

UWZGLĘDNIENIE RYZYKA W OCENIE CZASU W OFERCIE REWITALIZACJI OBIEKTU ZABYTKOWEGO

Anna SOBOTKA^{a*}, Paweł JASIAK^b

^a Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

^b SAMSON Sp. z o.o., ul. Spokojna 22, Tarnów

Streszczenie: Planowanie rewitalizacji obiektów zabytkowych obarczone jest dużym ryzykiem w ocenie czasu i kosztów wykonania. Jest to szczególnie uciążliwe w inwestycjach realizowanych ze środków publicznych. W artykule przedstawiono analizę oceny czasu realizowanej w Krakowie rewitalizacji obiektu zabytkowego. Do szacowania czasu procesów oraz oceny prawdopodobieństwa dotrzymania terminu realizacji inwestycji zastosowano znaną powszechnie, lecz rzadko stosowaną w praktyce, metodę PERT. Obserwacja trwającej realizacji budowy pozwala porównać wyniki planowania z rzeczywistym przebiegiem robót budowlanych i uzasadnia celowość stosowania modeli uwzględniających warunki niepewności i ryzyka, za pomocą których dokładniej i trafniej można przewidzieć czas budowy.

Słowa kluczowe: obiekty zabytkowe, rewitalizacja, czas trwania, ryzyko.

1. Wstęp

Obiekty zabytkowe zwykle stanowią własność publiczną i ich remonty zlecane są do wykonania w trybie przetargowym według Prawa Zamówień Publicznych – PZP, gdzie dominuje przetarg nieograniczony – w 2009 roku zastosowano go w ponad 68% zamówień (Urząd Zamówień Publicznych, 2010)). Wprawdzie podstawą wyboru oferty według PZP jest bilans ceny i innych kryteriów odnoszących się do przedmiotu zamówienia lub tylko cena, to czas wykonania zlecenia, zapisany ostatecznie w umowie pomiędzy zlecającym a wykonawcą, musi być z wielką uwagą określony. Tym bardziej, że rynek zamówień publicznych jest często głównym rynkiem dla wielu przedsiębiorców (wartość zamówień publicznych wzrasta: w roku 2000 – 23 mld zł, w 2004 – 68,1 mld, a w 2009 – 126,7 mld zł).

Ocena czasu i kosztów wykonywania robót budowlanych przy rewitalizacji obiektu zabytkowego w większym stopniu niż budowa nowego obiektu obciążona jest dużym ryzykiem. Wymaga ona uwzględnienia okoliczności/czynników, które stanowią tak zwane źródła ryzyka i są przyczyną popełnienia błędów w ich ocenie i w konsekwencji w planowaniu. Obserwuje się rozwój zaawansowanych metod do oceny ryzyka w realizacji przedsięwzięcia budowlanego (Skorupka, 2006; Koper i Marcinkowski, 2007; Hastak i Shaked, 2000; Kristowski, 2002). Metodą

uwzględniającą ryzyko w ocenie czasu jest także przykładowa metoda PERT. Jest znana w środowisku inżynierów budownictwa (podstawy teoretyczne przekazywane są na studiach) i rozpowszechniona w narzędziach do planowania przedsięwzięć.

W artykule przedstawiono analizę oceny czasu realizowanej w Krakowie rewitalizacji obiektu zabytkowego. Do szacowania czasu procesów oraz oceny prawdopodobieństwa dotrzymania terminu realizacji inwestycji zastosowano metodę PERT. Jej wykorzystanie umożliwia prawie wszystkie profesjonalne systemy komputerowe do planowania przedsięwzięć budowlanych (np. Planista). Artykuł powstał na podstawie obserwacji budowy podczas wykonywania pracy magisterskiej autora.

