

*Wiesław Kozioł\**, *Łukasz Machniak\**,  
*Edward Sośniak\*\**, *Robert Chałupka\*\**

## TECHNOLOGIA WYDOBYCIA TRUDNO URABIALNYCH SKAŁ NADKŁADOWYCH NA PRZYKŁADZIE KOPALNI WĘGLA BRUNATNEGO „BEŁCHATÓW”\*\*\*

---

### 1. Wprowadzenie

Trudno urabialne skały nadkładowe występują zarówno w Polu Bełchatów jak i Polu Szczerców. Zdecydowanie większe doświadczenia eksploatacyjne związane z wydobyciem trudno urabialnych skał i gruntów odnotować można w Polu Bełchatów. W Polu Szczerców dopiero od 2008 roku, na frontach eksploatacyjnych koparek wielonaczyniowych zaczęły pojawiać się wystąpienia trudno urabialnego nadkładu. Geneza występowania utworów trudno urabialnych [7] w obu polach jest bardzo podobna, związana głównie z zaburzeniami tektonicznymi (zaleganie pokładów węgla w rowach tektonicznych), a w mniejszym znaczeniu sedymentacyjnymi.

W oparciu o wieloletnie doświadczenia wydziela się następujące rodzaje skał trudno urabialnych [4–6]:

- Skały podłoża mezozoicznego — są to głównie wapienie i margle jury górnej (Bełchatów, Szczerców) oraz mułowce kredy górnej (Bełchatów);
- Piaskowce i zlepieńce kwarcowe — są to skały występujące w nadkładzie oraz w utworach podścielających złoża Bełchatów i Szczerców;
- Głazy narzutowe — to skały pochodzenia lodowcowego występujące wśród glin zwałowych i na powierzchniach erozyjnych, dominują wśród nich skały magmowe (granity, sjenity, dioryty i gabra) oraz przeobrażone (granitognejsy, gnejsy) (Bełchatów, Szczerców);
- Skrzemieniałe fragmenty pni drzew mioceńskich — występują wśród piasków kompleksu ilasto-piaszczystego oraz osadów kompleksu węglowego (Bełchatów, Szczerców).

---

\* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\* Oddział KWB Bełchatów, PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA, Rogowice

\*\*\* Praca została wykonana w ramach badań własnych 10.10.100.380

Za najistotniejsze z punktu widzenia eksploatacji uważa się trudno urabialne skały podłoża mezozoicznego. Występują one głównie wzdłuż brzegów uskoków brzeżnych, ograniczających rowy tektoniczne, w obrębie których znajdują się pokłady węgla. Stanowią one ponad 90% wszystkich utworów trudno urabialnych eksploatowanych w KWB „Bełchatów”. Projektowany kontur wyrobisk winien z jednej strony umożliwić wybranie jak największej ilości węgla, z drugiej zaś strony musi być stabilny. Dlatego też spełnienie obu powyższych warunków, przy stwierdzonej budowie geologicznej, jaka istnieje w Polu Bełchatów oraz Szczerców, musi skutkować przybraniem skał podłoża mezozoicznego. Wpływ geometrii końcowych konturów zboczy eksploatacyjnych, w aspekcie zachowania stateczności zboczy, na ilości koniecznych do urobienia skał i gruntów trudno urabialnych, jest doskonale widoczny na przykładzie zbocza południowego Pola Szczerców. Według konturu przyjętego w Dodatku nr 1 do PZZ, w rejonie zbocza południowego należało urobić 19 mln m<sup>3</sup> skał mezozoicznego podłoża. Przyjęcie ze względów geotechnicznych skrajnie niekorzystnych parametrów nowego konturu skutkowało by dodatkowym urobieniem 47 mln m<sup>3</sup> skał podłoża (66 mln m<sup>3</sup>) — co należy mieć na uwadze podczas dokładniejszego rozpoznania warunków geotechnicznych przy obniżaniu rzędnej eksploatacji. W aktualnym wariantcie konturu, ilość skał podłoża mezozoicznego szacowana jest na ok. 32 mln m<sup>3</sup> [6].

## 2. Klasyfikacja urabialności utworów trudno urabialnych

Dla możliwie dokładnego pomiaru oporów urabiania (skrawania) skał lub gruntów koparkami wielonaczyniowymi, należałoby każdą koparką przeprowadzić próby urabiania poszczególnych rodzajów skał i gruntów, i w oparciu o odpowiednio wykonane pomiary na danej koparce, dokonać klasyfikacji urabialności. Praca koparek wielonaczyniowych ograniczona jest zazwyczaj do jednego, ewentualnie dwóch poziomów roboczych, o określonym wykształceniu litologicznym. Przez to dla pojedynczej koparki mamy możliwość ustalenia urabialności, dla ograniczonej ilości profili litologicznych. Konieczność ewentualnego wprowadzenia koparki na inne poziomy robocze, celem określenia stopnia urabialności dla zalegających tam innych rodzajów skał, stwarza zatem poważne utrudnienia, lub w szczególnych przypadkach jest niemożliwe. Dodatkowo, utwory zaliczane do kompleksu mezozoicznego (wapienie, margle, mułowce), charakteryzują się bardzo dużą zmiennością podstawowych cech fizyko-mechanicznych [1, 2, 3]. Na przykład średnia wartość wytrzymałości na ściskanie dla wapieni w Polu Bełchatów, wynosi około 25 MPa, przy wartościach maksymalnych ponad 90 MPa i minimalnych około 4 MPa.

W kopalni „Bełchatów”, klasyfikacja umożliwiająca ocenę urabialności poszczególnych rodzajów skał, oparta jest na geotechnicznych badaniach cech wytrzymałościowych. Posługuje się wskaźnikiem zwięzłości Protodiakonowa —  $f$ , co daje względne porównanie urabialności, z której na przykład wynika, że utwory piaszczyste niescementowane są 5-krotnie łatwiej urabialne niż węgiel i 10-krotnie w porównaniu do wapieni płytowych jurajskich.

