

Trend skumulowanych kosztów planowanych, poniesionych i wypracowanych w realizacji obiektów budowlanych

The trend of accumulated costs planned, incurred and generated in the implementation of construction works

dr hab. inż. Jarosław Konior, prof. uczelni (ORCID: 0000-0002-3824-1948), mgr inż. Tomasz Stachoń (ORCID: 0000-0002-8665-1220), Katedra Budownictwa Ogólnego, Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.4897

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę i ocenę planowanego, aktualnego i rzeczywiście wypracowanego kosztu różnych przedsięwzięć budowlanych objętych próbą badawczą o liczebności ponad pół tysiąca pomiarów. Zastosowanie metodyki EVM pozwoliło na ocenę w zakresie porównania planowanego, poniesionego i rzeczywiście wypracowanego harmonogramu i kosztu oraz wskazanie podstawowych przyczyn odchyień kosztowych od wartości wypracowanych. Zaobserwowano analogie w ułożeniu krzywych skumulowanych przepływów pieniężnych, zarówno w ramach tych samych grup obiektów budowlanych, jak i pomiędzy nimi.
Słowa kluczowe: koszt planowany, koszt poniesiony, koszt wypracowany, przedsięwzięcie budowlane.

Abstract: The article presents an analysis and evaluation of the planned, actual, and actually worked out cost of various construction projects included in a research sample of actually worked out schedules and budgets, with more than half a thousand measurements. Application of the EVM methodology allowed evaluation in terms of comparison of planned, incurred and actually worked out schedule and cost, and identification of the root causes of cost deviations from worked out values. Parallels were observed in the alignment of cumulative cash flow curves, both within and between the same groups of construction facilities.
Keywords: planned cost, spent cost, earned cost, construction project.

1. Wprowadzenie

Wykonanie obiektu budowlanego w ramach założonego budżetu i harmonogramu przy jednoczesnym zapewnieniu standardu jakości jest kluczowym czynnikiem decydującym o powodzeniu przedsięwzięcia budowlanego. Wymaga to prawidłowego zaplanowania oraz efektywnego monitorowania każdego parametru na kolejnych etapach realizacji zadania inwestycyjnego. Fundamentalnym zagadnieniem jest analiza czasu i kosztów realizacji przedsięwzięcia, zwłaszcza w fazie jego budowy, kiedy utylizowanych jest 75–80% preliminowanych nakładów na roboty budowlane. Zadania inwestycyjne nieustająco narażone są na wiele losowych czynników naruszających ich sprawny przebieg. Kontrolowanie przebiegu prac oraz regularne badanie w trakcie realizacji ewentualnych odchyień czasu i kosztów wydaje się być absolutną koniecznością [7].

2. Metoda EVM jako narzędzie do kontroli przebiegu projektów

Skutecznym narzędziem pomiaru poniesionych nakładów finansowych zadania jest przedstawienie planowanych

przepływów finansowych na osi czasu za pomocą wykresu kosztów skumulowanych, którego obraz stanowi krzywa S. Metoda EVM – której obrazem graficznym są trzy krzywe S – uważana jest za zaawansowaną technikę kontroli projektów, dostarczającą wyniki kalkulacji w postaci wskaźników ilościowych i jakościowych. Podstawą kontroli projektów metodą EVM jest porównanie wykonanego zakresu prac wraz z ich rzeczywistymi datami ukończenia oraz rzeczywiście poniesionymi kosztami z zaplanowanym w projekcie harmonogramem i budżetem. Tradycyjne metody kontrolowania obiektów budowlanych oparte są na dwóch oddzielnych zakresach. Pierwszy porównuje rzeczywisty postęp prac z harmonogramem. Drugi zakres obejmuje kontrolę finansową projektu, czyli porównanie rzeczywistych kosztów z planowanymi kosztami w chwili kontrolowania. Jednakże takie stanowisko nie uwzględnia związku między postępem robót i ich kosztami. W zestawieniu z tradycyjną metodą kontrolowania postępów w realizacji przedsięwzięcia budowlanego EVM bierze pod uwagę – oprócz planowanych i rzeczywistych kosztów – tak zwany trzeci parametr, czyli wartość wypracowaną, która odpowiada planowanej wartości faktycznie wykonanego zakresu prac [15, 17].

