

Piotr Saluga

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

ANALIZA PROJEKTU INWESTYCYJNEGO Z OPCJĄ WYCOFANIA SIĘ Z PRZEDSIĘWZIĘCIA WIELOFAZOWEGO ORAZ OPCJĄ LIKWIDACJI

Streszczenie: W ostatnich dekadach w procesach oceny ekonomicznej projektów inwestycyjnych coraz częściej stosuje się analizę opcji rzeczowych. ROA jest powoli adaptowana przez przemysł i sektor finansowy – głównie dzięki znacznemu uproszczeniu algorytmu, w tym m.in. stosowaniu modeli kratownicowych oraz wprowadzeniu założenia MAD (*Marketed Basket Disclaimer*). Metoda staje się powoli standardem wymaganym przez banki i międzynarodowe instytucje finansowe jako technika uzupełniająca klasyczną analizę DCF. Artykuł przedstawia wycenę przedsięwzięcia z rzadko analizowaną złożoną opcją wycofania się z przedsięwzięcia wielofazowego oraz opcją likwidacji w iloczynowym modelu dwumianowym na przykładzie górniczego projektu inwestycyjnego.

Słowa kluczowe: opcje rzeczowe, elastyczność decyzyjna, wycena opcji, drzewo dwumianowe, wartość strategiczna.

1. Wstęp

Praktykę oceny ekonomicznej przedsięwzięć inwestycyjnych ostatnich dekad modyfikuje rozpowszechnienie się nowoczesnych metod pozwalających na uwzględnianie ryzyka i określanie wartości elastyczności decyzyjnej (analiza opcji rzeczowych – *Real Option Analysis*, ROA). Kalkulacja przedsięwzięć za pomocą metody ROA staje się powoli standardem uzupełniającym klasyczną analizę zdyskontowanych przepływów pieniężnych DCF, wymaganym coraz częściej przez banki i międzynarodowe instytucje finansowe.

Wzrastająca popularność analizy ROA wynika zasadniczo z wad algorytmu DCF – w szczególności związanych z jego nieadekwatnością do oceny ryzykownych inwestycji długoterminowych oraz nieuwzględnianiem elastyczności decyzyjnej. Analiza DCF, zakładając, że projekt będzie realizowany bez przerw, przy przyjętych z góry podstawowych danych w zakresie produkcji, cen i kosztów, nie uwzględnia możliwości korygowania w przyszłości podjętych decyzji początkowych; może to prowadzić do zaniżania wartości przedsięwzięć. Fakt ten potwierdzają obserwacje rynku – wartości projektów inwestycyjnych, uzyskiwane z analizy DCF, są zazwyczaj mniejsze

od ich późniejszych wartości rynkowych; zdarza się również, że projekty, charakteryzujące się obliczoną z zastosowaniem poprawnie dobranej stopy dyskontowej dodatnią NPV, nie są podejmowane. Przeczy to klasycznej teorii finansów.

Metoda ROA początek wywodzi się z teorii wyceny opcji finansowych. Opcja finansowa daje właścicielowi prawo – lecz nie obowiązek – kupna (*call-option*) lub sprzedaży (*put-option*) określonej ilości aktywów finansowych za ustaloną cenę (tzw. cenę wykonania opcji – cenę bazową) w wyznaczonym terminie lub przed jego upływem (termin wygaśnięcia – *the expiry date*). Jeśli opcja nie zostanie wykonana do tej daty, wygasa i staje się bezwartościowa.

Opcje mają swoją cenę, ponieważ prawo – nie obowiązek – podjęcia działania ma swoją wartość. Metodyka wyceny opcji została po raz pierwszy zaproponowana przez Blacka i Scholesa w 1973 r. Pomimo tego, że modele wyceny opcji są skomplikowane, ze względu na niewątpliwe zalety techniki te istotnie zmodernizowały sposób podejścia do wyceny aktywów.

