

4. Kontrola kosztów realizacji obiektu budowlanego metodą Earned Value

4.1. Wprowadzenie

Podstawowym dokumentem organizacyjnym opracowywanym na etapie przygotowania obiektu budowlanego do realizacji jest harmonogram budowy. Zazwyczaj postrzegany jest on, jako plan przyszłych działań, jednak nie należy zapominać, że w zależności od założeń jego rola może być znacznie szersza. Wśród zadań, do których może on być używany, można wymienić między innymi (Jaworski, 1999; Połoński, 2010):

- koordynacja prac i obowiązków poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego (inwestora, głównego wykonawcy, podwykonawców, menadżera kontraktu),
- podpisywanie kontraktów na wykonanie robót przez podwykonawców (terminy, zakres, koszt),
- zarządzanie realizacją i koordynacja prac na obiekcie,
- planowanie przydziału prac poszczególnym brygadam roboczym czy robotnikom,
- bilansowanie zapotrzebowania na zasoby typu praca (pracownicy, sprzęt),
- planowanie zapotrzebowania na materiały w czasie trwania robót,
- kontrola terminów wykonania planowanych zadań,
- kontrola rzeczowego wykonania planowanych prac,
- analiza ryzyka realizacji projektu i zarządzanie ryzykiem w trakcie realizacji,
- planowanie terminów odbiorów poszczególnych etapów robót,
- planowanie zapotrzebowania na środki obrotowe podczas realizacji obiektu,
- fakturowanie kolejnych etapów robót,
- kontrola finansowa.

Jednym z ważniejszych obszarów wymienionych działań są wszelkie czynności związane z planowaniem i kontrolą kosztów podejmowanych, czy już realizowanych działań budowlanych (Kasprowicz, 2007; Majewski, 2006). Praktyka wskazuje, że znaczna część obiektów budowlanych w trakcie wykonywanych robót przekracza planowany budżet. W literaturze światowej podawane były spektakularne przykłady dużych inwestycji, których plan odbiegał znacznie od wartości uzyskanych na podstawie faktycznych nakładów określonych po zakończeniu tych inwestycji. I tak np. Reilly i in. (Reilly, Mcbride, Sangrey, Macdonald i Brown, 2004) wskazuje, że budowa linii metra Jubilee w Londynie została opóźniona o dwa lata, a koszt realizacji przekroczył koszty planowane o 67% (tzn. 1,4 mld funtów); tunel pod kanałem La Manche przekroczył o 80% planowany budżet, most nad

⁵Mieczysław Połoński, dr hab. inż., Wydział Budownictw i Inżynierii Środowiska, SGGW w Warszawie

Wielkim Bełtem w Danii to 54% przekroczenia kosztów. Takich przykładów w literaturze można spotkać więcej. Jednak dopiero badania przeprowadzone pod kierunkiem Flyvbjerga (Flyvbjerg, Holm i Buhl, 2002) zostały przeprowadzone na dużej, reprezentatywnej próbie statystycznej 258 obiektów. Wyniki tych badań jednoznacznie potwierdziły, że problem niedoszacowania planowanych inwestycji jest powszechny i dotyczy prawie 9 na 10 badanych inwestycji, przy czym średnie przekroczenie analizowanych planowanych kosztów wyniosło 28%.

Podane wyniki badań wyraźnie wskazują na wagę zagadnień dotyczących monitorowania ponoszonych kosztów od samego początku podejmowanych robót budowlanych. Jak wiadomo, przebieg prac budowlanych bezpośrednio już na etapie wykonywanych robót często jest zakłócany przez wiele czynników losowych (Skorupka, 2008, 2009). Mają one oczywiście również wpływ na koszt wykonywanych robót. Bezpośrednio na koszty i terminowość wykonywanych prac mają wpływ między innymi:

- błędy w ofertowej wycenie kosztów wykonania poszczególnych elementów czy robót,
- okresowe zmiany cen materiałów budowlanych,
- okresowe zmiany cen surowców (np. paliwa), energii, wynajmu środków transportowych itp.,
- zmiany przepisów podatkowych (np. zmiana stawki podatku VAT), pochodnych kosztów pracy,
- fluktuacje w wielkości frontu inwestycyjnego i związane z tym możliwości pozyskiwania podwykonawców branżowych,
- termin wykonywania robót i związanych z tym warunków atmosferycznych (np. długa i mroźna zima),
- błędy w rozpoznaniu warunków wykonywania robót (np. złe rozpoznanie geologiczne czy hydrogeologiczne),
- utrudniony dojazd do placu budowy (szczególnie w warunkach miejskich),
- brak możliwości zorganizowania magazynów i warsztatów bezpośrednio na placu budowy i konieczność organizacji tzw. montażu z kół,
- utrudniony i/lub ograniczona przepustowość transportu pionowego (szczególnie w przypadku wznoszenia wysokich obiektów punktowych) itp.

W przypadku umowy ryczałtowej wszystkie te ryzyka bierze na siebie wykonawca. Są one najczęściej uwzględnione przez składającego ofertę wykonawcę przy kalkulowaniu ceny kontraktu, jednak przy silnej konkurencji na rynku i przetargowej formie wyłaniania firm wykonawczych kosztowy margines błędu musi być ograniczony. W takim wypadku wykonawca robót budowlanych jest żywo zainteresowany bieżącą kontrolą kosztów wykonywanych robót tak, aby na każdym etapie zaawansowania robót mógł porównać koszty planowane z ponoszonymi i przewidywać końcową opłacalność wykonywanych prac (Jacob, 2003). Aktualnie, przy realizacji coraz bardziej złożonych technologicznie obiektów budowlanych, rosnących kosztach ich wykonania, równoczesnym udziale w wykonaniu prac budowlanych wielu podwykonawców problem bieżącej kontroli finansowej staje się coraz bardziej złożony i trudny do wykonania. Dotychczasowe metody zarządzania

operatywnego kosztami budowy mają ograniczony zasięg i posiadają liczne wady jak np. brak możliwości prognozowania końcowych kosztów budowy na podstawie zaobserwowanych w początkowym okresie realizacji tendencji zmian kosztów. Stąd próby poszukiwania nowych, odpowiednio do praktyki zaawansowanych technik zarządzania, kontroli i redukcji kosztów. Jedną z takich technik jest metoda wartości wypracowanej nazywana najczęściej w literaturze Earned Value Method (EVM).

4.2. Rekomendowane zastosowania

Kontrola kosztów realizacji robót metodą EVM może być zastosowana na większości obiektów budowlanych. Należy jednak zauważyć, że zastosowanie metody ma zazwyczaj sens tylko przy projektach trwających dłużej, np. powyżej roku, gdyż dopiero wówczas w pierwszym okresie realizacji projektu może się ukształtować trwała tendencja, pozwalająca na wiarygodne szacowanie danych dotyczących zakończenia całego projektu.

Podstawową daną do prowadzenia przyszłej kontroli jest odpowiednio skonstruowany harmonogram rzeczowo – finansowy planowanych robót. Niezwykle ważny jest odpowiedni układ poszczególnych pozycji w tym dokumencie, gdyż jego struktura będzie w dużym stopniu przesądzała w przyszłości o sposobie gromadzenia danych do jego aktualizacji. Warunkiem niezbędnym do wdrożenia tej metody jest również prowadzenie regularnych, pełnych i jednorodnych metodycznie kontroli zawansowania rzeczowego prowadzonych robót oraz dostępu do wszystkich ponoszonych na bieżąco kosztów związanych z prowadzeniem prac. Dobrym źródłem tych informacji jest system księgowy używany w danej firmie.

Metoda EVM posiada dwie ważne zalety. Po pierwsze pozwala łączyć czasową ocenę stanu zaawansowania realizacji robót z ich zaawansowaniem finansowym na tle wartości planowanych. Po drugie, co jest chyba jeszcze ważniejsze, pozwala szacować ostateczny koszt i termin zakończenia projektu na podstawie tendencji, jakie się ujawniły w dotychczasowej realizacji obiektu. Dzięki przeprowadzonym badaniom na ponad 700 dużych amerykańskich projektach stwierdzono, że przy niespełna 15% - 20% zaawansowaniu projektu użycie metody EVM daje możliwość przewidzenia wyniku końcowego z dużą dokładnością i to niezależnie od typu monitorowanego kontraktu, programu czy usługi (Wilkins, 1999).

Metoda EVM posiada również swoje wady. Mimo stosunkowo prostych założeń, głównym problem, jaki może zaistnieć są niezbędne do pozyskania dane, konieczne do jej zastosowania. Poprawne szacowanie zawansowania wykonania robót, szczególnie w zakresie kosztów, dostarcza niekiedy problemów metodycznych (np. w zakresie kosztów pośrednich czy rozliczenia kosztów dużej partii materiałów używanych do różnych robót). W zależności od tego, czy będziemy się kierować czasem pozostałym do zrealizowania prac, pracochłonnością czy np. obmiarem jednostek fizycznych uzyskamy nieco inne wartości poszczególnych wskaźników. Między innymi z tego powodu wypływa konieczność opracowania od samego początku właściwej, konsekwentnie stosowanej metodyki gromadzenia danych na temat przebiegu robót i ich kosztów. Gromadzenie tych danych wymaga szczegółowego zaplanowania systemu zarządzania obiegiem danych finansowych, zaprojektowania wzorów raportów (arkuszy obliczeniowych), opracowania schema-

tów obiegu dokumentów, podziału i zakresu kompetencji itp. Samo gromadzenie i opracowanie danych wymaga dużej konsekwencji i systematyczności. Opracowując system zarządzania tymi danymi w każdym wypadku indywidualnie trzeba dostosować się do specyfiki analizowanego obiektu, techniki raportowania stosowanej w danym przedsiębiorstwie, stosowanych systemów finansowych itp. W prezentowanym opisie pominięto ten aspekt badań, koncentrując się na metodyce prowadzonych analiz i sposobie interpretowania uzyskiwanych wyników.

Należy także pamiętać, iż cała metoda opiera się na rzetelności danych wprowadzanych do obliczeń. Do jej wad należy również możliwość celowego, krótkoterminowego manipulowania wartościami obliczanych wskaźników, poprzez świadomy dobór wykonywanych zadań, które korzystnie wpływają na bieżące wartości wybranych wskaźników, lecz nie muszą skutkować realnym wzrostem uzyskiwanej wydajności w dłuższym horyzoncie czasowym.

Metoda EVM obecnie jest standardem obowiązkowo stosowanym w przypadku projektów finansowanych przez Bank światowy, NATO, Lockheed Martin, Boeing, IBM i inne duże korporacje. Na przełomie 1996 i 97 roku EVM uzyskała rekomendację PMI (Project Management Institute), największej międzynarodowej organizacji zrzeszającej kierowników projektów.

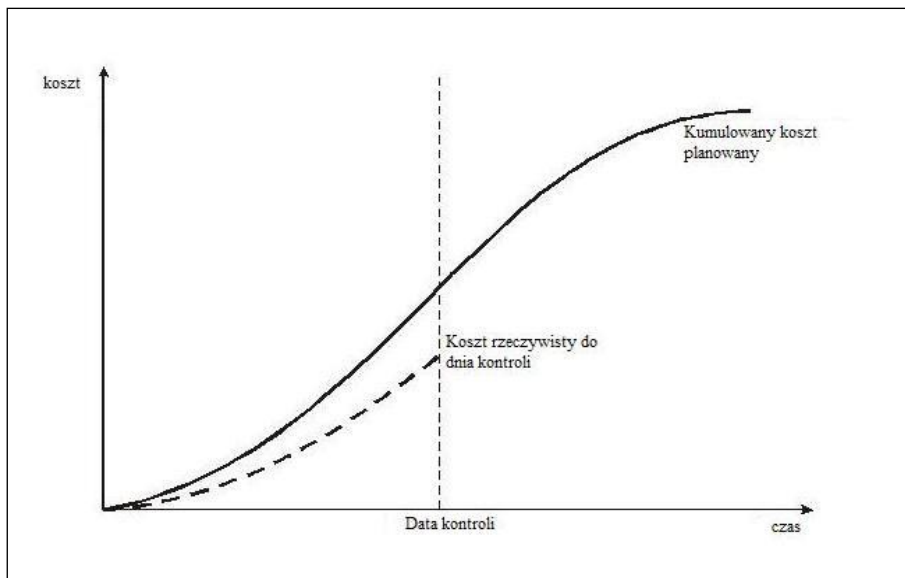
4.3. Analiza i sformułowanie problemu

4.3.1. Podstawowe założenia

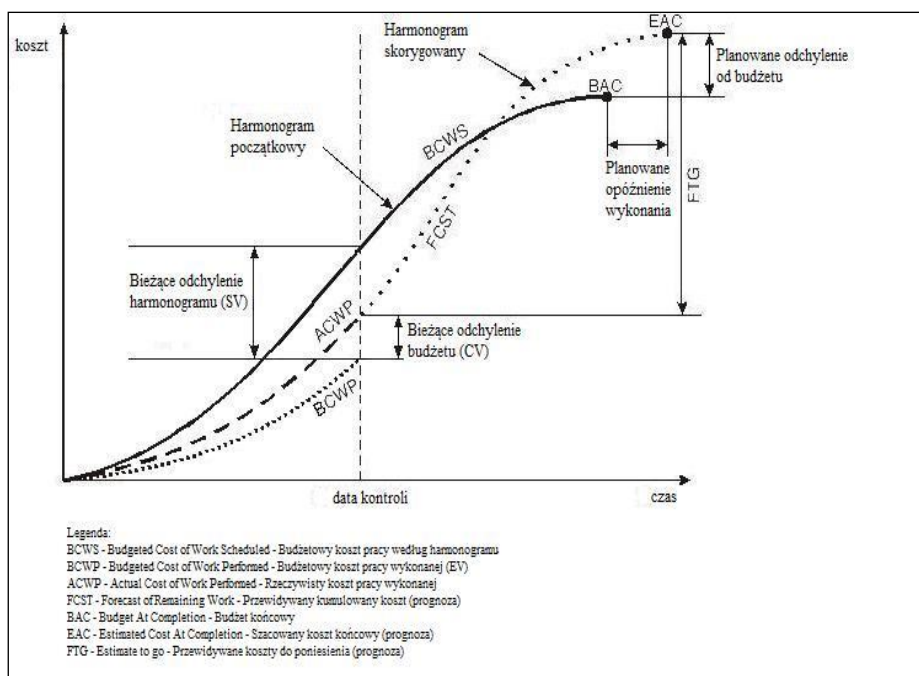
Założenia metodyki wykonywania obliczeń metodą EVM są stosunkowo dobrze opisane w literaturze (Anbari, 2003; Czarnigowska, 2009; Fleming i Koppelman, 2002; Webb, 2008; Wilkens, 1999), więc poniżej podano tylko podstawowe informacje.

Do lat 60-tych przy ocenie projektów stosowano porównanie kosztów poniesionych z kosztami planowanymi. Chcąc przeanalizować, co dzieje się z kosztami przed zakończeniem prac, musieliśmy znać rzeczywisty, poniesiony koszt robót w momencie kontroli oraz przewidzieć, jaki będzie planowany końcowy koszt wykonywanego projektu. Wyciągane na tej podstawie wnioski przedstawiały zaawansowanie prac projektu w czasie. Analiza kosztów porównująca dane planowane z danymi rzeczywistymi przedstawiona została na rysunku 4.1.

Analizowanie projektów w powyższy sposób nie było jednak do końca prawidłowe, gdyż poziom zaawansowania projektu w czasie był oceniany tylko z uwzględnieniem poniesionych kosztów. Na podstawie tego wykresu można zaobserwować, że krzywa faktycznie poniesionych kosztów w dniu kontroli odbiega od krzywej kosztów planowanych, i że aktualne poniesione koszty są poniżej kosztów planowanych. Fakt ten może wydawać się optymistyczny, jednak jeżeli tych danych nie odniesiemy do faktycznego rzeczowego zawansowania wykonanych robót i ich planowanego kosztu, tak naprawdę nie potrafimy poprawnie zinterpretować poniesionych wydatków. Celem opracowania metody EVM była właśnie powiązanie współzależnego rzeczowego zaawansowania stanu robót i poniesionych kosztów na tle wartości planowanych. Istotę założeń metody Earned Value przedstawiono na rysunku 4.2.



Rysunek 4.1. Tradycyjna analiza kosztów; źródło: Wilkens, 1999



Rysunek 4.2. Elementy metody Earned Value; źródło: Wilkens, 1999

Wskaźniki zilustrowane na powyższym rysunku przedstawione są za pomocą krzywych, gdyż są one funkcją czasu. Krzywa ilustrująca przebieg BCWS, czyli planowany koszt planowanej pracy wyznaczana jest podczas fazy planowania projektu, a jej zakończeniem jest BAC, czyli planowany budżet projektu. Planowany

termin zakończenia robót oznaczany jest symbolem PD (Planned duration). Krzywe ilustrujące przebieg BCWP czyli planowany koszt wykonanej pracy oraz ACWP, czyli rzeczywisty koszt wykonanej pracy wyznaczone są podczas realizacji projektu. W związku z tym krzywe BCWP oraz ACWP wyznaczone mogą zostać jedynie do dnia kontroli. Na podstawie tego wykresu można również zapoznać się z odchyleniami od budżetu oraz harmonogramu zarówno w dniu kontroli, jak również wartościami prognozowanymi na zakończenie projektu. Dane z krzywych ACWP, BCWS i BCWP stanowią podstawę do obliczania dalszych wskaźników. Można je podzielić na dwie grupy: wskaźniki służące do monitorowania postępu prac oraz wskaźniki do prognozowania dalszych kosztów i postępu prac na podstawie dotychczasowych rezultatów. Wśród pierwszej grupy można wyróżnić:

- CV (Cost Variance - Odchylenie kosztu) - jest to różnica pomiędzy wartością wypracowaną i rzeczywistymi wydatkami w badanym punkcie raportu: $CV = BCWP - ACWP$. Jeśli wartość CV wyrazi się jako ułamek budżetowego kosztu dotychczas wykonanych prac BCWP uzyska się miarę procentową oznaczoną zazwyczaj CV%,
- CV% (Cost Variance % - % Odchylenie kosztu) - jest to wartość CV wyrażona procentowo tzn: $CV\% = 100 * (BCWP - ACWP) / BCWP$. Wartość CV% pokazuje różnicę w % o ile mniej lub więcej pieniędzy było użytych do zrealizowania zadań, które planowano,
- PCS (Percent Complete Scheduled – wyraża planowany procent wykonania budżetu i obliczane jest jako: $PCS = 100 * (BCWS / BAC)$).
- PC (Percent Complete - Planowane zawansowanie przedsięwzięcia) - $PC = 100 * (BCWP / BAC)$
- SV (Scheduled Variance - odchylenia od harmonogramu) - $SV = BCWP - BCWS$ i jest to wskaźnik w funkcji kosztów, którego wartość ujemna oznacza opóźnienie wyrażone przez kwotę niewykorzystanego budżetu. Jeśli wartość SV wyrazi się jako ułamek budżetowego kosztu planowanych prac BCWS uzyska się miarę procentową oznaczoną zazwyczaj SV%,
- SV% (Scheduled Variance % - % odchylenia od harmonogramu) tzn. $SV\% = 100 * (BCWP - BCWS) / BCWS$. Wartość SV% pokazuje, jaki procent prac nie został zakończony lub o ile procent prac przekroczono w stosunku do planowanych kosztów,
- CPI (Cost Performace Index - wskaźnik wykorzystania kosztu) - $CPI = BCWP / ACWP$ i wskaźnik ten oznacza, jaka część kosztów została poniesiona zgodnie z planem; $CPI < 1$ oznacza, że koszt robót wykonanych jest większy niż planowano (czyli źle); $CPI > 1$ oznacza, że koszt robót wykonanych jest mniejszy niż planowano (jeśli prace wykonywane są zgodnie z planem czasowym to dobra wiadomość, jeśli nie wartość wskaźnika jest niejednoznaczna).
- SPI (Schedule Performace Index - wskaźnik wykonania harmonogramu) - $SPI = BCWP / BCWS$ i jest to wskaźnik wykonania harmonogramu w funkcji czasu (mniejszy od 1 oznacza opóźnienie). Należy zauważyć, że wskaźnik wykonania harmonogramu w czasie wyliczany jest na podstawie wartości kosztów, co czasami podnoszone jest jako zarzut, w stosunku do takiego sposobu jego obliczania.

