



# Zastosowanie metody wartości wypracowanej (EVM) do oceny projektów górniczych – podejście krytyczne – część 2 – doświadczenia z stosowania

Adam GETLER<sup>1)</sup>, Seweryn TCHÓRZEWSKI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> mgr.; JSW S.A.; email: agetler@jsw.pl

<sup>2)</sup> dr inż.; Politechnika Śląska; email: stchorzewski@polsl.pl

<http://doi.org/10.29227/IM-2020-02-58>

Submission date: 03-11-2020 | Review date: 21-12-2020

## Abstrakt

*Cel artykułu:* celem publikacji jest zaprezentowanie na praktycznych przykładach możliwości zastosowania oraz ograniczeń w zastosowaniu metody wartości wypracowanej (EV), jako narzędzia służącego ocenie postępu prac w projektach realizowanych w przedsiębiorstwach górniczych węgla kamiennego w Polsce.

*Metoda badawcza/narzędzia:* metodą badawczą będzie analiza wybranych, typowych przypadków projektów oraz możliwość ich oceny za pomocą metody wartości wypracowanej.

*Oryginalne rezultaty:* wynikami pracy będą referencje w zakresie skutecznego wykorzystania metody wartości wypracowanej w projektach realizowanych w górnictwie węgla kamiennego.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie projektami, górnictwo węgla kamiennego, metoda wartości wypracowanej

## 1. Wprowadzenie

W pierwszej części artykułu [3] zaprezentowane zostały podstawy teoretyczne stosowania metody analizy wartości wypracowanej. Metoda ta, została zbudowana z założeniem możliwości stosowania jej w różnych projektach, niezależnie od obszaru ich realizacji – budownictwa, inżynierii, górnictwa czy przemysłu. W dostępnej literaturze można znaleźć liczne przykłady, w których zaprezentowane są szczegółowe rozważania w zakresie warunków stosowania metody. Są to zwykle przykłady dotyczące realizacji projektów w obszarze szeroko rozumianego budownictwa [1, 2, 5, 8]. Z kolei przykłady na wykorzystanie metody do oceny projektów górniczych są dość skąpe [6, 7]. A nawet można znaleźć materiały krytyczne [4], lecz są one jeszcze rzadsze.

W prezentowanej publikacji zaprezentowane zostaną dwa – mocno różniące się od siebie, ale charakterystyczne dla działalności górniczej przykłady, wykorzystania metody EV do oceny projektów górniczych. Na tych przykładach przeprowadzona zostanie dyskusja w odniesieniu do uzyskanych wyników i ich zgodności z obserwacją rzeczywistych rezultatów uzyskanych w tych projektach. Zaprezentowane przykłady stanowią odzwierciedlenie realnie zrealizowanych projektów i zaistniałych w nich zdarzeń, choć zostały nieco uproszczone, dla potrzeb zamieszczenia wszystkich informacji w niniejszej publikacji.

## 2. Ocena projektów z wykorzystaniem EVM

Prezentowany przykład projektu został opisany przez pryzmat możliwości jego praktycznego zastosowania do rzetelnej oceny stanu realizacji projektu oraz prognozowania wartości końcowych. Przykład ten jest typowy dla przedsięwzięć realizowanych w podziemnym górnictwie w Polsce. Należy jednak podkreślić, iż opisuje on projekt polegający na realizacji robót górniczych, przygotowawczych lub udostępniających, lecz nie eksploatacyjnych – związanych z procesem wydobywania węgla,

gdź te, w sposób znaczący różnią się pomiędzy sobą w zależności od eksploatowanego surowca. Równocześnie z punktu widzenia zakładów górniczych eksploatacja jest procesem operacyjnym nie podlegającym systemowi zarządzania projektami.

### a. Przykład – wykonanie sieci wyrobisk korytarzowych.

Opisywany projekt obejmuje realizację 2390 mb. wyrobisk. Wyrobiska te charakteryzują się zróżnicowanymi parametrami gabarytowo-wymiarowymi, lokalizacją w różnych skałach oraz wykonaniem w różnej technologii. Wykonanie wyrobisk wiąże się z ponoszeniem kosztu stałego (m.in. kosztami pracy, energii) oraz kosztu zmiennego (np. materiały, koszty najmu). Rozliczanie projektu będzie następowało w cyklach miesięcznych zgodnie z obmiarem zrealizowanych prac. Podstawowe informacje o planowanym projekcie – harmonogramie prac oraz ich kosztach przedstawiono w tabeli nr 1.

