

Prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła  
Politechnika Wroclawska  
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław  
e-mail: [jerzy.hola@pwr.edu.pl](mailto:jerzy.hola@pwr.edu.pl)

Wrocław, 11 maja 2023 r.



## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej

pt.: **Wielokryterialne wspomaganie decyzji EIPICI umożliwiające wybór  
zrównoważonej receptury mieszanki betonowej**

### 1. PODSTAWY OPRACOWANIA RECENZJI

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowi pismo z dnia 14 kwietnia 2023 roku o znaku WTBD.521.DR.44.2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej, podpisane przez Przewodniczącego Rady Naukowej Pana dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni, zawierające informację o powołaniu mnie w dniu 4 kwietnia 2023 r. na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej oraz prośbę o sporządzenie recenzji.

Merytoryczną podstawę opracowania recenzji stanowi załączona do ww. pisma rozprawa doktorska mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej.

### 2. PRZEDMIOT I ZAWARTOŚĆ ROZPRAWY

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej pt: „Wielokryterialne wspomaganie decyzji EIPICI umożliwiające wybór zrównoważonej receptury mieszanki betonowej”. Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Karol Prałat, prof. uczelni, a promotorem pomocniczym Pan dr inż. Wojciech Kubissa. Recenzowana rozprawa ma charakter badawczo - analityczny i ujęta została 10 rozdziałach. Liczy 128 stron wydruk komputerowego, w tym 35 rysunków i 42 tabele. Przywołana w rozprawie literatura liczy 140 pozycji, w tym 15

pozycji norm, 8 pozycji ustaw i rozporządzeń, 6 stron internetowych. W przypadku 3 pozycji literaturowych Autorka rozprawy jest współautorką. Do rozprawy dołączono 7 załączników liczących łącznie 42 strony i zawierających 84 tabele.

Rozprawę rozpoczyna streszczenie w językach polskim i angielskim, po którym umieszczono spis treści i wykaz najczęściej stosowanych skrótów i oznaczeń.

Rozdział 1, nazwany idea zrównoważonego rozwoju w budownictwie (25 stron), ujęty został w 8 podrozdziałach i zawiera przegląd literatury dotyczący tematyki którą rozprawa obejmuje. W pierwszym podrozdziale podano definicję zrównoważonego budownictwa w świetle obowiązującego prawa, drugi odnosi się do neutralności klimatycznej UE, a następne odnoszą się w kolejności do realizacji zasady zrównoważonego rozwoju w przemyśle cementowym, betonu jako zrównoważonego wyrobu, wybranych zagadnień dotyczących trwałości obiektów budowlanych, nowych kierunków rozwoju betonu, wybranych systemów certyfikacji i narzędzi oceny budynków „zielonych”, wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji.

Rozdział 2 to cel i zakres rozprawy. W rozdziale tym, w podrozdziale 2.2, sformułowane zostały teza i cel rozprawy. Sformułowane zostały ponadto cele szczegółowe. Podrozdział ten poprzedzono wyszczególnieniem przesłanek do realizacji tematu rozprawy.

Rozdział 3 zawiera wyniki badań własnych (15 stron) i składa się z 3 podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale scharakteryzowane zostały składniki i zaprojektowane receptury mieszanek betonowych. W podrozdziale drugim opisane zostały metodyki badań próbek betonowych wykonanych z zaprojektowanych mieszanek betonowych, m. in. wytrzymałości na ściskanie i na rozciąganie przy rozłupywaniu, sorpcyjności, nasiąkliwości, mrozoodporności, ścieralności, głębokości wnikania chlorków. Natomiast w podrozdziale trzecim przedstawiono wyniki tych badań w ujęciu tabelarycznym, w postaci wartości średnich (szczegółowe zestawienie wyników badań zamieszczono w Załączniku 1).

Rozdział 4 nazwany został, rozwiązanie problemu decyzyjnego metodą EIPi (6 stron) i składa się z wprowadzenia (podrozdział pierwszy) oraz podrozdziału drugiego obejmującego zdefiniowanie problemu decyzyjnego, przygotowanie aparatu

matematycznego, przygotowanie bazy wiedzy o wariantach decyzyjnych, wyznaczenie wartości kryteriów EI i PI oraz wartości wskaźnika GEPI.

