

**RECENZJA**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Marii Kośmiej**  
**pt. „Elastyczne planowanie obiektów infrastruktury eksploatowanych**  
**w zmiennym otoczeniu”**

Recenzję opracowano na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport  
Politechniki Poznańskiej – pismo Przewodniczącego Rady  
nr RD/d/02/2022 z dnia 27 maja 2022 r.

## 1. Treść rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marii Kośmiej „Elastyczne planowanie obiektów infrastruktury eksploatowanych w zmiennym otoczeniu” stanowi obszerne studium nad metodami analizy efektywności infrastrukturalnych projektów inwestycyjnych z propozycją oryginalnej własnej metody projekcji rozwiązań przez pryzmat elastyczności.

Recenzowane opracowanie obejmuje 193 strony wraz ze streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisem treści i spisem literatury. Merytoryczna część pracy przedstawiona jest w 8 rozdziałach (ze wstępem i zakończeniem). W rozdziałach tych zamieszczono 84 rysunków (w tym 38 rysunków to opracowania Autorki) oraz 20 tabel (numeracja tabel nieciągła). W wykazie bibliografii zestawiono 146 pozycji literatury (38 pozycji obcojęzycznych), jedną normę (ISO), 19 odwołań do stron Internetowych oraz 6 opracowań innych, z których korzystano przy opracowywaniu treści pracy.

W treści rozprawy wyróżniam:

- **wstęp**, zawierający krótkie wprowadzenie do przedmiotu badań oraz sformułowanie celu i tezy dysertacji jak i scharakteryzowanie zakresu pracy;
- **charakterystykę i stan osiągnięć nauki w głównych komponentach badań** (które są analizowane w rozprawie): inżynierii przedsięwzięć budowlanych, ekonomiki budownictwa, analiz cyklu życia inwestycji, definicji infrastruktury i elastyczności, projektowania inwestycji infrastrukturalnych, analizy i oceny ryzyka w projektach inwestycyjnych, oceny efektywności inwestycji (rozdziały 2 i 3);
- **uzasadnienie wagi idei elastyczności jako metody projektowania inwestycji budowlanych** na bazie wybranych światowych inwestycji infrastrukturalnych (stadiony, hale sportowe, mosty – realizowanych w Wielkiej Brytanii, Japonii, Stanach Zjednoczonych i Portugalii) – rozdział 4;



- **szczegółowy** obszerny (na 49. stronach) **opis narzędzi/metod** (takich jak: rachunek efektywności, cykl życia obiektu, dyskontowanie korzyści, analizy ryzyka) **umożliwiających ekonomiczną ocenę elastycznych opcji w systemach inżynierskich** (rozdział 5);
- **charakterystykę opracowanej przez Autorkę metody FLEXICON** dedykowanej do prowadzenia analiz efektywności projektów inwestycji infrastrukturalnych (rozdział 6).
- **przykłady zastosowania opracowanej metody** do badań i analiz 3 projektów infrastrukturalnych (parking Park&Ride, droga ekspresowa oraz autostrada) jako uzasadnienie tezy rozprawy (rozdział 7);
- **zakończenie** jako podsumowanie dysertacji z określeniem kierunków dalszych badań.

W pracy przyjęto tezę, że: „...**wprowadzenie elastycznego podejścia do projektowania przy realizacji inwestycji infrastrukturalnych daje przewagę z punktu widzenia kosztów inwestycji i reakcji na ryzyko nad podejściem tradycyjnym opartym na znalezieniu jednego rozwiązania optymalnego**”. Autorka sformułowała też tezę pomocniczą: „*że przy pomocy elastycznego podejścia do projektowania infrastruktury inwestor (czy to prywatny czy to publiczny) może otrzymać niewymierne korzyści, takie jak szybka reakcja na ryzyko, możliwość zmian w różnych etapach inwestycji czy dopasowanie do zmieniających się warunków gospodarczych oraz dodatkowo taki produkt, który po zmianach środowiskowych znajdzie sensowe kolejne życie.*”

