

Numer styczniowo-lutowy „Przeglądu Budowlanego” prezentuje artykuły przygotowane przez członków i sympatyków Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Autorom bardzo dziękujemy za przygotowanie artykułów. Dziękujemy serdecznie za pozyskanie artykułów i pomoc prof. dr hab. inż. Elżbiecie Radziszewskiej-Zielinie – przewodniczącej Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN oraz prof. dr. hab. inż. Kazimierzowi Furtakowi – przewodniczącemu Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN za merytoryczne wsparcie. Dziękujemy członkom KILiW PAN mgr. inż. Dariuszowi Blocherowi z Budimex S.A. i mgr. inż. Michałowi Wrzaskowi z PERI Polska Sp. z o.o. oraz mgr. inż. Mirosławowi Boryczce Przewodniczącemu Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa za dofinansowanie druku tego numeru.

Redakcja

Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN powstała w 1952 roku. Nazwa Sekcji w kolejnych latach ewoluowała począwszy od Organizacji i Mechanizacji Robót/Budowy poprzez Organizację i Ekonomikę Budownictwa; Mechanizację, Organizację i Ekonomikę Budownictwa; Organizację i Zarządzanie w Budownictwie aż po aktualną nazwę Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych, ustaloną ostatecznie w 2007 roku. Rozszerzał się też zakres problematyki badawczej Sekcji, wynikający z rozwoju nauki, techniki i potrzeb społecznych. Pierwszym przewodniczącym Sekcji został w 1952 roku prof. Aleksander Dyżewski, a od 1975 roku przyznawana jest Nagroda PZITB imienia prof. Aleksandra Dyżewskiego za wybitne osiągnięcia naukowe i praktyczne z zakresu inżynierii przedsięwzięć inwestycyjnych i procesów budowlanych. Działalność Sekcji jest zgodna z celami i zadaniami Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, jak również założenia programowe Sekcji są zgodne z założeniami KILiW PAN. W nawiązaniu do Jubileuszu 70-Lecia KILiW PAN (24.05.2022, Międzyzdroje), 28 września 2022 r. w Kołobrzegu, podczas cyklicznej konferencji IPB, Sekcja IPB uroczyście obchodziła swój Jubileusz 70-lecia. Prezentację na temat historii Sekcji, sylwetki dotychczasowych przewodniczących Sekcji, rozwoju specjalizacji Sekcji, działalności Sekcji, programu – przedstawiły prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina i prof. dr hab. inż. Anna Sobotka. Prezentacja znajduje się na stronie Sekcji [http://sipb.pk.edu.pl/Dokumenty/jubileusz\\_28\\_09\\_2022.pdf](http://sipb.pk.edu.pl/Dokumenty/jubileusz_28_09_2022.pdf).



## Zarządzanie ryzykiem w przedsięwzięciach budowlanych na gruncie prawnym i naukowym

### Risk management in construction projects-legal and scientific terms

prof. dr hab. inż. Dariusz Skorupka (ORCID:0000-0002-6347-6562), mgr inż. Dominika Dudziak-Gajowiak (ORCID: 0000-0001-6898-7241), Politechnika Wrocławska, dr inż. Artur Duchaczek (ORCID: 0000-0002-6263-5322), dr Agnieszka Bekisz (ORCID: 0000-0002-6386-6579), Akademia Wojsk Lądowych, dr inż. Magdalena Kowacka (ORCID: 0000-0002-3553-9853), Stowarzyszenie WIOSNA

DOI 10.5604/01.3001.0016.2685

**Streszczenie:** W artykule poruszono problematykę zmienności warunków realizacji przedsięwzięcia budowlanego. W związku z tym, że zmiana warunków jest czymś naturalnym i permanentnym, warto zastanowić się nad jej prognozą. Przy czym interesuje nas nie tyle sama prognoza, co negatywne skutki występowania zmian. Aby im zapobiec, należy próbować je przewidywać i być przygotowanym do ich minimalizacji, a nawet całkowitej neutralizacji. Temu właśnie służą procedury i metody przedstawione przez autorów artykułu. Autorzy w swoich analizach opierali się na gruncie prawnym, przedstawionym w normie i ustawie oraz na badaniach własnych, których efektem było opracowanie autorskiej metody analizy ryzyka.

**Słowa kluczowe:** ryzyko, budownictwo, procesy budowlane.

**Abstract:** The article raises the variability of the conditions for the implementation of the construction project. Due to the fact that changing the conditions is something natural and permanent, it is worth considering its forecast. At the same time, we are interested not so much by the forecast itself but the negative effects of changes. To prevent them, they should be predicted and be prepared to minimize them and even complete neutralization. And this is what the procedures methods presented by the authors of the article is for. In their analyses, the authors based their analyzes on the legal grounds presented in the standard and the Act, as well as on their own research, which resulted in the development of a proprietary risk analysis method.

