

Dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. PŁ
Katedra Inżynierii Środowiska
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechnika Łódzka

Łódź, dn. 21.08.2019

Recenzja

**pracy doktorskiej mgr inż. Jarosława Strzałkowskiego
pt. „Modyfikacja kompozytów betonowych pod względem izolacyjności
i akumulacyjności cieplnej oraz wytrzymałości”
wykonanej na Wydziale Budownictwa i Architektury,
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
Promotor: Prof. dr hab. inż. Halina Garbalińska**

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na podstawie uchwały Rady Wydziału Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 19.06.2019 r. o powołaniu recenzenta oraz na prośbę Pani Dziekan Wydziału Budownictwa i Architektury – dr hab. inż. Marii Kaszyńskiej, z dnia 25.06.2019 r., sformułowaną w piśmie WBiA-SD/170/2019.

2. Ocena zasadności podjęcia tematu

Rozwój współczesnego budownictwa, technologii budowlanych oraz materiałów i komponentów zdeterminowany jest wielorakimi kryteriami o charakterze techniczno-użytkowym, w tym wymaganiami z zakresu bezpieczeństwa i komfortu użytkowania, ochrony środowiska oraz efektywności energetycznej. Podstawowe parametry materiałów i komponentów determinujących jakość techniczną budynków opisane są poprzez ich właściwości fizyczne i mechaniczne. W przypadku materiałów wykorzystywanych do wznoszenia ścian zewnętrznych najważniejsze z nich to przewodność cieplna oraz wytrzymałość na ściskanie. Pozostałymi istotnymi są: gęstość, ciepło właściwe oraz porowatość a także takie, od których bezpośrednio zależą właściwości użytkowe i trwałość

budynku, w tym między innymi kapilarność, nasiąkliwość i mrozoodporność. W przypadku kompozytów cementowych, będących tematem ocenianej rozprawy, uzyskanie materiału w maksymalnym stopniu spełniającego zarówno kryteria cieplne jak i wytrzymałościowe jest zadaniem praktycznie niemożliwym. Można natomiast poszukiwać rozwiązań stanowiących pewien kompromis, trudno w tym wypadku mówić o rozwiązaniach optymalnych, pozwalający na uzyskanie kompozytu o znacznie lepszych właściwościach w porównaniu do materiałów powszechnie dostępnych na rynku.

Problem badawczy określony przez Doktoranta w postaci tezy pracy jest niewątpliwie zadaniem ambitnym, niebanalnym i istotnym z punktu widzenia projektowania zgodnego z aktualnymi wymaganiami. Tym bardziej, że część badanych właściwości ma wpływ na parametry użytkowe budynku, jakość środowiska wewnętrznego a także jego aspekty środowiskowe. Na tej podstawie można stwierdzić, że aktualny stan wiedzy w zakresie kompozytów betonowych jest niepełny i wymaga szczegółowych badań, zaś prezentowana rozprawa doktorska jest kompleksową i rzetelną odpowiedzią na tę potrzebę. Stwierdzam, że tematyka podjęta w recenzowanej rozprawie jest niezwykle aktualna, ważna z poznawczego i aplikacyjnego punktu widzenia, a także istotna z uwagi na nowe trendy w budownictwie oraz prognozowane zmiany klimatyczne. Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań doświadczalnych przyczynią się z pewnością do dalszego rozwoju oraz udoskonalenia i optymalizacji rozwiązań materiałowych w różnych warunkach ich przyszłej eksploatacji. Tym samym tematykę podjętą w rozprawie doktorskiej uważam za oryginalną w kontekście badań prowadzonych w Polsce i na świecie, zaś jej wybór za trafny i całkowicie uzasadniony.