TABELA 1

Klasyfikacja urabialności różnych skal na podstawie wskaźnika zwięzłości  $f$  [4]

Nazwa grupy	Rodzaj skały	Nazwa skały	Średni współczynnik zwięzłości
Skały mało zwięzłe	skały sypkie	piaski	0,5
		piaski pylaste	0,5–0,6
		żwiry i pospółki	0,6
		żwiry i pospółki z kamieniami	0,8
	skały spoiste	gliny zwałowe	0,4–0,5
		mułki	0,3–0,5
		mułki zawęglone	0,4
		iły	0,5–0,7
		iły warwowe	0,5
		iły zawęglone	0,4
kreda jeziorna		0,9	
węgiel brunatny		1,5	
zwietrzliny i rumosze	0,8		
zwietrzliny ilasto-gliniaste	0,5		
utwory półskalne	piaskowce o spoiwie ilastym lub wapiennym	0,7	
	mułowce zwietrzałe	1,2	
	brekcje tektoniczne	0,6	
	piaskowce o spoiwie żelazistym	1,5	
Skały średnio zwięzłe	skały spoiste	iły z odłamkami lub otoczkami skalnymi	1,8
		iły wzbogacone spoiwem żelazistym i manganowym	1,6
		konglomeraty iłowcowo-mułkowe	1,7
		iłowce zwietrzałe	1,6
	utwory półskalne	piaski zsylikowane	2,0
	utwory skalne	zwietrzałe wapienie margliste	1,6
zwietrzałe opoki		1,8	
Skały zwięzłe	utwory skalne	iłowce wapniste, margliste	2,1
		margle	2,5
		gezy	2,8
		opoki	2,1
		wapienie skaliste	2,2
		wapienie płytowe skaliste	2,6
		wapienie gąbkowo-tuberkulinowe	2,2
		wapienie onkolitowe	3,2
		wapienie płytowe	6,0
		wapienie skaliste zsylikowane	11,6
		zlepienie	2,8

Klasyfikacja taka daje nadzorowi górnictwu, maszynowemu oraz geotechnicznemu możliwość podjęcia decyzji o sposobie przeprowadzenia próby urabialności w skali możliwego zagrożenia koparki, nie daje jednak odpowiedzi ostatecznej, czy poszczególne rodzaje skał są możliwe do urabiania daną koparką, czy też nie.

Przyjmując jako kryterium wskaźnik zwięzłości  $f$ , ze względu na możliwość urabiania koparkami metodą skrawania, eksploatowane w KWB „Bełchatów” skały i grunty, można podzielić na trzy grupy (tab. 1.):

- skały bardzo zwięzłe — nieurabiane maszynowo metodą skrawania,  $f > 2,0$ ;
- skały średniozwięzłe — stwarzające możliwości urabiania maszynowego metodą skrawania,  $1,5 < f < 2,0$ ;
- skały mało zwięzłe — urabiane maszynowo metodą skrawania,  $0,1 < f < 1,5$ .

W kopalni Bełchatów zdecydowana większość skał należy do skał mało zwięzłych, których urabialność charakteryzowana wskaźnikiem  $f$  mieści się w przedziale 0,3–1,5. W tym przedziale do najbardziej trudno urabialnych zaliczyć należy węgiel brunatny oraz mułowce zwietrzałe i piaskowce o spoiwie żelazistym, których  $f = 1,2–1,5$ . Pozostałe skały o wskaźniku urabialności mieszczącym się w przedziale  $f = 1,5–2,0$  można zaliczyć już do skał średnio zwięzłych. Urabianie tych skał powinno być poprzedzone próbami bezpośrednimi. Wszystkie skały charakteryzujące się urabialnością wyższą od 2,0 nie są urabiane koparkami, i do ich urabiania stosuje się inne metody, decyzja o zastosowaniu urabiania pomocniczego powinna być poparta odpowiednimi próbami urabiania koparką bezpośrednio na froncie eksploatacyjnym.

### 3. Technologia wydobycia skał i gruntów trudno urabialnych

W kopalni „Bełchatów”, skały trudno urabialne niestwarzające możliwości mechanicznego urabiania metodą skrawania, są wstępnie urabiane głównie materiałami wybuchowymi, a następnie ich załadunek odbywa się podstawowymi koparkami wielonaczyniowymi na przenośniki taśmowe lub pomocniczymi koparkami jednonaczyniowymi (ładowarkami łyżkowymi) na samochody technologiczne, bądź też na przenośniki taśmowe. W pewnym ograniczonym zakresie, do urabiania pomocniczego wykorzystywane są bezpośrednio koparki jednonaczyniowe lub spycharki gaśnicowe z zamocowanym osprzętem zrywającym.

Ogólnie można stwierdzić, że żadna ze stosowanych technologii nie rozwiązuje zadowalająco problemu. Zastosowanie do bezpośredniego urabiania koparek wielonaczyniowych w negatywny sposób wpływa na wyniki eksploatacyjne, jak również konstrukcję koparki, poprzez przenoszenie bardzo dużych obciążeń dynamicznych. Natomiast podstawową trudnością w stosowaniu cyklicznych technologii pomocniczych jest ich mała wydajność w stosunku do wydajności i postępów eksploatacji, jak również zdecydowanie mniejsze możliwości urabiania wysokich pięt. W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona technologia, która w kopalni „Bełchatów” stosowana jest zdecydowanie najczęściej.

### **3.1. Przygotowanie frontów eksploatacyjnych do prowadzenia robót wiertniczo-strzałowych**

W planach pracy koparek wykonywanych na poszczególne poziomy eksploatacyjne, określa się rejon występowania skał i gruntów trudno urabialnych. Dodatkowo dział geologiczny przedstawia opinię dotyczącą sposobu ich zalegania i parametrów wytrzymałościowych. W części graficznej planu pracy nanosi się granicę zalegania i ewentualnie izolinie stropu skał.