Wkrótce zauważono, że cechami typowymi dla instrumentów finansowych charakteryzują się również aktywa rzeczowe; oddziaływanie tych właściwości nie jest uwzględnione w analizie DCF. Przykładowo, możliwość powstrzymania się w określonym czasie od podjęcia określonej inwestycji (budowy zakładu, wycofania się z inwestycji, zwiększenia, zmniejszenia produkcji, likwidacji przedsięwzięcia) ma swój wymiar ekonomiczny, który może być wyceniony.

Zasadniczą więc cechą odróżniającą metody wyceny opcji od analizy DCF jest zdolność wyceny elastyczności. Należy podkreślić, że analiza opcji rzeczowych ROA nie jest sprzeczna z klasyczną analizą DCF; prace naukowe (m.in. [Moyen i in. 1996; Copeland, Antikarov 2003]) pokazały, że DCF stanowi specjalny przypadek ROA.

Jak wspomniano, pierwsze algorytmy analizy opcji rzeczowych – oparte na modelach wyceny aktywów finansowych – sformułowano w końcu lat 70. XX w. Zastosowano je w sektorze finansowym, gdzie występuje wystarczająca liczba niezbędnych danych oraz gdzie w bezpośredni sposób można obserwować ceny aktywów pierwotnych. Metody te posługiwały się stochastycznymi równaniami różniczkowymi, co utrudniało ich aplikacje praktyczne. Przełomem, pozwalającym na znaczne uproszczenie rachunku wyceny opcji, stało się wprowadzenie przez Coxa, Rossa i Rubinsteina [1979] dwumianowego modelu dyskretnego, stanowiącego aproksymację modelu ciągłego wyceny opcji. Obecnie, dzięki dostępności oprogramowania i zwiększenia mocy obliczeniowej komputerów, stosowanie analizy ROA staje się stopniowo coraz bardziej powszechne – aplikacja modeli kratownicowych, z wykorzystaniem prostych formuł algebraicznych, pozwala na uniknięcie stosowania lematu Itō i rozwiązywania skomplikowanych układów cząstkowych równań różniczkowych; również wymóg istnienia obrotu handlowego aktywami podstawowymi wycenianych opcji, uważany w latach 70. XX w. za niezbędny warunek poprawności kalkulacji – nie jest już obowiązujący (założenie MAD); wycena metodą ROA jest możliwa zawsze, gdy analityk jest w stanie oszacować wartość zaktualizowaną brutto projektu bazowego. Modele kratownicowe są w prosty sposób adaptowane w arkuszach kalkulacyjnych.

Nowoczesne podejście do wyceny aktywów rzeczowych pozwala na odejście od rozumienia wartości poprzez pryzmat klasycznej NPV, nazywanej teraz wartością „statyczną” (*static*), „pasywną” (*passive*) lub „bezpośrednią” (*direct*) [Trigeorgis 1996]. Pozwala ono na pełniejszą ocenę możliwości inwestycyjnej przez uwzględnienie wartości elastyczności decyzyjnej w odniesieniu do strategii operacyjnych, które znajduje wyraz w pojęciu tzw. rozszerzonej (lub strategicznej) wartości zaktualizowanej netto (*expanded net present value*, XNPV), która jest rozumiana jako suma klasycznej wartości NPV oraz premii opcyjnej, wynikającej z wartości elastyczności decyzyjnej i różnych interakcji pomiędzy wartościami różnych możliwości działania o wymiarze strategicznym:

$$XNPV = NPV + OP, \quad (1)$$

gdzie: XNPV – rozszerzona wartość NPV (*strategic or expanded NPV*) \equiv wartość opcyjna przedsięwzięcia (*Real Option Value*, ROV),

NPV – wartość projektu uzyskiwana w klasycznej analizie DCF,

OP – wartość elastyczności (premia opcyjna, *option premium*).

2. Opis algorytmu

2.1. Proces stochastyczny

Koncepcja analizy ROA zasada się na założeniu stochastycznej zmienności aktywów bazowych. Współczesne podejście wyceny opcji przyjmuje, że instrumentem bazowym (V) jest wartość zaktualizowana (*Present Value*, PV) przepływów pieniężnych projektu brutto.