3. Krótka charakterystyka pracy i zakres rozprawy

Praca pt. „Modyfikacja kompozytów betonowych pod względem izolacyjności i akumulacyjności cieplnej oraz wytrzymałości” została przygotowana w formie maszynopisu i liczy łącznie 228 stron, nie licząc załączników. Zawiera 199 rysunków i 38 tabel. Moim zdaniem jest to opracowanie bardzo obszerne i wielowątkowe. Napisana jest jednakże w sposób przejrzysty i poprawny pod względem językowym, zaś omawiane wyniki badań są logicznie uporządkowane. Składa się z 13 rozdziałów o różnej objętości. Wszystkie rozdziały (5, 6, 7, 8, 10 i 11) zawierają opis metodyki badawczej, wyniki i ich zestawienie. Ze względu na lepszą czytelność pracy wnioski szczegółowe z badań mogłyby znaleźć się w poszczególnych rozdziałach, zaś na końcu pracy jedynie najważniejsze z nich jak i podsumowanie całego opracowania. Praca zawiera ponadto streszczenie w języku polskim

i angielskim, zestawienie użytych symboli i oznaczeń, spis literatury oraz wykaz tabel i rysunków. Na końcu pracy znajduje się 6 załączników.

Rozdział 1 to krótki, sześciostronowy wstęp wprowadzający czytelnika w podjętą tematykę. Znacznie obszerniejszy jest natomiast rozdział 2, w którym przedstawiono bardzo szeroki i kompleksowy przegląd tradycyjnych i nowoczesnych domieszek i dodatków do betonów. Obok materiałów stosowanych powszechnie omówiono także takie, które można uznać obecnie za niszowe jak aerozele, czy materiały fazowo-zmienne. Kolejny, rozdział 3 choć najkrótszy w całej rozprawie jest istotny, gdyż zawiera tezę pracy a także założenia i zakres badań. Wyniki badań wstępnych, na podstawie których określono końcowe receptury znajdują się w rozdziale 4. Kolejne cztery rozdziały mają identyczną strukturę i zawierają oryginalne wyniki badań odpowiednio: parametrów cieplnych (rozdział 5), wytrzymałości na ściskanie (rozdział 6) oraz porowatości określonej dwiema metodami. Badania z zastosowaniem porozymetrii optycznej zamieszczono w rozdziale 7, zaś z wykorzystaniem porozymetrii rtęciowej w rozdziale 8. W rozdziale 9 omówiono wyniki badań z użyciem mikroskopu elektronowego SEM oraz spektroskopii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego EDS mające jednak charakter jedynie jakościowy. Badania procesów niestacjonarnych z wykorzystaniem autorskiego stanowiska pomiarowego zostały opisane w rozdziale 10, zaś w rozdziale 11 wyznaczono dynamiczne charakterystyki cieplne (transmitancję i admitancję) kompozytów. Rozdział 12, w którym pokazano zależności pomiędzy zbadanymi parametrami stanowi zestawienie wszystkich uzyskanych wyników i ich końcową analizę. Wnioski, głównie o charakterze szczegółowym znajdują się w rozdziale 12 liczącym aż 10 stron. Określono w nim także możliwe kierunki dalszych prac co świadczy o świadomości samego Doktoranta, iż nie wyczerpał w pełni podjętej tematyki, zaś w przyszłości widzi możliwość prowadzenia kolejnych badań.

W pracy wykorzystano 183 pozycje literaturowe, głównie anglojęzyczne. W większości są to artykuły, które ukazały się po roku 2000, zaś w ponad połowie po roku 2010. Należą do nich prace własne doktoranta, w tym pozycje opublikowane w dobrych czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

4. Ocena formalna

Przedstawiona praca ma charakter badawczo - teoretyczny z obszaru materiałów budowlanych i fizyki budowli. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż była ona realizowana w ramach projektu naukowego finansowanego z środków Narodowego Centrum Badań

