

Jacek KORSKI,  
Kompania Węglowa, Oddział KWK Bolesław Śmiały, Łaziska Górne

## ZASTOSOWANIE TECHNIKI WIERTNICZEJ DO EKSPLOATACJI POKŁADÓW WĘGLA

**Streszczenie.** Zastosowanie techniki wiertniczej jako metody eksploatacji złóż węgla stosowane jest od lat 40. XX wieku. Metody takie wypełniają pewną niszę wśród obecnie stosowanych technologii wydobywania węgla. Rozwój systemów maszynowych do eksploatacji węgla odwiertami sprawia, że rozszerza się zakres jej stosowania. W pewnych warunkach istnieje możliwość zastosowania jej warunkach polskich.

## DRILLING TECHNOLOGIES IN COAL SEAMS EXCAVATION

**Summary.** Drilling methods as coal excavation technologies are known as auger mining. Auger mining was implemented in surface coal mining since forties XX-c. Auger mining equipment and machines development is extending auger mining implementation possibilities. It is possible to use auger mining in Polish mining as an auxiliary excavation method.

### 1. Wprowadzenie

Wśród najbardziej rozpowszechnionych systemów eksploatacji złóż (pokładów) węgla są w światowym górnictwie systemy odkrywkowe i podziemne ścianowe i komorowo-filarowe [6]. Istnieje jednak wiele innych systemów eksploatacji o mniejszym rozpowszechnieniu, stosowanych w szczególnych warunkach występowania złóż węgla [min.:8, 9]. Ich mniejsza popularność wynika z opłacalności ekonomicznej ich stosowania ograniczonej do warunków lokalnych. Jednym z istotnych uwarunkowań jest tutaj pracochłonność i lokalne koszty pracy z jednej oraz możliwość efektywnej mechanizacji robót z drugiej strony. Pojawienie się nowych systemów mechanizacyjnych i konstrukcji maszyn górniczych powoduje, że

poszukuje się możliwości rozszerzenia ich zastosowań. Jednym z przykładów takiego rozszerzania zastosowań jest użycie starej i znanej techniki wiertniczej w postaci tzw. wiercenia okrętnego [12] przy użyciu żerdzi lub kolumn świdrowych do celów inżynierii lądowej (budownictwo tunelowe i wykonywanie głębokich wykopów i kanałów podziemnych) oraz do wydobywania węgla kamiennego w pewnych warunkach. Wiercenie okrętne do wydobywania węgla kamiennego w kopalniach podziemnych wykorzystywano już w głębokozabiorowych kombajnach wierząco-wycinających [1] (znane wielowiertłowe kombajny do eksploatacji cienkich pokładów produkcji ZSRR typów: UKT-1, BKT czy innych producentów Korfmann BSL-90 lub Midget-Miner). Istotną zaletą takiej techniki urabiania był względnie duży wychód grubych sortymentów. Technikę urabiania węgla wierceniem zastosowano także w płytkozabiorowych kombajnach trepanujących (tzw. *trepanner shearer*). W odróżnieniu jednak od klasycznego wiercenia okrętnego do transportu urobku (zwiercin) nie zastosowano tutaj świdrów spiralnych. Upowszechnienie wierzących kombajnów ścianowych powstrzymał znaczny stopień złożoności tych maszyn wpływający na niezawodność. Ponadto zmiany w technice spalania węgla sprawiły, że w dominującym zużyciu przemysłowym zaczęło rosnąć znaczenie drobniejszych klas ziarnowych. Technika eksploatacyjnych wierceń okrętnych z zastosowaniem transportu urobku (zwiercin) świdrów spiralnych nie została jednak całkowicie zaniechana i była rozwijana. Rozszerza się nadal zakres jej zastosowań zarówno w górnictwie odkrywkowym, jak i podziemnym.

