

Gliwice, 11 września 2023 r.

Recenzent:

Dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ

Politechnika Śląska

Wydział Budownictwa

Katedra Konstrukcji Budowlanych

ul. Akademicka 5, pok. 218

44-100 Gliwice

e-mial: radoslaw.jasinski@polsl.pl

tel: +48 504-062-571

Adresat recenzji:

Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska

i Architektury

Politechnika Rzeszowska

im. Ignacego Łukasiewicza

ul. Poznańska 2

35-959 Rzeszów

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Małgorzata Kierni-Hnat

pt. „*Koszty kontroli jakości w ocenie betonu*”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowią:

- a) Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Rzeszowskiej z 12 lipca 2023 roku o powołaniu mnie jako recenzenta przedmiotowej rozprawy doktorskiej.
- b) Pismo z Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Rzeszowskiej prof. dra hab. inż. Tomasza Siwowskiego, z dn. 14 lipca 2023 r.
- c) Ustawa o tytule naukowym i stopniach naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami).
- d) Urnowa o dzieło na wykonanie niniejszej recenzji.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marty Kierni-Hnat pt. „*Koszty kontroli jakości w ocenie betonu*”. Praca została napisana pod kierunkiem promotor Pani dr hab. inż. Izabeli Skrzypczak, prof. PRz. z udziałem promotora pomocniczego Pana dra inż. Grzegorza Bajorka, prof. PRz. Opiniowana praca zawarta jest w jednym tomie liczącym 202

strony, na które składają się 2. strony spisu treści, jedną stronę podstawowych oznaczeń, 171 stron zasadniczej części pracy, 18 stron zawierających wykaz 250 pozycji literatury (monografie, artykuły i „netografia”) i 16 pozycji norm projektowania oraz 4 strony streszczenia i słów kluczowych w języku polskim i angielskim. Tematem recenzowanej dysertacji jest aktualny problem kosztów kontroli jakości w ocenie betonu jak również projektowania mieszanki betonowej z uwzględnieniem niezawodności konstrukcji i autorskie analizy wytrzymałości betonu pochodzącego z różnych wytwórni. Jest to praca o charakterze przede wszystkim teoretycznym, z doświadczalną weryfikacją.

Doktoranta szczegółowo rozpoznała zagadnienia związane z kosztami jakości, kwalifikacji kosztów zlej jakości i identyfikację związanych z nimi przyczyn oraz metod kontroli jakości. Przedstawiła normowe procedury kwalifikacji betonu, metodę efektywnej i krytycznej identyfikacji czynników do zarządzania ryzykiem w ocenie jakości betonu oraz czynników wpływających na koszty kontroli jakości w ocenie betonu. Doktorantka przedstawiła autorskie analizy kosztów kontroli jakości w ocenie betonu według procedur normowych, a także propozycje wykorzystania metody analizy niezawodności konstrukcji do projektowania mieszanki betonowej. Moim zdaniem tytuł dysertacji w pełni odpowiada treści pracy.

Podjęte w pracy zagadnienie kontroli i kosztów jakości jest ważnym problemem mającym znaczenie nie tylko gospodarcze, ale w przypadku zaniechania wpływa także na bezpieczeństwo konstrukcji. Powszechność stosowania betonu oraz specyfika kontroli jakości, dobrze uzasadnia podjęcie tej problematyki, jako aktualnego i ważnego tematu w budownictwie. Do tak specyficznego zagadnienia jakim jest probabilistyczna analiza kontroli i kosztów została wybrana zaawansowana metoda wspomaganie decyzji (DeMatel), którą upowszechniono do analizy problemów ekonomicznych, gospodarczych i społecznych. Do zagadnienia projektowania składu mieszanki betonowej zastosowano metody znane z teorii niezawodności konstrukcji. Zastosowana metodyka analizy wymagała od Doktorantki gruntownej znajomości technologii betonu, statystyki matematycznej, jak i umiejętności interpretacji wyników badań.

Podjęty temat oraz sposób realizacji wiąże się z aktualnymi problemami budownictwa, przede wszystkim w zakresie praktyki powszechnie stosowanego betonu towarowego, również dlatego zasługuje na wysoką ocenę. W powyższym kontekście Doktorantka sformułowała główny cel pracy oraz 5 celów szczegółowych.