Wśród wskaźników używanych do prognozowania najczęściej oblicza się następujące wartości:

- EAC (Estimated at Completion) – jest to szacowany ostateczny koszt projektu i wyliczana jest wg następującej formuły:

$$EAC = ACWP + \frac{BAC - BCWP}{CPI}$$

- TCPI (To Complete Performance Index- wymagany wskaźnik wykonania kosztów) - $TCPI = (BAC - BCWP)/(BAC - ACWP)$ i jest to wskaźnik ukazujący stosunek pracy pozostałej do wykonania do pieniędzy pozostałych w budżecie.
- ETTC (Estimated Time At Completion – przewidywany czas wykonania całych robót) - w klasycznej metodzie EVM czas potrzebny do zakończenia robót prognozowano na podstawie następującej formuły (Webb, 2008):

$$ETTC = AD + \frac{PD - (AD * SPI)}{SPI}$$

gdzie: AD (Actual Duration) to czas jaki upłynął od rozpoczęcia robót a PD (Planned Duration) to planowany czas realizacji inwestycji.

Jednak podczas licznych badań stwierdzono, że ta formuła niezbyt efektywnie wyznacza poszukiwany czas zakończenia robót i w literaturze podano kilka innych metod jego obliczania (Anbari, 2003; Lipke, 2009, 2010; Połośki, 2012; Vandevoorde i Vanhoucke, 2006).

4.3.2. Metodyka obliczania wartości wypracowanej

Podstawową kwestią, na której opiera się opisywana metoda jest umiejętność poprawnego oszacowania wartości wypracowanej, czyli zaawansowania prac w stosunku do planu. Ze względu na różny charakter, technologię, powiązania organizacyjne i sposób wykonywania poszczególnych zadań z którymi możemy zetknąć się na placu budowy, precyzyjne oszacowanie tej wartości może często być trudne. Na pewno warto problem ten przeanalizować wcześniej i dostosować do specyfiki planowanych robót.

Na ogół stosowane są następujące rozwiązania:

- subiektywne szacowanie procentowego zaawansowania – metoda ta, jedna z częściej stosowana w praktyce, gdy trudno jest wyznaczyć jednoznaczne, mierzalne kryterium zaawansowania, polega na indywidualnej ocenie opartej na doświadczeniu przeprowadzanej przez osoby odpowiedzialne za wykonanie lub kontrolę wykonania i stwierdzeniu, w jakim procencie w odniesieniu do konkretnej daty (często nazywanej datą stanu) planowane zadanie zostało zrealizowane w wymiarze rzeczowym. Wówczas wartość wypracowana zadania wyznacza się na podstawie wzoru: $BCWP = OB * \%zaawansowania$ gdzie OB to planowany budżet zadania (Original Budget), subiektywne szacowanie czasu, jaki jest niezbędny do ukończenia zadania – stosując tą metodę należy równocześnie przyjąć założenie, że rozkład kosztów ponoszonych w trakcie wykonywania tego zadania jest w miarę równomierny. Wówczas:

$$BCWP = \frac{PD * BCWS}{AD + PDWR}$$

PD – planowany czas zadania (Planned Duration),

AD - czasu, jaki upłynął od rozpoczęcia prac do dnia aktualizacji (Actual Duration)

PDWR - przewidywanego czasu jaki zajmie dokończenie projektu (Planned Duration of Work Remaining)

Jeżeli planowany czas zadania został przekroczony, w podanym wzorze w liczniku wartość PD należy zastąpić wartością AD.

- wyznaczanie na podstawie pomiarów, zakładając równomierny rozkład kosztów w stosunku do przerobu – metodę tą stosuje się, gdy jest możliwość jednoznacznego obliczenia rzeczowego zaawansowania robót w stosunku do planu np. wyznaczenie obmiaru powierzchni ścian działowych wymurowanych do daty stanu czy wagi prętów powiązanych w zbrojenie i ułożonych w szalunku. Obliczenie wartości BCWP następuje wówczas podobnie jak w metodzie subiektywnego szacowania procentowego
- wyznaczanie na podstawie pomiarów, zakładając nierównomierny rozkład kosztów w stosunku do przerobu – z przypadkiem takim mamy do czynienia, gdy pomimo, że istnieje prosty sposób pomiaru wykonanej pracy od początku zakłada się, że rozkład kosztów nie jest proporcjonalny do zaawansowania rzeczowego. Przyjmijmy np. że całe zadanie ma kosztować 18000 zł, ale ze względu na kłopotliwe przygotowanie zrealizowanie pierwszych 25% prac instalacyjnych pochłonie 60% planowanych kosztów a po osiągnięciu takiego zaawansowania reszta kosztów rozłoży się równomiernie. W takim przypadku po oszacowaniu, że osiągnięto 50% zaawansowania rzeczowego BCWP zostanie wyliczona jako $(18000 * 0,6) + [0,25 / 0,75 * (18000 * (1 - 0,6))] = 13200$ zł. Wadą tej metody jest konieczność indywidualnego podejścia do każdego zadania obliczeniowego zgodnie z jej założeniami.
- wyznaczenie na podstawie założonego schematu – metoda ta jest mocno uproszczona, jednak pozwala w łatwy sposób zautomatyzować obliczenia i może być stosowana przy dużej liczbie zadań trwających stosunkowo krótko tzn. nie więcej niż trzy okresy aktualizacyjne, realizowanych mniej więcej w tym samym czasie i nie obciążonych przeważającymi kosztami na tle realizacji całego obiektu. W metodzie tej przyjmuje się jeden lub kilka stałych schematów naliczania kosztów np. 25% kosztów po rozpoczęciu zadania, pozostałe 75% po osiągnięciu jego zakończenia.
- szacowanie na podstawie wpływającego czasu – z takim sposobem naliczania kosztów mamy do czynienia w przypadku, gdy koszt nie zależy od zaawansowania rzeczowego a jedynie jest związany jest z upływem czasu np. koszt utrzymania placu budowy czy dzierżawa terenu, na których prowadzone są roboty. Jeżeli rozkład tych kosztów jest równomierny i nie zależy od długości okresu (np. kary umowne po określonym terminie) wówczas BCWP naliczane jest jako iloczyn czasu i stałej stawki za każdą jego jednostkę. Jeżeli rozkład jest nierównomierny każde takie zadanie należy analizować indywidualnie.

Nieco odrębne zagadnienie, które trzeba będzie rozwiązać, jest sposób określania ponoszonych faktycznie kosztów (ACWP). Najlepszym źródłem informacji jest system księgowy stosowany w danym przedsiębiorstwie. Niestety w pewnych sytuacjach będą potrzebne dodatkowe analizy, szczególnie, gdy pewne ponoszone koszty będą rozkładały się w dłuższym okresie czasu (np. zakup partii cementu wy-

korzystywanego do wykonywania robót betonowych zaliczanych w schemacie grupowania kosztów w kilku różnych pozycjach realizowanych w różnych okresach aktualizacyjnych) lub będą dotyczyły więcej niż jednego obiektu (przedsiębiorstwo wydzierżawiło sprzęt, który obsługuje realizację kilku budów). Podobna sytuacja może wystąpić przy rozliczaniu za wykonane roboty z podwykonawcami np., gdy praca realizowana jest przez podwykonawcę w ciągu kilku okresów aktualizacyjnych a rozliczenie następuje na końcu, za całość wykonanych prac. Należy wówczas rozważyć, czy koszty wykonanych prac będą naliczane w miarę postępu prac pomimo braku ich fakturowania, co wpłynie na urealnienie wartości wskaźników EVM, czy też będą naliczane zgodnie z terminami napływających faktur, co może spowodować skokowe zmiany wartości tych wskaźników. Wszystkie tego typu sytuacje należy przeanalizować przed rozpoczęciem realizacji obiektu i przyjęte ustalenia wziąć pod uwagę podczas interpretacji wyników obliczeń i w trakcie podejmowanych decyzji wpływających na dalszy przebieg robót.

Należy zauważyć, że stosowanie różnych zaproponowanych metod może prowadzić w podobnych sytuacjach do różnych wartości BCWP, więc tym bardziej należy rozważyć wybrać stosowaną metodykę w zależności od częstotliwości aktualizacji, liczby zadań, wymaganej dokładności, możliwości uzyskania precyzyjnych raportów w wyznaczonym terminie, stosowanych metod obliczeniowych, szybkości obiegu informacji itp., gdyż będzie ona miała wpływ na wyznaczone wartości wskaźników EVM. W ramach jednego projektu można stosować kilka różnych metod wyznaczania wartości BCWP, ważne tylko, aby były one prawidłowo dobrane merytorycznie do zadań i konsekwentnie stosowane przez cały czas trwania projektu. Również niezmiernie ważne jest, aby obliczane czy wyznaczone wartości BCWP i ACWP dotyczyły na pewno tego samego okresu czasu i były skoordynowane z kolejnymi okresami aktualizacji.

4.3.3. Metodyka grupowania zadań i wyznaczania wartości wskaźników EVM

W przedsiębiorstwach budowlanych stosowane są zazwyczaj dwie podstawowe techniki sporządzania harmonogramów rzeczowo – finansowych. Pierwsza z nich to zestawienia w arkuszu obliczeniowym Excel (tabela 4.1. Fragment harmonogramu rzeczowo – finansowego obiektu mieszkalnego wykonanego w arkuszu Excel stanowiącego podstawę konstrukcji krzywej BCWS (Grzybowska, 2012)), druga to korzystanie z harmonogramów sieciowych i programów specjalistycznych do ich analizy. Obie techniki różnią się zazwyczaj sposobem opracowania struktury podziału pracy (SPP) (Marcinkowski, 2009) i grupowania kosztów. W zbiorczym arkuszu Excel najczęściej poszczególne pozycje zestawiane są ze względu na technologiczny charakter robót (często bez podziału na wykonywane elementy), np. roboty ziemne, przygotowanie zbrojenia, instalacja co, itp., lub bezpośrednich wykonawców czy podwykonawców (tabela 4.2. . Przykładowa struktura podziału kosztów obiektu mieszkalnego, stan zaawansowania (CA) oraz wartości wskaźników BCWS, BCWP i ACWP dla jednego wybranego okresu aktualizacji w arkuszu Excel (Grzybowska, 2012).

Tabela 4.1.

Lp	ZADANIE NR 2 BUDYNEK A, B, C	Koszt [tys zł]	ROZPO- CZĘCIE	ZAKOŃ- CZENIE	04- 2011	05- 2011	06- 2011	07- 2011	08- 2011	09- 2011	10- 2011	11- 2011	12- 2011	01- 2012	02- 2012
1	STAN ZERO	7 606 500	1.07.2010	31.01.2011											
2	KONSTRUKCJA NAD- ZIEMIA	7 696 000	1.11.2010	31.08.2011	750	946	750	750	750						
3	DACHY	1 902 750	1.06.2011	31.08.2011			503	800	600						
4	ŚCIANY ZEWNĘTRZNE MUROWANE	822 500	1.04.2011	31.08.2011	120	150	150	180	122	100					
5	OKNA I DRZWI	3 197 000	1.07.2011	28.02.2012				300	500	500	500	600	400	300	97
6	ŚCIANY WEWNĘTRZNE I DZIAŁOWE	1 778 000	1.05.2011	31.08.2011		300	300	300	300	300	278				
7	TYNKI WEWNĘTRZNE, MALOWANIE	2 091 000	1.06.2011	28.02.2012			200	300	350	250	400			300	291
8	POSADZKI W MIESZ- KANIACH	1 593 500	1.08.2011	30.11.2011					250	750	350	243			
9	IZOLACJE I POKRYCIA BALKONÓW I TARAS.	549 000	1.09.2011	31.11.2011						145	225	179			
10	WINDY OSOBOWE, MASZYNY PARKUJĄCE	1 403 000	1.11.2011	31.01.2012								575	550	278	
11	ROBOTY WYKOŃCZE- NIOWE (Cz.P.)	2 103 000	1.12.2011	28.02.2012									675	850	578
12	ŚLUSARKA ZEWN. I WEWNĘTRZNA	3 812 500	1.09.2011	31.03.2012						600	600	600	600	700	712
13	ROBOTY WYKOŃCZE- NIOWE (G)	978 500	1.09.2011	31.12.2011						150	250	375	203		
14	ELEWACJE	4 287 000	1.09.2011	28.02.2012						500	750	537	1	750	750
15	INSTALACJE SANIT.	6 572 750	1.04.2011	31.03.2012	400	350	550	600	700	800	750	750	450	622	600
16	INSTALACJE ELEK- TRYCZNE	3 799 500	1.04.2011	31.03.2012	150	225	250	350	380	345	475	275	425	475	449
17	PRZYŁĄCZA	1 076 000	1.05.2012	30.11.2011		50	125	150	225	175	125	226			
18	ZAGOSPODAROWANIE TERENU	981 500	1.10.2011	31.03.2012							75	175	275	100	356 500
	SUMA	52 250	01.07.2011	31.03.2012	1420	2021	2827	3730	4177	4615	4778	4535	4578	4375	3834

Tabela 4.2.

LP	Rodzaj robót	CA	BCWS	BCWP	ACWP
		[%]	[PLN]	[PLN]	[PLN]
1	BUDYNEK A /bud.13/	97,97%	20 775 000,00	20 352 312,05	17 748 340,21
1.1	Stan 0	100%	2 612 000,00	2 612 000,00	2 631 183,81
1.2	Konstrukcja nadziemna	100%	3 002 500,00	3 002 500,00	3 640 493,34
1.3	Dachy	100%	742 000,00	742 000,00	533 200,43
1.4	Ściany zewnętrzne murowane	100%	303 000,00	303 000,00	225 469,97
1.5	Okna i drzwi drewniane	97,24%	1 191 500,00	1 158 614,60	910 253,82
1.6	Ściany wewnętrzne i działowe	100%	692 000,00	692 000,00	500 262,24
1.7	Tynki wewnętrzne, malowanie	96,49%	781 500,00	754 069,35	554 218,57
1.8	Posadzki w mieszkaniach	100%	605 000,00	605 000,00	484 999,99
1.9	Izolacje i pokrycia balkonów i tarasów	98,35%	203 000,00	199 650,50	137 816,10
1.10	Windy osobowe, maszyny parkujące	100%	560 500,00	560 500,00	435 127,09
1.11	Cz. p. - roboty wykończeniowe	98,00%	774 500,00	759 010,00	645 736,37
1.12	Ślusarka zewnętrzna i wewnętrzna	97,10%	1 604 500,00	1 557 969,50	1 186 148,00
1.13	Garáže - roboty wykończeniowe	100%	374 000,00	374 000,00	275 252,09
1.14	Elewacje	99,22%	1 478 000,00	1 466 471,60	1 154 669,93
1.15	Instalacje sanitarne	94,38%	2 417 500,00	2 281 636,50	1 945 353,59
1.16	Instalacje elektryczne	94,68%	1 523 000,00	1 441 976,40	1 069 912,11
1.17	Przylączy	94,00%	1 076 000,00	1 011 440,00	762 951,58
1.18	Zagospodarowanie terenu	98,88%	359 500,00	355 473,60	307 280,57
1.19	Dodatkowe koszty stanu surowego	100%	475 000,00	475 000,00	348 010,60
LP	Rodzaj robót	CA	BCWS	BCWP	ACWP
		[%]	[PLN]	[PLN]	[PLN]
2	BUDYNEK B /bud.14/	98,35%	31 965 000,00	31 436 430,15	26 501 027,18
2.1	Stan 0	100%	4 635 000,00	4 635 000,00	4 005 555,51
2.2	Konstrukcja nadziemna	100%	4 642 000,00	4 642 000,00	5 254 924,82
2.3	Dachy	100%	1 121 750,00	1 121 750,00	833 275,69
2.4	Ściany zewnętrzne murowane	100%	519 500,00	519 500,00	385 465,63
2.5	Okna i drzwi drewniane	97,30%	1 972 500,00	1 919 242,50	1 445 945,65
2.6	Ściany wewnętrzne i działowe	100%	1 079 000,00	1 079 000,00	818 880,36
2.7	Tynki wewnętrzne, malowanie	99,11%	1 258 000,00	1 246 803,80	977 372,68
2.8	Posadzki w mieszkaniach	100%	929 000,00	929 000,00	791 255,44
2.9	Izolacje i pokrycia balkonów i tarasów	93,03%	346 000,00	321 883,80	221 036,77
2.10	Windy osobowe, maszyny parkujące	100%	842 500,00	842 500,00	596 193,90 zł
2.11	Cz. p. - roboty wykończeniowe	98,00%	1 328 500,00	1 301 930,00	1 136 286,92
2.12	Ślusarka zewnętrzna i wewnętrzna	94,76%	2 179 500,00	2 065 294,20	1 487 352,58
2.13	Garáže - roboty wykończeniowe	100%	604 500,00	604 500,00	429 407,78
2.14	Elewacje	99,23%	2 749 500,00	2 728 328,85	2 121 776,10
2.15	Instalacje sanitarne	94,76%	4 155 250,00	3 937 514,90	3 186 489,57
2.16	Instalacje elektryczne	97,78%	2 215 500,00	2 166 315,90	1 745 257,92
2.17	Zagospodarowanie terenu	98,21%	622 000,00	610 866,20	498 107,08
2.18	Dodatkowe koszty stanu surowego	100%	765 000,00	765 000,00*	566 442,781

Każda taka pozycja następnie pojawia się w harmonogramie w odpowiednich okresach czasu, kiedy planowane jest wykonywanie tych robót i zawiera planowany przerób w danym okresie (np. w ciągu miesiąca). Rzadziej jest to zestawienie konkretnych zadań takich jak np. wykonanie wykopu fundamentowego części garażowej czy przygotowanie i ułożenie zbrojenia muru oporowego, gdzie każde zadanie określa zarówno co, jak i gdzie ma być zrealizowane. Taki sposób wydzielenia planowanych zadań do wykonania jest natomiast charakterystyczny dla harmonogramów sieciowych. W sieci zależności pokazane są zarówno konkretne zadania oraz ich powiązania (relacje) z poprzednikami jak i następnikami a w widoku harmonogramu Gantta pokazane są terminy wykonania poszczególnych zadań. W dużych harmonogramach sieciowych wszystkie zadania są dodatkowo zgrupowane zgodnie z przyjętym podziałem SPP (po angielsku nazywanej WBS - Work Breakdown Structure), najczęściej ze względu na technologiczny charakter robót, np. roboty fundamentowe, konstrukcja, instalacje itp. (rys. 4.3 i 3.6) (Marcinkowski, 2009; Połoński, 2009b). Przygotowanie struktury SPP polega na podzieleniu głównych etapów projektu na mniejsze, dające się zarządzać zadania, w celu dokładniejszego oszacowania czasu i ilości zasobów potrzebnych do ich realizacji. Szczegółowość SPP będzie przede wszystkim od wielkości zakresu prac realizowanego projektu, jego specyfiki i preferencji menedżera projektu. W tym celu należy w pierwszej kolejności rozpocząć pracę od ogólnej oceny projektu jako całości oraz określenia jego celu i głównych założeń. W budownictwie najczęściej kolejność wykonania poszczególnych etapów robót wyznaczą przyjęte rozwiązania technologiczne. Następnie należy przyjąć kryterium podziału projektu na poszczególne elementy i zdecydować, jak będzie wyglądała struktura SPP projektu. Dekompozycję projektu należy rozpocząć od ustalenia poziomu „zerowego” tj. wyznaczenia pojedynczego zadania najwyższego szczebla, któremu będą podlegać pozostałe zadania. Kolejny „pierwszy” poziom, będzie przeznaczony dla technologicznych faz projektu, np. wykop, odwodnienie, ławy fundamentowe, piwnice, parter, itp. Zadania cząstkowe powinny być tak zdefiniowane, aby zakończeniu każdego z nich warunkowało rozpoczęcie kolejnego etapu czy fragmentu robót. Określając szczegółowość struktury należy również ustalić podstawową jednostkę, w jakiej następnie będą wyznaczane czasy realizacji wszystkich zadań. W budownictwie taką jednostką najczęściej jest dzień roboczy. Czasy trwania poszczególnych zadań powinny być tak dobrane, aby manager projektu był w stanie śledzić i odpowiednio reagować na zaistniałe odstępstwa od ustalonych terminów i kosztów wykonania poszczególnych faz harmonogramu.