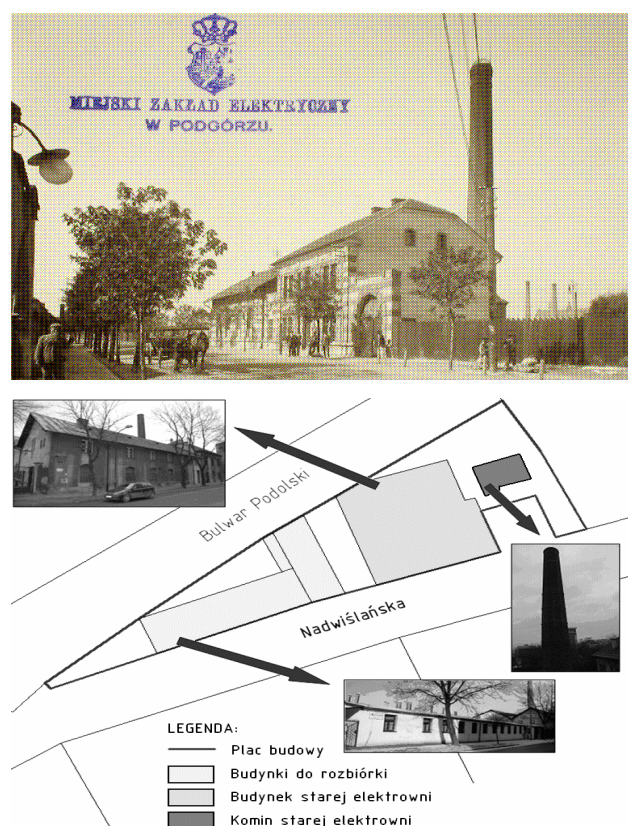
2. Przykład planowania budowy z uwzględnieniem ryzyka

2.1. Opis planowanej inwestycji i przygotowywanej oferty

Przedmiotem badań jest analiza planowanego czasu i przebiegu budowy Muzeum Tadeusza Kantora i siedziby Ośrodka Dokumentacji Sztuki Tadeusza Kantora CRICOTEKA przy ul. Nadwiślańskiej 2-4 w Krakowie (rys. 1a), kompleksu obiektów wykorzystującego zespół

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: sobotka@agh.edu.pl

budynków starej elektrowni, wybudowanej w latach 1899÷1900 w dzielnicy Podgórze (rys. 1b).



Rys. 1. a) Fotografia elektrowni w mieście Podgórze, b) Plac budowy z zaznaczonymi budynkami do rozbiórki i budynkami przeznaczonymi do rewitalizacji. Źródło: opracowanie własne na podstawie (Ośrodek dokumentacji Sztuki..., 2010)

Projekt budowy obejmuje (Ośrodek dokumentacji Sztuki..., 2010):

- likwidację obiektów przeznaczonych do rozbiórki (dwóch budynków jednokondygnacyjnych, oraz przybudówkę przy istniejącej kotłowni z kominem do ponownego odtworzenia);
- przebudowę (rewitalizację) zespołu budynków istniejących starej elektrowni;
- budowę budynku muzeum 5 kondygnacyjnego z dwoma kondygnacjami użytkowymi;
- nadziemnymi i trzonami komunikacyjnymi – stanowiącymi konstrukcję wsporczą, oraz jedną kondygnację podziemną otwartą od zachodu;
- zagospodarowanie terenu wokół budynku do granicy działki inwestora.

Ostateczny wygląd budynku muzeum Tadeusza Kantora i siedziby Ośrodka Dokumentacji Sztuki Tadeusza Kantora „Cricoteka” przedstawiony jest na rysunku 2.

Istniejący budynek elektrowni jest podzielony na dwie części, na część od strony ul. Nadwiślańskiej i halę kotłową. Część podziemną stanowi jedna kondygnacja, która jest wykonana na płycie żelbetowej monolitycznej na izolacji z maty bentonitowej. Ściana od strony Wisły kotwiona jest mikropalami (zabezpieczenie przed wyporem wody). Ściany zewnętrzne zaprojektowano

żelbetowe monolityczne a strop jako żelbetowa monolityczna płyta dostosowana do rozładunku samochodami ciężarowymi przywożącymi eksponaty i dekoracje. Forma budynku elektrowni nie ulegnie zmianie.



Rys. 2. Koncepcja architektoniczna wykonania kompleksu Muzeum Tadeusza Kantora i siedziby Ośrodka Dokumentacji Sztuki Tadeusza Kantora CRICOTEKA (Ośrodek Dokumentacji Sztuki, 2010)

Konstrukcję nośną budynku muzeum stanowi galeria w formie dwóch przenikających się przęsła zbudowanych z przestrzennych stalowych kratownic, opartych na dwóch trzonach komunikacyjnych. Trzecią podporą budynku jest stalowa dwugązłowiowa podpora wahaczowa, oparta na fundamencie w formie oczepu żelbetowego podpartego mikropalami. Trzony komunikacyjne zaprojektowano jako żelbetowe monolityczne, posadowione na palach CFA.