Nie została sformułowana teza pracy, ale cel główny i cele szczegółowe, które po zrealizowaniu przez Doktorantkę będą wspomagać metody projektowania mieszanki

betonowej uwzględniając przy tym niezawodności konstrukcji, optymalizację kosztów kontrolę zgodności, minimalizację ryzyk dotyczących kosztów jakości oraz hierarchiczną ocenę poziomu jakościowego wytwórni betonu towarowego. Uważam, że tak sformułowane cele pracy są prawidłowe, a ich realizacja poszerzają aktualny stan wiedzy.

3. Treść rozprawy doktorskiej

Rozdział 1, liczący 18 stron, zawiera wstęp stanowiący wprowadzenie do podjętego problemu badawczego, zarówno w zakresie kosztów produkcji betonu, kontroli zgodności i analizy niezawodności. Doktoranta na wstępie scharakteryzowała rolę kosztów kontroli jakości betonu i konsekwencji podejmowania niewłaściwych decyzji. Słusznie zwróciła uwagę, że celem klienta jest pozyskanie betonu o wysokiej jakości w dostępnej, niskiej cenie, a rolą producentów jest dostarczenie produktu o wysokiej jakości spełniającego wymagania przy zachowaniu minimalnych kosztów. Autorka odniosła się do wymogów prawnych związanych z koniecznością dokonywania oceny zgodności betonu i szacunkowych nakładów (20 - 35%) jakie związane są z kosztami oceny zgodności. Podkreślając tym samym wagę podjętego w pracy problemu. Minimalizowanie przez producentów kosztów kontroli jakości może mieć poważne konsekwencje, dlatego w praktyce ocenia się prawdopodobieństwa akceptacji/odrzućcia partii betonu o zaniżonej jakości i stosuje się krzywe operacyjno-charakterystyczne w normowych metodach oceny. Takie podejście nie jest równoważne z pojęciem ryzyka, które powinno być utożsamiane z iloczynem prawdopodobieństwa podjęcia błędnej decyzji i kosztu będącego konsekwencją jej podjęcia. Powszechnie jednak ryzyko definiuje się jako prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego. Doktoranta odniosła się również do normowych procedur oceny betonu według normy PN-EN 206 i statystycznej kontroli jakości. Złożoność procedur powoduje, że producenci często stosują najmniej kosztowne i czasochłonne metody oceny w konsekwencji minimalizując koszty. Autorka wykazała wady i zalety kryteriów wskazując, że dotychczas nie wszystkie metody kontroli nie zostały przeanalizowane (metoda C). Doktorantka przedstawiła również czynniki wpływające na koszty dotyczące zapewnienia kontroli jakości i odniosła się do konieczności opracowania standardowego katalogu kosztów. Takie podejście umożliwiłoby optymalizację działalności wytwórni betonu. Dość duży fragment rozdziału Autorka poświęciła pojęciu kosztów, które rozumieć należy jako sumę kosztów zgodności i niezgodności. Natomiast kosztami jakości są koszty poniesione na zaprojektowanie, wdrożenie i utrzymanie systemu zarządzania jakością, koszty zasobów zaangażowanych

w ciągle doskonalenie, koszty utrzymania systemu produkcji, koszty ponoszone z tytułu założonej wadliwości produktów i usług oraz wszystkie inne niezbędne koszty i czynności wymagane do uzyskania wysokiej jakości produktu **lub** usługi. W związku z tym prawidłowa predykcja korzyści wynikających z poprawy jakości powinny być wypadkową kosztów zgodności i kosztów niezgodności. Autorka słusznie stwierdziła, że analiza ryzyka i identyfikacja czynników ryzyka w ocenie jakości betonu towarowego może pozwolić producentowi rozpoznać, które koszty są nadmierne i skoncentrować wysiłki na optymalizacji czynników generujących najwyższe koszty i zredukować straty związane z produkcją betonu o zaniżonej jakości. Autorka sformułowała główny cel pracy, którym było *Opracowanie metod i narzędzi określania kosztów jakości wspomagających proces produkcyjny betonu towarowego z wykorzystaniem najnowszych narzędzi statystycznej kontroli jakości, analizy ryzyka oraz metod wielokryterialnego ,wspomagania decyzji*. Oprócz tego sformułowano cele szczegółowe, które określiły układ pracy program badań i analiz. Autorka przedstawiła w sposób bardzo logiczny zakres i układ pracy oraz strukturę pracy ściśle związane ze sformułowanymi celami pracy.