## **2. Wiercenia eksploatacyjne w odkrywkowym górnictwie węgla kamiennego**

W ujęciu historycznym jednym z najstarszych sposobów eksploatacji wielu kopalni, w tym węgla kopalnych, było wybieranie odsloniętego w zboczu pokładu kopaliny. Nadal w dogodnych warunkach prowadzi się taką eksploatację. Przykładem mogą być odslonięte w zboczach amerykańskich Appalachów pokłady dobrego jakościowo węgla kamiennego. Pierwotnie stosowano tu eksploatację odkrywkową z urabianiem nadkładu materiałami wybuchowymi i przemieszczaniem go za pomocą koparek linowych i samochodów. Technologia taka powodowała rozległe zmiany w środowisku naturalnym i długotrwałe zeszpecenie krajobrazu. Spowodowało to zmiany w prawodawstwie, pierwotnie wymuszające rekultywację terenu po zakończeniu eksploatacji złoża. To z kolei wpłynęło istotnie na sposób oceny opłacalności ekonomicznej eksploatacji i poszukiwanie rozwiązań zmniejszających

koszty rekultywacji przy możliwie najlepszym wykorzystaniu złoża [4, 11]. Efektem poszukiwań stały się technologie wybierania w zboczu lub skarpie określane w języku angielskim ogólną nazwą: *Highwall mining* [8]. Jednym z kierunków poszukiwań stała się znana już wcześniej technologia wierceń eksploatacyjnych poziomym wiertłem okrętym. Obecnie technologia eksploatacyjnych wierceń węgla kamiennego w połączeniu z udostępnieniem złoża wykopem staje się często rozwiązaniem technicznym stosowanym jako jedyny system eksploatacji złoża.

### 3. Rozwiązania techniczne wierceń eksploatacyjnych w pokładach udostępnionych w zboczu lub w skarpie

Technologia wierceń eksploatacyjnych zastosowana została pierwotnie w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego i służyła zwiększeniu wykorzystania złoża w sytuacji wzrostu miąższości nadkładu lub wycienienia eksploatowanego pokładu powodującego nieopłacalność technologii odkrywkowych. Zastosowano wtedy doraźnie zaadoptowane wiertnice okrętne zabudowane na samochodach. Rozwiązania techniczne istotnie ograniczały zakres stosowania i technologia ta nie była rozwijana zbyt intensywnie, choć nie została zaniechana. Zmiana ustawodawstwa w górniczych stanach USA sprawiła, przy jednoczesnym postępie techniki i inżynierii materiałowej, że w połączeniu z odkrywkową eksploatacją pasową (ang.: *contour mining*) technologia wierceń eksploatacyjnych wzbudziła rosnące zainteresowanie.

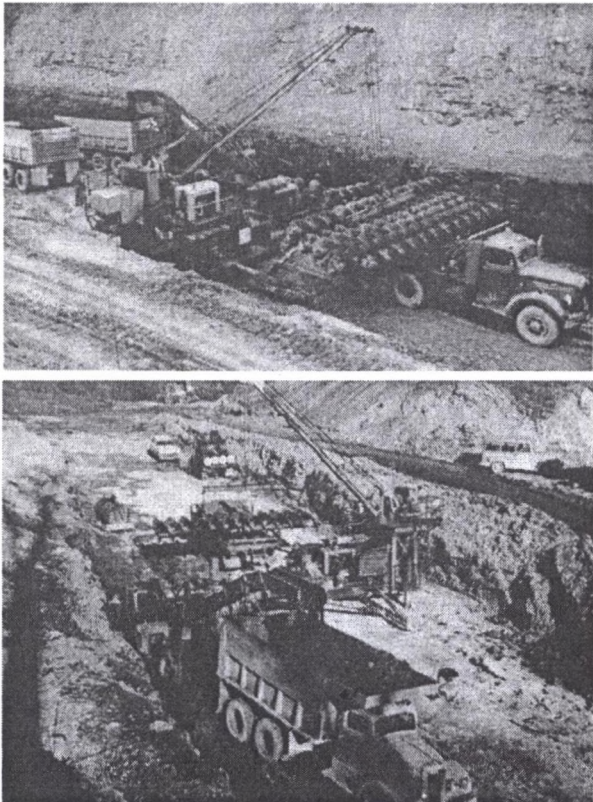


Rys.1. Pozostałości po konturowej eksploatacji odkrywkowej w amerykańskim stanie Kentucky [strona internetowa Uniwersytetu Stanowego Kentucky]

Fig. 1. Contour open mining in Kentucky (USA) [Kentucky State University website]

