

27 -11- 2017

Białystok, 20.11.2017

Dr hab. inż. Marta Kosior-Kazberuk, prof. PB
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45E
15-351 Białystok

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Macieja R. Króla
"Badania właściwości betonów na bazie spoiw geopolimerowych"

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Pani prof. dr hab. inż. Wiesławy Głodkowskiej, Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji Politechniki Koszalińskiej z dnia 22.09.2017 r., realizującej uchwałę Rady Wydziału z dnia 12.09.2017 r.

Praca doktorska została wykonana w Politechnice Koszalińskiej pod kierunkiem Pana dr hab. EUR inż. Tomasza Błaszczyskiego, prof. PK.

1. CHARAKTERYSTYKA PRACY

Recenzowana praca dotyczy zagadnień wytwarzania spoiw geopolimerowych, w tym oceny możliwości wykorzystania wybranych materiałów odpadowych do produkcji spoiw, które mogą być alternatywą dla cementu portlandzkiego. Od lat podejmowana są próby wielokierunkowego zagospodarowania ubocznych produktów spalania, a jednym z głównych ich odbiorców jest przemysł materiałów budowlanych. Ostatnio obserwuje się wyraźny wzrost zainteresowania ośrodków naukowych badaniami nad otrzymywaniem tworzyw geopolimerowych. Ma to związek z dążeniem do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla z procesów przemysłowych. Biorąc pod uwagę fakt, że przemysł cementowy odpowiedzialny jest za około 10% antropogenicznej emisji CO₂, szersze zastosowanie spoiw polimerowych może przyczynić się do istotnego zmniejszenia obciążenia środowiska. Tematykę podjętą w rozprawie należy uznać za ważną i aktualną. Autor przedstawił analizę porównawczą właściwości fizycznych zapraw naprawczych na bazie spoiwa geopolimerowego oraz zapraw cementowych modyfikowanych polimerami. Określił również możliwości wykorzystania popiołów lotnych ze spalania węgla kamiennego i brunatnego oraz żużla wielkopieczowego do produkcji kompozytów geopolimerowych i wstępnie określił optymalne warunki ich wytwarzania.

Praca liczy 196 stron. Zawiera wykaz podstawowych oznaczeń i symboli oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Pracę zilustrowano 126 rysunkami i 102 tabelami. Rozprawa została podzielona na 18 rozdziałów, przy czym jako rozdziały potraktowano również streszczenia, opis kierunków dalszych badań, wykaz literatury oraz spisy rysunków i tabel. Pracę kończy bibliografia licząca łącznie 192 pozycje. Spośród 146 pozycji książkowych, monografii i artykułów blisko 60% stanowią prace obcojęzyczne. Pozycje bibliograficzne zostały w większości trafnie dobrane.

W pracy można wyróżnić część literaturową (37 str.) i doświadczalną (124 str.). Część literaturową tworzą rozdziały poświęcone technologii wytwarzania spoiw geopolimerowych oraz właściwościom betonów wykonanych przy ich zastosowaniu, a także koncepcji "zielonych betonów".

Rozdział czwarty zawiera krótki rys historyczny wyjaśniający genezę tworzyw geopolimerowych. W piątym rozdziale przedstawiono cele pracy oraz zakres przeprowadzonych przez Autora badań doświadczalnych, prowadzących do osiągnięcia celów.

W rozdziale szóstym mgr inż. Maciej Król szczegółowo opisał procesy, w wyniku których powstają geopolimery, podkreślając różnorodność możliwości wytwarzania spoiw geopolimerowych, ze względu na zróżnicowanie reaktywnych glinokrzemianów i aktywatorów niezbędnych w procesie syntezy. Bazując na licznych pozycjach źródłowych, Autor scharakteryzował czynniki determinujące proces syntezy i budowę geopolimeru, a także opisał właściwości tworzyw otrzymanych głównie przy

zastosowaniu aktywowanych alkalicznie pucolan, wskazując ich korzystne cechy wytrzymałościowe i trwałość w porównaniu do produktów hydratacji cementu klinkierowego.

Rozdział siódmy zawiera dane dotyczące wielkości produkcji cementu, a także emisji dwutlenku węgla w procesie produkcji cementu klinkierowego. Przedstawiono w nim również, opracowane na podstawie danych dotyczących przewidywanej produkcji cementu do roku 2030, prognozy ograniczenia emisji CO₂, związanej z produkcją cementu klinkierowego, pod warunkiem zastąpienia części wytwarzanego cementu spoiwem geopolimerowym produkowanym z materiałów odpadowych. Rozdział zakończono przeglądem dotychczas prowadzonych badań nad właściwościami mechanicznymi kompozytów geopolimerowych oraz nad ich odpornością na oddziaływanie środowisk korozyjnych.