Rozdział 5 dotyczący metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji EIPICI (15 stron) i ujęty został w trzech podrozdziałach. Pierwszym z nich jest wprowadzenie, drugim przygotowanie zbioru informacji o składnikach mieszanek betonowych, a w trzecim dokonano rozwiązania problemu decyzyjnego metodą EIPICI (podrozdział ten zawiera opis problemu decyzyjnego, przygotowanie aparatu matematycznego, przygotowanie bazy wiedzy o wariantach decyzyjnych, wyznaczenie wartości kryteriów EI, PI, CI oraz wartości wskaźnika EIPICI).

Rozdział 6 zawiera rozwiązanie problemu decyzyjnego metodą EIPICI polegającego na wyborze receptury mieszanki betonowej spośród zbioru wariantów decyzyjnych z uwzględnieniem pięciu kryteriów (6 stron). Został on ujęty w 6 podrozdziałów, które w kolejności obejmują: wprowadzenie, opis problemu decyzyjnego, przygotowanie aparatu matematycznego, propozycję wartości wag kryteriów w zależności od oddziaływania środowiska na beton w konstrukcji, przygotowanie bazy wiedzy o wariantach decyzyjnych oraz wyznaczenie wartości kryteriów EI, PI i CI oraz wartości wskaźnika EIPICI.

Rozdział 7 zawiera rozwiązanie problemu decyzyjnego metodą EIPICI polegającego na wyborze receptury mieszanki betonowej do zastosowania w mostownictwie (12 stron). W czterech jego podrozdziałach umieszczono w kolejności: opis problemu decyzyjnego, przygotowanie aparatu matematycznego, przygotowanie bazy wiedzy o wariantach decyzyjnych, wyznaczenie wartości kryteriów EI, PI i CI oraz wartości wskaźnika EIPICI.

W kolejnym 8 rozdziale przedstawiono rozwiązanie problemu decyzyjnego metodą EIPICI polegającego na wyborze receptury mieszanki betonowej do zastosowania w budownictwie drogowym; w podrozdziale pierwszym dla dolnej warstwy betonu nawierzchniowego, w podrozdziale drugim dla górnej warstwy betonu nawierzchniowego (11 stron).

Rozdział 9 dotyczy wykonywania obliczeń za pomocą kalkulatora EIPICI, zgodnie z przyjętym w metodzie EIPICI aparatem matematycznym (7 stron). W rozdziale tym przedstawiony został krok po kroku tok obliczeń.

W rozdział 10 umieszczone zostały podsumowanie i wnioski końcowe, wzbogacone o wskazanie kierunku dalszych badań.

Po rozdziale 10 umieszczone zostały w kolejności literatura, spis tabel, nazwy siedmiu załączników.

Rozprawę kończą załączniki zawierające uzyskane szczegółowe rezultaty badań własnych oraz rezultaty wykonanych na użytek rozprawy obliczeń dla wszystkich wariantów decyzyjnych (receptur), m. in. śladów węglowych, zużycia surowców naturalnych, kosztów wyprodukowania 1m<sup>3</sup> mieszanki betonowej.

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą stwierdzam, że jej treść jest w zgodzie z tytułem, a przyjęty układ rozprawy jest prawidłowy i typowy dla prac o charakterze badawczo – analitycznym. Rozprawę napisano poprawną polszczyzną, zilustrowano w wystarczającym stopniu rysunkami i tabelami oraz wzbogacono 7 załącznikami dokumentującymi uzyskane szczegółowe rezultaty przeprowadzonych badań własnych i obliczeń. Dobór pozycji literaturowych jest trafny i można uznać go za wystarczający, około 60% stanowią pozycje anglojęzyczne i niemal tyle samo jest pozycji z ostatnich 10 - 12 lat.