2.2. Realizacja budowy z uwzględnieniem warunków losowych

Uwzględnienie ryzyka w ocenie czasu sprowadza się do zastosowania modelu i metody PERT (ang. *Program Evaluation and Review Technique* – technika oceny i kontroli przedsięwzięcia), w którym czas wykonania robót przyjmuje się jako zmienną losową o rozkładzie b (Jaworski, 2009). Zakłada się, że przyjmowane w przykładzie oceny czasu uwzględniają czynniki ryzyka i ich wartości charakterystyczne dla analizowanego przykładu. Każdemu procesowi przypisuje się trzy oceny

czasu: optymistyczny, pesymistyczny i najbardziej prawdopodobny (Jasiak, 2010)

$$t_a = t_m - a \cdot t_m \quad \text{oraz} \quad t_b = t_m + b \cdot t_m, \quad (1)$$

gdzie: $a = \{0,1, 0,2, 0,3, 0,4\}$, $b = \{0,1, 0,2, 0,3,0,4\}$. Kombinacje wartości a i b tworzą poszczególne, warianty, zestawione w tabeli 1.

Wariant I jest wariantem sprawdzającym metodę, mający na celu sprawdzenie poprawności wzorów, oraz jako wariant realizacji wykonanej zgodnie z założonym harmonogramem. Na podstawie danych wyjściowych otrzymanych z harmonogramu inwestycji, oraz założeń, jakie zostały postawione w każdym z 11 wariantów, zostały obliczone niezbędne parametry, zestawione w tabeli 1.

Najbardziej prawdopodobne założenie odnośnie scenariusza realizacji budowy i czasu jej trwania wydają się mieć warianty od II do V, które zakładają dla czasu optymistycznego 10% przyspieszenie realizacji poszczególnych czynności $i-j$, co wydaje się racjonalnym założeniem przy robotach remontowych. Doświadczenia wskazują, że bardziej należy spodziewać się opóźnień w stosunku do planowanego czasu trwania prac. Dla czasu pesymistycznego przyjęto opóźnienie czasu realizacji poszczególnych czynności $i-j$ na poziomie od 10-40%. W przypadku trudnych i dużych inwestycji, jakich przykładem może być budowa obiektów CRICOTEKI, przyjęcie czasu pesymistycznego na poziomie 40% (wariant V) większego niż otrzymanego z nakładów robocizny, jest jak najbardziej uzasadnione. Przemawiają za tym, np. niezbyt dokładne rozpoznanie stanu technicznego obiektów, trudne warunki wodno-gruntowe,

bliskość Wisły, złożoność projektowanych ustrojów konstrukcyjnych, itd.

Prawdopodobieństwo realizacji inwestycji dla wariantu V w czasie 505 dni wynosi 0,002, a więc bardzo niewielkie. Natomiast czas oczekiwany ukończenia prac budowlanych dla danego wariantu z prawdopodobieństwem 0,5 wynosi 530 dni. Zwiększenie prawdopodobieństwa realizacji danego zakresu prac do 0,9, wiąże się z dalszym wzrostem czasu trwania budowy i według obliczeń wynosi 542 dni i taki czas budowy uwzględnia czynniki ryzyka w ocenach czasu poszczególnych robót budowlanych i całej budowy rewitalizacji analizowanego obiektu zabytkowego.

2.3. Analiza przebiegu rzeczywistej realizacji inwestycji

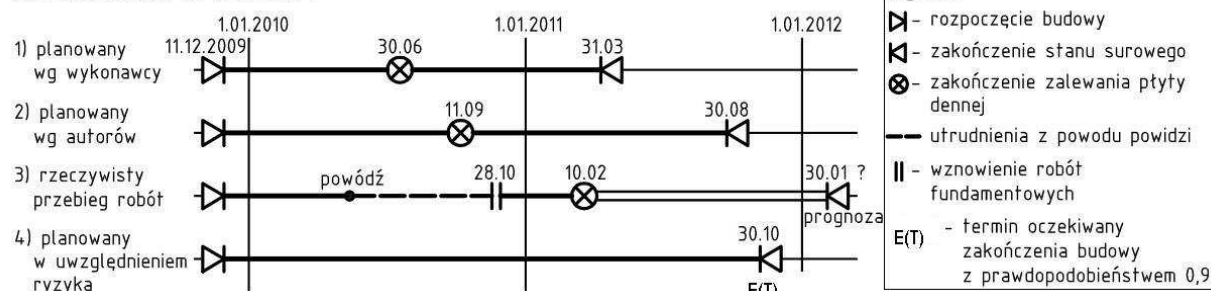
Budowa CRICOTEKI realizowana jest ze znacznym opóźnieniem w stosunku do planowanych terminów. Na placu budowy podczas wykonywania inwentaryzacji wałów wiślanych, znaleziono studnię, która nie była ujęta na żadnej mapie. Spowodowało to przerwanie prac na okres dwu tygodni - inwestor oraz konserwator zabytków podjęli decyzję o rozebraniu istniejącej studni. Konieczne też okazały się roboty dodatkowe wynikające z braku rzetelnej inwentaryzacji obiektu. Znaczne opóźnienie całej budowy spowodowała majowa powódź. Wysoki poziom wody gruntowej spowodowany powodzią sprawił spowolnienie postępu robót na budowie i przerwę w robotach fundamentowych palowych aż do września. W czerwcu 2010r. wykonawca robót budowlanych, określił opóźnienia w realizacji inwestycji na około 2-3 miesiące (w rzeczywistości opóźnienia są większe).