W pracy brakuje podsumowania przeglądu literatury. Jednakże, z treści rozdziałów szóstego i siódmego można wnioskować o powodach, które skłoniły Autora do podjęcia tematyki badawczej dotyczącej opracowania, wytwarzanych przy wykorzystaniu materiałów odpadowych, spoiw geopolimerowych o właściwościach zbliżonych do cementu portlandzkiego, które mogłyby być stosowane na szeroką skalę w budownictwie. Zapoznanie się z częścią teoretyczną rozprawy pozwala zrozumieć cele pracy sformułowane w rozdziale piątym oraz tezy przedstawione w rozdziale ósmym.

Autor wskazuje dwa cele pracy: *"Pierwszym celem jest zbadanie różnic pomiędzy właściwościami zapraw na bazie cementów geopolimerowych i portlandzkich. Drugim celem rozprawy jest sprawdzenie możliwości wykorzystania materiałów odpadowych ze spalania krajowych paliw kopalnych do produkcji spoiw geopolimerowych, które będą możliwe do użycia przy produkcji zapraw i betonów oraz przyszłościowo dadzą możliwość zastąpienia spoiw klinkierowych."*

W pracy postawiono następujące tezy:

1. *"Spoiwa geopolimerowe na bazie wysoko wyspecjalizowanych, dedykowanych substratów posiadają zdecydowanie lepsze parametry użytkowe i trwałościowe w porównaniu do spoiw wytworzonych na bazie cementu portlandzkiego."*
2. *"Uboczne produkty spalania mogą stanowić podstawowy materiał stosowany przy wytworzeniu spoiwa geopolimerowego o parametrach przystających do tych osiągniętych przez spoiwa klinkierowe."*
3. *"Możliwe jest uzdatnienie popiołów lotnych i żużla wielkopieczowego w celu polepszenia właściwości wytworzonych na ich bazie zapraw i betonów geopolimerowych."*

Cele i tezy pracy zostały sformułowane w sposób wyważony. Jednoznacznie nawiązują do zakresu przeprowadzonych badań. Jednakże, określenie *parametry przystające* (teza 2.) nie jest do końca jasne i powinno być zastąpione precyzyjnym stwierdzeniem opisującym rozważane cechy.

Zasadniczą część pracy stanowią rozdziały poświęcone badaniom eksperymentalnym. Rozdział dziewiąty zawiera bogaty program badań eksperymentalnych, opis materiałów oraz stosowanych metod badawczych. Ten rozdział powinien być uporządkowany, między innymi program badań powinien być przedstawiony przed opisem materiałów i metodyki badań, w ten sposób unika się niepotrzebnych powtórzeń. Opisy aparatury badawczej, jeśli są konieczne, powinny stanowić część opisu odpowiednich metod badań. Zabrakło szczegółowej charakterystyki materiałów naprawczych stosowanych w pierwszym etapie badań.

Część badawcza pracy była realizowana w dwóch etapach. Na uznanie zasługują przeprowadzone i rzetelnie udokumentowane badania eksperymentalne. Pierwszy etap dotyczył porównania wybranych właściwości materiałów naprawczych na bazie modyfikowanego cementu klinkierowego oraz spoiwa geopolimerowego. W drugim etapie Autor podjął próbę opracowania, na podstawie wyników badań doświadczalnych, spoiwa geopolimerowego przy wykorzystaniu powszechnie dostępnych materiałów odpadowych, takich jak popioły lotne i żużel wielkopieczowy.

Wyniki badań zaprezentowano w rozdziale dziesiątym. Do badań porównawczych właściwości użytkowych związanych z przeznaczeniem materiałów naprawczych, w ramach pierwszego etapu, wybrano dostępne na rynku dwie zaprawy zawierające spoiwo geopolimerowe i dwie zaprawy o spoiwie cementowym modyfikowanym polimerami. Wyniki analizy skurczu w ciągu 72 h od wykonania zarobu potwierdziły, że zaprawy geopolimerowe nie wykazują znaczących