3. Przegląd literatury

Podczas realizacji przedsięwzięć przepływy środków pieniężnych mają istotne znaczenie dla oceny zapotrzebowania na kapitał obrotowy, planowanie wydatków, realizację zamówień czy płatności dla podwykonawców. Obszerną grupę stosowanych metod kontroli i monitorowania przebiegu realizacji przedsięwzięć budowlanych stanowi metoda wartości wypracowanej. Metoda wartości wypracowanej polega na kontroli zadania inwestycyjnego poprzez cykliczne porównywanie rzeczywiście zrealizowanego zakresu prac z planowanym czasem wykonania i planowanym kosztem realizacji zgodnie z przyjętym planowanym harmonogramem i budżetem projektu na początku realizacji zadania. Analiza i ocena przedsięwzięcia w czasie jego realizacji jest złożoną i zaawansowaną techniką. Zarządzanie projektami z wykorzystaniem metody wartości wypracowanej to dobrze znany wielowymiarowy system zarządzania, który integruje koszty, harmonogram i wydajność techniczną. Metoda umożliwia obliczanie stosunkowo mało skomplikowanych wskaźników odchyień kosztów i harmonogramu oraz parametrów wydajności i prognoz kosztów projektu i czasu trwania harmonogramu [13].

Wszystkie odchylenia są najlepiej monitorowane za pomocą obrazu krzywych S. Krzywa S pokazuje przepływ kosztów w czasie trwania projektu. W widoku graficznym można porównać krzywe kosztów planowanych, kosztów rzeczywistych i wartości wypracowanej [16]. W celu racjonalnej oceny terminu końcowego przedsięwzięcia bądź jego rzeczywistych kosztów może być zastosowana metoda bieżącego poprawiania przebiegu krzywej kosztów rzeczywistych. Krzywa kosztów rzeczywistych ma zwykle przebieg podobny do przebiegu krzywej S. Możliwe jest zastosowanie wielomianów trzeciego stopnia do bieżącego uaktualniania przebiegu wspomnianej krzywej. Dla właściwego przybliżenia krzywej S istotne jest poprawne zdefiniowanie punktu przebiegu krzywej. Niestety w trakcie planowania przedsięwzięcia budowlanego, a także w trakcie wprowadzania zmian w budżecie w trakcie realizacji prac punkt ten jest trudny do określenia, a czasami wręcz jest niemożliwy do ustalenia [11]. Wnikliwa analiza publikacji cytowanych w artykule autorów prowadzi do stwierdzenia, że dotychczas proponowane modele prognozowanych krzywych S zazwyczaj odbiegają od rzeczywistości i są zbyt skomplikowane, a przez to mało praktyczne w planowaniu i zarządzaniu przedsięwzięciami budowlanymi. Wynika to z faktu, że krzywe kosztów skumulowanych, z uwagi na ich unikalność, są niepowtarzalne. Każde przedsięwzięcie budowlane stanowi zatem odrębne, niepowtarzalne zadanie inwestycyjne ze swoją specyfiką, trudnościami, niepewnościami i ryzykiem [10].

4. Próba badawcza

Sposób pomiaru parametrów EVM jest dobrze reprezentowany i szczegółowo opisany w metodyce pracy inżynierskiej

Bankowego Inspektora Nadzoru (BIN), zobowiązanego do rzetelnego pomiaru przebiegu kosztu i czasu, ich zmienności i poziomu wykonania różnych zadań inwestycyjnych [8, 9]. Pozytskane dane do opracowania autorskich analiz zaprezentowanych w artykule pochodzą z 16-letnich badań autorów publikacji, świadczących usługi Bankowego Inspektora Nadzoru w imieniu banków udzielających kredyty inwestycyjne dla zamówień niepublicznych. Wyniki 536 pomiarów dotyczą 40 inwestycji budowlanych w Polsce w 6 sektorach budowlanych [10].