Metoda EVM może być zastosowana niezależnie od sposobu konstruowania harmonogramów, musi być jedynie dostosowana metodyka gromadzenia danych na temat rzeczywistego zaawansowania rzeczowego i finansowego robót i sposób interpretacji wyznaczonych wartości wskaźników. W przypadku korzystania z programów do analizy harmonogramów sieciowych, można skorzystać z wbudowanych modułów aktualizacji rzeczywistych terminów planowanych robót i obliczania wartości wskaźników EVM, należy jednak dostosować się do możliwych w danym programie technik przypisywania kosztów do zadań oraz wybrać odpowiednie ustawienie niektórych opcji programu, wpływających na sposób wykonywania obliczeń (często zależnych od wersji danego programu). W przypadku

wykonywania analiz w arkuszu Excel jesteśmy zmuszeni sami opracować odpowiednie formuły obliczeniowe do wyznaczania poszczególnych wskaźników, co nie jest trudne, oraz dbać o stałe aktualizowanie analizowanych danych, jednak za to mamy pełną dowolność w sposobie definiowania i przypisywania kosztów do poszczególnych pozycji harmonogramu. W dalszej części opracowania zostaną przedstawione przykłady różnego sposobu wyznaczania wskaźników EVM w zależności od stosowanego układu harmonogramu rzeczowo – finansowego.

4.4. Kontrola zaawansowania metodą EVM w programie MS Project

4.4.1. Wprowadzenie

Stosowanie wyspecjalizowanego programu obliczeniowego z jednej strony uprości szereg operacji i możliwości prezentowania wyników obliczeń (szczególnie w postaci graficznej) w stosunku do prowadzenia ich w arkuszu Excel, z drugiej strony narzuci szereg ograniczeń. Wydaje się, że po takie rozwiązanie sięgną przede wszystkim ci, którzy wcześniej opracowali harmonogram sieciowy planowanego przedsięwzięcia oraz planują prowadzić kontrolę realizacji przebiegu robót korzystając na bieżąco z tego programu. Przenoszenie danych z programu MS Project do specjalnie tworzonego arkusza Excel byłoby dodatkową pracą i źródłem ewentualnych błędów.

Wykonując kontrolę kosztów i zaawansowania rzeczowego na podstawie harmonogramu sieciowego i programu MS Project należy wziąć pod uwagę specyfikę tego programu, jego możliwości obliczeniowe, ustawienie opcji a nawet wersję programu i dopasować do nich harmonogram, deklarowanie kosztów, sposób określania kosztów rzeczywistych itp.

Pewne dodatkowe „zamieszanie” powoduje brak usystematyzowanych pojęć używanych w Metodzie EVM. Zarówno w literaturze angielskojęzycznej, a szczególnie polskiej, można spotkać określenie tych samych wskaźników przy użyciu różnych nazw. Dodatkową trudność wprowadziło nazewnictwo stosowane w polskojęzycznej wersji programu MS Project. Poniżej (tabela 4.3) podano podstawowe definicje pojęć używanych w metodzie EVM oraz ich odpowiedniki, używane w programie MS Project 2010 PL (Chatfieldm, 2008; Połóński, 2009a; Webb, 2008; Wilkens, 1999).

Przeprowadzenie obliczeń z zastosowaniem metody Earned Value w programie MS Project wymaga przeprowadzenia kilku kolejnych etapów analizy. Najważniejsze z nich to:

- opracowanie struktury podziału pracy SPP z określonym stopniem dokładności, w celu stworzenie struktury zadaniowej, która pozwoli na dokładną analizę projektu,
- na podstawie struktury SPP określenie planu działań tzn. wskazanie składników projektu oraz przydzielenie poszczególnych zadań konkretnym jednostkom organizacyjnym. Ostatecznym efektem tych działań jest stworzenie sieci zależności z relacjami między zadaniami a w efekcie harmonogramu sieciowego przedsięwzięcia,

- przydzielenie do poszczególnych zadań planowanych kosztów i opracowanie budżetu projektu,
- cykliczne, regularne monitorowanie prac jedną ze znanych metod (np. metodą kamieni milowych, obmiaru czy pomiaru pracochłonności przebiegu przedsięwzięcia) w wymiarze rzeczowym i finansowym,
- wykonywanie w wyznaczonych z góry terminach analizy przebiegu przedsięwzięcia oraz opracowanie i analiza odchyłeń realizowanego przedsięwzięcia od planowanych wartości,
- analiza zgromadzonych danych, wykonanie obliczeń, zestawień i wskaźników, sporządzenie odpowiednich do sytuacji raportów, przedstawianie aktualnych informacji wykonawcom i inwestorom projektu oraz podejmowanie działań niwelujących powstające odchylenia od planu rzeczowego i finansowego.

Tabela 4.3. Akronimy podstawowych wskaźników metody EVM, ich odpowiedników w programie MS Project oraz ich opis

EVM	MS Project	Opis wskaźnika
PV	BK	Planowany, całkowity koszt zakończonego zadania
BCWS	BKPH	Planowany Koszt Planowanej Pracy, czyli wartość planowanego kosztu zadania uzyskiwana z planu bazowego harmonogramu
BCWP	BKPW	Planowany Koszt Wykonanej Pracy, czyli planowana wartość wykonanych prac wyliczana na podstawie szacowanego, procentowego zaawansowania wykonania poszczególnych zadań
SV	OHR	Odchylenia od harmonogramu wyrażone w funkcji kosztów, którego wartość ujemna oznacza opóźnienie wyrażone przez kwotę niewykorzystanego budżetu: $SV = BCWP - BCWS$
SV%	OHRP	Jest to odchylenie harmonogramu wyrażone w postaci procentu zadania do wykonania, jako stosunek odchylenia harmonogramu do wartości wypracowanej. Wartości równe 0% oznaczają, że zadanie wykonywane jest zgodnie z harmonogramem, wartości dodatnie to wykonywane prace wyprzedzają harmonogram, zaś wartości ujemne występują w zadaniach, które są opóźnione względem harmonogramu.
VAC	OKC	Przedstawia różnicę pomiędzy BK i SKK. Wartości ujemne w tej kolumnie oznaczają, iż szacowany koszt przewyższa zakładany budżet końcowy. Wartości dodatnie informują nas o niższych wartościach kosztów szacowanych w stosunku do budżetu końcowego

Tabela 4.4. cd.

CV%	OKP	Odchylenie wyrażone w procentach jako stosunek odchylenia kosztu do wartości wypracowanej. Jeżeli koszty zadania są niższe od kosztów planowanych OKP ma wartość dodatnią, jeśli przyjmuje wartość 0% oznacza to, że koszty rzeczywiste są równe kosztom planowanym na danym etapie realizacji przedsięwzięcia, natomiast wartości ujemne przyjmuje gdy budżet został przekroczony
CV	OKS	Różnica pomiędzy wartością wypracowaną i rzeczywistymi wydatkami w badanym punkcie raportu: $CV = BCWP - ACWP$.
ACWP	RKPW	Rzeczywisty Koszt Wykonanej Pracy, czyli realny koszt, jaki rzeczywiście został do tej pory poniesiony na wykonanie faktycznie zrealizowanych robót
EAC	SKK	Całkowity, szacowany na podstawie wydajności uzyskiwanej do daty stanu, koszt zakończonego zadania
TCPI	WDDW	Przedstawia stosunek pracy jaka została do wykonania do budżetu jaki został do wykorzystania. W przypadku gdy współczynnik jest mniejszy od 1 oznacza to, że możemy pozwolić sobie na zmniejszenia wydajności gdyż nie spowoduje to przekroczenia budżetu. Odwrotnie gdy wartość współczynnika jest większa od 1, oznacza to, że konieczne jest zwiększenie wydajności pracy aby nie przekroczyć budżetu
SPI	WWH	Wskaźnik wykonania harmonogramu w funkcji czasu obliczany przez wykorzystanie kosztów (mniejszy od 100 % oznacza opóźnienie): $SPI = BCWP / BCWS$
CPI	WWK	Wskaźnik wykorzystania kosztów oznaczający, jaka część kosztów została poniesiona zgodnie z planem; $CPI < 1$ oznacza, że koszt robót wykonanych jest większy niż planowano: $CPI = BCWP / ACWP$

4.4.2. Przypisywanie kosztów planowanych do zadań

W programie MS Project wartości kosztów BCWS, BCWP i ACWP nie są deklarowane w jawnej postaci, lecz wyliczane przez program na podstawie danych o zadaniach wprowadzonych w programie przez użytkownika. Jednym z ważniejszych działań po stworzeniu struktury sieci i struktury SPP jest właściwe przypisanie planowanych kosztów do poszczególnych zadań. Można to zrobić na kilka różnych sposobów, a sposób ich definiowania i przydzielania do zadań wpływa na sposób naliczania tych kosztów w kolejnych okresach czasu oraz wartości obliczonych wskaźników wartości wypracowanej EVM (Chatfieldm, 2008; Lipke, 2004), dlatego

warto przeanalizować istniejące metody na początkowym etapie budowy harmonogramu.

Istnieją trzy podstawowe sposoby definiowania kosztów poszczególnych zadań (Połośński i Ziółkowska 2012a):

- jako koszty zużycia zasobów typu praca i materiał podczas wykonywania każdego zadania,
- jako zasób typu koszt,
- jako koszt stały zadania.

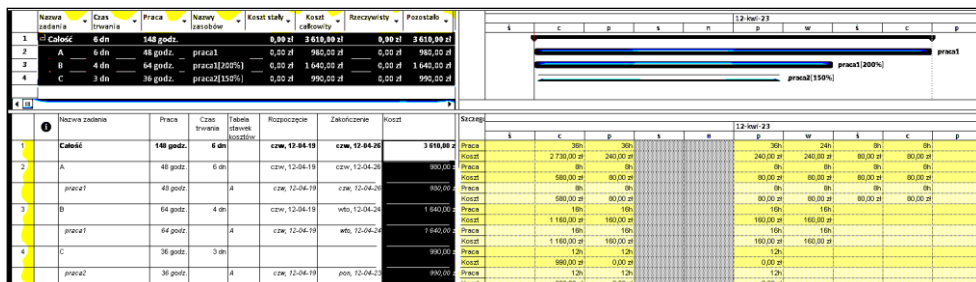
Poniżej opisano każdy z nich:

Jako koszty zasobów typu praca. Całkowity koszt pracy takiego zasobu oraz jego rozkład w czasie zależy od: stawki za godziny i nadgodziny pracy danego zasobu, zadeklarowanej pracy na zadaniu (odpowiadającej iloczynowi czasu trwania tego zadania oraz dziennemu zapotrzebowaniu na dany zasób), zdefiniowanych kosztów za użycie danego zasobu oraz sposobu naliczania łącznie tych dwóch kosztów w czasie trwania zadania (koszty pracy i użycia zasobu mogą być naliczane na początku, na końcu bądź proporcjonalnie w zależności od preferencji użytkownika). W przypadku naliczania proporcjonalnego całkowity koszt użycia naliczany jest pierwszego dnia, a koszty pracy zasobu w kolejnych dniach roboczych. W przypadku naliczania na początku lub końcu zadania, łączny koszt pracy i koszt użycia naliczany jest odpowiednio w pierwszym lub ostatnim dniu roboczym zadania. Informacje na temat przyjętych stawek, kosztów użycia i sposobu naliczania definiowane są odrębnie dla każdego zasobu typu praca w arkuszu zasobów. Należy zauważyć, że koszt użycia danego zasobu naliczany jest tylko raz w poszczególnych zadaniach, jednak, jeżeli użytkownik zadeklarował zapotrzebowanie na kilka sztuk zasobu jednego typu, naliczony koszt użycia wyniknie z pomnożenia ilości zapotrzebowanych zasobów przez jednorazowy koszt użycia każdego z nich.

Dodatkową opcją programu jest możliwość różnicowania stawek godzinowych jak i kosztów użycia jednego zasobu zarówno w czasie (deklarując datę, od której będzie obowiązywała dana stawka), jak i ze względu na inne kryteria wyboru (tabela stawki kosztów A do E) np. wykonawcę danego zadania.

Poniżej, na rys. 4.3 podano przykład, przedstawiający harmonogram składający się z trzech zadań: A, B i C oraz zadania sumarycznego, obejmującego wszystkie trzy zadania. W harmonogramie zadeklarowano dwa zasoby typu praca. W zasobie „praca1” zadeklarowano: stawka zasadnicza i za godziny ponadwymiarowe: 10 zł, 500 zł za każde użycie oraz proporcjonalny sposób naliczania kosztów. W zasobie „praca2” zadeklarowano: stawka zasadnicza i za godziny ponadwymiarowe: 15 zł, 300 zł za każde użycie oraz naliczania kosztów na rozpoczęciu zadania. Jak można odczytać na rysunku do zadania A przypisano zasób „praca1” w ilości jednego, pełnego etatu (osiem godzin pracy dziennie), do zadania B przypisano zasób „praca1” w ilości dwóch pełnych etatów, a do zadania C przypisano zasób „praca2” w ilości półtora etatu. Łączny koszt wykonania każdego zadania i całego projektu można odczytać w górnej części rysunku, w kolumnie „koszt całkowity”, natomiast rozkład kosztów w czasie w dolnej części rysunku. Koszt wykonania zadania A wynosi 980 zł ($48\text{godz} \times 10\text{zł} + 1 \times 500\text{zł}$), przy czym w pierwszym dniu naliczono 80zł koszt pracy zasobu oraz 500zł kosztu użycia a w pozostałych po 80zł dziennie. Koszt wykonania zadania B wynosi 1640zł ($64\text{godz} \times 10\text{zł} + 2 \times 500\text{zł}$),

przy czym w pierwszym dniu naliczono 160zł koszt pracy dwóch jednostek zasobu oraz po 500zł kosztu użycia dla obu jednostek zasobu. Koszt wykonania zadania C wynosi 990 zł (36godz x 15zł + 1,5*300zł), przy czym całe koszty zostały naliczone zgodnie z deklaracją zasobu „praca2” pierwszego dnia.



Rysunek 4.3. Rozkład kosztów w czasie dla zasobów typu praca.

Jako koszty zasobów typu materiał. Całkowity koszt pracy takiego zasobu oraz jego rozkład w czasie zależy od: sposobu zdefiniowania zużycia, zadeklarowanego zużycia materiału na zadaniu, zdefiniowanych kosztów za użycie jednostki danego zasobu oraz sposobu naliczania łącznie tych dwóch kosztów w czasie trwania zadania. Zużycie materiału na każdym zadaniu można deklarować na dwa sposoby. Pierwszy polega na podaniu całkowitego, łącznego zużycia danego materiału na określonym zadaniu (jednostką wówczas jest ilość: sztuk, ton czy m³). W takim przypadku zmiana czasu zadania nie wpłynie na zadeklarowaną ilość materiału (a więc również jego koszt), zmieni się natomiast zapotrzebowanie dzienne. Drugi sposób polega na deklaracji zużycia w jednostce czasu, a wówczas jednostką jest ilość sztuk, ton czy m³ określonych na jednostkę czasu (godzinę, dzień roboczy). W tym wypadku zmiana czasu zadania spowoduje obliczenie nowego zapotrzebowania na dany materiał i zmianę jego kosztu. Sposób definiowania kosztu użycia materiału jest podobny jak w przypadku zasobów typu praca, przy czym koszt użycia nie jest uzależniony od ilości zużywanego materiału. W tym wypadku również stawkę za jednostkę materiału deklarowaną w arkuszu zasobów można różnicować w czasie i wg tabeli stawki (A do E).

Jako koszty zasobów typu koszt. Całkowity koszt pracy takiego zasobu oraz jego rozkład w czasie zależy wyłącznie od kosztu przypisanego do danego zadania i sposobu naliczania (proporcjonalny, na początku lub końcu). Na rys. 4.4 do zadania A z poprzedniego przykładu dodano koszt „delegacje” wynoszący łącznie 1200zł naliczany ostatniego dnia realizacji zadania.

Nazwa zadania	Czas trwania	Praca	Nazwa zasobów	Koszt stały	Naliczenie kosztu	Koszt całkowity	Rzeczywisty
A	6 dn	148 godz.		0,00 zł	Proporcjonalnie	9 710,00 zł	0,00 zł
B	4 dn	64 godz.	praca1,deleg	0,00 zł	Proporcjonalnie	2 180,00 zł	0,00 zł
C	3 dn	36 godz.	praca2[150%]	0,00 zł	Proporcjonalnie	3 440,00 zł	0,00 zł

Nazwa zadania	Praca	Czas trwania	Tabela stawek kosztów	Rozpoczęcie	Zakończenie	Koszt
A		48 godz.	6 dn	12-04-19	12-04-26	2 180,00 zł
praca1		48 godz.	A	12-04-19	12-04-26	980,00 zł
delegacje				12-04-19	12-04-26	1 200,00 zł

Szczegóły							12-kwi-23							
	c	p	s	n	p	w	ś	c						
Praca	8h								8h					
Koszt	580,00 zł								80,00 zł					80,00 zł
Koszt		80,00 zł								80,00 zł				80,00 zł
Praca														
Koszt														
Koszt														
Praca														
Koszt														
Koszt	0,00 zł								0,00 zł					0,00 zł
Koszt														1 200,00 zł

Rysunek 4.4. Rozkład kosztów w czasie dla zasobów typu koszt.

Jako koszt stały zadania. Koszty stałe definiuje się indywidualnie dla każdego zadania w kolumnie „koszt stały” dowolnej tabeli z danymi zadania. W tej kolumnie można dodać inne, nieuwzględnione wcześniej koszty. Ten rodzaj kosztu również może być naliczany na trzy opisane wyżej sposoby (proporcjonalny, na początku lub końcu). Na rysunku 4.5 pokazano koszt stały przypisany do zadania C w ilości 150zł naliczany proporcjonalnie. Jego rozkład został przedstawiony w dolnej części rysunku w wierszu „koszt końcowy”. Koszt wielkości 210zł został automatycznie rozłożony proporcjonalnie przez cały czas trwania zadania i w przeciwieństwie do pozostałych opisanych wcześniej typów kosztów nie można ręcznie edytować jego rozkładu w czasie trwania zadania.

