

*sterowanie jakością węgla brunatnego*

Leszek JURDZIAK\*, Witold KAWALEC\*

## **OPERACYJNE STEROWANIE JAKOŚCIĄ WĘGLA BRUNATNEGO W ENERGETYCE NIEMIECKIEJ**

Przedstawiono metody operacyjnego sterowania jakością węgla brunatnego w niemieckich koncernach energetycznych. Wskazano na dominującą rolę placu uśredniania i analizatorów składu strugi węgla. Wszechstronne działania modernizacyjne systemów maszynowych przyczyniły się do znaczącej redukcji kosztów produkcji energii. Dalsze rezerwy tkwią w doskonaleniu komputerowych metod planowania wydobycia, w których górnictwo niemieckie wykazuje pewien konserwatyzm.

Elektrownie spalające węgiel brunatny są najtańszym i niezawodnym producentem energii elektrycznej. Doskonalenie technologii spalania węgla i sprawne oczyszczanie spalin (redukcja szkodliwych pyłów, tlenków siarki i azotu) pozwoliły uzyskać znaczący wzrost sprawności i sprostać rosnącym wymaganiom ochrony środowiska.

W ostatnich latach energetyka europejska stanęła przed nowymi wyzwaniami – liberalizacją rynku energetycznego i ograniczeniami emisji dwutlenku węgla. W Niemczech, największym europejskim producencie energii z węgla brunatnego, w efekcie liberalizacji rynku średnia cena sprzedawanej energii spadła w latach 1995-2002 z 4 do 2,3 €/ct/kWh. Wykreowany w Kioto obrót pozwoleniami emisji CO<sub>2</sub> podnosi koszty produkcji energii z paliw stałych. Koncerny energetyczne są zatem zmuszone do radykalnej poprawy wydajności. Między innymi doskonalone są procesy uśredniania wydobytego węgla w celu uzyskania strugi węgla o stabilnych parametrach jakościowych, decydujących o sprawności procesu jego spalania i spełnieniu wymagań ochrony środowiska. W działających w Niemczech koncernach węglowo-energetycznych (zainteresowanych również energetyką w Polsce), wdrożono szereg różnorodnych rozwiązań w tej dziedzinie.

---

\* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław,  
e-mail: leszek.jurdziak@pwr.wroc.pl; witold.kawalec@pwr.wroc.pl

## 1. RWE POWER AG – KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE STABILIZOWANIA JAKOŚCI WĘGLA NA PLACU UŚREDNIANIA

Największy producent energii z węgla brunatnego w Niemczech powstał na przełomie XX i XXI wieku po połączeniu *RWE Rheinbraun* z innymi oddziałami koncernu *RWE* w celu utworzenia łańcucha wartości produkcji energii w jednej organizacji. Węgiel jest eksploatowany w Nadrenii w 3 kopalniach: *Inden* (20-25 mln Mg/rok) oraz *Garzweiler* i *Hambach* (35-40 mln. Mg/rok) i dostarczany do 5 elektrowni: *Frimmersdorf*, *Neurath*, *Niederaußem*, *Weisweiler* i *Goldenberg* o łącznej mocy ok.10 GW oraz 3 wytwórni brykietów. Kopalnia *Inden* zaopatruje wyłącznie elektrownię *Weisweiler* a węgiel z pozostałych 2 kopalń jest uśredniany i kierowany własną siecią kolei przez place uśredniania do pozostałych elektrowni i fabryk.

Nowoczesne instalacje elektrowni nadreńskich wymagają stabilizacji wielu parametrów węgla, toteż kontrolowanych jest aż 6 wielkości. Jakość węgla jest klasyfikowana zestawem 5 ocen. Przedziały klas jakościowych oraz wartości graniczne przedstawiono w tabeli 1 (Neuhaus, 2002).