Dla tak skonstruowanego planu projektu wyznaczono krzywą narastania kosztów S (rys. 1).

W trakcie realizacji projektu w trzecim miesiącu jego realizacji pojawiło się opóźnienie w realizacji prac. Zamiast zaplanowanych 80 mb. wykonano jedynie 20 mb. wyrobiska. W rezultacie cały harmonogram prac uległ zmianie (tabela 2)

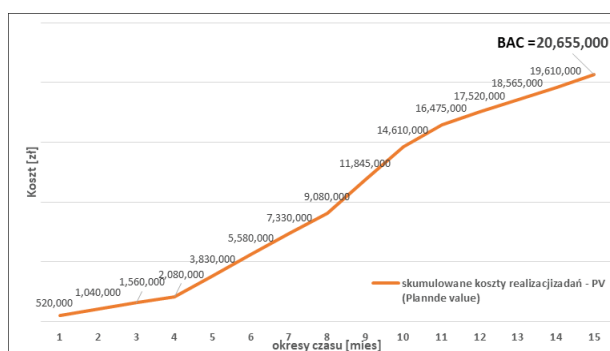
Efektom zaistniałej sytuacji jest pojawienie się od 3 miesiąca realizacji projektu, odchylenia wartości wskaźników SPI, CPI (rys 2 oraz 3).

Z danych zaprezentowanych w tablicy 2 oraz na rysunku 2 i 3 wynikają następujące wnioski związane bezpośrednio z ocenianym projektem:

1. Dane zaprezentowane w tablicy 2 oraz na rysunkach 2 i 3 wskazują na spójność uzyskanych informacji o stanie realizacji projektu, co w szczególności przedstawia wykres 3 – linia wskaźnika CPI (dolna) utrzymuje się w trakcie trwania projektu na poziomie <1, co oznacza, iż projekt zostanie

Tab. 1. Podstawowe parametry wyrobisk realizowanych w ramach projektu. Źródło: opracowanie własne  
 Tab. 1. Basic parameters of excavations realized in project

Wyrobisko			Okres														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Ilość [mb]	320	80	80	80	80											
	Ks [tys. zł]	260 000 zł	520 000	520 000	520 000	520 000											
	Kz [zł/mb]	3 250 zł															
2	Ilość [mb]	400					100	100	100	100							
	Ks [tys. zł]	425 000 zł					850 000	850 000	850 000	850 000							
	Kz [zł/mb]	4 250 zł															
3	Ilość [mb]	600					100	100	100	100	100						
	Ks [tys. zł]	450 000 zł					900 000	900 000	900 000	900 000	900 000						
	Kz [zł/mb]	4 500 zł															
4	Ilość [mb]	770									110	110	110	110	110	110	
	Ks [tys. zł]	522 500 zł									1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	
	Kz [zł/mb]	4 750 zł															
5	Ilość [mb]	300									100	100	100				
	Ks [tys. zł]	410 000 zł									820 000	820 000	820 000				
	Kz [zł/mb]	4 100 zł															
Metrów [mb]	w okresie		80	80	80	80	200	200	200	200	310	310	210	110	110	110	110
	skumulowane		80	160	240	320	520	720	920	1 120	1 430	1 740	1 950	2 060	2 170	2 280	2 390
	wykonano		3,3%	6,7%	10,0%	13,4%	21,8%	30,1%	38,5%	46,9%	59,8%	72,8%	81,6%	86,2%	90,8%	95,4%	100,0%
PV [zł]	w okresie		520 000	520 000	520 000	520 000	1 750 000	1 750 000	1 750 000	1 750 000	2 765 000	2 765 000	1 865 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000
	skumulowane		520 000	1 040 000	1 560 000	2 080 000	3 830 000	5 580 000	7 330 000	9 080 000	11 845 000	14 610 000	16 475 000	17 520 000	18 565 000	19 610 000	20 655 000



Rys 1. Krzywa narastania kosztów planowanego projektu. Źródło: opracowanie własne  
 Fig. 1. Line of project cost distribution in time (actual costs – AC)

zrealizowany powyżej zaplanowanych pierwotnie kosztów; linia wskaźnika SPI, <1 w pierwszym okresie realizacji projektu oznacza opóźnienie w jego realizacji, zaś „przebiec” wartości „1” w okresie 10, a następnie wartość wskaźnika SPI>1 oznacza zwiększenie ilości prac w analizowanym okresie, co jest rezultatem opóźnienia we wcześniejszym okresie.