W **rozdziale** 2., liczącym 34 strony, Autorka przedstawiła studium literatury, które na wstępie dotyczyło zarządzania jakością: metod wspomagających projektowanie wyrobów i procesów ich produkcji oraz metod wspomagających produkcję. W dalszej części rozdziału przedstawiono informację o metodach zarządzania jakością: QFD, FMEA, ANP (w procesie produkcji betonu towarowego), SPC, six Sigma. Ten fragment Autorka zakończyła wypunktowaniem zestawów narzędzi koniecznych do zarządzania jakością i podejmowania decyzji. W dalszej części rozdziału Doktorantka omówiła narzędzia zarządzania jakością. Na wstępie omówiła metody kart kontrolnych umożliwiających identyfikację sygnałów świadczących o problemach w procesie produkcji betonu. Scharakteryzowała metodę kart Shewharta oraz kart stosujących metodę sum skumulowanych CUSUM. Oprócz tego analizowała inne statystyczne metody sterowania jakością takich jak PDCA i TQM. Dalszą część rozdziału Autorka poświęciła pojęciu kosztów jakości. Przedstawiła modele obliczania kosztów jakości oraz podział kosztów jakości, w tym między innymi modele Jurana i Schneidermana. Dalej omówiła metody pomiarów kosztów i słusznie zauważyła, że *Kosztu jakości nie można jednak uchwycić/określić, ani zidentyfikować za pomocą bieżących raportów księgowych czy audytów lecz należy go oszacować za pomocą określonych metod i systemów*. W dalszej części rozdziału przedstawiła przegląd badań i przyczyn kosztów niskiej jakości w budownictwie. W podsumowaniu rozdziału Doktorantka wykazała istotne luki w aktualnym stanie wiedzy dotyczącym kosztów w tym między innymi: **(i)** brak spójnych

definicji i metod szacowania kosztów jakości, (ii) zróżnicowanie dokładności pomiarów prowadzącą do mylnych porównań, (iii) brak jednolitych terminów i definicji, (iv) stosowanie różnych metod szacowania kosztów dostosowanych do konkretnych sytuacji, (v) zróżnicowanie metod kalkulacji kosztów utrudniające porównywanie.

W **rozdziale 3**, liczącym 11 stron, Doktoranta analizowała aktualne normowe procedury oceny jakości betonu. Przedstawiła podejście kontroli jakości betonu zawarte w podstawowej normie PN-EN 206. Wstęp rozdziału poświęciła informacjom ogólnym i wymaganiom związanym z systemem kontroli produkcji. Następnie uwagę skupiła na omówieniu działań kontrolnych związanych z kontrolą zgodności betonu, kontroli odbiorczej i badań identyczności. Dalszą uwagę Doktorantka poświęciła kryteriom kontroli zgodności betonu pojedynczych wyników badań w produkcji początkowej i ciągłej (A i B) oraz stosowanie kart kontrolnych Shewharta oraz CUSUM. Przeanalizowała specyfikę stosowania kart kontrolnych i zasugerowała, aby w zależności od fazy produkcji stosować różne rodzaj kart. Kiedy produkcja nie jest jeszcze ustabilizowana zasadne jest stosowanie kart kontrolnych Shewharta pozwalających na zdefiniowanie i wyeliminowanie negatywnych czynników oddziaływujących na proces. W dalszej produkcji zasadne byłoby zastosowanie metody kart CUSUM. Ta faza to etap polegający na systematycznym eliminowaniu zmienności, dlatego w pracy zaproponowano autorski model doboru karty kontrolnej.

Rozdział 4, liczący 9 stron Doktoranta poświęciła analizie ryzyka. Przedstawiła różne definicje ryzyka i rozwinęła pojęcie zarządzania ryzykiem powołując się na kilka źródeł literaturowych. W dalszej części przedstawiła problematykę strategii reagowania na ryzyko. Omówiła metodologię FMECA, która obejmuje trzy etapy działań: identyfikację, kategoryzację i klasyfikację ryzyka, priorytetyzację ryzyka i kwantyfikację ryzyka. W dalszej części rozdziału przedstawiła identyfikację ryzyka w obszarze kosztów jakości w ocenie betonu wydzielając sześć kategorii kosztów do zarządzania ryzykiem w ocenie jakości. Dalej omówiła analizę ryzyka wystąpienia kosztów wiążąc je z prawdopodobieństwem ich wystąpienia (trzy poziomy R_L , R_M i R_H). W tablicy 4.2 zestawiała analizę ryzyka wystąpienia kosztów jakości produkcji betonu towarowego bazując na danych literaturowych oraz własnych badaniach (wywiadach środowiskowych). Na zakończenie rozdziału przedstawiła kilka scenariuszy działania wytwórni betonu towarowego w celu osiągnięcia pożądanej równowagi między poszczególnymi kategoriami i unikaniem ryzyka, a jakością betonu.