**Keywords:** risk, construction, construction processes.

## 1. Wprowadzenie

Metody zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwach budowlanych są szeroko stosowane na światowym rynku. Nie są to metody doskonałe, ale w większości dające pewne wyobrażenie o problemie zakłóceń budowlanych. Wyzwanie przy ich opracowywaniu polega przede wszystkim na trudności modelowania niepewności i ryzyka jako zjawiska, w tym w przedsiębiorstwach budowlanych. Oprócz problemów czysto naukowych zasadniczym wyzwaniem pozostaje kwestia użyteczna, ponieważ kierownicy budów, inwestorzy często bardziej ufają swojej intuicji niż proponowanym metodom spełniającym rolę systemów wspomagania decyzji. Jednak przy dużych inwestycjach wykorzystuje się coraz częściej metody oparte na algorytmach umożliwiających identyfikację, kwantyfikację i analizę wpływu czynników ryzyka na realizację przedsięwzięcia budowlanego. Przykład takiej autorskiej metody (*Method of Construction Risk Assessment – MOCRA II*) do kompleksowej analizy ryzyka w przedsiębiorstwach budowlanych opisano w artykule [1–4].

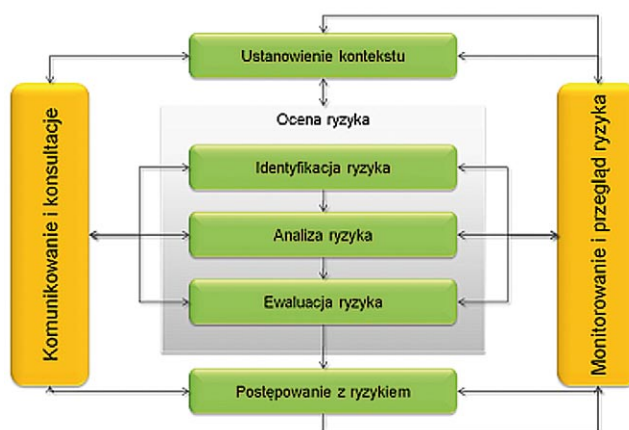
## 2. Podstawy formalnoprawne procedury zarządzania ryzykiem

### 2.1. Założenia wstępne

Problematyka dotycząca zarządzania ryzykiem, w tym także w przedsiębiorstwach budowlanych, ma swoją genezę w latach osiemdziesiątych poprzedniego wieku. Jak każdy nowy obszar naukowy zarządzanie ryzykiem miało swoich propagatorów i oponentów. Odpowiedzią na niekończącą się dyskusję, naturalną dla środowiska naukowego, ale jednocześnie udowadniającą pewną potrzebę usystematyzowania zagadnień związanych z ryzykiem było opracowanie norm oraz ustaw regulujących kwestie prawne w tym obszarze. W związku z tym od kilkunastu lat problematyka zarządzania ryzykiem przestała być tylko przedmiotem debat na konferencjach naukowych, a stała się także wymogiem prawnym szczególnie rygorystycznie przestrzeganim w sektorze finansów publicznych. Główne założenia przedstawione w normach i aktach prawnych zostały opisane w pierwszym rozdziale artykułu.

### 2.2. Zarządzanie ryzykiem według normy PN-EN ISO 31000

Według normy [5], „struktura ramowa zarządzania ryzykiem, to zestaw elementów zawierających podstawy i ustalenia organizacyjne w zakresie projektowania, wdrażania, monitorowania, dokonywania przeglądów i ciągłego doskonalenia zarządzania ryzykiem w całej organizacji”. Zarządzanie ryzykiem dotyczy całej organizacji, na wielu jej obszarach i poziomach, w każdym czasie, jak również wobec określonych funkcji. Odnosząc się do schematu (rys. 1), zgodnie z wytycznymi w [5, 6] sugeruje się, aby komunikacja z interesariuszami dotyczyła wszystkich etapów procesu zarządzania ryzykiem. Komunikacja powinna być zaplanowana i dobrze



Rys. 1. Proces zarządzania ryzykiem wg ISO 31000 [5, 6]

zorganizowana, co umożliwi efektywność i spójność zarządzania ryzykiem w całej organizacji.