2. Bez szczegółowego rozpisania zakresu prac oraz związane z każdym zadaniem budżetu nie byłoby możliwe poprawne wyznaczenie wartości służących do oceny projektu.

3. Niezbędne jest regularne wprowadzanie danych o realizowanym przedsięwzięciu. W przypadku prezentowanego projektu, liczącego ponad 12 miesięcy, standardowy układ okresu raportowania i rozliczania jest wystarczający, jednak w przypadku projektów trwających 2-3 miesiące (a czasami nawet krócej) konieczne jest określenie krótszych okresów raportowania. Nie zawsze jest to możliwe – wynika np. z zapisów umowy z dostawcą, gdzie rozliczenie realizacji projektu występuje, po zakończeniu prac lub jest zaliczkowane.

#### b. Innowacyjne wyposażenie dołowe

Przykład drugiego projektu jest w znaczący sposób odmienny od zaprezentowanego wcześniej, choć jest również typowy. Jest to projekt polegający na zamówieniu innowacyjnego zestawu maszyn i urządzeń wraz z robotami górniczymi,

jakie należy zrealizować dla skutecznego wdrożenia do stosowania zamówionego wyposażenia.

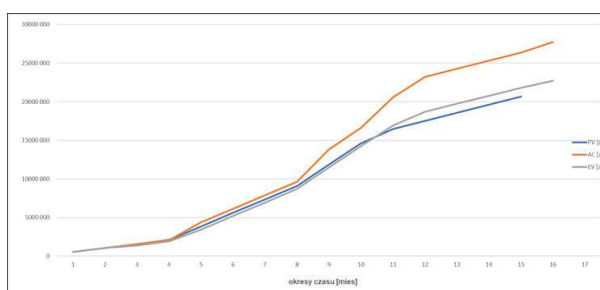
W przykładzie pierwszym mieliśmy umownie prostą sytuację, jednolity rodzaj zadań, pozwalający na jednolity sposób planowania i monitorowania postępów tych prac dla znanej technologii i procesów produkcyjnych. Prezentowany poniżej przykład to sytuacja, w której znacząca, zakresowo i finansowo, część prac jest zlecona podmiotom zewnętrznym, w związku z czym prace są rozliczane dopiero po dostarczeniu produktu klientowi. W związku z powyższym, na wykresie harmonogramu prac, ich wartość finansowa była planowana na ostatni okres rozliczeniowy danego zadania (tablica 3). Ponadto, na co należy bardzo wyraźnie zwrócić uwagę, wartość realizowanych w ten sposób prac stanowi prawie 95% planowanego budżetu projektu - dominują trzy zadania (numer 3, 6 oraz 7), odnoszące się do zakupu wyposażenia i jednocześnie.

Rezultatem przyjęcia poniższego sposobu planowania prac oraz budżetu projektu jest krzywa PV (rys 4), pokazująca skokowe przyrosty planowanych wartości kosztów projektu, zamiast linii bardziej wypłaszczonej, tak jak to miało miejsce w pierwszym przypadku.

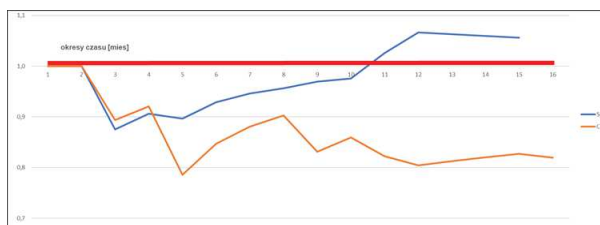
W trakcie realizacji projektu, pozyskiwane były informacje o jego postępach. Informację tę gromadził kierownik projektu, w oparciu o wewnętrzne odbiory kolejnych etapów po-

Tab. 2. Zmiana harmonogramu prac wywołana opóźnieniem w 3 miesiącu realizacji projektu. Źródło: opracowanie własne  
 Tab. 2. Change in the work schedule caused by the delay in the 3rd month of the project

