

Dariusz SKORUPKA*

METODA OCENY RYZYKA REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ INŻYNIERYJNO - BUDOWLANYCH

Wstęp

Każdy plan zawiera element prognozy, której trafność zależy między innymi od prawidłowej oceny potencjalnych zakłóceń mogących wystąpić w procesie realizacji tego planu. Zakłócenia te często nazywane są czynnikami ryzyka. Natomiast całe zjawisko generalnie ryzykiem, a w tym wypadku ryzykiem realizacyjnym.

Problem związany z ryzykiem, a dokładnie z jego oceną dotyczy także przedsięwzięć inżyniersko-budowlanych. W związku z tym, że nie ma obecnie metody dotyczącej oceny ryzyka realizacji ww. przedsięwzięć, podjęto wysiłek badawczy [13-20], którego efektem jest autorska metoda o nazwie MOCRA (Method of Construction Risk Assessment). Zastosowanie metody (szerzej opisanej w dalszej części artykułu) pozwala na identyfikację, specyfikację i kwantyfikację czynników ryzyka oraz ich odniesienie do harmonogramów rzeczowo-finansowych budowy.

W celu lepszego zrozumienia zjawiska ryzyka, opis metody poprzedzono analizą teoretyczną.

1. Geneza semantyczna ryzyka

Termin *ryzyko* wywodzi się od włoskiego czasownika *riscare* i oznacza „mieć śmiałość” lub „odważyć się”. Ryzyko jest stałym elementem występującym w każdym procesie podejmowania decyzji [1, 3] i odnosi się najczęściej do problemu realizacji zadania. W literaturze przedmiotu znajdujemy wiele definicji ryzyka.

Knight [5, 7] uważany za klasyka teorii ryzyka i twórcę *teorii mierzalnej i niemierzalnej*, twierdzi, że „*ryzyko to niepewność mierzalna, a niepewność sensu stricto to niepewność niemierzalna*”. Z kolei J. Pfeffer [9, 7] stwierdza, że „*ryzyko jest kombinacją hazardu i jest mierzone prawdopodobieństwem, a niepewność mierzona jest przez poziom wiary*”.

* ppłk dr inż. Dariusz SKORUPKA - Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych

Do powyższych autorytetów odnosi się w swojej publikacji także Jan Monkiewicz [6], analizując problematykę związaną z ryzykiem ubezpieczeniowym. Ważniejsze, jego zdaniem, definicje ryzyka ubezpieczeń to: ryzyko jako szansa nastąpienia straty, ryzyko jako możliwość nastąpienia straty, ryzyko jako stan, w którym istnieje możliwość straty, ryzyko jako dyspersja rezultatów rzeczywistych i oczekiwanych, ryzyko jako prawdopodobieństwo wyniku innego niż oczekiwany, ryzyko jako niepewność, ryzyko jako niebezpieczeństwo, ryzyko jako przedmiot ubezpieczenia.

Z wymienionych najbardziej trafna wydaje się definicja opierająca się na dyspersji rezultatów rzeczywistych i oczekiwanych. Poważne wątpliwości budzi natomiast definicja ryzyka jako niepewności (z punktu widzenia teorii decyzji jest to nieprawda) oraz definicja ryzyka jako szansy nastąpienia straty. Trudno bowiem, nawet przy dużym stopniu umowności, utożsamiać stratę z szansą [17].

W odniesieniu do przedsięwzięć budowlanych Tadeusz Kasprówicz [4] proponuje podział ryzyka na:

- *ryzyko lub niepewność robót* – losowe zjawiska i zdarzenia charakteryzujące dany obiekt budowlany, występujące w danym czasie, miejscu, środowisku i otoczeniu systemowym, bezpośrednio związane z rodzajem i wielkością obiektu, generowane tylko przez właściwości fizyczne, chemiczne, techniczne, technologiczne, organizacyjne, eksploatacyjne, losowe zjawiska i zdarzenia charakteryzujące dyspozycyjne zasoby (ludzi, środki pracy i przedmioty pracy) generowane przez ich właściwości fizyczne, chemiczne systemowe itp. obiektu budowlanego, w szczególności przez konstrukcję tego obiektu,
- *ryzyko lub niepewność zasobów* - techniczne, technologiczne, organizacyjne, eksploatacyjne, systemowe itp., a więc bezpośrednio związane z rodzajem i ilością zasobów, poziomem kwalifikacji, specjalizacją i dyscypliną zawodową ludzi, niezawodnością oraz dostępnością narzędzi, maszyn i materiałów będących w dyspozycji, przydatnych do realizacji robót, warunkujące zastosowanie i pracę zasobów [4],
- *ryzyko lub niepewność sytuacyjna* – losowe zjawiska i zdarzenia charakteryzujące otoczenie systemowe i środowisko realizacji przedsięwzięcia, występujące w danym czasie i miejscu losowe zjawiska bezpośrednio związane z rodzajem i wielkością obiektu oraz zakresem robót, które mają wpływ na zastosowanie posiadanych zasobów i wykonanie robót [4].