Kolejnym elementem przedstawionym w modelu ideograficznym na rysunku 1 jest ustalanie kontekstu. Zakłada on konieczność zbadania zewnętrznych i wewnętrznych więzi, a także ich wpływu na samo ryzyko i proces zarządzania ryzykiem. Określając kontekst zarządzania ryzykiem, należy uwzględnić cele organizacji, zakres podejmowanych działań, a także przyjętą metodę oceny ryzyka [5, 6]. Opisywana norma [5, 6] sprowadza ocenę ryzyka do trzech elementów: identyfikacji ryzyka, analizy ryzyka oraz ewaluacji ryzyka. Podczas identyfikacji ryzyka zaleca się, aby były identyfikowane źródła ryzyka, obszar wpływów, zdarzenia ich przyczyny i potencjalne następstwa [5, 6]. Celem tego etapu jest stworzenie listy ryzyk opartej na tych zdarzeniach, które mogą tworzyć, stymulować, zapobiegać, przeszkadzać, przyspieszać lub opóźniać osiągnięcie celów [5, 6]. Identyfikacja ryzyka jest bardzo istotna z punktu widzenia poprawności oceny. Nieuwzględnione, nawet bardzo istotne czynniki ryzyka nie zostaną wzięte pod uwagę w przyszłych analizach. Zakłada się, że analiza ryzyka jest wykonywana na różnych poziomach szczegółowości w zależności od celu analizy oraz dostępnych informacji. Analiza może być jakościowa, ilościowa lub może być kombinacją powyższych w zależności od okoliczności [5, 6]. Z kolei celem ewaluacji ryzyka jest badanie i poprawa skuteczności procedur zarządzania ryzykiem na podstawie wyników analizy ryzyka. Na podstawie ewaluacji ryzyka możemy określić strategię postępowania z ryzykiem. Do strategii postępowania z ryzykiem możemy zaliczyć: podjęcie lub zwiększenie ryzyka w celu wykorzystania szansy, usunięcie źródła ryzyka, zmiana prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka, zmiana konsekwencji, dzielenie ryzyka z inną stroną lub stronami (łącznie z umowami i finansowaniem ryzyka), utrzymanie ryzyka na podstawie świadomej decyzji [5, 6].

Bardzo istotnym elementem w procesie zarządzania ryzykiem jest także zagadnienie monitorowania ryzyka. Powinno ono obejmować dobrze zaplanowane, regularne weryfikacje oraz nadzory. Istotną rzeczą wydaje się tutaj

jasne określenie osoby odpowiedzialnej za prowadzenie tego działania [5, 6].

Zgodnie z założeniem normy [5, 6] prawidłowe wdrożenie procedur zarządzania ryzykiem powinno wpłynąć na zwiększenie skuteczności osiąganych celów także poprzez wsparcie proaktywnego zarządzania. Ponadto powinno zwiększyć świadomość potencjalnych zagrożeń czy możliwości minimalizacji ich wpływu na realizowane przedsięwzięcie jak również zwiększyć świadomość prawną.

### 2.3. Identyfikacja ryzyka na podstawie Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych

Wymieniona ustawa obejmuje przedsiębiorstwa i instytucje w pełni lub częściowo finansowane z budżetu państwa. W obszarze budownictwa dotyczy zatem państwowych firm budowlanych, ale także wszystkich kierowników komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za inwestycje budowlane finansowane ze środków publicznych. W Komunikacie Ministra Finansów z dnia 6 grudnia 2012 r., odnoszącym się do Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych przedstawiono szczegółowe wytyczne dla sektora finansów publicznych w zakresie planowania i zarządzania ryzykiem. Sprawa jest na tyle istotna, że formalizuje i zakreśla ramy prawne wszystkim podmiotom finansowanym w ramach sektora finansów publicznych. W komunikacie, który odnosi się do ustawy wymienionej w tytule rozdziału zapisano: „Niniejsze wytyczne uzupełniają zapisy Standardów kontroli zarządczej dla jednostek sektora finansów publicznych (Komunikat Nr 23 Ministra Finansów z dnia 16 grudnia 2009 r. w sprawie standardów kontroli zarządczej dla sektora finansów publicznych, Dz. Urz. Min. Fin. Nr 15, poz. 84), dalej Standardy, w zakresie planowania działalności oraz zarządzania ryzykiem” [8]. W cytowanym komunikacie zarządzanie ryzykiem definiuje się jako element kontroli zarządczej. Precyzuje się także następujące kwestie: „Kierownicy jednostek organizacyjnych oraz kierownicy jednostek w dziale administracji rządowej powinni otrzymać jasny komunikat ze strony odpowiedniego kierownika oraz ministra kierującego działem, że w jednostkach powinny funkcjonować adekwatne, skuteczne i efektywne systemy zarządzania ryzykiem. Należy podkreślić, że realny sens wdrożenia systemów zarządzania ryzykiem występuje, gdy w jednostkach dokonywana jest rzetelna identyfikacja i ocena ryzyka, a informacje z systemu zarządzania ryzykiem są wykorzystywane w codziennym zarządzaniu daną jednostką” [8]. Zgodnie z przyjętymi zapisami wymienionych aktów prawnych identyfikację czynników ryzyka wykonuje

się nie rzadziej niż raz w roku w odniesieniu do celów i zadań. Jeśli wystąpi zmiana warunków, w których funkcjonuje organizacja, należy dokonać ponownej identyfikacji czynników ryzyka [8].

