

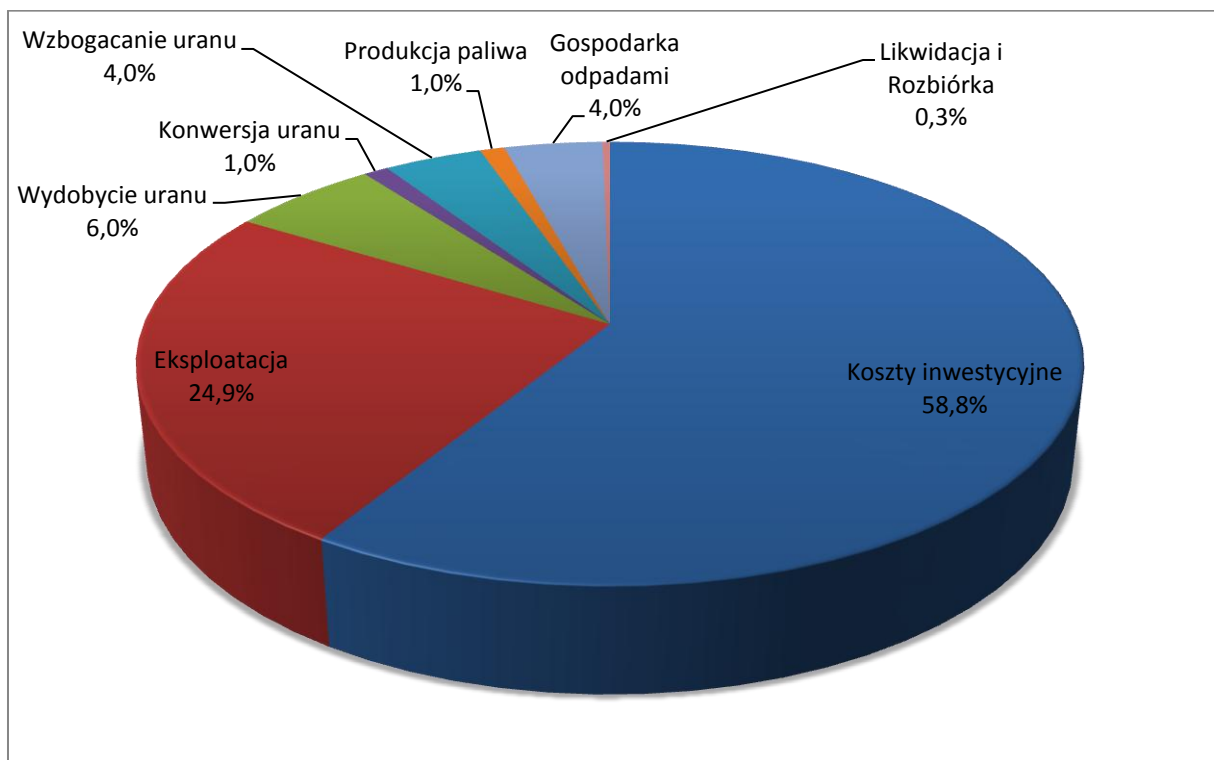
ODPOWIEDŹ NA ZADANIE Z ZAKRESU: EKONOMIA

Brytyjski „The Economist” w artykule „Przyszłość energetyki jądrowej: półśmierć” w pesymistycznych barwach zarysowuje perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w krajach gospodarki rynkowej. Jednocześnie w trafny i dyskretny sposób punktuje paradoksy zawarte w poczynaniach krajów po obu stronach Oceanu Atlantyckiego.

Rewolucja łupkowa w USA, niskie ceny węgla, nadpodaż ropy na światowych rynkach w połączeniu z wysokim udziałem OZE i wynikającą koniecznością bilansowania sieci elektroenergetycznych, prowadzą do budowania nowych bloków opartych na spalaniu paliw kopalnych. Oznacza to, że kombinacja wolnego rynku surowcowego oraz subsydiowania tylko wybranych niskiemisyjnych źródeł prowadzi do faktycznego wzrostu emisji.