Z kolei Tarczyński i Mojsiewicz [21] proponują różne klasyfikacje ryzyka. Na przykład:

- *ryzyko właściwe* – związane z działaniem prawa wielkich liczb i odnoszące się do zjawisk o charakterze katastroficznym,
- *ryzyko subiektywne* – związane z niedoskonałością człowieka, który subiektywnie ocenia prawdopodobieństwo wystąpienia pewnych zjawisk w przyszłości,
- *ryzyko obiektywne* - forma absolutnej niepewności, która związana jest z niemożliwością przewidzenia rozwoju niektórych zjawisk [21].

Kolejna klasyfikacja ryzyka zaproponowana także w [21], związana jest bezpośrednio z decyzjami rozwojowymi firmy. Należą do nich:

- *ryzyko projektu – związane z technicznymi warunkami realizacji projektu,*
- *ryzyko firmy – związane z błędną oceną przez firmę inwestującą przyszłych warunków rynkowych,*
- *ryzyko właścicieli – wynikające z braku zainteresowania właścicieli, różnicowaniem kierunków rozwoju firm, które prowadzi do zminimalizowania ryzyka gospodarczego [21].*

Adam Winegard i Stephen Warhoe [22] określają ryzyko jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia czynnika negatywnego oraz jego wpływ na przedsięwzięcie.

Tak zdefiniowane ryzyko można opisać wzorem:

$$R = p \times c, \quad (1)$$

gdzie:

p - prawdopodobieństwo wystąpienia czynnika ryzyka,

c - konsekwencja dla przedsięwzięcia inżyniersko-budowlanego (dokładnie dla jego czasu lub kosztu realizacji) wystąpienia tego czynnika.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że definiowanie ryzyka jest różnorodne (ze względów redakcyjnych przytoczono tylko wybrane definicje). W badaniach autorskich założono, że z punktu widzenia utylitarne, czytelną miarą ryzyka jest kontyngencja (ewentualność zwiększenia) czasu i kosztu przedsięwzięcia budowlanego.

2. Metoda oceny ryzyka

Metoda **MOCRA** (*Method of Construction Risk Assessment*) jest metodą autorską [15 – 20]. Założono w niej, że pierwszym elementem analizy jest jasne zdefiniowanie pojęcia ryzyka. Ma to zasadnicze znaczenie do dalszej analizy, gdyż ryzyko „pojmowane” i definiowane jest różnie, co może doprowadzić do problemów z jego interpretacją. Następnym elementem metody jest identyfikacja czynników ryzyka. Po czym dokonuje się specyfikacji możliwych czynników ryzyka, w której uwzględnia się specyfikę polskiego rynku budowlanego i dopasowuje listę czynników ryzyka do rodzaju realizowanego przedsięwzięcia budowlanego (inne dla budownictwa ogólnego, inne dla budownictwa drogowego, kolejowego itd.). Po dokonaniu identyfikacji i specyfikacji czynników ryzyka, należy je skwantyfikować. Wstępna ocena ryzyka realizacji przedsięwzięcia budowlanego to kolejny element analizy. Wykorzystuje się w niej ideę zaproponowaną w metodzie ICRA [2], polegającą na trzystopniowej ocenie przedsięwzięcia. Pierwszy stopień analizy to ocena ryzyka na poziomie makro, która sprowadza się najczęściej do analizy ryzyka krajowego. Drugi stopień to analiza na poziomie branży budowlanej i ostatni na poziomie realizowanego przedsięwzięcia. Na tym etapie może nastąpić rezygnacja (ze strony wykonawcy) z realizacji przedsięwzięcia budowlanego, jeśli wstępna ocena ryzyka będzie nie do zaakceptowania przez potencjalnych realizatorów. W przeciwnym wypadku zastosowanie metody umożliwi ponowną weryfikację czynników ryzyka oraz analizę możliwości zmniejszenia ich niekorzystnego wpływu.