### **3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY**

#### **3.1. Ocena doboru tematu i postawionego celu**

Przystępując do oceny doboru tematu warto zauważyć, że budownictwo będące ważnym działem gospodarki narodowej odpowiedzialnym za ponad 7% PKB jest wpisane w koncepcję zrównoważonego rozwoju. M. in. dlatego szczególnego znaczenia nabierają różnego rodzaju działania zmierzające do tego, żeby stosowany w budownictwie powszechnie i na dużą skalę beton był wyrobem również zrównoważonym, cechującym się przykładowo jak najniższą wartością „śladu węglowego”. Wszystkie te działania są wielotorowe i mają charakter ekonomiczny, techniczny, ekologiczny. Przejawiają się m. in. dążeniem do obniżenia zawartości klinkieru w cemencie poprzez stosowanie różnych dodatków co skutkuje obniżeniem emisji gazów cieplarnianych i CO<sub>2</sub> do atmosfery, zwiększaniem udziału w mieszance betonowej kruszywa pochodzącego z recyklingu oraz dodatków mineralnych ograniczających zużycie nieodnawialnych surowców pochodzących ze złóż

naturalnych, stosowaniem kruszyw lokalnych ograniczającym transport na większe odległości, stosowaniem materiałów ubocznych i odpadowych pochodzących z różnych branż, projektowaniem składu mieszanek betonowych pozwalających uzyskać pożądane własności i właściwości betonu z uwzględnieniem zalecanych klas ekspozycji oraz z uwagi na trwałość. Znalezienie w tej dużej zbiorowości podejmowanych działań właściwego rozwiązania, polegającego na wyborze optymalnego składu mieszanki betonowej z uwzględnieniem aspektów ekologicznego i technicznego oraz ekonomicznego z dochowaniem preferencji decydenta, nie jest proste. Z uwagi na złożoność i ważność tego problemu zasadne jest poszukiwanie do jego rozwiązania odpowiedniej metody wspomaganie decyzji, metody dedykowanej temu problemowi, wiarygodnej i czytelnej. I to właśnie opracowanie takiej metody postawiła sobie Autorka rozprawy za cel, metody wielokryterialnej wspomaganie decyzji, opartej na aparacie matematycznym, umożliwiającej wybór optymalnego wariantu receptury mieszanki betonowej.

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że temat recenzowanej rozprawy bardzo dobrze wpisuje się w zasygnalizowany obszar tematyczny i zasługuje na pozytywną ocenę bo jest aktualny, interesujący i mający znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Również na pozytywną ocenę zasługuje cel rozprawy, sformułowany w podrozdziale 2.2 na stronie 47, bo jest zasadny i oryginalny.

### **3.2. Tytuł rozprawy**

Tytuł rozprawy właściwie odzwierciedla jej zawartość, aczkolwiek użyte w nim słowo „zrównoważonej” nie jest moim zdaniem potrzebne. Nie wzbudziło by mojej uwagi użyte w to miejsce słowo „optymalnej”, ponieważ Autorka rozprawy użyła to słowo i w celu i w tezie.

### **3.3. Teza rozprawy**

Teza rozprawy sformułowana została w podrozdziale 2.2, na stronie 42. Ma ona następujące brzmienie, cyt.: *„metoda wielokryterialnego wspomaganie decyzji oparta na aparacie matematycznym, która ze względu na zdefiniowane obszary formułowania celów: ekologiczny, ekonomiczny i techniczny, umożliwi wybór optymalnego wariantu receptury mieszanki betonowej”*, koniec cyt. W mojej opinii teza jest oryginalna i została sformułowana jasno i zrozumiale. Jej prawdziwość wykazana została na podstawie przeprowadzonych w rozprawie badań, obliczeń

oraz analiz i wynikających z nich wniosków. Z recenzenckiego obowiązku zgłaszam drobną uwagę do sformułowania tezy. Moim zdaniem słowa ekologiczny, ekonomiczny i techniczny powinny zostać zapisane w innej kolejności, mianowicie: ekologiczny, techniczny i ekonomiczny.

#### **3.4. Ocena wartości naukowej rozprawy**

Ocenę wartości naukowej rozprawy rozpoczynam od stwierdzenia, że zrealizowane przez Autorkę własne badania doświadczalne, przeprowadzone obliczenia i analizy, zostały zaplanowane i wykonane właściwie z punktu postawionego celu i sformułowanej tezy. Metodyka badań i uzyskane rezultaty nie budzą zastrzeżeń. Nie budzi również zastrzeżeń opracowana baza wiedzy o wariantach decyzyjnych wykorzystana do rozwiązania problemu decyzyjnego oraz wyznaczone wartości kryteriów EI, PI, CI i wartości wskaźników GEPI i EIPICI.