Mimo niesprzyjających okoliczności, funkcjonujące elektrownie jądrowe dobrze prosperują na wolnym rynku, kreowanym przez prawo popytu i podaży, gdzie obrót energią odbywa się wg zasady *merit order*.

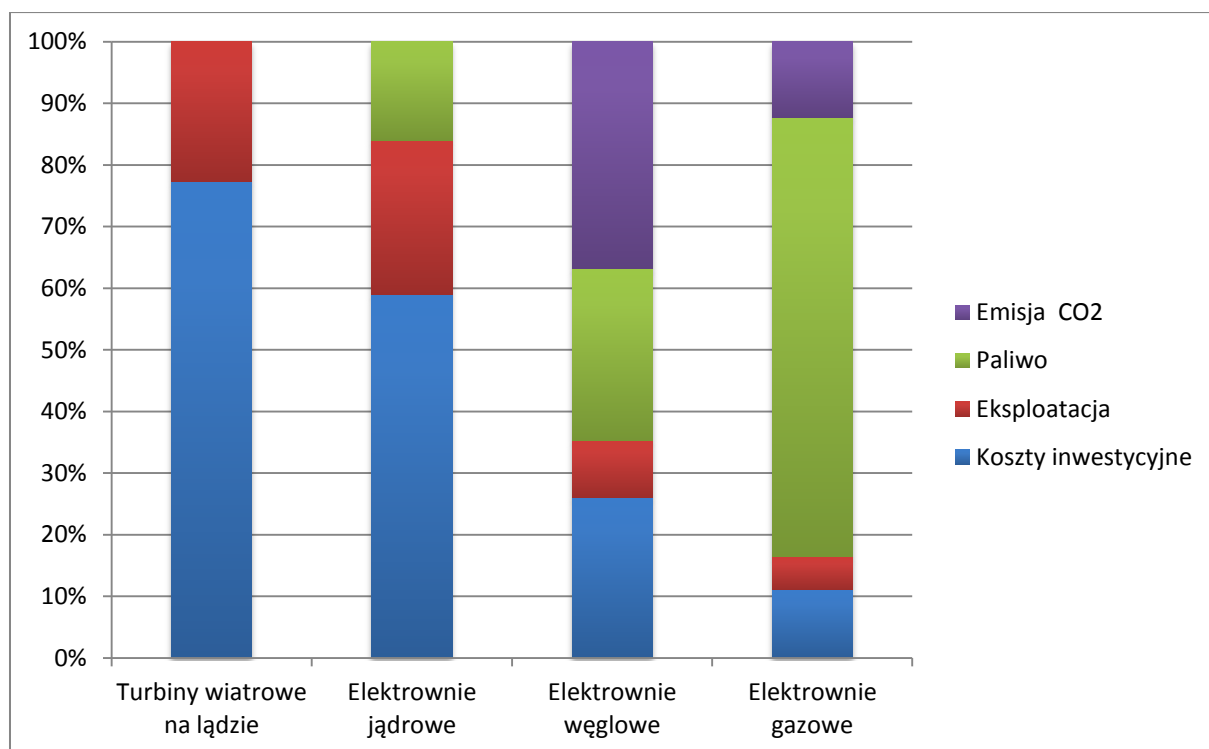
Przeważającą część struktury kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych stanowią koszty stałe, do których zaliczają się koszty inwestycyjne i koszty eksploatacji. Oznacza to, że koszty zmienne, na które w głównej mierze składają się koszty paliwa nie odgrywają znaczącej roli. Poniższy rysunek przedstawia strukturę kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych.



Rysunek 1. Struktura kosztów produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych. Źródło: Nuclear Energy Today. Second edition, NEA-OECD, Paryż 2012, s. 80

Powyższa struktura oparta na niskim udziale kosztów zmiennych, a także na niskiej bezwzględnej cenie paliwa skutkuje pozycjonowaniem elektrowni jądrowych na początku schematu *merit order*.