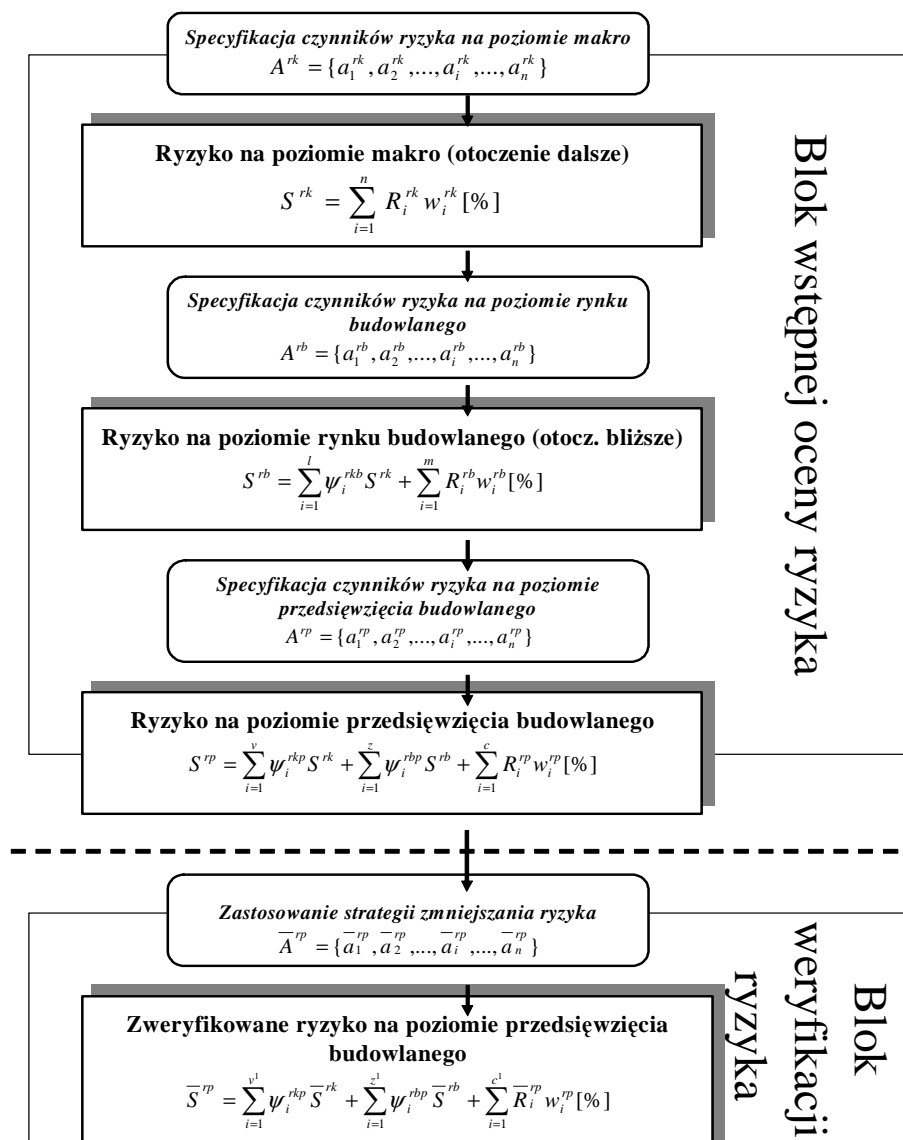
wu na realizowane przedsięwzięcie lub całkowitą eliminację poprzez moduł zmniejszenia ryzyka. Na rysunku 1. i 2. przedstawiono skrócony opis matematyczny metody.