Po analizie rozprawy uważam, że do głównych osiągnięć naukowych Autorki rozprawy można zaliczyć między innymi następujące dokonania:

- zbudowanie oryginalnej bazy wiedzy którą stanowi m. in. zbiór wariantów decyzyjnych (receptur mieszanek betonowych) oraz zbiór kryteriów decyzyjnych,
- opracowanie autorskiej metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji EIPICI opartej na aparacie matematycznym, która z uwagi na zdefiniowane obszary formułowania celów ekologicznego oraz technicznego i ekonomicznego umożliwia wybór optymalnego wariantu receptury mieszanki betonowej, oraz opracowanie autorskiej aplikacji nazwanej kalkulator EIPICI usprawniającej wykonanie obliczeń w celu dokonania wyboru spośród wielu możliwych wariantów optymalnego wariantu,
- wykorzystanie zbudowanej bazy wiedzy do rozwiązania problemu decyzyjnego polegającego na wyborze optymalnej receptury mieszanki betonowej dwoma metodami wielokryterialnego wspomaganie decyzji, metodą EIPI opracowaną wcześniej (w 2019 r.) przy współautorstwie Autorki rozprawy uwzględniającą ekologiczny i techniczny obszar formułowania celu oraz autorską metodą EIPICI uwzględniającą ponadto ekonomiczny obszar formułowania celu, wraz z porównaniem rezultatów uzyskanych tymi metodami,

- rozwiązanie problemu decyzyjnego autorską metodą EIPICI polegającego na wyborze optymalnych receptur mieszanek betonowych do zastosowań w budownictwie mostowym oraz drogowym.

W zakończeniu oceny wartości naukowej rozprawy pragnę podkreślić, że bardzo wysoko oceniam opracowanie przez Autorkę rozprawy metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji EIPICI, wzbogaconą o autorską aplikację usprawniającą wykonywanie obliczeń przy wariantowaniu danych wejściowych w celu poszukiwania rozwiązania optymalnego. Wzbogacenie opracowanej metody o tę aplikację (kalkulator EIPICI), prostą w obsłudze i co należy podkreślić przejrzyste opisaną w rozprawie, zdecydowanie podnosi walor jej aplikacyjności.

#### 4. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

Podczas czytania rozprawy nasunęły mi się w kolejności, następujące uwagi krytyczne i dyskusyjne oraz pytania do Autorki.

- a) Do słów kluczowych warto było wprowadzić jeszcze słowo: mieszanka betonowa (ew. receptura mieszanki betonowej).
- b) W nawiązaniu do zdania napisanego na s. 32 (w podrozdziale 1.6.2), cyt: *„Zastosowanie piasku kwarcowego wyeliminowała słabe ogniwo, jakim przy dużych wytrzymałościach na ściskanie jest grube kruszywo”* koniec cyt., proszę wyjaśnić podczas publicznej obrony na czym Pani zdaniem polega (albo czym się objawia) słabość tego ogniwa w betonie.
- c) Podrozdział 1.7 można moim zdaniem w całości usunąć z rozprawy, bez uszczerbku dla jej wartości merytorycznej.
- d) Podrozdział 1.8 warto było moim zdaniem rozbudować o krótki opis i krytyczną analizę wymienionych w nim metod wspomaganie decyzji. Ponadto w podrozdziale tym warto było zamieścić szerszy opis metody EIPI opracowanej w 2019 roku przy współudziale Autorki rozprawy, a której krótki opis zamieszczony został na s. 60 w podrozdziale 4.1 (opis ten również powinien znaleźć się w podrozdziale 1.8).
- e) Rozdział 2 powinien mieć moim zdaniem nazwę: Cel, teza i zakres rozprawy; podrozdział 2.2 powinno się nazwać: Cel i teza rozprawy; na s. 41 w 7wd w miejsce słów: cele szczegółowe powinno się wprowadzić podrozdział 2.3 i

nazwać go Zakres rozprawy. Przy obecnej nazwie rozdziału 2 i podrozdziału 2.2 teza rozprawy została „ukryta”, a to co stanowi zakres rozprawy moim zdaniem nazwano cele szczegółowe.