W związku z wzajemną rywalizacją źródeł energii w „kolejce” merit order warto zestawić ze sobą struktury kosztów poszczególnych źródeł.



Rysunek 2. Udział kosztów w cenie energii elektrycznej z poszczególnych źródeł przy założeniu stopy dyskonta 5% i cenie za emisję CO₂ 30 USD/tonę. Źródło: Nuclear Energy Today. Second edition, NEA-OECD, Paryż 2012, s. 82

Powyższy rysunek wyraźnie różnicuje poszczególne źródła energii. Niski udział kosztów paliwa w kosztach produkcji energii w elektrowni jądrowej stanowi o przewadze tego źródła na TGE. Dlatego w fazie operacyjnej struktura kosztów działa na korzyść elektrowni jądrowych.

Odpowiadając na pytanie dotyczące źródeł konkurujących i współpracujących z elektrowniami jądrowymi należy przeanalizować zarówno strukturę kosztów jak i specyfikacje techniczne poszczególnych źródeł. Na pierwszy rzut oka OZE są głównym konkurentem energetyki jądrowej. Zerowe koszty zmienne i wdrożone mechanizmy wpierające stwarzają presję na spadek cen energii. Z drugiej jednak strony specyfika techniczna OZE nie pozwala na sterowanie produkcją, w związku z czym nie jest możliwe pokrycie całego zapotrzebowania "zieloną energią". Niemniej jednak zbyt wysoki udział OZE w miksie energetycznym może wpływać na destabilizację całego systemu i zmuszać inne jednostki do postojów, co w przypadku elektrowni jądrowych jest niepożądane.

Obecne niskie ceny gazu i węgla w parze z niskimi cenami za emisję CO₂ również stanowią konkurencję dla energetyki jądrowej. Pierwszeństwo odbioru energii elektrycznej z OZE, rosnący udział „zielonej energii”, w zestawieniu z niskimi cenami paliw oraz łatwością w sterowaniu produkcją z elektrowni gazowych mogą w pesymistycznym scenariuszu spowodować brak opłacalności elektrowni jądrowych nawet w fazie operacyjnej.

Można zatem wysunąć wniosek, że największą konkurencją dla elektrowni jądrowych stanowi scenariusz wysokiego udziału OZE i elektrowni gazowych (przy utrzymujących się niskich cenach gazu). Z drugiej strony przy umiarkowanym udziale OZE, elektrownie jądrowe pokrywałyby

podstawowe zapotrzebowanie na energię, a elektrownie gazowe stanowiłyby uzupełnienie zapotrzebowania w trakcie szczytów dobowych, zatem byłyby współpracującym źródłem energii.

Dla udzielenia wyczerpującej odpowiedzi na **drugą część zadania** należy zbadać opłacalność budowy nowego bloku jądrowego oraz przeprowadzić analizę wrażliwości na takie czynniki jak np. *capacity factor* i koszty inwestycyjne. Budowa bloku energetycznego jest inwestycją długofalową, zatem dla przeprowadzenia analizy opłacalności niezbędne jest wykorzystanie dynamicznych metod przepływu pieniędzy (*cash flow*) tj. z uwzględnieniem zmiany wartości pieniądza w czasie poprzez wprowadzenie stopy dyskonta.

Najpopularniejszą metodą analizy opłacalności inwestycji jest metoda oparta na obliczeniu *wartości bieżącej netto* (NPV), zatem zostanie ona zaimplementowana do modelu. Stopa dyskonta zostanie określona na podstawie *średniego ważonego kosztu kapitału* (WACC). W celu szerszego przedstawienia problemu, w modelu zostaną założone dwie wartości stopy dyskonta (w różnych scenariuszach): 5%, zakładająca wprowadzenie mechanizmów wsparcia takich jak *kontrakty różnicowe* oraz 10% symulująca działalność na wolnym rynku.