W opisie zastosowano następujące zmienne:

- A^{rk} - zbiór czynników ryzyka (kryteriów oceny ryzyka) na poziomie makro,
- a_i^{rk} - i-ty czynnik ryzyka na poziomie makro,
- w_i^{rk} - i-ta waga na poziomie makro,
- n - ilość czynników ryzyka na poziomie makro,
- R_i^{rk} - i-te ryzyko związane z wystąpieniem czynnika a_i^{rk} na poziomie makro,
- $P(a_i^{rk})$ - prawdopodobieństwo wystąpienia i-tego niekorzystnego zdarzenia (czynnika) na poziomie makro,
- $C(a_i^{rk})$ - konsekwencja (wpływ na realizację projektu) wystąpienia i-tego niekorzystnego zdarzenia (czynnika),
- S^{rk} - suma ważona ryzyka – kompleksowe ryzyko na poziomie makro,
- A^{rb} - zbiór czynników ryzyka (kryteriów oceny ryzyka) na poziomie rynku,
- a_i^{rb} - i-ty czynnik ryzyka na poziomie rynku,
- w_i^{rb} - i-ta waga na poziomie rynku,
- d - ilość czynników ryzyka na poziomie rynku budowlanego,
- ψ_i^{kpb} - współczynnik relacji, określający wpływ całościowego ryzyka poziomu makro na i-ty czynnik ryzyka rynku budowlanego,
- R_i^{rb} - i-te ryzyko związane z wystąpieniem czynnika a_i^{rb} na poziomie rynku budowlanego, które nie są w relacji z ryzykiem na poziomie makro,
- $R_{\psi_i}^{kpb}$ - i-te ryzyko na poziomie rynku budowlanego, będące w relacji z ryzykiem na poziomie makro,
- S^{rb} - kompleksowe ryzyko na poziomie rynku budowlanego,
- l - liczba czynników ryzyka, będących w relacji z poziomem makro,
- m - liczba czynników ryzyka, które nie są w relacji z poziomem makro,
- A^{rp} - zbiór czynników ryzyka (kryteriów oceny ryzyka) na poziomie przedsięwzięcia,
- a_i^{rp} - i-ty czynnik ryzyka na poziomie przedsięwzięcia,
- w_i^{rp} - i-ta waga na poziomie przedsięwzięcia,
- f - ilość czynników ryzyka na poziomie przedsięwzięcia,
- ψ_i^{rkp} - współczynnik relacji, określający wpływ całościowego ryzyka poziomu makro na i-ty czynnik ryzyka z poziomu przedsięwzięcia,
- ψ_i^{rbp} - współczynnik relacji, określający wpływ całościowego ryzyka poziomu rynku budowlanego na i-ty czynnik ryzyka poziomu przedsięwzięcia,

METODA OCENY RYZYKA REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ...