Autorka pisze też we wstępie rozprawy, że *głównym celem jej pracy jest przedstawienie i rozpropagowanie metodyki elastycznego podejścia do projektowania wraz ze wszystkimi korzyściami płynącymi ze zmiany tradycyjnego modelu projektowania w obiektach inżynierskich na podejście elastyczne*. Dodatkowo w pracy zostały sformułowane następujące dwa cele cząstkowe:

- opracowanie procedury pozwalającej na ocenę możliwości zastosowania różnych opcji elastyczności.
- stworzenie takich zmian w typowych obliczeniach ENPV, które pozwalają na wykorzystanie szans wynikających z zastosowania podejścia elastycznego.

Treść rozprawy jest dobrze związana z przyjętymi celami oraz z potrzebą uzasadnienia tezy rozprawy. Chociaż nie podzielam poglądu, że opracowanie to bezpośrednio służy rozpropagowaniu metodyki elastycznego podejścia do projektowania obiektów budowlanych. Autorka pisze też, że dzięki jej pracy *będzie możliwe zastosowanie poza typowym kryterium ekonomicznym (uwzględniającym np. NPV, IRR), kryterium, które uwzględnienia uwarunkowania związane z innymi założeniami (wymagania techniczne, jakościowe oraz dotyczące ekologii, itp.)*. Tego jednak w rozprawie nie ma. Autorka dobrze identyfikuje opcje elastyczności, dając przykłady: *rozszerzenia eksploatacji, zmniejszenia planowego wykorzystania i przełączenia w sposobach użytkowania*. Opcje te zostały w pracy opisane w kontekście konkretnych dużych obiektów budowlanych.

Pozytywnie oceniam też metodykę badań, a raczej studiów, nad podjętym problemem. Autorka stosunkowo wnikliwie przeanalizowała stan wiedzy w obszarze tematyki rozprawy, określiła problem z uzasadnieniem jego wagi dla praktyki projektowej oraz zaproponowała nowe podejście do oceny efektywności inwestycji budowlanych, bazujące na uwzględnieniu elastyczności rozwiązań techniczno-użytkowych, i założeniu że pragmatyczne wskaźniki (brane

pod uwagę w ocenie efektywności inwestycji) mają charakter losowy w czasie eksploatacji inwestycji. Praca zawiera kompendium wiedzy z zakresu podjętego problemu oraz nowe autorskie propozycje dotyczące analizy projektów infrastrukturalnych z uwzględnieniem elastyczności.

Rozprawa napisana jest w zasadzie starannie pod względem językowym. Chociaż występują w niej drobne błędy korektorskie, które zestawiam w końcowej części recenzji. Autorka w treści rozprawy dość często nadaje rzeczom martwym aspekt czynnościowy, np.: „Teza pomocnicza pracy mówi”, „Trzeci rozdział rozprawy omawia”, „Literatura podaje i omawia”, „literatura podmiotu opisuje”, „literatura pisze”; co kwalifikuję jako mankament tekstu rozprawy. Szczegółowe uwagi do treści pracy zestawiam w dalszej części recenzji.

## 2. Ocena merytoryczna rozprawy

Problem elastyczności w kształtowaniu naszego otoczenia jest moim zdaniem bardzo istotny i ważny z punktu widzenia warunków rozwoju społeczno-gospodarczego. Lokalizowany jest on na etapie decyzji, koncepcji i projektów. Powinien prowadzić do oszczędności zasobów, lepszego zaspokojenia potrzeb społecznych, wykorzystania tego co zostało stworzone w warunkach rozwoju techniki. Aby tak było, trzeba elastyczność wpisywać w różne procesy działalności człowieka. Trzeba też, aby nauka dostarczała wiedzy i narzędzi do uwzględniania tego aspektu w procesach działania.

