

Robert UBERMAN\*

## ***Ryzyko fazy inwestycyjnej projektu górniczego a wycena wartości złoża***

Streszczenie: Prezentowany artykuł zawiera analizę adekwatności standardowych metodologii oceny ryzyka projektów wypracowanych w nauce finansów do oceny ryzyka fazy inwestycyjnej projektu górniczego i wpływ ich stosowania na wartość wyceny złóż kopalni. Wskazuje, że w przypadku zagospodarowywania złoża faza inwestycyjna obejmuje kilka lat i charakteryzuje się nie tylko innymi czynnikami ryzyka niż faza operacyjna, ale wręcz inną fundamentalną jego charakterystyką. Jest ona zbliżona do stosowanej w ubezpieczeniach definicji ryzyka, gdzie jest ono rozumiane jako prawdopodobieństwa szkody, a nie zmienności oczekiwanych wyników. W konsekwencji stosowanie narzędzi zakładających pierwsze rozumienie pojęcia ryzyka jest błędne i prowadzi do zasadniczego wypaczenia otrzymanych wyników wyceny.

Słowa kluczowe: złoża kopalni, aktywa geologiczno-górnice, wycena złóż kopalni, projekty górnicze, wycena ryzyka

## ***Risk in an investment stage of a mineral deposit development project in view of its valuation***

Abstract: The article presented here contains an analysis of widely used methods of risk valuation which have been developed within the science of finance in order to assess the risk of mineral deposits in the development stage. It has been indicated that a development stage typically spans several years and is not only characterized by risks factors different than the ones pertinent to an operational stage but also has different fundamentals. As actual results deviate almost exclusively in a negative way from investors' expectations, it represents more an insurable than financial risk. Consequently, application of valuation tools developed for the assessment of financial risk leads to substantially alternate valuation results.

Keywords: mineral deposits, mineral assets, mineral asset valuation, mineral projects, risk valuation

---

\* Dr, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego w Krakowie, Polskie Stowarzyszenie Wyceny Złóż Kopalni; e-mail: office@uberman.pl

## **Wprowadzenie**

Jedną z cech charakteryzujących branżę górnictwem jest długotrwałość procesów inwestycyjnych. Dane australijskie wskazują (Topp i in. 2008), że średni okres od momentu podjęcia decyzji o budowie kopalni do rozpoczęcia przez nią wydobywania wynosi około 3 lat, a na tle innych dostępnych informacji można uznać, że są to okresy relatywnie krótkie na tle występujących w innych krajach. Drugą cechą wydatków ponoszonych w fazie inwestycyjnej jest to, że ich największa część przypada na ogół na koniec cyklu inwestycyjnego. Trzecią cechą jest to, że ich wielkość rzadko kiedy może być precyzyjnie i bez ryzyka popełnienia błędu wykonana *ex ante*. Wszystkie te czynniki mają istotny wpływ na wartość złoża wtedy, gdy jest ona określana za pomocą modeli wyceny utożsamiających wartość złoża z wartością projektu polegającego na jego zagospodarowaniu, eksploatacji i likwidacji. Problem ten dotyczy przede wszystkim Aktywów Geologiczno-Górnictwem (AGG) na początku fazy III cyklu życia projektu, ale w praktyce może nawet dotyczyć tych znajdujących się w fazie IV (eksploatacja), kiedy wycena zakłada np. istotne zwiększenie wielkości wydobywania. Ponadto w oczywisty sposób odnosi się on do AGG typu V (likwidacja kopalni) (POLVAL 2008).

Pomimo że literatura dotycząca wyceny ryzyka w projektach inwestycyjnych jest bardzo bogata, to nawet jej pobieżna analiza wskazuje, że zagadnienie dotyczące ryzyka fazy inwestycyjnej jest w niej prawie nieobecne. Wielkość nakładów inwestycyjnych traktuje się w nich jako predeterminowaną i niezmienną w czasie. Jest to niejako pokłosie traktowania inwestycji w odniesieniu do pojęć używanych na rynkach finansowych (Brealey i Myers 1996; Damodaran 2002; Rudenno 2006; Torries 1998). Akcje, obligacje czy inne instrumenty finansowe kupuje się za cenę pewną. Przedmiotem analizy jest ryzyko nieuzyskania oczekiwanego zwrotu, a nie to, czy zapłacona cena może być inna. Bo praktyka rynków finansowych wskazuje, że nie może. Cała dyskusja koncentruje się więc na przychodach i kosztach generowanych w związku z nabyciem przedmiotowego instrumentu. Mechaniczne przenoszenie takiego rozumowania na świat rynków realnych nie jest nieuzasadnione, ale wymaga każdorazowo analizy zachowania podstawowych założeń. W wielu realnych projektach inwestycyjnych wartość wydatków inwestycyjnych jest znana w momencie oceny ich opłacalności, a wszelkie ryzyko wyeliminowane bądź przeniesione na kogoś innego. Jeśli np. fabryka samochodów kupuje nową maszynę, to ponosi zasadniczo dwa rodzaje ryzyka: kursowe i czasu realizacji dostawy. Zważywszy, że czasy dostaw zamykają się najczęściej w przedziale 6–12 miesięcy, to ryzyko kursowe pokrywa się zakupem odpowiednich instrumentów hedgingowych, a ryzyko opóźnienia karami umownymi. Jednak jeśli chodzi o górnicze projekty inwestycyjne, rzeczywistość jest inna. Trwają one zbyt długo i są zbyt skomplikowane, aby możliwa była pełna eliminacja ryzyka. W praktyce to inwestor/właściciel złoża musi ponieść znaczną jego część. I powinien dysponować narzędziem pozwalającym mu wycenić jego wpływ na wartość projektu górniczego/złoża.