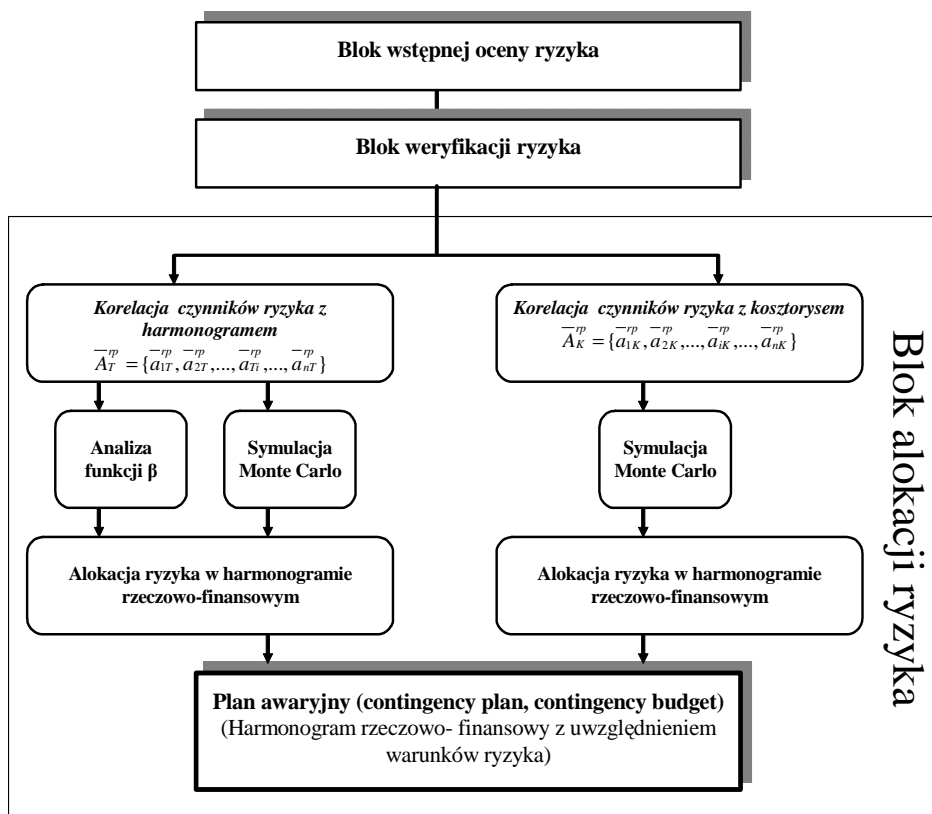
- R_i^p - i-te ryzyko związane z wystąpieniem czynnika a_i^p na poziomie przedsięwzięcia, które nie są w relacji z ryzykiem na poziomie rynku budowlanego i makro,
- $R_{\psi_i}^{rkp}$ - i-te ryzyko na poziomie przedsięwzięcia, będące w relacji z ryzykiem na poziomie makro,
- $R_{\psi_i}^{rbp}$ - i-te ryzyko na poziomie przedsięwzięcia, będące w relacji z ryzykiem na poziomie ryzyka rynku budowlanego,
- S^p - kompleksowe, ostateczne ryzyko na poziomie przedsięwzięcia,
- v - liczba czynników ryzyka przedsięwzięcia, będących w relacji z poziomem ryzyka makro,
- z - liczba czynników ryzyka przedsięwzięcia, będących w relacji z poziomem ryzyka rynku budowlanego,
- c - liczba czynników ryzyka, które nie są w relacji z innymi poziomami ryzyka,
- \bar{S}^p - zweryfikowane (zmniejszone) ryzyko na poziomie przedsięwzięcia,
- v^1 - liczba, po weryfikacji, czynników ryzyka przedsięwzięcia, będących w relacji z poziomem ryzyka makro,
- z^1 - liczba, po weryfikacji, czynników ryzyka przedsięwzięcia, będących w relacji z poziomem ryzyka rynku budowlanego,
- c^1 - liczba, po weryfikacji, czynników ryzyka, które nie są w relacji z innymi poziomami ryzyka.



Rys. 1. Model ideograficzny wstępnej oceny i weryfikacji ryzyka

Źródło: Opracowanie własne

Kolejny krok to ponowna ocena i dopasowanie czynników ryzyka do konkretnych czynności w harmonogramie. Po tej operacji dokonuje się alokacji „pozostałego ryzyka” w harmonogramie rzeczowo-finansowym danego przedsięwzięcia budowlanego. Pozwala to na opracowywanie wariantów awaryjnych harmonogramów rzeczowo-finansowych. Na koniec, po realizacji przedsięwzięcia budowlanego, obliczane są tzw. współczynniki trafności oceny, które umożliwiają ocenę efektywności opracowanych wariantów awaryjnych, czyli różnicę między czasem i kosztem prognozowanym a rzeczywistym.



Rys. 2. Model ideograficzny alokacji ryzyka

Źródło: Opracowanie własne

Zmienne zastosowane w opisie matematycznym dotyczące rysunku 2. to:

\bar{A}_T - zbiór czynników ryzyka skorelowanych z harmonogramem,

\bar{A}_K - zbiór czynników ryzyka skorelowanych z kosztorysem.

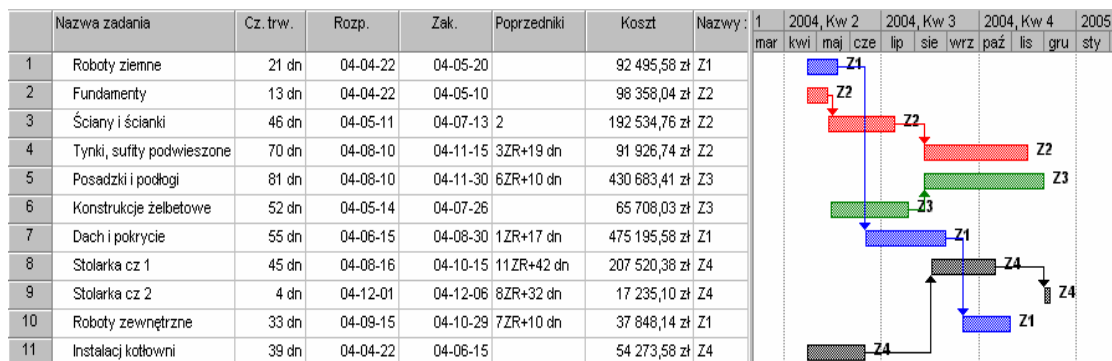
Algorytm metody MOCRA skonstruowany jest tak, że daje możliwość rozwiązania problemów naukowych i osiągnięcia celów użytecznych. Dokładny opis metody znajduje się w pozycjach [15-20].