Zgodnie z założeniami przedstawionymi w wymienionym akcie prawnym ryzyko występuje na wszystkich szczeblach organizacji (kierownik jednostki, kierownictwo średniego szczebla, pracownicy), dlatego też identyfikacja źródeł ryzyka również powinna być przeprowadzana na wszystkich poziomach jednostki [8]. Jeśli chodzi o źródła ryzyka to mogą one być wewnętrzne oraz występować w otoczeniu jednostki organizacyjnej. Identyfikując ryzyka należy wziąć pod uwagę wszystkie ryzyka, niezależnie od miejsca/źródła ich powstania [8]. Przykłady czynników zewnętrznych i wewnętrznych: czynniki zewnętrzne (zmieniające się oczekiwania lub potrzeby obywateli, zmiany przepisów prawa, zagrożenia naturalne, zmiany gospodarcze, zmiany gospodarcze, naciski na jednostkę z zewnątrz, zmiany technologiczne), czynniki wewnętrzne (charakter wykonywanej działalności, kultura organizacji, dostępne środki finansowe, plany i strategie, komunikacja, systemy informatyczne, liczba pracowników i ich kwalifikacje, odpowiedzialność i postawa kierownictwa, liczba, rodzaj i wielkość dokonywanych operacji finansowych, przetwarzanie informacji) [8].

W opisywanym akcie prawnym określa się także, jako bardzo istotny, sposób opisywania ryzyka. Bardzo ważną zasadą w opisie ryzyka jest podanie jego przyczyn i skutków, ponieważ ma to zasadnicze znaczenie w ustaleniu wiarygodnego poziomu istotności ryzyka. W dalszej części analizy ma to również wpływ na określenie procedury postępowania z ryzykiem [8].

Zgodnie z zapisami przedstawionymi w opisywanych aktach prawnych istnieje kilka technik identyfikacji ryzyka. Jako przykłady tych technik wymienia się: listy potencjalnych zdarzeń budowlanych na podstawie doświadczeń, moderowane warsztaty i wywiady, analiza rzeczywistych procesów oraz burzę mózgów [8].

		SKUTEK				
		Bardzo niski	Niski	Średni	Wysoki	Bardzo wysoki
		1	2	3	4	5
PRAWDOPODOBIEŃSTWO	Prawie pewne	5	Ś	W	K	K
	Prawdopodobne	4	Ś	W	K	K
	Możliwe	3	N	Ś	W	K
	Mało prawdopodobne	2	N	Ś	Ś	W
	Rzadkie	1	N	N	Ś	W

Poziom ryzyka	Opis działania
Niski (N)	Poziom ryzyka akceptowany – działania podejmowane w zależności od wymaganych nakładów
Średni (Ś)	Poziom ryzyka nieakceptowany – działanie może zostać przesunięte w czasie, ale wymaga okresowego monitorowania
Wysoki (W)	Poziom ryzyka nieakceptowany – działanie może zostać przesunięte w czasie, ale wymaga stałego monitorowania
Krytyczny (K)	Poziom ryzyka nietolerowany – wymaga natychmiastowego działania

Rys. 2. Przykład macierzy ryzyka [9]



Ważną rolę w próbie opisu ryzyka odgrywają uczestnicy procesu identyfikacji ryzyka. Do uczestników procesu identyfikacji ryzyka zalicza się kierownictwo najwyższego szczebla, kierownictwo średniego szczebla, wybranych pracowników oraz audytu [8].