i Rozwoju (program Preludium 7). Celem pracy, jak pisze autor było „uzyskanie obszernych zbiorów danych nt. poszczególnych właściwości, dowodzących że przyjęte w programie modyfikacje struktury wewnętrznej zaprojektowanych kompozytów bardzo silnie zróżnicowały wartości przewodności cieplnej i ciepła właściwego oraz wytrzymałości na ściskanie, dając możliwość wyboru najkorzystniejszego rozwiązania z uwagi na perspektywiczne zastosowanie danego kompozytu”. Moim zdaniem cel pracy został sformułowany dość ostrożnie. Nie sformułowano ponadto celów pośrednich, którymi z pewnością było zbadanie poszczególnych właściwości zaproponowanych rodzajów kompozytów. Szczególnie te z dodatkiem składników nietypowych takich jak, grafit i aerożel są cenne z poznawczego punktu widzenia. Stwierdzam, że założony cel został przez Doktoranta w pełni zrealizowany za pomocą poprawnie dobranych metod badawczych, a ponadto na podstawie uzyskanych wyników z powodzeniem sformułowano wnioski końcowe.

Autor sformułował następującą tezę pracy:

„Dobór odpowiednich składników podstawowych oraz właściwych modyfikatorów pozwala na takie wymodelowanie mikrostruktury kompozytu betonowego, aby był on w stanie spełnić przeciwstawne wymagania dotyczące izolacyjności i akumulacyjności cieplnej oraz wytrzymałości, gwarantując przegrodom zewnętrznym podwyższoną efektywność energetyczną i wystarczającą nośność.”

W tym kontekście istotne jest aby doprecyzować jakie wartości parametrów definiujących poszczególne wielkości należy uznać za wystarczające ze względu na efektywność energetyczną i nośność. Ponieważ nie zostało to wcześniej określone, zaś praca nie ma na celu ustalenie optymalnego składu mieszanki betonowej pomocnym byłoby sformułowanie kryteriów ilościowych dla podstawowych badanych parametrów. Uważam, że postawiona teza została udowodniona, natomiast jej ostatni fragment należałoby dodatkowo potwierdzić odnosząc uzyskane wyniki do wartości charakterystycznych dla stosowanych obecnie materiałów i komponentów budowlanych.

Praca ma klasyczny układ rozprawy doktorskiej. Część eksperymentalna pracy została poprzedzona rzetelnym i solidnym przeglądem aktualnego stanu wiedzy. Nieco skromniej potraktowano przegląd zagadnień dotyczących określania dynamiki cieplnej. Obliczenia dynamicznych charakterystyk cieplnych wykonano na podstawie standardowej procedury normowej. Każdy rozdział kończy się krótkim zestawieniem uzyskanych wyników, brakuje natomiast wniosków cząstkowych i krótkiego podsumowania. Bardzo rozbudowany jest

natomiast ostatni rozdział rozdział, w którym zawarto wszystkie wnioski z badań i analiz. Autor nie zamieścił ponadto analizy błędów pomiarów co byłoby szczególnie pożądane w przypadku badań procesów niestacjonarnych (rozdział 10). Natomiast jako element oryginalny należy uznać zaproponowaną metodę „umożliwiającą scalenie wyników odnoszących się do porowatości kompozytu cementowego i porowatości dodatku granulatu aerożelowego”, dodatkowo opublikowaną w zagranicznym czasopiśmie naukowym.

W mojej opinii praca jest obszerna pod względem ilości wykonanych i opisanych badań oraz uzyskanych wyników, przedstawionych jednak w sposób bardzo syntetyczny. Liczy łącznie 253 strony. Świadczy to o tym, że Doktorant starał się dokonać jak najbardziej kompleksowej oceny badanych kompozytów, wybierając i opisując w sposób syntetyczny jedynie najważniejsze wyniki i spostrzeżenia. Jak mi nie mam w trakcie prowadzonych badań uzyskał jeszcze wiele innych wyników pośrednich. Zakres badań, przyjęta metodyka, kolejność prowadzonych analiz, jak i końcowa zawartość rozprawy nie budzą zastrzeżeń.