Przyjmuje, że wartość instrumentu bazowego V zmienia się zgodnie z geometrycznym ruchem Browna (*Geometric Brownian Motion*, GBM) [Dixit, Pindyck 1994]:

$$\frac{dV}{V} = \alpha dt + \sigma dz, \quad (2)$$

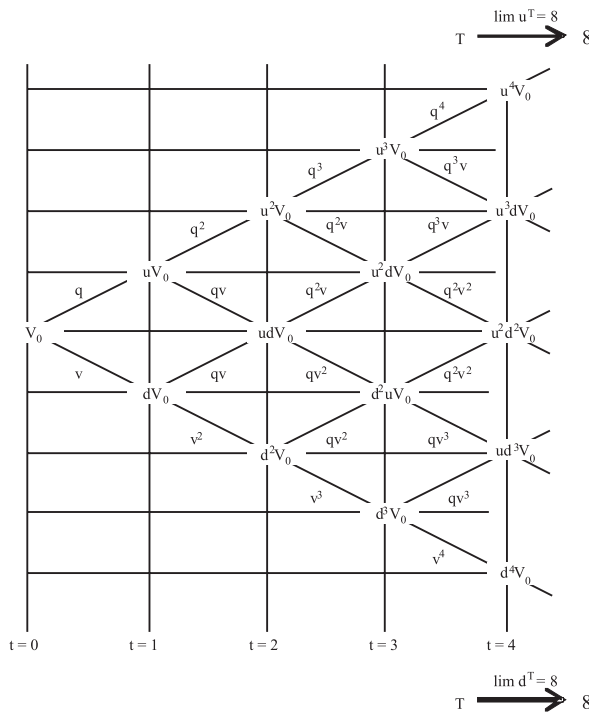
gdzie: α – nieskończenie mały, chwilowy zwrot z instrumentu bazowego,

σ – nieskończenie małe, chwilowe odchylenie standardowe zwrotów z instrumentu bazowego,

dz – różniczka standardowego procesu Wienera (zmienna losowa o rozkładzie normalnym, o średniej 0 i wariancji dt).

Aproksymację przedstawionego procesu stanowi model dyskretnego iloczynowego drzewa dwumianowego, zaproponowany przez Coxa, Rossa i Rubinsteina [1979] – dla sytuacji, gdy projekt nie płaci dywidendy (rys. 1). Założenie, które leży u podstaw GBM, stanowi, że w sposób zgodny z ruchami Browna zmienia się nie wartość V , ale jej logarytm naturalny ($\ln V$). Oznacza to, że w praktyce wartość V nie może być ujemna.

Poszczególne oznaczenia występujące na rys. 1 oznaczają: V_0 – aktualną wartość początkową przedsięwzięcia (brutto); q , v – odpowiednio: obiektywne prawdopodobo-



Rys. 1. Iloczynowy proces stochastyczny

Źródło: opracowanie własne.

bieństwa wzrostu i spadku wartości w ciągu okresu t ($v = 1 - q$); u, d – odpowiednio: mnożniki wzrostu i spadku wartości.

Parametry q, v, u, d , występujące na rys. 1, uzyskiwane są z parametru zmienności σ .

2.2. Założenie MAD

Podstawę wyceny opcji stanowi występowanie tzw. instrumentu bliźniaczego, którego charakterystyki są identyczne z parametrami wycenianych aktywów. Niestety, znalezienie notowanych na rynku bliźniaczych aktywów, z których wypłaty byłyby doskonale skorelowane z wypłatami z danego projektu w każdym stanie w trakcie jego istnienia jest praktycznie niemożliwe.

W związku z powyższym przyjęto założenie, że instrumentem bliźniaczym projektu jest ten sam projekt – czyli wartość zaktualizowana przepływów pieniężnych przedsięwzięcia bez elastyczności. Założenie to nazywane jest „odrzuconiem wymogu istnienia bliźniaczego instrumentu rynkowego” (*Marketed Asset Disclaimer, MAD*) [Copeland, Antikarov 2003].