Elastyczność może być rozpatrywana w wielu płaszczyznach naszej działalności. W produkcji dość dobrze znana jest elastyczność systemów produkcyjnych. W inżynierii lądowej, w budownictwie, elastyczność rozwiązań może mieć odniesienie taktyczne – do technologii budowania, jak i strategiczne – do eksploatacji infrastruktury budowlanej. Oczywiście, w każdym odniesieniu mamy inne problemy do rozwiązania i w innych kontekstach lokujemy elastyczność.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marii Kośmiejki dotyczy problemu elastyczności w projektach inwestycji infrastrukturalnych. Autorka zaproponowała metodę projekcji i analizy efektywności takich projektów, uwzględniającej scenariusze użytkowania, losowość parametrów oceny efektywności inwestycji i wariantowość decyzji. Do stosowania metody w praktyce opracowała autorską metodę FLEXICON, bazującą na oprogramowaniu arkusza EXCEL z VBA – narzędzi typowych w pracy menadżera. Oprogramowanie metody znakomicie ułatwia wykonanie symulacji i złożonych obliczeń. Metoda ma walor oryginalności jest spójna, możliwa do zastosowania w praktyce decyzyjnej. Efektem jej zastosowania są oceny prawdopodobieństwa wartości bieżącej inwestycji (NPV) – jako syntetycznego wskaźnika oceny opłacalności inwestycji odniesione do wariantów rozwiązań projektowych i scenariuszy użytkowych inwestycji budowlanej. Takie podejście do rozwiązania problemu decyzyjnego uznaję za bardzo użyteczne, bowiem daje decydentowi szerszy wgląd w możliwe skutki jego decyzji.

W zaproponowanej metodzie Autorka stosuje stałą stopę dyskontowania efektów finansowych realizacji i eksploatacji inwestycji budowlanej. Aczkolwiek stopa dyskontowania w rachunku NPV jest zawsze niepewna i trudna do ustalenia, to uważam, że metoda wykorzystująca ten rachunek powinna być oparta na koncepcji zmniejszającej się w czasie stopie dyskonta – dedykowanej do analizy i oceny długoterminowych inwestycji. Problem jest ważny z punktu widzenia uwzględnienia *społecznej stopy dyskonta* w aspekcie użyteczności długookresowych inwestycji. Jeżeli bowiem stopa dyskonta jest wskaźnikiem zwiększającym wpływ przyszłych

korzyści z inwestycji, to odległe w czasie efekty finansowe są niepewne, a z punktu widzenia użyteczności zazwyczaj coraz mniej istotne. Koncepcja społecznej stopy dyskonta jest atrybutem zmniejszania się wagi coraz dalszych (w sensie upływu czasu) korzyści z inwestycji. Autorka zauważa ten problem w podsumowaniu dysertacji i w formułowaniu kierunków dalszych badań, jednak nie podjęła się wprowadzić charakterystyki zmienności stopy dyskonta w zaproponowanym modelu.

Uwagę kieruję do rozdziału 4. Elastyczność. Autorka pisze, że przedstawia w nim charakterystykę kilku obiektów zaprojektowanych i zbudowanych przy pomocy elastycznych narzędzi. Tak jednak nie jest, bowiem nie określono w tym opisie jakie narzędzia wykorzystywano. Opisy te są jednak uzasadnieniem wagi idei elastyczności jako metody projektowania inwestycji budowlanych.

Drugą uwagę (zapewne dyskusyjną) odnoszę do problemu ryzyka decyzji związanych z oceną projektów inwestycyjnych (rozdział 3). Nie chodzi tu o istotę i lokalizację ryzyka w procesie inwestycyjno-budowlanym (co Autorka poprawnie identyfikuje), a o sposób jego uwzględnienia w rachunku efektywności inwestycji. Autorka pisze, że szacuje ryzyko przy pomocy symulacji, podając procedurę w szacowaniu ryzyka inwestycyjnego. W tym przypadku możemy mówić jedynie o ryzyku popytu na daną inwestycję. Uważam, że uzyskane drogą symulacji charakterystyki spodziewanych efektów wiążą się jeszcze z wieloma innymi parametrami, które też charakteryzują się niepewnością. Wynikiem analizy (z symulacją) jest więc ocena możliwych efektów realizacji inwestycji. Ryzyko realizacji projektu – inwestycji budowlanej ma szersze odniesienie niż analiza efektywności inwestycji.