W oparciu o powyższe informacje Dział Technologii Górniczej projektuje technologię pracy maszyn podstawowych, która w maksymalnym stopniu umożliwi odsłonięcie stropu i ociosu skał, a jednocześnie zapewni koparce możliwość pracy na froncie zastępczym w trakcie prowadzenia robót wiertniczych i strzałowych. Odsłonięcie stropu i ociosu skał realizowane jest koparkami podstawowymi i sprzętem pomocniczym pracującym na danym poziomie. Stopień odsłonięcia stropu i ociosu uzależniony jest od zalegania skał i możliwości technologicznych maszyn. Technologia pracy powinna uwzględniać, aby całość prac zrealizować koparkami wielonaczyniowymi.

Odsłonięcie stropu realizowane jest koparką pracującą na wyższym poziomie. W przypadku zidentyfikowania skał poniżej rzędnej poziomu roboczego, jeżeli pozwalają możliwości technologiczne koparki, obniża się rzędną poziomu do rzędnej zalegania stropu skał, z zachowaniem dopuszczalnego nachylenia dla koparki podczas pracy. Prace przy odsłanianiu drugiej powierzchni (od czoła zabierki) prowadzone są z poziomu przenośnika lub też z podpiętra, w zależności od wysokości urabianej ściany, powierzchni stropu skał i możliwości technologicznych koparki.

W rejonie pracy koparek wielonaczyniowych zatrudniona jest zawsze spycharka, która realizuje zakres robót pomocniczych związanych z eksploatacją (wykonanie drogi do koparki, równanie terenu przed maszyną, itp.) Tą samą spycharką oddział wydobywczy realizuje zadania związane z eksploatacją utworów trudno urabialnych: ewentualne czyszczenie stropu skał po zakończeniu pracy koparki, wykonanie drogi dojazdowej dla wiertnicy i oddziału strzałowego, wypychanie nadgabarytów z zabierki, itp.

### **3.2. Roboty wiertniczo-strzałowe**

Większość prac wiertniczo-strzałowych związanych z wstępnym rozluźnianiem utworów trudno urabialnych, prowadzonych jest przez służby własne kopalni. Wyjątek stanowią roboty w zakresie mechanicznego załadunku materiałów emulsyjnych luzem, które prowadzone są przez specjalistyczną firmę zewnętrzną — od kilku lat jest to firma Orica Poland. Roboty wiertnicze, w zależności od średnicy wierconych otworów, wykonuje oddział strzałowy (otwory o średnicy 40–90 mm) lub oddział wierceń (otwory powyżej 90 mm).

Wszystkie roboty wiertnicze wykonywane na potrzeby strzelania rozluźniającego otwory trudno urabialne, realizowane są przez oddział wierceń. Oddział strzałowy wykonuje tylko otwory wiercone ręcznie, podczas strzelania nadgabarytów lub piaskowców kwarcytowych.

Aktualnie kopalnia „Bełchatów”, posiada 5 wiertnic (Atlas Copco ROC L8, dwie Böhler TCD 222ED, dwie Hausherr HBM120) (rys. 1), będące na wyposażeniu oddziału wierceń

oraz wiertarki ręczne WUP-22, WUPA-22 — wykorzystywane głównie przez oddział strzałowy.



Atlas Copco ROC L8



Böhler TCD 222ED



Hausherr HBM120

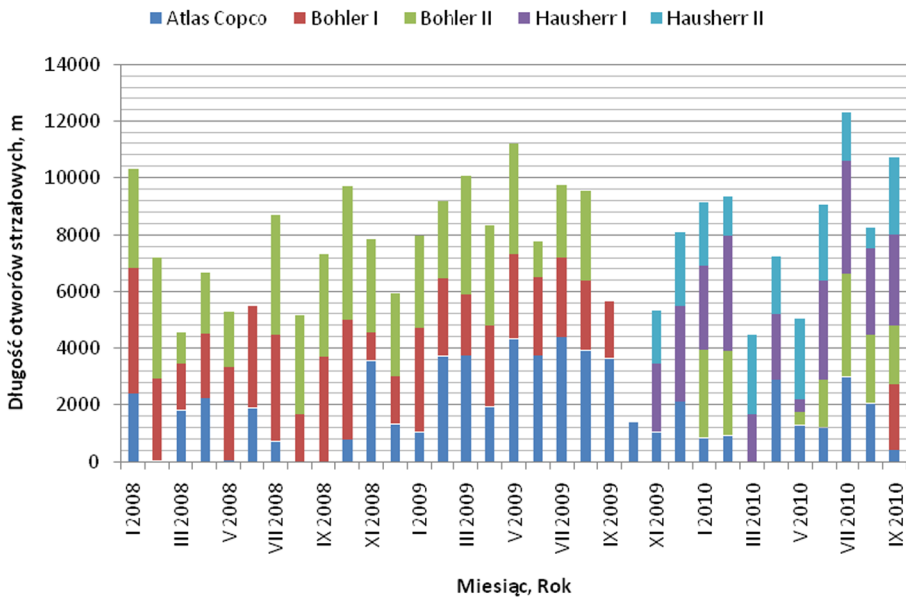
**Rys. 1.** Wiertnice będące w posiadaniu kopalni „Bełchatów”

Na rysunku 2 przedstawiono długość otworów strzałowych wywierconych poszczególnymi wiertnicami w gruntach trudno urabialnych w latach 2008–2010 (III kwartał), z podziałem na miesiące.

W latach wcześniejszych nie prowadzono dokładnej ewidencji długości oraz ilości wywierconych otworów.

