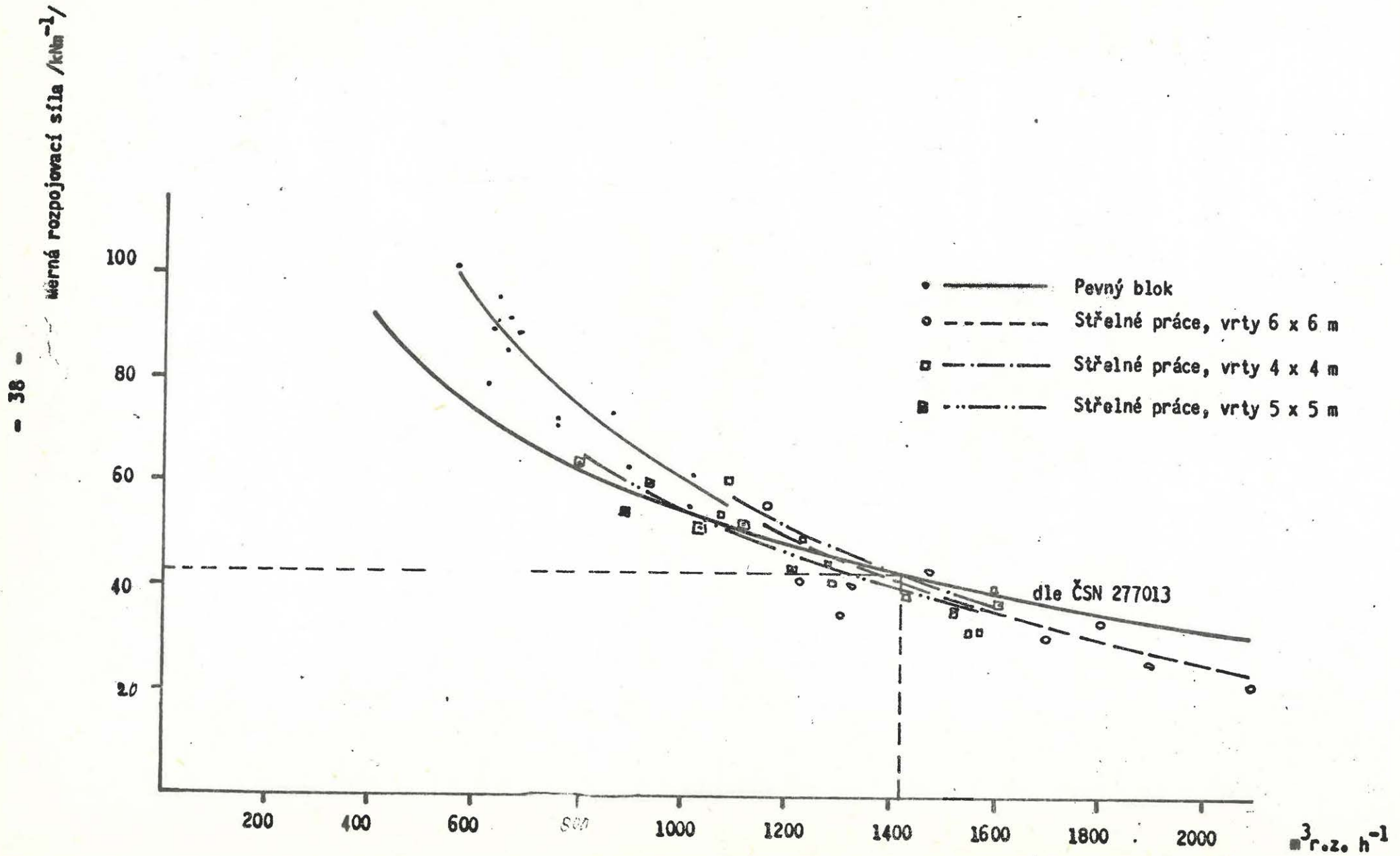
K 800/2R - dala v roce 1982 v pevných jílech s pelokarbonátem nad 10 cm při použití trhacích prací na V. a VI. řezu prakticky stejný hodinový výkon jako v jílech bez pelokarbonátu $/1075 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/$. V roce 1983 tento stroj pracoval na V. a VI. řezu tvořeným jíly s pelokarbonátem do 10 cm při použití trhacích prací s průměrným hodinovým výkonem $960 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$ a $1000 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$.

Podotýkáme, že těchto výkonů bylo dosaženo při zatížení pohonů kola, často přesahujícím jmenovité hodnoty, a to nejen při okamžitých špičkách zatížení, ale i při trvalém přetížení.