Tabela 1

Parametry jakościowe węgla kontrolowane w RWE Power AG (Neuhaus, 2002)

Parametr	Jedn.	Przedziały klasyfikacji	Zmienność parametrów jakościowych złoża Hambach	Wartości graniczne
Wartość opałowa	kcal/kg	300	2150 - 2400	7800
Zawartość popiołu	%	3 – 4	1,6 – 5,0	9
Zawartość siarki	%	0,3	4,9	0,9
Zawartość potasu	ppm	(2xNa+K)	50 - 500	(2xNa+K)
Zawartość sodu	ppm	300	200 - 1,000	> 1000
Zawartość żelaza	ppm	1000	1,500 - 5,000	> 4000

Zgodnie z przyjętymi założeniami kopalnie i elektrownie są obiektami naliczania kosztów; nie jest natomiast stosowana cena węgla. Operacje technologiczne są optymalizowane pod kątem produkcji energii – produkcja górnicza jest sterowana przez wymagania wynikające z planu produkcji elektrowni.

Planowanie eksploatacji w Nadrenii generalnie jest oparte na kontroli stosunku N/W, ilości wydobywanego węgla oraz wymiarowaniu wydajności systemów wydobywczych (Hempel, 2004). W wyniku planowania długoterminowego (docelowego postępu kopalni) powstają ogólne – bez podziału na piętra - plany pięcioletnich okresów postępu, będące podstawą do planowania średnioterminowego, uwzględniające jakość węgla. Planowanie średnioterminowe jest głównie planowaniem finansowym. Planowanie krótkoterminowe (roczne, kwartalne i miesięczne) obejmuje szczegółowe harmonogramy robót górniczych i podlega

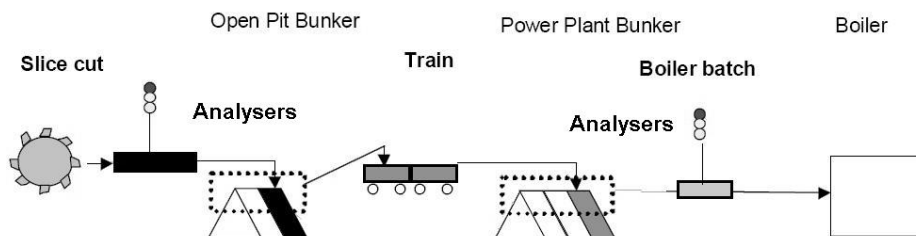
częstym modyfikacjom. Planowanie miesięczne, wykonywane bezpośrednio przez wydział maszyn podstawowych, jest na bieżąco aktualizowane danymi operacyjnymi. Szczegółowy model jakościowy (dla operacyjnego sterowania jakością strugi węgla) jest tworzony dla całej odsłoniętej ściany roboczej i na jego podstawie opracowywane są 3-miesięczne jakościowe modele prognostyczne, konfrontowane z planem zapotrzebowania odbiorców.

Poszczególne elementy systemu planowania są obsługiwane przez szereg aplikacji arkusza kalkulacyjnego, które dopiero niedawno są integrowane na utworzonej na mapie cyfrowej platformie *Intergrapha*.

Skuteczność tego rozwiązania budzi jednak wątpliwości wobec faktu bardzo dużej zmienności parametrów jakościowych węgla w przekroju pionowym w *Hambach* (co wymaga raczej modelowania blokowego złoża), która wymusza eksploatację selektywną dla zachowania stabilizacji jakościowej strugi wydobytego węgla. Ponieważ do roku 2004 urabiano pokład węgla jedną koparką kołową, w 2001 wykonano szereg prób technologicznych i zastosowano do eksploatacji selektywnej cykliczny system urabiania koparkami hydraulicznymi i wozami odstawczymi, operującymi w warstwach stropowych i spągowych pokładu węgla. Urobek ten jest następnie odstawiany na taśmociąg operacji specjalnych (Gärtner, 2003). Dzięki temu utrzymano wysoką wydajność do czasu wprowadzenia drugiej koparki węglowej.

Operacyjne sterowanie selektywnym urabianiem przez koparkę kołową jest wspomagane automatyczną detekcją granic przerostów w węglu za pomocą metod rozpoznawania obrazów uzyskanych z odbitego promienia lasera (Bayer, 2004).