## **1. Ryzyko fazy inwestycyjnej a ryzyko fazy operacyjnej – wpływ na wycenę wartości złoża**

Wiele modeli wyceny złóż kopalni, a w szczególności wszystkie bazujące na podejściu dochodowym, utożsamiają wartość złoża z wartością projektu polegającego na jego zagospodarowaniu, eksploatacji i likwidacji. Jedną z kluczowych zmiennych określających tę wartość jest parametr ryzyka (np. stopa ryzyka zawarta w stopie dyskonta). Parametr ten, najczęściej jeden, ma w zamierzeniu odzwierciedlić jego wpływ całościowo, z uwzględnieniem wszystkich istotnych czynników. W praktyce jednak są to czynniki charakterystyczne dla fazy operacyjnej: zwraca się uwagę na zmienność cen surowców, podstawowych determinantów kosztów czy środowiska prawno-podatkowego. Również analiza czynników technicznych najczęściej dotyczy ryzyk występujących w fazie operacyjnej. Ryzyko zmienności nakładów inwestycyjnych najczęściej odzwierciedla się za pomocą rezerwy na nieprzewidziane wydatki rzędu 5–10%, a potem, jeśli stosowana jest metoda zdyskontowanych przepływów pieniężnych, nakłady włącza się do całkowitego strumienia przepływów, a w konsekwencji dyskontuje się z wykorzystaniem jednej uniwersalnej stopy dyskonta.

Jak już wspomniano w niniejszej pracy, w przypadku nakładów inwestycyjnych skupionych w pierwszym (często nazywanym „zerowym” i jako takim odzwierciedlanym) roku realizacji projektu i przy założeniu dysponowania w miarę precyzyjnym szacunkiem nakładów, podejście to można uznać za słuszne. Jeśli jednak założenia te nie są spełnione, pojawia się bardzo poważny problem metodologiczny, o dwojakim charakterze:

a) stopa ryzyka zawarta w stopie dyskonta została określona na podstawie czynników o charakterze operacyjnym,

b) mechanizm działania stopy dyskonta powoduje skutek sprzeczny z elementarną logiką, ponieważ im jest ona wyższa, tym wartość zaktualizowana dyskontowanego przepływu jest niższa, a w przypadku nakładów inwestycyjnych dyskontowane są wydatki wpływające negatywnie na NPV, to im wyższa będzie stopa ryzyka obciążającego te nakłady, tym niższa będzie ich ujemna wartość tym wyższe będzie NPV, a więc wartość złoża.

Hipotezę badawczą, którą poddano sprawdzeniu, jest stwierdzenie, że: ryzyko fazy inwestycyjnej ma co najmniej tego samego rzędu wpływ na ryzyko projektu górniczego jak ryzyko fazy operacyjnej. Aby ją udowodnić, trzeba potwierdzić dwa następujące stwierdzenia:

a) wartość wpływu wielkości nakładów inwestycyjnych w projektach górniczych odpowiada rzędowi wielkości wartości wpływu przepływów z działalności operacyjnej dla całego analizowanego okresu na końcową wartość projektu,

b) zmienność przepływów fazy inwestycyjnej (nakładów inwestycyjnych) i fazy operacyjnej (przepływów z działalności operacyjnej) są na tyle zbliżone, że nie można zakładać z góry nieistotnego poziomu dla którejkolwiek z nich.

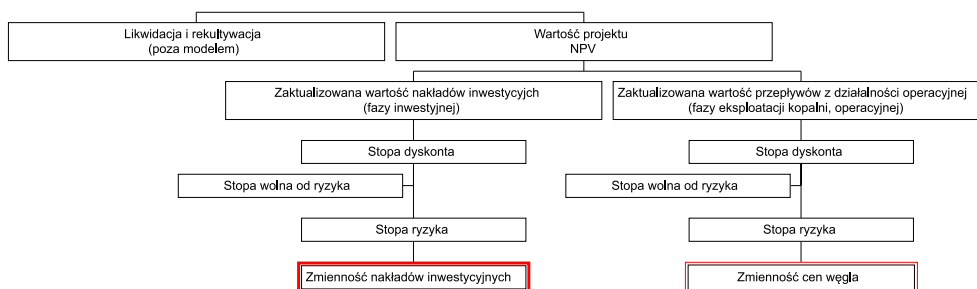
Pierwsze z twierdzeń można uznać za niewymagające jakiegoś specjalnego dowodu. Budowa kopalni jest przedsięwzięciem na tyle kapitałochłonnym, i na tyle często inwestorzy wycofują się z realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych ze względu na wielkość nakładów, że na potrzeby niniejszej pracy zrezygnowano z jego dowodzenia.

Dla zbadania prawdziwości twierdzenia o podobnym rzędzie wielkości zmienności przepływów fazy inwestycyjnej i operacyjnej skonstruowano model opisany poniżej (punkt 3.).