Wyrobisko			Okres															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Ilość [mb]	300	80	80	20	80	60											
	Rs [tys zł]	260 000zł	520 000	520 000	125 000	520 000	455 000											
	Kz [zł/mb]	3 250zł																
2	Ilość [mb]	400				25	100	100	100	75								
	Rs [tys zł]	425 000zł				531 250	850 000	850 000	850 000	743 750								
	Kz [zł/mb]	4 250zł																
3	Ilość [mb]	600				25	100	100	100	100	100	75						
	Rs [tys zł]	450 000zł				562 500	900 000	900 000	900 000	900 000	900 000	787 500						
	Kz [zł/mb]	4 500zł																
4	Ilość [mb]	770								30	110	110	110	110	110	110	80	
	Rs [tys zł]	522 500zł								665 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 045 000	902 500	
	Kz [zł/mb]	4 750zł																
5	Ilość [mb]	300								20	100	100	80					
	Rs [tys zł]	410 000zł								492 000	820 000	820 000	738 000					
	Kz [zł/mb]	4 100zł																
Metrów [mb]	w okresie		80	80	20	80	110	200	200	200	225	310	285	190	110	110	110	80
	skumulowane		80	160	180	260	370	570	770	970	1 195	1 505	1 790	1 980	2 090	2 200	2 310	2 390
	wykonano		3,3%	6,7%	7,3%	10,9%	15,5%	23,8%	32,2%	40,6%	50,0%	63,0%	74,9%	82,8%	87,4%	92,1%	96,7%	100,0%
AC [zł]	w okresie		520 000	520 000	487 500	520 000	2 323 125	1 750 000	1 750 000	1 750 000	4 203 125	2 785 000	3 978 750	2 874 500	1 045 000	1 045 000	1 045 000	1 353 750
	skumulowane		520 000	1 040 000	1 527 500	2 047 500	4 370 625	6 120 625	7 870 625	9 620 625	13 821 750	16 586 750	20 565 500	23 240 000	24 285 000	25 330 000	26 375 000	27 728 750
	w okresie		520 000	520 000	325 000	520 000	1 548 750	1 750 000	1 750 000	1 750 000	2 800 750	2 785 000	2 652 500	1 783 000	1 045 000	1 045 000	902 500	
EV [zł]	w okresie		520 000	520 000	1 865 000	1 885 000	3 433 750	5 183 750	6 933 750	8 683 750	11 484 500	14 249 500	16 902 000	18 685 000	19 730 000	20 775 000	21 820 000	22 722 500
	skumulowane		520 000	1 040 000	1 865 000	1 885 000	3 433 750	5 183 750	6 933 750	8 683 750	11 484 500	14 249 500	16 902 000	18 685 000	19 730 000	20 775 000	21 820 000	22 722 500
	w okresie		520 000	520 000	325 000	520 000	1 548 750	1 750 000	1 750 000	1 750 000	2 800 750	2 785 000	2 652 500	1 783 000	1 045 000	1 045 000	902 500	



Rys. 2. Zmiana wartości wskaźników AC oraz EV wraz z realizacją projektu. Źródło: opracowanie własne  
 Fig. 2. Change in value of AC and EV with project realisation



Rys. 3. Zmiana wartości wskaźników SPI oraz CPI wraz z realizacją projektu. Źródło: opracowanie własne  
 Fig. 3. Change in value of SPI and CPI with project realisation

szczególnych zadań. Odbiory te nie były zapisane wcześniej w planie projektu w formie kamieni milowych, a stanowiły jedynie inicjatywę własną - dobrą praktykę kierownika projektu.

Skutkiem zlecenia podwykonawcom dużych zadań, bez pozyskania od nich planu ich pracy oraz w konsekwencji braku wiarygodnej informacji o postępie prac oraz stanie budżetu jest brak wiarygodnych informacji pozwalających na ocenę stanu projektu w oparciu o EVM. Jeśli przyjrzymy się charakterystyce linii AC na rys. 4 oraz linii SPI na rys. 5 w okresie 8-10 to można wyciągnąć pochopne wnioski o tym, iż projekt w sferze budżetu niemal eksplodował, a przecież zaprezentowana sytuacja jest jedynie rezultatem wcześniejszego zaliczkowania części zleconych prac, co jednak nie było wcześniej (w procesie planowania projektu) brane pod uwagę.