odkształceń skurczowych. Badając narastanie w czasie wytrzymałości na ściskanie oraz wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu, zróżnicowano zawartość wody zarobowej w mieszance, zwiększając ją lub zmniejszając w stosunku do zalecanej przez producenta. W przypadku zapraw o spoiwie gopolimerowym zwiększenie lub zmniejszenie ilości wody o ok. 22% miało istotny wpływ na parametry wytrzymałościowe po 1, 2 i 7 dniach dojrzewania. Różnice wytrzymałości badanej po 28 dniach były nieznaczne. W przypadku zapraw cementowo-polimerowych zwiększenie zawartości wody o ok. 25% powodowało istotny spadek wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie niezależnie od czasu badania. Odporność na oddziaływanie wysokich temperatur oceniano na podstawie spadku wytrzymałości na ściskanie próbek zapraw poddanych działaniu temperatury 200°C, 400°C, 600°C i 800°C. W przypadku zapraw geopolimerowych istotny spadek wytrzymałości na ściskanie nastąpił dopiero w warunkach oddziaływania temperatury 600°C. Za szczególnie interesujące uważam wyniki długotrwałego badania odporności zapraw na oddziaływanie środowiska korozyjnego symulującego wpływ soli chlorkowych. Zarówno wyniki badania zmian odczynu pH wyciągu wodnego, uzyskanego z powierzchniowej warstwy próbki narażonej na oddziaływanie roztworu soli, jak i wyniki pomiarów deformacji elementów próbnych wykazały znacząco większą odporność zapraw geopolimerowych w środowisku soli chlorkowych w porównaniu do zapraw cementowo-polimerowych.

W ramach drugiego etapu badań Autor skupił się na ocenie przydatności takich materiałów odpadowych jak popiół lotny wapniowy i popiół lotny glinokrzemianowy do wytwarzania spoiw geopolimerowych. Biorąc pod uwagę czynniki determinujące przebieg procesu geopolimeryzacji, w pierwszej kolejności optymalizowano warunki dojrzewania (temperaturę i czas wygrzewania kompozytów), a po ich ustaleniu - rodzaj i stężenie aktywatora alkalicznego (rozważano takie aktywatory jak wodorotlenek sodu i wodorotlenek potasu). Ostatnim etapem była próba poprawy aktywności materiału pucolanowego poprzez mielenie, która pozwoliła określić efektywny czas mielenia substratu. Poszukując możliwości szerszego zastosowania materiałów odpadowych do produkcji spoiw geopolimerowych, Autor przeprowadził badania dotyczące możliwości zastąpienia części popiołu lotnego żużlem wielkopieczowym. Do badań przygotowano szereg mieszanin obu rodzajów popiołów z mielonym żużlem w różnych proporcjach (od 2:1 do 4:1), aktywowanych reagentem alkalicznym na bazie jonów sodu. Uzyskano istotne dane o wpływie warunków dojrzewania (w tym podwyższonej temperatury), stężenia reagenta alkalicznego oraz czasu mielenia substratu na proces narastania wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu kompozytów geopolimerowych. Ten etap badań uważam za szczególnie cenny ze względu na uzyskanie nowej wiedzy dotyczącej komponowania spoiw geopolimerowych na bazie popiołów lotnych. Jednakże, dokładniejsze opisanie badanych mieszanin popiołowo-żużlowych, a szczególnie kompozycji aktywatorów alkalicznych znacząco ułatwiłoby interpretację uzyskanych wyników.

Analizę wyników badań przedstawiono w rozdziale jedenastym. Rozpoczynająca rozdział charakterystyka popiołów lotnych powinna znaleźć się w przeglądzie stanu wiedzy w części teoretycznej rozprawy. Na podstawie wyników obszernych badań opracowano zależności opisujące wpływ wybranych czynników determinujących syntezę geopolimerów na wytrzymałość na ściskanie kompozytów wykonanych przy użyciu zarówno popiołów glinokrzemianowych jak i wapniowych. Otrzymane zależności umożliwiają szacowanie wytrzymałości na ściskanie kompozytu z uwzględnieniem wpływu rodzaju i stężenia aktywatora alkalicznego, temperatury wygrzewania oraz udziału żużla wielkopieczowego. Wydaje się, że dobrze byłoby więcej uwagi poświęcić dyskusji nad określeniem optymalnych warunków wytwarzania geopolimerów na osnowie alkalizowanych popiołów lotnych.

Znaczenie uzyskanych wyników badań dla praktyki budowlanej, opisane krótko w rozdziale dwunastym, opiera się przede wszystkim na przeglądzie literatury. Pewien niedosyt sprawia brak odniesienia do możliwości przeniesienia wyników badań uzyskanych przez Autora do praktyki przemysłowej.