f) Drobnych korekt wymagają niektóre sformułowania użyte w rozprawie, jak na przykład:

- w nazwie tabeli 5 „Wykaz składników receptur mieszanek betonowych” (receptura to inaczej - wg Wikipedii - wykaz składników),
- na s. 50 w 9wg „zanurzenia próbek w wodzie” (co nie jest właściwe w odniesieniu do opisywanych badań sorpcyjności betonu),
- na s. 59 ostatnie zdanie „...do prowadzonej metody” (prowadzonej?).

g) Przyjęcie w rozprawie wag kryteriów decyzyjnych nie zostało moim zdaniem należycie wyjaśnione. Żeby być dobrze zrozumianym, nie kwestionuję przyjętych wartości poszczególnych wag tylko sposób przekazania informacji o przyjętych wagach kryteriów decyzyjnych w różnych „miejscach” rozprawy. Mam nadzieję, że poniższy komentarz, odwołujący się wprost do niektórych zapisów zawartych w tej kwestii w rozprawie w wystarczającym stopniu wyjaśni Autorce dlaczego „uczepiłem” się tego problemu. I tak, na przykład w rozdziale 5 na s. 61 w 4wd napisano, że znane są również wagi kryteriów  $W = (W_1, W_2, W_3, W_4)$ . Brak komentarza, skąd są znane? Podobna sytuacja ma miejsce na s. 75, gdzie w 5wd nad rysunkiem 12 napisano, że znany jest również zbiór wag kryteriów decyzyjnych  $W = (W_1, W_2, W_3, W_4)$ . Brak komentarza jw. Również na s. 81 w 2wd napisano, że znany jest zbiór wag kryteriów decyzyjnych  $W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7)$ . Z kolei w podrozdziale 6.4 w tabeli 25 na s. 84 podano propozycje nadawania wag kryteriom w zależności od klasy ekspozycji betonu. Czym się kierowano proponując wartości poszczególnych wag? Czy wagi przyjęte w rozdziale 5 nie zależą od klasy ekspozycji betonu? Nie zostało to w rozprawie wyjaśnione. Ponadto, czy w rozdziale 7 na s. 91 i w rozdziale 8 na s. 96 współczynniki  $(W_3, W_4, W_5, W_6)$  a w podrozdziale 8. na s. 101 współczynniki wagowe  $(W_3, W_4, W_5, W_6, W_7)$  nie powinny zostać nazwane tak samo, tzn. wagi kryteriów decyzyjnych? Wymaga to wyjaśnienia (odpowiedzi) podczas publicznej obrony rozprawy.

h) Do spisu literatury nasuwają się w drobne uwagi porządkowe, przykładowo:



- w poz. [23] nie podano numeru i stron,
- w poz. [30] powinien być rok wydania 2000 (jest 2015),
- w poz. [38] brakuje roku wydania,
- w poz. [86] brakuje stron.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej pt: „Wielokryterialne wspomaganie decyzji EIPICI umożliwiające wybór zrównoważonej receptury mieszanki betonowej” stanowi rozwiązanie postawionego oryginalnego problemu naukowego i wnosi znaczący wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Temat recenzowanej rozprawy jest aktualny, interesujący i mający znaczenie naukowe i aplikacyjne. Cel rozprawy i teza są zasadne i oryginalne, cel został osiągnięty, teza została udowodniona. Rozprawa dowodzi, że Autorka posiada niezbędną wiedzę w uprawianej przez siebie dyscyplinie, potrafi samodzielnie postawić oryginalny problem naukowy i przeprowadzić niezbędne badania i analizy potrzebne do jego rozwiązania.

Zakres rozprawy został zrealizowany, otrzymane oryginalne i moim zdaniem wartościowe rezultaty zostały przeanalizowane i krytycznie ocenione, poprawnie sformułowane zostało podsumowanie i wnioski końcowe które wzbogacono o wskazanie kierunku dalszych prac naukowych.

Uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej pozytywnej oceny rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny i w dużej mierze porządkowy i powinny również pomóc Autorce podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

**Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej spełnia wymogi Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2022r., poz.574 z późn. zm.) i w związku z tym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

