

dr hab. inż. Janusz Szelka, prof. UZ

Zielona Góra, 31.05. 2019 r.

Zakład Dróg i Mostów Instytutu Budownictwa

e-mail: j. szelka @ interia. pl

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Jakubowskiego  
pt. „Metodyka wielokryterialnej analizy i wyboru technologii i organizacji  
budowy mostów składanych”  
wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Tadeusza Kasprowicza.

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji WAT prof. dr. hab. inż. Adama Stolarskiego (pismo nr WYCH|N| 00370| 2019 z 16.04.2019 r.).

### 1. OCENA TRAFNOŚCI PODJĘCIA TEMATU

Konstrukcje składane charakteryzuje wprawdzie ograniczony czas eksploatacji w porównaniu z konstrukcjami mostów stałych, ale stwarzają one możliwość szybkiego usprawnienia ruchu w trudnych warunkach rozbudowy infrastruktury komunikacyjnej związanej z odbudową mostów stałych, czy też w sytuacjach kryzysowych (np. awarii mostów po powodzi lub uszkodzeń od taboru), zbudowanie doraźnego objazdu albo bezkolizyjnego skrzyżowania z konstrukcji składanych.

Cechą charakterystyczną mostów składanych jest łatwość i szybkość montażu w różnych układach konstrukcyjnych. Dostosowane są one do obowiązujących obciążeń normatywnych przyjętych w gospodarce narodowej, dlatego też systemy mostów składanych (w tym nowsze generacje tego typu konstrukcji) są coraz bardziej nastawione na potrzeby użytkownika którym jest transport i komunikacja zbiorowa.

Podjęty przez Doktoranta temat, opracowania wielokryterialnej analizy i wyboru technologii i organizacji budowy mostów składanych uważam za trafny i potrzebny do prezentacji osiągnięć z tej dziedziny mostownictwa, ponieważ problematyka może mieć szczególne znaczenie, kiedy program rozbudowy infrastruktury komunikacyjnej stał się programem rządowym.

### 2. ZAWARTOŚĆ MERYTORYCZNA I STRUKTURA ROZPRAWY

Recenzowana praca doktorska została wydana na Wojskowej Akademii Technicznej w postaci 157 stronicowego opracowania. Zasadniczą część rozprawy Autor podzielił na 7 rozdziałów (w tym Wprowadzenie, Wnioski i kierunki dalszych badań) i 4 załączniki i Streszczenie. Całość poruszanej problematyki została zilustrowana na 73 rysunkach i 66 tabelach (rozdziały 2-6) oraz 27 rysunkach (Zał.1) przedstawiających różnorodne rozwiązania konstrukcyjne mostów składanych i 3 tabelach (Zał. 2-4).

We Wprowadzeniu dokonano podziału mostowych konstrukcji składanych (mks) na: drogowe, kolejowe i pływające. Scharakteryzowano także proces budowy mostów składanych, w zależności od zastanej sytuacji (np. dostępności niezbędnego sprzętu, materiałów i konstrukcji) oraz preferencji decydenta. W punktach 1.3-1.5. podano cel i zakres rozprawy oraz jej tezę i uzasadnienie podjęcia badań.

Rozdziały 2 i 3 dotyczą drogowych konstrukcji mostowych (DMS 65, MS-22-80 i MS-54) oraz technologii i organizacji ich budowy. Przedstawiając genezę powstawania i rozwój konstrukcji składanych Dyplomant na rys. 2.5. zaprezentował Wielkich Mostowców, w tym pracowników WAT których miałem zaszczyt poznać i skorzystać z ich rozległej wiedzy. Na rysunkach i w tabelach R.2. przedstawiono różne typy mostów składanych oraz możliwe układy montażowe i podstawowe dane techniczno-eksploatacyjne tychże mostów. W R.3. skupiono się nad rozwiązaniami technologiczno-organizacyjnymi budowy (podpór i konstrukcji przęsłowej), mostów składanych co zilustrowano na rys.3.1 – 3.23.