Wnioski, przedstawione w rozdziale 14. poprzedzone zostały bardzo ogólnym podsumowaniem przeprowadzonych badań (rozdział 13.). Wnioski są na ogół poprawne, odnoszą się do wyników przeprowadzonych badań, wskazują utylitarne aspekty wykonanych badań. Jednakże, można było sformułować je bardziej starannie. Odnośnie kierunków dalszych badań (rozdział 15.)

należałoby oczekiwać propozycji odnoszących się do tematyki i osiągnięć rozprawy doktorskiej, a nie ogólnych dywagacji na temat możliwości zagospodarowania różnego rodzaju popiołów lotnych do produkcji materiałów budowlanych.

2. OCENA PRACY

Rozprawę doktorską mgr inż. Macieja R. Króla oceniam pozytywnie, pomimo kilku uwag krytycznych. Całość pracy dowodzi, że jej Autor po przeprowadzeniu obszernych i istotnych badań nad wytwarzaniem geopolimerów przy wykorzystaniu popiołów lotnych wykonał poprawnie analizę ich wyników, dowodząc umiejętności posługiwania się metodami naukowymi w rozwiązywaniu problemu badawczego. Cele pracy zostały osiągnięte a tezy udowodnione.

Do osiągnięć Autora należy zaliczyć, między innymi:

1. Przeprowadzenie obszernych i istotnych badań właściwości użytkowych zapraw naprawczych o spoiwie geopolimerowym w porównaniu do zapraw cementowo-polimerowych, w tym odporności na oddziaływanie roztworów soli chlorkowych.
2. Ustalenie przydatności wybranych materiałów odpadowych (popiołów lotnych glino-krzemianowych i wapniowych) jako składników geopolimerów, a także określenie wpływu rodzaju i stężenia aktywatora alkalicznego, czasu i temperatury wygrzewania oraz obecności żużła wielkopieczowego na parametry wytrzymałościowe kompozytów. Otrzymane geopolimery, w tym również z dodatkiem żużła wielkopieczowego, charakteryzowały się dobrymi właściwościami użytkowymi.
3. Potwierdzenie możliwości poprawy właściwości popiołów lotnych wapniowych, przeznaczonych do wytwarzania geopolimerów, poprzez mielenie.

Z uwagi na wzrastające zainteresowanie stosowaniem tworzyw geopolimerowych jako alternatywy dla kompozytów cementowych rozprawa może mieć charakter aplikacyjny.

3. UWAGI DOTYCZĄCE PRACY

Uwagi krytyczne

Część uwag krytycznych przedstawiłam charakteryzując pracę. Kolejne uwagi to:

1. Tytuł rozprawy "*Badania właściwości betonów na bazie spoiw geopolimerowych*" został sformułowany bardzo ogólnie. Można było pominąć słowo "badania", a także zawęzić pojęcie "właściwości" tak, aby bardziej precyzyjnie odnosił się do zakresu rozprawy. Ponadto, przedmiotem badań w ramach pracy były głównie zaprawy a nie wymienione w tytule betony.
2. Praca nie ma w pełni przejrzystego układu. Treści, będące przeglądem literatury umieszczono w rozdziałach dotyczących badań własnych. Informacje dotyczące metodyki badań powinny być podane w rozdziale zatytułowanym *Program i metodyka badań własnych*, a nie w rozdziałach prezentujących wyniki.
3. Brakuje precyzyjnego opisu stosowanych metod badań lub odniesienia do odpowiednich norm i procedur, zawierających takie opisy, np. w przypadku badań odkształceń skurczowych nie podano, w jakich warunkach termiczno-wilgotnościowych przechowywano próbki; jakiej podstawie przyjęto stężenia roztworów soli chlorkowych stosowanych w badaniach korozyjnych zapraw?
4. Autor nie wyjaśnia dostatecznie doboru materiałów naprawczych wykorzystanych w pierwszym etapie badań. Czym różnią się między sobą zaprawy naprawcze oznaczone jako M1 i M2 (określone w Tabeli 9.1 jako geopolimerowe) oraz M3 i M4 (określone jako polimerowo-cementowe)? Na jakiej podstawie dokonano wyboru materiałów naprawczych do badań? Byłabym wdzięczna słysząc wyjaśnienia na ten temat w trakcie publicznej obrony.
5. W rozprawie przedstawiono, między innymi, bardzo interesujące i obszerne badania nad wpływem żużła wielkopieczowego na wytrzymałość na ścislenie tworzyw na osnowie alkalizowanych popiołów lotnych. Jednakże, składy mieszanin popiołowo-żużlowych opisano zdawkowo. Nie podano stężeń i składu aktywatorów alkalicznych. Nie podjęto próby wyjaśnienia, dlaczego dodatek żużła powoduje wzrost wytrzymałości geopolimerów.