Jak już stwierdziłem, sednem rozprawy jest metoda analizy i oceny projektów inwestycji budowlanych, charakteryzujących się losowością w projekcji zapotrzebowania (popytu). Zagadnienie lokowane jest głównie w ekonomice budownictwa z wykorzystaniem teorii z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych. W zaproponowanej metodzie stosuje symulację komputerową (metodę Monte Carlo), statystykę matematyczną, teorię decyzji, metody oceny efektywności inwestycji. Autorka rozprawy z dużą starannością odniosła się do różnych komponentów podjętego w pracy problemu, przywołując poglądy, efekty badań i twórczość różnych autorów. To przełożyło się na obszerność rozprawy i stanowi o dogłębnej wiedzy Autorki w przedstawianych zagadnieniach, jest potwierdzeniem staranności w pracy badawczej.

Mimo wyżej określonych uwag i zastrzeżenia co do stosowanej w metodzie stopy dyskonta, zakres i treść rozprawy oceniam bardzo pozytywnie.

### 3. Uwagi krytyczne i pytania problemowe

Studiując treść rozprawy, w niektórych jej fragmentach nasuwają się wątpliwości natury terminologicznej lub uwagi co do poprawności metodycznej zamieszczonych rozważań. Przewidywane ich w czasie publicznej obrony będzie dopełnieniem problematyki dysertacji.

1. Elastyczność, moim zdaniem, jest własnością (charakterystyką) decyzji, rozwiązań, dzieł, opcji. Można też mówić o *podejściu elastycznym*, chociaż tu mamy na myśli uwzględnienie elastyczności w procesach i procedurach. Dlaczego jednak Autorka pisze też o *elastycznych narzędziach*? Na przykład na stronie 9 możemy przeczytać: „Do tej pory w Polsce nie przeprowadzono i nie opracowano dokładnej oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć zaprojektowanych przy pomocy elastycznych narzędzi”. Proszę o przykłady takich narzędzi.