W 2008 roku wywiercono łącznie ponad 84 tys. m otworów strzałowych. Największy udział (po ok. 41%) miały wiertnice firmy Bohller, pozostałe 18% długości wywiercone zostały wiertnicą Atlas Copco. W 2009 roku pracowało łącznie 5 wiertnic, przy czym dwie firmy Hausherr rozpoczęły pracę dopiero w listopadzie. Wywiercono łącznie ponad 94 tysiące metrów otworów strzałowych. Udział wprowadzonych wiertnic Hausherra wyniósł odpowiednio 6,0 i 5,0%, pracujące w latach ubiegłych wiertnice uzyskały udział odpowiednio: Bohller po około 26%, Atlas Copco — 37%. Przedstawione dane za 2010 rok, nie uwzględ-

nią pracę wiernic w ostatnim kwartale. Po 9 miesiącach pracy wywiercono ponad 75 tys. m otworów (w analogicznym okresie 2008 roku — 60 tys. m, 2009 roku — 79 tys. m). Największy udział w wierceniu posiadały wiernice Hausherr — 33% i 25% (ponad 44 tys. wywierconych metrów), następnie Bohler II — 22% (16 216 m), Atlas Copco — 17% (12 570 m) i Bohler I — 3% (2 300 m).



Rys. 2. Długość wywierconych otworów strzałowych w latach 2008–2010

Analizując raporty pracy wiernic, w tabeli 2, przedstawiono liczbę dni roboczych oraz zmian roboczych (wywiercony przynajmniej 1 m otworu), łączną długość wywierconych otworów, średnią długość wywierconych otworów dziennie oraz na zmianę roboczą.

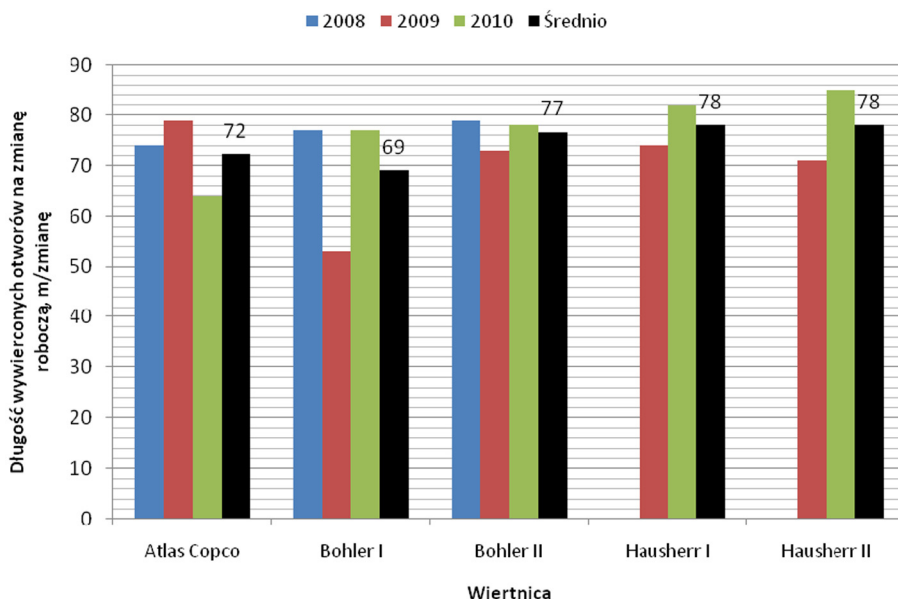
Najwięcej zmian roboczych (992) przepracowała wiernica Bohler II — wierząc 76 102 m otworów, następnie Bohler I, 938 zmian — wierząc 60 922 m, Atlas Copco, 840 zmian — wierząc 62 262. Liczba przepracowanych zmian roboczych dla wiernic Hausherr jest znacznie mniejsza, co wynika z późniejszego ich wprowadzenia do ruchu.

Wydajność pracy, określoną jako średnią długość wywierconych otworów przypadającą na jedną zmianę roboczą, przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 3.

Osiągane średnie postępy wiercenia, mieszczą się w dość wąskim przedziale wartości. Najmniejszym postępem wiercenia charakteryzuje się wiernica Bohler I (69 m/zmianę), a największym wiernice Hausherr, dla których postęp wynosi średnio 78 m na zmianę, minimalnie mniejszy postęp wiercenia osiąga wiernica Bohler II (77 m/zmianę), natomiast postęp wiercenia wiernicy Atlas Copco wynosi 72 m na zmianę.

TABELA 2  
Charakterystyka pracy wiertnic w latach 2008–2010

Wiertnica	Liczba dni roboczych			Liczba zmian roboczych			Długość wywierconych otworów			Średnia długość wywierconych otworów dziennie			Średnia długość wywierconych otworów na zmianę roboczą		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Atlas Copco	83	193	86	200	444	196	14 759	34 933	12 570	178	181	146	74	79	64
Bohler I	193	182	13	443	465	30	34 041	24 581	2 300	176	135	177	77	53	77
Bohler II	187	137	93	448	337	207	35 267	24 619	16 216	189	180	174	79	73	78
Hausherr I		34	128		77	308		5 729	25 393		169	198		74	82
Hausherr II		26	97		63	224		4 499	19 080		173	197		71	85



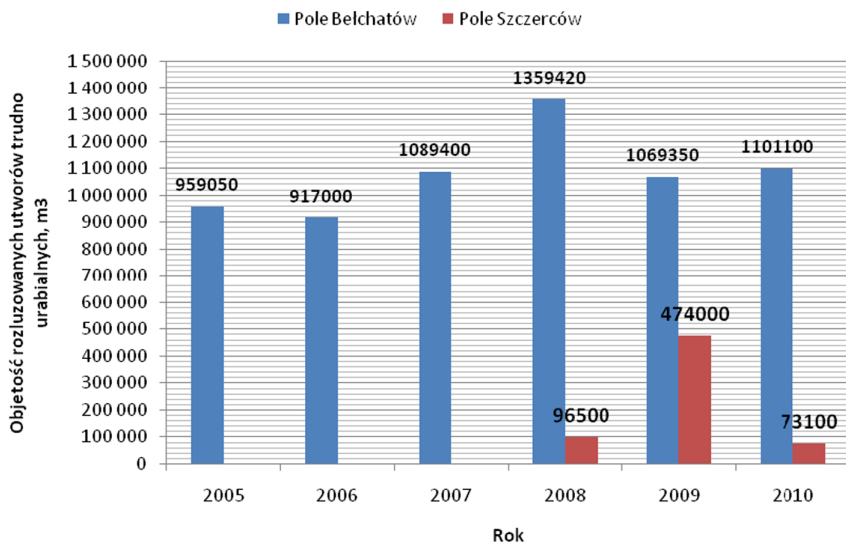
**Rys. 3.** Wydajność wiercenia otworów strzałowych na zmianę roboczą w latach 2008–2010