W **rozdziale 5**, liczącym 14 stron Autorka przedstawiła analizy czynników wpływających na koszty kontroli jakości w ocenie betonu. Na wstępie omówiła metodę DeMatel, która służy do jakościowej analizy zagrożeń wewnętrznych i zewnętrznych czyli czynników

determinujących koszty kontroli jakości w wytwórniach betonu towarowego. Podstawowym celem metody jest wyznaczenie zależności przyczynowo-skutkowych między składnikami rozważanego systemu oraz wynikającej z niej roli tych składników. W tym celu konieczne jest określenie bezpośredniego wpływu poszczególnych składowych na inne elementy. Doktorantka przedstawiła algorytm procedury metody DeMatel i wyjaśniła występujące zmienne i zależności (macierz bezpośredniego wpływu, macierz całkowitego wpływu itd.). Dalej zajęła się analizą czynników determinujących koszty kontroli jakości. Na podstawie badań literaturowych opracowała katalog czynników generujących największe koszty w ocenie jakości betonu towarowego (tablica 4.1), w którym do określenia ich priorytetyzacji zastosowała subiektywne oceny zgodnie ze stosowaną w metodzie DeMatel czterostopniową skalą Likerta. Wykorzystując algorytm metody DeMatel wykonała obliczenia i wykazała, że badania wyrobu, nienaprawialne niezgodności, kompetentny personel i rozbiórka konstrukcji są czynnikami determinującymi wartość całkowitych kosztów w procesie oceny jakości betonu.

W **rozdziale 6.**, liczącym 10 strony Autorka przedstawiła analizę kosztów kontroli jakości betonu według procedur normowych. Na wstępie omówiła składowe ogólne koszty kontroli w tym kosztów prewencji, kosztów badań i oceny oraz kosztów wadliwych partii betonu wykrytych w wytwórni jak również przez odbiorcę. Wykorzystując krzywe OC oraz krzywe AOQ określiła poszczególne koszty w odniesieniu do prawdopodobieństwa akceptacji i wadliwości po kontroli analizowanej partii betonu (beton C20/25, wadliwość rzeczywista 8%) weryfikowanej według różnych zaleceń normowych przy kontroli bez błędów kwalifikacji oraz z błędami kwalifikacji. Wykazała, że koszty badań i oceny przy błędach kwalifikacji oraz ich braku były niezauważalne przy próbie o małej liczebności $11 < 15$. W przypadku kryteriów zgodności skonstruowanych do produkcji ciągłej oraz kryteriów sformułowanych przy próbach $n \geq 15$ i stosowaniu kart kontrolnych wpływ błędów kwalifikacji był zauważalny.

Rozdział 7., liczący 60 stron stanowi jeden z najważniejszych rozdziałów rozprawy doktorskiej. Doktorantka przedstawiła własną propozycję projektowania składu mieszanki z uwzględnieniem niezawodności oraz kosztów. Po krótkim wstępie poświęconego ogólnym informacjom o projektowaniu mieszanki Autorka wywnioskowała, że tradycyjne podejście opierające się na kryteriach związanych wyłącznie ze statystycznym charakterem procesu produkcji betonu są ograniczone do określenia średniej wytrzymałości betonu na ściskanie. Słusznie zauważyła, że przy projektowaniu składu mieszanki konieczne jest uwzględnienie

trwałości betonu oraz niezawodność konstrukcji, z którego konstrukcja ma być wykonana.