2. Traktowanie *inżynierii przedsięwzięć budowlanych* jako dyscypliny badań jest nieuprawnione (cyt.: *Dyscyplina badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest wielopłaszczyznowa...*”).
3. W rozprawie określono, że istotnym dla oceny efektywności inwestycji budowlanej jest cykl życia zbudowanego obiektu. Nie wyjaśniono jednak jak ten cykl można określić. Na stronie 32, stwierdzono jedynie, że „*określenie długości życia obiektu, a co za tym idzie okresu operacyjnego, jest bardzo skomplikowane*”. Czy rzeczywiście określenie horyzontu eksploatacji obiektu budowlanego jest potrzebne w stosowaniu zaproponowanej metody?
4. Na rysunku 27 (str. 40) określono, że utworzenie zespołu projektowego jest ostatnim etapem (fazą końcową) w procedurze tradycyjnego projektowania obiektów. Co Autorka rozprawy miała na myśli, bowiem wcześniejsze rozwiązania koncepcyjne wymagają zatrudnienia projektantów.
5. Proszę o wyjaśnienie wniosku z podsumowania Rozdziału 2, cyt.: *Literatura przedmiotu ukazuje, iż pojęcie elastyczności jest ściśle związane z ekonomią, co uzasadnia wykorzystanie analizy ekonomicznej podczas analiz przedsięwzięć wykorzystujących narzędzia elastyczne*. Wniosek ten, moim zdaniem nie jest uzasadniony.
6. Zgadzam się, że (str. 57) „*celem wprowadzenia elastyczności jest stworzenie projektu, który jest gotowy na zmianę opcji w obiekcie (lub systemie) podczas jego całego cyklu życia umożliwiającą dostosowanie do zmiennych warunków otoczenia*”, jednak zaproponowana w pracy metoda takich kwestii wprost nie ujmuje – „*projekt gotowy na zmianę opcji*”.
7. Wiele teorii przedstawionych w rozdziale 5. nie jest związana z rozwiązywanym problemem. Proszę np. o wyjaśnienie, czym jest *przeciętna wartość księgową inwestycji* i po co w rozprawie rozpatrywano *Metodę księgową stopy zwrotu*?
8. Proszę wyjaśnić co Autorka miała na myśli, pisząc na stronie 95: „*Stopa dyskonta w metodzie NPV oznacza alternatywną stopę zwrotu z kapitału, czyli stopę otrzymamy, gdy zrealizujemy inwestycję*”.
9. W rozprawie często stopę dyskonta wiąże się z zjawiskiem inflacji. W jaki sposób ustala się (lub przyjmuje) stopę dyskonta do obliczeń realizowanych metodą FLEXICON?
10. Niektóre zawarte w treści rozprawy informacje mają charakter trywialny, nie wymagają przedstawienia w opracowaniu o charakterze naukowym, np. rys. 5.6. na stronie 118, na którym zobrazowano przykłady ciągłego i dyskretnego rozkładu zmiennej losowej.
11. Uwagę formułuję też do sposobu przedstawienia wyników analiz przykładowych obiektów infrastruktury z wykorzystaniem metody FLEXICON. Wynikami tymi są wykresy przedstawiające dystrybuanty rozkładów losowych wartości NPV (rys. 7.5, 7.8, 7.11, 7.18, 7.21, 7.24, 7.31, 7.34, 7.37). Nie korespondują one z wykresami przedstawiającymi rozkłady wartości NPV (rys. 7.4, 7.7, 7.10, 7.17, 7.20, 7.23, 7.30, 7.33, 7.36) – a powinny. Niezrozumiałe jest też określenie osi pionowej wykresu dystrybuanty następującym zapisem: „*Prawdopodobieństwo, że zakładany wynik jest mniejszy od osiągniętego wyniku*”. Na osi tej powinno być *prawdopodobieństwo określonej* (na osi poziomej) *wartości NPV*, zaś na osi poziomej *wartości NPV* – jak na histogramach rozkładów NPV.
12. Wyjaśnienia też wymaga sposób generowania losowych wartości popytu w metodzie FLEXICON. Autorka stosuje tu dość złożony algorytm określania zakresu możliwego popytu, wykorzystując dane szacunkowe do określenia prognozy popytu na



rozpatrywany okres i ustala przedział popytu (+ – 10 do 30%) od linii trendu popytu. Linię trendu popytu określa poprzez estymację prognozy popytu. Niejasne jest jednak to, w jaki sposób określany jest popyt w poszczególnych próbach losowych metody Monte Carlo.

Co do formy edytorskiej rozprawy wskazuję na następujące uwagi:

- Str. 33 1 w. od góry, jest: „najważniejsza funkcją” , powinno być: „najważniejszą funkcją”
- Str. 33, 2 ak. od góry: co Autorka miała na myśli, pisząc: „Podczas próby definicji podziału infrastruktury, występuje ponownie bardzo duża rozbieżność w literaturze”.
- Str. 34, tytuł tabeli: „Tab. 5. Rodzaje działalności zaliczanej do infrastruktury” jest niepoprawny. Działalność nie jest infrastrukturą.
- Str. 35, 12 w. od góry, jest: „Podstawowym problem podczas...”, powinno być: „Podstawowy problem podczas...”.
- Str. 37, 3 w. od góry, jest: „Jednakże najlepsza definicją”, powinno być: „Jednakże najlepszą definicją,”.
- W rozprawie pojęcie „dziedziny” jest, moim zdaniem niewłaściwie, odnoszone do pojęć i metod, np. na str. 42 do „elastyczności jak i analizy efektywności ekonomicznej”.
- Str. 64, 2 w. od dołu, jest: „w taki sposób stadion by po zakończeniu...”, powinno być: „w taki sposób, by po zakończeniu...”.
- Str. 71 i 72, jest: „Okazały obiekt Mistrzostw Świata służy teraz jako stolicy Brazylii zajezdnia autobusowa.”, powinno być: „Okazały obiekt Mistrzostw Świata służy teraz stolicy Brazylii jako zajezdnia autobusowa.”.
- Str. 77, 8 w. od góry, jest „uwzględnienia jest skutków w ocenie”, powinno być: „uwzględnienia jej skutków w ocenie”.
- W opisie rachunku i oceny efektywności inwestycji (w rozdziale 5) jest wiele nieścisłości w opisach wzorów, np.: Autorka porównuje stopy procentowe z kosztami (str. 81).
- Str. 83, 12 w. od dołu, jest: „gdyż w przypadku do zwrotu mamy...”, powinno być: „w przypadku, gdy do zwrotu mamy...”
- Str. 95, 8 w. od dołu, jest: „następującego wartości”, powinno być: „następujących zależności”.
- Str. 97, w. 10 od góry, jest: „o tym jest stały wzrost...”, powinno być: „o tym jej stały wzrost...”
- Str. 111, 11 w. od góry, jest: „obliczeniach współczynnika NPV...” powinno być: „obliczeniach wartości NPV...”
- Str. 119, 4 w. od góry, jest: „zmiennej objaśnionej...”, powinno być: „zmiennej objaśnianej...”
- Str. 129, str. 173, jest: „FLEXICO”, powinno być: „FLEXICON”
- Str. 165, rys. 7.31: nieczytelny opis poziomej osi wykresu.
- Str. 170, 2 w. od dołu, jest: „W omawianym wypadku polegało to budowie...”, powinno być: „W omawianym wypadku polegało to na budowie...”
- Str. 172, 8 w. od dołu, jest: „...że pomocy elastycznego...”, powinno być: „...że przy pomocy elastycznego...”

- Str. 174, 12 w. od dołu, jest: „Ponadto bieżę się ponadto pod uwagę fakt”, powinno być: „Ponadto, bierze się pod uwagę fakt”
- Str. 174, 9 w. od dołu, jest: „zastosować zmniejszająca się w czasie stopa dyskonta”, powinno być: „zastosować zmniejszającą się w czasie stopę dyskonta”.

Uwagi powyższe nie podważają mojej ogólnie pozytywnej oceny rozprawy. Treść recenzowanej rozprawy doktorskiej świadczy o bardzo dobrej znajomości problematyki przez Panią mgr inż. Marię Kośmieję, jest opracowaniem o charakterze naukowym, zawiera wiele autorskich wniosków oraz opis nowego podejścia do problemu elastyczności w projektowaniu inwestycji budowlanych.

#### 4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy dotychczas niepodejmowanego problemu – elastyczności planowania obiektów infrastruktury z uwzględnieniem niepewności danych eksploatacyjnych. Zagadnienie to jest istotne w inżynierii lądowej z punktu widzenia oceny efektywności projektów infrastrukturalnych i ekonomiki budownictwa. Doktorantka wykorzystwała w niej właściwe, różnorodne i zaawansowane narzędzia analityczne, wykazała się wiedzą i umiejętnościami prowadzenia badań i analiz naukowych.

**Uważam, że przedłożona przez Panią mgr inż. Marię Kośmieję rozprawa doktorska pt. „Elastyczne planowanie obiektów infrastruktury eksploatowanych w zmiennym otoczeniu” potwierdza swoją treścią ogólną wysoką wiedzę Doktorantki z zakresu ekonomiki budownictwa i inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Jest też potwierdzeniem Jej umiejętności prowadzenia studiów i badań o charakterze naukowym.**

Pani mgr inż. Maria Kośmieję rozwiązała istotny dla budownictwa i inżynierii lądowej problem, proponując **metodę planowania obiektów infrastruktury z uwzględnieniem elastyczności. Metoda stanowi oryginalne rozwiązanie problemu przy wykorzystaniu warsztatu naukowego.** Recenzowana rozprawa doktorska może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie *Inżynieria lądowa i transport*

Wnioskuje o dopuszczenie opiniowanej rozprawy do publicznej obrony.



Roman Marcinkowski