Maksymalną wydajność pracy (85 m/zmianę), osiągnęła w 2010 r. wiertnica Hausherr II. Porównując czas pracy, osiągnięte wydajności wiercenia oraz zakładając porównywalne warunki pracy (m.in. parametry fizyko-mechaniczne górotworu skalnego), należy przypuścić, że coraz większy udział wierceniu otworów strzałowych będą miały wiertnice Hausherr.

Z wywierconych otworów wykonano, w analizowanym czasie 1508 strzelań, w tym 1360 w Polu Bełchatów, a 148 w Polu Szczerców. Około 90% zrealizowanych strzelań wykonano metodą długich otworów, a 10% metodą krótkich otworów. Serie długich otworów rozmieszczone są wieloszeregowo, odpalane przy jednej lub dwóch płaszczyznach odśrończenia, bez bezpośredniego przemieszczenia urobku.

Łącznie w latach 2005–2010 (III kwartał), rozluzowano 7,139 mln m<sup>3</sup> skał trudno urabialnych, co przedstawiono na rysunku 4. W Polu Bełchatów, rozluzowano 6,5 mln m<sup>3</sup> skał, a w Polu Szczerców 640 tys. m<sup>3</sup>. Dało to średnio ok. 1,18 mln m<sup>3</sup> skał rocznie w analizowanym okresie. Są to duże ilości, porównywalne z wydobyciem w dużych kopalniach surowców skalnych.

Do 2008 roku eksploatacja skał trudno urabialnych prowadzona była wyłącznie w Polu Bełchatów. W związku z udostępnianiem kolejnych poziomów eksploatacyjnych, od 2008 roku prowadzi się roboty strzałowe również w Polu Szczerców. I tak w Polu Szczerców: w 2008 roku, wyeksploatowano około 96 tys. m<sup>3</sup> skał trudno urabialnych, natomiast w 2009 roku — 474 tys. m<sup>3</sup>. W dwóch pierwszych kwartałach 2010 roku nie prowadzono takich robót, a w III kwartale wykonano 15 strzelań, rozluzowując 73,1 tys. m<sup>3</sup>.



**Rys. 4.** Ilość skał trudno urabialnych rozluzowywanych MW, w Polu Belchatów i Polu Szczerców w latach 2005–2010

W tabeli 3 przedstawiono liczbę wykonanych strzelań oraz zużycie środków strzałowych w Polu Belchatów i Szczerców, a na rysunku 5, objętości skał trudno urabialnych rozluzowanych robotami strzałowymi na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych.

Urabianie pomocnicze w największym zakresie stosuje się na poziomach, kolejno X, VII, IX, VIII, VI (Pole Belchatów) oraz IV i V (Pole Szczerców). Zdecydowanie najwięcej skał trudno urabialnych (1,8 mln m<sup>3</sup>) rozluzowano, w analizowanym okresie, na poziomie X w Polu Belchatów. W sumie w Polu Belchatów w analizowanym okresie zużyto 3 961,6 Mg różnych środków strzałowych, a w Polu Szczerców 382,6 Mg. W obu polach wydobywczych, najczęściej stosowano saletrol, którego udział w zużyciu środków strzałowych wynosi ok. 65%.

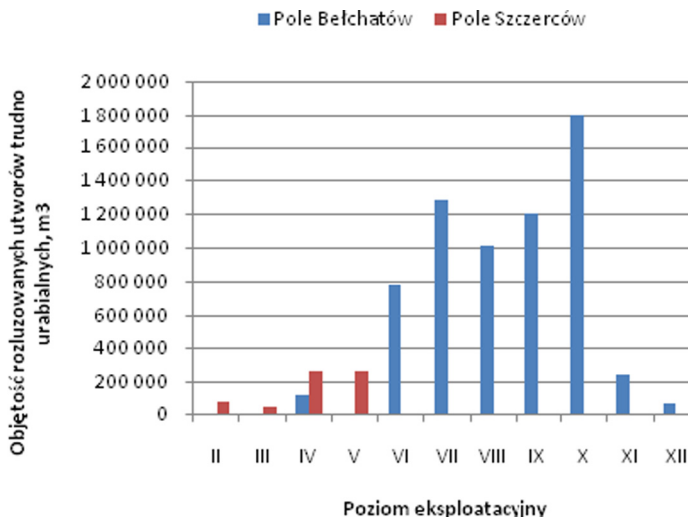
Wskaźnik jednostkowego zużycia materiałów wybuchowych na 1 m<sup>3</sup> rozluzowanych utworów trudno urabialnych w latach 2005–2010 (III kwartał), w Polu Belchatów wyniósł 0,61 kg/m<sup>3</sup>, a w Polu Szczerców — 0,59 kg/m<sup>3</sup>. Analizując jednostkowe zużycie materiałów wybuchowych w odniesieniu do ilości rozluzowanych utworów trudno urabialnych, na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych, zauważalna jest niewielka tendencja wzrostowa zużycia, wraz z obniżaniem się rzędnej eksploatacji (rys. 6).