Trwałość i niezawodność konstrukcji nie jest bezpośrednio wykorzystywana w projektowaniu mieszanek betonowych, dlatego w pracy zaproponowała podejście w którym do wyznaczania wymaganej wytrzymałości betonu na ściskanie przy projektowaniu mieszanki betonowej uwzględniła niezawodność konstrukcji. W dalszej części rozdziału Doktorantka przedstawiła literaturowy przegląd jakości betonu produkowanego w węzłach betoniarskich w ujęciu probabilistycznym. Wykazała, że: (i) wytrzymałość betonu na ściskanie nie zawsze można na poziomie istotności $\alpha=0,05$ traktować jako zmienną mającą rozkład normalny lub lognormalny, (ii) pod względem wytrzymałości na ściskanie wykonywane w praktyce betony charakteryzują się różnym poziomem jakości, (iii) wartość średnia i odchylenie standardowe/współczynnik zmienności są parametrami charakteryzującymi proces produkcyjny wytwórni betonu towarowego. W dalszej części przedstawiła analizę stanu wiedzy w zakresie niezawodności konstrukcji, metod projektowania konstrukcji. Następnie przeanalizowała normowe kryteria zgodności z zalecanym poziomem niezawodności konstrukcji, a następnie niezawodnościowe projektowanie mieszanki betonowej z uwzględnieniem kosztów i jakości produkowanego betonu. Opracowana przez Doktorantkę procedura bazuje na metodzie optymalizacyjnej z uwzględnieniem niezawodności konstrukcji i pozwala wyznaczyć wymaganą wytrzymałość na ściskanie przy założonym współczynniku zmienności (charakteryzującym poziom jakości rozważanej wytwórni betonu towarowego) i minimalnym koszcie całkowitym kontroli jakości betonu. Wymaganą wytrzymałość betonu na ściskanie można wyznaczyć według procedury Autorki jeżeli znany jest współczynnik zmienności wytrzymałości na ściskanie danej wytwórni oraz rodzaj elementu konstrukcyjnego, w którym beton ma być zastosowany. Autorka opracowała przydatne arkusze kalkulacyjne, które pozwoliły na wykonanie stosowanych analiz wpływu zmienności właściwości użytkowych betonu na niezawodność konstrukcji belki zginanej.

Rozdział 8., liczący 15 stron to drugi z rozdziałów stanowiących własne badania Doktorantki. Autorka zajęła się hierarchicznym podejściem do oceny zmienności betonu. Po wprowadzeniu wyjaśniającym wpływ zmienności betonu na wytrzymałość charakterystyczną i wartość częściowego współczynnika bezpieczeństwa) omówiła budowę hierarchicznego modelu zmienności betonu. Opisała poziomy modelu (tablica 8.1) oraz statystyki opisowe, a schemat blokowy poszczególnych działań przedstawiła na rys. 8.1. Dalej przedstawiła wykorzystane w dalszej części rozdziału formuły Bayesowskie służące do określania parametrów rozkładów *a posteriori*. W tablicy 8.3 przedstawiła autorski algorytm hierarchicznej analizy zmienności produkcji betonu. Dalej Doktorantka przedstawiła własne analizy wyników wytrzymałości pozyskanych z czterech wytwórni betonu towarowego, którym przyporządkowano ilościowo

zmiennosc wytrzymałości na ściskanie na różnych poziomach hierarchicznych (producent, zakład, receptura, partia) wykorzystując twierdzenie Bayesa. Najwyższym badanym poziomem hierarchii była klasa wytrzymałości, która stanowi punkt wyjścia w procesie projektowania betonu według propozycji Autorki. Według opracowanej metody, projektując nową konstrukcję, projektant określa klasę wytrzymałości i ekspozycji, a to, że producent, zakład, receptura i partia nie są znane, znajduje odzwierciedlenie we współczynniku zmienności na najwyższym poziomie hierarchii. Na zakończenie autorka stwierdziła, że metoda umożliwia również ocenę zakładów produkcyjnych na podstawie danych o zmienności procesu produkcyjnego w danej wytwórni. Wyniki przedstawionych analiz można łączyć z dodatkowymi danymi pozyskanymi z rynku europejskiego lub z innych dostaw czy partii betonu, co niewątpliwie przyczynić się może do poprawy bezpieczeństwa konstrukcji.

Rozdział 9., liczący 6 stron zawiera wnioski końcowe wynikające z przeprowadzonych badań i analiz wraz z podsumowaniem i kierunkami dalszych badań.

4. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pani mgr inż. Marty Kierni-Hnat stwierdzam, że przyjęty układ i sposób prezentacji treści jest logiczny i typowy, charakteryzujący prace teoretyczne z podbudową doświadczalną. Dobór pozycji literaturowych jest właściwy i w pełni wystarczający w zakresie części teoretycznej jak i w części opisującej wyniki badań i analiz wykonanych w innych ośrodkach naukowo-badawczych. Wszystkie pozycje zawarte w spisie zostały zacytowane w treści rozprawy, nie stwierdziłem błędów w numeracji rysunków i tabel. Stronę graficzną rozprawy uznaję jako bardzo dobrą.