Postęp techniczny w zakresie technologii wierceń eksploatacyjnych w górnictwie węgla kamiennego sprawił, że na trwałe stanowi on także dopełnienie wykorzystania złóż w kończących się „klasycznych” odkrywkach węglowych. Rozwiązania techniczne pozwalają bowiem przy małej pracochłonności i stosunkowo nieskomplikowanym wyposażeniu na uzyskanie akceptowalnej efektywności i znacznej produktywności. Istotną zaletą jest także całkowite wyeliminowanie człowieka z podziemnych operacji technologicznych i pełna mechanizacja robót, powstały bowiem kompleksowe systemy mechanizacyjne, gdzie procesy są nadzorowane i sterowane zdalnie z kabiny operatora znajdującej się w bezpiecznym miejscu i zapewniającej bardzo duży komfort pracy.

### 3.1. Pierwotne technologie wierceń eksploatacyjnych w górnictwie amerykańskim

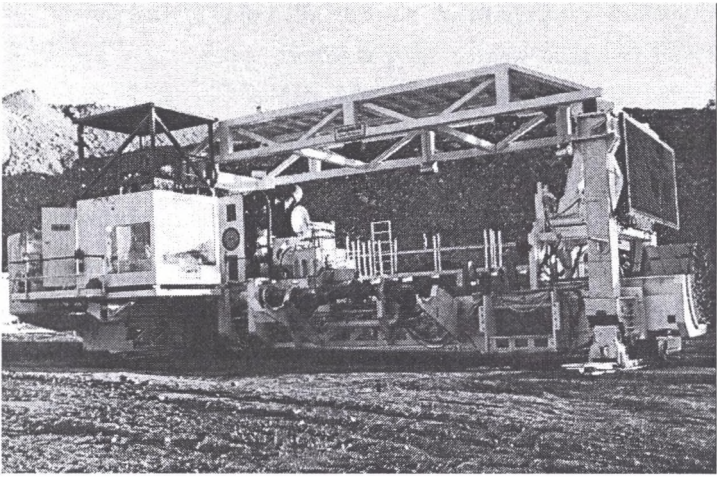


Rys. 2. Wiercenia eksploatacyjne USA lata 50. XX w[11]  
Fig. 2. Auger mining in USA 50-ies XX c.

Jak wspomniano wyżej pierwotnie do celów wierceń eksploatacyjnych używano wiertnic zaadaptowanych z zabudowanych na podwoziach samochodów urządzeń wiertniczych przeznaczonych do wiercenia otworów strzałowych w nadkładzie nad wybranym odkrywkowo złożem węgla. W sytuacji, kiedy odkrywkowa kopalnia zakończyła efektywną eksploatację wskutek wzrostu grubości nadkładu, wycienienia eksploatowanego pokładu lub osiągnięto granice eksploatacji określone prawem, wiercenie eksploatacyjne pozwalało względnie tanio odzyskać część złoża, która przy zastosowaniu innych technik musiałaby być zaniechana. Stosowane średnice wiertel (do ok. 300 mm), jak i prowizoryczny charakter wyposażenia powodowały, że głębokość wiercenia była niewielka, a ilość uzyskiwanego w ten sposób węgla (pierwotnie twardego węgla brunatnego) była nieduża. W latach 50. XX wieku wdrożono do wierceń eksploatacyjnych wiertła o większych średnicach.