Zanim przejdziemy do wartości wejściowych modelu, zatrzymajmy się i odpowiedzmy na pytanie dotyczące regulacji na rynku energii elektrycznej wprowadzanych przez niektóre państwa w celu ułatwienia realizacji kapitałochłonnych inwestycji w niskoemisyjne źródła energii. Sztandarowymi przykładami wsparcia ze strony państwa są Stany Zjednoczone i Wielka Brytania.

Według polityki energetycznej USA (*Energy Policy Act*) następujące mechanizmy obowiązują w Stanach Zjednoczonych:

- federalne ubezpieczenie od ryzyka w wysokości 2 mld USD na pokrycie opóźnień w pracy z pełną mocą pierwszych sześciu zaawansowanych elektrowni jądrowych, gdy opóźnienia te spowodowane są zmianami regulacyjnymi
- zredukowany podatek na fundusz likwidacyjny
- ulga podatkowa (zależna od produkcji) w wysokości 1,8 lub 2,1 cent/kWh dla pierwszych 6 GW zainstalowanych w nowych elektrowniach jądrowych w trakcie ich eksploatacji przez pierwsze 8 lat
- gwarancje dla kredytów bankowych zaciągane na inwestycje w zaawansowane elektrownie jądrowe lub inne bezemisyjne źródła energii – do 80% kosztów
- wydłużenie do końca 2025 r. działania ustawy *Price-Anderson Act*, regulującej odpowiedzialność i wypłatę odszkodowań za spowodowanie wypadków jądrowych

Wielka Brytania wprowadziła następujące mechanizmy wsparcia dla elektrowni jądrowych i innych niskoemisyjnych źródeł:

- kontrakty różnicowe – kontrakt pomiędzy sprzedającym i kupującym, na podstawie którego kupujący będzie dopłacał do aktualnej (niższej od uzgodnionej w kontrakcie) ceny rynkowej produktu wartość różnicy cen. W sytuacji odwrotnej – jeśli cena produktu będzie wyższa od uzgodnionej – sprzedający zwróci różnicę kupującemu. Uzgodniona cena kontraktu (*strike price*) dla nowej elektrowni Hinkley Point C to 89,50 £/MWh lub 92,50 £/MWh, w przypadku gdy budowa Sizewell C nie dojdzie do skutku

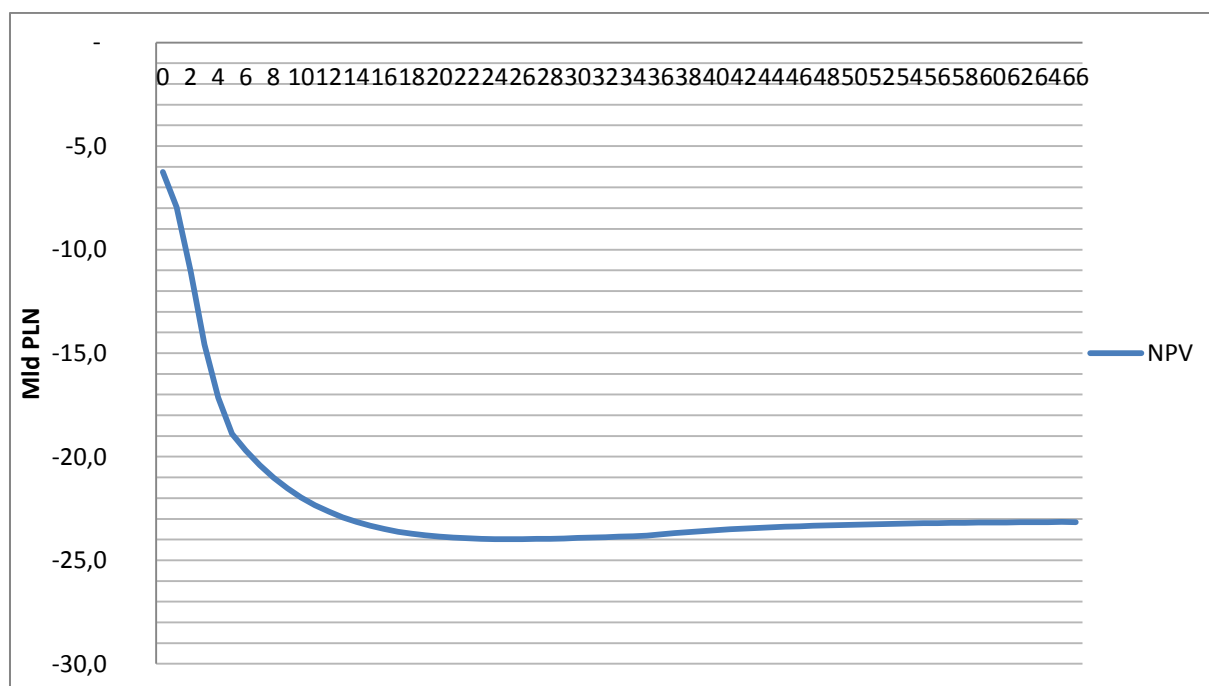
- rynek mocy – aukcje ogłaszane przez rząd, których celem jest zagwarantowanie odpowiedniego poziomu mocy dyspozycyjnej w systemie na określony rok przez wytwórców energii