Na XII poziomie eksploatacyjnym Pola Belchatów wykonano do tej pory tylko 10 strzelań, przez co wartość wskaźnika jednostkowego zużycia środków strzałowych może być nieobiektywna. Wzrost wartości wskaźnika jednostkowego zużycia środków strzałowych, świadczyć może o większej zwięzłości urabianych skał, jak również zmianie struktury masywu skalnego podłoża mezozoicznego (np. mniej płaszczyzn nieciągłości, większe odległości pomiędzy nieciągłościami). Można wykluczyć tutaj wpływ zmiany stosowanych środków strzałowych, gdyż struktura zużycia w poszczególnych latach jest bardzo podobna.

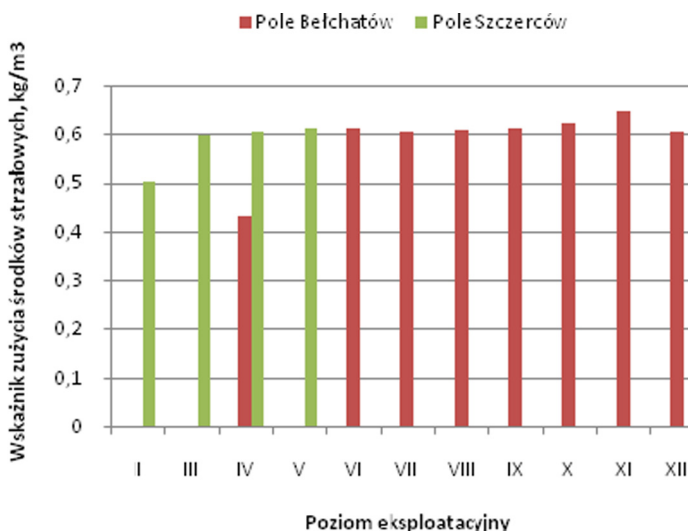
TABELA 3

Struktura zużycia środków strzałowych przy rozluźowywaniu gruntów trudno urabialnych na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych w latach 2005–2010

Pole	Poziom	Liczba strzelań	Zużyte środki strzałowe							
			Saletrol [%]	Fortis Coal 100 [%]	Emulinit Amonit [%]	Ergodyn [%]	Pobudzac trojlowy [%]	Emulan/ Emulgit [%]	Dynamit [%]	
Bełchatów	IV	30	96,6	-	1,2	2,2	-	-	-	-
	VI	206	66,9	-	2,7	0,4	-	-	29,3	0,7
	VII	287	59,7	12,1	4,2	0,5	0,1	0,1	23,1	0,3
	VIII	180	70,3	5,3	0,5	0,3	0,1	0,1	23,2	0,3
	IX	243	65,1	6,5	1,3	0,4	0,1	0,1	26,2	0,4
	X	362	58,9	15,9	0,1	0,4	0,2	0,2	24,4	0,2
	XI	42	84,2	8,7	-	0,4	0,2	0,2	6,4	-
	XII	10	99,1	-	-	0,8	0,1	0,1	-	-
	II	15	68,7	29,1	0,6	1,7	-	-	-	-
	III	8	78,3	-	-	0,6	0,4	0,4	20,7	-
	IV	58	81,4	-	-	0,1	0,8	0,1	17,7	-
	V	67	43,9	-	-	-	0,7	0,3	55,1	-
Szczerców										



Rys. 5. Kubatura rozluźnianych skał na poziomach eksploatacyjnych w Polu Belchatów i Szczerców w latach 2005–2010



Rys. 6. Wskaźnik jednostkowego zużycia MW na poziomach eksploatacyjnych Pola Belchatów i Pola Szczerców

### 3.3. Urabianie rozluźnianych utworów trudno urabialnych z wykorzystaniem wielonaczyniowych koparek kołowych

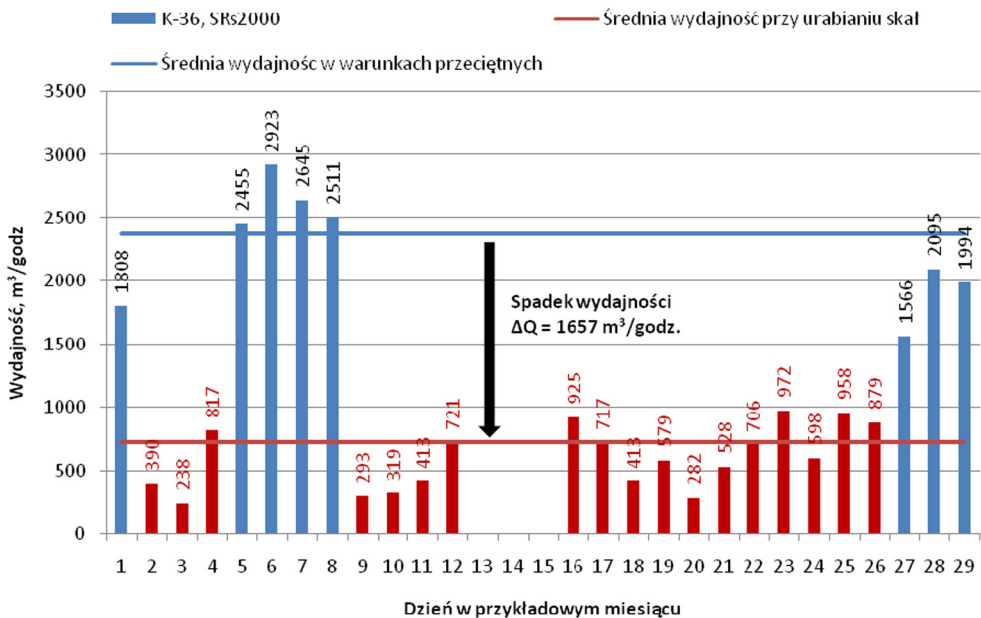
Po wykonaniu robót strzałowych, ale przed załadunkiem rozluźnianych skał koparką wielonaczyniową, sprzętem pomocniczym usuwa się wszelkie bryły skalne ponadwymiaro-

we z rejonu pracy koparki i dodatkowo rozluźwuje. Rozbijanie nadgabarytów wykonywane jest przy użyciu młotów hydraulicznych zainstalowanych na koparce jednonaczyniowej bądź strzelaniem rozszczepkowym ładunkami nakładanymi lub ładunkami w otworach.