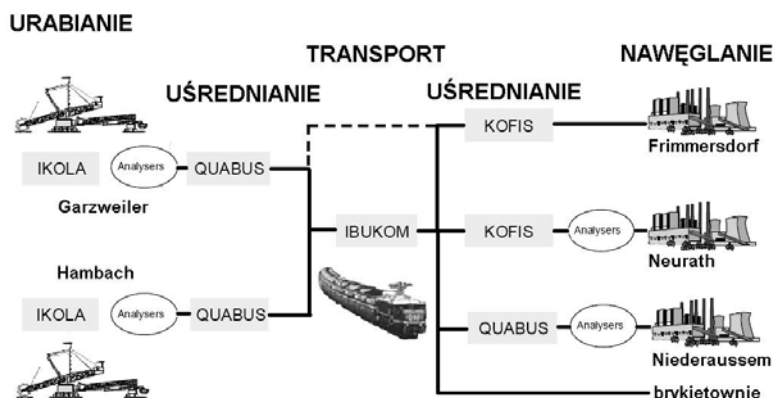
Wobec praktycznego braku dokładnego modelu jakościowego złoża dla potrzeb planowania średnio- i krótkoterminowego, szczególnego znaczenia nabiera bieżąca kontrola jakości przy pomocy analizatorów pracujących w czasie rzeczywistym oraz obsługa logistyczna zróżnicowanej jakościowo strugi węgla (Beissner, 2002, Rosenberg, 2003). Kontrola jakości węgla odbywa się w kolejnych etapach procedury uśredniania. Wagi i analizatory rentgenowskie *RFA* kontrolują parametry strugi urabianego węgla, które są następnie wykorzystane przez program *IKOLA* (por. tab.2) do modyfikacji lokalnego modelu złoża (*LAVA*). Jest to możliwe dzięki wdrożeniu dokładnego pozycjonowania koparki (GPS-RTK) zintegrowanego z modelem cyfrowym powierzchni wyrobiska i frontu roboczego (Bulowski, 2004). Sklasyfikowana struga węgla (por. tab.1) jest kierowana do odpowiedniego sektora placu składowego (rys. 1.). Geometria składu węgla na placach uśredniania kopalń (pojemność 1,4 mln. Mg) i elektrowni (pojemność 0,7 mln. Mg) jest na bieżąco skanowana dla aktualizacji cyfrowego modelu powierzchni, który wraz z parametrami zwałowania węgla z kopalń służy do tworzenia jakościowego modelu blokowego (program *QUABUS*). Model z programu *QUABUS* jest podstawą do operacyjnego kierowania składów kolejowych ze strugą węgla o oznaczonych parametrach do wybranej elektrowni lub brykietowni (programy: *IBUKOM* oraz *KOFIS*).



Rys.1. Stabilizowanie jakości węgla na placach uśredniania w RWE Power (Rosenberg, 2003)

Fig.1. Lignite quality control on the blending stockpiles of RWE Power (Rosenberg, 2003)

System dyspozytorski i dane o strudze węgla są zintegrowane w programie *KUKIS*. Na placach uśredniania elektrowni dokonywane jest ostateczne stabilizowanie parametrów jakościowych węgla. Struga węgla kierowana do nawęglania jest na bieżąco kontrolowana analizatorami rentgenowskimi. Schemat wspomaganie komputerowe operacji uśredniania węgla przedstawia rys.2.



Rys.2. Komputerowe wspomaganie procedury uśredniania węgla w RWE Power (Rosenberg, 2003)

Fig.2. Computer aided procedures of lignite blending in RWE Power (Rosenberg, 2003)

Tabela 2

Zestawienie wybranych systemów informatycznych i analizatorów wspomagających procedury uśredniania jakościowego węgla w RWE Power AG (Beissner, 2002, Rosenberg, 2003)

LAVA	(lokalny) model jakościowy złoża (dla bieżącego frontu wydobywczego)
IKOLA	interakcyjna identyfikacja jakości węgla na podstawie danych modelu LAVA
QUABUS	system zarządzania placem uśredniania wykorzystujący jakościowy model blokowy
IBUKOM	dyspozytorski system zarządzania transportem węgla do odbiorców
KOFIS	system informacji o przepływie strugi węgla
KUKIS	integracja systemów IBUKOM i KOFIS
RODOS	analizator zawartości siarki (w czasie rzeczywistym)
RFA	analizator rentgenowski węgla (w czasie rzeczywistym)

Stosowana w *RWE Power* procedura operacyjnego sterowania jakością węgla powstawała latami i obecnie tworzy ją zestaw różnorodnych aplikacji współpracujących z analizatorami parametrów jakościowych oraz systemem pozycjonowania maszyn podstawowych. Kontynuowane są prace nad jego integracją oraz modelowaniem jakościowym złoża, gdyż najlepszy nawet operacyjny system uśredniania nie zapewnia zachowania wymaganych parametrów w dłuższym okresie.