Założenie MAD pozwala na kalkulację opcji określonych na jakichkolwiek aktywach rzeczowych, jeśli tylko jest możliwość oszacowania klasycznej wartości zaktualizowanej przepływów pieniężnych generowanych przez te walory.

2.3. Proces wyceny

Kalkulacja przedstawionego na rys. 1 drzewa dwumianowego może być realizowana w dwóch podejściach (rys. 2):

- 1) portfela replikującego (*replicating portfolio approach*),
- 2) prawdopodobieństwa neutralnego względem ryzyka (*risk-neutral probability approach*).

PODEJŚCIE PORTFELA REPLIKUJĄCEGO	PODEJŚCIE PRAWDOPODOBIEŃSTWA NEUTRALNEGO WZGLĘDEM RYZYKA
Ilość jednostek instrumentu bliźniaczego: $m = \frac{ROV_u - ROV_d}{V_u - V_d}$	Wskaźniki wzrostów i spadków: $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = \frac{1}{u}$
Ilość jednostek papierów „wolnych od ryzyka” $B = \frac{V_d ROV_u - V_u ROV_d}{(V_u - V_d)e^{r_f \Delta t}}$	Prawdopodobieństwo martyngałowe: $p = \frac{e^{r_f \Delta t} - d}{u - d}$
Wartość opcyjna: $ROV_0 = mV_0 - B$	Wartość opcyjna: $ROV_0 = \frac{p(ROV_u) + (1-p)ROV_d}{e^{r_f \Delta t}}$

Rys. 2. Rozwiązania drzewa opcyjnego w dwumianowym modelu Coxa-Rossa-Rubinsteina [1979] dla oprocentowania dyskretnego i ciągłego

Źródło: opracowanie własne.

Poszczególne symbole występujące na rys. 2 oznaczają: V_0 – aktualną wartość projektu na początku okresu t ; V_u, V_d – wartości instrumentu bazowego na końcu danego okresu t ; m – ilość jednostek instrumentu bliźniaczego w portfelu replikującym; B – ilość bonów skarbowych „wolnych od ryzyka” o wartości jednostkowej; ROV_u, ROV_d – wartości opcyjne na końcu okresu t ; Δt – długość okresu; u, d – odpowiednio: mnożniki wzrostu i spadku wartości; p – prawdopodobieństwo „wolne od ryzyka”; r_f – stopę „wolną od ryzyka”; e – podstawę logarytmu naturalnego.

3. Przykład wyceny górniczego projektu inwestycyjnego z zastosowaniem analizy ROA

Projekty inwestycyjnie obejmujące przedsięwzięcia udostępnienia i eksploatacji złóż kopalin są klasycznymi przykładami, w których elastyczność decyzyjna może mieć – w kontekście wartości – bardzo istotne znaczenie. W większości przypadków są to przedsięwzięcia złożone, sekwencyjne: realizacja pewnych opcji powoduje pojawienie się następnych. Poniżej przedstawiono analizę opcji rzeczowych dla pro-

jektu budowy nowej, hipotetycznej kopalni węgla kamiennego „Chwała Bogu”, obejmującą wydatki kapitałowe w ciągu wyjątkowo długiej fazy inwestycyjnej (2010-2024).

3.1. Określenie wartości zaktualizowanej przedsięwzięcia

Wartość aktualizowaną instrumentu bazowego obliczono na podstawie zrealizowanego wstępnie rachunku NPV, odliczając nakłady inwestycyjne. PV przedsięwzięcia skalkulowano na poziomie 522 074 tys. PLN.

3.2. Określenie zmienności instrumentu bazowego

Wykonana w klasycznym rachunku DCF analiza wrażliwości projektu wskazuje, że przedsięwzięcie jest najbardziej wrażliwe na cenę węgla. W związku z tym przyjęto upraszczające założenie, że zmienność wartości projektu wynika przede wszystkim ze zmienności cen węgla.

