

ANALIZA WYDAJNOŚCI, CZASU TRWANIA AWARII,
ENERGOCHŁONNOŚCI URABIANIA I STRUKTURY WIEKOWEJ
KOPAREK WIELONACZYNIOWYCH W KRAJOWYCH KOPALNIACH
WĘGLA BRUNATNEGO

ANALYSIS OF EFFICIENCY, DOWNTIMES DURATION, POWER CONSUMPTION
OF EXCAVATION AND THE AGE STRUCTURE OF BUCKET WHEEL EXCAVATORS
IN DOMESTIC LIGNITE MINES

Zbigniew Kasztelewicz - Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

W artykule dokonano porównania szeregu parametrów pracy kopalń odkrywkowych węgla brunatnego w Polsce. Podano podstawowe parametry pracy kopalń, a w tym: wydobywanie węgla i zdejmowanie nadkładu, wskaźnik N:W, ilość wypompowanej wody i wskaźnik zawodnienia. Dokonano również analizy i porównania wydajności, czasu trwania awarii, energochłonności urabiania i struktury wiekowej koparek wielonaczyniowych. Podsumowując analizę dokonano porównań krajowych i niemieckich wybranych parametrów pracy układów KTZ.

The article compares a number of parameters of open pit lignite mines in Poland. Lists the basic parameters of the mines, including: coal mining and overburden removal, the rate of overburden to coal, the amount of pumped out water and the water to coal indicator. Efficiency, downtime duration, energy intensity and age structure of bucket wheel excavators were also examined and compared. To sum up the analysis, comparisons of chosen operating parameters of selected domestic and German BCS systems were made.

Wstęp

Kopalnie węgla brunatnego są bardzo skomplikowanymi organizmami. Ich pracę można opisać wieloma parametrami charakteryzującymi warunki, w jakich prowadzą eksploatację. Wartości niektórych z tych parametrów przytoczono poniżej. Poszczególne kopalnie węgla brunatnego w Polsce rozpoczęły zdejmowanie nadkładu i wydobywanie węgla w następujących latach:

- KWB „Adamów” – nadkład w 1959 roku, węgiel w 1964 roku
- KWB „Bełchatów” – nadkład w 1977 roku, węgiel w 1980 roku
- KWB „Konin” – nadkład w 1945 roku, węgiel w 1947 roku
- KWB „Turów” – nadkład w 1947 roku, węgiel w 1947 roku.

Analiza podstawowych parametrów kopalń węgla brunatnego

Od początku działalności w polskich kopalniach węgla brunatnego do końca 2010 roku wydobyto około 2,482 mld

ton węgla, zdejmując łącznie ponad 9,769 mld m³ nadkładu – tabela 1.

Z powyższych danych wynika, że najwięcej węgla wydobyto w Kopalni „Turów” - 851 mln Mg, najmniej w Kopalni „Adamów” - 182 mln ton. Najwięcej nadkładu zdjęto w Kopalni „Bełchatów” - 3 601 mln m³, a najmniej w Kopalni „Adamów” - 1 199 mln m³. Analizując wskaźnik N:W, można dostrzec, że najkorzystniejszą wartość tego parametru posiada Kopalnia „Turów” - 2,21:1, wyraźnie gorszą Kopalnia „Bełchatów” i Kopalnia „Konin”, natomiast najmniej korzystny wskaźnik posiada Kopalnia „Adamów” - 6,58:1. Jest on prawie trzykrotnie gorszy niż w Kopalni „Turów”. Pod względem ilości wypompowanej wody pierwsze miejsce zajmuje Kopalnia „Bełchatów”, natomiast najmniej pompuje się w Kopalni „Turów”. Porównując wskaźniki zawodnienia można zauważyć, że najkorzystniejszym wskaźnikiem dysponuje Kopalnia „Turów”, następnie Kopalnia „Konin”, Kopalnia „Bełchatów” i Kopalnia „Adamów”. Wskaźnik zawodnienia w Kopalni „Adamów” jest około 15 razy większy niż w Kopalni „Turów”.