#### 2.4. Analiza ryzyka na bazie Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych

Kolejnym elementem procesu zarządzania ryzykiem po dokonaniu jego identyfikacji jest analiza ryzyka. Jej celem jest kwantyfikacja ryzyka, czyli nadanie czynnikom ryzyka wartości wymiernych. Kwantyfikacja ryzyka może sprowadzać się do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia danego czynnika ryzyka oraz jego wpływu na przedsięwzięcie. Ponadto istotną rzeczą jest określenie tzw. akceptowalnego poziomu ryzyka. Głównym celem analizy ryzyka jest określenie tzw. istotności ryzyka poprzez określenie prawdopodobieństwa wystąpienia danego ryzyka i możliwych jego skutków. Najbardziej popularnym kwantyfikatorem oceny ryzyka jest iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka z oceną jego skutków. Po skwantyfikowaniu ryzyka określamy jego akceptowany poziom. Poziom ryzyka, który jest akceptowalny, zależy od indywidualnych założeń, doświadczenia, a także w jakimś stopniu odwagi kadry kierowniczej. Ta analiza sprowadza się w praktyce do odpowiedzi na pytanie: co jesteśmy w stanie poświęcić żeby osiągnąć cel? Decyzja dotycząca poziomu ryzyka, który jest do zaakceptowania powinna być podana do wiadomości wszystkich uczestników organizacji zainteresowanych osiągnięciem celu [7, 8]. Zgodnie z wytycznymi opisywanych aktów prawnych akceptowany poziom ryzyka może być wyrażony: przy użyciu tych samych lub podobnych kryteriów, które są wykorzystywane w analizie ryzyka, czyli przy użyciu stopnia prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka i jego skutków [7, 8]. Rzetelne i wiarygodne opisanie poszczególnych czynników ryzyka umożliwi wskazanie poziomu ryzyka akceptowanego dla wszystkich uczestników przedsięwzięcia. Ponadto zakłada się, że różne jednostki organizacyjne realizujące podobne zadania mogą akceptować ryzyka na różnym poziomie. Może to wynikać z różnego podejścia do ryzyka kadry kierowniczej. W celu poprawy przejrzystości analizy ryzyka stosuje się jej wizualizację w postaci graficznej kwantyfikacji ryzyka. Wykorzystuje się w tym celu mapy ryzyka lub macierze ryzyka (rys. 2).

Opisywane akty prawne są bardzo rozbudowane i przewidziane do kompleksowych analiz ryzyka, dlatego będą przedmiotem dalszych wnikliwych analiz pod kątem ich wykorzystania w budownictwie. Wyniki przeprowadzonych analiz zostaną przedstawione w kolejnych artykułach.

### 3. Metoda MOCRA II

#### 3.1. Założenia metody

MOCRA – II (*Method of Construction Risk Assessment – II*) to metoda przewidziana do kompleksowej analizy ryzyka

przedsięwzięć budowlanych. Jest metodą uniwersalną i można ją wykorzystać do analizy każdego rodzaju obiektu budowlanego. Metoda MOCRA-II powstała na bazie metody MOCRA, która była pierwszą wersją umożliwiającą identyfikację ryzyka, jego kwantyfikację oraz mitygację i alokację w harmonogramach awaryjnych. Zasadniczą zmianą różniącą obie metody jest zastosowanie w metodzie MOCRA II bardziej wyrafinowanej identyfikacji i specyfikacji czynników ryzyka, którą oparto na BIG DATA [4].

W odróżnieniu od innych metod MOCRA II umożliwia alokację ryzyka w planach rzeczowo-finansowych. Fakt ten zasadniczo podnosi walor użyteczny metody i daje możliwość analizy zmian parametrów procesu budowlanego. Tymi parametrami zazwyczaj jest czas i koszt realizacji obiektu budowlanego. Alokacja czynników ryzyka może dotyczyć poszczególnych zadań przewidzianych do realizacji na budowie. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość precyzyjnego odniesienia potencjalnych zakłóceń w poszczególnych etapach przedsięwzięcia budowlanego, a następnie określenia wpływu czynników ryzyka na cały proces budowlany [4].

Metoda jest bardzo rozbudowana i w związku z tym jej elementy będą przedmiotem analizy w kolejnych artykułach.