Przeprowadzone w 2009 r. badania [Saługa, Grudziński 2009] wskazują, że średnia zmienność roczna węgla energetycznego zmienia się w zależności od okresu obliczeniowego:

1) średnia zmienność roczna, obliczona na podstawie średnich miesięcznych cen węgla w całym okresie styczeń 2000 - czerwiec 2009 kształtuje się na poziomie:

- 8,97% (wartość oszacowana na podstawie cen nominalnych),
- 8,84% (wartość oszacowana na podstawie cen stałych);

Założenia

PV Asset Value (\$)	522.07	Krok (Δt)	1.00
Zmienność	25%	Mnożnik wzrostów	1.28
Stopa "wolna od ryzyka"	6%	Mnożnik spadków	0.78
Dywidenda (%)	0.00	Prawdopodobieństwo wzrostu	0.56
Liczba kroków	14	Prawdopodobieństwo spadku	0.44

Drzewo zmian instrumentu bazowego w okresie 2010-24

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
522.07	670.36	860.75	1 105.23	1 419.14	1 822.22	2 339.77	3 004.33	3 857.63	4 953.30	6 360.16	8 166.61	10 486.14	13 464.47	17 288.72
	406.59	522.07	670.36	860.75	1 105.23	1 419.14	1 822.22	2 339.77	3 004.33	3 857.63	4 953.30	6 360.16	8 166.61	10 486.14
		316.65	406.59	522.07	670.36	860.75	1 105.23	1 419.14	1 822.22	2 339.77	3 004.33	3 857.63	4 953.30	6 360.16
			246.61	316.65	406.59	522.07	670.36	860.75	1 105.23	1 419.14	1 822.22	2 339.77	3 004.33	3 857.63
				192.06	246.61	316.65	406.59	522.07	670.36	860.75	1 105.23	1 419.14	1 822.22	2 339.77
					149.58	192.06	246.61	316.65	406.59	522.07	670.36	860.75	1 105.23	1 419.14
						116.49	149.58	192.06	246.61	316.65	406.59	522.07	670.36	860.75
							90.72	116.49	149.58	192.06	246.61	316.65	406.59	522.07
								70.66	90.72	116.49	149.58	192.06	246.61	316.65
									55.03	70.66	90.72	116.49	149.58	192.06
										42.85	55.03	70.66	90.72	116.49
											33.38	42.85	55.03	70.66
												25.99	33.38	42.85
													20.24	25.99
														15.77

Rys. 3. Projekt budowy kopalni „Chwała Bogu” – dwumianowe drzewo zmian instrumentu bazowego (do celów ilustracyjnych założono, że 1 rok = 1 krok w drzewie dwumianowym; w obliczeniach przyjęto w jednym roku 20 kroków)

Źródło: opracowanie własne.

2) średnia zmienność roczna, obliczona na podstawie średnich tygodniowych w okresie 1.01.2007-26.06.2009 r. kształtuje się na poziomie:

- 24,98% (wartość oszacowana na podstawie cen nominalnych),
- 24,02% (wartość oszacowana na podstawie cen stałych);

3) zmienność roczną za rok 2007 określono na poziomie 25,11% (nominalnie) lub 25,25% (realnie), natomiast za rok 2008 odpowiednio: 44,04 i 43,77%.

Obserwuje się więc odwrotnie proporcjonalną zależność pomiędzy poziomem zmienności cen węgla a długością okresu obliczeniowego. Stojąc na stanowisku, że notowania cen węgla z lat 2007-2009 w stosunkowo realistyczny sposób oddają tendencje i trendy kształtujące się na rynkach węgla, oraz uwzględniając ryzyko pochodzące od innych niż ceny źródeł niepewności (ryzyko zasobowe), przyjęto, że roczna zmienność projektu kształtować się będzie na poziomie 25%.

Dwumianowe drzewo zmian instrumentu bazowego dla 14 okresów (przy założeniu, że jeden okres = 1 rok) przedstawiono na rys. 3.