Nazwa zadania	Czas trwania	Praca	Nazwa zasobów	Koszt stały	Naliczenie kosztu	Koszt całkowity	Rzeczywisty
A	6 dn	48 godz.	praca1,delegacje	0,00 zł	Proporcjonalnie	2 180,00 zł	0,00 zł
B	4 dn	64 godz.	praca1[200%]ma	0,00 zł	Na końcu	4 090,00 zł	0,00 zł
C	3 dn	36 godz.	praca2[150%]ma	210,00 zł	Proporcjonalnie	3 650,00 zł	0,00 zł

Nazwa zadania	Praca	Czas trwania	Tabela stawek kosztów	Rozpoczęcie	Zakończenie	Koszt
C		36 godz.	3 dn			3 650,00 zł
praca2		36 godz.	A	12-04-19	12-04-23	980,00 zł
materiał1		120	A	12-04-19	12-04-23	2 450,00 zł

Szczegóły							12-kwi-23							
	c	p	s	n	p	w	ś							
Praca									12h					12h
Koszt									1 910,00 zł					870,00 zł
Koszt									70,00 zł					70,00 zł
Praca														
Koszt														
Koszt														
Praca														
Koszt														
Koszt														
Praca														
Koszt														
Koszt														
Praca														
Koszt														
Koszt														

Rysunek 4.5. Rozkład kosztów stałych w czasie na zadaniu C.

4.4.3. Wady i zalety różnego sposobu deklarowania kosztów planowanych

Każda z wymienionych powyżej metod deklarowania kosztów posiada swoje mocne i słabe strony, które należy uwzględnić wybierając sposób deklaracji kosztów w harmonogramie. Naturalnie, najczęściej korzysta się z kilku metod równocześnie, chodzi jednak o to, aby w każdej sytuacji dobrać najefektywniejsze rozwiązanie. Rozważając wybór odpowiedniego rozwiązania, należy wziąć pod uwagę następujące spostrzeżenia:

- jako koszty zasobów typu praca. Taki sposób należy stosować wówczas, jeżeli w harmonogramie rzeczywiście uwzględnia się takie zasoby. Wprowadzanie takiego fikcyjnego zasobu tylko po to, aby przypisać koszty do zadań w ten sposób nie jest rozwiązaniem efektywnym. Należy zauważyć, że wszystkie zasoby typu praca mają wpływ na wyniki bilansowania zasobów i zaplanowane terminy za-

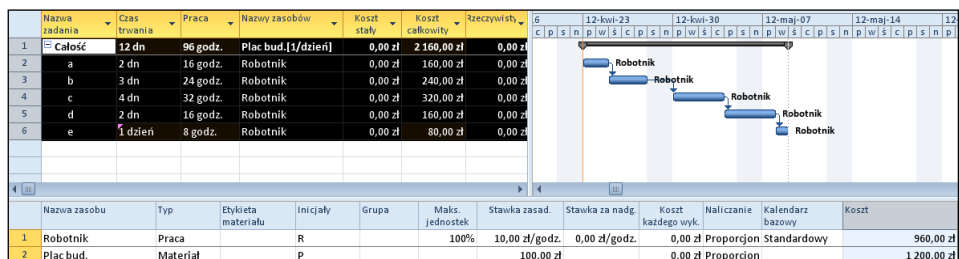
dań. Silną stroną takiego sposobu naliczania kosztów jest możliwość edytowania rozkładu pracy (a więc i kosztów) na każdym zadaniu indywidualnie i to zarówno wartości planowanych jak i rzeczywistych. Należy również zauważyć, że naliczając koszty za użycie zasobów typu praca program zawsze uwzględni tylko zaplanowane użycie zasobu (a nie zadeklarowaną dostępność), a więc również nie nalicza kosztów w dni wolne.

- jako koszty zasobów typu materiał. Zasoby materiałowe nie wpływają na wyniki bilansowania, lecz jedynie pozwalają wykazać, kiedy i w jakiej ilości (a więc i koszcie) są niezbędne na budowie. Ten zasób również pozwala edytować jego rozkład na zadaniu a lista zadeklarowanych zasobów materiałowych jest nieograniczona. Należy pamiętać, że zapotrzebowanie na ten zasób można deklarować na dwa sposoby: jako całkowitą sumę lub zapotrzebowanie dzienne a zużycie jest naliczane tylko wówczas, gdy wykonywana jest praca wymagająca zapotrzebowania na dany materiał.
- jako koszty zasobów typu koszt. Wydawało by się, że ten sposób jest najbardziej wskazany, jeżeli w harmonogramie chcemy analizować koszty bez bilansowania zasobów, tym bardziej, że rozkład tych kosztów również można edytować na zadaniu. Niestety, ten typ kosztów ma jedną podstawową wadę: nie jest uwzględniany przy naliczaniu wartości wskaźników metody wartości wypracowanej EVM. W znacznej mierze przekreśla to efektywne wykorzystanie takiego typu zasobu, chyba że użytkownik świadomie rezygnuje z korzystania z tego narzędzia.
- jako koszty stały zadania. Edycja tego typu kosztu jest bardzo łatwa, można również deklarować wartości ujemne, jednak program nie dopuszcza ręcznej edycji rozkładu planowanej wartości kosztów stałych zadania w czasie i zawsze wylicza ją automatycznie. Sposób obliczenia kosztów dziennych np. przy zmianie czasu zadania w dużej mierze zależy od ustawienia opcji. Dotyczy to również sytuacji, gdy następuje przerwa w wykonywaniu zadania. Kolejną cechą takiego sposobu deklarowania ponoszonych kosztów jest specyficzny sposób naliczania wartości całkowitej projektu, również zależny od ustawień opcji programu. Po zadeklarowaniu zakończenia zadania (lub w trakcie realizacji) koszt zadania wyliczany jest jako koszt rzeczywisty (plus ewentualnie koszt części niedokończonej) + koszt stały, co prowadzi do zawyżenia kosztu całkowitego, chyba, że deklarując koszt wykonania zadania pominie się przewidywany koszt stały a poda jedynie koszty rzeczywiste pracy i materiałów. Niestety, jeżeli ktoś chce używać wyłącznie kosztów stałych zadań bez deklarowania zasobów i w trakcie śledzenia projektu edytuje koszty rzeczywiste, spowoduje błędne naliczenie kosztu całkowitego projektu.

4.4.4. Deklarowanie kosztów stałych zależnych od długości wykonywanych prac

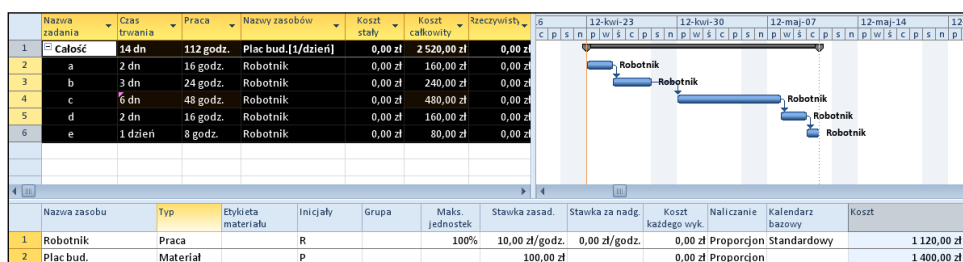
Jedną z istotnych kwestii naliczania kosztów budowy jest możliwość uwzględnienia w obliczeniach kosztów stałych budowy, takich jak np. utrzymanie placu budowy czy koszty wyłączenia obiektu z ruchu. Cechą charakterystyczną tej grupy kosztów jest fakt, że koszty te są zależne od czasu trwania całej budowy lub określonej grupy robót i nie są związane z zaawansowaniem prac na poszczególnych

zadaniach harmonogramu. Dobrym sposobem definiowania tego rodzaju kosztów jest przypisywanie ich do zadań sumarycznych (rys.4.6), obejmujących w zależności od potrzeby cały harmonogram lub wydzielony jego fragment, w postaci kosztów materiału z deklarowanym kosztem użycia na jednostkę czasu. Ponieważ czas trwania zadań sumarycznych jest wyliczany automatycznie z czasów zadań im podległych, w miarę wprowadzania kolejnych aktualizacji może on ulegać zmianie a ponieważ koszt użycia przypisanego materiału wynika z ilości jednostek czasu będzie on natychmiast przeliczany w miarę wprowadzanych zmian o zaawansowaniu rzeczowym poszczególnych zadań rzeczywistych.



Rysunek 4.6. Deklaracja kosztów utrzymania placu budowy.

Na rys. 4.6 zadeklarowano zasób typu materiał pt. „Plac bud.” definiując stawkę użycia tego zasobu równą 100zł za jednostkę. Równocześnie przypisano ten zasób tylko do zadania sumarycznego „Całość” obejmującego wszystkie zadania deklarując użycie zasobu, jako 1 jednostkę na dzień. Wszystkim zadaniom rzeczywistym przypisano także zasób „Robotnik” typu praca ze stawką 10 zł za godz. Jak można odczytać na rysunku, koszt całkowity przedsięwzięcia wyniósł 2160zł tzn: 12 dni * 8 godz * 10 zł = 960zł za pracę robotników oraz koszt utrzymania placu budowy 12 dni * 100zł za dzień = 1200zł. Zmieniając czas pracy np. zadania C z 4 dni do 6 (patrz rys. 4.7) zwiększono czas trwania całego przedsięwzięcia z 12 do 14 dni, co automatycznie spowodowało zmianę całkowitego kosztu na 2520zł: 14 dni * 8 godz * 10 zł = 1120zł za pracę robotników oraz koszt utrzymania placu budowy 14 dni * 100zł za dzień = 1400zł.



Rysunek 4.7. Koszt utrzymania placu budowy po zmianie czasu przedsięwzięcia.

4.4.5. Edytowanie kosztów rzeczywistych

Niezależnie od sposobu przypisania kosztów planowanych do zadań na etapie aktualizacji niezbędna będzie deklaracja kosztów rzeczywistych, poniesionych na realizację kolejnych zadań. Project dopuszcza dwie wersje naliczania kosztów rzeczywistych: wyznaczania kosztów automatycznie przez program na podstawie wartości planowanych i zadeklarowanego zaawansowania wykonania zadania (fizycznego lub procentowego) lub wprowadzania ręcznie przez użytkownika. Zastosowanie jednej z tych metod jest rozłączne, czyli że nie można ich mieszać i na części zadań stosować jedną metodę, a na innej drugą. Użytkownik w zależności od sytuacji od samego początku musi się zdecydować na wybór jednej z nich, gdyż zmiana opcji w trakcie wykonywania aktualizacji powoduje wykasowanie kosztów rzeczywistych wprowadzonych bądź naliczonych inną metodą.

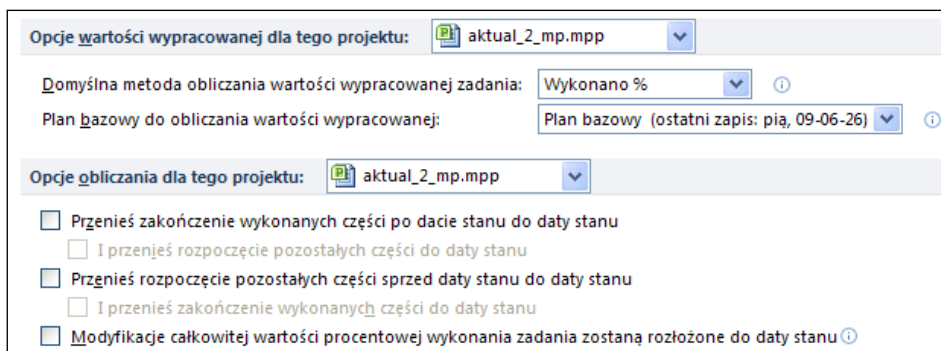
Naturalnie lepszą elastyczność śledzenia zgodnego z rzeczywistością zaawansowania finansowego robót daje metoda edycji ręcznej, jednak wymaga od użytkownika większego nakładu pracy i staranności w zbieraniu i wprowadzaniu danych. Z drugiej strony, użytkownik ma wówczas pełną kontrolę nad wprowadzanymi kosztami oraz ich rozkładem w czasie trwania każdego zadania. Ręczną edycję całkowitego kosztu rzeczywistego można przeprowadzić w dowolnej tabeli w kolumnie „Rzeczywisty” natomiast rozkład tego kosztu w czasie na poszczególnych zadaniach na widoku „Obciążenie zadaniami” po wybraniu odpowiednich wierszy z danymi, które będą wyświetlane w tym widoku.

4.4.6. Ustawienie opcji programu wpływających na przebieg obliczeń wskaźników EVM

Program MS Project posiada szereg opcji, których wybór w znaczący sposób wpływa na przebieg i sposób wykonywania obliczeń. O ile mają one mniejsze znaczenie przy tworzeniu planowanego harmonogramu i w związku z tym rzadko są modyfikowane domyślne ustawienia programu, o tyle w przypadku śledzenia przebiegu projektu i prowadzenia obliczeń związanych z aktualizacją planu bazowego właściwe ustawienia opcji mają zasadnicze znaczenie. Należy również pamiętać, że ustawienia opisywanych opcji wpływające na sposób obliczania aktualizowanych terminów zadań w harmonogramie, będą również miały znaczenie przy obliczaniu wskaźników metody EVM. Poniżej wymieniono opcje programu MS Project 2010, których ustawienia powinno się rozważyć przed rozpoczęciem wprowadzania danych na temat przebiegu realizacji projektu.

W zakładce „harmonogram” należy ustawić następujące opcje:

- opcja dotycząca trybu planowania nowego zadania (ręczna lub automatyczna),
- opcja dopuszczająca lub nie podział czynności w trakcie wykonywania,
- opcja dotycząca edycji i obliczania kosztów rzeczywistych przez program Project (ręcznie lub automatycznie).



Rysunek 4.8. Opcje wartości wypracowanej w programie MS Project 2010

W zakładce „zaawansowane” (rys. 4.8) w części dotyczącej wykonywania obliczeń należy zadbać o ustawienia wszystkich wymienionych opcji. Pierwsze dwie z nich dotyczą zadań, które zgodnie z harmonogramem miały się rozpocząć po dacie stanu, jednak w rzeczywistości rozpoczęły się wcześniej. Kolejne dwie dotyczą czynności, które miały się rozpocząć przed datą stanu, ale w rzeczywistości rozpoczęły się później. Opcje te są przydatne w trakcie śledzenia harmonogramu. W zależności od rzeczywistego, procentowego zaawansowania zadania pozwalają na przesunięcie zadania w czasie, tak by rzeczywiste zaawansowanie dostosować do aktualnej daty. Pozwala to pokazać, jak opóźnienia oraz przyspieszenia wpływają na strukturę harmonogramu oraz termin końcowy przedsięwzięcia. Definicje wymienionych opcji można znaleźć w pomocy programu a ich wpływ na przebieg obliczeń został szczegółowo opisany w (Połński i Ziółkowska 2012b).

Rozpoznanie wymienionych opcji programu jest potrzebne do świadomego obliczania terminów wykonania zadań podczas przeprowadzanych aktualizacji w programie MS Project. W trakcie przeprowadzania aktualizacji harmonogramu oraz podczas wyznaczania wskaźników metody EVM najważniejsze jest posiadanie kompletnych danych dotyczących postępu prac. Jeśli użytkownik posiada dane zarówno o zaawansowaniu procentowym zadań, rzeczywiste poniesionym koszcie oraz informacje dotyczące terminu rozpoczęcia, czasu trwania zadania oraz terminu zakończenia, program potrafi określić bardzo dokładnie stan projektu w odniesieniu do planu bazowego. Przy posiadaniu pełnych danych co do kosztów i rzeczywistych terminów realizacji zadań, określenie opcji, które należy zaznaczyć a które odznaczyć jest stosunkowo proste. Wystarczy odznaczyć „Koszty rzeczywiste są zawsze obliczane przez program Project” i wprowadzać aktualizację kosztów kolejno dla poszczególnych zadań. Jest to pracochłonne, lecz użytkownik będzie miał pewność, że wszystkie wskaźniki EVM wyliczane będą zgodnie z postępowaniem prac a wyniki analiz będą najbliższe prawdy.

W przypadku, jeśli użytkownik posiada tylko informacje dotyczące rzeczywiste poniesionych kosztów oraz zaawansowania, a nie zna danych na temat rzeczywistych terminów wykonania zadań, musi zastanowić się, jakie opcje programu wybrać. W zależności od preferencji, program będzie zmieniał układ poszczególnych czynności (dzielił zadania i przesuwał) oraz co za tym idzie, rozkładał koszty zgodnie z wybranymi ustawieniami. Należy rozważyć, czy w konkretnej

sytuacji, zależnej w głównej mierze od specyfiki realizowanego projektu, korzystne jest uaktywnienie opcji „Podziel zadania w trakcie wykonywania”, gdyż wprowadzane podczas aktualizacji przerwy mogą nie odwzorowywać faktycznego przebiegu prac na budowie (przewidywane przerwy podczas wykonywania zadań wynikają zazwyczaj z przyczyn technologicznych i uwzględnia się je już podczas planowania harmonogramu). Jeśli użytkownikowi zależy na tym, aby planowane terminy nie uległy zmianom w przypadku opóźnień zadań, należy pozostawić termin końcowy a skrócić czas trwania, co wiąże się z koniecznością intensyfikacji działań, żeby wykonać to samo zadanie w krótszym czasie. Inna sytuacja występuje, gdy zadania mogą się opóźnić a założony termin może ulec zmianie. Wtedy należy w trybie automatycznym oraz przy zaznaczonych wszystkich opcjach w części dotyczącej wykonywania obliczeń EVM, wprowadzać informacje o stanie zaawansowania zadań, a program będzie przesuwiał zadania w czasie na podstawie ich rzeczywistego przebiegu.

Z punktu widzenia metody EVM najwięcej uwagi wymagają czynności, które podczas aktualizacji są w trakcie wykonywania, gdyż wskaźniki wyliczane są na podstawie kosztu skumulowanego, liczonego od początku realizacji bądź poprzedniej kontroli do daty aktualizacji bieżącej. Nie ma znaczenia czy czynność została wykonana tydzień temu czy 2 tygodnie temu, zgodnie z planem bazowym czy nie. Ważne, że wykonana została w 100 % i jej koszt został uwzględniony w koszcie wykonanym do tego momentu.