Tab.1. Charakterystyka geologiczno-górnicza kopalń od początku działalności do końca 2010 roku

Kopalnia	Węgiel	Nadkład	Wskaźnik N:W (objętościowy)	Ilość wody wypompowanej	Średni wskaźnik zawodnienia
	[mln ton]	[mln m ³]	[m ³ /ton]	[mln m ³]	[m ³ /ton]
Adamów	186,7	1 225,9	6,57	3 115,0	16,68
Bełchatów	881,0	3 703,1	4,20	7 645,0	8,68
Konin	552,8	2 915,4	5,27	4 547,0	8,23
Turów	861,3	1 924,5	2,23	942,0	1,09
Łącznie	2 481,8	9 768,9	3,94	16 249,0	6,55

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

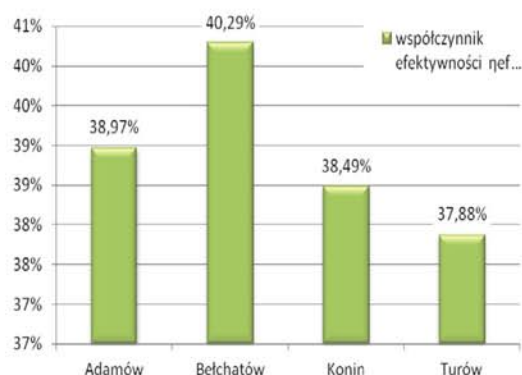
Analiza i porównanie wydajności, czasu trwania awarii, energochłonności urabiania i struktury wiekowej koparek wielonaczyniowych

Analizę i porównanie wydajności koparek: stosunku wydajności średniej do wydajności teoretycznej i współczynnika efektywności w branży węgla brunatnego przedstawiono w tabeli 2 i na rysunkach 1 i 2.

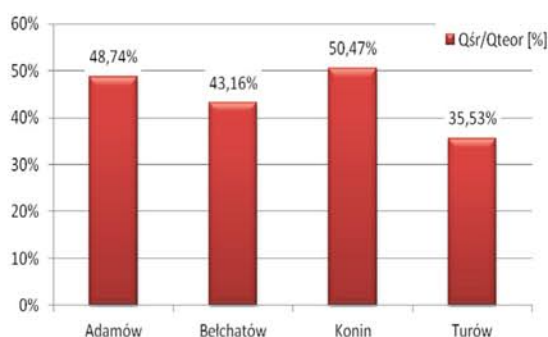
Tab. 2. Wartości średnie stosunku wydajności średniej do wydajności teoretycznej oraz wartości średnie współczynnika efektywności

Kopalnia	Q _{sr} /Q _{teor}	współczynnik efektywności η_{ef}
	[%]	[%]
Adamów	48.74%	38.97%
Bełchatów	43.16%	40.29%
Konin	50.47%	38.49%
Turów	35.53%	37.88%

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]



Rys 1. Średni współczynnik efektywnego czasu pracy koparek dla poszczególnych kopalń za cały okres działalności [Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

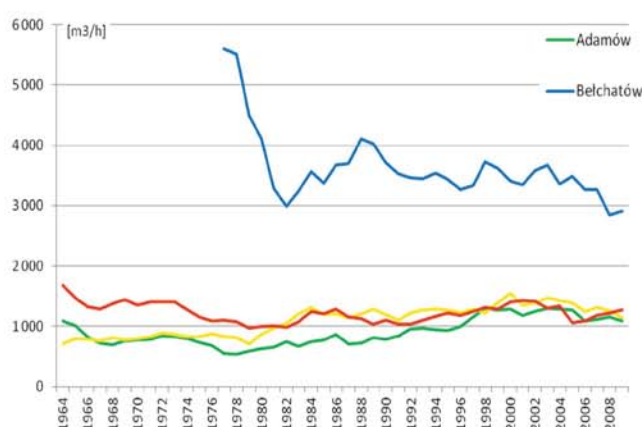


Rys. 2. Wartości średnie stosunku wydajności średniej do wydajności teoretycznej [Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Kopalnie węgla brunatnego za cały okres swojej działalności osiągały średni współczynnik efektywności czasu pracy koparek w przedziale od 37,9% do 40,3%. Najlepszą wartość tego współczynnika uzyskały koparki pracujące w kopalniach Bełchatów - 40,3%. Za tymi kopalniami uplasowały się: Kopal-

nia „Adamów” – 39,0%, Kopalnia „Konin” – 38,5 % i „Turów” – 37,9%. Każda z kopalń przedstawia szereg argumentów ze sfery technicznej i organizacyjnej, wyjaśniających taki poziom tego parametru. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć: okresowy brak sprzętu technologicznego, pracę selektywną, trudne warunki urabiania, wieloletnie sterowanie „ręczne” układami KTZ, pracującymi poza szczytami energetycznymi.