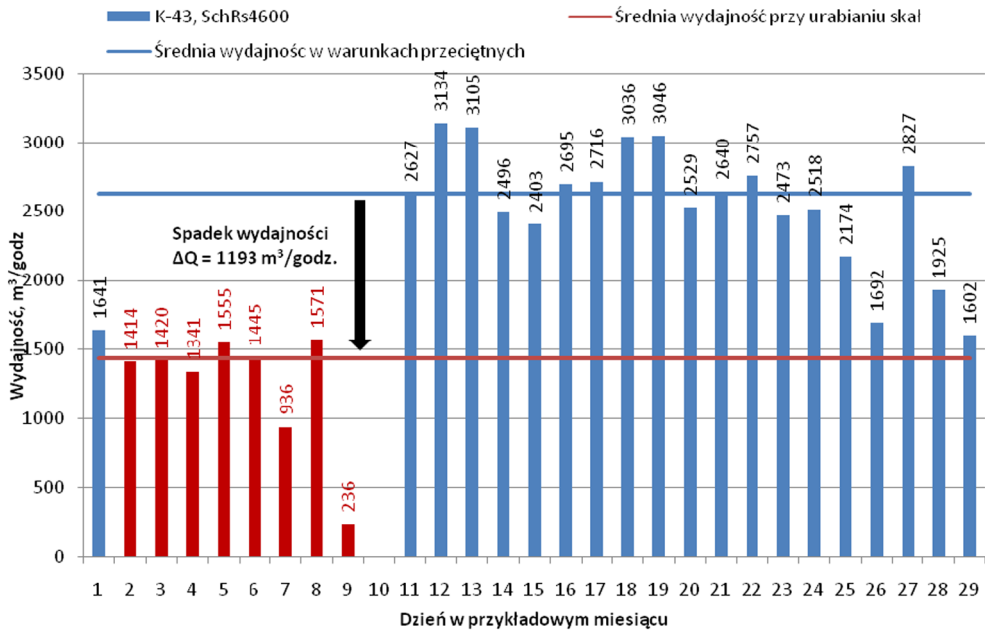
Przed przystąpieniem do urabiania skał sprawdzany jest stan techniczny koparki, a w szczególności: stan konstrukcji nośnej, węzłów i połączeń, stan koła czerpakowego i zamocowań czerpaków. W trakcie urabiania skał kontrole wyżej wymienionych elementów na koparce przeprowadzane są co 2 dni. Obciążenie znamionowe napędu koła czerpakowego, w trakcie urabiania utworów trudno urabialnych, nie powinno przekraczać 70% obciążenia dopuszczalnego.

Pomimo prowadzonego wstępnego rozluźwiania trudno urabialnych skał, osiągane wyniki eksploatacyjne koparek wielonaczyniowych są znacznie niższe, niż w warunkach przeciętnych. Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono porównanie wydajności pracy koparki K-36 (SRs 2000) oraz K-43 (SchRs 4600), przy załadunku rozluźwianych skał oraz przy normalnej pracy w warunkach przeciętnych.

Średnia wydajność eksploatacyjna koparki K-36 przy załadunku rozluźwianych skał, ważona po ilości urobionej masy, wynosi 721 m<sup>3</sup>/godz., przy minimalnej wartości wydajności 238 m<sup>3</sup>/godz., a maksymalnej 972 m<sup>3</sup>/godz. Natomiast średnia wydajność eksploatacyjna dla warunków przeciętnych, wynosi 2 378 m<sup>3</sup>/godz., przy minimalnej wartości wydajności 1 556 m<sup>3</sup>/godz., a maksymalnej 2 923 m<sup>3</sup>/godz. Wynika z tego, że podczas załadunku skał trudno urabialnych średnia wydajność koparki K-36, zmniejszyła się o 70%.



**Rys. 7.** Porównanie wydajności koparki SRs 2000 (K-36) w warunkach urabiania skał trudno urabialnych i warunkach przeciętnych



**Rys. 8.** Porównanie wydajności koparki SchRs 4600 (K-45) w warunkach urabiania skał trudno urabialnych i warunkach przeciętnych

Mniejsze obniżenie średniej wydajności eksploatacyjnej wystąpiło dla koparki K-43, które wynosi 45% (spadek wydajności z 2 629 m<sup>3</sup>/godz. do 1 436 m<sup>3</sup>/godz.). Można przypuszczać, że przyczyną jest znacznie większa siła obwodowa na kole koparki K-43 (510 kN), w porównaniu do koparki K-36 (410/315 kN).

Dla pełniejszego zobrazowania pracy koparek, należałoby jednak uzupełnić wyniki eksploatacyjne oraz ilości awarii będących skutkiem urabiania skał, z dłuższego okresu, jak również określić rodzaj i podstawowe właściwości urabianych skał.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Dla zapewnienia realizacji procesu odkrywkowej eksploatacji złóż, wymagane jest zapewnienie odpowiedniej zdolności wydobywczej maszyn, wynikającej z zaplanowanych zadań produkcyjnych. Pojawienie się na frontach eksploatacyjnych utworów, których opory urabiania przewyższają nominalne siły kopania maszyn, może prowadzić do istotnych zaburzeń w procesie eksploatacji. W przypadkach takich dochodzi głównie do wzrostu jednostkowych kosztów eksploatacji, niekorzystnego obniżania się wskaźników eksploatacyjnych zarówno koparek, jak również całych układów technologicznych.

W kopalni Bełchatów w latach 2005–2010 eksploatowano średnio 1,2 mln m<sup>3</sup> skał trudno urabialnych. Zdecydowana większość nie stwarza możliwości bezpośredniego urabiania

koparkami wielonaczyniowymi. Konieczne jest zatem prowadzenie robót pomocniczych, polegających na wstępnym rozluzowaniu skał robotami strzałowymi. W mniejszym zakresie wykorzystuje się maszyny cykliczne (spycharki, koparki jednonaczyniowe).