## 2. BIEŻĄCE STEROWANIE JAKOŚCIĄ WĘGLA I ZDEJMOWANIEM NADKŁADU W KONCERNIE VATTENFALL EUROPE AG

### 2.1. SYSTEM STEROWANIA JAKOŚCIĄ WĘGLA W KOPALNI NOCHTEN

Firma *Lausitzer Braunkohle (Laubag)*, należąca obecnie do firmy *Vattenfall Europe Mining AG* (trzeciego co do wielkości po *RWE* i *EON* koncernu energetycznego w Niemczech - Fabian, 2003), we współpracy z firmą *Siemens* wdrożyła w 1998 w kopalni *Nochten* (ok. 17 mln Mg węgla na rok) automatyczny system sterowania jakością węgla brunatnego poprzez jego mieszanie (Keller, 1998). Podstawowym jego zadaniem było stworzenie profilu jakościowego złoża i sterowanie pracą wszystkich maszyn biorących udział w procesie produkcyjnym. Pierwszym etapem było określenie przestrzennego rozkładu zawartości siarki i innych parametrów jakościowych. Zawartości siarki zmieniała się w granicach 0,4% - 1,1%, a zawartość popiołu 2,5% - 5%. Profilowany pokład o rozciągłości ok. 5 km i miąższości ok. 26 m podzielono na segmenty o wymiarach 10x10 m w poziomie i 0,25 m w pionie (Woof, 1996). Dane wejściowe obejmowały (Siemens, 1998):

1. Zbiór danych o grubości pokładu podzielony na piętra: nadpoziomowe (wys. ok. 16 m) eksploatowane koparkami kołowymi i podpoziomowe (wys. ok. 10 m) eksploatowane koparkami łańcuchowymi. Mapy z fotogrametrii lotniczej, aktualizowane co 14 dni, dostarczały dane geodezyjne w siatce 40 x 40 m.
2. Zbiór opisujący położenie frontu wydobywczego. Dane ze zdjęć lotniczych przeliczane były do układu kartezyjskiego, a numery zestawów podtrzymujących taśmę na przenośniku służyły do lokalizacji sprzętu.
3. Parametry jakościowe węgla z próbek zebranych z frontu wydobywczego. Próbki z całego pokładu węgla (z obu pięter) pobierane były w odstępach 100 - 200 m zarówno wzdłuż frontu jak i w kierunku eksploatacji.

Parametry jakościowe każdej pobranej próbki obejmowały:

- położenie lub numer segmentu,
- wysokość nad poziomem morza,
- współrzędne X i Y próbki z odsłonięcia,
- grubość indywidualnego poziomu węgla,
- zawartość wody,
- zawartość siarki (w złożu i sucha)
- zawartość popiołu,
- 2 dodatkowe pola.

Metodami interpolacji określono zmienność jakości węgla w złożu. Wyróżniono 8 różnych klas węgla i komponentów mieszania (geologicznych i technologicznych). Dane były zapisywane na stacji roboczej i przesyłane do systemu sterowania kopalnią, mogły być też wyświetlone w postaci przekrojów lub wydrukowane.

W opisywanym okresie w kopalni *Nochten* 3 koparki kołowe i 3 łańcuchowe podawały urobek na jeden wspólny system przenośników taśmowych o długości ok. 10 km. (później ok. 16.5km, Daus et al., 2000). System transportowy mógł być efektywnie wykorzystany do mieszania urobku podawanego z różnych koparek. Wymagało to ścisłej koordynacji pracy i wymiany danych pomiędzy dyspozytorem w centrum dyspozycyjnym, a operatorami koparek w kopalni. Do bieżącego sterowania procesem mieszania system odczytywał automatycznie z każdej koparki następujące dane: wyeksploatowana objętość urobku, wysokość wysięgnika koła koparki i wysokość wcięcia, piętro nadpoziomowe/piętro podpoziomowe, przerosty, przestoje technologiczne. Komunikacja pomiędzy koparką, a centrum odbywała się radiowo.