## 2. Konstrukcja modelu sprawdzającego zmienność przepływów pieniężnych fazy operacyjnej i inwestycyjnej projektu górniczego

Model pozwalający porównać zmienność przepływów fazy inwestycyjnej i operacyjnej projektu górniczego oparto na wyborze typowych wielkości przyjmowanych w ocenie ryzyka projektu górniczego. W tym celu „skonstruowano” wystandaryzowane założenia dla studium wykonalności określonego projektu a potem odniesiono je do realnie kształtujących się wskaźników. Przyjęto założenie, że dotyczy on zagospodarowania złoża węgla kamiennego w Australii. Na tym etapie abstrahuje się od tego, czy chodzi o węgiel energetyczny czy koksujący, oraz czy będzie on eksploatowany metodą odkrywkową czy podziemną.

Inwestor określił, że dwoma kluczowymi parametrami kształtującymi ryzyko projektu jest zmienność nakładów inwestycyjnych i cen węgla kamiennego. Oczywiście można dyskutować na ile zmienność cen, a co za tym idzie przychodów ze sprzedaży, jest jedyną determinantą przepływów z fazy operacyjnej, ale na podstawie długoletniego praktycznego doświadczenia autora można przyjąć, że, poza jakimiś wyjątkowymi przypadkami to właśnie poziom cen wydobywanej kopaliny ma zdecydowanie najistotniejszy wpływ na ich wielkość. Schemat ideowy modelu pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Determinanty zmienności przepływów fazy inwestycyjnej i operacyjnej projektu górniczego z wykorzystaniem metody zdyskontowanych przepływów pieniężnych (DCF)  
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. Determinants of variability of cash flows of investment and operation phase of mining project with use of discounted cash flow (DCF) method

Zmienność nakładów inwestycyjnych określono na podstawie analizy statystycznej zrealizowanych projektów w australijskim górnictwie węgla kamiennego, a zmienność cen węgla na podstawie analizy japońskich cen importowych. Omówienie metodyk w tym zakresie pokazano w kolejnych punktach.

## 3. Raportowanie fazy inwestycyjnej projektów inwestycyjnych na przykładzie australijskiego górnictwa węgla kamiennego

Analiza projektów inwestycyjnych nasyca wielu trudności, jeśli chodzi o definicję momentu ich rozpoczęcia. W tym zakresie pewną praktykę wypracowano w Australii, gdzie

od blisko 20 lat w sposób ciągły raportuje się postępy w zakresie realizacji górniczych projektów inwestycyjnych od momentu ich ogłoszenia po rozpoczęcie wydobywania. Obecnie za raportowanie to odpowiada Biuro ds. Zasobów Naturalnych i Gospodarki Energetycznej (*Bureau of Resources and Energy Economics – BREE*), a do połowy 2011 r. prowadziło je Australijskie Biuro ds. Ekonomiki i Nauk o Rolnictwie i Zasobach Naturalnych (*Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences – ABARES*). Raportowanie to od 2012 r. pokazuje cztery stadia realizacji analizowanych projektów: Ogłoszenia, Studium wykonalności, Wiążącej decyzji oraz Rozpoczęcia eksploatacji (BREE 2014). Zgodnie z przyjętymi definicjami oznaczają one:

a) Stadium Ogłoszenia: BREE dopuszcza wiele form ogłoszenia projektu za rozpoczęty, wymaga jedynie, aby wstępnie podano harmonogram prac, przewidywaną wielkość wydobywania oraz wartość nakładów. Wymaga oczywiście podania lokalizacji i wskazania złoża, którego projekt dotyczy. Należy w tym miejscu podkreślić, że w praktyce tylko te ostatnie wymogi są wymagane bezwzględnie.

b) Stadium Studium wykonalności następuje po ukończeniu wstępnego studium wykonalności z wynikiem pozytywnym. W tym okresie wykonywane są zaawansowane prace studialne takie jak studium oddziaływania na środowisko, projektowanie kopalni (projekt bazowy), studia dotyczące finansowania projektu i sprzedaży produktów kopalni. W tym stadium nie zostaje jeszcze podjęta wiążąca decyzja o realizacji kopalni.

c) Stadium Wiążącej decyzji obejmuje projekty, które uzyskały wszystkie potrzebne zgody, w szczególności została podjęta przez inwestora decyzja o alokacji środków. Często też rozpoczęto prace budowlane. Znane są i najczęściej opublikowane: wielkość nakładów inwestycyjnych, docelowego wydobywania i harmonogram prac.

d) Stadium Rozpoczęcia eksploatacji rozpoczyna się w momencie rozpoczęcia wydobywania na skalę komercyjną. Oznacza to, że nie należą do tej fazy prace pilotażowe, ale też nie jest konieczne osiągnięcie docelowego pułapu wydobywania.

Klasyfikacja stosowana przez BREE powoduje, że raportowaniem są objęte zasadniczo projekty należące do Typu III i częściowo do Typu II wg klasyfikacji faz cyklu życia projektu górniczego.

Z punktu widzenia niniejszej analizy bardzo istotne jest to, że raporty BREE pozwalają prześledzić zmiany podstawowych parametrów projektów właśnie w fazie inwestycyjnej. Można założyć, że firmy, a najczęściej ich zarządy, podając dane kierowały się najlepszą wiedzą dostępną na moment ich ogłoszenia. Stąd też kolejne zmiany tych parametrów odzwierciedlają ryzyko, jakie ponoszą inwestorzy w okresie od ogłoszenia decyzji o rozpoczęciu prac nad zagospodarowaniem złoża (względnie rozbudową kopalni) a momentem, w którym projekt przechodzi do fazy określanej często w literaturze finansowej jako operacyjna, to jest do fazy eksploatacji złoża.