3.3. Zidentyfikowanie najważniejszych opcji na wycenianych aktywach rzeczowych

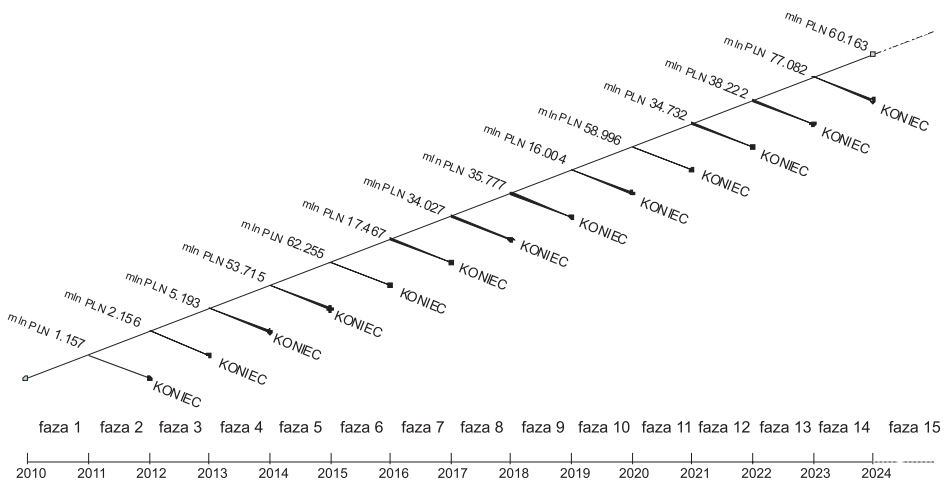
Opcje rzeczowe charakteryzują się zwykle sekwencyjnością i złożonością – są to dwie spośród zasadniczych cech, które odróżniają je od opcji finansowych [Saługa 2009].

Projekt budowy kopalni „Chwała Bogu” jest przedsięwzięciem wielofazowym – obejmuje nakłady inwestycyjne ponoszone w okresie 2011-2024 (rys. 4). Przejście do kolejnego etapu wiąże się z poniesieniem kolejnych wydatków kapitałowych. Inwestor musi zdecydować, czy po uzyskaniu informacji z poprzedniej fazy można przejść do kolejnej, ponosząc zaplanowane – zgodnie z harmonogramem – nakłady inwestycyjne. W przypadku wystąpienia niekorzystnej sytuacji inwestor może wycofać się z przedsięwzięcia – wówczas stratą przedsiębiorcy są nakłady poniesione dotychczas (koszty utopione).

Pierwszą opcją, którą uznano za najbardziej istotną w przypadku projektu budowy kopalni „Chwała Bogu”, jest sekwencyjna opcja składana typu amerykańskiego (rys. 4). Opcja ta nazywana jest w literaturze „opcją wycofania się z przedsięwzięcia wielofazowego” (*time-to-build option*) [Trigeorgis 1996]. Jest to walor obejmujący szereg występujących po sobie opcji czekania (*waiting option*), gdzie instrumentem bazowym danej opcji jest kolejna opcja – realizacja jednej uwarunkowana jest wykonaniem następnej; podjęcie decyzji o dalszym wydatkowaniu określonych nakładów zależy od uzyskania dokładniejszej informacji o sytuacji na rynku.

Należy podkreślić, iż uzyskanie docelowego instrumentu bazowego (wartości zaktualizowanej funkcjonującego projektu) następuje po zrealizowaniu ostatniej – 14. fazy przedsięwzięcia, czyli całości przewidywanych nakładów inwestycyjnych.

Po uzyskaniu instrumentu podstawowego – zakładu funkcjonującego przy założonym wydobywaniu, cenach i kosztach, decydenci dysponują zwykle kolejnymi opcjami. Są to opcje zwiększenia, zmniejszenia, wstrzymania produkcji, likwidacji kopalni.