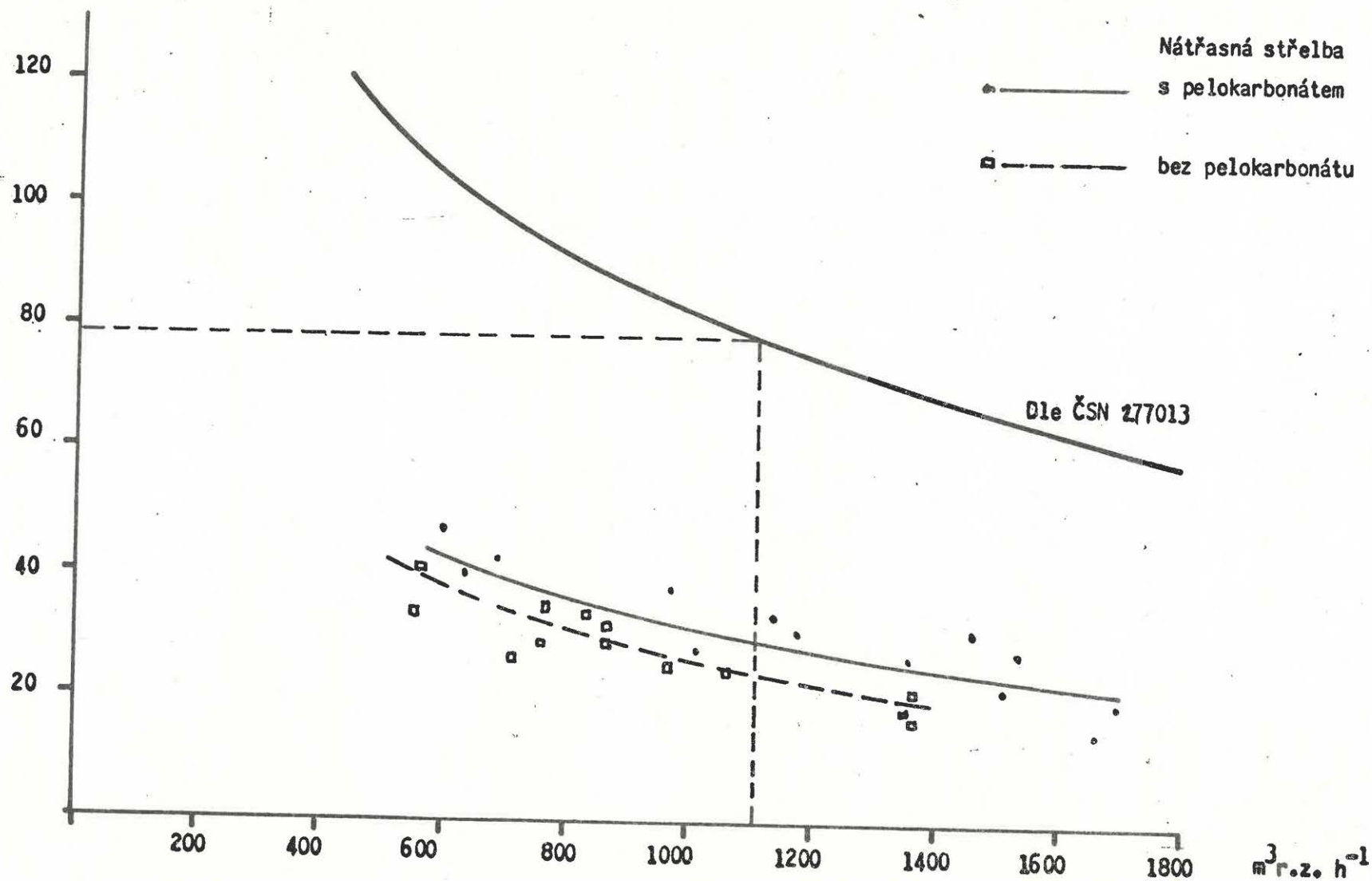
Charakteristika výkonnosti rýpadla K 800 je uvedena v příloze č. 4.

Z uvedeného je patrné, že stroj K 800 při své přetížitelnosti reaguje na výskyt proplástek stupněm přetížení, avšak v dosažené výkonnosti se jejich vliv výrazně neprojevuje.

Pro stroje řady KU 800 a KU 300 nelze z podobných předpokladů vycházet. Jejich skutečná provozní výkonnost je prakticky vždy dosahována při nevyužití instalovaného výkonu motoru kola. Charakteristika výkonnosti rýpadla KU 300 je v příloze č. 5.