Na podstawie aktualnie przetwarzanych danych jakościowych z miejsca lokalizacji koparek (miąższość pokładu i jakość węgla do 50m w kierunku eksploatacji) początkowo dyspozytor, a później system w czasie rzeczywistym dobierał optymalnie wydajność koparek do zadanej uśrednionej jakości węgla i przysyłał do operatorów. Jakość aktualnie wydobywanego urobku obliczana była na podstawie rzeczywistych wydajności koparek. Chwilowe przekroczenia wartości granicznych jakości węgla i wydajności koparek były sygnalizowane zmianą kolorów na wykresie trendu. Wykres słupkowy pokazywał pozostały czas do załadowania pociągu. Każdy pociąg był identyfikowany w systemie poprzez numer, liczbę wagonów i wagę netto, a dane o ilości i jakości węgla w wagonach przechowywano w zbiorze archiwalnym obejmującym dane o 120 pociągach z każdego z 30 minionych dni.

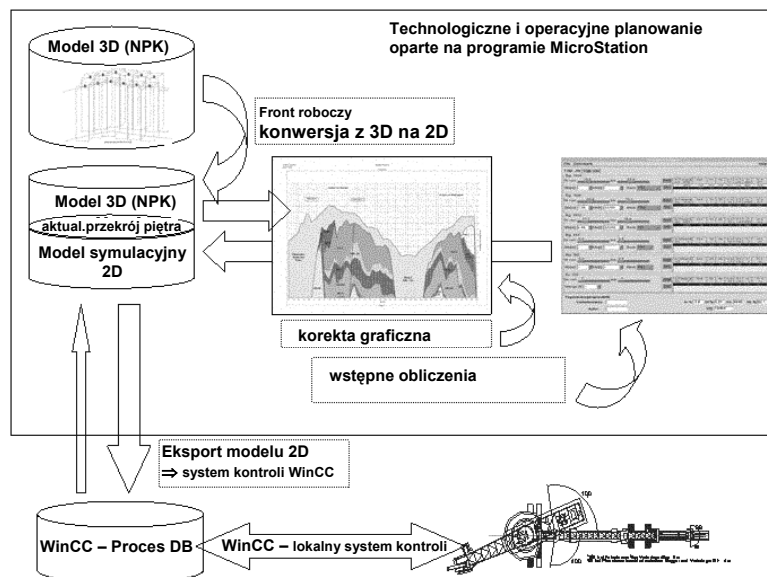
Plac składowy - podłużny, wybetonowany zasobnik o długości 430m (Woof, 1996) (obecnie 3 zasobniki o poj. 280 000 Mg) - zapewniał pośredni magazyn węgla brunatnego używany jako bufor w okresie spiętrzenia zamówień lub zatrzymania eksploatacji. Miał pojemność 80 000 Mg i służył do obsługi elektrowni *Boxberg* (po modernizacjach o mocy 1907 MW, w tym blok o mocy 907 MW z 2000 r. i sprawności brutto 48,5%) i innych klientów poprzez kolej. Parametry jakościowe węgla prezentowane były w postaci tablicy i wykresu, na którym bunkier podzielono na 25-metrowe odcinki - „wirtualne kieszenie”. Wyświetlane dane obejmowały: położenie zwałowarki, punkt zrzutu urobku, położenie koparki, skumulowaną masę urobku. Dla każdej „kieszeni” podawana była: zawartość siarki, popiołu i masa węgla. Informacje te były niezbędne do podjęcia decyzji skąd należy pobrać węgiel o potrzebnych parametrach jakościowych do załadowania pociągu.

Jednostajna i zabezpieczona jakość węgla oznaczała dla kopalni stabilne ceny węgla, optymalne wykorzystanie zasobów węgla, lepszą ochronę środowiska, jednostajną pracę elektrowni węglowych oraz mniejsze nakłady inwestycyjne.