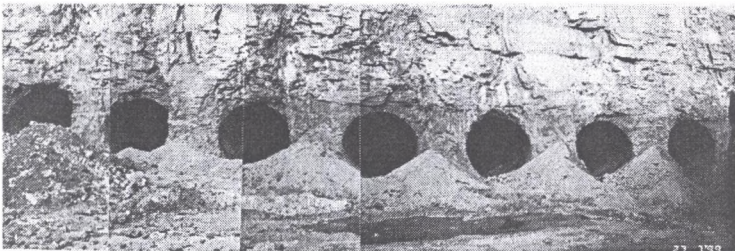
### 3.2. Wiercenie pojedynczym wiertłem

Technologia wierceń eksploatacyjnych (ang.: *Auger mining*) wdrażana jest mimo licznych porażek przeszłości. W amerykańskim stanie Wyoming na początku lat 90. XX wieku w kopalni węgla Jim Bridger zlokalizowanej w południowo-zachodniej części tego stanu zastosowano system eksploatacji węgla odwiertami. Wiercono otwory eksploatacyjne o średnicy 1,55 m na głębokość do 100 metrów. Ocena efektów sprawiła, że zaniechano tego systemu eksploatacji. Technologia rozwiercania wielkośrednicowego pokładu w skarpie odkrywki znalazła największe rozpowszechnienie w Australii przy wybieraniu węgla w kończących się odkrywkach na ich obrzeżach. Stosuje się przeważnie wiertła tarczowe o średnicach do 1600 lub nawet 1900 mm, napędzane z powierzchni (od strony skarpy). Do transportu urobku jako przenośniki śrubowe i jednocześnie do przeniesienia mocy służą segmentowe żerdzie spiralne.



Rys. 3. Stacja robocza do wiercenia pojedynczych otworów eksploatacyjnych [11]  
 Fig. 3. Single auger work station [11]

Napęd z powierzchni oraz wytrzymałość materiału ogranicza zasięg eksploatacji do ok. 200 metrów. Istotnym ograniczeniem jest także wpływ ciężaru wiertła wraz ze wzrostem długości (głębokości) odwiertu. Odchylanie się wiertła od zadanego kierunku wiercenia (zboczenie), także pod wpływem różnic własności mechanicznych pokładu węgla i skał otaczających, powoduje, że trudne jest utrzymanie odległości pomiędzy kolejnymi odwiertami dla zachowania stateczności pozostawianych filarów. Zastosowanie systemów dokładnej kontroli położenia wiertła z wykorzystaniem GPS pozwala zmniejszyć ryzyko naruszenia pozostawionych filarów (płatów) i utraty wiertła.



Rys. 4. Wyrobiska poeksploatacyjne po wierceniach pojedynczym wiertłem [11]  
 Fig. 4 Single auger holes [11]

W skład zestawu roboczego wchodzi przeważnie:

- stacja robocza (platforma) ze sterownią,
- spalinowy agregat elektryczny,
- pojazd do przewożenia członów żerdzi spiralnych,

- przenośnik taśmowy lub zgrzeblowy na podwoziu samojezdnym,
- cysterny z wodą,
- pompa wodna wysokiego ciśnienia.

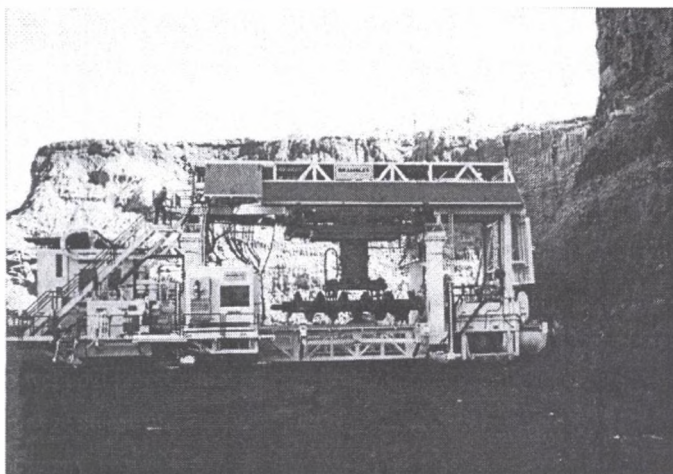
Cykl roboczy wygląda następująco:

- dostarczenie wyposażenia,
- ustawienie stacji roboczej,
- ustawienie i połączenie pozostałych agregatów,
- rozpoczęcie wiercenia,
- przedłużanie żerdzi spiralnych,
- skracanie żerdzi,
- wyprowadzenie wiertła,
- przestawienie stacji roboczej,
- nowy cykl.

Urobek przeważnie składowany jest w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót i odtransportowany okresowo samochodami samowyladowczymi.