Praca napisana jest prawidłową polszczyzną z minimalną ilością błędów edytorskich. Autor nie stroni od dogłębnej analizy uzyskanych wyników na każdym etapie pracy. Jest precyzyjny i rzetelny w wyrażaniu własnych opinii oraz trafnie formułuje wnioski. Na szczególną pochwałę zasługuje zbadanie właściwości komponentów nietypowych, a wręcz trudnych w procesie ich wytworzenia takich jak kompozyt modyfikowany aerożelem. Ważne jest, że Doktorant podchodzi z dystansem do uzyskanych wyników badań zdając sobie sprawę z ograniczeń charakterystycznych dla poszczególnych metod, na przykład porozymetrycznych. Pojedyncze błędy o charakterze ogólnym bądź redakcyjnym wykazane w dalszej części recenzji nie mają wpływu na całościową, bardzo pozytywną ocenę.

5. Ocena merytoryczna

Z uwagi na trafnie sformułowany problem badawczy, szeroki zakres badań, prawidłową interpretację uzyskanych wyników oraz umiejętność sformułowania wniosków moja ocena merytoryczna prezentowanej pracy jest bardzo wysoka. Jednakże dokładna analiza dysertacji nakłada na mnie obowiązek sformułowania kilku uwag o charakterze dyskusyjnym, nie umniejszających jednak pierwotnej opinii.

5.1. Uwagi krytyczne wymagające odpowiedzi w czasie publicznej obrony

Pierwsza uwaga dotyczy braku opisu sposobu przygotowywania kompozytów, szczególnie tych z wrażliwymi wypełniaczami, takimi jak aerożel. Na stronie 135 podano, że

frakcja granulatu wynosiła od 0,7 do 4,0 mm. Jednak z uwagi na parametry mechaniczne należy przypuszczać, że granulaty ten uległ rozdrobnieniu w czasie wykonywania próbek. Jaki wpływ na sposób wykonania próbek miały hydrofilowe właściwości samego aerożelu? Czy badano jego nasiąkliwość?

Uwaga druga wynika ze sposobu przedstawienia wyników badań porowatości, zaś w szczególności z zastosowania różnych wielkości i symboli z nią związanych. Autor wykorzystuje parametry takie jak: skumulowana zawartość powietrza A [%], objętość wciśniętej rtęci V [cm^3/g] oraz porowatość P [%]. Symbol P , zgodnie z przyjętymi oznaczeniami (str. 10) stosowany jest również do określenia ciśnienia, natomiast symbol V raz do określania objętości wciśniętej cieczy, zaś w innym przypadku (np. rys. 7.4, 7.8 i 7.12) do, jak się należy domyślać, zawartości porów o różnych wielkościach (w pewnym sensie tożsamą z L). Powyższe rysunki podpisano jako „Rozkład logarytmiczno-różniczkowy w porach ...”, gdzie V wyrażona została w [%]. Jednak już na rysunkach, np. 8.11, 8.14 i 8.17 ta sama wielkość wyrażona jest w [cm^3/g]. Skumulowaną zawartość powietrza A (zgodnie z opisem użytych symboli) pokazano natomiast na rysunkach, np. 7.6, 7.10 i 7.10 mimo, że podpisano je jako „zawartość porów w betonach ...”. Typowe porowatości P pokazano natomiast na rysunkach, np. 8.12 i 8.15. Czy stosowanie różnych nazw wielkości i ich symboli jest uzasadnione względami merytorycznymi? Ponieważ dla czytelnika stanowi to pewną niedogodność proszę o doprecyzowanie i ewentualne wyjaśnienie użytych pojęć. Proponuję także aby ujednoczyć je, jeżeli to możliwe, podczas przygotowywania prezentacji końcowej.

Doktorant w ramach prowadzonych badań porównał ze sobą bardzo dużą liczbę kompozytów uzyskanych na bazie trzech kruszyw o różnych wilgotnościach oraz modyfikacji mieszanki betonowej wybranymi domieszkami i dodatkami. Na podstawie uzyskanych wyników widoczna jest zmiana wybranych parametrów. W końcowym podsumowaniu brakuje jednak odniesienia do komponentów stosowanych obecnie. Czy zaproponowane nowe kompozyty są istotnie lepsze od obecnie dostępnych, a tym samym czy istnieje realna szansa na wprowadzenie nowych produktów na rynek?

