

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Cholewińskiej

pt.: *Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego
w technologii WMA*

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania recenzji stanowiło pismo Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej BD-244/19 z dnia 16.10.2019 r., prof. dr. hab. inż. Jerzego Wawrzeńczyka. Podstawę prawną przygotowania niniejszej recenzji stanowiły:

- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 poz. 1789, z późn. zmianami).
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669),
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu (Dz.U. 2018 poz. 261).

2. Ogólna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Marka Iwańskiego i promotora pomocniczego dr. inż. Grzegorza Mazurka. Praca doktorska składa się z dziewięciu głównych rozdziałów, wniosków, spisu treści, spisu wybranych skrótów i oznaczeń, bibliografii, streszczenia w języku polskim, streszczenia w języku angielskim, spisu tablic, spisu rysunków i załączników (A, B, C). Zasadnicza część pracy liczy 164 strony.

W rozdziale 1 (*Wstęp*) Autorka w krótkim wprowadzeniu wskazała na zalety produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych metodą „na ciepło” (Warm Mix Asphalt) bez konieczności podgrzewania jej składników do wysokich temperatur. Doktorantka w tej części pracy

zwróciła uwagę na główne kierunki badań i analizy wyników oraz przedstawiła tezy, cel i zakres pracy.

W rozdziale 2 (*Technologia produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej „na ciepło” – Warm Mix Asphalt (WMA)*) podano korzyści wynikające z obniżenia temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej oraz sposoby obniżenia temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Omówiono wpływ wosku syntetycznego Fischera-Tropscha i płynnego środka powierzchniowo-czynnego jako środków obniżających lepkość asfaltów.

W rozdziale 3 (*Proces starzenia lepiszczy asfaltowych*) Doktorantka w sposób bardzo zwarty przedstawiła czynniki powodujące starzenie lepiszczy asfaltowych oraz zmiany w strukturze chemicznej i składzie grupowym asfaltu, wskazała etapy starzenia lepiszczy asfaltowych, a także omówiła laboratoryjne metody symulowania starzenia technologicznego i eksploatacyjnego. W odniesieniu do symulowania starzenia zwróciła uwagę na wady i zalety prezentowanych metod oraz możliwości ich zastosowania w zależności od celu badania i rodzaju lepiszcza poddanego badaniu.

W rozdziale 4 (*Modelowanie procesu starzenia lepiszczy asfaltowych w zakresie liniowej lepkośćprężystości*) w sposób bardzo merytoryczny (z odpowiednimi komentarzami) omówiono mechaniczne i matematyczne modele reologiczne oraz przedstawiono koncepcję budowy krzywych wiodących.

W rozdziale 5 (*Metodyka badań*) zamieszczono charakterystykę materiałów stosowanych w badaniach, plan i zakres badań podstawowych właściwości lepiszcza asfaltowego i właściwości reologicznych asfaltów w zakresie liniowej i nieliniowej lepkośćprężystości).

W rozdziale 6 (*Badania podstawowych właściwości lepiszcza asfaltowego*), przedstawiono wyniki badań podstawowych właściwości asfaltu w aspekcie procesów starzenia. Doktorantka zaprezentowała wyniki analiz w odniesieniu do penetracji lepiszcza asfaltowego, temperatury mięknięcia lepiszcza asfaltowego, temperatury łamliwości wg metody Frassa. Na podstawie wartości tych charakterystyk oceniła wpływ środków obniżających lepkość na indeks penetracji IP i temperaturowy zakres plastyczności TZP. W tej części pracy przedstawiono również wyniki badania sztywności pełzania w reometrze zginanej belki BBR.

W rozdziale 7 (*Badania właściwości reologicznych lepiszcza asfaltowego w zakresie liniowej (LVE) i nieliniowej (N-LVE) lepkośćprężystości*) Autorka przeprowadziła analizę wyników badań właściwości reologicznych w reometrze dynamicznego ścinania DSR (Dynamic Shear Rheometer), w temperaturach: 40°C, 60°C i 80°C, w zakresie częstotliwości

od 0,01 Hz do 10 Hz (wyniki niektórych badań zamieszczono w załącznikach). Zwracając uwagę na przedstawione krzywe Blacka, opisujące wpływ procesu starzenia na właściwości asfaltu modyfikowanego polimerem i innymi dodatkami stosowanymi w produkcji mieszank w technologii WMA. Omówiony został także wpływ procesu starzenia na cykliczne pełzanie z nawrotem lepiszcza z dodatkiem środków obniżających lepkość na podstawie testu wielokrotnego naprężenia, pełzania i nawrotu (MSCR – Multiple Stress Creep Recovery) oraz pokazano widma lepiszczy asfaltowych w mikroskopie epi-fluorescencyjnym), przed i po starzeniu eksploatacyjnym.