KU 300S/03 - Důl Družba - 2. řez

Měrná rozpojovací síla / kNm^{-1} /

Příloha č. 5

4. Výsledky měření rozpojovacích sil na rýpadle KU 816 a lopatovém rýpadle E 303

V měsíci srpnu roku 1984 se uskutečnilo měření na stroji KU 816, nasazeném na IV. skrývkovém řezu lomu Jiří. Rozpojovací síly byly měřeny nepřímou metodou a také přímou metodou na měrném korečku. Současně probíhala měření na lopatovém rýpadle E 303 s měrným zubem.

Měření bylo rozděleno na dvě části. První měření bylo v řezu, který byl tvořen šedými jíly bez výskytu pelokarbonátu a byl narušen střelnými pracemi. Druhé měření pak v řezu tvořeném tvrdými šedými jíly s výskytem pelokarbonátu. Mocnost pelokarbonátu byla až 30 cm. Řez byl narušen střelnými pracemi. Rýpadlo při obou měřeních pracovalo na IV. skrývkovém řezu v nadmořské výšce 395 m. Mezi rýpadlem a pásovou dopravou byl umístěn dvourotorový drtič typ DS-0H.

V části skrývkového řezu narušeném trhacími pracemi bez výskytu pelokarbonátu při měření rozpojovacích sil nepřímou metodou na stroji KU 800/16 byla naměřena průměrná střední hodnota rozpojovací síly ve 2. lávce řezu 31 kNm^{-1} , přičemž okamžitá vypočtená výkonnost byla $3\,815 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$ při koeficientu nerovnoměrnosti 1,86. Ve 3. lávce byla průměrná hodnota střední rozpojovací síly 23 kNm^{-1} a okamžitá vypočtená výkonnost byla $3\,539 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$ při koeficientu nerovnoměrnosti 1,72.

Střední hodnoty zatížení pohonu kola ve 2. lávce byly 572 - 740 kW, průměrné 651 kW. Ve 3. lávce se pohybovaly hodnoty zatížení v rozmezí 420 - 610 kW a průměr byl 507 kW.

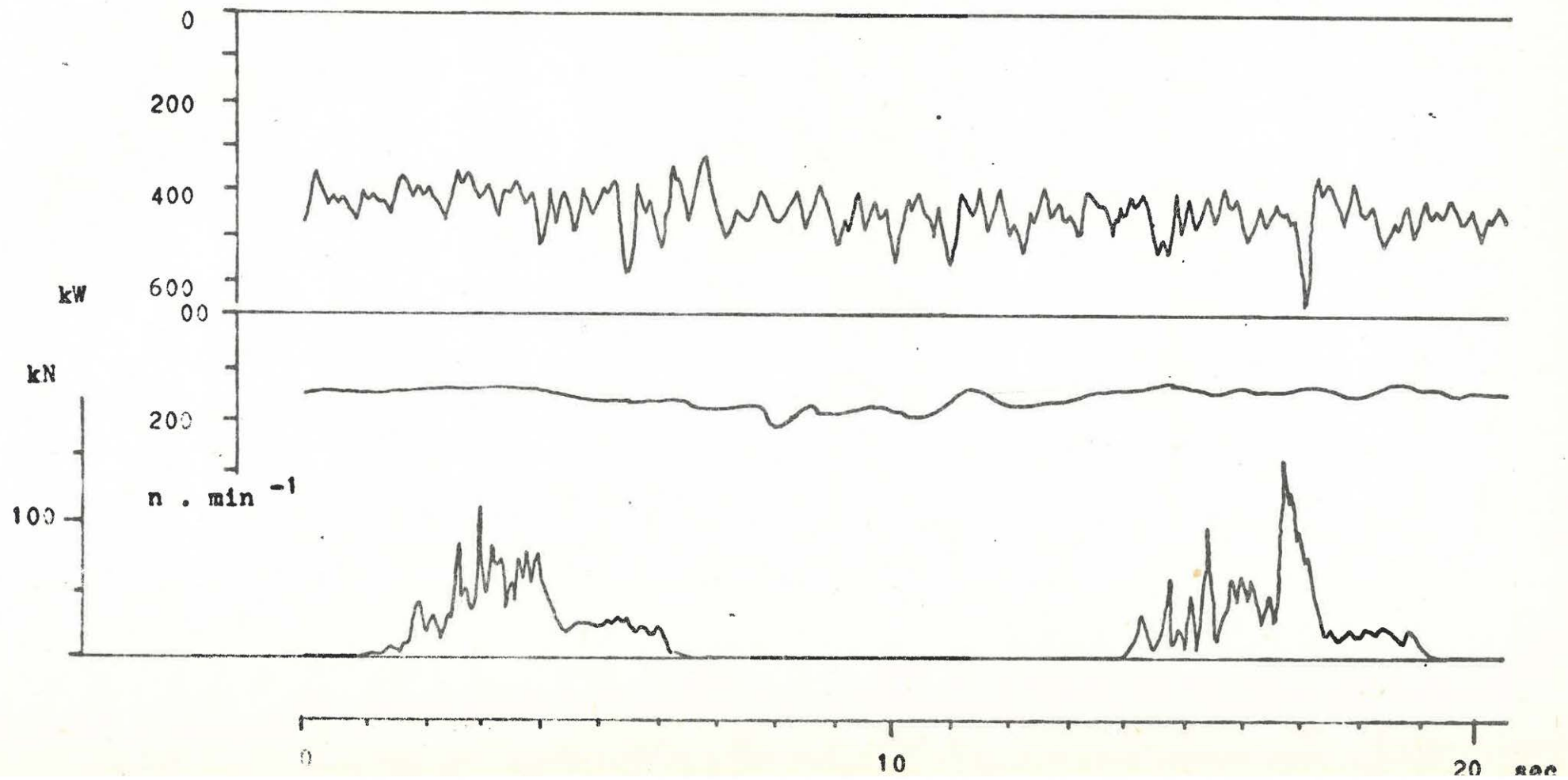
Při měření přímou metodou pomocí měrného korečku ve 3. lávce se pohybovaly střední hodnoty síly působící na koreček v rozmezí 35 - 57 kW a maximální 68 - 132 kW, což odpovídá střední měrné síle $43 - 70 \text{ kNm}^{-1}$ a maximální hodnotě $84 - 162 \text{ kNm}^{-1}$. Průměrné hodnoty měrné rypné síly jsou 53 kNm^{-1} a maximální hodnoty 131 kNm^{-1} . Koeficient nerovnoměrnosti $f = 2,47$. Průběh rozpojovací síly na koreček a příkon pohonu kola je v příloze č. 6.