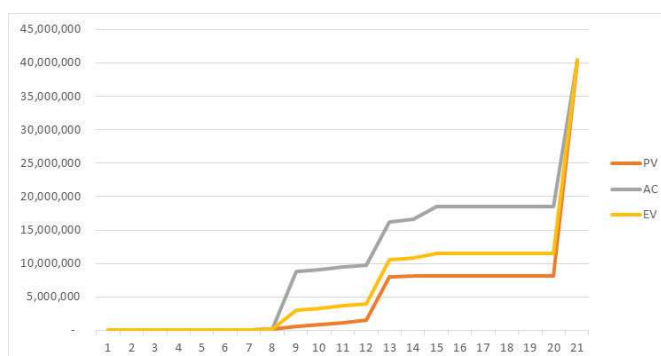
### 3. Podsumowanie – wnioski – rekomendacje

a. Osoby, które korzystają z informacji o stanie projektu (kierownicy projektów oraz komitety sterujące, a także PMO) muszą być bardzo dobrze przygotowane do jej praktycznego stosowania – muszą dobrze znać i umiejętnie stosować nomenklaturę oraz nazewnictwo wskaźników, co nie jest w początkowym etapie stosowania metody łatwe. Oznacza to potrzebę regularnych i intensywnych szkoleń w zakresie metody, która o ile z matematycznego punktu widzenia jest prosta, to nie jest powszechnie stosowana w branży górniczej.

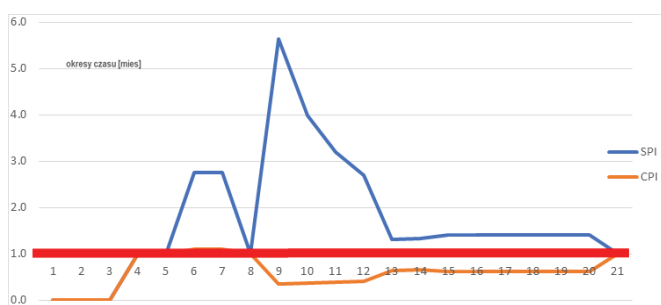
b. Warunkiem koniecznym, aczkolwiek niewystarczającym, dla efektywnego stosowania metody jest przygotowanie informacji o planowanym projekcie z maksymalnie możliwą do określenia dokładnością. Co oznacza owa dokładność? Otóż zdaniem autorów musimy podzielić pracę na

Tab. 3. Harmonogram prac projektu wdrożenia innowacyjnego wyposażenia w kopalni. Źródło: opracowanie własne  
 Tab. 3. Work schedule for the project to implement innovative equipment in the mine

Zadanie	Czas	Miesiące																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1. Wykonanie prac przygotowawczych na terenie kopalni	1 tydzień																					
2. Przygotowanie wyrobiska dla podziemnego wydobycia	2 tygodnie																					
3. Zakup i montaż urządzeń do wydobycia	3 tygodnie																					
4. Przygotowanie wyrobiska dla podziemnego wydobycia	4 tygodnie																					
5. Montaż urządzeń do wydobycia	5 tygodnie																					
6. Zakup i montaż urządzeń do wydobycia	6 tygodnie																					
7. Przygotowanie wyrobiska dla podziemnego wydobycia	7 tygodnie																					
PV [zł]	Wartość																					
AC [zł]	Wartość																					
EV [zł]	Wartość																					
CV																						
SV																						
CPI																						
SPI																						



Rys. 4. Zmiana wartości wskaźników SPI oraz CPI wraz z realizacją projektu wdrożenia innowacyjnego wyposażenia w kopalni. Źródło: opracowanie własne  
 Fig. 4. Change in value of EV, AC and PV in project implement innovative equipment in the mine



Rys. 5. Zmiana wartości wskaźników SPI oraz CPI wraz z realizacją projektu wdrożenia innowacyjnego wyposażenia w kopalni. Źródło: opracowanie własne  
 Fig. 5. Change in value of SPI and CPI in project implement innovative equipment in the mine

części, które pozwolą nam na rzeczywistą obserwację realizacji, np. podział na zadania/podzadania, dla których potrafimy w wiarygodny sposób oszacować rezultat oraz postęp ich wykonania. Ponadto, oprócz zakresu planowanych prac niezbędne jest określenie wartości kosztu/budżetu dla realizacji poszczególnych zadań tak, aby możliwe było zbudowanie relacji: zrealizowany zakres – poniesione koszty.