Na potrzeby badań opracowano zbiorcze zestawienie danych oraz wyznaczono podstawowe parametry i wskaźniki Metody Wartości Wypracowanej. Dla każdego przedsięwzięcia budowlanego sporządzono tablice zawierające następujące wartości skumulowane:

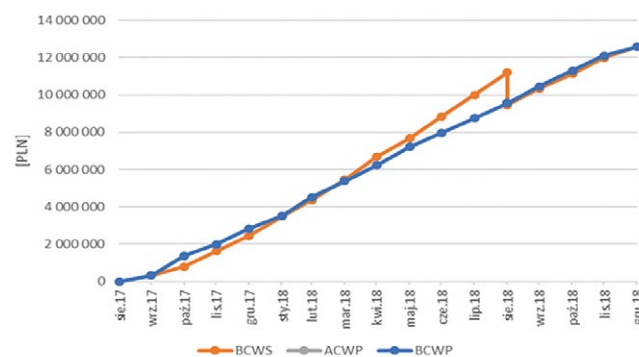
- planowany koszt planowanej pracy – BCWS,
- planowany koszt wykonanej pracy – BCWP,
- rzeczywisty koszt wykonanej pracy – ACWP.

Przetwarzając dane w tabelach wartościowo i narastająco, wyznaczono przykładowe wykresy BCWS, ACWP, BCWP krzywych EVM w grupach jednorodnych i dodatkowo wykresy BCWP w grupie zróżnicowanej.

5. Wyniki badań przebiegu krzywych kosztów skumulowanych według EVM

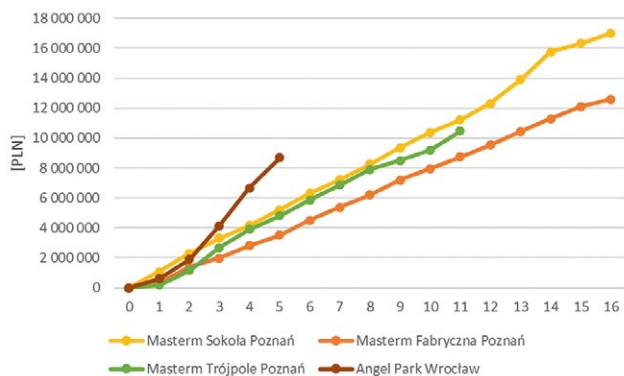
5.1. EVM w grupie Budynków Zbiorowego Zamieszkania

Przykładowe wykresy kosztów skumulowanych dla grupy Budynków Zbiorowego Zamieszkania przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wykresy BCWS, ACWP i BCWP dla grupy Budynków Zbiorowego Zamieszkania

Przedsięwzięcia budowlane realizowane były zgodnie z planowanymi budżetami. Krzywe ACWP pokrywają się z krzywymi BCWP. W pierwszych miesiącach ($0,2 < t < 0,6$, gdzie t to całkowity czas trwania projektu) tych realizacji dostrzegalny jest większy postęp niż planowano ($BCWP > ACWP$). Zbiorczy wykres przebiegu krzywych BCWP dla grupy Budynków Zbiorowego Zamieszkania przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Porównanie przebiegu krzywych BCWP dla grupy Budynków Zbiorowego Zamieszkania

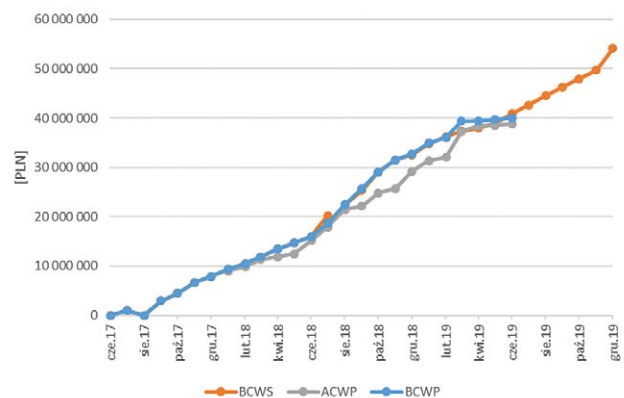
Krzywe BCWP analizowanych inwestycji przez dewelopera przypominają wykresy liniowe o dużym kącie nachylenia względem odciętej. Świadczy to o stałym i szybkim postępie przedsięwzięć. Ponadto krzywe są względem siebie niemal równoległe. Miesięczny przyrost zaawansowania prac jest identyczny dla poszczególnych obiektów. Taki stan wynika z podobnej struktury zarządzania projektem oraz organizacji budowy. W przypadku każdej z trzech wspomnianych realizacji inwestorem i generalnym wykonawcą są te same podmioty.