Průběh zatížení pohonu kola, otáček otoče horní stavby
a velikosti rozpojovací síly na měrném korečku rýpadla

KU - 800/t6

Rozměr třísky: $s = 0,70 \text{ m}$ $b = 0,15 \text{ m}$

Řez: bez pelokarbonátu
střelné práce



Při měření měrným zubem na lopatě rýpadla E 303, které bylo nasazeno na spodní lávce řezu, byly zjištěny střední hodnoty měrné rozpojovací síly v rozmezí $30 - 59 \text{ kNm}^{-1}$ a maximální hodnoty $74 - 223 \text{ kNm}^{-1}$. Průměr středních hodnot měrné rozpojovací síly byl 51 kNm^{-1} a maximálních hodnot 151 kNm^{-1} při koeficientu nerovnoměrnosti 3,02.

Kusovitost těžného materiálu byla sledována na rýpadle KU 800/16 před drtičem DS-0H a dosahovala následujících hodnot:

délka hrany kusů do 50 cm	47 % těživa,
délka hrany kusů do 70 cm	50 % těživa,
délka hrany kusů nad 70 cm	3 % těživa.

Při druhém měření byl těžný blok narušen střelnými prachy a vyskytoval se zde pelokarbonát. Jednotlivé štěpiny byly vyhodnoceny tak, že části štěpin bez pelokarbonátu byly vyhodnoceny samostatně. Při měření nepřímou metodou v částech štěpin s pelokarbonátem byly naměřeny průměrné střední měrné rozpojovací síly 54 kNm^{-1} , přičemž průměr maximálních hodnot byl 129 kNm^{-1} . Průměrná okamžitá dosahovaná výkonnost byla $2411 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$ při koeficientu nerovnoměrnosti 2,42. Hodnoty středního příkonu se pohybovaly v rozmezí $471 - 609 \text{ kW}$ a maximální $825 - 1159 \text{ kW}$.

V části štěpin bez pelokarbonátu byly naměřeny průměrné hodnoty středních měrných rozpojovacích sil 32 kNm^{-1} při okamžité výkonnosti $3835 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$ a koeficientu nerovnoměrnosti 2,32.