W sumie w kopalni Belchatów w analizowanym okresie zużyto 4 344 Mg różnych środków strzałowych, rozluzowując łącznie 7,139 mln m<sup>3</sup> skał trudno urabialnych. Najczęściej stosowano saletrol, którego udział w strukturze zużycia środków strzałowych wynosi ok. 65%. Pomimo, że technologia urabiania sprawdza się doskonale przy urabianiu zwięzłych skał w kopalniach odkrywkowych surowców skalnych, to w przypadku zastosowania w kopalniach węgla brunatnego, prowadzone roboty strzałowe nie mają typowego charakteru urabiającego lecz rozluzowujący.

Prowadzone roboty strzałowe są okresowo optymalizowane, tak aby uzyskać jak największy stopień rozluzowania, jednocześnie uwzględniając konieczność minimalizacji negatywnego oddziaływania na otoczenie. Istotnymi czynnikami decydującymi o parametrach wykonywanych robót strzałowych (maksymalne ładunki w serii, maksymalne ładunki na opóźnienie), są odległości od: wysadu solnego „Dębina”, zboczy stałych, czynnych studni odwadniających, najbliższych zabudowań.

W odniesieniu do zalegania skał trudno urabialnych w kopalni Belchatów, stosowaną technologię wstępnego rozluzowania przy wykorzystaniu materiałów wybuchowych, należy uznać za prawidłową. Nie odnotowuje się znacznych opóźnień postępów frontów eksploatacyjnych, mogących negatywnie wpłynąć na wielkość wydobycia węgla brunatnego. Zaleganie znacznych objętości skał podłoża mezozoicznego na poziomach eksploatacyjnych, w większości przypadków na pełną wysokość urabianego piętra, oraz obecny sposób rozcięcia złoża, eliminuje zastosowanie na dużą skalę maszyn o cyklicznym charakterze pracy.

Dla oceny skuteczności technologii wstępnego rozluzowania skał z wykorzystaniem MW (oraz innych technologii pomocniczych), bardziej uzasadnione byłoby porównanie wyników eksploatacyjnych koparek wielonaczyniowych urabiających rozluzowane skały, do wyników przy bezpośrednim urabianiu nierozluzowanych skał, a więc wskazanie korzyści z stosowanej technologii rozluzowywania (wzrost wydajności, spadek awaryjności, zmniejszenie materiałochłonności, zmniejszenie energochłonności, zmniejszenie jednostkowych kosztów urabiania). Jako, że niezmiernie trudne jest określenie wyników eksploatacyjnych koparek podczas bezpośredniego urabiania nierozluzowanych skał (zwłaszcza w dłuższym horyzoncie czasowym), porównanie wykonuje się do wyników osiąganych podczas pracy w warunkach standardowych (określenie poziomu spadku wskaźników pracy). I tak koparki wielonaczyniowe urabiające rozluzowane skały, osiągają wydajność nawet o 70% niższą od wyników osiąganych w warunkach przeciętnych. Wyższa jest jednocześnie awaryjność koparek, która najprawdopodobniej wraz z ilością urobionych skał będzie się zwiększać (zmęczenie materiału). Praktyka eksploatacyjna wskazuje, że obciążenia konstrukcji koparek podczas pracy w takich warunkach są bardzo duże. Dlatego też w Polu Szczerców, w rejonach wystąpienia skał podłoża mezozoicznego, próbuje się modyfikować kontur zboczy tak, aby minimalizować ilości skał do eksploatacji. W polu Belchatów taka możliwość jest znacznie ograniczona. Prowadzone badania nie wykazały natomiast negatywnego oddziaływania robót

strzałowych na koparki wielonaczyniowe, które są oddalone przynajmniej 150 m od miejsca wykonywania robót strzałowych. Naprężenia konstrukcji w wybranych punktach pomiarowych, są prawie 10-krotnie niższe niż przy normalnej pracy i pracach pomocniczych koparki.

Patrząc perspektywicznie, uzasadnionym wydaje się przygotowanie odpowiedniej bazy danych, która posłużyłaby do określenia uwarunkowań wykorzystania poszczególnych typów maszyn, do urabiania wstępnie rozluzowanych skał podłoża mezozoicznego.

#### LITERATURA

- [1] *Czarnecki L., i in.*: Możliwość prognozy oraz jakościowa charakterystyka masywu skalnego w wyrobisku górniczym KWB Belchatów. *Górnictwo Odkrywkowe* 7-8/2004. Poltegor. Wrocław
- [2] *Kozioł W., Machniak Ł.*: Wybrane technologie wydobycia skał trudno urabialnych w kopalniach węgla brunatnego; *Górnictwo i Geoinżynieria*, R.33 z. 2, 2009
- [3] *Kozioł W., Sośniak E., Jończyk W., Machniak Ł.*: Wydobycie skał trudno urabialnych w kopalniach węgla brunatnego; *Górnictwo Odkrywkowe* nr 5–6; 2007
- [4] Materiały sympozjum nt. Systemów prowadzenia robót strzałowych z zastosowaniem nieelektrycznego systemu inicjowania oraz wdrażaniem nowoczesnego elektronicznego systemu typu i-kon, Belchatów, 2009 r. (materiał niepublikowany)
- [5] Pole Belchatów. Technologia eksploatacji węgla w rowie II rzędu z wykorzystaniem koparki SchRs 4600 × 30; Poltegor-projekt, Wrocław, kwiecień 2009
- [6] Pole Szczerców. Aktualizacja konturu zboczy stałych wyrobiska od zbocza tymczasowo — stałego do końca eksploatacji; Poltegor-projekt, Wrocław 2009
- [7] Praca zbiorowa; Identyfikacja i modelowanie warunków zalegania oraz wybierania trudno urabialnych kompleksów geologicznych zaburzonych złóż węgla brunatnego; Poltegor-Institut, Wrocław 1995