#### **4. Budowa bazy danych**

Przygotowując model oceny ryzyka projektów górniczych w fazie inwestycyjnej wybrano z przedstawionych powyżej baz BREE te projekty, które:

- a) zostały zakończone (tzn. rozpoczęły eksploatację) 1 kwietnia 2015 r.,
- b) były raportowane od stadium Ogłoszenia,

c) co do których został podany przewidywany rok zakończenia oraz szacunek nakładów co najmniej 2 lat przed zakończeniem (Stadium Rozpoczęcia eksploatacji).

Ostatni z warunków wynikał z konieczności odrzucenia tych projektów, dla których najwcześniejsze dostępne dane zostały opublikowane na tyle późno, że nie odzwierciedlają one inicjalnych ocen, ale w znacznym stopniu zostały ukształtowane przez znajomość rzeczywistego przebiegu prac. Ponieważ celem analizy jest przede wszystkim porównanie ryzyka projektów górniczych w fazie inwestycyjnej w stosunku do ryzyka w fazie eksploatacyjnej ograniczono się do jednej kopaliny. Dążąc do maksymalizacji liczby analizowanych zmiennych wybrano projekty dotyczące węgla kamiennego, gdyż tych raportowano najwięcej. Zidentyfikowano 17 takich projektów, które przedstawiono poniżej (tab. 1).

### **5. Analiza zmienności wartości nakładów i czasu trwania projektów**

Przeprowadzona analiza dotyczyła dwóch parametrów: wielkości nakładów inwestycyjnych oraz okresu trwania fazy inwestycyjnej. Przyjęto założenie, że to właśnie ich zmienność określa ryzyko, jakie przedsiębiorca ponosi w analizowanym okresie. Badano różnicę pomiędzy szacowaną w stadium Ogłoszenia i faktycznie poniesioną wartością nakładów inwestycyjnych oraz podany wstępnie i faktyczny rok rozpoczęcia eksploatacji. W tym ostatnim przypadku dane zaokrąglono do pełnych lat. W przypadku nakładów inwestycyjnych, jeśli nastąpiła zmiana docelowej wielkości eksploatacji dokonano proporcjonalnej korekty wstępnie ogłoszonych nakładów. Stąd np. odchylenie to dla kopalni Boggabri wynosi „tylko” 171%, a nie jak otrzymano, porównując wartości bezwzględne, 273%.

Zjawiskiem, które od razu można zauważyć, jest pogarszanie się tych parametrów zarówno poprzez wzrost nakładów, jak i odsuwanie ich zakończenia w czasie. Tylko dwa projekty zmieściły się w budżecie, ale oszczędności w jednym przypadku sięgają ledwie 3%, natomiast w drugim 33%. Natomiast zdecydowana większość wykazała znaczne przekroczenie wstępnie szacowanych nakładów.

Podobnie niekorzystne zjawisko zaobserwowano jeśli chodzi o okres realizacji fazy inwestycyjnej. Tylko 4 projekty zakończono w planowanym roku. Reszta była opóźniona, chociaż, co może być pewnym zaskoczeniem, opóźnienie to mieści się w przedziale 1–2 lat. Biorąc pod uwagę skalę i stopień skomplikowania nie jest to okres długi<sup>1</sup>.

Taki rozkład wyników powoduje jednak, że projekty te charakteryzuje bardziej ryzyko o charakterze ubezpieczeniowym niż finansowym. Zdecydowanie przeważają odchylenia w jedną, negatywną z punktu widzenia inwestora, stronę. O ile w odniesieniu do nakładów pogląd ten nie wymaga uzasadnienia, to można go kwestionować w odniesieniu do długości trwania fazy inwestycyjnej. Może się bowiem zdarzyć, że dzięki opóźnieniu eksploatacja rozpocznie się w bardziej sprzyjającym miejscu cyklu inwestycyjnego. Czasem inwestor może nawet świadomie opóźniać jego realizację. Tym niemniej w literaturze nie znaleziono badania wskazującego na istotną korelację pomiędzy „wydłużaniem” okresu realizacji projektu a kształtowaniem się cen węgla.

Średnie odchylenie faktycznie poniesionych od planowanych wstępnie nakładów inwestycyjnych w próbie wynosi 65%, a biorąc pod uwagę same przekroczenia to 76%. Są to odchylenia na tyle znaczące, że można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że w nie-

<sup>1</sup> Autor, pisząc te słowa, spogląda na biurowiec, którego budowa jest opóźniona o „jedyne” 35 lat.

TABELA 1. Australijskie projekty inwestycyjne w górnictwie węgla kamiennego zakończone do 1.04.2015 r.