W rozdziale 4 podano definicje podstawowych pojęć stosowanych w optymalizacji procesów, sformułowano ogólny model problemu optymalizacyjnego oraz zasady ich budowy, a także przegląd i charakterystykę metod MCDA, w tym przejrzysty schemat klasyfikacji wielokryterialnych optymalizacji MCDA – rys.4.3. oraz wykorzystanie metody ELECTRE w formie diagramów zależności (rys. 4.3 – 4.6) oraz metody PROMETHEE w tabelach 4.6 – 4.7.

Rozdział 5 jest podstawowym rozdziałem rozprawy w którym przedstawiono:

1. Metodykę analizy i wyboru wariantu technologiczno-organizacyjnego budowy mostów składanych (opracowanie autorskie schematu blokowego – rys. 5.1);
2. Sformułowanie problemu wielokryterialnego wyboru wariantów T-O budowy mostu z konstrukcji składanych wraz z koncepcją rozwiązania metodami ELEKTRE I PROMETHEE;
3. Jednolity dla wszystkich wariantów W, zbiór kryteriów optymalizacyjnych K minimalizujących:
  - czas realizacji procesów budowlanych – K1;
  - ogólny koszt realizacji procesów budowlanych – K2;
  - łączny czas pracy żurawi – K3;
  - łączny czas pracy robotników – K4.
4. Układ ograniczeń (czasowych, kolejnościowych, kompletności wykonania i równoległości wykonania procesów).

W rozdziale 6, na przykładzie trzyprzęsłowego mostu z konstrukcji DMS – 65 (rys.6.1 - 6.3), dokonano obliczeniowej weryfikacji metodyki zaproponowanej przez Doktoranta. Listy dopuszczalnych wartości kodujących atrybutów definiujących warianty T-O budowy mostu składanego zawarto w tabeli 6.1, a ich interpretacje w tabeli 6.2, natomiast wyjściowy zbiór zakodowanych pozycyjnie 256 wariantów teoretycznie dopuszczalnych zestawiono w tabeli 6.3. Do dalszych rozważań i oceny przyjęto cztery warianty T-O budowy mostu składanego, których sieci zależności Doktorant przedstawił na rys.6.4 – 6.6, a wykaz procesów roboczych tych wariantów w tabelach 6.4 – 6.8, natomiast charakterystyki każdego wariantu z uwzględnieniem kryteriów 1 -4 w tabelach 6.10 – 6.25. W rozdziale tym przedstawiono także:

- optymalizację jednokryterialną (Etap 1) obejmującą zbiór zmiennych decyzyjnych  $X = (x_p, x_r, x_t)$ , gdzie: zmienne binarne  $x_p$  – dotyczą wyboru technologii, a  $x_r$  – poprzedzania procesów zależnych zasobowo oraz całkowitoliczbowe:  $x_t$  – wskazujące terminy rozpoczynania i kończenia procesów budowlanych;
- przy założonych uprzednio kryteriach  $K_j$  i ograniczeniach (czasowych, kolejnościowych, kompletności wykonania i równoległości wykonywania procesów), w tabeli 6.26 podano wyniki obliczeń optymalizacji jednokryterialnej założonych wariantów.

W optymalizacji wielokryterialnej (Etap 2), wykorzystując metody ELECTRA i PROMETHEE, ustalono rodzaje i postaci relacji par wariantów T-O budowy w rozpatrywanym przykładzie, a zbiory relacji tych wariantów zaprezentowano w tabelach 6.28 a i b, a diagramy relacji wariantów na rys. 6.7 a i b, natomiast ranking analizowanych wariantów T-O budowy mostu w tabelach 6.29 – 6.31. Zastosowanie tych metod pozwoliło Doktorantowi przedstawić macierze decyzyjne w których uwzględniono przyjęte kryteria 1-4 i funkcje preferencji dla danych kryteriów w tab. 6.32-6.37 i wykresach (rys. 6.9 – 6.11).