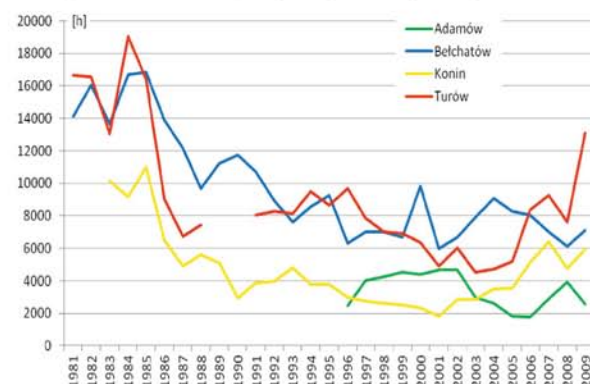
Analizując natomiast średni stosunek wydajności rzeczywistych do wydajności teoretycznych należy zauważyć, że najlepszy wynik tego parametru osiągnęła Kopalnia „Konin” – ponad 50%. Następne dwie kopalnie: „Adamów” i „Bełchatów” z wynikami odpowiednio: 48,7% i 43,2%. W Kopalni „Turów” wartość tego stosunku, ze względu na specyficzne warunki eksploatacji i konieczność ciągłej eksploatacji selektywnej, osiągnęła wartość tylko 35,5%. Na rysunku 3 przedstawiono średnią wydajność koparek pracujących w poszczególnych kopalniach węgla brunatnego w Polsce.



Rys 3. Średnia wydajność koparek pracujących w poszczególnych kopalniach [Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Zbiornicze wykresy średnich wydajności koparek w poszczególnych kopalniach pokazują, że największą średnią wydajność uzyskano w Kopalni „Bełchatów” – od 3000 do 5500 m³/h. Średnie wydajności w trzech pozostałych kopalniach mieszczą się w przedziale od 700 do 1600 m³/h i są około trzy razy mniejsze niż w Kopalni „Bełchatów”. W kopalniach „Adamów”, „Konin” i „Turów” występuje podobna tendencja średnich wydajności.

Analizę sum czasów trwania awarii dokonano w tabeli 3 i na rysunku 4 i 5. Z powyższych danych wynika, że kopalnie

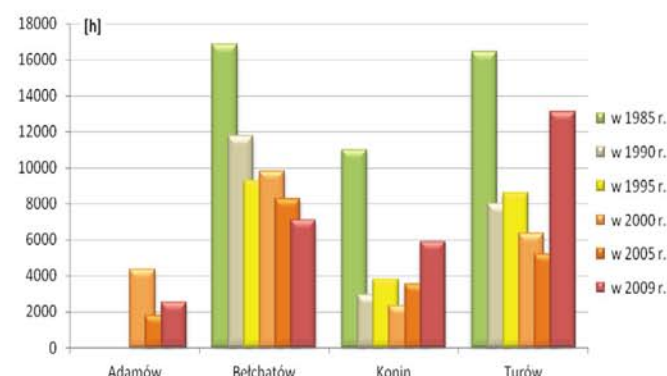


Rys. 4. Sumy czasów trwania awarii w poszczególnych kopalniach [Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Tab 3. Sumy czasów trwania awarii w poszczególnych kopalniach sprzed 5, 10, 15, 20 lat

Kopalnia	w 1985 r. czas awarii [h]	w 1990 r. czas awarii [h]	w 1995 r. czas awarii [h]	w 2000 r. czas awarii [h]	w 2005 r. czas awarii [h]	w 2009 r. czas awarii [h]
Adamów				4 377	1 813	2 548
Bełchatów	16 837	11 743	9 244	9 815	8 272	7 094
Konin	11 003	2 940	3 802	2 354	3 539	5 935
Turów	16 437	8 024	8 631	6 375	5 201	13 083
Branża	44 277	22 707	21 677	22 921	18 825	28 660

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]



Rys. 5. Sumy trwania awarii w poszczególnych pięciolatkach w kopalniach węgla brunatnego

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

branży węgla brunatnego osiągnęły w ostatnim okresie 5 lat znaczny wzrost sumy czasu awarii. Wynik ten jest złym symptomem dla optymalizacji układów wydobywczych w kopalniach węgla brunatnego.