Tab. 1. Wyniki obliczeń prawdopodobieństwa realizacji inwestycji dla 11 wariantów

WARIANT	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Czasy optymistyczne [%]	1	10	10	10	10	20	20	20	30	30	40
Czasy pesymistyczne [%]	1	10	20	30	40	20	30	40	30	40	40
$t_{a,D.K.}$ [dni]	499,39	454,50	454,50	454,50	454,50	404,00	404,00	404,00	353,50	353,50	303,00
$t_{m,D.K.}$ [dni]	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00	505,00
$t_{b,D.K.}$ [dni]	510,61	555,50	606,00	656,50	707,00	606,00	656,50	707,00	656,50	707,00	707,00
$E(T)$ [dni]	505	505	505	505	505	505	505	505	505	505	505
$E(T)_{D.K.}$ [dni]	505,00	505,00	513,42	521,83	530,25	505,00	513,42	521,83	505,00	513,42	505,00
$\sigma(T)_{D.K.}$ [dni]	0,39	3,57	5,362	7,15	8,94	7,15	8,94	10,72	10,72	12,52	14,30
$P(E(T))$	0,50	0,5	0,058	0,009	0,002	0,0	0,173	0,058	0,0	0,25	0,0
$E(T)_{0,5}$ [dni]	505,00	505,00	513,42	521,83	530,25	505,00	513,42	521,83	505,00	513,42	505,00
$E(T)_{0,9}$ [dni]	505,46	509,59	518,75	531,00	541,71	514,17	535,59	535,58	518,75	524,87	523,33

Oznaczenia: $t_{a,D.K.}$ - czas optymistyczny dla drogi krytycznej harmonogramu, [dni], $t_{m,D.K.}$ - czas najbardziej prawdopodobny dla drogi krytycznej harmonogramu, [dni], $t_{b,D.K.}$ - czas optymistyczny dla drogi krytycznej harmonogramu, [dni], $E(T)$ - czas średni (oczekiwany), czynności $i-j$, [dni], $E(T)_{D.K.}$ - czas średni (oczekiwany), dla drogi krytycznej harmonogramu, [dni], T_{ij}^{op} - najwcześniejszy termin rozpoczęcia czynności $i-j$, T_{ij}^{lp} - najwcześniejszy termin zakończenia czynności $i-j$, T_{ij}^{ok} - najpóźniejszy termin rozpoczęcia czynności $i-j$, T_{ij}^{lk} - najpóźniejszy termin rozpoczęcia czynności $i-j$, Z_c - zapas czasu, [dni], $\sigma(T)^2$ - wariancje czynności $i-j$, $\sigma(T)_{D.K.}$ - odchylenie standardowe drogi krytycznej, $P(E(T))$ - prawdopodobieństwo realizacji inwestycji dla czasu oczekiwanego, $E(T)_{0,5}$ - czas oczekiwany dla prawdopodobieństwa realizacji inwestycji 0,5, [dni], $E(T)_{0,9}$ - czas oczekiwany dla prawdopodobieństwa realizacji inwestycji 0,90 [dni].

HARMONOGRAM BUDOWY



Rys. 3. Planowany i rzeczywisty czas wykonania stanu surowego obiektów CRICOTEKI

Rysunek 3 przedstawia porównanie czasu wykonania robót stanu surowego obiektów inwestycji: planowanego przez wykonawcę, planowanego w sposób deterministyczny przez autorów artykułu, planowanego z uwzględnieniem losowego czasu trwania procesów budowlanych z wykorzystaniem metody PERT z rzeczywistym przebiegiem wykonania budowy. Wykonawca na etapie przygotowania inwestycji (ofertowania) zbyt optymistycznie przewidywał czas wykonania budowy (nawet w stosunku do oszacowań na podstawie norm z KNR, które przyjęto w harmonogramie autorów).