5.2. Pozostałe uwagi merytoryczne

Nie wszystkie wypisane poniżej uwagi wymagają odpowiedzi ze strony Doktoranta. Część z nich można potraktować jedynie jako sugestie dla potrzeb przyszłych publikacji uzyskanych wyników badań.

Na wykresie (rys. 1.1, str. 11) różnice całkowitego zużycia energii w poszczególnych latach są praktycznie niewidoczne. Podobnie niewielkie różnice widoczne są na (rys. 1.2, str. 12). Bardziej trafnym byłoby pokazanie powyższych danych w wielkościach bezwzględnych, na przykład w [toe], lub innej jednostce energii.

Dane na rysunku 1.3, str. 13, nie pokazują jak wynika z podpisu wielkość HDD i CDD „w zależności od gęstości zaludnienia”. Są to typowe zmiany tych wartości w czasie, wynikające raczej ze zmiany klimatu niż zmiany ilości mieszkańców Europy, czy też gęstości zaludnienia.

Proszę o podanie na podstawie jakiego źródła określono współczynnik przewodzenia ciepła aerożelu (str. 20). Moim zdaniem wartość poniżej $0,012 \text{ W/(m K)}$ nie jest osiągalna dla dostępnych na rynku izolacji aerożelowych, a tym samym aerożelu użytego w badaniach. Tym bardziej, że jak podaje Autor na stronie 135, współczynnik przewodzenia ciepła użytego granulatu wynosi $0,018 \text{ W/(m K)}$.

Na wykresach (rys. 2.3 oraz 2.5) zastosowano różne wielkości na osi odciętej. W celu łatwiejszej interpretacji i porównania wyników z różnych źródeł należałoby je ujednoczyć.

Na podstawie wykresu (rys. 2.6) należy wnioskować, iż kompozyt o przewodności cieplnej około $0,3 \text{ W/(mK)}$ charakteryzuje się wytrzymałością na ściskanie równą 0 MPa . Oznaczałoby to pewne istotne ograniczenie w stosowaniu aerożelu jako wypełniacza kompozytów betonowych. Czy możliwe jest określenie maksymalnej zawartości aerożelu w kompozycie ze względu na jego wytrzymałość na ściskanie?

Proszę o wyjaśnienie dlaczego zdaniem Autora dodatek w postaci grafitu płatkowego podnosi (w przypadku betonów) lub obniża (w przypadku polistyrenu ekstrudowanego) wartość współczynnika przewodzenia ciepła, str. 31.

Co Autor rozumie pod pojęciem „wypadkowa przewodność cieplna”, str. 38? Czy chodzi o średnią ważoną wyznaczaną teoretycznie czy też o wielkość zmierzoną?

W przypadku omawiania danych literaturowych, str. 40, nie podano co oznaczają poszczególne symbole kompozytów dla których wyniki pokazano na rys. 2.18. W ten sposób nie jest możliwa interpretacja przedstawionych wyników.

W przypadku materiału użytego w pracy [18] zakres temperatury przemiany fazowej jest znacznie szerszy niż podano na str. 43. W okolicach 25°C ciepło przemiany jest natomiast najwyższe.

Jak Autor rozumie pojęcie „efektywne ciepło właściwe”, str. 42? Czy chodzi o „ciepło utajone” przemiany fazowej?

Moim zdaniem interpretowanie wyników na rysunku 2.36 (str. 59), bez znajomości strumienia zysków ciepła od promieniowania słonecznego jest niezasadne.

Z wykresu (rys. 2.42) zamieszczonego na stronie 68 wynika, że dla stałej czasowej równej ∞ względne zapotrzebowanie na energię jest wyższe niż dla stałej czasowej 1000. Jak rozumiem wartości te podano w godzinach. Proszę o wyjaśnienie przyczyn wzrostu zapotrzebowania na energię.