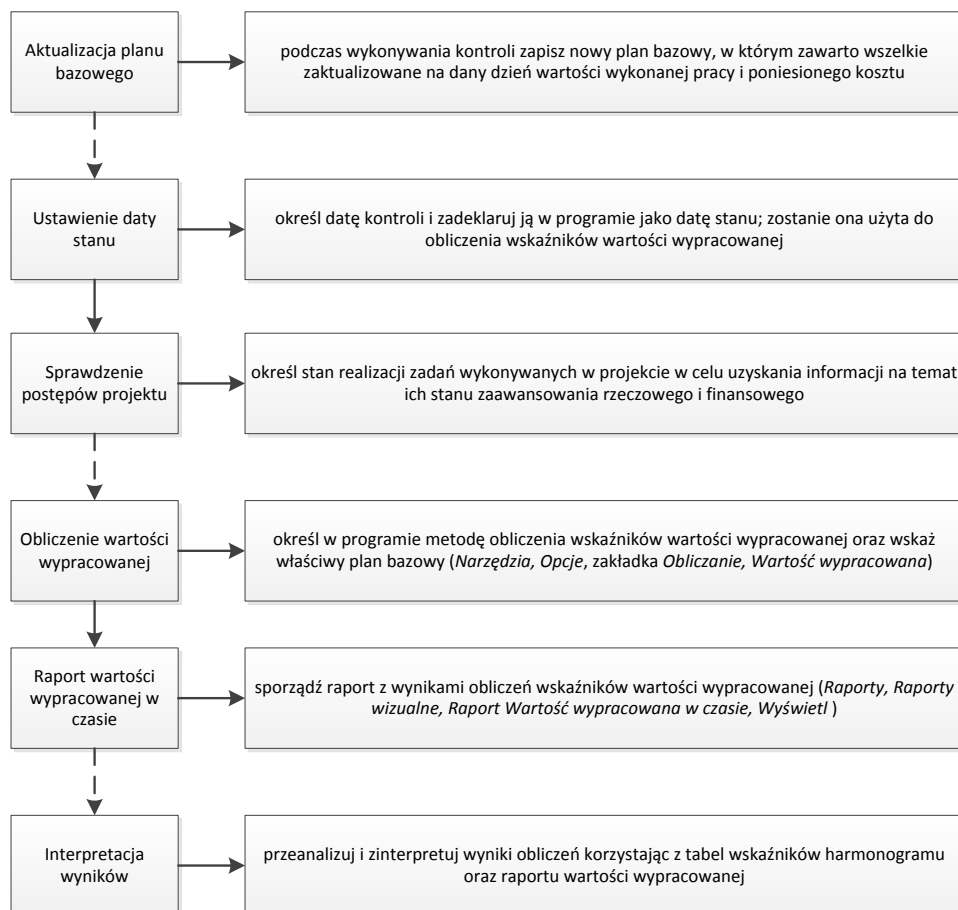
Ustawienia opcji programu wpływają na terminy aktualizowanych czynności, a w związku z tym również na rozkład kosztów. To od użytkownika i jego potrzeb nie związanych z metodą EVM zależy, jak szczegółowo będzie chciał przypisywać oraz aktualizować koszty. Aby wyznaczyć wskaźniki metody EVM wystarczy bazować na sumarycznych kosztach zadania, bez rozpatrywania poszczególnych rodzajów kosztów. Oczywiście można je modyfikować w czasie (zgodnie z rzeczywistym rozkładem), jednak do wyznaczania parametrów tej metody potrzebny jest łączny koszt czynności w chwili aktualizacji.

4.4.7. Deklarowanie danych z jednej aktualizacji i odczytywanie wartości wskaźników

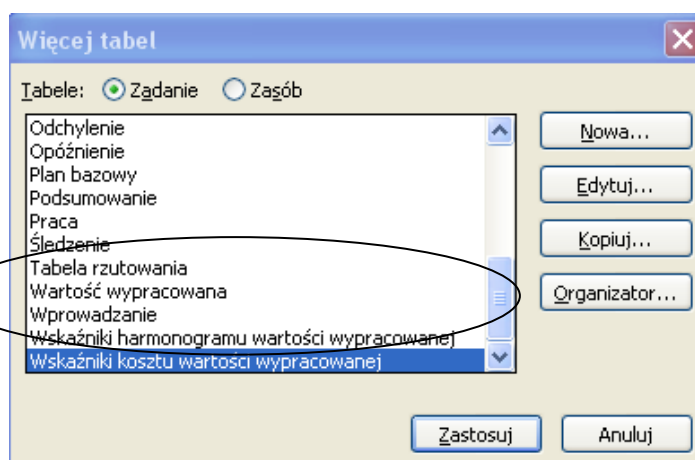
Każda aktualizacja wymaga wykonania tych samych działań prowadzących do sporządzenia wymaganych raportów. Schemat postępowania przy każdej wykonywanej aktualizacji przedstawiono na rys 4.9.

Obliczone przez program wskaźniki wartości wypracowanej są dostępne w trzech tabelach, dostępnych w menu: Widok, Tabela:..., Więcej tabel (Rys. 4.10):

- Tabela ‘Wartość Wypracowana’, zawierająca domyślnie oprócz kolumn z podstawowymi wartościami kosztów planowanych, wypracowanych i poniesionych (BKPH, BKPW i RKPW) kolumny z następującymi danymi:
 - OHR – Odchylenie od harmonogramu
 - OKS – Odchylenie kosztowe
 - SKK – Szacowany koszt końcowy
 - BK – Koszt wg planu bazowego
 - OKC – Odchylenie końcowe



Rysunek 4.9. Schemat wykonywania obliczeń wskaźników wartości wypracowanej podczas jednej kontroli.



Rysunek 4.10. Wybór układu kolumn w części tabelarycznej dotyczących wartości wypracowanej

- Tabela ‘Wskaźniki harmonogramu Wartości Wypracowanej’, zawierająca domyślnie m.in. kolumny:
 - OHR – Odchylenie od harmonogramu
 - OHRP – Odchylenie od harmonogramu procentowe
 - WWH – Wskaźnik wydajności harmonogramu
- Tabela ‘Wskaźniki kosztu Wartości Wypracowanej’, zawierająca domyślnie m.in. kolumny:
 - OKS – Odchylenie kosztowe
 - OKP – Odchylenie kosztów procentowe
 - WWK – Wskaźnik wydajności kosztów
 - BK – Koszt wg planu bazowego
 - SKK – Szacowany koszt końcowy
 - OKC – Odchylenie końcowe
 - WWDW – Wskaźnik wydajności do wykonania

Wszystkie tabele można modyfikować dodając lub usuwając poszczególne kolumny w menu podręcznym stosując funkcje ‘Wstaw kolumnę’ lub ‘Ukryj kolumnę’ lub też tworząc zupełnie nowy układ wybranych kolumn, dopasowany do potrzeb użytkownika. Warto również zauważyć, że istnieje możliwość nadawania własnych tytułów kolumnom, co często jest przydatne przy prezentacji wyników w szerszym gronie. Dodatkowym ułatwieniem jest łatwa prezentacja wyników obliczeń i przebiegów wartości poszczególnych wskaźników w postaci wykresów.

4.4.8. Uwzględnianie zmiany planowanych kosztów i/lub terminu zakończenia robót.

Stosunkowo częstą sytuacją, z którą spotykamy się w praktyce budowlanej jest podpisywanie już w trakcie trwania robót budowlanych aneksów do umów pomiędzy inwestorem a wykonawcą zmieniających wartość planowanych robót i/lub termin ich zakończenia. Najczęściej bezpośrednią przyczyną powodującą konieczność wprowadzenia takich zmian jest znaczne opóźnienie prowadzonych robót w stosunku do planowanych terminów lub zmiana przez inwestora zakresu wykonywanych prac. W przypadku umowy ryczałtowej może to być również znaczna rozbieżność kosztów planowanych od faktycznie ponoszonych na budowie (np. na skutek znacznej zmiany cen materiałów). Warto zauważyć, że sygnałem wskazującym na konieczność urealnienia planowanych terminów czy kosztów są często właśnie wartości wskaźników EVM, uzyskiwane w trakcie wcześniejszych aktualizacji. Trzeba również zauważyć, że w pewnych sytuacjach dochodzi do przebudowy krzywych BCWS i BCWP oraz wartości BAC i PD bez podpisywania formalnego aneksu do umowy, a jedynie na podstawie realistycznej oceny zaawansowania robót i kosztów w stosunku do planu, jednak w takim wypadku mechanizm wyliczania nowych wartości wskaźników EVM pozostaje taki sam, jak w przypadku podpisanego aneksu.

Wprowadzenie poprawek w już realizowanym harmonogramie wpływa naturalnie na wykonywanie dalszych obliczeń wskaźników EVM, gdyż zmienia wartość planowanego budżetu BAC i/lub planowany termin zakończenia robót PD, co pociąga za sobą konieczność zmiany rozkładu krzywej BCWS i BCWP a w kon-

sekwencji rzutuje na wartości wszystkich pozostałych wskaźników EVM. W literaturze można spotkać opis kilku różnych metodologii rozwiązania tego problemu (Webb 2008). Przyjęcie jednego z nich w dużej mierze zależy jednak od przyjęcia założenia, czy obliczenia mają oddawać realną sytuację budowy, czy też zależy nam na porównaniu istniejącej sytuacji z przyjętym wcześniej planem, mając nawet świadomość, że może on być już mało realistyczny. W pewnym sensie ma to związek, kto i w jakim celu wykonuje obliczenia: inwestor w celu sprawdzenia przebiegu robót z założonym planem czy np. wykonawca, aby możliwie wcześniej wykryć ewentualne rozbieżności i móc realnie ocenić faktyczny koszt (termin) zakończenia robót. Jeżeli chodzi o wartość kosztów BAC, to istnieją co najmniej dwie możliwości. Pierwsza to przyjęcie nowego BAC' równego pierwotnej wartości BAC + wynegocjowana i aneksowana wartość robót dodatkowych. Drugie i bardziej realistyczne podejście, to przyjęcie wartości BAC' równej przewidywanemu kosztowi całkowitemu EAC sprzed daty zmiany planu + ewentualna wartość robót dodatkowych. Podobna sytuacja dotyczy nowego terminu PD': albo przyjmujemy ją z podpisanego aneksu, albo z realistycznej oceny tego terminu np. na podstawie wartości wyliczonej ze wskaźników EVM. Naturalnie nie zawsze musi zachodzić rozbieżność między oceną realistyczną a danymi zapisanymi w aneksie i taka sytuacja jest na pewno najkorzystniejsza.

Zmiana punktów granicznych PD i BAC, do których dąży krzywa BCWS, powoduje konieczność ustalenia nowego jej przebiegu. Jeżeli nie zmienia się planowany termin zakończenia robót (PD) najczęściej planowany koszt planowanej pracy (BCWS) do dnia aneksu jest zrównywany z dotychczasowym przebiegiem wartości wypracowanej BCWP i dalej jest ustalany nowy przebieg BCWS dostosowany do wprowadzonych zmian w harmonogramie. Taki sposób aktualizacji powoduje zwiększenie intensywności prac na budowie i najczęściej powoduje przekroczenie planowanego budżetu, co należy od razu brać pod uwagę, decydując się na takie rozwiązanie. Natomiast, gdy dopuszczone jest opóźnienie pierwotnie planowanego terminu, krzywą BCWS do dnia zmiany harmonogramu można zrównać z ACWP (czyli wartości planowanych kosztów przyjęć na podstawie faktycznie poniesionych) a dalszy przebieg BCWS zaplanować na podstawie zmienionego harmonogramu, zgodnie z z nowym terminem zakończenia robót (PD') i nowym budżetem (BAC'). Niezależnie od przyjętej metody w dniu wprowadzania zmiany harmonogramu otrzymujemy dwa zestawy wskaźników EVM: jeden obrazujący przebieg robót przed aneksem i drugi, nowy ustalony na podstawie wprowadzonych zmian w terminie i/lub budżecie robót, przedstawiający aktualny stan robót w perspektywie planowanych zmian.

4.4.9. Ocena przebiegu robót na podstawie wskaźników EVM

Wykonując kolejne aktualizacje i obliczając wartości wskaźników EVM na bieżąco możemy analizować sytuację budowy. Ocenę możemy dokonywać zarówno z perspektywy jednej, konkretnej aktualizacji, lecz znacznie korzystniej będzie analizować rozwój sytuacji śledząc zmiany poszczególnych wskaźników w kolejnych okresach czasu. W takiej sytuacji wartości wskaźników obliczane są na podstawie wartości skumulowanych BCWS, BCWP i ACWP od początku robót do daty danej aktualizacji. Wartości wskaźników można odnosić do wybranej grupy zadań (a na-

wet pojedynczego zadania) jak i całego obiektu, co stosuje się częściej. Jak już wspomniano, większe korzyści ze stosowania metody i trafniejsze wnioski można wyciągnąć, gdy liczba aktualizacji jest większa a projekt trwa dłużej. Zakładając, że aktualizacje są wykonywane regularnie co miesiąc, minimalny okres trwania robót to około pół roku, lepiej rok. Szczególnie w początkowym okresie, zanim nie wykształci się wyraźny trend i tempo realizowanych robót, należy być powściągliwym w wyciąganiu pochopnych wniosków na podstawie samych wartości wskaźników i zawsze należy przeanalizować bieżącą sytuację panującą na budowie. Same wartości wskaźników nie wskazują przyczyn zaistniałej sytuacji jak również nie podsuwają prostych rozwiązań a jedynie mogą pomóc w ocenie sytuacji i alarmować z pewnym wyprzedzeniem o grożących zagrożeniach w możliwości utrzymania się w zaplanowanym budżecie czy terminie zakończenia robót. Dlatego ważne jest, kto analizuje wyniki z poszczególnych aktualizacji, jakie ma rozeznanie w realnej sytuacji na budowie oraz jakie ma uprawnienia w zakresie podejmowania wiążących decyzji co do dalszych działań takich jak np. dopuszczenie okresowych opóźnień, uruchomienie środków rezerwowych czy przesunięcie środków z jednych zadań na inne. Menadżer podejmujący takie decyzje powinien również być dobrze zaznajomiony z metodologią prowadzenia obliczeń poszczególnych wskaźników EVM, technikami wyznaczania wartości BCWP i ACWP stosowanymi w danym projekcie, zastosowanym grupowaniem zadań czy rozkładem kosztów na poszczególne grupy. Napotykać na wartości wskaźników, które wskazują na występowanie dużej rozbieżności od planu zawsze należy dociec, co jest tego przyczyną i czy zaistniała sytuacja wynika z realnej sytuacji na budowie czy np. przyjętej metodologii obliczeń lub prostego błędu w zebranych danych czy wykonanych obliczeniach. Dobrym zwyczajem jest dołączanie do każdej aktualizacji krótkiej pisemnej analizy wartości obliczonych wskaźników na tle aktualnej sytuacji projektu ze szczególnym zwróceniem uwagi na ewentualne zagrożenia, odstępstwa od planu czy zmiany w stosunku do poprzednich wyników.

Najprostszymi wskaźnikami charakteryzującymi aktualny stan projektu są odchylenie kosztów CV oraz odchylenie harmonogramu SV. Pokazują one w najprostszej postaci rozbieżności między planowanymi a poniesionymi kosztami w dniu aktualizacji dla całego projektu i/lub wybranej grupy zadań w zależności od metodyki obliczeń dla całego okresu robót lub od dnia ostatniej aktualizacji. Tak jak wszystkie pozostałe wskaźniki pokazuje się je najczęściej na wykresie, gdzie osią odciętych jest czas upływający od początku robót a rzędną wartość danego wskaźnika. Wartości ujemne wskazują na niekorzystną sytuację projektu. Ujemny wskaźnik CV pokazuje o ile koszty rzeczywiste przekroczyły wypracowaną wartość planowanych kosztów a ujemny wskaźnik SV oznacza opóźnienie robót w stosunku do planu, przy czym opóźnienie (a więc czas) wyrażone jest przez kwotę niezrealizowanego budżetu. Chcąc mieć ocenę tych wartości nie w wartościach bezwzględnych (różną dla różnych projektów w zależności od ich budżetu) lecz w stosunku do całości projektu należy sięgnąć po wskaźniki procentowe: CV% i SV%, przy czym ich sens merytoryczny pozostanie ten sam.

Jednak do oceny kompleksowej całego projektu najczęściej używane są dwa inne wskaźniki: CPI i SPI. Oba są wyrażane w liczbach bez miana, a ich wartość oscyluje w okolicach 1. Wartości poniżej 1 oznaczają pogorszenie sytuacji w sto-

sunku do planu, wartości powyżej 1 wskazują na sytuację lepszą niż planowano. Wartości równe 1 oznaczają, że przebieg robót jest zgodny z planem. Szczególnie użyteczny jest wskaźnik CPI, który pokazuje realną wartość tego, co zostało wytworzone w projekcie tzn np. wartość CPI równa 0,90 wskazuje, że na produkcję wartą wg planu 90 groszy wydano złotówkę. Wskaźniki CPI i SPI nie muszą wykazywać takich samych tendencji i tak np. $CPI = 1.15$ a $SPI = 0,80$ dla tej samej daty aktualizacji wskazuje, że realizujemy projekt poniżej kosztów planowanych i można się spodziewać pewnych oszczędności kosztów w stosunku do planu ($CPI = 1.15$) jednak budowa jest opóźniona i prawdopodobnie nie uda się dotrzymać planowanego terminu ($SPI = 0,80$). Analizując obliczone wartości wskaźnika SPI trzeba wziąć pod uwagę, że po przekroczeniu planowanego terminu zakończenia robót, jego wartość dąży do wartości jeden niezależnie od faktycznej realizacji harmonogramu i w efekcie może wprowadzać w błąd. Najlepszym rozwiązaniem w takiej sytuacji jest zaktualizowanie planu do realnych wartości, o czym była mowa w poprzedniej części opisu metody

Chcąc wyznaczyć spodziewany koszt zakończenia projektu na podstawie jego aktualnej sytuacji należy obliczyć wartość EAC, a aby wyliczyć o ile trzeba poprawić wydajność pracy, aby jednak zamknąć projekt w wyznaczonym budżecie można obliczyć wskaźnik TCPI. Przygotowując raporty z danej aktualizacji należy zadbać, aby były widoczne nie tylko same wyniki obliczeń, lecz również podstawowe dane wyjściowe do tych obliczeń a więc wartości BCWS, BCWP i ACWP. Wprawny menadżer znając tylko te wartości jest w stanie poprawnie ocenić sytuację projektu.

4.5. Przykłady zastosowania

4.5.1. Przykład nr 1. Obliczanie wartości wskaźników EVM

Pierwszy przykład dotyczyć będzie bardzo prostej sytuacji, gdy obliczane są zbiorcze wskaźniki dla całego obiektu na podstawie założonych danych. Przyjmijmy, że realizacja obiektu budowlanego zaplanowana jest na 12 miesięcy i całość ma kosztować 42 mln zł. Zakładamy, że rozkład planowanych kosztów w kolejnych miesiącach jest taki sam ($42/12 = 3,5$ mln zł każdego miesiąca). Po 6 miesiącach od rozpoczęcia robót przeprowadzono kontrolę poniesionych nakładów i ustalono, że wydano 18 mln zł a zaawansowanie rzeczowe robót wynosi 37,5%. W takim razie, podstawowe wartości danych wyjściowych do obliczenia wskaźników wynoszą (w mln zł.):

- $BCWS = 21$ (tyle planowano wykonać po 6 miesiącach),
- $ACWP = 18$ (tyle wydano na roboty),
- $BCWP = 42 * 0,375 = 15,75$ (planowany koszt zrealizowanych prac, czyli wartość wypracowana).

Teraz możemy wyznaczyć planowane wykonanie i zaawansowanie budżetu:

- Planowany procent wykonania budżetu $PCS = 100 * (BCWS/BAC)$ czyli $100 * (21/42) = 50\%$.
- Planowane zaawansowanie przedsięwzięcia $PC = 100 * (BCWP/BAC)$ czyli $100 * (15,75/42) = 37,5\%$

Należy zauważyć, że w tym bardzo prostym przykładzie wskaźniki są wyliczane zbiorczo dla całego obiektu, czyli jak dla harmonogramu z jednym zadaniem. Stąd wartości wskaźników PCS i PC są oczywiste. W praktycznych zastosowaniach parametry BCWS i BCWP są wyznaczane jako wartości sumaryczne z kilkudziesięciu czy więcej pozycji i w takiej sytuacji wyznaczenie wartości PCS i PC dostarcza pewnych zbiorczych informacji na temat sytuacji realizowanego obiektu, których nie sposób obliczyć w sposób intuicyjny.

Następnie można obliczyć kolejne wskaźniki EVM:

- Odchylenie kosztu $CV = BCWP - ACWP = 15,75 - 18 = -2,25$; wartość ujemna wskazuje, że realizujemy powyżej zakładanego kosztu o $CV\% = 100 * (BCWP - ACWP) / BCWP$ czyli $100 * (15,75 - 18) / 15,75 = -14,3\%$.
- Odchylenie harmonogramu $SV = BCWP - BCWS = 15,75 - 21 = -5,25$; wartość ujemna wskazuje, że realizujemy wolniej (kosztowo) niż planowano o $SV\% = 100 * (BCWP - BCWS) / BCWS$ czyli $100 * (15,75 - 21) / 21 = -25\%$.