W Podsumowaniu Autor uznał (zgodnie z założoną tezą rozprawy), że problem wielokryterialnego wyboru wariantu T-O budowy mostu składanego może być efektywnie rozwiązany z zastosowaniem opracowanej w pracy metodyki bazującej na metodach ELECTREE i PROMETHEE.

### 3. OCENA MERYTORYCZNA I METODOLOGICZNA ROZPRAWY

Na bazie dotychczas zanalizowanych źródeł i obserwacji (p.1.5.s.11) Doktorant uznał, że brak jest spójnej metodyki pozwalającej na wybór racjonalnych wariantów T-O budowy mostów składanych, co skłoniło go do podjęcia badań w celu usystematyzowania i dostosowania procesów wielokryterialnej analizy która pozwoli na wybór rozwiązań T-O dostosowanych do współczesnych potrzeb i możliwości, w zakresie budowy mostów składanych. Stanowi to podstawowy motyw podjęcia pracy doktorskiej z tej problematyki przez mgr. inż. Grzegorza Jakubowskiego.

Dlatego za cel pracy przyjął „Opracowanie metodyki wielokryterialnej analizy i wyboru wariantu T-O budowy mostów składanych uwzględniającej określone preferencje decydenta oraz warunki realizacyjne”.

A jako tezę uznał, że zastosowanie metodyki przyjętej w rozprawie pozwala wyznaczyć optymalne rozwiązanie T-O budowy mostu składanego w zależności od preferencji decydenta i warunków realizacyjnych.

Przy formułowaniu celu, jako zasadę przyjmuje się, że: cel – to świadomie określony stan przyszły, który uważany jest za pożądany, do którego w naszym działaniu zmierzamy, a cel to wynik analizy. Tak to też przyjął Doktorant i zapisał w treści rozprawy. Dlatego uznaje, że podjęty przez Doktoranta cel i teza rozprawy zostały właściwie sformułowane i szeroko opisane w treści pracy (co szczegółowo opisałem w poprzednim punkcie recenzji), a ich realizację oceniono we Wnioskach i kierunkach dalszych badań (p.7, s.138-139).

Zebrany i opracowany materiał badawczy w rozprawie przedstawiono w postaci:

- przeglądu konstrukcji mostów składanych i rozwiązań T-O ich budowy (R. 2 i 3);

- prezentacji metod optymalizacji wielokryterialnej(MCDA) i zasad formułowania modeli optymalizacyjnych (R.4);
- opisu metodyki i sformułowania problemu wielokryterialnej analizy i oceny wariantów T-O budowy mostów składanych(R.5), a następnie
- obliczeniowej weryfikacji tejże metodyki do konkretnego przykładu związanego z budową trzyprzęsłowego mostu składanego DMS-65, z zastosowaniem metod ELECTRE i PROMETHEE.

Świadczy to o dużej znajomości podjętej tematyki, opanowania nowoczesnych metod badawczych i umiejętności analizy wyników, wreszcie umiejętności przedstawiania własnych opracowań, w postaci diagramów zależności, wyznaczają one wysoki poziom oryginalności pracy i dowodzą o dojrzałości Doktoranta do podejmowania złożonych problemów naukowo – badawczych.

Styl i język techniczny rozprawy na wysokim poziomie, dzięki czemu praca jest czytelna i zrozumiała dla czytelnika.

Za pozytywną metodologicznie należy uznać kolejność rozdziałów, ponieważ każdy poprzedni rozdział jest bazą do następnego. Zebrano w nich fakty mogące być odpowiedzią na pytanie – jak jest? (R.1). W kolejnych rozdziałach przedstawiono analizę teoretyczną problemu badawczego i badania modelowe, a następnie uogólniono co zrobić żeby było lepiej?

Wyniki badań ujęto przejrzysto w formie tabel, rysunków i wykresów (diagramów zależności) oraz opisano w sposób naukowo poprawny.