W tabeli 4 i na rysunku 6 dokonano analizy spadku czasu trwania awarii w stosunku do najwyższego osiągniętego w danej kopalni. Największy spadek osiągnęła Kopalnia Bełchatów ponad 135%. Pozostałe kopalnie osiągnęły spadek od 46 do 85%.

Analizując wydajność pracy za ostatnie 25 lat na 1 zatrudnionego w tysiącach tonach wydobytego węgla, można zauważyć stałą tendencję wzrostową. Wielkość tego wzrostu w

Tab. 4. Spadek czasu trwania awarii w stosunku do najwyższego osiągniętego w danej kopalni

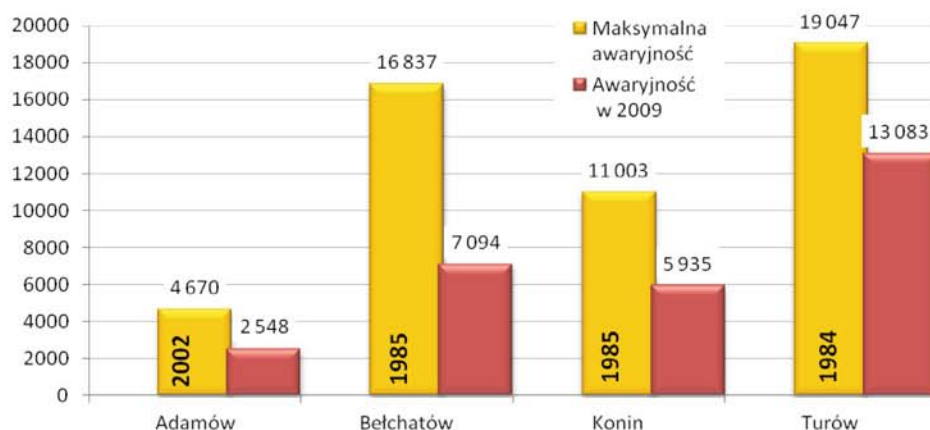
Kopalnia	Maksymalna awaryjność		Awaryjność w 2009	Spadek czasu awarii [%]
	w roku	czas awarii [h]	czas awarii [h]	
Adamów	2002	4 670	2 548	83%
Bełchatów	1985	16 837	7 094	137%
Konin	1985	11 003	5 935	85%
Turów	1984	19 047	13 083	46%

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

poszczególnych kopalniach jest różna. Cała branża w ostatnich 24 latach zwiększyła wydajność pracy na jednego zatrudnionego w tys. m³ wydobytego węgla o ponad 42% - tabela 5.

Analizując natomiast wydajność pracy za ostatnie 25 lat na 1 zatrudnionego w tysiącach m³ wydobytego urobku, można zauważyć stałą tendencję wzrostową we wszystkich kopalniach. Cała branża w ostatnich 23 latach zwiększyła wydajność pracy na jednego zatrudnionego w tys. m³ wydobytego urobku o 32% - tabela 6.

Innym porównaniem kopalń węgla brunatnego jest analiza energochłonności procesu wydobywania węgla. W tabeli 7



Rys. 6. Spadek czasu trwania awarii w stosunku do najwyższego osiągniętego w danej kopalni [Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Tab. 5. Wydajność pracy na jednego zatrudnionego w tys. ton wydobytego węgla

Kopalnia	w 1985 r. tys. ton/osobę	w 1990 r. tys. ton/osobę	w 1995 r. tys. ton/osobę	w 2000 r. tys. ton/osobę	w 2008 r. tys. ton/osobę	w 2009 r. tys. ton/osobę
Adamów	1,35	1,29	1,77	1,64	2,57	2,60
Bełchatów	1,59	2,97	3,03	3,37	4,41	4,40
Konin	1,70	1,65	1,86	1,73	2,62	2,51
Turów	3,38	2,62	1,83	1,75	3,20	2,95
Branża	1,99	2,35	2,31	2,41	3,54	3,46

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Tab 6. Wydajność pracy na jednego zatrudnionego w tys. m³ wydobytego urobku