Wróćmy teraz do modelu opłacalności budowy nowej elektrowni jądrowej. Do jego sporządzenia niezbędne jest przyjęcie szeregu założeń z zakresu gospodarki, paliwa i technologii bloku jądrowego. Wszystkie założenia wraz z uzasadnieniami i źródłami wymieniono w załączonym pliku w formacie .xlsx.

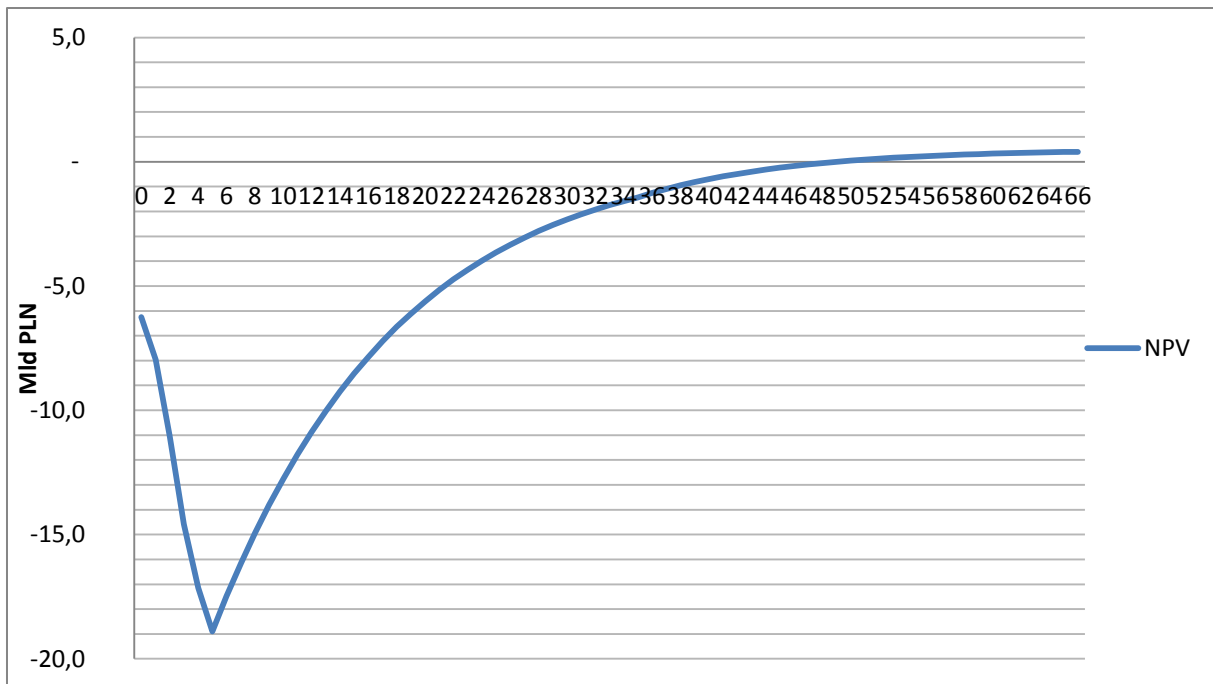
Dla porównania opłacalności inwestycji w różnych otoczeniach makroekonomicznych, sporządzony model zaimplementowano do 3 scenariuszy:

- wolno-rynkowy – stopa dyskonta 10% oraz aktualna cena energii elektrycznej
- wprowadzenie kontraktów różnicowych – stopa dyskonta 10% i ustalona wg założeń cena energii w wysokości 325 PLN/MWh
- wprowadzenie kontraktów różnicowych – stopa dyskonta 5% i ustalona wg założeń cena energii w wysokości 325 PLN/MWh

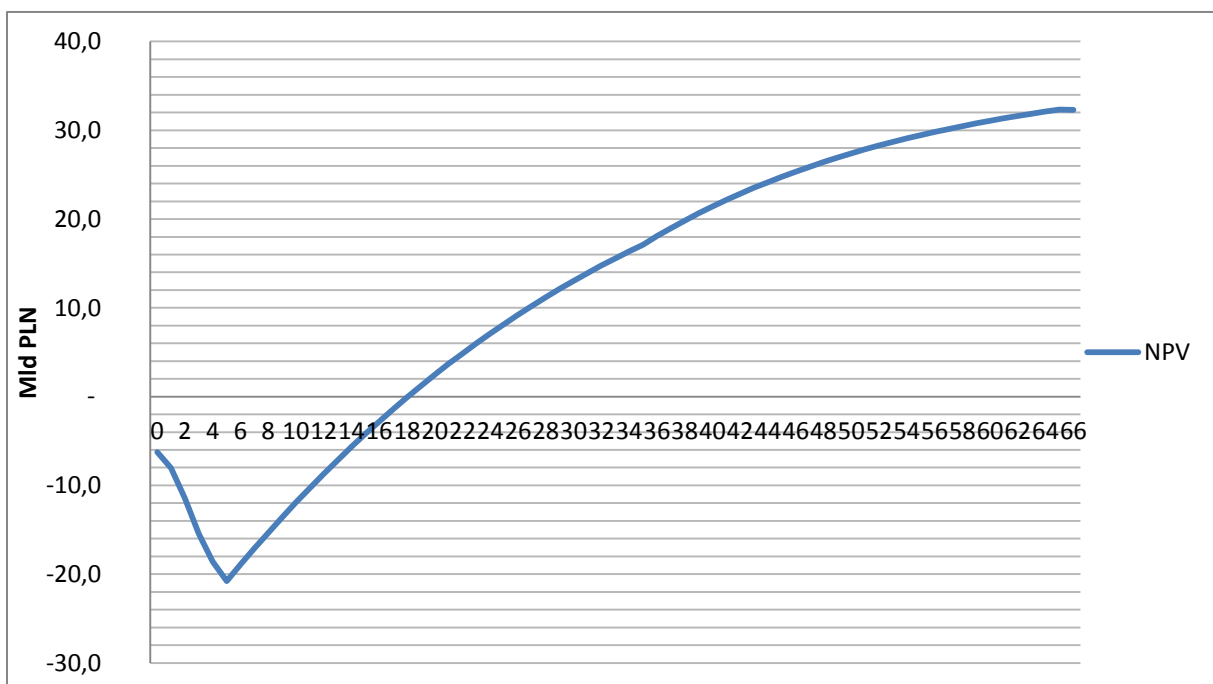
Tabele ze wszystkimi obliczonymi wartościami przedstawiono w kolejnych zakładkach załącznika. W tym miejscu przytoczymy jedynie wykresy wartości NPV w kolejnych latach trwania projektu dla poszczególnych scenariuszy.