TABLE 1. Australian hard coal mining projects finished until 1st April 2015

Lp.	Nazwa projektu	Inwestor	Rok ogłoszenia	Rok zakończenia w momencie ogłoszenia	Planowana wielkość wydobycia		Szacowane nakłady w momencie ogłoszenia	Faktyczny (planowany w 2015) rok rozpoczęcia eksploatacji	Maksymalna uzyskana zdolność wydobycza	Faktyczne nakłady inwestycyjne	Odchylenie nakładów faktycznych od planowanych		Planowany okres realizacji projektu	Faktyczny okres realizacji projektu	Odchylenie faktycznego od planowanego okresu realizacji projektu		
					mln t/r	mln t/r					mln AUD	%			lata	%	lata
1	Austar underground (stage 3)	Yancoal Australia	2009	2013	3,6	3,6	80	2013	3,6	250	213	0	4	4	0	0	
2	Boggabri opencut	Idemitsu Kosan	2006	2013	2,8	3,5	140	2015	3,5	475	171	0	7	9	2	29	
3	Daunia	BHP Billiton Mitsubishi Alliance (BMA)	2009	2011	4,5	4,5	1600	2013	4,5	1553	-3	0	2	4	2	100	
4	Drake Coal project	Drake Coal	2010	2012	6	6	350	2014	6	350	0	0	2	4	2	100	
5	Ensham bord and pillar underground mine	Ensham Resources	2009	2011	1,5	1,7	120	2013	1,7	166	22	0	2	4	2	100	
6	Hunter Valley Operations Expansion	Rio Tinto	2009	2011	3,6	6	130	2012	6	255	18	0	2	3	1	50	
7	Kestrel	Rio Tinto	2008	2012	1,7	1,4	1190	2013	1,4	2105	115	0	4	5	1	25	
8	Lake Vermont	Jelimbah Resources	2009	2014	2	4	150	2014	4	200	-33	0	5	5	0	0	
9	Middlemount (stage 1)	Macarthur Coal/ Nobel Group	2009	2012	3,2	3,6	170	2014	3,6	500	161	0	3	5	2	67	
10	Millennium expansion	Peabody Energy	2008	2013	1,5	1,5	270	2013	1,5	270	0	0	5	5	0	0	
11	Mount Arthur North underground	BHP Billiton	2009	2011	8	4	320	2013	4	388	143	0	2	4	2	100	
12	Narrabri Coal Project (stage 2)	Whitehaven	2009	2011	4,5	4,5	300	2012	4,5	300	0	0	2	3	1	50	
13	Ulan	Xstrata	2010	2014	7	6,7	1340	2014	6,7	1300	1	0	4	4	0	0	
14	Lake Lindsay opencut	Anglo Coal Australia/Mitsui	2005	2006	4	4	674	2009	4	726	8	0	1	4	3	300	
15	Vermont Coal Project	QCM	2007	2009	4	4	245	2009	4	264	8	0	2	2	0	0	
16	Dawson project	Anglo Coal	2005	2007	10	8	405	2008	8	1120	246	0	2	3	1	50	
17	Sonoma coal project	Qcoal	2005	2007	4	2,5	242	2008	2,5	200	32	0	2	3	1	50	
Miany zmienności:										średnie odchylenie odchylenie standardowe	65 84	średnia odchylenie standardowe					60 69

Źródło: Opracowanie własne na podstawie raportów (BREE 2011-2015, ABARES 1999-2011).

których przypadkach przesądziły one o tym, że projekt opłacalny w fazie planistycznej stał się *de facto* deficytowym, jeśli oceniany *ex post*.

Wyliczono również współczynnik zmienności V, którego wartość osiągnęła 129%. Jest to wartość bardzo wysoka jednoznacznie wskazująca na wielkość ryzyka wynikającego z pojawienia się badanych odchyleń.

## **6. Zmienność cen węgla jako wyznacznik ryzyka operacyjnego projektu górniczego**

W celu porównania wyników otrzymanych w poprzednim punkcie w odniesieniu do ryzyka działalności operacyjnej przeanalizowano zmienność cen węgla. Uzasadnienie tego wyboru przedstawiono w punkcie 3. Aby uzyskać porównywalność wyników, musiano uwzględnić fakt, że okresy zwrotu z inwestycji są znacznie dłuższe od okresów inwestowania. Co gorsze, o ile te pierwsze jednak kształtowały się w okolicach 3–4 lat, to te drugie mogą różnić się bardziej znacząco. Wydaje się jednak, na podstawie pobieżnej analizy komunikatów inwestujących spółek, że przyjęcie jego długości na poziomie 18 lat będzie wartością dość prawdopodobną.

Dla uproszczenia przyjęto również, że biznesplany spółek górniczych zakładają stabilność cen węgla przez cały okres 18 lat, a poziom cen wyznaczają na podstawie średniej z 4 lat poprzedzających projekt. W ten sposób zmienność przepływów pieniężnych z fazy operacyjnej określa zmienność cen węgla pomiędzy 5. i 24. rokiem następującym po ogłoszeniu projektu w odniesieniu do średniej ceny z 4 lat poprzedzających rok ogłoszenia projektu. Jeśli chodzi o wybór notowań, to zdecydowano się na japońskie ceny importowe podawane przez BP (BP 2014). Posługiwano się cenami nominalnymi ze względu na niską inflację w omawianym okresie oraz chęć unikania sztucznych konstrukcji, które dodatkowo komplikowałyby model. Ponadto badano zmienność średnich rocznych. Często bada się zmienność cen w krótszych okresach czasowych, w skrajnym przypadku, co notowanie. Jednak z punktu widzenia celów niniejszej analizy nie chodzi o określenie zmienności cen w ogóle, ale tych uzyskiwanych przez operatora górniczego. W praktyce sprzedaje on surowiec po cenach ustalanych na podstawie średnich z dłuższych okresów notowań: znane rozwiązania dotyczą okresów miesięcznych, kwartalnych i rocznych. Ponadto istnieje zawsze możliwość zabezpieczenia się przed wahaniami cen na rynku kontraktów terminowych, gdzie najczęściej oferowane instrumenty dotyczą okresów kwartalnych i rocznych. Tak więc przedsiębiorca górniczy może realnie zabezpieczyć się przed wahaniami cen wewnątrz okresu rocznego. Jednak wymienione wyżej instrumenty zasadniczo nie funkcjonują dla okresów dłuższych niż rok. Tak więc inwestor nie ma realnej możliwości zabezpieczenia się przed odchyleniami cen średniorocznych.