Dobór materiałów źródłowych uważam za prawidłowy, a obszerna bibliografia dowodzi o wnikliwym, szczegółowym i starannym rozpoznaniu podjętej tematyki i profesjonalnym podejściu Doktoranta.

Podsumowując nie wnoszę zasadniczych uwag do strony merytorycznej i metodologicznej opracowania.

#### 4. BŁĘDY DRUKARSKIE I REDAKCYJNE

Podczas edycji pracy Autor nie uniknął drobnych błędów redakcyjnych, wynikają zapewne z przeoczenia i braku odpowiedniej korekty redakcyjnej. Błędy te nie umniejszają jednak wartości merytorycznej opracowania. Poniżej przedstawiam niektóre z nich.

- s.7 - drugi akapit - trzykrotnie w jednym zdaniu użyto sformułowania „...roboty związane...”;
- s.8 - pierwszy akapit - zbyt długie zdanie;
- s.10 - 16 w. od góry -zamiast „...Istnieje zatem potrzeba...”, raczej ...zachodzi...;
- s.16 i 22 brak przecinków oraz zamienne stosowanie na innych stronach przecinków i średników;
- s.23, 1 w od góry - jest „...z nadbudowa...”, ma być ... z nadbudową...;
- s.31, 2 w od góry - jest „... wraz stalowym...”, ma być ... wraz ze stalowym...;
- s.73, 9 w od góry - jest „... optymalizacji liniowej ...”, ma być ...liniowej...;
- s.81, 9 w od góry - jest „... podstawia odpowiednie...”, ma być...odpowiednie...;
- s.89, tab.6.2 - jest A6(ABCE), ma być A6(ABCD);
- s.116, tab.2.6 - jest ‘...jednokryterialne...’, ma być ...jednokryterialne...;

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

Konstrukcje składane dzięki swoim walorom konstrukcyjnym i technologicznym mogą być z dużym powodzeniem wykorzystane do szybkiego pokonywania przeszkód wodnych, a także do budowy mostów objazdowych (technologicznych) w ramach przebudowy(odbudowy) mostów stałych, dlatego zaproponowana przez Doktoranta metodyka wielokryterialnej analizy i wyboru technologii i organizacji budowy mostów składanych może spełnić oczekiwania projektantów, wykonawców i inwestorów przy rozbudowie krajowej sieci drogowo - mostowej, zarówno z technicznego jak i ekonomicznego punktu widzenia.

Opiniowana praca stanowi udane rozwiązanie zadania naukowego. Autor wykazał się umiejętnością rozwiązywania zagadnień teoretycznych, zastosowania metod ELECTRA i PROMETHEE do założonego celu i tezy w swojej pracy doktorskiej i w końcu logicznym wnioskowaniem, i wyrażeniem wyników w przejrzystej formie w postaci wykresów zależności, rysunków i tabel. Pozwala to stwierdzić, że recenzowana praca doktorska ma charakter oryginalnej pracy naukowej.

Reasumując, przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Jakubowskiego pt. „Metodyka wielokryterialnej analizy i wyboru technologii i organizacji budowy mostów składanych” stanowi twórczy wkład do nauki w zakresie mostownictwa i spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w „Ustawie o stopniach i tytule naukowym nauki” (Dz.U. Nr 65 z 2013r., poz.595 z późn.zm.) oraz „Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego” z dnia 3 października 2014 r (Dz.U. RP z 14.10.2014 r., poz.1383).

**Mając powyższe na uwadze, stawiam wniosek o przyjęcie opiniowanej rozprawy do publicznej obrony przed stosowną Komisją. Jednocześnie z uwagi na wysoki poziom naukowy rozprawy, na który składa się opracowanie nowej i efektywnej metodyki która pozwala dokonać wyboru optymalnej technologii i organizacji budowy mostów składanych, proponuję pracę wyróżnić.**