6. W pracy można było rozwinąć dyskusję nad przydatnością określonych popiołów do wytwarzania geopolimerów, a także na bazie uzyskanych wyników, określić optymalne warunki syntezy. Nie odniesiono się również do kosztów produkcji geopolimerów, które również stanowią barierę ich rozwoju.
7. We wnioskach podsumowujących rozprawę brakuje stwierdzeń mających znaczenie dla przemysłowej produkcji kompozytów geopolimerowych.
8. Autor wielokrotnie używa określenia *przystający* (np. *przystające materiały* - str. 17, *parametry przystające* - str. 55, *przystające do siebie wyniki* - str. 85, *skład chemiczny popiołów lotnych jest w znacznym stopniu przystający do składu chemicznego użytego węgla* - str. 158 itp.). Jest to określenie nieprecyzyjne i niewłaściwe w przypadku opracowania naukowego.

Uwagi natury formalnej

Pozycje wymienione w spisie literatury zostały zacytowane. W treści przywołano rysunki i tabele zamieszczone w rozprawie. W odbiorze tekstu nieco przeszkadza brak uporządkowania niektórych rozdziałów, powtórzenia treści i stosowany często publicystyczny styl wypowiedzi. Ponadto, mam kilka uwag natury edycyjnej:

1. Usterki edytorskie i gramatyczne dotyczą przede wszystkim tzw. literówek, błędów gramatycznych oraz interpunkcyjnych, ale także niejasnych sformułowań. Jest ich stosunkowo dużo. W przyszłości zalecam uważniejsze redagowanie pracy naukowej.
2. Streszczenia w języku polskim i angielskim, bibliografia oraz spisy rysunków i tabel nie powinny być numerowane jak rozdziały.
3. Symbole zmiennych powinny być w całej pracy pisane konsekwentnie czcionką pochylą.
4. Część rysunków przedstawiających stosowane materiały (rys. 9.1 - 9.11) oraz powszechnie używane urządzenia (np. rys. 9.14 - 9.20) można było pominąć bez szkody dla rozprawy. Zdjęcia maszyn wytrzymałościowych (np. rys. 9.21 - 9.24) byłyby ciekawsze, gdyby przedstawiały elementy próbne w trakcie odpowiedniego testu. Rysunki 9.22, 9.23 i 9.24 mają identyczne podpisy. Należało wskazać, jakie cechy badano przy użyciu przedstawionych urządzeń.
5. W treści pracy znalazło się szereg niezręcznych sformułowań, takich jak: "*...powstały na drodze syntetycznej z syntezy krzemu...*" (str. 21), "*Porównując różnicę w składzie chemicznym klasycznego cementu i popiołu lotnego, można zauważyć zasadniczą różnicę w składzie.*" (str. 21), "*Jeżeli obecność kationu metalu nie jest związana z fizycznym powiązaniem ...*" (str. 27), "*...wytrzymałości betonów pod względem działania środków alkalicznych i innych czynników chemicznych.*" (str. 42), "*Jako substancje korozyjne w oznaczeniu trwałości zapraw naprawczych na działanie substancji korozyjnych...*" (str. 59), "*siła na zginanie*" (str. 66), "*do odmierzenia składników użyto dokładności*" (str. 71), "*wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu rozdrobnionego substratu*" (str. 79), "*wytrzymałość mieszanek naprawczych ze względu na działanie wysokich temperatur*" (str. 95) itp.
6. Zamiast "*odczynnik pH roztworu wodnego*" (str. 17,71) powinno być "*odczyn pH roztworu wodnego*".
7. Publicystyczny styl wypowiedzi, przejawiający się w sformułowaniach takich, jak: "*Ma ona swój oddźwięk w stopniu polimeryzacji mieszanki...*" (str. 37), "*Najlepiej w aktywacji wodnego zarobu glinokrzemianów spisują się wodorotlenki metali sodu i potasu*" (str. 38), "*...rok 2014 może pochwalić się rekordowym zużyciem...*" (str. 40), "*mrozoodporność przekraczająca swobodnie 300 cykli*" (str. 50), "*Najkorzystniej w tym przypadku wypadł materiał na osnowie z włókien ...*" (str. 53), "*materiały geopolimerowe swoimi właściwościami deklasują obecnie wytwarzane...*" (str. 54). "*zaprawy cementowe zanotowały spadek wytrzymałości*" (str. 99) nie powinien być stosowany w opracowaniach naukowych.
8. Dane o składach popiołu lotnego (Tabela 6.1) i cementu klinkierowego (Tabela 6.2) można było zestawzić w jednej tabeli, co ułatwiłoby ich porównanie.
9. Odnośnie podpisów pod rysunkami 6.5, 6.6. i 6.7 - jaka jest różnica pomiędzy "*zdjęciem strukturalnym*" a "*zdjęciem skaningowym*"? Czy nie lepiej użyć określenia *mikrofotografia*?