5.2. EVM w grupie Budynki Biurowe

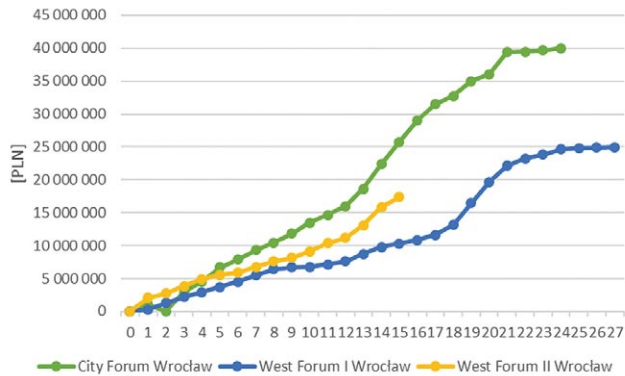
Przykładowe wykresy kosztów skumulowanych dla grupy Budynków Biurowych przedstawiono na rysunku 3. Krzywe ACWP położone są nieco poniżej krzywych BCWP, zaś współczynniki wykonania budżetu są większe od jedności, co oznacza, że prace zrealizowano minimalnie taniej niż zakładano, a ostateczny koszt budowy stanowił 99% zakładanego budżetu.

Zbiórny wykres przebiegu krzywych BCWP dla grupy Budynków Biurowych przedstawiono na rysunku 4.

Krzywe wykazują taki sam trend, ale kształt litery „S” jest zaburzony. Wielokrotnie zmienia się nachylenie krzywych, co wskazuje na niejednostajny postęp prac na jednostkę czasu. Przez stosunkowo długi czas po rozpoczęciu budowy widoczny jest mały wzrost kosztów – krzywe są płaskie.



Rys. 3. Wykresy BCWS, ACWP i BCWP dla grupy Budynków Biurowych

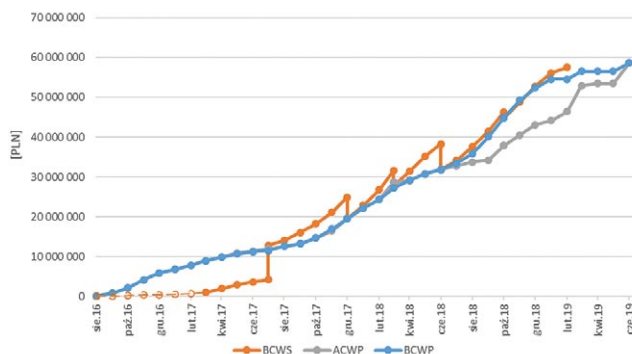


Rys. 4. Porównanie przebiegu krzywych BCWP dla grupy Budynków Biurowych

Realizacja prac zaczęła przyspieszać po przekroczeniu zaawansowania harmonogramu odpowiednio: 40% – City Forum, 50% – West Forum II oraz 60% – West Forum I.

5.3. EVM w grupie Budynków Hotelowych

Przykładowe wykresy kosztów skumulowanych dla grupy Budynków Hotelowych przedstawiono na rysunku 5.

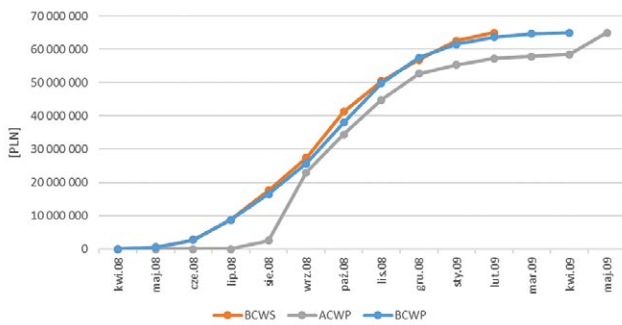


Rys. 5. Wykresy BCWS, ACWP i BCWP dla grupy Budynków Hotelowych

Analizując wykresy przedstawione na rysunku 5, widoczne jest, że BCWS wyznaczona na podstawie harmonogramu rzeczowo-finansowego jest nieciągła. Występują liczne załamania wynikające z aktualizacji harmonogramu. Każdy aneks do umowy wymagał zaktualizowania bieżącego harmonogramu przez generalnego wykonawcę. Co więcej, krzywa BCWP kilkakrotnie zmienia swoje nachylenie, co świadczy o częstych zmianach postępu prac na jednostkę czasu. Początkowo ACWP i BCWP są zbieżne, jednakże po przekroczeniu 65% zaawansowania prac do wykonania, wykres ACWP odchyła się (dodatnie odchylenie od kosztów). To rezultat częściowego wstrzymania płatności za wykonane roboty i odroczonej płatności faktur.