Rys. 4. Graficzne przedstawienie sekwencyjnej opcji składanej przedsięwzięcia budowy kopalni węgla kamiennego „Chwała Bogu”

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1. Parametry opcji złożonej projektu pogłębienia szybu „Janina VI” i budowy poziomu 800

Faza	Okres	Liczba kroków	Cenaw wykonania, K (mln PLN, w cenach z 2010 r.)	Równanie końcowe
15	po 2024	1060	17,331	$\max(\text{instr. bazowy}; \text{wartość likwidacyjna})$
14	2023-2024	280	41,5	$\max(\text{faza15} - K, 0)$
13	2022-2023	260	54,5	$\max(\text{faza14} - K, 0)$
12	2021-2022	240	27,7	$\max(\text{faza13} - K, 0)$
11	2020-2021	220	25,8	$\max(\text{faza12} - K, 0)$
10	2019-2020	200	44,92	$\max(\text{faza11} - K, 0)$
9	2018-2019	180	12,49	$\max(\text{faza10} - K, 0)$
8	2017-2018	160	28,62	$\max(\text{faza9} - K, 0)$
7	2016-2017	140	27,9	$\max(\text{faza8} - K, 0)$
6	2015-2016	120	14,68	$\max(\text{faza7} - K, 0)$
5	2014-2015	100	53,63	$\max(\text{faza6} - K, 0)$
4	2013-2014	80	47,43	$\max(\text{faza5} - K, 0)$
3	2012-2013	60	4,7	$\max(\text{faza4} - K, 0)$
2	2011-2012	40	2	$\max(\text{faza3} - K, 0)$
1	2010-2011	20	1,1	$\max(\text{faza2} - K, 0)$

Uruchomienie opcji likwidacji: rok 2033 (461 krok); wartość zaktualizowana (PV) instrumentu bazowego: 522,074 mln PLN; zmienność instrumentu bazowego: 25%; stopa „wolna od ryzyka”: 6%.

Źródło: opracowanie własne.

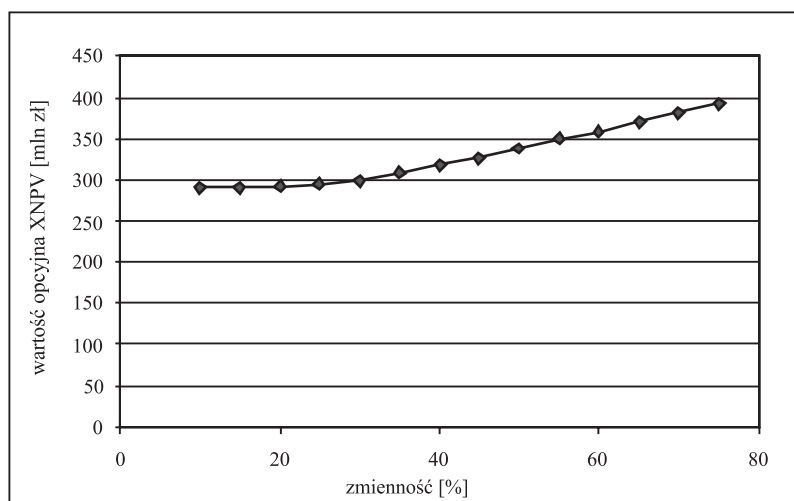
W przedmiotowym przypadku założono, że ze względu na uwarunkowania wewnętrzne i zewnętrzne inwestor nie będzie miał możliwości wstrzymania i zwiększenia eksploatacji; przyjęto, że znaczenie opcji zmniejszenia produkcji będzie również stosunkowo mało istotne.

Z tego względu, jako drugą opcję przyjęto opcję likwidacji; jest to amerykańska opcja sprzedaży, której ceną wykonania jest wartość likwidacyjna zakładu górniczego. Wartość likwidacyjną (przychód z tytułu wyprzedaży majątku), w pieniądzu roku 2010, oszacowano na 17,331 mln PLN. Założono jednak, że pojawienie się opcji likwidacji wystąpi dopiero w 2033 r. Data ta wynika z kalkulacji Funduszu Likwidacji Zakładu Górniczego (FLZG) – środki zapewniające pokrycie kosztów fizycznej likwidacji zakładu górniczego „Chwała Bogu” zgromadzone zostaną w 2032 r. Okres wygaśnięcia opcji likwidacji pokrywać się będzie z planowanym rokiem rozpoczęcia likwidacji kopalni (2083).