Zasadniczym czynnikiem wyboru był fakt, że analiza dotyczy projektów australijskich a Japonia stanowi najistotniejszy rynek zbytu dla górnictwa węglowego tego kraju. Obliczenia przeprowadzono zarówno dla węgla energetycznego, jak i koksowego. Wyniki obliczeń przedstawiono poniżej (tab. 2).

Otrzymane wyniki wskazują, że zmienność cen węgla, zarówno koksowego, jak i energetycznego, liczona dla 16-letniego okresu niewiele przewyższa zmienność nakładów inwestycyjnych, chociaż okres inwestowania jest około pięciokrotnie krótszy. Co więcej,



TABELA 2. Japońskie ceny importowe węgla kamiennego w latach 1987–2013 i ich zmienność

TABLE 2. Japanese import prices of hard coal in the years 1987–2013 and their variability

Rok	Japan steam coal import cif price	Cena przyjęta do planu	Odchylenie faktycznej od planowanej ceny węgla		Japan coking coal import cif price	Cena przyjęta do planu	Odchylenie faktycznej od planowanej ceny węgla	
	USD/t		USD/t	%			USD/t	%
1987	41,28				53,44			
1988	42,47				55,06			
1989	48,86				58,68			
1990	50,81				60,54			
1991	50,30	46,74			60,45	57,63		
1992	48,45				57,82			
1993	45,71				55,26			
1994	43,66				51,77			
1995	47,58				54,47			
1996	49,54	46,74	2,79	6	56,68	57,63	-0,96	-2
1997	45,53	46,74	-1,22	-3	55,51	57,63	-2,12	-4
1998	40,51	46,74	-6,24	-13	50,76	57,63	-6,88	-12
1999	35,74	46,74	-11,00	-24	42,83	57,63	-14,80	-26
2000	34,58	46,74	-12,16	-26	39,69	57,63	-17,94	-31
2001	37,96	46,74	-8,78	-19	41,33	57,63	-16,31	-28
2002	36,90	46,74	-9,84	-21	42,01	57,63	-15,62	-27
2003	34,74	46,74	-12,00	-26	41,57	57,63	-16,06	-28
2004	51,34	46,74	4,60	10	60,96	57,63	3,33	6
2005	62,91	46,74	16,17	35	89,33	57,63	31,70	55
2006	63,04	46,74	16,29	35	93,46	57,63	35,83	62
2007	69,86	46,74	23,12	49	88,24	57,63	30,61	53
2008	122,81	46,74	76,07	163	179,03	57,63	121,39	211
2009	110,11	46,74	63,36	136	167,82	57,63	110,19	191
2010	105,19	46,74	58,44	125	158,95	57,63	101,31	176
2011	136,21	46,74	89,46	191	229,12	57,63	171,49	298
2012	133,61	46,74	86,87	186	191,46	57,63	133,83	232
2013	111,16	46,74	64,41	138	140,45	57,63	82,81	144
Miary zmienności	średnie odchylenie		52		średnie odchylenie		71	
	odchylenie standardowe		77		odchylenie standardowe		107	
	współczynnik zmienności V		148		współczynnik zmienności V		151	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie BP 2014

pomimo że przeważają odchylenia dodatnie, to jednak rozkład ten jest bardziej zrównoważony. Odchylenia dodatnie występują 10 razy, a ujemne 8. Mało tego, gdyby nie boom energetyczny 2008 r., można byłoby mówić o symetrii rozkładu. Mamy więc do czynienia z charakterystyką typową dla ryzyka finansowego, w której to odchylenia mogą być zarówno korzystne, jak i niekorzystne.

Sama zmienność cen (badana dla 18-letniego okresu) jest nieco wyższa niż zmienność nakładów inwestycyjnych (badana dla średnio 4-letnich okresów). Różnica ta nie jest jednak bardzo duża: są to te same rzędy wielkości.

### **7. Analiza adekwatności wybranych metod stosowanych do oceny ryzyka projektów w ogóle w odniesieniu do fazy inwestycyjnej i operacyjnej**

Na wstępie należy zaznaczyć, że obliczenia przeprowadzone w punktach 6. i 7. pokazały dla badanego przypadku, że zmienności nakładów inwestycyjnych w projektach górniczych węgla kamiennego oraz cen tego surowca wykazują dość zbliżone wartości – należą do tego samego rzędu wielkości.

Pierwszym zagadnieniem, które musi zostać rozpatrzone, jest reprezentatywność wyników obliczeń wykonanych na podstawie wybranego modelu dla całości branży górniczej. W części dotyczącej kształtowania się nakładów inwestycyjnych autor musi oprzeć się na przesłankach pośrednich. Po pierwsze są one zgodne z obserwowaną przez autora praktyką. Po drugie szeroka literatura dotycząca ryzyka w projektach, w tym inwestycyjnych, skupia się na ograniczaniu ryzyka przekroczenia budżetu i harmonogramu, a ryzyko zdarzeń przeciwnych, tj. realizacji projektów z poziomem wydatków poniżej budżetowanego i z wyprzedzeniem czasowym wobec harmonogramu, wykazywane są jako chwalebne wyjątki tylko potwierdzające regułę. Australia wykazuje wiele cech sprzyjających terminowej i zgodnej z budżetem realizacji górniczych projektów inwestycyjnych. Jest to kraj posiadający jedną z najsprawniejszych na świecie administracji publicznych zajmujących się tym obszarem, co sprzyja raczej szybkiej, na tle innych krajów, realizacji procedur formalnych. Australijski rynek finansowy jest bardzo dobrze rozwinięty, a de facto wszystkie analizowane projekty były realizowane przez spółki publiczne (gieldowe) znajdujące się pod presją inwestorów, aby jak najsprawniej realizować fazę inwestycyjną. Można wyrazić uzasadnioną obawę, że w przypadku innych krajów uzyskane wyniki byłyby jeszcze gorsze, tzn. że zmienność odchyleń nakładów i harmonogramów byłaby jeszcze większa.