W kolejnym punkcie przedstawiono wybrane elementy wyników badań praktycznych.

3. Przykład implementacji metody MOCRA

Weryfikacji przydatności użytkowej metody dokonano podczas planowania i realizacji sali gimnastycznej z krytą pływalnią przy Zespole Szkół - Centrum Kształcenia Ustawicznego w Żarnowcu. Budowa była jedną z kilku monitorowanych przez autora. Przedsięwzięcie budowlane obejmowało: budowę obiektu podstawowego – sala gimnastyczna z zapleczem, przebudowę części budynku szkoły, przebudowę budynku warsztatów na kotłownię centralnego ogrzewania (zgodnie z projektem technologii kotłowni – obieg C), budowę przyłącza wodociągowego, budowę przyłącza sanitarnego. Termin rozpoczęcia zadania inwestycyjnego ustalono na 22.04.2004 r. Termin zakończenia zadania inwestycyjnego zaplanowano na 31.12.2004 r.

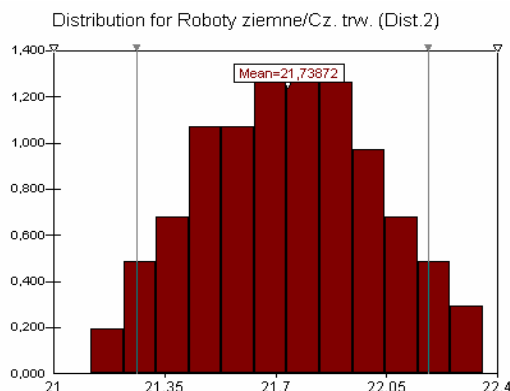
Fragment (ze względu na jego obszerność) harmonogramu rzeczowo-finansowego przygotowanego przez wykonawcę i zaakceptowanego przez inwestora przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Harmonogram rzeczowo-finansowy budowy sali sportowej w Żarnowcu – deterministyczny

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmy budowlanej

Posługując się algorytmem metody MOCRA, przedstawianym na rys.1 i rys 2, dokonano identyfikacji, kwantyfikacji i weryfikacji czynników ryzyka. Następnie skorelowano je z poszczególnymi operacjami przedsięwzięcia budowlanego, opisanymi w harmonogramie rzeczowo-finansowym.



Rys. 4. Estymacja parametryczna operacji – roboty ziemne

Źródło: Opracowanie własne przy zastosowaniu programu Risk 4.1.

Do alokacji ryzyka (skutków wystąpienia czynników ryzyka przy kryterium czasu i kosztów) w harmonogramie wykorzystano metodę Monte Carlo (program Risk 4.1 for Project) [13]. Na rysunku 4. przedstawiono jedno z wielu okien dialogowych (dokładnie część okna dialogowego) wykorzystanych do estymacji parametrów (wartości oczekiwanej) zakłóceń kosztów.

Estymacja parametryczna skutków wystąpienia poszczególnych czynników ryzyka, przeprowadzona dla każdej operacji przedsięwzięcia budowlanego, pozwoliła na określenie zmiany wartości oczekiwanych czasów i kosztów poszczególnych operacji. Dane te posłużyły do budowy awaryjnego harmonogramu rzeczowo-finansowego dla omawianej budowy (rys.5).

METODA OCENY RYZYKA REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ...



Rys. 5. Harmonogram rzeczowo-finansowy sali sportowej w Żarnowcu – z uwzględnieniem ryzyka

Źródło: Opracowanie własne przy zastosowaniu programu Risk 4.1.

Różnice między harmonogramem deterministycznym, a opracowanym z uwzględnieniem warunków ryzyka (awaryjnym) można określić, porównując kolumny „czasu trw.” i „kosztów”.