## 2.2. PLANOWANIE I ZARZĄDZANIE ZDEJMOWANIEM NADKŁADU

Rozszerzeniem systemu do bieżącego sterowania jakością węgla jest system planowania i operacyjnego zarządzania zdejmowaniem nadkładu (Bahrt, 2004). Celem tych działań była dalsza, istotna redukcja kosztów inwestycyjnych i operacyjnych. Należało pogodzić płynną pracę dwóch koparek podających nadkład (SRs6300 i SRs2000) na jeden przenośnik, co pozwala lepiej wykorzystać jego wydajność, z jednoczesnym zapewnieniem odpowiedniego zmieszania nadkładu dla geotechnicznych potrzeb zwałowania wewnętrznego.

Model geologiczny nadkładu zbudowano na bazie siatki wierceń poszukiwawczych (120 x 120m) oraz wierceń rdzeniowych, posiadających dokładniejsze dane petrograficzne, w siatce 400 x 400m. W celu predykcji składu jakościowego nadkładu zbudowano system zachodzących na siebie, lecz nie przecinających się 42 powierzchni dla wszystkich pojedynczych warstw występujących w nadkładzie i powierzchni terenu. Utworzone na bazie kwadratowej siatki 10 x 10 m mapy (NPK) mogą zawierać różne parametry przypisane wyróżnionym węzłom (np. efektywna wydajność wydobywania, waga itp.). Dla utworzonych graniastosłupów o podstawie kwadratowej (10 x 10 m) leżących pomiędzy dwoma powierzchniami obliczano średni ważony udział spoistych frakcji w materiale i przypisywano go węzłom siatki. Dzięki temu można było sporządzić mapy zmienności tego parametru, utworzyć przekroje poprzeczne nadkładu i obliczać procentowy udział spoistego materiału dla wskazanych przekrojów, bloków lub okresów eksploatacji.



Rys. 3. Schemat systemu planowania w *Nochten* (Bahrt, 2004)

Fig. 3. Overview of the planning system in *Nochten* (Bahrt, 2004)

Zbudowany system efektywnego planowania i operacyjnego zarządzania zdejmowaniem nadkładu wykorzystywał model powierzchni geologicznych NPK, procedury obliczeniowe do optymalizacji parametrów mieszania nadkładu i wydajności maszyn, pozycjonowanie maszyn (GPS) oraz pomiar ich wydajności. Specjalne modele pozwalają na symulację i kontrolę procesu wydobywania, transportu i składowania nadkładu. Ogólny schemat przetwarzania danych w tym systemie przedstawiono na rys. 3. Bieżące sterowanie zdejmowaniem nadkładu odbywa się w oparciu o dwuwymiarowy **aktualny przekrój piętra** (np. front roboczy), który za pomocą narzędzi do graficznej korekty jest dopasowywany do aktualnych warunków geologicznych wynikających z odsłoneń, co niestety powoduje utratę istotnych informacji o złożu.

System zintegrowano z istniejącą centralną stacją kontrolną ze światłowodową siecią komunikacyjną opartą na rozwiązaniach firmy *Siemens* (WinCC/PCS7). Programy do tworzenia map i wstępnych obliczeń dla planowania technologicznego i operacyjnego oparto na bazie systemu CAD *MicroStation* firmy *Bentley Systems*.