Oszacowany termin ukończenia robót stanu surowego z prawdopodobieństwem 0,9 (30.10.2011r.) jest najbliższy prognozowanemu na podstawie stanu rzeczywistego postępu robót w lutym 2011 roku terminowi, to jest 30.01.2012r. Istniejącą rozbieżność należy tłumaczyć wyjątkowymi warunkami (powódź) opóźniającymi budowę. Wydłużenie czasu realizacji budowy spowodowało wzrost kosztów.

3. Podsumowanie i wnioski

Praktyka wskazuje że szacowanie czasu i kosztu realizacji przedsięwzięć jest często nietrafne i sprawia kłopoty w zarządzaniu przedsięwzięciami budowlanymi. Zwłaszcza te problemy występują podczas przedsięwzięć budowlanych polegających remontach, rozbudowie, rewitalizacji itd. obiektów starych, zabytkowych. Podczas ich realizacji występuje wiele innych dodatkowych, niż przy nowych inwestycjach, czynników niepewności i ryzyka zwłaszcza z powodu niedokładnej inwentaryzacji i z niedostatecznego rozpoznania stanu technicznego obiektów. W analizowanym przypadku opóźnienia budowy dodatkowo spowodowała powódź i z jej powodu podniesiony stan wód gruntowych utrudniający prace fundamentowe. To oczywiście wyjątkowe okoliczności. Jednakże warunki realizacji robót budowlanych zwłaszcza w obiektach zabytkowych sprawiają, że ustalony na etapie przedrealizacyjnym termin i koszt budowy obarczony jest dużym ryzykiem niedotrzymania. Dlatego też inwestor i wykonawca powinni planując budowę posługiwać się metodami, które pozwalają określić czas i tym samym koszt realizacji, z dużym prawdopodobieństwem. Zastosowanie nawet znanej od lat metody PERT pozwala

lepiej, trafniej przewidzieć czas budowy, jak to ma miejsce w analizowanym przykładzie.

Literatura

- Hastak M., Shaked A. (2000). ICRAM-1: Model for international construction risk assessment. *Journal of Management in Engineering*, Vol. 16, No. 1, 59-69.
- Jasiak P. (2010). *Opracowanie oferty przetargowej z uwzględnieniem warunków losowych realizacji przedsięwzięć budowlanych*. Praca magisterska pod kierunkiem A. Sobotki, AGH, Kraków.
- Jaworski K. M. (2009). Metodologia projektowania realizacji budowy. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.
- Kristowski A. (2002). Modelowanie niepewności w harmonogramowaniu budowy podópór mostów składanych. Praca doktorska. *Wojskowa Akademia Techniczna*, Warszawa.
- Koper A., Marcinkowski R. (2007). Ryzyko w planowaniu przedsięwzięć budowlanych. W: *Problemy przygotowania i realizacji inwestycji budowlanych*. Warsztaty inżynierów budowlanych, *Wydawnictwo WACETOB*, Puławy, 239-246.
- Ośrodek Dokumentacji Sztuki Tadeusza Kantora „Cricoteka”. *Dokumentacja projektowa inwestycji*. Kraków 2010.
- Skorupka D. (2006). Metoda zintegrowanej oceny ryzyka realizacji inwestycji budowlanych. *Wiadomości Projektanta Budownictwa*, 2/2006.
- Urząd Zamówień Publicznych (2010). *Sprawozdanie z funkcjonowania systemu zamówień publicznych w 2009 roku*. Warszawa.

THE RISKS CONSIDERATION IN THE TIME ASSESSMENT IN OFFER FOR HISTORIC BUILDING REVITALIZATION

Abstract: There is a high risk in the assessment of costs and performance during of planning for the historic building revitalization. This is particularly troublesome in investments made with public funds. The paper presents an analysis of the evaluation time of the historic building revitalization taking place in Krakow. To estimate the time of processes and assess the likelihood of keeping the term of the investment – the PERT method is used, commonly known but seldom used in practice. Observation of the ongoing execution of the construction allows to compare the results with the actual planning of construction works and justifies the use of models that reflect the uncertainty and risk, allowing for more accurately prediction of construction time.