Na fakt jednoznacznie pozytywnej oceny przedmiotowej dysertacji wpływają także następujące argumenty:

- dobre rozpoznanie przez Doktorantkę problemu kontroli i kosztów jakości betonu i bezpośrednie odniesienie uzyskanych rezultatów do praktyki projektowej, jak i wykonawczej. Zarówno temat dysertacji, cel główny, cele pośrednie i zakres zostały trafnie dobrane. Należy w tym miejscu wysoko ocenić zamiar łączenia pracy badawczej nad zagadnieniami o charakterze naukowo-poznawczym z wdrażaniem uzyskanych wniosków w praktyce;
- umiejętność zebrania, przeanalizowania i syntetycznego przedstawienia szerokiej literatury naukowej w wybranej tematyce, obejmującej najważniejsze publikacje

światowe, począwszy od połowy XX wieku aż do chwili obecnej; opracowanie programu badań teoretycznych, który umożliwił statystyczną analizę wyników; wskazanie, że kontrola zgodności oraz sterowanie procesem produkcyjnym betonu towarowego to kluczowe elementy w ocenie jakości i zarządzania, a dobór kart kontrolnych to podstawowy element kontroli jakości w procesie produkcyjnym betonu towarowego;

- wykazanie, że użycie metody FMECA pozwala na zrozumienie logiki sterowania strukturą kosztów i pomaga w ocenie różnych warunków operacyjnych w jakości produkowanego betonu towarowego, a opracowany katalog czynników generujących największe koszty zgodnie ze stosowaną w metodzie DeMatel czterostopniową skalą Likerta wskazały, że badania wyrobu, nienaprawialne niezgodności, kompetentny personel i rozbiórka konstrukcji to czynniki determinujące wartość całkowitych kosztów w procesie oceny jakości betonu towarowego;
- opracowanie metody projektowania mieszanki betonowej bazujące na niezawodności konstrukcji z wykorzystaniem metody optymalizacyjnej umożliwiającej oszacowanie odpowiednich wartości wytrzymałości na ściskanie i współczynnika zmienności przy minimalnym koszcie całkowitym;
- określenie poziomu jakości produkowanych betonów (5000 wyników badań) w 4 wytwórniach betonu towarowego (2 producentów) według metod klasycznych oraz według autorskiego hierarchicznego modelu oceny według teorii Bayesa i wykazanie, że najwyższym badanym poziomem hierarchii była klasa wytrzymałości betonu, a zmienność w jakości produkowanego betonu, znajduje odzwierciedlenie we współczynniku zmienności na najwyższym poziomie hierarchii;
- uwypuklenie luk teoretycznych, empirycznych i metodycznych w zakresie: spójnej koncepcji, co do sposobu definiowania i charakteryzowania kosztów jakości w ocenie betonu, budowy teoretycznych modeli kosztów, systemów i procedur kontroli kosztów jakości, zrealizowanych do tej pory badań dotyczących gromadzenia i pomiaru kosztów jakości w warunkach praktycznych, systemu raportowania danych dotyczących kosztów jakości, budowania i wdrażania kompleksowych systemów kontroli kosztów jakości, badań dotyczących poprawy jakości i obniżania kosztów jakości, braku zintegrowanych narzędzi identyfikacji i analizy poszczególnych kosztów jakości, czy ryzyk wykorzystywanych w procesie produkcji betonu towarowego;
- realizacja postawionego na początku pracy celu podstawowego i celów szczegółowych.

Podczas studiowania rozprawy nasunęły się pewne wątpliwości, niejasności bądź błędy, które powinny zostać wyjaśnione. Uwagi te podzieliłem na następujące grupy:

III Uwagi dotyczące układu pracy:

- a) w wykazie „Ważniejszych oznaczeń i symboli” Autorka nie wprowadziła podziału na „małe i wielkie litery”, co nieco utrudnia odszukiwanie interesujących czytelnika oznaczeń,
 - b) rozdział 1.3 zatytułowany „Struktura pracy” opisuje w sposób wystarczający zawartość poszczególnych rozdziałów. Sądzę że czytelniejsze byłoby dodatnie zarówno w tytule rozdziału „zakresu” pracy, który przecież został przedstawiony,
 - c) rozdział 2 zatytułowany „Przegląd stanu wiedzy” poświęcono głównie zagadnieniu kosztów i zarówno układ i treść odpowiadają tytułowi, jednak w pozostałych rozdziałach 3, 4, 5 i 6 jak również 7 i 8 Doktorantka zawarła dużą „dawkę” przeglądu literatury, co spowodowało, że autorskie analizy uległy pewnemu „zamgleniu”. Oczywiście każde analizy powinny być poprzedzone teoretycznym wprowadzeniem, ale w części własnych badań - najlepiej ograniczonym do minimum. Zdecydowanie korzystniej byłoby przesunięcie wszystkich treści przeglądowych do rozdziału 2,
 - d) w rozdziale 3 poświęconym normowym procedurom oceny jakości betonu odczuwalny jest brak informacji o ewolucji kryteriów normowych od metod klasycznych aż do obecnych bazujących na siatkach OC. Sądzę, że wystarczająca byłaby nawet ewolucja zaleceń podanych w normie PN-EN 206, które uległy istotnym zmianom w ciągu ostatnich 20 lat;
 - e) rozdział 4 zatytułowany „Analiza ryzyka” sugeruje, że dotyczy także bezpieczeństwa i niezawodności konstrukcji, a w rzeczywistości dotyczy kosztów. Sądzę, że powinien nosić tytuł „Analiza ryzyka kosztów”.
- Uwagi dotyczące wykonanych analiz i interpretacji wyników:
- a) w rozdziale 2 dotyczącym analizy stanu wiedzy uwagę skupiono wyłącznie na problemie kosztów. Jak już wcześniej wspomniałem brakuje w tym rozdziale odniesień do niezawodności konstrukcji, analizy ryzyka i projektowania mieszanki. Wątpliwości wzbudza brak powiązania opisu stref na rys. 2.1 z tekstem w którym powołano się na rysunek. Ze względu na ujednoczenie kolorystyki wykresy rys. 2.4, rys. 2.5 są nieczytelne;

- b) w rozdziale 3.1, w którym Autorka prezentuje normowe kryteria zgodności na str. 55 słusznie wskazała, że stosuje się dwa kryteria. Przy kryterium dotyczącym pojedynczego wyniku znalazła się punktacja „1”, ale w dalszej części rozdziału brakuje kolejnych punktów. W tym miejscu brakuje komentarza, dlaczego norma PN-EN 206 wprowadza dwa kryteria - różne przy produkcji początkowej i ciągłej. Wyjaśnienia wymaga sentencja zawarta pod rys. 3.5 „w zależności od wielkości zachodzących zmian w poziomie średniej bądź przy występowaniu autokorelacji pomiarów dobierane powinny być karty klasyczne lub sekwencyjne”. Co Autorka miał na myśli pisząc „występowanie autokorelacji” i „karty sekwencyjne”. Podobnie na rys. 3.5 wyjaśnienia wymaga skrót „EWMA”;
- c) w rozdziale 5.2, autorka tablicy 5.1 przedstawiła oceny poszczególnych czynników kosztów kontroli jakości. Ponieważ jest to rozwiązanie autorskie, w trakcie obrony wskazane jest uzasadnienie przypisania poszczególnym czynnikom ocen wpływu, przecież na tej podstawie określono czynniki najsilniej wpływające na koszty kontroli. Graf i legenda na rys. 5.3 wymagają ujednoczenia;
- d) czy równania (6.1) - (6.5) w rozdziale 6.1 zostały zaczerpnięte z publikacji (Chmielińska 2011), czy są to własne rozwiązania? We wzorach (6.11) i (6.12) występuje współczynnik λ którego wartości zawarto w tablicy 6.2, gdy wyniki są skorelowane. Ze względu na to, że w dalszej części pracy wnioski z analiz są wykorzystywane, wyjaśnienia podczas obrony wymaga sens fizyczny wspomnianego parametru oraz przyjęcie wartości skorelowanych. Rysunek 6.1 pozostawiono bez opisu, dodano jedynie komentarz sugerujący poprawność uzyskanych wyników. Komentarza podczas obrony wymaga operowanie sformułowaniem „kwalifikacja bezbłędna” i „kwalifikacja z błędami” (czy różnica polega na przyjęciu innego poziomu istotności?);
- e) w rozdziale 7, który poświęcono metodom projektowania mieszanki, zawarto pewien rys historyczny i nawiązano do projektowania niezawodnościowego, ale przegląd zakończono na ~2012 roku. Czy od tego czasu nie nastąpił postęp w tej dziedzinie techniki np. w zakresie cementów, kruszyw, dodatków itp.? W analizie betonów produkowanych przez wybrane wytwórnie brakuje komentarza o ewidentnie zróżnicowanej średniej wytrzymałości. Czy różnice wynikają z metod projektowania czy innych czynników? Analizy zobrazowane na rys. 7.10 i 7.11 wymagają pewnego komentarza. Słusznie wykazano, że konstrukcje w ramach klasy RC2 powinny być projektowane ze wskaźnikiem $f_3 = 3,04$, ale w praktyce operuje się współczynnikiem