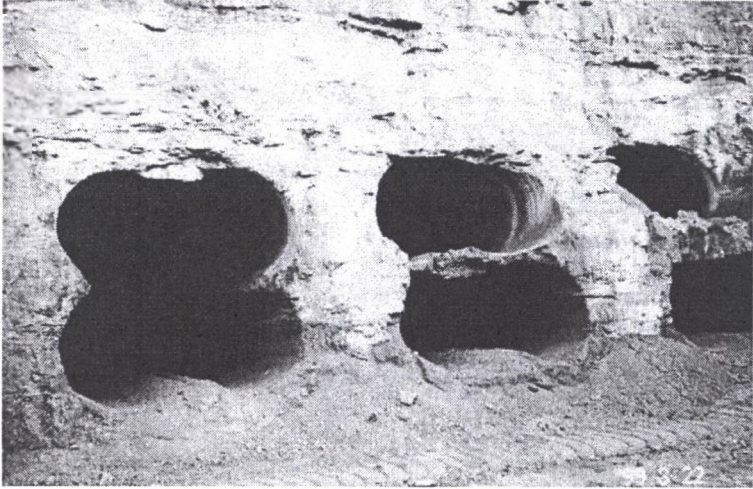
### 3.3. Wiercenia eksploatacyjne podwójnymi wiertłami (ang. Twin auger)

Zastosowanie podwójnych (bliźniaczych) wiertel z przewodem śrubowym pozwoliło wyeliminować niektóre ograniczenia przedstawionego wyżej rozwiązania w postaci eksploatacyjnych wierceń pojedynczym wiertłem.



Rys. 5 Stacja robocza ustawiona w położeniu roboczym [www.cetpl.com]  
Fig. 5. Twin auger work station on position

Rozszerzeniu uległ zakres stosowania wierceń eksploatacyjnych, ponieważ podwójne przeciwbieżne wiertła wraz z systemem kontoli ustawienia głowicy wiertniczej pozwalają w pewnym zakresie regulować kierunek drażenia (wiercenia). Dzięki temu możliwe stało się eksploatowanie pokładów o grubości przekraczającej kilkakrotnie średnicę wiertła. Stację roboczą wyposażono w tym celu w hydraulicznie podnoszony stół roboczy umożliwiających wykonywanie otworów eksploatacyjnych na dwóch poziomach.



Rys. 6. Wyrobiska po eksploatacyjnym wierceniu wiertłem podwójnym grubego pokładu węgla [www.cetpl.com]

Fig. 6. Twin auger holes in thick seam

Choć podobne rozwiązanie w postaci „piętrowego” wiercenia zastosowano także przy wierceniu pojedynczym wiertłem, to rozwiązanie to było bardziej podatne na odchylenie się wiertła w pionie, zwłaszcza przy wierceniu w górnych warstwach pokładu.

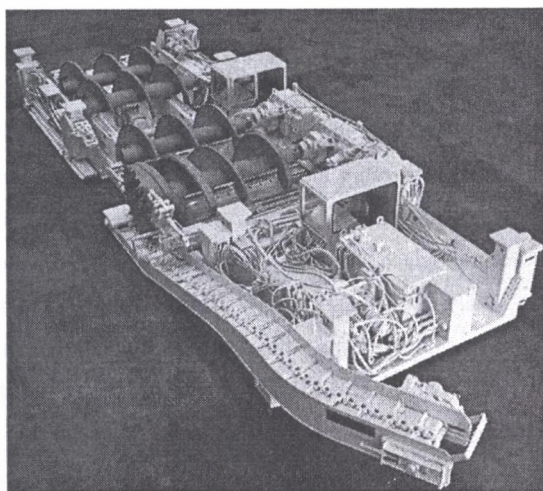
### 3.4. Wiercenia eksploatacyjne w głębinowej kopalni węgla kamiennego

Wielkośrednicowe wiercenia w pokładach węgla w kopalniach głębinowych są znaną techniką w profilaktyce przeciwtańpawowej [2, 13, 3, 10]. Powstające w takiej operacji zwierciny nie były jednak traktowane jako pożądany urobek, ale jako uciążliwy balast. Pod koniec lat 90. XX wieku firma DryBet opracowała urządzenie do eksploatacji resztkowych parceli w sąsiedztwie przygotowanych do eksploatacji pól ścianowych. Eksploatację węgla metodą wiertniczą podejmowano w ociosie chodników przyścianowych. W 2000 roku w południowo-afrykańskiej kopalni węgla kamiennego Matla zastosowano urządzenie BAU 600 wymienionej firmy do wybierania węgla z ociosu chodnika na głębokość do 80 m.