Rysunek 3. Wartości NPV wg 1 scenariusza



Rysunek 4. Wartości NPV wg 2 scenariusza



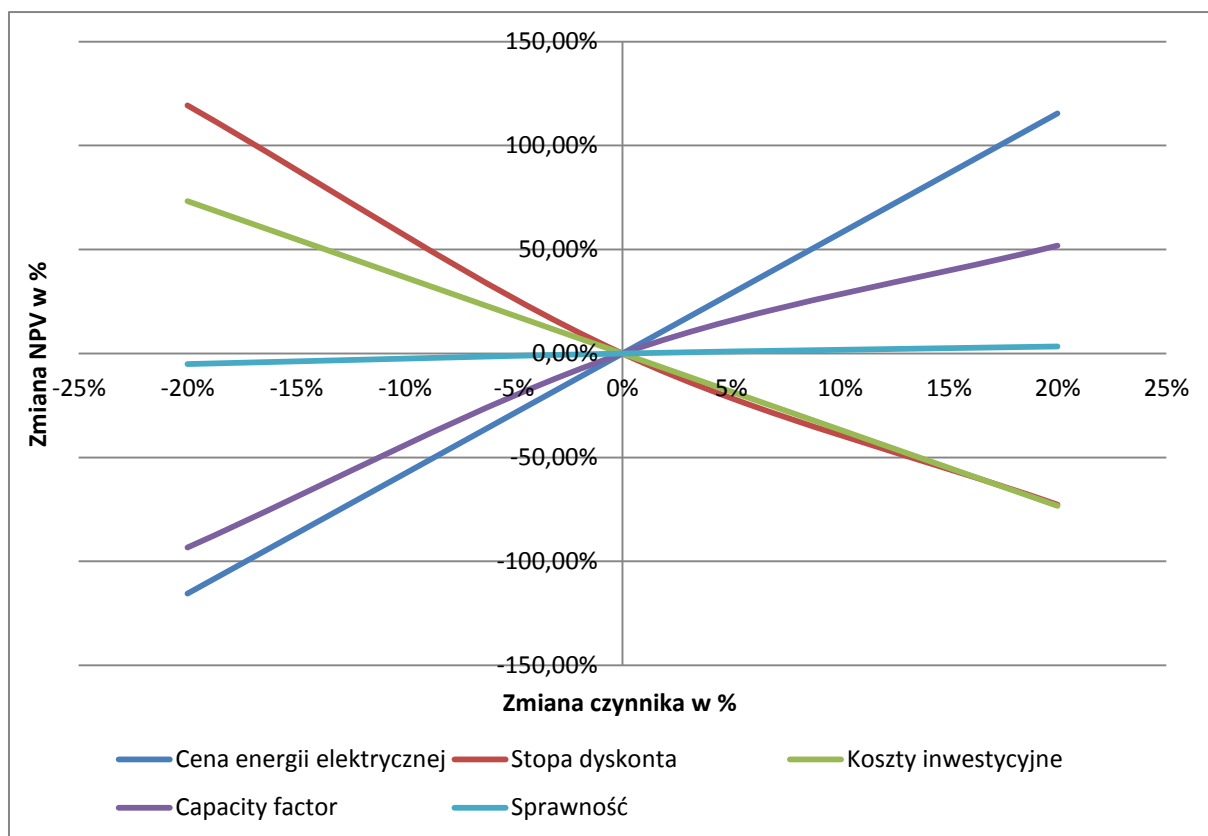
Rysunek 5. Wartości NPV wg 3 scenariusza

Analiza powyższych wykresów prowadzi do następujących wniosków:

- obecne niskie ceny energii elektrycznej powodują brak opłacalności projektu bez mechanizmów wsparcia
- *strike price* na poziomie 325 PLN/MWh oznacza wsparcie porównywalne z ceną zielonych certyfikatów i zwiększa prawdopodobieństwo opłacalności inwestycji
- wprowadzenie kontraktów różnicowych implikuje niższe ryzyko i ogranicza wolny rynek, zatem w przypadku wprowadzenia mechanizmu, stopa dyskonta na poziomie 5% jest adekwatna (3 scenariusz)

- 3 scenariusz gwarantuje zwrot z inwestycji 20 lat od rozpoczęcia inwestycji, zatem po 14 latach eksploatacji
- obecny wysoki kurs dolara podwyższa wszystkie koszty przeliczone na PLN