Dlaczego wartość stacjonarnego oporu cieplnego (rys. 2.44, str. 70) nie jest zależna od grubości przegrody? Co oznacza pojęcie „dynamiczny opór cieplny” i w jaki sposób można go wyznaczyć? Czy pojęcie to jest tożsame z oporem ekwiwalentnym, charakterystycznym dla przegród transparentnych? Proszę o rozwinięcie myśli sformułowanej w zdaniu „zatem wysoka masa termiczna umożliwia ograniczenie przepływu ciepła w miesiącach, w których temperatura zewnętrzna jest bardzo zmienna i oscyluje wokół temperatury wewnętrznej.”

W założeniach na stronie 78, Autor założył użycie jednego rodzaju cementu, co tłumaczy brakiem wpływu na akumulacyjność i izolacyjność cieplną. Niewątpliwie jego rodzaj ma natomiast wpływ na parametry mechaniczne uzyskanych komponentów. Proszę o doprecyzowanie czy zastosowany rodzaj cementu spowodował podwyższenie czy obniżenie wytrzymałości na ściskanie w porównaniu do innych dostępnych na rynku spoiw cementowych. Wydaje się bowiem, że zastosowany cement portlandzki CEM I 42,5 R jest spoiwem dość efektywnym. Czy zastosowanie cementu o wysokiej wytrzymałości wczesnej było w tym przypadku celowe? Czy istnieją ograniczenia, na przykład z uwagi na zastosowane domieszki i wypełniacze w stosowaniu innych rodzajów cementów.

Jak należy rozumieć pojęcie „kruszywo powierzchniowo-suche”, str. 115 i 116? Jak określano wilgotność takiego kruszywa?

W przypadku analiz SEM i EDS, wyraźnie brakuje podsumowania i wniosków wynikających z przeprowadzonych badań. Szczególnie o charakterze ilościowym. Jaka jest przydatność wyników uzyskanych tymi metodami w kontekście całości rozprawy?

Proszę wyjaśnić przyczynę spadku energii (np. rys. 10.7 i 10.8, str. 171) dla betonu referencyjnego w pierwszych minutach eksperymentu. Podobnego charakteru zmian nie zaobserwowano bowiem dla innych kompozytów.

Proszę określić jakie wartości powierzchniowych pojemności cieplnych κ są pożądane z uwagi na efektywność energetyczną. Jakie wartości współczynnika tłumienia f są uznawane za „najlepsze” (str. 189), najwyższe czy najniższe? Zgodnie ze stwierdzeniem „Materiały o poprawionych właściwościach izolacyjnych wykazują zdecydowanie dłuższe przesunięcia czasowe”, str. 190 należy przypuszczać, że materiały o dobrych właściwościach izolacyjnych będą ograniczać wnikanie ciepła ale jednocześnie jego akumulację w przegrodzie.

Proszę o doprecyzowanie pojęcia współczynnika rozmieszczenia porów L , pojawiającego się w pracy dopiero na str. 192. W spisie symboli jest on określony jako „wskaźnik”. Na jakiej podstawie i jaką metodą został on wyznaczany? Czy parametr ten współzależy od wielkości A , V i P ?

Proszę uzasadnić wybór funkcji $\ln(x)$ w przypadku zależności między współczynnikiem przewodzenia ciepła a całkowitą porowatością (rys. 12.4, str. 193). Jaka byłaby wartość R^2 gdyby przyjęto zależność liniową? Odwrotna sytuacja występuje w przypadku rysunku 12.6, na którym pokazano zależności liniowe o niskich wartościach R^2 . W tym przypadku bardziej pożądaną wydaje się być funkcja nieliniowa.

Przedstawione wnioski są bardzo szczegółowe i rozbudowane. Proponuję aby w końcowej prezentacji ograniczyć się jedynie do najważniejszych. W pierwszym zdaniu na str. 205 pojawia się stwierdzenie „Przeprowadzone w ramach rozprawy doktorskiej badania pozwoliły ocenić skuteczność rozmaitych metod modyfikacji składu kompozytów betonowych – w celu poprawy ich pojemności i izolacyjności cieplnej, ale także zapewnienia wymaganej wytrzymałości”. Proszę wyjaśnić jak Autor rozumie słowo skuteczność. Moim zdaniem oceniano raczej przydatność wybranych kompozytów pod względem parametrów cieplnych i mechanicznych.