Urządzenie składające się z dwóch segmentów zastosowano do eksploatacji pokładu o miąższości poniżej 1,8 metra. Wyrobisko, w którym ustawia się maszynę, musi mieć minimalne gabaryty: wysokość nie mniej niż 1,8 metra, szerokość nie mniej niż 6,0 metra.

Wszystkie czynności związane z przedłużaniem czy wyciąganiem przewodu wiertniczego są w pełni zmechanizowane, podobnie zmechanizowane jest przesuwanie maszyny wzdłuż wyrobiska. Cały osprzęt elektryczny i hydrauliczny jest konstrukcji przeciwwybuchowej. Urządzenie wyposażone jest urządzenia umożliwiające zdalny pomiar gazów w dnie (czole) otworu wiertniczego (eksploatacyjnego).



Rys. 7. Urządzenie BUA 600 firmy BryDet Development Corporation do wierceń eksploatacyjnych w kopalni głębinowej  
Fig. 7. DryBet's underground auger [WWW.DryBet.com]

#### 4. Zalety i ograniczenia techniki wierceń eksploatacyjnych do eksploatacji pokładów węgla kamiennego

Podobnie, jak w innych dziedzinach techniki, każde rozwiązanie techniczne posiada zalety i ograniczenia determinujące możliwość jego zastosowania. W przypadku eksploatacyjnego rozwiercania pokładów węgla, od momentu przemysłowego zastosowania tej metody wybierania, postęp techniczny i zastosowanie nowych materiałów powodują rozszerzanie możliwości i zakresu stosowania. Istotnym rozszerzeniem, oprócz zwiększenia zasięgu i nachyleń, było wdrożenie techniki eksploatacyjnego rozwiercania w kopalniach podziemnych.

#### 4.1. Zalety

Wśród głównych zalet techniki eksploatacyjnego wiercenia pokładów węgla wymienić należy możliwość zmniejszenia strat zasobów przy eksploatacji odkrywkowej i podziemnej. Systemy te umożliwiają wybranie zasobów, które ze względu na ochronę powierzchni lub konieczność geometryzacji parcel wybierania (np. w systemie ścianowym) nie zostałyby wybrane. Ważna jest także wspomniana już względna prostota i mała pracochłonność technologii. W przypadku zastosowania eksploatacyjnych wierceń okrężnych, przemieszczenie całego wyposażenia technicznego w nowe miejsce jest stosunkowo łatwe, ponieważ jednostka produkcyjna składa się z modułów, które można przewozić standartowymi samochodami ciężarowymi. W przypadku zastosowania przy udostępnieniu odkrywkowym po zakończonej eksploatacji pozostaje zbędna infrastruktura techniczna. Prostsza jest także rekultywacja i rewitalizacja terenu poeksploatacyjnego. Technika wierceń eksploatacyjnych pozwala jednocześnie na częściowe odzyskanie węgla z partii pokładów (zarówno w górnictwie odkrywkowym, jak i podziemnym), które w bardziej rozpowszechnionych technologiach zostałyby definitywnie zaniechane. Wg dostępnych danych [4], stopień wykorzystania zasobów węgla przy eksploatacji odwiertami pojedynczymi wynosi od 31,1 do 46 % (przy miąższości pokładu do 1,6 metra). W przypadku wierceń podwójnych wykorzystuje się w rozpatrywanym zakresie miąższości pokładu (1,6–6,0 metra) od 30,4 do 58,6 % zasobów, przy czym najlepsze wykorzystanie złoża uzyskuje się przy eksploatacji pokładów o miąższości do 1,6 metra. Istotne jest także wyeliminowanie z operacji podziemnych obecności ludzi, zmniejsza to ilość niezbędnych do realizacji działań logistycznych związanych z utrzymaniem funkcji życiowych [7].