Podstawowe wskaźniki, najczęściej używane do zbiorczej oceny zawansowania robót mają następujące wartości:

- Wskaźnik wykonania kosztu $CPI = BCWP / ACWP = 15,75 / 18 = 0,875$; wartość poniżej 1 wskazuje, że realizujemy drożej niż zakładano,
- Wskaźnik wykonania harmonogramu $SPI = BCWP / BCWS = 15,75 / 21 = 0,75$; wartość poniżej 1 wskazuje, że realizujemy wolniej (kosztowo) niż planowano.

Warto zauważyć, że czym wartości wskaźników CPI i SPI są bardziej poniżej wartości granicznej 1, tym w gorszej sytuacji znajduje się analizowany obiekt. I odwrotnie, czym wartości tych wskaźników są większe od 1, tym taniej (CPI) i szybciej (SPI) przebiegają roboty niż planowano.

Znając wyliczone wskaźniki można również łatwo wyznaczyć przewidywany koszt i termin zakończenia robót:

$$EAC = ACWP + (BAC - BCWP) / CPI = 18 + (42 - 15,75) / 0,875 = 48 \text{ mln zł.}$$

$$ETTC = AD + (PD - (AD * SPI)) / SPI = 3 + (7 - (3 * 0,75)) / 0,75 = 9,3 \text{ miesiąca}$$

4.5.2. Przykład nr 2. Obliczanie wartości wskaźników EVM w arkuszu Excel na podstawie listy zadań.

Dany jest harmonogram rzeczowo – finansowy przedsięwzięcia (tabela 4.4) składającego się z 8 zadań. Planowany termin wykonania prac to 7 miesięcy a całkowity koszt wykonania robót to 50500 zł. W tabeli podany jest czas wykonania poszczególnych zadań, planowane terminy realizacji oraz łączny koszt wykonania każdego zadania.

Tabela 4.4. Harmonogram rzeczowo – finansowy przedsięwzięcia

Miesiąc	Czas m-ce	1	2	3	4	5	6	7	Koszt (PV)
Zad1	2	■	■						10000
Zad2	4		■	■	■	■			12000
Zad3	2,5			■	■	■			2500
Zad4	1,5			■	■				6000
Zad5	3				■	■	■		6000
Zad6	1,5					■	■		9000
Zad7	2						■	■	2000
Zad8	2							■	3000
									50500

Tabela 4.5 Planowany rozkład kosztów poszczególnych zadań w czasie

Miesiąc	Czas m-ce	1	2	3	4	5	6	7	Koszt (PV)
Zad1	2	5000	5000						10000
Zad2	4	1500	3000	3000	3000	1500			12000
Zad3	2,5			1000	1000	500			2500
Zad4	1,5			4000	2000				6000
Zad5	3			1000	2000	2000	1000		6000
Zad6	1,5				3000	6000			9000
Zad7	2					500	1000	500	2000
Zad8	2					*	1500	1500	3000
Razem		6500	8000	9000	11000	10500	3500	2000	50500
Skumulowane		6500	14500	23500	34500	45000	48500	50500	

Tabela 4.6. Stan zaawansowania i wskaźniki EVM po 3 miesiącach od rozpoczęcia realizacji robót

Zad.	% wykonania (CA)	BCWS 7m	BCWS 3m	ACWP	BCWP = % wyk * BCWS	CV	SV	CPI	SPI	EAC	ETTC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zad1	100	10000	10000	9500	10000	500	0	1,053	1,000		
Zad2	45	12000	7500	9800	5400	-4400	-2100	0,551	0,720		
Zad3	10	2500	1000	1200	250	-950	-750	0,208	0,250		
Zad4	15	6000	4000	1700	900	-800	-3100	0,529	0,225		
Zad5	20	6000	1000	2100	1200	-900	200	0,571	1,200		
Zad6	0	9000		0	0						
Zad7	0	2000		0	0						
Zad8	0	3000		0	0						
Razem		50500	23500	24300	17750	-6550	-5750	0,730	0,755	69135,2	9,3

W kolejnej tabeli (3.2) podany jest planowany rozkład kosztów poszczególnych zadań w czasie. W tabeli 3.3 podano stan zawansowania zadań po 3 miesiącach (kol. 2) oraz rzeczywiste koszty wykonania ACWP (kol. 5) w tym czasie. Na podstawie zawansowania obliczono wartość wypracowaną BCWP (kol. 6) a następnie wyznaczono wskaźniki EVM dla poszczególnych zadań i całego obiektu. Dla całego obiektu wyznaczono również przewidywany koszt i termin zakończenia prac. Jak łatwo zauważyć cały projekt jest realizowany drożej ($CPI < 1$) oraz wolniej ($SPI < 1$) niż zakładano. Jeżeli kosztochłonność i tempo prac zostanie utrzymane projekt zamiast planowanych 7 miesięcy będzie trwał ponad 9 oraz będzie kosztował ponad 69 tys. zł.

Analizując przykład należy zauważyć, że planowane terminy rozpoczęcia i zakończenia wszystkich zadań pozostały bez zmian a jedynie zmieniły się zaawansowanie i rzeczywiste koszty wykonanych prac. W wielu realnych harmonogramach, każdy kolejna aktualizacja harmonogramu często wnosi również nowe terminy wykonania jeszcze niezakończonych, czy nierozpoczętych zadań.

4.5.3. Przykład nr 3. Kontrola zaawansowania metodą EVM w arkuszu Excel dużego obiektu budowlanego.

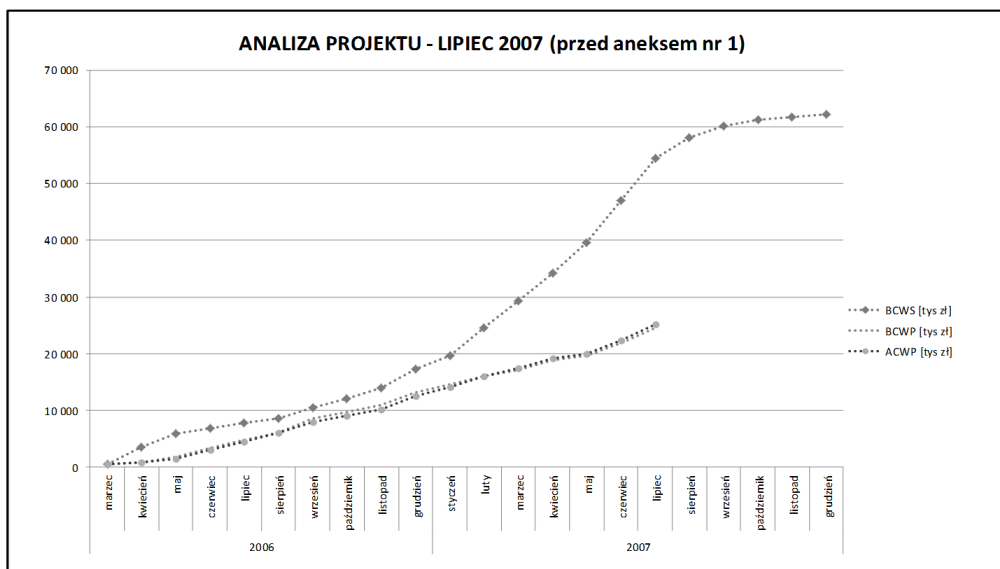
Obiekt na podstawie którego przedstawiono możliwość zastosowania metody EVM do kontroli kosztów robót budowlanych z użyciem arkusza Excel to samodzielny, duży budynek użyteczności publicznej wyposażony we wszystkie niezbędne instalacje (Komandarek, 2010; Połoński i Komendarek, 2011). Budynek posiada dwie kondygnacje podziemne i dziewięć kondygnacji nadziemnych. Powierzchnia całkowita budynku to ok. 16500 m², powierzchnia użytkowa - 9600m² a kubatura 75000m³. Realizacja inwestycji zaplanowana została przez Generalnego Wykonawcę (GW) na 23 miesiące a planowany koszt realizacji na 62.267 tys. zł.

Jak już wspomniano, bardzo duży wpływ na wiarygodność danych służących do obliczenia poszczególnych wskaźników metody EVM jest sposób zbierania, gromadzenia, dokumentowania i weryfikacji danych dotyczących zaawansowania rzeczowego oraz planowanych i poniesionych kosztów w kolejnych okresach realizacji robót. W omawianym przypadku okresem rozliczeniowym był jeden miesiąc, co w praktyce oznaczało, że ok. 20-tego następnego miesiąca znane były wszystkie ww. dane dotyczące poprzedniego miesiąca. Sporządzane miesięczne raporty były zestawiane zawsze w tym samym schemacie. Comiesięczna wycena kontraktu dokonywana była przez kadrę inżynierską budowy na podstawie analizy następujących elementów:

- procentowego zaawansowanie produkcji własnej na podstawie planowanego uprzednio budżetu na poszczególne elementy robót budowlanych (belki, stropy, ściany itp.) z wycenieniem wykonanych jednostek rzeczowych (m³ betonu, kg stali itp.) i w oparciu o normy wydajności robocizny,
- analizy kosztów pośrednich (geodezja i geotechnika, transport różny, zaplecze, ochrona, koszty funkcjonowania, transport pionowy, deskowania, sprzęt, kadra techniczna, BHP),
- analizy zaawansowania prac i kosztów podwykonawców,

- bilansu budowy, czyli zestawienie wszystkich danych wynikających z zaawansowania robót oraz z kosztów rzeczywistych celem wyliczenia działalności na koniec bieżącego miesiąca.

Wskaźniki realizacji z pierwszych sześciu miesięcy trwania budowy (rys.4.11) wyraźnie wskazują na fakt, iż budowa rozpoczęła się z lekkim opóźnieniem. Od kwietnia krzywa BCWP biegnie równoległe do krzywej BCWS co świadczy o tym, że roboty będą „zgodnie z planem” tyle, że o jeden miesiąc później. Przebieg krzywej ACWP pokazuje, że w pierwszych 6 miesiącach realizacji faktycznie ponoszone koszty równe są tym planowanym, czyli nie mamy do czynienia z przekroczeniem budżetu. Wskaźnik EAC z pierwszych miesięcy realizacji nie zakłada większych różnic pomiędzy zakładanym, a prognozowanym kosztem projektu. Jeśli chodzi o szacowany czas trwania projektu (ETTC) to w pierwszych miesiącach realizacji obarczony jest on dużym błędem. Decydujący wpływ miało tu opóźnienie o jeden miesiąc rozpoczęcia pozycji, która ma bardzo duży koszt jednostkowy rozłożony zaledwie na 2 miesiące. W tym wypadku bardzo ważna jest umiejętność technicznej oceny sytuacji projektu, która pozwala na właściwą interpretację tego wskaźnika.



Rysunek 4.11. Wykres krzywej BCWS przed pierwszym aneksem oraz przykładowy przebieg krzywych BCWP i ACWP w okresie 03.2006 do 07.2007 (Połoński i Komendarek, 2011).

Wszystkie comiesięczne dane i obliczone na ich podstawie wskaźniki EVM zebrano w tabelę (patrz tabela 4.7), dla każdego z kolejnych miesięcy realizacji oddzielnie. Ze względu na bardzo dużą ilość danych i długi czas realizacji projektu analizę uzyskanych wskaźników przeprowadzono w odstępach sześciomiesięcznych. Obliczenia wskaźników projektu rozpoczęto od marca 2006 r. Ze względu na ograniczone możliwości prezentowania bardzo bogatego, analizowanego w badaniach materiału w postaci raportów charakteryzujących zaawansowanie finansowe i re-

czowe prowadzonych robót, komentarzy do nich, wyników przejściowych obliczeń pomocniczych, itp. przedstawiono tylko najważniejsze, zagregowane wyniki przeprowadzonych analiz.

Tabela 4.7. Przykładowy sumaryczny miesięczny raport wskaźników EVM budowy (Połński i Komendarek, 2011)

WSKAŹNIKI REALIZACJI PROJEKTU - LIPIEC 2007 (przed aneksem nr I)														
	PC [%]	BCWS [tys zł]	BCWP [tys zł]	SV [tys zł]	SV [%]	SPI	ACWP [tys zł]	CV [tys zł]	CV [%]	CPI	BAC [tys zł]	EAC [tys zł]	VAC [tys zł]	ETTC [m]
KOSZTY BEZPOŚREDNIE														
ROBOCIZNA BEZPOŚREDNIA	100,00%	2 037	2 037	0	0%	1,00	2344	-307	-15%	0,87	2 037	2 344	-307	
BETON	100,00%	1 735	1 735	0	0%	1,00	1946	-211	-12%	0,89	1 735	1 946	-211	
STAL	100,00%	1 990	1 990	0	0%	1,00	2253	-263	-13%	0,88	1 990	2 253	-263	
MATERIAŁY RÓŻNE	80,45%	133	107	-26	-20%	0,80	209	-102	-95%	0,51	133	260	-127	
POPRAWKI POW. BETONU	0,00%	25	0	-25	-100%	0,00	0	0	0%	0,00	25	25	0	
KOSZTY POŚREDNIE														
ROBOCIZNA POŚREDNIA	74,22%	264	239	-25	-9%	0,91	304	-65	-27%	0,79	322	409	-87	
GEODEZJA I GEOTECHNIKA	91,11%	180	164	-16	-9%	0,91	168	-4	-2%	0,98	180	184	-4	
TRANSPORT RÓŻNY	61,63%	205	151	-54	-26%	0,74	92	59	39%	1,64	245	149	96	
ZAPLECZE	68,82%	298	234	-64	-21%	0,79	306	-72	-31%	0,76	340	445	-105	
OCHRONA	67,70%	176	153	-23	-13%	0,87	134	19	12%	1,14	226	198	28	
KOSZTY FUNKCJONOWANIA	76,08%	848	722	-126	-15%	0,85	506	216	30%	1,43	949	665	284	
TRANSPORT PIONOWY	97,97%	640	627	-13	-2%	0,98	650	-23	-4%	0,96	640	664	-24	
DESKOWANIA	100,00%	517	517	0	0%	1,00	814	-297	-57%	0,64	517	814	-297	
SPRZĘT	86,01%	173	166	-7	-4%	0,96	211	-45	-27%	0,79	193	245	-52	
KADRA TECHNICZNA	62,11%	867	708	-159	-18%	0,82	892	-184	-26%	0,79	1 140	1 439	-299	
GRZANIE BETONU	100,00%	57	57	0	0%	1,00	18	39	68%	3,17	57	18	39	
BHP	93,33%	15	14	-1	-7%	0,93	24	-10	-71%	0,58	15	26	-11	
PODWYKONAWCY														
ODWODNIENIE	100,00%	199	199	0	0%	1,00	115	84	42%	1,73	199	115	84	
ZIELEŃ	36,71%	39	29	-10	-26%	0,74	39	-10	-34%	0,74	79	107	-28	
WYKOP I ROZBIÓRKI	98,47%	719	708	-11	-2%	0,98	577	131	19%	1,23	719	586	133	
KONSTRUKCJA STALOWA	80,71%	420	339	-81	-19%	0,81	306	33	10%	1,11	420	379	41	
IZOLACJE PRZECIWWODNE	69,68%	188	131	-57	-30%	0,70	114	17	13%	1,15	188	164	24	
ROBOTY MUROWE	85,94%	441	379	-62	-14%	0,86	379	0	0%	1,00	441	441	0	
DACH	44,64%	223	100	-123	-55%	0,45	157	-57	-57%	0,64	224	351	-127	
IZOLACJE TERMICZNE	64,04%	89	57	-32	-36%	0,64	68	-11	-19%	0,84	89	106	-17	
ŚLUSARKA ZEWNĘTRZNA	19,67%	8 854	1 741	-7 113	-80%	0,20	2 017	-276	-16%	0,86	8 853	10 287	-1 434	
ELEWACJE KAMIENNE	39,63%	4 976	1 972	-3 004	-60%	0,40	1 716	256	13%	1,15	4 976	4 328	648	
TYNKI WEW. I MALOWANIE	20,54%	461	152	-309	-67%	0,33	152	0	0%	1,00	740	740	0	
SZLICHTY, POSADZKI	10,27%	690	71	-619	-90%	0,10	75	-4	-6%	0,95	691	728	-37	
STOLARKA WEWNĘTRZNA	3,07%	2 712	125	-2 587	-95%	0,05	102	23	18%	1,23	4 069	3 309	760	
WINDY I DŹWIGI	49,79%	1 458	726	-732	-50%	0,50	707	19	3%	1,03	1 458	1 418	40	
INSTALACJE SANITARNE I ELEKT.	18,12%	11 430	2 479	-8 951	-78%	0,22	2 304	175	7%	1,08	13 683	12 678	1 005	
PRZYŁĄCZA SANITARNE	92,33%	860	794	-66	-8%	0,92	812	-18	-2%	0,98	860	879	-19	
DROGI I CHODNIKI	0,00%	0	0	0	0%	0,00	0	0	0%	0,00	296	296	0	
WYKOŃCZENIA INNE	0,00%	0	0	0	0%	0,00	0	0	0%	0,00	21	21	0	
ŚCIANY SZCZELINOWE	99,79%	3 339	3 332	-7	0%	1,00	3 108	224	7%	1,07	3 339	3 115	224	
INSTALACJE TELETECHNICZNE	3,88%	3 259	177	-3 082	-95%	0,05	139	38	21%	1,27	4 566	3 595	971	
PRZYŁĄCZA ELEKTRYCZNE	87,29%	968	845	-123	-13%	0,87	847	-2	0%	1,00	968	970	-2	
GRESY, KAMIEN WĘWĘTRZNY	39,08%	900	508	-392	-44%	0,56	567	-59	-12%	0,90	1 300	1 447	-147	
WYKŁADZINA, PARKIET	0,00%	765	0	-765	-100%	0,00	0	0	0%	0,00	765	765	0	
ŚCIANKI GK I SUFITY PODW.	2,34%	1 370	32	-1 338	-98%	0,02	49	-17	-53%	0,65	1 368	2 104	-736	
WYKOŃCZENIE NIETYPOWE	0,00%	0	0	0	0%	0,00	0	0	0%	0,00	605	605	0	
WYPOSAŻENIE	0,00%	0	0	0	0%	0,00	0	0	0%	0,00	606	606	0	
SUMA	39,37%	54 520	24 517	-30 003	-55%	0,45	25 221	-704	-2,9%	0,97	62 267	62 224	43	51,1

Ze względu na przebieg robót na obiekcie oraz wynikające z nich zmiany kontraktu cały okres realizacji można podzielić na trzy etapy:

- 03.2006 do 07.2007; okres od rozpoczęcia prac do podpisania pierwszego aneksu do umowy. Pierwotny planowany koszt realizacji: 62.267 tys. zł. Planowany koniec robót: XII 2007 (22 miesiące),
- 08.2007 do 10.2008; okres od podpisania pierwszego aneksu do umowy do podpisania drugiego aneksu. Planowany koszt realizacji: 65.512 tys. zł. Planowany koniec robót: V 2008 (27 miesięcy),
- 11.2008 do końca budowy tzn. 05.2009; okres od podpisania drugiego aneksu do końca robót. Planowany koszt realizacji: 65.512 tys. zł (bez zmian). Planowany koniec robót: III 2008 (37 miesięcy)

Faktyczne zakończenie robót nastąpiło w maju 2009 roku po 39 miesiącach od rozpoczęcia robót.

Śledzenie miesięcznych raportów oraz sporządzanych krzywych BCWP i ACWP (na tle znanej od początku krzywej BCWS) pozwoliło na bieżąco dokonywać oceny rzeczowego postępu robót, ponoszonych wydatków na tle wartości planowanych oraz w odniesieniu do rzeczowego zaawansowania robót jak również prognozować końcowy koszt (EAC) i termin zakończenia robót (ETTC).