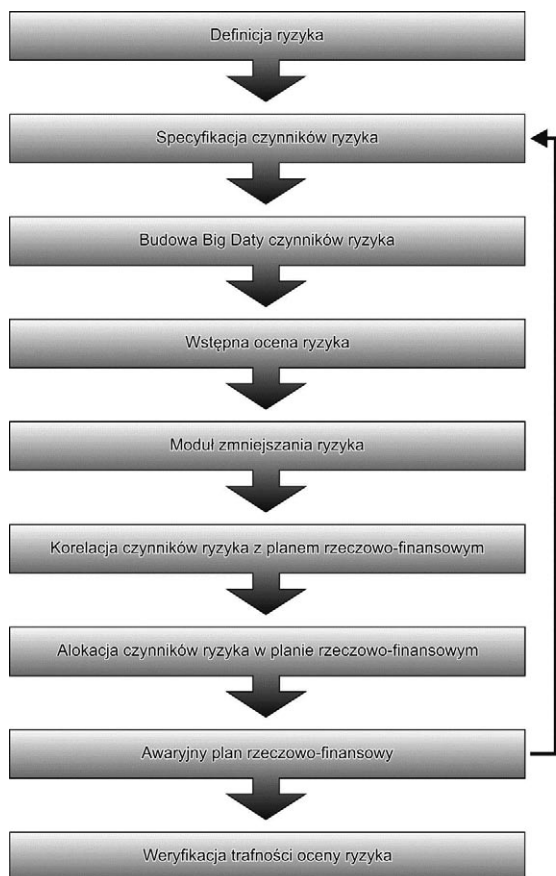
#### 3.2. Model ideowy metody

Pierwszym elementem procedury zaproponowanej w metodzie jest określenie obszaru analizy poprzez zdefiniowanie pojęcia ryzyka. Jest to w jakimś stopniu analogia do elementu związanego z ustaleniem kontekstu przedstawionego w normie PN-EN ISO 31000. Należy jednak zaznaczyć, że pierwsza wersja metody MOCRA została opublikowana przed rokiem 2009, a zatem przed publikacją wymienionej normy. Wracając do sedna opisu jasne zdefiniowanie pojęcia ryzyka jest bardzo istotne, ponieważ stanowi fundament dalszej analizy [4].

Kolejny element metody, zaznaczony na modelu ideowym (rys. 3), to specyfikacja czynników ryzyka. Ogrywa ona zasadniczą rolę w efektywnej ocenie ryzyka, ponieważ brak precyzji podczas tego etapu analizy może doprowadzić do pominięcia istotnych, a czasami nawet krytycznych czynników ryzyka. Taka sytuacja może doprowadzić do dużych błędów analizy ryzyka faktycznie podważających jej sens.

Jak wspomniano wcześniej, w metodzie MOCRA II proponuje się budowanie własnej Big Daty, w której gromadzone są informacje oparte na doświadczeniach danego wykonawcy, czyli specyfikacji czynników ryzyka, które wystąpiły w przeszłości podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych. Takie podejście podnosi w sposób zdecydowany walor użyteczny metody m.in. poprzez umożliwienie skutecznej i precyzyjnej jej ewaluacji [4].

Kolejnym etapem analizy po specyfikacji czynników ryzyka jest kwantyfikacja i ocena ryzyka, która obejmuje: wstępną ocenę ryzyka, moduł zmniejszania ryzyka, korelację czynników ryzyka z planem rzeczowo-finansowym, alokację czynników ryzyka w planie rzeczowo-finansowym, budowę



Rys. 3. Schemat ideowy metody MOCRA II [4]

awaryjnych planów rzeczowo-finansowych oraz weryfikację trafności oceny ryzyka [4].

Metoda umożliwi ponowną ocenę i dopasowanie czynników ryzyka do konkretnych zadań w harmonogramie realizacji budowy. Następnie po tej operacji realizowany jest transfer zmniejszonego ryzyka, do harmonogramu rzeczowo-finansowego danego przedsięwzięcia budowlanego. Na bazie tych informacji opracowywane są warianty harmonogramów awaryjnych [4]. Harmonogramy awaryjne ze względu na swój bardzo duży walor użyteczny będą tematem osobnego artykułu.

Po zakończeniu budowy dokonuje się oceny trafności przeprowadzonej analizy ryzyka, czyli poddaje się ocenie trafność przeprowadzonych prognoz. W ocenie uwzględnia się identyfikację czynników ryzyka, czyli poprawność ich zestawienia, ponadto – precyzję kwantyfikacji ryzyka oraz jego alokacji w harmonogramach. Do analizy wykorzystuje się specjalnie

Rys. 4. Fragment zestawienia kosztów realizowanego obiektu [4]

Lp.	Nazwa	Robocizna	Materiały	Sprzet	Kp.	Kz.	Z
1	Roboty ziemne	29945,60	0,00	31456,60	46051,65	0,00	12894,46
2	Fundamenty, słup-hala	75364,26	22232,46	68912,60	108207,65	666,97	30298,14
3	Fundamenty - budynek administracyjny	19862,00	1507,86	2500,00	16771,50	45,24	4696,02
4	Izolacje	67901,20	34185,00	6100,30	55501,13	1025,55	15540,32
5	Stropy prefabrykowane - hala	6984,30	119934,63	9983,20	12725,63	3598,04	3563,18
6	Ściany, stropy, słupy-budynek administracyjny	95326,14	135880,10	13962,31	81966,34	4076,40	22950,57
7	Schody	6321,50	7348,83	2240,10	6421,20	220,46	1797,94

opracowane współczynniki trafności oceny ryzyka dla kryterium czasu i kosztu [4].