#### 4.2. Ograniczenia

Ze względu na dużą autonomię przedstawionych wyżej systemów i mało skomplikowaną infrastrukturę techniczną do ich użytkowania, podstawowe ograniczenia tkwią w warunkach górniczo-geologicznych. Płytko zalegający pokład jest naturalnie odgazowany, nie ma więc ograniczeń z tego tytułu. W tabeli 1 przedstawiono za [4, 5] zakres stosowania technologii wierceń eksploatacyjnych w górnictwie odkrywkowym:

Tabela 1

Podstawowe parametry eksploatacyjne w technologii wierceń eksploatacyjnych

Parametr	Pojedyncze wiertło	Wiertło podwójne (bliźniacze)
Nachylenie pokładu	+10° do -20°	+10° do -15°
Wysokość urabiania	< 1,0 do 1,9 m	1,5 m
Długość wyrobiska eksploatacyjnego (głębokość)	80 do 250 m	200 do 250 m
Szerokość filara (plotu)	< 1,0 do 1,9 m	3,0 m
Miąższość eksploatowanych pokładów	0,8–6,0 m (w układzie wielopoziomowych otworów)	0,8–6,0 m (w układzie wielopoziomowych otworów)
Roczne wydobycie	250–700 tys. t/rok	600–1000 tys. t/rok

W warunkach kopalń podziemnych istotnym ograniczeniem może być duża gazonośność i skłonność do samozapalenia pokładów. Ograniczenia te są dostrzegane i poszukuje się już rozwiązania tych problemów. Obecnie pewnym ograniczeniem jest także zastosowanie obudowy podporowej wyrobisk chodnikowych.

## 5. Wnioski

1. Metoda wierceń eksploatacyjnych pokładów węgla skutecznie wypełnia pewną niszę technologiczną pomiędzy klasycznymi systemami eksploatacji odkrywkowej i typowymi systemami podziemnej eksploatacji.
2. Obecność człowieka w przodku wyrobiska wymaga prowadzenia wielu działań i procesów logistycznych będących źródłem kosztów. Wylimitowanie tych działań i procesów (logistycznych) pozwala na znaczące zmniejszenie kosztów wydobycia.
3. Rozwój maszyn i urządzeń do prowadzenia eksploatacyjnych wierceń węgla pozwala w istotny sposób zmniejszać straty złoże wywołane przyczynami ekonomicznymi i zwiększyć efektywność eksploatacji odkrywkowej i podziemnej.
4. Istnieje potencjalna możliwość wykorzystania technologii wierceń eksploatacyjnych do wybrania niektórych płytkich złóż węgla kamiennego, m.in. w zagłębiu dolnośląskim.
5. Zastosowanie technologii wierceń eksploatacyjnych w górnictwie podziemnym może pozwolić na zmniejszenie strat złoże i zagrożenia tapaniami.

## LITERATURA

1. Antoniak J., Opolski T.: Maszyny górnicze. Część II: Maszyny do eksploatacji podziemnej. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 1979.
2. Dubiński J., Konopko W.: Tapania: ocena, prognoza, zwalczanie. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2000.
3. Dziunikowski K., Stranz B.: Technika wydobywania węgla. W: Poradnik Górnika T. 2. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1975.
4. Follington I., Leisemann B.: Maximising Highwall Potential. World Coal. December 1999.
5. Follington I.: A „Cutting Edge” Company. Australian Industry Magazine, 5/1997.
6. Hartman L. H., Mutmansky J. M.: Introductory mining engineering (second edition). John Wiley & sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2002.
7. Korski J.: Wykorzystanie metody procesowo-logistycznej do zarządzania kosztami w kopalni węgla kamiennego. Praca doktorska. Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej w Gliwicach, luty 2005 [niepublikowana].
8. Korski J., Friede R.: Współczesne systemy eksploatacji pokładów węgla udostępnionych w zbroczu lub skarpie. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej seria: Górnictwo z. 261, nr kol. 1650 str. 197-209, Gliwice 2004.
9. Ostrihansky R.: Eksploatacja podziemna złóż węgla kamiennego. Śląsk Spółka z o.o., Katowice 1996.
10. Rabsztyn J.: Podstawowe elementy eksploatacji górniczej. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice 1970.
11. Strony internetowe (wg stanu na 20.08.2005): [www.fordfoundation.org](http://www.fordfoundation.org); [www.cetpl.com](http://www.cetpl.com), [www.coaleducation.org](http://www.coaleducation.org), [www.nationmaster.com](http://www.nationmaster.com), [www.amcconsultants.com.au](http://www.amcconsultants.com.au);
12. Szostak L.: Wiertnictwo. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1989.
13. Zbiorowa: Główny Instytut Górnictwa (red.: Borecki M.): Systemy eksploatacji węgla kamiennego. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice, 1968.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sikora