Opcja likwidacji zakładu, razem z opcją wycofania się z przedsięwzięcia wielofazowego, wchodzi w model opcji złożonej projektu budowy kopalni „Chwała Bogu”. Parametry tej złożonej opcji przedstawiono w tab. 1.

4. Wyniki i podsumowanie

Obliczona wartość opcyjna projektu (XNPV) kształtuje się na poziomie 294,511 mln PLN. Wartość elastyczności decyzyjnej (OP) związanej z możliwością wycofania się z przedsięwzięcia w okresie inwestycyjnym oraz z możliwością wcześniejszej likwidacji zakładu górniczego wynosi zatem 36,801 mln PLN. Wartość przedmiotowej opcji złożonej stanowi więc 14,3% wartości NPV.



Rys. 5. Wpływ zmienności instrumentu bazowego na wartość strategiczną projektu (XNPV)

Źródło: opracowanie własne.

Wrażliwość wartości opcyjnej XNPV na zmienność instrumentu bazowego przedstawiono na rys. 5. Wartość opcyjna jest bardziej wrażliwa na zwiększenie niż na zmniejszenie zmienności.

Podsumowując: kierownictwo projektu budowy kopalni węgla kamiennego „Chwała Bogu” w latach 2010-2024 dysponuje składaną, sekwencyjną opcją wycofania się z przedsięwzięcia. W każdym roku decydenci, analizując sytuację spółki i warunki rynku, mają możliwość zrezygnowania z inwestycji w przypadku wystąpienia niekorzystnych dla firmy trendów. Poniesione do tego momentu nakłady stają się kosztami utopionymi, jednakże wykonanie opcji (rezygnacja z inwestycji) pozwala jednocześnie na zaoszczędzenie dalszych nakładów inwestycyjnych. Od 2033 r. kierownictwo projektu dysponuje amerykańską opcją sprzedaży, która daje możliwość likwidacji przedsięwzięcia w zamian za wartość likwidacyjną ZG.

Sumaryczna wartość wymienionych opcji (sekwencyjnej opcji złożonej) kształtuje się na poziomie 36,801. Jest to wartość, której nie uwzględnia klasyczna kalkulacja DCF. W związku z tym rozszerzona – strategiczna – wartość przedsięwzięcia (XNPV) przekracza 290 mln PLN.

Literatura

- Copeland T., Antikarov V., *Real Options: A Practitioner's Guide*, Texere, Thompson Corporation, New York 2003.
- Cox J.C., Ross S.A., Rubinstein M., *Option pricing: A simplified approach*, „*Journal of Financial Economics*” 1979, vol. 7, no. 3, s. 229-263.
- Dixit A.K., Pindyck R.S., *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1994.
- Moyen N., Slade M., Uppal R., *Valuing risk and flexibility: A comparison of methods*, „*Resources Policy*” 1996, vol. 22, no. 1-2.
- Saługa P., Grudziński Z., *Określenie zmienności cen i premii z tytułu składowania (convenience yield) dla węgla kamiennego*, „*Polityka Energetyczna*” 2009, t. 12, z. 2/2, IGSMiE PAN, Kraków, s. 525-542.
- Saługa P., *Ocena ekonomiczna projektów i analiza ryzyka w górnictwie*, Studia, Rozprawy, Monografie nr 152, IGSMiE PAN, Kraków 2009.
- Trigeorgis L., *Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press, Cambridge, MA, London, England, 1996.

ECONOMIC EVALUATION OF AN INVESTMENT PROJECT WITH THE TIME-TO-BUILD & ABANDONMENT OPTIONS

Summary: In the last decades economic evaluation of projects has been associated with the broader use of real options analysis. ROA is consequently being adopted both by the industry and financial sector. The growing popularity of this method is substantially caused by algorithm simplification which is realized through the use of lattice models and the marketed asset disclaimer. Real options analysis is becoming slowly a valuation standard required by banks and financial institutions. The paper yields a hard coal project valuation with a rare compound time-to-build option and an abandonment option in the multiplicative binomial model.