W okresie od września 2006r do lutego 2007r wskaźniki monitorujące przebieg realizacji wskazują na fakt, iż niestety nie udaje się nadrobić opóźnienia z początków projektu. Od początku roku 2007 różnica pomiędzy wartościami BCWS i BCWP nawet się powiększa i wskazuje na niebezpieczeństwo narastania opóźnienia. Rzeczywiste koszty projektu w dalszym ciągu równe są tym zakładanym. Z wartości wskaźnika SPI jasno wynika, iż do lutego 2007r wykonano jedynie 65% zakładanych robót. Wskaźnik EAC nadal nie wskazuje na możliwość wzrostu kosztów całego obiektu, natomiast ETTC stabilizuje się na poziomie około 35 miesięcy, wskazując na bardzo realne wydłużenie realizacji projektu. Analiza z lipca 2007 coraz wyraźniej wskazuje na powiększające się opóźnienie robót. W okresie od lutego do lipca 2007r wskaźnik realizacji harmonogramu SPI spadł z 0,65 do wartości 0,45 – czyli wykonano jedynie 45% zaplanowanych do tego momentu prac. Wykres krzywej BCWP wskazuje, iż opóźnienie będzie się nadal powiększać. Faktyczne koszty wykonanych robót (ACWP) nadal nie odbiegają znacząco od planowanych (BCWP). Wskaźnik ETTC wskazuje wartość ponad 55 miesięcy.

Poszukując przyczyny tak dużego opóźnienia robót należy wskazać wprowadzenie przez inwestora obiektu nowej aranżacji wnętrza. Spowodowało to renegotiację umowy i podpisanie aneksu wydłużającego zakończenie prac o 5 miesięcy do maja 2008r i zwiększającego wynagrodzenie o 3.645 tys. zł.

Zaktualizowanie zarówno kosztu jak i terminu końcowego budowy wymusza wyznaczenie nowego przebiegu krzywych BCWS i BCWP. Zasadniczą sprawą było wyznaczenie nowej, planowanej wartości obiektu (BAC). Istnieją tutaj co najmniej dwie możliwości. Pierwsza to przyjęcie BAC równego pierwotnej wartości BAC + wynegocjowana i aneksowana wartość robót dodatkowych. Drugie i bardziej realistyczne podejście, to przyjęcie wartości BAC równej przewidywanemu kosztowi całkowitemu EAC sprzed daty zmiany planu + wartość robót dodatkowych. W opisywanym przykładzie przyjęto rozwiązanie, które możliwie najwierniej oddaje stan faktyczny zaawansowania rzeczowego i finansowego na budowie tak, aby nowo

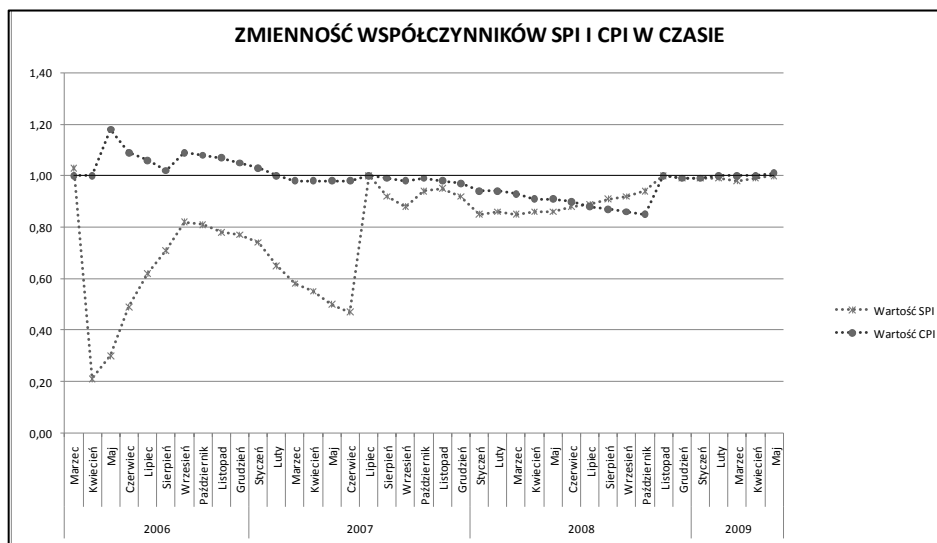
wyliczone wskaźniki mogły pomóc w realnym zarządzaniu budową. W obliczeniach przyjęto wydłużenie terminu realizacji do maja 2008r i zwiększenie budżetu projektu (BAC) do wartości 65.869 tys. zł. Wartości kosztów rzeczywistych ACWP zarejestrowane od początku realizacji do dnia aktualizacji, wprowadzono jako nowe wartości BCWS (czyli jako wartość planowaną przyjęto rzeczywiste wartości aktualnie wykonanych robót) a nową krzywą BCWS skonstruowano na podstawie planowanych, zaktualizowanych wartości nie zrealizowanych dotychczas robót zaczynając od wartości BCWS w dniu aktualizacji do wartości BAC w maju 2008 roku. Tak zmodyfikowane dane stanowiły podstawę dalszych analiz.

Kolejną analizę wskaźników EVM przeprowadzono w lutym 2008, a więc po 27 miesiącach od rozpoczęcia robót. Niestety, również po aneksowaniu umowy roboty są wykonywane z lekkim opóźnieniem. Początkowo mamy do czynienia z wykonaniem ok. 92 % planowanych robót a na koniec analizowanego okresu wykonanie spada do wartości 85%. W tym okresie zaczyna się również pojawiać dość wyraźna różnica pomiędzy planowanym, a faktycznym kosztem wykonanych do tej pory robót. W styczniu 2008 r. faktyczna nadwyżka kosztów wynosi już 2.708 tys. zł., a na koniec robót przewidywana strata może osiągnąć 4.055 tys. zł. Podobną, niekorzystną tendencję można także zaobserwować w przypadku wskaźnika ETTC czyli przewidywanego czasu trwania projektu. Jego wartość wzrasta z 27 do 31,8 miesiąca. Również w tym przypadku opóźnienie rośnie, można więc spodziewać się pogorszenia sytuacji w następnych miesiącach.

Analiza sytuacji na budowie w lipcu 2008 (po 29 miesiącach) potwierdza tą przewidywaną, niekorzystną tendencję. Aneks nr I przedłużał realizację projektu do końca maja 2008 r., lecz niestety, wciąż narastające opóźnienia spowodowały, że nie udało się ukończyć wszystkich prac w tym terminie. W lipcu 2008r (2 miesiące po zakładanym terminie) stan realizacji jest następujący: procent ukończenia robót (PC): 89%, koszty realizacji robót przekroczone o 7.958 tys. zł. Powyższe dane najlepiej obrazują bardzo złą sytuację budowy. Wskaźniki prognozujące dalszą realizację wskazują, iż w przypadku nie wprowadzenia planu naprawczego czas realizacji może sięgnąć nawet 33 miesięcy, a koszt całkowity może zostać przekroczony o prawie 10 milionów złotych.

W listopadzie 2008r wykonano prawie 95% zaplanowanych do tej pory robót. Termin ustalony aneksem nr I przekroczony został już o 6 miesięcy. Odchylenie kosztów założonych (BCWP) od rzeczywistych (ACWP) na tym etapie realizacji wynosił już 11.482 tys. zł. Największe straty generują roboty, które zostały wyraźnie niedoszacowane na etapie przygotowania oferty, a więc ślusarka zewnętrzna i elewacje kamienne. W związku z przekroczeniem założonego terminu realizacji koszty pośrednie generują miesięcznie straty w wysokości ok. 300 tys. zł. Przewidywane straty finansowe na końcu realizacji (VAC) przekraczają już 12 mln zł. Wskaźnik ETTC (przewidywany czas trwania) wskazuje prawie 35 miesięcy. W związku ze stanem realizacji i pojawieniem się robót zamiennych podpisano z inwestorem drugi aneks, wydłużający po raz kolejny czas realizacji i zwiększający wynagrodzenie. Zmiany wartości BAC, BCWP i BCWS wprowadzono w sposób analogiczny do zmian planu po aneksie nr I. Nowy, zaplanowany termin zakończenia robót to marzec 2009 r., a nowa wartość wykonywanych robót (BAC) to 78.331 tys. zł. I tak od grudnia 2008 r wartość BCWS została kolejny raz zrównana z wartością ACWP.

Ostatecznie realizacja zakończyła się w maju 2009 r., po 39 miesiącach prac. Ostateczny koszt realizacji obiektu wyniósł 77.627 tys. zł., czyli był wyższy aż o 15.360 tys. zł od pierwotnie założonej wartości robót (BAC z marca 2006). Uwzględniając oba podpisane aneksy zwiększające wartość wynagrodzenia o 3.984 tys. zł, koszt rzeczywisty robót (ACWP na końcu realizacji) jest wyższy o 11.376 tys. zł od pierwotnie zakładanego. Jest to ogromna strata finansowa. Wynika ona z niedoszacowania czasu trwania inwestycji, niedoszacowania kosztów niektórych zadań oraz ogromnymi problemami z pozyskaniem firm podwykonawczych w związku z „boomem” budowlanym występującym w omawianym okresie.



Rysunek 4.12. Wartość współczynników SPI i CPI w czasie realizacji obiektu. Źródło: obliczenia własne

Bieżąca analiza wskaźników EVM wyraźnie pokazuje, jak bardzo faktyczny stan realizacji projektu odbiegał od pierwotnie założonego. Roboty były opóźnione już od samego początku realizacji i nie dość, że nie udawało się nadrobić opóźnienia, to ciągle się ono powiększało. Dwa najbardziej użyteczne wskaźniki uzyskiwane z metody EVM to wskaźnik wykonania kosztów CPI oraz wskaźnik wykonania harmonogramu SPI. Przebieg tych dwóch wartości w trakcie realizacji analizowanego projektu pokazano na rysunku 4.12.

Wartości współczynników CPI i SPI wskazują, iż projekt był opóźniony już od pierwszych miesięcy realizacji (krzywa SPI – cały czas poniżej wartości 1). Przebieg krzywej CPI informuje, że przez pierwsze kilka miesięcy realizacji budowa była prowadzona poniżej zakładanego kosztu (czyli z zyskiem). Niestety już praktycznie od początku 2007 r. koszty rzeczywiste były powyżej założonych. Bardzo ważne jest, aby przy interpretacji tych wskaźników dokładnie znać faktyczną sytuację na budowie, np. aby zdawać sobie sprawę, że drastyczny spadek wskaźnika SPI w kwietniu 2006 r. wynika z opóźnienia krótkiego zadania o bardzo dużym koszcie jednostkowym (wykonanie ścian szczelinowych – czas trwania 2 miesiące, koszt

3.339 tys. zł). Nieznajomość sytuacji i zła ocena projektu mogłaby spowodować błędną interpretację wartości wskaźników i przełożyć się na niewłaściwe decyzje kierownictwa budowy.

4.5.4. Przykład nr 4. Kontrola zaawansowania metodą EVM w programie MS Project

Pierwszy przykład wpływu opcji programu MS Project na przebieg aktualizacji harmonogramu oraz wskaźniki metody EVM zilustrowany zostanie na przykładzie, który wcześniej został już obliczony w arkuszu Excel (tabele 3.1 - 3.3). Analizowany harmonogram składa się z 8 zadań, których łączna realizacja planowana jest na 7 jednostek czasu, planowany koszt realizacji wynosi 50 500 zł. Należy zauważyć, że w programie do obliczeń brany jest łączny koszt zadania, na który może się składać kilka typów kosztów (np. materiał, pracownik, koszt pośredni, itp). Użytkownik może wyszczególnić oddzielnie wszystkie koszty zadania, ale ostatecznie do obliczeń przyjąć należy sumaryczny koszt. W przykładzie planowane koszty zostały zadeklarowane jako łączne koszty stałe zadań. Aktualizację przeprowadzono na koniec trzeciego okresu realizacji. Rzeczywiste zaawansowanie procentowe oraz poniesiony koszt na dzień aktualizacji przedstawiono w tabeli 4.8.

Tabela 4.8. Aktualizacja na koniec 3 dnia realizacji w postaci harmonogramu Gantta.

Dzień	1	2	3	4	5	6	7	Koszt (ACWP)
zad. 1	100%							9 500
zad. 2	45%							9 800
zad. 3			10%					1 200
zad. 4			15%					1 700
zad. 5				20%				2 100
zad. 6								0
zad. 7								0
zad. 8								0

Na podstawie przedstawionych danych dokonano obliczeń podstawowych wskaźników i parametrów metody EVM, które zestawiono w tabeli 4.9.

Należy podkreślić, że dotychczasowe zaprezentowane obliczenia wykonywane były w arkuszu Excel. Dodatkowo należy zauważyć, że harmonogram w tej postaci nie dostarcza informacji o typie relacji pomiędzy poszczególnymi czynnościami (ZR, RR, RZ, ZZ).

W celu przeprowadzenia pełnej aktualizacji harmonogramu należałoby zebrać trzy rodzaje informacji:

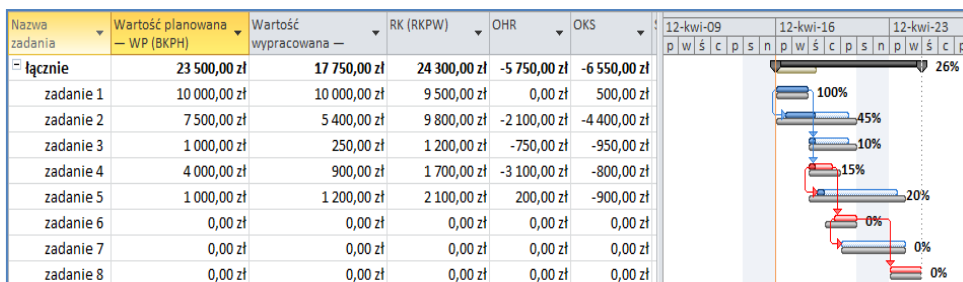
- zaawansowanie rzeczowe (w przykładzie przedstawione w postaci %),
- zaawansowanie finansowe, czyli rzeczywiście poniesione koszty na dzień aktualizacji,
- informacje dotyczące rzeczywistych terminów rozpoczęcia i zakończenia oraz czasów trwania poszczególnych zadań.

Tabela 4.9. Zestawienie danych i obliczonych na ich podstawie wskaźników Metody EVM

BAC		Stan rzeczywisty				Plan bazowy		Odchylenia		Wskaźniki	
	Czas	Koszt (PV)	Wyk. %	ACWP/RKPW	BCWP/BKPW	Wyk. % (CA)	BCWS/BKPH	CV/OKS	SV/OHR	CPI/WWK	SPI/WWH
zad. 1	2	10 000	100	9 500	10 000	100	10 000	500	0	1,053	1
zad. 2	4	12 000	45	9 800	5 400	63	7 500	-4 400	-2 100	0,551	0,72
zad. 3	2,5	2 500	10	1 200	250	40	1 000	-950	-750	0,208	0,25
zad. 4	1,5	6 000	15	1 700	900	67	4 000	-800	-3 100	0,529	0,23
zad. 5	3	6 000	20	2 100	1 200	17	1 000	-900	200	0,571	1,2
zad. 6	1,5	9 000					0				
zad. 7	2	2 000									
zad. 8	2	3 000									
Razem		50 500		24 300	17 750		23 500	-6 550	-5 750	0,730	0,755

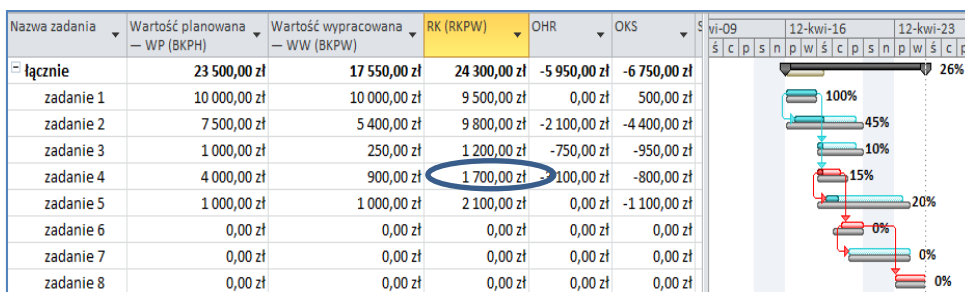
W analizowanym przykładzie obliczenia wykonano na podstawie dwóch pierwszych danych. Ponieważ w oryginalnym przykładzie brak jest informacji dotyczących tego, czy czynności rozpoczęły się w założonych terminach, czy ich rzeczywisty czas trwania był taki jak planowany oraz czy nastąpiły przerwy w realizacji przyjęto, że wszystkie zadania wykonywano w zaplanowanych terminach.

Poniżej przedstawione zostaną obliczenia dla tego samego przykładu w programie MS Project. Aby przeprowadzić aktualizację przykładu należy ustawić opcje harmonogramu w taki sposób, aby wskaźniki EVM były zgodne z podanymi w tabeli 3.6 oraz aby poszczególne zadania nie zostały przesunięte. Po pierwsze należy odznaczyć opcję „Koszty rzeczywiste są zawsze obliczane przez program Project”. W automatycznym trybie tworzenia zadań dodatkowo należy odznaczyć opcję „Podziel zadanie w trakcie wykonywania” (ponieważ nie ma informacji o tym czy nastąpiły przerwy w trakcie realizacji zadań). Aby wartości BCWP, BCWS oraz ACWP zgadzały się z obliczeniami w Excelu należy także zaznaczyć w zakładce „zaawansowane” opcje „Przenieś zakończenie wykonanych części po dacie stanu do daty stanu” oraz „Przenieś zakończenie wykonanych części po dacie stanu do daty stanu” przy przyjętych założeniach nie wpływają na zmianę parametrów EVM. Dobór opcji wynika z faktu, że realizacja zadania 5 jest wykonywana szybciej. Gdyby opcja „Przenieś zakończenie wykonanych części po dacie stanu do daty stanu” nie została uaktywniona, program nie uwzględniłby przyspieszenia 3%-owego w aktualizacji dla BKPW, i policzyłby koszt taki jak dla BKPH, czyli 17%. Dla czynności opóźnionych podczas wyliczaniu BKPW i BKPH w programie MS Project problem ten się nie pojawia. Na rysunku poniżej (rys.4.13) przedstawiono zrzut ekranu z wyliczonymi wskaźnikami EVM przy takim ustawieniu opcji.



Rysunek 4.13. Harmonogram w programie MS Project z danymi do obliczeń oraz wskaźnikami EVM i ustawionymi opcjami : wyłączona „podziel zadania w trakcie wykonywania” i włączonych „Przenieś zakończenie wykonanych części po dacie stanu do daty stanu” i dowolnym ustawieniu opcji „przenieś rozpoczęcie pozostałych części do daty stanu” oraz „Przenieś rozpoczęcie pozostałych części przed daty stanu do daty stanu”.