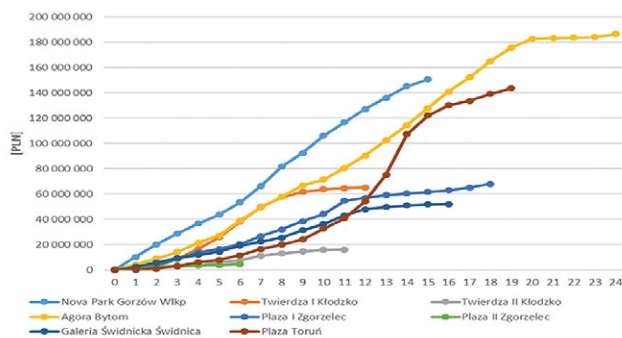
5.4. EVM w grupie Obiektów Handlowo-Usługowych

Przykładowe wykresy kosztów skumulowanych dla grupy Obiektów Handlowo-Usługowych przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Wykresy BCWS, ACWP i BCWP dla grupy Obiektów Handlowo-Usługowych

Analizując wykres na rysunku 6, widoczne jest, że wartości rzeczywiście poniesionego kosztu ACWP są znacznie mniejsze niż BCWP przez cały okres trwania robót (dodatni wskaźnik CV). Mogłoby się wydawać, że prace udało się wykonać taniej niż planowano. Jednakże wynika to z opóźnień w płatnościach za wykonane roboty generalnemu wykonawcy. Dostrzegalne jest, że przez pierwsze 3 miesiące realizacji nie przeprowadzono żadnej płatności, a ostatecznie całkowity koszt tego przedsięwzięcia budowlanego był taki sam jak planowano.



Rys. 7. Porównanie przebiegu krzywych BCWP dla grupy Obiektów Handlowo-Usługowych

Każda analizowana inwestycja grupy Budynków Handlowo-Usługowych przebiegała inaczej niż zaplanowano. Wszystkie odnotowały ujemne odchylenie od harmonogramu na pewnym etapie zaawansowania prac. Z tego powodu podczas realizacji dwóch analizowanych w tym punkcie projektów zdecydowano się na wykonanie aktualizacji harmonogramu. W przypadku dwóch przedsięwzięć budowlanych krzywe BCWP ujemnie odchylają się od BCWS (opóźnienie) już od pierwszego miesiąca realizacji. Jest to następstwem złego oszacowania harmonogramu rzeczowego. Ponadto tylko 2 z 8 (25%) przedsięwzięć zakończono w zakładanym terminie. Pozostałe trwały dłużej niż planowano.

Przebieg krzywych kosztów skumulowanych Obiektów Handlowo-Usługowych jest różnorodny. Wykresy BCWP odpowiadające Nova Park i Agora Bytom przypominają funkcje liniowe. Zauważalny jest duży postęp robót od początku

trwania budowy. Krzywe przybierają bardziej płaski kształt w ostatnich miesiącach realizacji. Pozostałe przedsięwzięcia charakteryzuje widoczny podział na 3 etapy – powolny przyrost zaawansowania prac w pierwszej i ostatniej fazie budowy oraz przyspieszenie realizacji w środkowej.

6. Wnioski z badań przebiegu krzywych EVM w różnorodnych grupach inwestycyjnych

Analizując kształty krzywych w ramach sektora jednorodnej grupy inwestycyjnej, można stwierdzić, że przebiegają podobnie. Jednakże porównując je pomiędzy różnymi grupami zadań inwestycyjnych, widoczna jest duża różnorodność. Wyznaczone krzywe dla Budynków Zbiorowego Zamieszkania cechują się dążeniem do liniowości, wykresy BCWP Budynków Biurowych wielokrotnie załamują się oraz ich nachylenie względem odciętej jest małe, w przeciwieństwie do krzywych Centrów Logistycznych, które od początku układają się bardziej stromo, zachowując literaturowy kształt litery „S”. Ze względu na duże zróżnicowanie Obiektów Handlowo-Usługowych krzywe tej grupy charakteryzują się większą różnorodnością. Występują zarówno wykresy o małym początkowym przyroście, jak i nachylone pod dużym kątem, przypominające linie, a także ze znacznymi krzywiznami.