6. Uwagi o charakterze edytorskim i ogólnym

W pracy Autor używa pojęcia „straty ciepłne”, na przykład str. 6, 76. Moim zdaniem poprawne sformułowanie to „straty ciepła”.

W kilku miejscach (np. str. 40, 47) autor nie doprecyzował rodzaju badanych składników, domieszek, wypełniaczy etc., podając jedynie pewne symbole.

Str. 13, sformułowanie „rezerwy oszczędnościowe”, jest moim zdaniem niefortunne;

Str. 27, wielkości frakcji opisane zostały różnymi jednostkami;

Str. 33, jest „stosowaniu”, powinno być „stosowania”;

Str. 40, w odniesieniu do styropianu, proponuję używać pojęć „brak odporności na działanie ognia” zamiast „palność”;

Str. 41, w odniesieniu do materiałów fazowo-zmiennych proponuję używać skrótu MFZ zamiast PCM, pochodzącego od nazwy angielskiej;

Str. 42, jest „solarnych”, powinno być „słonecznych”;

Str. 50, sformułowanie „prace nad wpływem kruszywa ...”, jest moim zdaniem niefortunne;

Str. 60, jest „metodologii”, powinno być „metodyki”;

Str. 62, jest „wywiera”, powinno być ‘ma”;

Str. 62, rys. 2.39, brak indeksu dolnego przy „cv”;

Str. 78, jest „wymodelowanie”, powinno być „wytworzenie”;

Str. 79, jest „testujących”, powinno być „sprawdzających”;

Str. 86, jest „zawarto”, powinno być „zamieszczono”;

Str. 138, czy zastosowana metoda pomiarowa pozwala na określenie badanych parametrów z dokładnością jak podano w tab. 8.1? Podobne pytanie dotyczy wyników zamieszczonych w tabeli 8.2.

Str. 176, jest „energii cieplnej”, powinno być „ciepła”

Str. 201, jest „12.120”, powinno być „12.20”;

Również w kilku miejscach jednostka występująca po liczbie znajduje się w kolejnej linii, na przykład str. 41, 129.

7. Wniosek końcowy

Uwagi jakie zawarłem w swojej opinii w dużym stopniu mają charakter dyskusyjny i nie podważają w istotny sposób wartości naukowej pracy, jak również nie obniżają bardzo pozytywnej oceny samego Doktoranta. Stwierdzam, że Autor opracowania podejmując istotny problem naukowy rozwiązał go samodzielnie, poprawnymi metodami badawczymi przez co wykazał się umiejętnością wymaganą od osób ubiegających się o stopień doktora.

Otrzymane wyniki wnoszą nowe elementy do wiedzy na temat kompozytów betonowych, które obok aspektu poznawczego posiadają również istotną wartość użytkową.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jarosława Strzałkowskiego pt. „Modyfikacja kompozytów betonowych pod względem izolacyjności i akumulacyjności cieplnej oraz wytrzymałości” spełnia wymagania art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki wraz z późniejszymi zmianami, dlatego wnioskuję do Rady Wydziału Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o jej przyjęcie i dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony.

Ponadto uważam, że z uwagi na:

- szeroki zakres przeprowadzonych badań i kompleksowe rozwiązanie problemu,
 - zaproponowanie i wykorzystanie autorskich metod badań i analiz,
 - dodatkowy użytkowy charakter uzyskanych wyników,
 - bardzo dobry dorobek publikacyjny potwierdzony 9 publikacjami według bazy Scopus oraz indeks Hirscha $h=3$,
 - uzyskanie dodatkowych środków na prowadzenie badań w ramach programu Preludium 7 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki,
- zasługuje ona na wyróżnienie.



Dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. PŁ