Zagadnienia związane z budową krzywych wiodących przy użyciu modelu *Christensen Anderson Marasteanu (CAM)* są przedmiotem rozdziału 8.

W rozdziale 9 (*Analiza zmian właściwości lepiszczy asfaltowych w aspekcie procesu starzenia*) przedstawiono wyniki analizy zmian zachodzących w asfalcie PMB 45/80-65 z dodatkiem wosku syntetycznego oraz środka powierzchniowo-czynnego przed i po procesie starzenia długoterminowego PAV. Po poddaniu wyników badań standaryzacji opracowano wykresy radarowe. Przeprowadzono analizę wpływu procesu starzenia na wybrane cechy lepkosprężyste lepiszcza modyfikowanego 1,5%, 2,5% i 3,5 % dodatkiem wosku syntetycznego oraz 0,2%, 0,4% i 0,6% dodatkiem środka powierzchniowo-czynnego. Określono wpływ dodatku środków obniżających lepkość na proces starzenia polimeroasfaltu PMB 45/80-65. Przeanalizowano wpływ procesu starzenia na parametry modelu CAM lepiszcza z dodatkiem wosku syntetycznego F-T i z dodatkiem płynnego środka powierzchniowo-czynnego oraz określono wpływ procesu starzenia na parametry modelu CAM lepiszcza z dodatkiem środków obniżających lepkość.

W rozdziale 10 Doktorantka sformułowała dwie grupy wniosków: wnioski ogólne i wnioski szczegółowe oraz kierunki dalszych badań.

Wykaz literatury obejmuje 272 pozycje, w tym: 13 norm, 104 prace opublikowane po 2010 r., 48 prac opublikowanych w języku polskim, 2 prace Doktorantki jako autora i 5 prac współautorskich.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Aktualność tematu

Tematyka prezentowana w rozprawie doktorskiej jest bardzo aktualna. Stosowanie technologii WMA (Warm Mix Asphalt) wiąże się z korzyściami zarówno na płaszczyźnie technologicznej jak i ekonomicznej oraz środowiskowej. Problemem jest tylko uzyskanie mieszanki mineralno-asfaltowej o odpowiednich parametrach. Doktorantka w sposób

kompleksowy zbadała powyższy problem w aspekcie procesu starzenia asfaltu PMB-45/80-65 z dodatkami obniżającymi jego lepkość.

3.2. Program badań i analiza wyników

W ramach pracy nad rozprawą doktorską badaniom poddawano asfalt PMB 45/80-65 oraz asfalt PMB 45/80-65 modyfikowany woskiem syntetycznym Fischera-Tropscha lub płynnym środkiem powierzchniowo-czynnym. Badane parametry określano przed starzeniem, po starzeniu technologicznym (RTFOT) i po starzeniu eksploatacyjnym (PAV).

W ramach badań podstawowych właściwości lepiszczy asfaltowych dokonano oceny penetracji, temperatury mięknięcia i temperatury łamliwości, a na podstawie wyników określono wartości indeksu penetracji IP i temperaturowy zakres plastyczności TZP. Na tym etapie wykonano także pomiary sztywności pełzania lepiszczy modyfikowanych środkami niskowiskozowymi w ujemnych temperaturach w reometrze BBR.

Doktorantka wykonała badania lepkości zespolonej η^* oraz lepkości zerowego ścinania η_0 i ustaliła moduły dynamiczne sztywności i kąty przesunięcia fazowego oraz parametr koleinowania $|G^*|/\sin\delta$. Wynikiem testu MSCR (Multiple Strees Creep Recovery) były parametry: nieodwracalna podatność na pełzanie (Jnr) i nawrót sprężysty R.

Do opisu zachowania się asfaltu w procesie starzenia lepiszcza asfaltowego wykorzystano model Christensen-Anderson-Marasteanu (CAM). Prezentacja i komentarz do widm lepiszczy asfaltowych uzyskanych w mikroskopie epi-fluorescencyjnym stanowią o rozszerzeniu zakresu badań, a także są wskazaniem kierunku dalszych rozważań.

Program badań oceniam pozytywnie. Wyniki i ich analizy (rozdziały 6 – 9) zostały przedstawione w zwartej formie i w sposób bardzo merytoryczny. Należy podkreślić wykorzystanie nowoczesnej aparatury na wszystkich etapach realizacji programu badań.

3.3. Tezy pracy

Tezy pracy są zapisane w rozprawie w następującym brzmieniu:

Teza 1: Dodatek środków obniżających lepkość zmniejszając zakres temperatur

technologicznych wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej wpływa na spowolnienie

procesu starzenia polimeroasfaltu.

Teza 2: Modyfikatory stosowane w technologii WMA z różną intensywnością wpływają na proces homogenizacji asfaltu modyfikowanego polimerami.