Kopalnia	w 1985 r. tys. m ³ /osobę	w 1990 r. tys. m ³ /osobę	w 1995 r. tys. m ³ /osobę	w 2000 r. tys. m ³ /osobę	w 2008 r. tys. m ³ /osobę	w 2009 r. tys. m ³ /osobę
Adamów	11,03	9,43	15,06	14,92	20,51	19,38
Bełchatów	11,30	12,59	12,64	14,92	19,01	20,65
Konin	11,87	8,24	11,57	13,74	19,06	17,02
Turów	9,32	8,56	9,27	9,87	11,07	13,40
Branża	10,995	10,182	11,784	13,430	17,38	16,40

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Oznaczenie:

Urobek w m³ = Nadkład w m³ + Węgiel w tonach /1,2 ton/m³1,2 ton/m³ - ciężar właściwy węgla brunatnego

dokonano wyliczenia wskaźnika energochłonności na wydobytą masę, urobku oraz na ilość zdjętego nadkładu i ilość wydobytego węgla.

Masę obliczono wg zależności **masa** (tony) = nadkład x 1,5 + węgiel (W), gdzie 1,5 – przyjęta gęstość przestrzenna 1m³ nadkładu = 1,5 tony, W- węgiel - tony),

Porównując wskaźnik energochłonności na ilość wydobytej masy, najlepszy wynik uzyskuje Kopalnia Konin, a najgorszy posiada Kopalnia Bełchatów. Natomiast przy określeniu wskaźnika energochłonności na zdjęty nadkład, wówczas lider jest ten sam, a ostatnie miejsce uzyskuje Kopalnia Bełchatów. Całkiem odmienne pozycje uzyskują kopalnie przy analizie wskaźnika energochłonności tylko na ilość wydobytego węgla.

Wówczas najlepszy wynik posiada Kopalnia Turów, a najgorszy wskaźnik Kopalnia Bełchatów. Energochłonność urabiania opisuje różne uwarunkowania eksploatacji w poszczególnych kopalniach jak: głębokość eksploatacji i wysokość zwałowania, energochłonność układów KTZ, ilość wydobytej masy, ilość wypompowanej wody, ale i też o dbałość do optymalizacji pracy poszczególnych układów (procesów) składających się na proces wydobywania węgla.

Ciągłe obniżanie energochłonności wydobywania węgla w kopalniach jest kwestią dużej wagi, ponieważ udział kosztów energii elektrycznej w łącznych kosztach operacyjnych wynosi średnio 25%.

W tabeli 8 i 9 oraz na rysunku 7 przedstawiono ogólną strukturę wiekową koparek wielonaczyniowych pracujących

Tab 7. Energochłonność urabiania w kopalniach węgla brunatnego od początku działalności do 2009 roku

Kopalnia	Wskaźnik energochłonności na masę [kWh/tonę]	Wskaźnik energochłonności na masę [kWh/m ³]	Wskaźnik energochłonności na węgiel [kWh/Mg]	Wskaźnik energochłonności Masa + woda [kWh/m ³]
Adamów	2,91	2,95	31,68	2,95
Bełchatów	4,57	4,57	33,70	2,18
Konin	2,99	4,36	28,17	2,00
Turów	3,57	4,54	22,62	3,69

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Tab 8. Ogólna struktura wiekowa koparek wielonaczyniowych pracujących w polskich kopalniach węgla brunatnego – na stan koniec 2009 roku

przedział czasu	Adamów		Bełchatów		Konin		Turów		branża	
	ilość	udział	ilość	udział	ilość	udział	ilość	udział	ilość	udział
powyżej 40 lat	3	33,3%		-	9	50,0%	8	61,5%	20	37,7%
30-40	3	33,3%	3	23,1%	7	38,9%	-	-	13	24,5%
20-30	2	22,2%	10	76,9%	2	11,1%	1	7,7%	15	28,3%
10-20	1	11,1%		0,0%		-	3	23,1%	4	7,5%
1-10		0,0%		-		-	1	7,7%	1	1,9%
razem	9	100,0%	13	100,0%	18	100,0%	13	100,0%	53	100,0%

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

Tab 9. Średni wiek koparek wielonaczyniowych w polskich kopalniach

Wyszczególnienie	Średni wiek koparek wielonaczyniowych
Adamów	32,00
Bełchatów	26,77
Konin	39,11
Turów	35,23
Branża	33,92

[Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

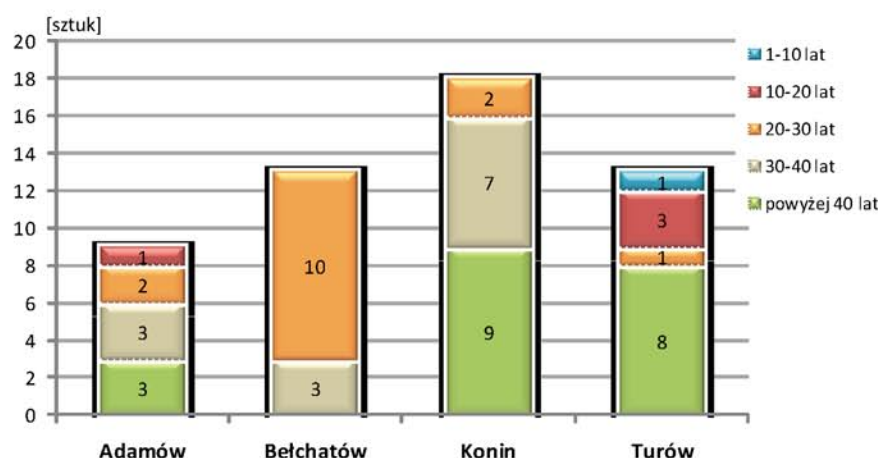
w polskich kopalniach węgla brunatnego wg stanu koniec na 2009 roku. Z powyższych danych wynika, że ponad 60% koparek wielonaczyniowych ma wiek ponad 30 lat. Najgorsza sytuacja jest w kopalni Turów, gdzie ponad 60% koparek ma wiek ponad 40 lat licząc według okresu ich budowy. W tym miejscu należy stwierdzić, że znaczna większość tym maszyn w Kopalni Turów jest po gruntownej modernizacji. Ogółem we wszystkich kopalniach koparek mających mniej niż lat 20 jest tylko niecałe 10%.

Podsumowanie i wnioski

Z dokonanej analizy parametrów pracy poszczególnych polskich kopalń węgla brunatnego, w tym koparek wielonaczyniowych, można sformułować następujące wnioski, które mogą być wskazówkami dla ewentualnych zmian w kopalniach istniejących, a także dla układów wydobywczych w projektowanych w nowych odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego:

niowych, można sformułować następujące wnioski, które mogą być wskazówkami dla ewentualnych zmian w kopalniach istniejących, a także dla układów wydobywczych w projektowanych w nowych odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego:

1. Każda kopalnia węgla brunatnego w Polsce posiada odmienne warunki górniczo-geologiczne i historyczne uwarunkowania w przyjętych technologiach górniczych, a także w wyposażeniu układów KTZ w koparki wielonaczyniowe czy zwałowarki. Najbardziej wyraźna różnica występuje podczas analizy wskaźnika nadkładu do węgla czy wskaźnika zawodnienia. Opracowana analiza parametrów pracy poszczególnych kopalń ma na celu porównanie i ocenę tych parametrów w kopalniach krajowych i zagranicznych.
2. Kopalnie węgla brunatnego posiadają 53 koparki wielonaczyniowe, w tym Kopalnia Bełchatów 13 sztuk. Firma ta stanowi swoisty wyjątek: 6 koparek nadkładowych plus 7 koparek prawie wyłącznie węglowych zdejmuje około: 150 mln m³ nadkładu i 35 mln ton węgla w roku. Natomiast pozostałe kopalnie wyposażone są w dużą ilość koparek o małych zdolnościach wydobywczych: 40 sztuk koparek w Kopalni Adamów, Konin i Turów zdejmuje ok. 100 mln m³ nadkładu i wydobywa ok. 25 mln ton węgla brunatnego.
3. Zarówno cała branża, jak i poszczególne kopalnie wykazują wielki wysiłek techniczny i organizacyjny w ciągłym