W przypadku planowania czynności w trybie ręcznym, czynności po wprowadzeniu zaawansowania nie przesuwały się. Bez względu na wybór opcji, użytkownik nie uzyska poprawnych wyników dla tego przykładu, ponieważ nie posiada danych o rzeczywistych terminach rozpoczęcia i zakończenia zadań, by odpowiednio przesunąć zadania (chyba, że wymusi to, przesuując zadanie ręcznie). BKPHW czynności przyspieszonej zawsze będzie obliczane błędnie. Przedstawiono to na rysunku 4.14 poniżej:

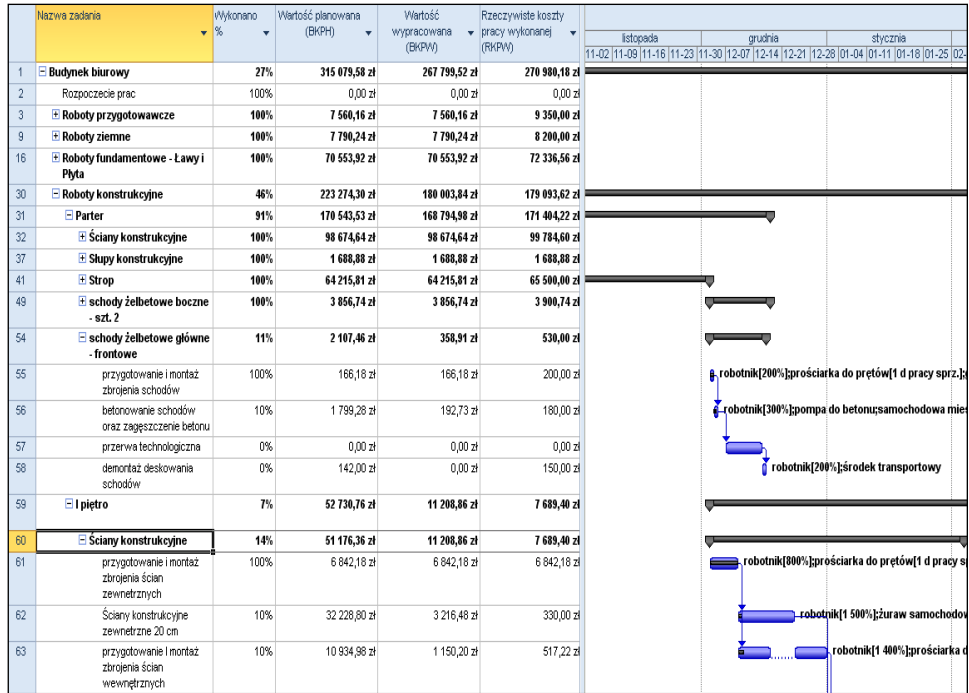


Rysunek 4.14. Harmonogram w programie MS Project z ustawionymi opcjami : wyłączona „podziel zadania w trakcie wykonywania” i włączonych „Przenieś zakończenie wykonanych części po dacie stanu do daty stanu” i „przenieś rozpoczęcie pozostałych części do daty stanu” i „Przenieś rozpoczęcie pozostałych części przed daty stanu do daty stanu”.

Dodatkowo należy zauważyć, że dla omawianego przykładu wszystkie koszty zostały przypisane do poszczególnych zadań jako koszty stałe. Łączny planowany koszt do poniesienia w trakcie realizacji całego harmonogramu wynosi 50 500 zł. Na rysunku 4.13 w dolnej jego części można zauważyć, że koszt rzeczywisty poniesiony w chwili aktualizacji wynosi 24 300 zł, natomiast „Koszt” 74 800 zł. Dzieje się tak, ponieważ program sumuje w kolumnie „Koszt” rzeczywisty koszt poniesiony w momencie aktualizacji oraz całkowity koszt planowany.

4.5.5. Przykład nr 5. Kontrola zaawansowania metodą EVM w programie MS Project obiektu budowlanego

Kolejny przykład kontroli realizacji z zastosowaniem programu MS Project dotyczy wykonania obiektu biurowego (Oksztulski, 2009). Wyjściowy harmonogram sieciowy robót zawierał 185 zadań zgrupowanych w trzypoziomowej strukturze SPP. Planowany czas wykonania całego obiektu to 366 dni roboczych, kalendarz pracy przewidywał system pracy 5 dniowy po 8 godzin dziennie, termin rozpoczęcia robót to 01.07.2009, data zakończenia 24.11.2010. W projekcie zdefiniowano listę 10 zasobów typu praca oraz 6 zasobów typu materiał, którym przypisano koszty użycia. Poszczególnym zadaniom przypisano zapotrzebowanie na zdefiniowane wcześniej zasoby i w ten sposób określono planowane koszty wykonania każdego z nich. Zadaniom nie przypisywano kosztów stałych. Zasoby zostały zbilansowane w ramach zdefiniowanych dostępności nie powodując opóźnienia planowanego terminu zakończenia robót. Planowany koszt wykonania obiektu wynosił 577443 zł. Po zbudowaniu ostatecznej wersji harmonogramu przed rozpoczęciem robót zapisano plan bazowy. W trakcie wykonywania robót wykonano pięć aktualizacji: 2009-10-01, 2010-01-04, 2010-04-05, 2010-07-03 i 2010-11-19. W trakcie każdej aktualizacji, po zadeklarowaniu daty stanu, wprowadzano dane na temat zaawansowania każdego rozpoczętego i/lub zakońzonego zadania oraz rzeczywistych kosztów ich wykonania (do dnia aktualizacji). Koszty rzeczywiste były wprowadzane ręcznie z klawiatury. W projekcie nie zmieniano planowanych terminów wykonania zadań. Poniżej prezentowane są zrzuty ekranowe wybranych widoków dla aktualizacji z 2010-01-04. Układ kolumn z danymi i widok harmonogramu Gantta został dobrany indywidualnie. Analizując uzyskane wyniki na poziomie całego harmonogramu można generalnie stwierdzić (rys. 4.15 i 4.16), że zaawansowanie całego projektu wynosi 27%, roboty są realizowane po kosztach bardzo zbliżonych do planowanych ($WWK=0,99$), jednak prace są dosyć opóźnione ($WWH=0,85$). Planowany koszt zakończenia robót to 584301,77 zł (SKK), czyli więcej o 6858,31 zł (OKC ujemne oznacza przekroczenie planowanych kosztów) niż planowano ($BK=577443,47$ zł). Różnica pomiędzy wartością wypracowaną i rzeczywistymi wydatkami wynosi -3 180,66 zł (OKS) co stanowi -1% (OKP) w stosunku do wartości wypracowanej. Stosunek pracy, jaka pozostała do wykonania do budżetu, jaki został do wykorzystania ($WWDW$, czyli wymagane zwiększenie wydajności) jest korzystny i wynosi 1,01, natomiast $OHRP= -15\%$ pokazuje na znaczne procentowe opóźnienie harmonogramu w stosunku do planu. Chcąc bliżej przeanalizować sytuację poszczególnych grup robót należy podobną analizę przeprowadzić dla wskaźników tej grupy.



Rysunek 4.15. Fragment harmonogramu z podanym zaawansowaniem robót i z wartościami BKPH, BKPW i RKPW

Informacje o projekcie Pola niestandardowe Łączy między projektami SPP Zmieni czas pracy Oblicz projekt Ustaw plan bazowy Przenieś projekt Harmonogram Data stanu: 10-01-04 Aktualizuj projekt Synchronizuj do chronionych wartości rzeczywistych Raporty wizualne Raporty F												
Właściwości			Harmonogram					Stan			Raporty	
Nazwa zadania	Wykonano %	OKS	OKP	WVK	BK	SKK	OKC	WWDW	WVH	OHRP		
1 Budynek biurowy	27%	-3 180,66 zł	-1%	0,99	577 443,47 zł	584 301,77 zł	-6 858,31 zł	1,01	0,85	-15%		
2 Rozpoczęcie prac	100%	0,00 zł	0%	0	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0	0	0%		
3 Roboty przygotowawcze	100%	-1 789,84 zł	-24%	0,81	7 560,16 zł	9 350,00 zł	-1 789,84 zł	-0	1	0%		
9 Roboty ziemne	100%	-409,76 zł	-5%	0,95	7 790,24 zł	8 200,00 zł	-409,76 zł	-0	1	0%		
16 Roboty fundamentowe - Ławy i Płyta	100%	-1 782,64 zł	-3%	0,98	70 553,92 zł	72 336,56 zł	-1 782,64 zł	-0	1	0%		
30 Roboty konstrukcyjne	46%	910,22 zł	1%	1,01	315 314,85 zł	313 720,40 zł	1 594,44 zł	0,99	0,81	-19%		
31 Parter	91%	-2 609,24 zł	-2%	0,98	170 543,53 zł	173 179,80 zł	-2 636,27 zł	-2,03	0,99	-1%		
32 Ściany konstrukcyjne	100%	-1 109,96 zł	-1%	0,99	98 674,64 zł	99 784,60 zł	-1 109,96 zł	-0	1	0%		
37 Słupy konstrukcyjne	100%	0,00 zł	0%	1	1 688,88 zł	1 688,88 zł	0,00 zł	1	1	0%		
41 Strop	100%	-1 284,19 zł	-2%	0,98	64 215,81 zł	65 500,00 zł	-1 284,19 zł	-0	1	0%		
49 schody żelbetowe boczne - szt. 2	100%	-44,00 zł	-1%	0,99	3 856,74 zł	3 900,74 zł	-44,00 zł	-0	1	0%		
54 schody żelbetowe główne - frontowe	11%	-171,09 zł	-48%	0,68	2 107,46 zł	3 112,09 zł	-1 004,63 zł	1,11	0,17	-83%		
55 przygotowanie i montaż zbrojenia schodów	100%	-33,82 zł	-20%	0,83	166,18 zł	200,00 zł	-33,82 zł	-0	1	0%		
56 betonowanie schodów oraz zagęszczenie betonu	10%	12,73 zł	7%	1,07	1 799,28 zł	1 680,45 zł	118,83 zł	0,99	0,11	-89%		
57 przerwa technologiczna	0%	0,00 zł	0%	0	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0	0	0%		
58 demontaż deskowania schodów	0%	-150,00 zł	0%	0	142,00 zł	292,00 zł	-150,00 zł	-17,75	0	-100%		
59 I piętro	7%	3 519,46 zł	31%	1,46	138 141,12 zł	94 766,35 zł	43 374,77 zł	0,97	0,21	-79%		
60 Ściany konstrukcyjne	14%	3 519,46 zł	31%	1,46	85 408,36 zł	58 591,09 zł	26 817,27 zł	0,95	0,22	-78%		
61 przygotowanie i montaż zbrojenia ścian zewnętrznych	100%	0,00 zł	0%	1	6 842,18 zł	6 842,18 zł	0,00 zł	1	1	0%		
62 Ściany konstrukcyjne zewnętrzne 20 cm	10%	2 886,48 zł	90%	9,75	32 228,80 zł	3 306,57 zł	28 922,23 zł	0,91	0,1	-90%		
63 przygotowanie i montaż zbrojenia ścian wewnętrznych	10%	632,98 zł	55%	2,22	10 934,98 zł	4 917,24 zł	6 017,74 zł	0,94	0,11	-89%		

Rysunek 4.16. Fragment harmonogramu z podanym zaawansowaniem robót i z wartościami wskaźników EVM dla poszczególnych zadań i całego projektu

4.6. Słownik pojęć i akronimów używanych w metodzie EVM

- ACWP (Actual Cost of Works Performed) – rzeczywisty koszt wykonanej pracy
- AD (Actual Duration) – czas, jaki upłynął od rozpoczęcia prac do dnia aktualizacji
- BAC (Budget At Completion) – planowany koszt wykonania obiektu
- BCWP (Budgeted Cost of Works Performed, EV) – wartość wypracowana czyli planowany koszt wykonanej pracy
- BCWS (Budgeted Cost of Works Scheduled) – planowany koszt planowanej pracy
- BK (MS Project) patrz PV
- BKPH (MS Project) patrz BCWS
- BKPW (MS Project) patrz BCWP
- CA (Copleted Actual) – stan zaawansowania zadania w dniu aktualizacji

- CP (Copleted Planned) – planowany stan zaawansowania zadania w dniu aktualizacji
- CPI (Cost Performance Index) – wskaźnik wykonania budżetu $CPI = BCWP/ACWP$
- CV (Cost Variance – Odchylenie kosztu) – jest to różnica pomiędzy wartością wypracowaną i rzeczywistymi wydatkami w badanym punkcie raportu:
- $CV = BCWP - ACWP$
- CV% (Cost Variance % – % Odchylenie kosztu) – jest to wartość CV wyrażona procentowo: $CV\% = 100 * (BCWP - ACWP) / BCWP$
- EAC (Estimated at Completion) – jest to szacowany ostateczny koszt projektu
- ETG (Estimate to Go) – przewidywany koszt dokończenia inwestycji
- ETTC (Estimated Time At Completion) – przewidywany czas, jaki zajmie realizacja całej inwestycji
- EV (Earned Value) – wartość wypracowana oznaczana też BCWP
- FCST (Forecast of Remaining Work) – przewidywany skumulowany koszt dokończenia robót
- OHR (MS Project) patrz SV
- OHRP (MS Project) patrz SV%
- OKC (MS Project) patrz VAC
- OKP (MS Project) patrz CV%
- OKS (MS Project) patrz CV
- PC (Percent Complete) – procentowy stan zaawansowania realizacji zadania $PC = 100 * (BCWP / BAC)$
- PCS (Percent Complete Scheduled – wyraża planowany procent wykonania budżetu: $PCS = 100 * (BCWS / BAC)$
- PD (Planned Duration) – planowany czas realizacji inwestycji
- PDWR (Planned Duration of Work Remaining) – przewidywany czas, jaki zajmie dokończenie projektu
- PV (Planned Value) – planowany koszt planowanej pracy, czyli BCWS
- RKPW (MS Project) patrz ACWP
- SKK (MS Project) patrz EAC
- SPI (Schedule Performance Index) – wskaźnik wykonania harmonogramu: $SPI = BCWP / BCWS$
- SV (Schedule Variance) – odchylenie od harmonogramu mierzone w pionie: $(BCWP - BCWS)$
- SV% (Scheduled Variance % – % odchylenia od harmonogramu): jest to wartość SV wyrażona procentowo: $SV\% = 100 * (BCWP - BCWS) / BCWS$
- TCPI (To Complete Performance Index – wymagany wskaźnik wykonania kosztów) – wskaźnik ukazujący stosunek pracy pozostałej do wykonania do pieniędzy pozostałych w budżecie $TCPI = (BAC - BCWP) / (BAC - ACWP)$
- VAC – (Variance at Completion) – różnica pomiędzy planowanymi kosztami wykonania obiektu a aktualną prognozą: $VAC = BAC - EAC$
- WWDW (MS Project) patrz TCPI
- WWH (MS Project) patrz SPI

- WWK (MS Project) patrz CPI

4.7. Literatura

- [1] Anbari, F. (2003). Earned value method and extensions. *Project Manage Journal*, Dec. 34(4), 12-23.
- [2] Chatfieldm, C. (2008). *Microsoft Office Project 2007 krok po kroku*. Warszawa: Wydawnictwo RM, Wyd. I.
- [3] Czarnigowska, A. (2009). Kontrola postępu realizacji przedsięwzięcia metodą Earned Value. *Przeгляд Budowlany*, 2, 50-55.
- [4] Fleming, Q. W. i Koppelman, J. M. (2002). Earned Value Management: Mitigating the Risks Associated with Construction Projects. *Program Manager*, March-April, 90-95.
- [5] Flyvbjerg, B., Holm, M. S. i Buhl, S. (2002). Underestimating Costs in Public Works, Error or Lie. *American Planning Association Journal*, Vol. 68, No. 3, Summer, 279-295.
- [6] Grzybowska, M. (2012). *Kontrola rzeczowo – finansowa metodą EVM budowy Villa Verde zlokalizowanej przy ul. Branickiego w dzielnicy Warszawa Wilanów* (praca magisterska). Warszawa: SGGW.
- [7] Jacob, D. (2003). Forecasting project schedule completion with earned value metrics. *The Measurable News*, No. 1 (March), 7-9.
- [8] Jaworski, K. M. (1999). *Metodologia projektowania realizacji budowy*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [9] Kasprowicz, T. (2007). Inżynieria przedsięwzięć budowlanych. W O. Kapliński (red.), *Metody i modele badań w inżynierii przedsięwzięć budowlanych*. (strony 69-74). Warszawa: Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej, Instytut Podstawowych Problemów Techniki.
- [10] Komendarek, P. (2010). *Bieżąca kontrola kosztów wykonania robót budowlanych na przykładzie budowy Naczelnego Sądu Administracyjnego przy ul. Boduena w Warszawie* (praca magisterska). Warszawa: SGGW.
- [11] Lipke, W. (2004). Connecting earned value to the schedule. *The Measurable News*, Winter, 1, 6-16.
- [12] Lipke, W. (2009). Project Duration Forecasting ...a comparison of Earned Value Management methods to Earned Schedule. *The Measurable News*, May, 2, 24-31.
- [13] Majewski, W. (2006). Zarządzanie kosztami i doradztwo finansowe w procesie budowlanym. *Inżynier budownictwa*, 6 i 7, 29-35.
- [14] Marcinkowski, R. (2009). Struktura podziału pracy (SPP) w planowaniu przedsięwzięć budowlanych. W J. Szwabowski (red.), *Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych Wisła 2009*. (strony 221-228). Gliwice: Katedra Procesów Budowlanych Politechnika Śląska.
- [15] Oksztulski, K. (2009). *Kontrola zaawansowania finansowego realizacji obiektów budowlanych na podstawie metody wartości wypracowanej* (praca magisterska). Warszawa: SGGW.

- [16] Połoński, M. (2009a). Kontrola zaawansowania finansowego realizacji budynku biurowego metodą EVM w programie MS Project. W PZITB Oddział Warszawski [PZITB], *Problemy przygotowania i realizacji inwestycji budowlanych : warsztaty inżynierów budownictwa : VI konferencja naukowo-techniczna : Puławy 19-21 października 2009 r.* (strony 101-110). Puławy: PZITB.
- [17] Połoński, M. (red.). (2009b). *Kierowanie budowlanym procesem inwestycyjnym*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [18] Połoński, M. (2010). Wpływ budowy sieci zależności na przebieg ścieżki krytycznej i wyniki aktualizacji harmonogramu sieciowego. *Czasopismo techniczne, 1-B/2010 Zeszyt 2 Rok 107*, 325-340.
- [19] Połoński, M. (2012). Prognozowanie czasu zakończenia inwestycji na podstawie jej bieżącego zaawansowania. *Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych, Tom XIII/3*, 169-179.
- [20] Połoński, M. i Komendarek, P. (2011). Bieżąca kontrola kosztów realizacji obiektu budowlanego metodą earned value. *Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych, Tom XII/2*, 279-290.
- [21] Połoński, M. i Ziółkowska, A. (2012). Edycja kosztów w programie MS Project. *Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej, Vol. 13*, 277-284.
- [22] Połoński, M. i Ziółkowska, A. (2012). Wpływ ustawień opcji programu MS Project na sposób aktualizacji harmonogramu i wyznaczanie wskaźników wartości wypracowanej. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 21 (3) nr 57*, 195-212.
- [23] Reilly, J., McBride, M., Sangrey, D., Macdonald, D. i Brown, J. (2004). *The development of CEVP® - WSDOT's Cost-Risk Estimating Process*. Pobrano z lokalizacji Boston Society of Civil Engineers: <http://www.wsdot.wa.gov/projects/projectmgmt/riskassessment>
- [24] Skorupka, D. (2008). Identification and Initial Risk Assessment of Construction Projects in Poland. *Journal of Management in Engineering, Volume 24, Number 3, July*, 120-127.
- [25] Skorupka, D. (2009). Method of planning construction projects taking into account risk factors. *Operations Research and Decision, Vol. 3*, 119-128.
- [26] Vandevoorde, S. i Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management, Vol. 24*, 289-302.
- [27] Webb, A. (2008). *Wartość wypracowana w praktyce*. Warszawa: PROED.
- [28] Wilkens, T. (1999). *Earned Value, Clear and Simple*. Pobrano z lokalizacji PRPJECSTMART.CO.UK: <http://www.projectsmart.co.uk/docs/earned-value.pdf>