c. Bez systematycznego aktualizowania informacji o realizowanych projektach z odpowiednim poziomem ich szczegółowości, stosowanie metody będzie nieefektywne. O ile w przypadku projektów realizowanych własnymi siłami takie informacje są zazwyczaj dostępne – można w prosty sposób policzyć metry, tony, roboczogodziny czy kilowaty - to w przypadku projektów realizowanych w trybie „klienckim”,

gdy za stronę operacyjną projektu odpowiada podmiot zewnętrzny, dostęp do wiarygodnych danych może być utrudniony. Wynika to najczęściej z braku odpowiednich zapisów w zakresie rzeczowym zawartej umowy.

d. Typowym problemem, często występującym w procesie analizy projektu jest brak jednoczesnej informacji o zrealizowanym zakresie prac wraz z przypisanym do tej pracy kosztem jej realizacji. O ile zakres można w prosty sposób zweryfikować, o tyle w przypadku informacji finansowej może być to bardzo trudne do wyegzekwowania, zwłaszcza, jeżeli nie zapewniono systemowego raportowania finansowej sfery projektu przez jego wykonawcę już na etapie podpisywa-

nia z nim umowy. W najlepszym wypadku dane te będą oparte o szereg domysłów lub symulacji.

e. Z uwagi na charakter metody, informacje będące wynikiem jej stosowania, powianny służyć do systemowej oceny projektów, realizowanych przez organizację oraz badania trendów ich realizacji dla ew. wykrywania możliwych trudności. Nie jest to, zatem narzędzie adresowane tylko dla kierownika projektu, ale dedykowane bardziej dla komórki zajmującej się systemowym gromadzeniem i przetwarzaniem informacji o realizowanych projektach – narzędzie dla biura zarządzania projektami.

## Literatura – References

1. [G] Anysz H., Zawistowski J.: Kontrola kosztowo-czasowa postępu robót budowlanych metodą wartości wypracowanej z wykorzystaniem programu MS Project; Konferencja SKB, Warszawa 23-24.03.2017 r., str. 72-88
2. [H] Dzikosz A., Kapliński o., Rejment M.: Management przy realizacji kontraktów budowlanych; Budownictwo i Architektura 13(4) (2014) str. 357-364
3. [A] Getler A., Tchórzewski S.: Zastosowanie metody wartości wypracowanej (EVM) do oceny projektów górniczych - podejście krytyczne. Cz. 1, Założenia metody; Inżynieria Mineralna, 2020 R. 21 nr 1 s. 265-272
4. [B] Lukas J.A.: Earned Value Analysis – Why it Doesn't Work, conferences materials 2008 AACE INTERNATIONAL-AL TRANSACTIONS13.
5. [F] Komendarek P., Połoński M.: Bieżąca kontrola kosztów realizacji obiektu budowlanego metodą Earned Value, Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych Tom XII/2, 2011, str. 279–290
6. [C] Shuheng Zhonga, Xin Wang; Improvement and application of earned value analysis in coal project management; Procedia Engineering 26 (2011) page 1983–198
7. [D] Wibiksana R.: Earned Value Management: Adapted for use in Underground Mining Operations, PM World Journal Vol. I, Issue II – September 201
8. [E] Wawak S: Monitorowanie wdrożenia system jakości za pomocą metody Earned Value; Zeszyty naukowe AE w Krakowie, nr 652, 2004, str 213–22

## *The Use of the Earned Value Method (EVM) to Evaluate Mining Projects – Critical Approach – Part 2 – Application Experience*

*Purpose of the article: the aim of the publication is to present practical examples of the application possibilities and limitations in the use of the earned value (EV) method as a tool for assessing the progress of work in projects implemented in hard coal mining enterprises in Poland.*

*Research method / tools: the research method will be the analysis of selected, typical project cases and the possibility of their evaluation using the earned value method.*

*Original results: the results of the work will be references in the effective use of the value-generated method in projects implemented in the hard coal mining industry.*

*Keywords: project management, earned value method, EVM, EVA, mining projects*

**Keywords:** *project management, hard coal mining, earned value method*