Jeśli chodzi o ceny węgla, to dane w tym zakresie są bardzo obiektywne i nie wymagają jakiegokolwiek dodatkowej interpretacji. Rynek japoński jest jednym z największych importowych rynków świata o dużym wolumenie. Oczywiście zmienności badane dla innych rynków węgla i dla innych surowców będą inne, ale trudno oczekiwać, aby większość z nich nie kształtowała się w zbliżonym rzędzie wielkości.

Na podstawie powyższej analizy można więc uznać, że co do zasady zmienność przepływów w fazie inwestycyjnej i operacyjnej projektów górniczych ma zbliżony wpływ na ich wartość, a w konsekwencji na wartość złożeń. W praktyce dla obu tych wielkości stosuje się te same miary ryzyka i te same metodyki odzwierciedlania jego wpływu na wycenę. W dalszych rozważaniach przeanalizowana zostanie stopa dyskonta, a konkretnie stopa ryzyka, jako parametr pozwalający odnieść analizowane czynniki ryzyka od wartości projektu mierzonej zdyskontowaną wartością przepływów pieniężnych netto (NPV).

Jak już wspomniano uprzednio, stopa dyskonta, a przez to stopa ryzyka oddziałuje na NPV negatywnie w tym sensie, że im jest ona wyższa, tym niższa jest wartość z wyceny. Jeśli chodzi o wycenę wpływu przepływów z działalności operacyjnej, jest to narzędzie słuszne, co potwierdzają rzesze teoretyków i praktyków, i co również znajduje potwierdzenie

nie na podstawie wyników z analizowanego modelu. Po pierwsze przepływy z działalności operacyjnej są zawsze planowane jako dodatnie (choć w praktyce może zdarzyć się 1–2 lata z wynikiem ujemnym). Inaczej projekt z definicji byłby nieopłacalny. Po drugie odchylenia faktycznych wyników mogą układać się różnie, ale nie ma powodu przypuszczać, że nie będą one w miarę symetryczne. Wyniki przeprowadzonej analizy również fakt ten potwierdzają.

Do zupełnie przeciwnych wniosków można dojść analizując wyniki zmienności otrzymane dla fazy inwestycyjnej. Po pierwsze mamy do czynienia z nakładami, które z definicji są przepływami ujemnymi (autor świadomie pomija problem dezinvestycji nieistotny z punktu widzenia prezentowanych rozważań). Po drugie wśród odchyleń zdecydowanie przeważają ujemne, to jest przeważają projekty, w których faktycznie poniesione nakłady są wyższe i mają miejsce później niż planowano. Mechaniczne zastosowanie tradycyjnie określanej stopy ryzyka kształtującej stopę dyskonta nie wytrzymuje w tym przypadku elementarnej krytyki. Wyniki uzyskane na tej drodze byłyby zupełnie irracjonalne. Najlepszymi byłyby takie projekty, w których ryzyko przekroczenia planowanych nakładów byłoby największe, a same planowane nakłady najniższe. Konsekwencje tej zależności są oczywiste. Jeśli firma rozpatruje projekt i oszacuje wartość nakładów inwestycyjnych koniecznych na jego realizację na 1 000 mln USD, a ryzyko ich niewłaściwego oszacowania przyjmie na poziomie wynikającym z obliczonego powyżej współczynnika zmienności  $V = 129\%$ , a okaże się, że jest on nieopłacalny, to można łatwo uczynić go rentownym. Wystarczy spróbować zastosować inną metodykę szacowania nakładów, na bazie której ryzyko niedoszacowania wzrośnie dwukrotnie, a szacunek nakładów wyniesie 400 mln USD i rozważany projekt stanie się jak najbardziej opłacalny. W konsekwencji należy przyjąć, że dla projektów o długiej fazie inwestycyjnej i ryzyku niedoszacowania nakładów inwestycyjnych metoda zdyskontowanych przepływów pieniężnych nie może być stosowana w klasycznej postaci. Wniosek ten można zresztą rozciągnąć na kilka innych metod, w tym np. opcji rzeczowych, w metodykach, w których wartość nakładów inwestycyjnych jest traktowana jako cena realizacji opcji.

Dla odzwierciedlenia wpływu ryzyka fazy inwestycyjnej na wycenę wartości projektu górniczego należy stosować metodykę, która spełnia następujące warunki:

- a) uwzględnia fakt, że aktualizacji podlegają przepływy ujemne, a nie dodatnie,
- b) odzwierciedla asymetrię rozkładu wyników faktycznych od zakładanych w stronę mniej korzystnych.

Problem, który jednoznacznie pojawia się w tym miejscu, to znalezienie metodyki, która warunki powyższe spełnia.