10. Autor niewłaściwie używa określeń "niższy" i "wyższy", np. zamiast "niskie ilości użytych wodorotlenków" (str. 39) powinno być "małe ilości użytych wodorotlenków", zamiast "... ilości spoiwa wytwarzane na starym kontynencie i w kraju są wielokrotnie niższe..." (str. 40) powinno być "... ilości spoiwa ... są wielokrotnie mniejsze..."
11. W opisach tabel 10.30 - 10.37 używa się określenia "czas wygrzewania", natomiast na odpowiadających im rysunkach 10.18 - 10.29 - "czas wypiekania".
12. Wykaz cytowanej literatury zawiera usterki:
 - całkowitą liczbę stron pozycji książkowej podano tylko w jednym przypadku (poz. 1),
 - w poz. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 69, 70, 71, 72, 75 nie podano tytułów publikacji,
 - w poz. 5, 6, 7 brak informacji o wydawnictwie, w poz. 94 brak roku publikacji,
 - sposób podawania numerów stron powinien być ujednoczony, w części pozycji brak numerów stron, np. w poz. 12, 20, 21, 90,
 - w poz. 43, 49, 50, 117 brak numeru wydania czasopisma,
 - w poz. 96 nie podano autora ani roku publikacji patentu,
 - tytuły czasopism są podawane zarówno w pełnej wersji jak i skróconej - styl powinien być ujednoczony,
 - rok wydania w części pozycji podano bezpośrednio po tytule czasopisma, w części - po numerze - styl powinien być ujednoczony,
 - w poz. 22 i 23 błędnie podano nazwisko autorki - powinno być A. Derdacka,
 - w poz. 64 błędnie podano nazwisko autorki rozprawy doktorskiej - zamiast S. Dominika powinno być D. Szponder,
 - w poz. 111, 113, 120, 122 brak informacji o charakterze źródła informacji, miejscu wydania, wydawnictwie lub roku publikacji.

Uwagi dyskusyjne

1. Rozprawa została podzielona na zbyt wiele rozdziałów. Cele, zakres i tezy pracy mogłyby znaleźć się w podsumowaniu części teoretycznej. *Podsumowanie przeprowadzonych badań* można było połączyć z *Wnioskami i Kierunkami dalszych badań*.
2. Z danych zamieszczonych w tabelach 10.30 - 10.37 wynika, że próbki niepoddane wygrzewaniu miały wytrzymałość na ściskanie równą 0,00 MPa po 1, 4 i 28 dniach dojrzewania. Dlaczego?
3. Spis literatury w rozprawach doktorskich opracowuje się zwykle w porządku alfabetycznym. Wtedy łatwiej z niego skorzystać.
4. Tabele i rysunki w pracy często zawierają te same dane. Zwykle stosuje się jedną formę prezentacji wyników badań.
5. Ostatni wniosek, który dotyczy produkcji materiałów odpadowych, nie wynika z przeprowadzonych badań.

Wymienione przeze mnie uwagi nie umniejszają oryginalności i wartości merytorycznej prezentowanej pracy. Mam nadzieję, że ich wnikliwa analiza przyczyni się do udoskonalenia warsztatu naukowego Autora.

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Opiniowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595). Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje niezbędny zasób wiedzy Kandydata w dyscyplinie naukowej budownictwo w zakresie technologii tworzyw geopolimerowych, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, w tym umiejętność wykorzystania instrumentalnych metod badawczych, analizowania uzyskanych wyników i wyciągania wniosków. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Macieja R. Króla do publicznej obrony rozprawy.

U. Joniak - *Joniak-Verbeke*