Wykorzystanie metody MOCRA umożliwiła dużo szerszą analizę wyników badań, która w publikacji nie została przedstawiona ze względów redakcyjnych. Np. trafność prognozy czasu lub kosztu w stosunku do rzeczywistych wyników budowy.

Podsumowanie

Zastosowanie metody MOCRA, ani żadnej innej, nie skutkuje 100% precyzją prognozy lub całkowitą eliminacją ryzyka. W amerykańskich periodykach można spotkać się z sentencją: *Unfortunately, many people have mistakenly assumed that Risk Analysis techniques are magic - black boxes*” [9]. Co oznacza, że *analiza ryzyka nie jest magiczną skrzynką, udzielającą wszelkich i pełnych odpowiedzi*. Jednak sam fakt diagnozowania problemu może skutkować poprawą jakości planowania, przewidywania i reakcji na ewentualne problemy, a przez to na efektywność realizacji przedsięwzięcia inżynierjno-budowlanego.

Obecnie prowadzone są badania nad zastosowaniem metody do analizy ryzyka przedsięwzięć inżynierjnych realizowanych w wojsku.

BIBLIOGRAFIA

- [1]Cockshaw A., Ferguson D., Grace P., *RAMP – Risk Analysis and Management for Project*, Institute of Civil Engineers and Institute of Actuaries, London, GB 2000.
- [2]Hastak M., Shaked A., *ICRAM: Model for International Construction Risk Assessment*, Journal of Management in Engineering, No 38, USA 2000, 59- 69.
- [3]Kaplinski O., *Modeling of construction process*. Studia z Zakresu Inżynierii, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, IPPT PAN, Warszawa1997.
- [4]Kasprowicz T., *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych* [Construction Projects Engineering] Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu 2002.
- [5]Knight F.H., *Risk, Uncertainty and Profit*, University of Boston Press, Boston 1921.

- [6] Monkiewicz J., *Podstawy ubezpieczeń – tom I – mechanizmy i funkcje*, Pol-text, Warszawa 2000.
- [7] Ostrowska E., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, PWE, Warszawa 2002.
- [8] Pfeffer J., *Insurance and Economic Theory*, Irvin Inc., Homewood, Illinois, USA, 1956.
- [9] Regan S. T., *Risk Management Implementation and Analysis*, AACE International Transaction, Orlando, USA 2003.
- [10] Royer P.S., *Project Risk Management*, Cop. by Management Concepts, Inc., Vienna, USA 2002.
- [11] Sienkiewicz P., *Analiza systemowa (Podstawy i zastosowania)*, Bellona, Warszawa 1994.
- [12] Skorupka D., Hastak M., *Identification and Analysis of Risk Indicators of an Increase in Construction Project Costs*, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej – Problemy w budownictwie, (s. 223- 230) Krynica 2006.
- [13] Skorupka D., *Identification and Initial Risk Assessment of Construction Projects in Poland* (materiał przyjęty do publikacji). Journal of Management in Engineering, American Society of Civil Engineers 2007.
- [14] Skorupka D., *Metoda identyfikacji i kompleksowej oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych*. (rozdział przyjęty do publikacji w monografii) Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa 2006.
- [15] Skorupka D., *Metoda oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych*, Technologia i zarządzanie w budownictwie, Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej (s. 231- 238) Wrocław 2006.
- [16] Skorupka D., *Neural Networks in Risk Management of Project*, AACE International Transaction, Washington, USA 2004, 151- 157.
- [17] Skorupka D., *Risk Management in Building Projects*, AACE International Transaction, Orlando, USA 2003, 190 -196
- [18] Skorupka D., *Risk Quantification and Allocation in Construction Schedules*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolno-Budowlanego we Lwowie, No 7, (s. 160- 167), Lwów 2006.
- [19] Skorupka D., *The Method of Identification and Quantification of Construction Projects Risk*, Archives of Civil Engineering, No 4, Warszawa 2005, 647-662.
- [20] Tarczyński W., Mojsiewicz M., *Zarządzanie ryzykiem*, PWE, Warszawa 2001.
- [21] Winegard, A., and Warhoe S. P. (2003). “*Understanding Risk to Mitigate Changes and Avoid Disputes.*” AACE International Transaction, The Association for the Advancement of Cost Engineering. Orlando. 01.1- 01.8.
- [22] *Risk 4.1. for Project- Instrukcja użytkownika*. Nr licencji - S/N: 10867253.