Co więcej, w przypadku każdego zadania inwestycyjnego należącego do Budynków Zbiorowego Zamieszkania, w pierwszych miesiącach trwania budowy prace były prowadzone szybciej niż zakładano (dodatnie odchylenie od harmonogramu), zaś wszystkie Budynki Biurowe w początkowej fazie realizowano zgodnie z planem (odchylenie od harmonogramu równe zero). Natomiast realizacji grupy Obiektów Handlowo-Usługowych w pierwszych miesiącach budowy odnotowały zarówno dodatnie, jak i ujemne odchylenie od harmonogramu, a także jego brak – wykonanie prac przebiegało z planem. Ponadto rzeczywisty koszt robót wykonanych w poszczególnych miesiącach budowy każdego analizowanego Obiektu Mieszkalnego Masterm był taki sam jak planowany, tzn. $ACWP = BCWP$. Natomiast w przypadku wszystkich badanych Budynków Biurowych oraz 75% Obiektów Handlowo-Usługowych wartości rzeczywistego kosztu robót były mniejsze od planowanego na przestrzeni niemal całego czasu trwania przedsięwzięć ($ACWP < BCWP$) w związku ze stosowaniem systemu odroczonej płatności.

7. Podsumowanie

Prawidłowe zaplanowanie kosztów ma istotny wpływ zarówno na ogólną płynność przedsięwzięcia budowlanych jak i osiągnięcie sukcesu w realizacji przedsięwzięcia budowlanych. Uzyskanie racjonalnego i odwzorowującego rzeczywistość oszacowania krzywej kosztów S jeszcze przed rozpoczęciem przedsięwzięcia budowlanego jest ważne dla wszystkich uczestników zaangażowanych w realizację

przedsięwzięcia inwestycyjnego, a w szczególności dla inwestora, jak i wykonawców robót. Pomocnym narzędziem do planowania, a także monitorowania i kontroli przedsięwzięć budowlanych jest krzywa S.

Krzywa S stanowi podstawę do prognozowania przepływów pieniężnych. Niestety istnieje bardzo niewielkie prawdopodobieństwo, aby projekt przebiegał pod każdym względem całkowicie zgodnie z planem. Małe odchylenia między planem a rzeczywistością mogą być postrzegane jako mieszczące się w granicach normy i zazwyczaj nie przeszkadzają w osiągnięciu celu. Jednak większe różnice mogą przeszkodzić w dążeniu do celu i wymagają zmian planu w przyszłość, wymagają rewizji, aby zapewnić osiągnięcie głównych celów projektu.

Metoda Wartości Wypracowanej to proste narzędzie, dzięki któremu możliwe jest monitorowanie wykonania harmonogramu oraz wykorzystania budżetu. Za pomocą kilku wskaźników opartych na informacjach o zakresie, terminie i koszcie można analizować zaawansowanie przedsięwzięcia, interpretować skale, przyczyny oraz następstwa odchylenia, jak również szacować dalszy przebieg realizacji, w tym predyspozycje do zakończenia projektu w ramach założonego budżetu i terminu. Dzięki temu metoda EVM jest powszechnie znana i wykorzystywana do kontrolowania projektów na całym świecie.