Rys. 7. Struktura wiekowa koparek wielonaczyniowych w polskich kopalniach węgla brunatnego [Źródło: oprac. własne na podstawie danych z Kopalń]

poprawianiu uzyskiwanych parametrów pracy, a tym samym w doskonaleniu sztuki górniczej. Przykładowo, w ostatnich 24 latach zwiększono wydajność pracy na jednego zatrudnionego w tys. m³ wydobytego węgla o ponad 42%. Nastąpił spadek czasu trwania awarii w stosunku do najwyższego osiągniętego w danej kopalni. Największy spadek osiągnęła Kopalnia Bełchatów ponad 135%. Pozostałe kopalnie osiągnęły spadek od 46 do 85%. Przeglądając się spadkowi procentowemu zatrudnienia w poszczególnych kopalniach (od maksymalnego zatrudnienia) zauważyć można, że w Kopalni „Konin” wyniósł on około 55,0 %, Kopalni „Adamów” 48,8%, w Kopalni „Turów” – ponad 42,4 % i w Kopalni „Bełchatów” - około 41,5%.

4. Średni wiek koparek wielonaczyniowych wynosi około 34 lata. Ponad 60% koparek wielonaczyniowych w branży ma ponad 30 lat. Najstarsze maszyny są w kopalni Turów, gdzie ponad 60% koparek to maszyny ponad czterdziestoletnie – znaczna część z nich jest po modernizacji. Ogółem we wszystkich kopalniach koparek mających mniej niż lat 20 jest tylko niecałe 10%.
5. Uzyskiwane główne parametry produkcyjne są na dobrym poziomie, jeżeli bierze się pod uwagę historyczne uwarunkowania techniczno-organizacyjne poszczególnych kopalń. Są one porównywalne do parametrów uzyskiwanych w kopalniach zagranicznych np. w Czechach czy Grecji, ale dużo mniejsze od uzyskiwanych przez kopalnie niemieckie. Współczynnik efektywności wykorzystania czasu kalendarzowego kształtuje się od 37 do 40%. Jest on mniejszy od kopalń niemieckich średnio od 10 do 15%. Współczynnik wykorzystania uzyskiwanej

wydajności średniej do wydajności teoretycznej koparek wynosi w Polsce od 35 do 50%. Współczynnik ten również jest mniejszy od wartości niemieckich. Różnica wynosi około 5–10%. Kopalnie niemieckie pracowały i pracują w odmiennych uwarunkowaniach górniczo-gospodarczych. Nie ma – przykładowo - problemu szczytów energetycznych. Natomiast analizując wydajność pracy na jednego zatrudnionego w tys. ton wydobytego węgla, dochodzimy do jeszcze większych różnic. W tym przypadku występują całkowicie odmienne uwarunkowania w zatrudnieniu. W polskich kopalniach załoga wykonuje prawie w 100% wszystkie prace w kopalni, natomiast w niemieckich znaczna ilość prac jest prowadzona w formie obcych usług czy serwisów. Wówczas zatrudnienie osób z tych firm, pracujących na rzecz kopalni nie jest wliczane do zatrudnienia samej kopalni. Krajowa wydajność wydobywania węgla, wynosząca od 2 do 3,5 tys. ton/pracownika, jest – porównując do kopalń w Zagłębiu Reńskim - blisko 6 razy mniejsza, a porównując do innych kopalń niemieckich - od 3 do 5 razy mniejsza.

6. Projektanci przyszłych kopalń węgla brunatnego w Polsce winni tak zaprojektować układy wydobywcze (układy KTZ), aby parametry pracy nowych kopalń były porównywalne z aktualnymi parametrami najlepszych kopalń niemieckich. Tak, aby koszt produkcji jednostki energii z tego paliwa był konkurencyjny z innymi jej źródłami. Dlatego też układy wydobywcze powinny charakteryzować się dużą koncentracją wydobywania oraz powinny dążyć się do jak najkrótszego czasu udostępniania poszczególnych pól złożowych.

Literatura

- [1] Kasztelewicz Z. (2004): Polskie górnictwo węgla brunatnego. Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego.[red.] „Górnictwo Odkrywkowe”, Bełchatów-Wrocław
- [2] Kasztelewicz Z.(2007): Węgiel brunatny - optymalna oferta energetyczna dla Polski. Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego. [red.] „Górnictwo Odkrywkowe”, Bogatynia-Wrocław 2007
- [3] Kasztelewicz Z. (2010). Materiały na temat węgla brunatnego. Materiały niepublikowane. Kraków

Praca została sfinansowana z pracy statutowej nr 11.11.100.597

Artykuł recenzował prof. dr hab. inż. Dionizy Dudek

*Rękopis otrzymano 13.07.2011 r. *2209*