### 3. MIBRAG - WYKORZYSTANIE TRÓJWYMIAROWEGO MODELU ZŁOŻA

W zagłębiu środkowo-niemieckim MIBRAG (łącznie wydobyte węgla w r.2004 – 20 mln.ton) w 1994 został wprowadzony przez jednego z udziałowców – amerykańską firmę *Morrison-Knudsen* - zintegrowany pakiet oprogramowania geologiczno-górniczego *Mincom-Minescape* (Trummer, 2001). Na podstawie danych z otworów wiertniczych (na przedpolu w siatce 200 - 400m, i złożowych w siatce 50 m) zbudowano cyfrowy przestrzenny, blokowy oraz – na zamówienie *MIBRAG* – plastrowy, jakościowy model złoża, oddzielnie dla wyrobiska *Profen* i *Schleenhain*. Model służy do identyfikacji 4 klas jakościowych „in-situ” i do sterowania selektywnym urabianiem węgla do produkcji brykietów i do elektrowni. Znajomość parametrów jakościowych w blokach eksploatacyjnych jest podstawą systemu kontroli i utrzymania jakości surowca (KQSS) poprzez sterowanie wydobywaniem w czasie rzeczywistym. Ostateczne stabilizowanie parametrów węgla odbywa się na placu uśredniania o długości 820 m i pojemności 400 tys. Mg (5-dniowe wydobywanie). Model jakościowy antropogenicznego złoża na placu uśredniania jest budowany z dokładnością 1 m<sup>3</sup>. Parametry (wartość opałowa, zawartość popiołu i wilgotność) są weryfikowane i aktualizowane wynikami wykonywanych na bieżąco analiz laboratoryjnych. Opublikowane w artykule wykresy wartości opałowej i zawartości popiołu wydobywanego węgla wykazują jednak duże wahania (15 - 30%) wartości tych parametrów w czasie. Trudno zatem określić, w jakim stopniu wykorzystywane są możliwości uśredniania strugi wydobywanego węgla poprzez sterowanie postępem frontów.



#### 4. WNIOSKI

Pionowa integracja kopalń węgla brunatnego i elektrowni w *RWE Power AG* i *Vattenfall* nie ogranicza się do związków kapitałowych (jak w polskim holdingu *BOT Górnictwo i Energetyka*), ale oznacza wdrożenie wspólnych systemów sterowania produkcją w celu optymalizacji parametrów wytwarzania energii.

Wymagania elektrowni określają precyzyjnie wielkość i parametry jakościowe węgla dostarczanego z kopalń. Ich spełnienie jest realizowane za pomocą rozbudowanych systemów sterowania jakością wydobywanego węgla.

Dominującą rolę wśród nich mają systematycznie doskonalone systemy bieżącej kontroli jakości wydobytego węgla wykorzystujące zaawansowane technologicznie czujniki i analizatory (laserowe, rentgenowskie) powiązane z układami automatyki i systemami GPS, sterującymi pracą systemu logistycznego. Operacje stabilizowania jakości węgla są jednak związane głównie z placem uśredniania, co wydaje się być mechanicznym powieleniem standardowych operacji logistycznych, w których przemysł niemiecki ma duże doświadczenie.

W niewielkim stopniu (tylko w najmniejszym zagłębiu – *MIBRAG*) wykorzystywane są duże możliwości specjalistycznego oprogramowania geologiczno-górniczego w zakresie modelowania złoża i przestrzennego planowania wydobywania pod kątem optymalizacji jakościowej wydobywania. Górnictwo węgla brunatnego w Niemczech wykazuje w tej dziedzinie zastanawiający konserwatyzm, być może spowodowany faktem, że technologia ta pochodzi z importu (USA, Australia, Wielka Brytania) a niemiecki przemysł woli polegać na własnych rozwiązaniach. Tymczasem planowanie wydobywania w oparciu o jakościowe modelowanie przestrzenne złóż pozwala na uśrednianie strugi urobku „in-situ” redukując konieczność utrzymywania kosztownych placów uśredniania. Specjalistyczne oprogramowanie geologiczno-górniczne jest wprawdzie obecne w niemieckich uczelniach technicznych (*Clausthall: Datamine, Freiberg: Minesight, Surpac, Aachen: Surpac*) oraz biurach projektowych (*RE GmbH: Datamine*) ale jest stosowane w pracach studialnych i projektach opracowywanych dla odbiorców zagranicznych.

Wdrożone w kopalniach niemieckich innowacje technologiczne oraz organizacyjne przyniosły znaczące redukcje kosztów wydobywania. W realizacji są kompleksowe plany dalszych usprawnień (plan TAP w RWE).