$\gamma_c = 1,4$ (1,3 w PN-EN 1992-1-1), czy Autorka może skomentować uzyskane wyniki pod tym kątem. We wzorach (7.36) i (7.37) pojawia się współczynnik $\lambda' = 2,67$, czym różni się od współczynnika λ o tej samej wartości podanego w tabelicy 6.2. W algorytmie przedstawionym w tabelicy 7.13 brakuje nadrzędnego wiersza w którym powinny pojawić się dane wejściowe jakimi powinien dysponować użytkownik; w rozdziale 8. Autorka powołuje się na wzór (8.1) podczas obrony sugeruje wyjaśnić f) genezę przedstawionej zależności. W opisie hierarchicznego modelu zmienności betonu Autorka bez stosownego wprowadzenia opisuje zależności Bayesa. Konieczne jest wyjaśnienie dlaczego w taki a nie inny sposób będą obliczane estymatory parametrów.

- Błędy stylistyczne, gramatyczne, interpunkcyjne i literowe:
 - a) błędy stylistyczne, np.: str. 30, „niska jakość kosztów”, a powinno być „mała wartość kosztów”, str. 36, „dwa krzywych” a powinno być „dwóch krzywych”, str. 11, „pomiędzy producentami” poprawnie powinno być „między producentami”, str. 20 „pomiędzy wymaganiami” powinno być „miedzy wymaganiami”, str. 120, „pomiędzy zaobserwowanymi” powinno być „miedzy zaobserwowanymi” nagminne stosowanie słowa „dla” w odniesieniu do obiektów nieożywionych;
 - b) autorka w pracy w stosuje odmianę nazwiska „Bayes'a”, a poprawnie odmiana nazwiska powinna brzmieć „Bayesa”, stosowanie w przypadku próbek - rzeczy policzalnych sformułowania na str. 63, tablica 8.4, „ilość próbek” zamiast „liczba próbek”,
 - b) błędy interpunkcyjne (przede wszystkim zdecydowanie za rzadko używany przecinek);
 - c) błędy literowe, np.: str. 10, „ilość”, str. 14, „pozwali”,

5. Podsumowanie recenzji

W opiniowanej rozprawie doktorskiej mgr inż. Marty Kierni-Hnat podjęto problem w pełni aktualny i mający znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne. Praca rozwiązuje postawione zadanie naukowe i stanowi wkład w rozwój wiedzy z zakresu technologii betonu i statystycznej kontroli jakości, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystane do doskonalenia kontroli produkcji, optymalizacji kosztów i oceny bezpieczeństwa konstrukcji, co jest znaczącym osiągnięciem Autorki pracy. Pracę oceniam wysoko, a nawet bardzo wysoko.

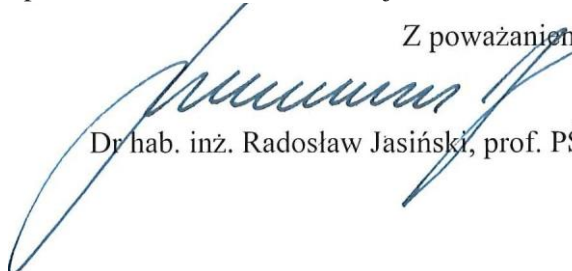
Doktoranta wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w rozważanej tematyce oraz odpowiednimi umiejętnościami planowania i prowadzenia trudnych teoretycznie analiz statystycznych i probabilistycznych. Dysertacja napisana została poprawnym językiem. W świetle opisanych faktów stwierdzam, iż Doktoranta posiada predyspozycje i odpowiednie przygotowanie do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Podkreślam, że mocne strony dysertacji zdecydowanie przeważają nad słabszymi. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, iż recenzowana rozprawa spełnia wymogi odnośnie do prac doktorskich, zawarte w Ustawie o tytule naukowym i stopniach naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) w części dotyczącej warunków, które musi spełniać rozprawa doktorska (art. 13, us.1) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. Nr. 204 poz 1200).

Stwierdzam również, że Doktoranta osiągnęła efekty uczenia się stawiane poziomowi 8. Europejskich Ram Kwalifikacji i stawiam wniosek o dopuszczenie dysertacji mgr inż. Marty Kierni-Hnat do publicznej obrony.

Jestem przekonany, że w trakcie publicznej obrony Doktorantka wyjaśni moje wątpliwości, które zawarłem w recenzji. Jednocześnie nie mam żadnych wątpliwości, że zakres pracy, dojrzałość naukowa Autorki **zasługują na wyróżnienie** pracy przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Rzeszowskiej.

Z poważaniem



Dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