W celu wyciągnięcia kolejnych wniosków przeprowadzono analizę wrażliwości opłacalności inwestycji na zmianę poszczególnych czynników. W analizie każda ze zmiennych podlegała wahaniom w zakresie 20%. Scenariuszem wyjściowym dla analizy był umiarkowany, tj. drugi scenariusz opisany wyżej. Ostatnia zakładka załącznika zawiera obliczone wartości wraz z wykresami. W tym miejscu przytoczmy jedynie względną zmianę wartości NPV w stosunku do poszczególnych zmiennych.



Rysunek 6. Relatywna zmiana NPV

Analiza powyższego wykresu oraz wykresów zamieszczonych w ostatniej zakładce załącznika prowadzi do następujących wniosków:

- *capacity factor* na poziomie 70% tj. 6130 przepracowanych godzin w roku powoduje nieopłacalność inwestycji. Należy jednak podkreślić, że wartość ta jest w praktyce niespotykana. Średni *capacity factor* dla bloków w USA to 91,7%
- koszty inwestycyjne stanowią znaczną część ceny produkowanej energii elektrycznej i w dużym stopniu wpływają na opłacalność inwestycji
- rynkowa cena energii elektrycznej, warunkowana m.in. przez cenę uprawnień do emisji CO₂ ma duży wpływ na opłacalność inwestycji
- ze względu na niski koszt paliwa, sprawność elektrowni ma marginalny wpływ na opłacalność inwestycji

Najlepszym rozwiązaniem dla polepszenia ekonomiki nowych projektów jądrowych jest wprowadzanie mechanizmów finansowych i prawnych podobnych do tych, które implementują Stany

Zjednoczone oraz Wielka Brytania. Oprócz tego, ekonomika może zostać poprawiona poprzez redukcję kosztów kapitałowych, zwiększanie współczynnika wykorzystania mocy zainstalowanej oraz zwiększania elastyczności reaktorów. Ostatnie z wymienionych jest także zmianą technologiczną, wprowadzaną przez dostawców bloków w celu umożliwienia współpracy reaktorów z OZE.

Główną barierą i źródłem ryzyka inwestycji w bloki jądrowe są nakłady inwestycyjne. Dlatego inwestorzy mając do wyboru duże nakłady i długofalowy zwrot oraz niższe nakłady kosztem wyższego ryzyka w związku z trudnością sprzedaży energii, charakterystycznego dla bloków gazowych, często składają się ku tej drugiej opcji. W efekcie tego, elektrownie jądrowe w fazie inwestycyjnej muszą konkurować także z elektrowniami gazowymi, pomimo posiadania odmiennego profilu pracy w fazie operacyjnej.

Odpowiadając na ostatnie pytanie zadania konkursowego można wskazać rysunek 3 przedstawiający ujemną wartość NPV obliczoną na podstawie obecnej ceny energii. Należy jednak podkreślić, że mnogość czynników gospodarczych i politycznych, stanowi o niezwyklej trudności jednoznacznej odpowiedzi na pytanie o opłacalność projektów jądrowych bez mechanizmów wsparcia. Obecne ceny i warunki rynkowe mogą nie zachęcać do inwestycji, jednak w perspektywie zaawansowanego wieku polskich jednostek wytwórczych i konieczności wyłączenia ich z systemu, sytuacja może ulec zmianie na przestrzeni lat. Brak odpowiedniej nadpodaży mocy w systemie może wywindować ceny energii, a tym samym stworzyć korzystne warunki dla nowych inwestycji.

Na koniec należy podkreślić, że sporządzony model zawiera aproksymowane obliczenia na podstawie przyjętych założeń dotyczących dynamicznych zmiennych. Zmienne te mogą ulegać wahaniom, a niektóre z nich mogą zyskiwać lub tracić na znaczeniu. Niemniej jednak wnioski z wykonanych obliczeń są zbieżne z wieloma opracowaniami.