Zjištěná kusovitost před drtičem DS-0H dosahovala následujících hodnot:

délka hrany kusu do 50 cm	32 % těživa,
délka hrany kusu do 70 cm	35 % těživa,
délka hrany kusu nad 70 cm	33 % těživa.

Při měření v řezu s pelokarbonátem měrným zubem na lopatovém rýpadle byly naměřeny střední hodnoty měrné rozpojovací síly v rozmezí $36 - 133 \text{ kNm}^{-1}$ a maximální hodnoty

$120 - 541 \text{ kNm}^{-1}$. Průměrná hodnota střední měrné rozpojovací síly je $82,9 \text{ kNm}^{-1}$ a maximální měrné rozpojovací síly $278,9 \text{ kNm}^{-1}$ při koeficientu nerovnoměrnosti $f = 3,36$.

5. Závěr

Porovnáním výsledků měření různými metodami zjišťování měrných rypných odporů a měrných rozpojovacích sil byl zjištěn rozdíl v jejich velikosti i koeficientu nerovnoměrnosti. Tento rozdíl je způsoben tím, že nepřímá metodika měření předpokládá nerovnoměrné zatížení všech korečků v záběru. Vlivem vylamování kusů během jednotlivých třísek dochází k tomu, že některý koreček v záběru je zatížen silou nutnou k vylamování kusu. Toto vylamování kusů způsobuje rázy na koreček, přičemž v příkonu pohonu kola se vlivem setrvačných hmot neprojeví.

Vlivem jiné technologie tvoření třísky rýpadlem E 303 a zároveň nižší a nerovnoměrné řezné rychlosti $0,65 - 1 \text{ m s}^{-1}$ docházelo k vylamování velkých kusů /některé kusy větší než rozměr lopaty/. Toto částečně ovlivnilo velikost naměřených hodnot měrných rozpojovacích sil.

Partie řezu bez výskytu pelokarbonátu narušené trhacími pracemi z hlediska naměřených rozpojovacích sil 23 kNm^{-1} lze považovat za lehké. Ani kusovitost těžného materiálu neovlivňovala těžbu. Dosahovaná okamžitá výkonnost stroje ve štěpině byla $3700 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$.

Část řezu s výskytem čtyř vrstev pelokarbonátů o mocnosti 25 cm, z nichž ani jedna vrstva nebyla ve spodní části lávky a byla narušena trhacími pracemi, se dá z hlediska naměřených rozpojovacích sil 54 kNm^{-1} a max. hodnot 129 kNm^{-1} považovat za těžkou. Výkonnost stroje byla značně ovlivněna zvýšenou kusovitostí těžného materiálu a zjištěná okamžitá výkonnost stroje ve štěpině byla $2411 \text{ m}^3 \text{ r.z.h}^{-1}$. Výskyt pelokarbonátu se nepříznivě projevoval na motorech pohonu kola tak, že příkon se pohyboval v rozmezí 220 - 1100 kW ve frekvenci korečků.

Výskyt pelokarbonátů i při použití trhacích prací má vliv na snížení okamžité výkonnosti stroje o 35 %.

Velmi nepříznivě se projevuje výskyt vrstev pelokarbonátů na patě řezu nebo ve spodní části lávky. Výrazně se projeví na řezném orgánu, kde dochází k vylamování zubů, a to až 45 ks za směnu, což je 3x více než při uložení vrstvy pelokarbonátu v lávce nad spodní částí. Tyto podmínky lze charakterizovat jako velmi těžké, v nenarušeném stavu vzhledem k vylamování zubů až netěžitelné.

Porovnáme-li hodinové výkonnosti rýpadla KU 800/16 z denních těžeb v podmínkách těžkých a velmi těžkých, pak při těžbě ve velmi těžkých podmínkách, tj. propláستku pelokarbonátu v patě řezu, dochází ke snížení těžby o 23 % a časové využití za směnu se snižuje o 21 %.

Použitá literatura

- Kejř, J., Janíček, J. : Závěrečná výzkumná zpráva
"Výzkum rozpojování nadložních hornin v závislosti na jejich řezném odporu a parametrech velkostrojů"
květen 1984
- Kejř, J. : Protokol o měření
"Výzkum rozpojování nadložních hornin v závislosti na jejich řezném odporu a parametrech velkostrojů"
leden 1985

S h r n u t í

Problematika řešení rozpojitelnosti na velkolomu Jiří v HDB Sokolov

V článku jsou popsány různé metody stanovení velikosti rozpojovacích sil, používané ve VÚHU Most při měřeních na strojích a jejich využití při řešení problematiky rozpoji-