Metoda przeznaczona jest do analizy ryzyka przez wykonawcę przedsięwzięcia budowlanego. To założenie jest zasadnicze, ponieważ determinuje specyfikację czynników ryzyka. Zdarza się stosunkowo często w literaturze przedmiotu, że obszary inwestora i wykonawcy budowlanego są ze sobą utożsamiane. Takie podejście prowadzi do bardzo dużych błędów prowadzonych analiz.

#### 4. Przykład wykorzystania metody

##### 4.1. Założenia wstępne i identyfikacja czynników ryzyka

Analizowane zadanie inwestycyjne to budowa hali produkcyjnej z częścią administracyjno-socjalną w miejscowości Busko-Zdrój. Wykonawcą obiektu jest firma B (ochrona danych). Przedsiębiorstwo funkcjonuje od kilkudziesięciu lat na rynku budowlanym i zajmuje się głównie budownictwem kubaturowym. Fragment zestawienia kosztów, tabelę elementów scalonych przedstawiono na rysunku 4.

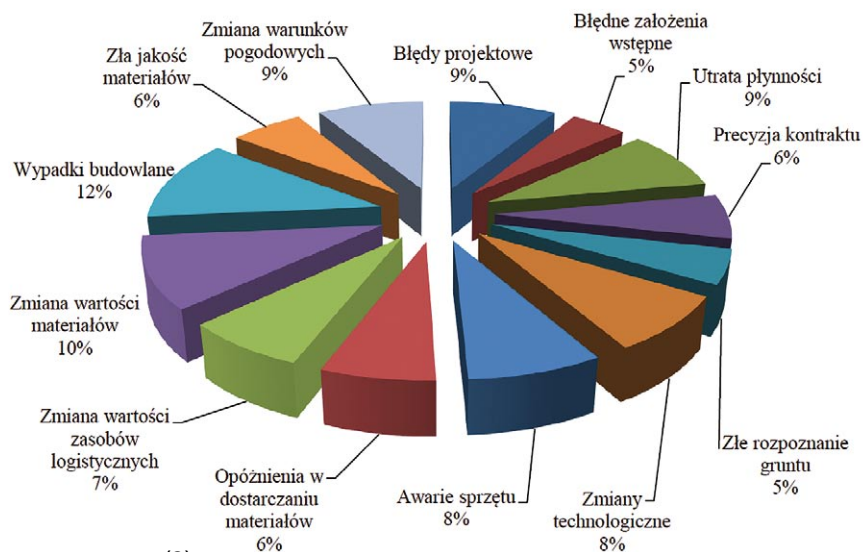
W związku z tym, że rozmiar pełnej analizy wykonanej na podstawie metody MOCRA II zajmuje około 70 stron, w artykule zaprezentowano jedynie wybrane fragmenty prowadzonej analizy. Na poziomie przedsięwzięcia budowlanego wyróżniono 13 czynników ryzyka dotyczących danego przedsięwzięcia. W tym przypadku tych czynników jest 13:

$$A_K^{rp} = \{a_{K1}^{rp}, a_{K1'}^{rp}, a_{K2}^{rp}, \dots, a_{K13}^{rp}\}. \quad (1)$$

W dalszej części analizy następuje fizyczny opis zmiennych. Poniżej dokonano specyfikacji następujących czynników ryzyka:

- $a_{K1}^{rp}$  – błędy projektowe,
- $a_{K2}^{rp}$  – błędne założenia wstępne do projektu,
- $a_{K3}^{rp}$  – utrata płynności,
- $a_{K4}^{rp}$  – precyzja umowy,
- $a_{K5}^{rp}$  – błędne rozpoznanie gruntu,
- $a_{K6}^{rp}$  – zmiany technologiczne,
- $a_{K7}^{rp}$  – awarie sprzętu,
- $a_{K8}^{rp}$  – opóźnienia w dostawach zasobów,
- $a_{K9}^{rp}$  – zmiana cen zasobów energetycznych,

**Rys. 5. Hierarchiczna ocena czynników ryzyka (koszt) na poziomie przedsięwzięcia budowlanego [4]**



$a_{k10}^{rp}$  – zmiana cen materiałów budowlanych,

$a_{k11}^{rp}$  – wypadki budowlane,

$a_{k12}^{rp}$  – zła jakość materiałów,

$a_{k13}^{rp}$  – zmiana warunków pogodowych.