Badania przeprowadzone i skrótowo zaprezentowane w niniejszym artykule dotyczą różnych przedsięwzięć budowlanych. Obliczenia wykonane zgodnie z metodyką EVM pozwoliły na ocenę rzeczywiste wypracowanych harmonogramów oraz kosztów poszczególnych zadań inwestycyjnych. Zgodnie z uzyskanymi wynikami zaobserwowano analogie w ułożeniu krzywych skumulowanych przepływów pieniężnych zarówno w ramach tych samych grup obiektów budowlanych, jak i pomiędzy nimi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Abba W. F., How earned value got to primetime: a short look back and glance ahead. Materiały konferencyjne Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, Houston, 2017
- [2] Anysz H., Zawistowski J., Kontrola kosztowo-czasowa postępu robót budowlanych metodą wartości wypracowanej z wykorzystaniem programu MS Project, Materiały konferencyjne Konferencji SKB, Warszawa, 2017
- [3] Cristóbal J. R. S., The S-curve envelope as a tool for monitoring and control of projects, *Procedia Computer Science* 121(3)2017, str. 756–761, doi:10.1016/J.PROCS.2017.11.097
- [4] Czarnigowska A., Kontrola postępu realizacji przedsięwzięcia metodą Earned Value, *Przegląd Budowlany* 2/2009, str. 50–55
- [5] Czemplik A., Application of earned value method to progress control of construction projects, *Procedia Engineering* 91, 2014, str. 424–428, doi:10.1016/j.proeng.2014.12.087
- [6] Dałkowski B. T., W trosce o publiczne pieniądze. Zarządzanie projektami Earned Value, Materiały konferencyjne III Konferencji Project Management, Jelenia Góra, 2000
- [7] Dziadosz A., Zmodyfikowana metoda kontroli stanu zaawansowania robót i oceny ryzyka realizacji przedsięwzięcia budowlanego (rozprawa doktorska, 2017, Politechnika Poznańska, Poznań, 2017
- [8] Konior J., Feasibility Study of Construction Project in Compliance with Bank Investment Supervision Requirements, *Journal of Civil Engineering and Architecture* 12/2018, str. 831–837, <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2018.12.001>
- [9] Konior J., Monitoring of Construction Projects Feasibility by Bank Investment Supervision Approach, *Civil Engineering and Architecture* 7/2019, str. 31–35, <https://doi.org/10.13189/cea.2019.070105>
- [10] Konior J., Significance risks evaluation of commercial construction projects, *Archives of Civil Engineering* 65/2, 2017, str. 19–33, <https://doi.org/10.2478/ace-2019-0016>
- [11] Kozień E., Application of approximation technique to on-line updating of te actual cost curve in the Earned Value Method, *Technical Transactions* 9/2017, str. 181–195, doi:10.4467/2353737XCT.17.158.7170
- [12] Kerzner H., *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, New York, USA: John Wiley&Sons, Inc., 2003
- [13] Klinowski M., Ocena bieżącej i prognoza przyszłej realizacji projektu na podstawie wartości zrealizowanej, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, Nr 335, 2014, str. 105–115, doi:10.15611/pn.2014.335.09
- [14] Połowski M., Organizacja, przebieg i zarządzanie inwestycją budowlaną. Metoda wartości wypracowanej EVM, Materiały wykładowe
- [15] Przywara D., Rak A., The time-cost analysis of schedule monitoring using the earned value method, *Technical Transactions* 5/2017, str. 57–66, doi:10.4467/2353737XCT.17.069.6426
- [16] Tijanić K., Car-Pušić D., Application of S-curve in EVA Method, *Materiały konferencyjne OTMC2017 Conference*, Poreč, 2017
- [17] Ziółkowska A., Połowski M., Application of the EVM method and its extensions in the implementation of construction objects, *Engineering Structures and Technologies* 7(4)2015, str. 189–196, doi:10.3846/2029882X.2016.1152168
- [18] Ziółkowska A., Połowski M., Prognozowanie w metodzie EVM terminu i kosztu końcowego realizacji obiektu na podstawie bieżącego zaawansowania
- [19] Multi – Author Work, PM Group Polska sp. z o.o. 2006–2015 and 3EPCM sp. z o.o. 2016–2019, Initial, Monthly, Close-out Reporting of Bank Investment Supervision, 2020
- [20] Szóstak M., Planning the time and cost of implementing construction projects using an example of residential buildings, *Archives of Civil Engineering* 67(4)2021, str. 243–259
- [21] Konior J., Determining Cost and Time Performance Indexes for Diversified Investment Tasks, *Buildings* 8/2022
- [22] Szóstak M., Best fit of cumulative cost curves at the planning and performed stages of construction projects, *Buildings* 13, 2023

**Zapraszamy serdecznie do publikowania
w „Przeglądzie Budowlanym”.**

Za publikację autor otrzymuje **40** punktów.