W artykule nie poruszono zagadnienia optymalizacji długoterminowej kopalń. Projektanci niemieccy nie stosują tu narzędzi optymalizacji (Beyer, 2004) gdyż w tamtejszych warunkach decydujące znaczenie w zakresie projektowania wyrobiska docelowego i planowania docelowego postępu kopalń węgla brunatnego mają ograniczenia wynikające z intensywnego zagospodarowania terenów występowania złóż oraz obstrukcja środowisk ekologicznych. Wieloletnie plany rozwoju górnictwa węgla brunatnego (Hartung, 2000) na konkurencyjnym rynku energetycznym mogą jednak zmusić niemiecki przemysł wydobywczy do sięgnięcia po niewykorzystane

dotąd rezerwy optymalizacji ekonomicznej kopalń, tkwiące w sprawdzonych w górnictwie światowym, specjalistycznych narzędziach informatycznych.

Artykuł powstał w ramach pracy nad projektem badawczym Nr 5 T12A 00823 „Zintegrowana metoda optymalizacji kopalni odkrywkowej z systemem transportu taśmowego”

#### LITERATURA

- BAHRT W., BAUCH T., *Pre-cut operation in the Nochten opencast mine – Efficient overburden removal and winning on the basis of innovative equipment and use of suitable geological and technological models*, Mine Planning & Equipment Selection, Taylor & Francis Group, London., 2004
- BAYER A.K., et al., *Innovative approaches to selective lignite mining by BWEs, Boundary detection using laser-induced fluorescence (LIF)*, World of Mining – Surface & Underground 56 (2004) No. 6
- BEISSNER H., KULIK L., *Planning and Controlling Opencast Lignite Mines in the Liberalised Electricity Market*, Surface Mining, Braunkohle & Other Minerals, 54(2002) No.2
- BEYER A., *projektant RE GmbH - konsultacje*, konferencja użytkowników Datamine, Wells, 2004
- BULOWSKI T., KÖRBER T., *Operational GPS Innovations in the Rhenish Lignite Mining Area*, Surface Mining, Braunkohle & Other Minerals, 56(2004) No.6
- DAUS W., et al., *Raw Coal Loading and Belt Conveyer System at the Nochten Opencast Mine*, materiały firmy SIEMENS, tłumaczenie z Braunkohle Surface Mining 50, No. 2 March/April 1998.
- FABIAN G., 2003. *Węgiel brunatny – reorganizacja*. Biuletyn Górniczy, Nr 1-2 (91-92).
- GÄRTNER D., MARX H., *Special mining operations at the Hambach opencast mine as a complement to quality-oriented lignite mining*, Surface Mining, Braunkohle & Other Minerals, 55(2003) No.3
- HARTUNG M., *Lignite Mining Exposed to the Pressures of Cost Reductions and Environmental Requirements*, Surface Mining, Braunkohle & Other Minerals, 52(2000) No.3
- HEMPEL R-J., KULIK L., *Planning and control of the Hambach Opencast Mine*, World of Mining – Surface & Underground 56 (2004) No. 2, 2004
- KELLER CH., 1998. *Innovative Coal Blending System at the LAUBAG Nochten Opencast Mine*, Metals, Mining & More No.2/98.
- NEUHAUS D., *Rheinbraun Engineering und Wasser GmbH*, materiały informacyjne, 2002
- ROSENBERG H., *Betriebsführungssysteme zur Kohlequalitätssteuerung bei RWE Rheinbraun*, Bergbau 1, 2003
- SIEMENS, *Innovative Quality Assurance - New System for Lignite Blending Quality Assurance at Lausitzer Braunkohle AG*, materiały reklamowe firmy Siemens., 1997
- TRUMMER D., SCHERTLER V., *Anwendung von Minescape bei der Bergbauplanung und Qualitätssicherung in der MIBRAG mbH*, Proc. of the 6th Int. Symp. Continuous Surface Mining, Freiberg, 2001
- WOOF M., *Keep it clean - Process quality control ensures a consistent product*, World Mining Equipment, October 1996

*lignite quality control*

#### OPERATIONAL COAL QUALITY CONTROL IN GERMAN LIGNITE BASED POWER INDUSTRY

The paper presents methods of operational lignite quality control in the German power industry that base on blending on stockpiles with the extensive use of on-line analysers. Comprehensive improvements of mining and transportation machinery systems as well as burning process in power plants have contributed to significant cost reduction of power generation. Further cost savings could be achieved by implementation of advanced computerized methods of mine planning. Due to some conservatism however, they have not been fully utilised by the German mining industry yet.