Zdaniem autora rozwiązania można szukać w trzech obszarach:

- a) pominięciu w ogóle stopy ryzyka przy wyznaczaniu stopy dyskonta dla strumieni nakładów inwestycyjnych i określanie jej na poziomie stopy wolnej od ryzyka zgodnie z propozycją Luehrmana (Luehrman 1998),
- b) zastosowania analizy drzew decyzyjnych dla wyznaczenia najbardziej prawdopodobnej wartości tych nakładów i stosowaniu tylko stopy wolnej od ryzyka do dyskontowania przepływów w ramach poszczególnych scenariuszy (lub pominięciu stopy dyskonta w ogóle, co w sytuacji, gdy stopy te są bardzo niskie, może być uzasadnione),
- c) potraktowaniu możliwych odchyleń od planowanych nakładów jako ryzyka o charakterze ubezpieczeniowym i powiększanie planowanych nakładów o koszty wykupienia hipotetycznych polis ubezpieczeniowych, które przenosiłyby te ryzyka na ubezpieczyciela.

Jeśli chodzi o pierwsze z rozwiązań, to sam Luehrman określił je jako „mniejsze zło”. Oczywiście do jakiegoś stopnia eliminuje on problem odwróconego wpływu dyskontowania immanentnie ujemnych przepływów z działalności inwestycyjnej, ale milcząco zakłada, że ich wielkość jest pewna.

Druga i trzecia propozycja nie mają charakteru gotowego rozwiązania, ale raczej wyznaczają kierunki badawcze w omawianym zakresie.

Nadzieja, że zastosowanie teorii drzew decyzyjnych może dać oczekiwane rezultaty, opiera się na fakcie, że harmonogramowanie i budżetowanie projektów realizowane jest na podstawie modeli, które w jakimś, aczkolwiek różnym stopniu, wykorzystują tę koncepcję. Zasadniczym problemem będzie jednak zapewne zgromadzenie wystarczającej bazy danych pozwalających rzetelnie ocenić prawdopodobieństwo poszczególnych scenariuszy oraz wartości dla scenariuszy skrajnych.

Wykorzystanie modelu oceny ryzyka stosowanego w ubezpieczeniach dla określenia premii (ceny polis) również napotka na problem baz danych. Drugą przeszkodą okaże się zapewne to, że ubezpieczeniu podlegają co do zasady skutki wydarzeń niezależnych od ubezpieczającego i ubezpieczanego. Jednak zasada ta w praktyce jest rozszerzana na przypadki, w których wystąpienie szkody, nawet w przypadku uzyskania odszkodowania, nie leży w jego interesie. Jest to idea leżąca u podstaw np. ubezpieczeń zdrowia i na życie. W przypadku, gdy zostanie wprowadzony istotny udział własny, polisa taka spełniałaby ostatnią przesłankę.

Przedstawiona lista nie wyczerpuje zapewne wszystkich dostępnych rozwiązań – jest ona wynikiem przemyśleń własnych autora oraz analizy dostępnej literatury. Tym niemniej nawet narzędzia oparte na drugiej lub trzeciej koncepcji czekają na naukowe i praktyczne rozwiązanie.

## **Wnioski**

Przedstawiona analiza wskazuje, że w przypadku projektów górniczych ryzyko fazy inwestycyjnej ma podobny wpływ na jego opłacalność jak ryzyko fazy operacyjnej (eksploatacji). Jednocześnie trudno znaleźć właściwy, matematyczny algorytm, pozwalający odnieść ryzyko tej pierwszej fazy do wyniku wyceny wartości projektu. Stosowanie tych klasycznych metodologii odzwierciedlających ryzyko, które na ogół bazują na pomniejszaniu ich wartości zaktualizowanej w korespondencji do wzrostu ryzyka, należy uznać za błędne, gdyż sprawdzają się one w przypadku przepływów dodatnich, a nie ujemnych. Stąd też wypracowanie adekwatnych metodologii w tym zakresie należy uznać za jedno z największych wyzwania, jakie stoją przed teoretykami, jak i praktykami wyceny złóż.

## **Literatura**

ABARES 1999–2011: *Minerals and energy – Major development projects*. [Online] Dostępne w: [www.abare.gov.au](http://www.abare.gov.au) [Dostęp: 1.09.2015].

BREE 2011–2015: *Resources and Energy Major Projects*. Raporty za lata 2011–2105, [bree.gov.au](http://bree.gov.au), dostęp: wrzesień 2015.

BP 2014: *BP Statistical Review of World Energy*. June, London.

- Brealey, R. i Myers, S. 1996. *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill, New York.
- Damodaran, A. 2002: *Investment Valuation. Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. John Wiley & Sons, New York.
- Luehrman, T.A. 1998. Investment Opportunities as Real Options: Getting Started with Numbers. *Harvard Business Review*, Jul.–Aug., Boston.
- POLVAL 2008. *Kodeks Wyceny Złóż Kopalni (Kodeks POLVAL)*. Polskie Stowarzyszenie Wyceny Złóż Kopalni, Kraków.
- Rudenno, V. 2006. *The Mining Valuation Handbook*. Wrightbooks, Singapore.
- Topp i in. 2008 – Topp, V., Soames, L., Parham, D. i Bloch, H. 2008, *Productivity in the Mining Industry: Measurement and Interpretation*. Productivity Commission Staff Working Paper, Melbourne.
- Torries, T.F. 1998. *Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions*. Society for Mining Metallurgy & Exploration, Littleton.