Z wykonanej analizy (jej szczegółów nie ma w artykule) suma wartości liczbowych wag dla tego poziomu jest równa:

$$\sum_{i=1}^{13} w_i^{rp} = 0,088 + 0,046 + \dots + 0,087 = 1 \quad (2)$$

Podobnie jak na innych poziomach do ustalenia hierarchii czynników ryzyka wykorzystano metodę AHP oraz program komputerowy AHP-DS. Szczegółów tej analizy także nie ma w treści artykułu.

Po ustaleniu wartości liczbowych wag obliczono ryzyko dla poszczególnych czynników ryzyka. Działanie opisano na przykładzie czynnika 2:

$$R_2^p = p(a_2^p) \times (c_2^p) = 0,08 \times 100 = 8\% \quad (3)$$

Następnie obliczono ryzyko dla poszczególnych czynników z poziomu projektu budowlanego będących w relacji z poziomem otoczenia dalszego lub bliższego:

$$R_{\psi_1}^{rp_k} = \Psi_1^{rp_k} \sum_{i=1}^{11} R_i^{rk} W_i^{rk} = \Psi_1^{rp_k} S^{rk} = 54,3\% \quad (4)$$

Szczegóły przedstawionej analizy można znaleźć w monografii [4] oraz w innych publikacjach autorów tego artykułu.

#### 4.2. Wizualizacja hierarchii czynników ryzyka

Wizualizację zależności hierarchicznych poszczególnych czynników ryzyka dla kryterium kosztu na poziomie przedsięwzięcia budowlanego przedstawiono na rysunku 5.

Zwieńczeniem analizy jest alokacja skwantyfikowanego i zmitygowanego ryzyka w harmonogramach budowlanych i opracowywania tzw. harmonogramów awaryjnych lub planów kontyngencji. Treści dotyczące tych analiz zostaną przedstawione w dalszej części badań.

### 5. Podsumowanie

Obszar zarządzania ryzykiem w przedsięwzięciach budowlanych pozostaje przez cały czas tematem dyskusyjnym, a jednocześnie uciążliwym. W prowadzonych badaniach poszukiwana jest metoda, która sprosta niełatwym wyzwaniom

analizy ryzyka w branży budowlanej. Próba odpowiedzi na te wyzwania jest m.in. opisana metoda. Autorska metoda MO-CRA II jest przewidziana do kompleksowej analizy ryzyka obejmującej, jak to opisano wcześniej, identyfikację, kwantyfikację ryzyka oraz możliwość jego mitygacji i alokacji w harmonogramie budowlanym. Takie harmonogramy nazywamy harmonogramami awaryjnymi. Mają one wiele zalet także uciążliwych i w związku z tym będą przedmiotem dalszych analiz. Istotną kwestią, z punktu widzenia autorów stają się nowe uwarunkowania prawne związane z procedurą zarządzania ryzykiem oraz kulturą organizacyjną, która wywiera coraz większą presję na wykonawców dotyczącą potrzeby wdrażania szeroko rozumianej analizy ryzyka. Przedstawiony artykuł stanowi wstęp do złożonej, ale istotnej analizy, jaką jest identyfikacja i kwantyfikacja ryzyka. Problemy dotyczące analizy ryzyka, czy szeroko rozumianego zarządzania ryzykiem są bardzo rozległe i wymagają rozbudowanych analiz i przykładów, dlatego będą przez autorów opisywane w osobnych artykułach.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Skorupka D., Metoda oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć inżyniersko-budowlanych, Zeszyty Naukowe WSOWL 3, 145 (2007), str. 79–88
- [2] Duchaczek A., Skorupka D., The optimisation of the selection of means of transport for the implementation of chosen construction projects, KSCE Journal of Civil Engineering (2018), DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0280-z>.
- [3] Duchaczek A., Skorupka D., A Risk Assessment Method of Bridge Facilities Damage in the Aspect of Potential Terrorist Attacks, Periodica Polytechnica Civil Engineering 60(2)2016, str. 189–198
- [4] Skorupka D., Innovations in Construction Projects, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2019
- [5] PN-EN ISO/IEC 31010:2009: Zarządzanie ryzykiem – Metody szacowania ryzyka (Risk management, Risk assessment techniques)
- [6] PN- N ISO 31000:2018: – Zarządzanie ryzykiem – zasady i wytyczne (Risk management, Principles and guidelines)
- [7] Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych
- [8] <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-resortowe/szczegolowe-wytyczne-dla-sektora-finansow-publicznych-w-zakresie-34712595>
- [9] Poradnik GIODO, Jak stosować podejście oparte na ryzyku, str. 23, kwiecień, 2018