Teza 3: Zastosowanie wosku syntetycznego Fischera-Tropscha jako dodatku do lepiszcza

asfaltowego wpływa na obniżenie jego tempa starzenia przy jednoczesnym wzroście części sprężystej modułu dynamicznego w porównaniu z środkiem powierzchniowo-czynnym

Teza 4: Dodatek wosku syntetycznego Fischera-Tropscha do asfaltu zwiększa poziom lepkości zerowego ścinania lepiszcza co ma korzystny wpływ na zmniejszenie szybkości deformacji mieszanki mineralno-asfaltowej.

Celem pracy doktorskiej „... była ocena wpływu procesu starzenia krótko- i długoterminowego na lepiszcze asfaltowego z dodatkiem środków obniżających lepkość stosowanych w technologii WMA – woskiem syntetycznym Fischera-Tropscha i płynnym środkiem powierzchniowo- czynnym”.

Wykonane badania, ich wyniki oraz przedstawione analizy upoważniają do stwierdzenia, że Autorka udowodniła tezy pracy, a założony cel zostały osiągnięty. Uważam jednak, że przy tak zapisanym tytule rozprawy doktorskiej była możliwość sformułowania jednej tezy i jednego celu pracy. W pracy podano jeden cel, a sformułowanie czterech tez sugeruje, że poszczególne tezy stanowią „odległe” problemy badawcze, a tak naprawdę są to zbliżone do siebie zagadnienia.

3.4. Najważniejsze osiągnięcia naukowe i kierunki dalszych badań

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy z naukowego punktu widzenia należy zaliczyć:

- określenie wpływu procesu starzenia na właściwości asfaltu modyfikowanego polimerem z dodatkami wpływającymi na lepkość dynamiczną w aspekcie technologii wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych „na ciepło” (WMA),
- wykazanie, że model Christensen-Anderson-Marasteanu jest dobrym narzędziem matematycznym w analizach procesu starzenia lepiszcza z dodatkami obniżającymi lepkość (krzywe wiodące modułu $|G^*|$).

Doktorantka sformułowała kierunki dalszych badań obejmujące zarówno ocenę wpływu procesu starzenia na inne rodzaje modyfikatorów niskowiskozowych jak i asfalty wysokomodyfikowane stosowane w technologii WMA. Wskazała także na prace nad określeniem funkcji transformacji krzywej wiodącej lepiszcza uwzględniającej temperaturę i czas trwania procesu starzenia.

3.5. Uwagi

3.5.1. Uwagi ogólne

1. Tytuły rozdziałów – tytuł rozdziału 4 jest mało precyzyjny, a tytuł rozdziału 6 – zbyt ogólny.
2. Opisy na rysunkach (rys. 4.8, 4.9, 4.10, 7.2: język angielski; rys. 6.5 – 6.8 opis osi „Częstotliwość zredukowana” - ?).
3. Skala na osi pionowej - na niektórych rysunkach powinna być dostosowana do prezentowanych danych w celu poprawy ich czytelności (np. rys. 6.4 i 6.5, rys. 6.6 i 6.7, rys. 6.8 i 6.9).
4. W pracy występują nieścisłości związane z pojęciami technicznymi (np.: zapisy dotyczące modułu dynamicznego, częstotliwości (wysoka, niska),).
5. W rozprawie praktycznie nie stwierdzono błędów stylistycznych, a zauważono dosłownie kilka tzw. „literówek” (np. w tytule rozdziału 6, str. 4 - „..... asfalotwego”; str. 8 – teza 4: „..... co ma korzystny wpływ na”; str.16, 5 wiersz od dołu: „..... daję”; ..).

3.5.2. Uwagi szczegółowe

1. W rozdziale 6 zamieszczono wyniki badań i analiz, lecz nie zamieszczono podsumowania w podobnym układzie jak w rozdziałach 7 i 9.
2. Analizy statystyczne wyników badań, prezentowane w rozdziałach 6, 7 i 8 powinny być przedstawione w sposób bardziej szczegółowy, umożliwiając bezpośrednią ocenę ich wiarygodności. Dobrym rozwiązaniem byłoby umieszczenie wyników analiz w części zasadniczej pracy, a nie w załącznikach A i B. Nie zwiększyłyby to objętości części zasadniczej pracy, a czytelnikowi ułatwiłyby analizę wyników.
3. W pkt. 5.3 jest zapis o kondycjonowaniu próbek poddawanych starzeniu w Pani badaniach w temperaturze 135°C (zamiast temperatury 163°C). Na str. 29, w dyskusji nad laboratoryjnymi metodami symulowania starzenia technologicznego, zaprezentowano stanowisko badaczy poddające w wątpliwość przyjmowaną temperaturę w odniesieniu do asfaltów modyfikowanych (a taki asfalt jest przedmiotem badań). Proszę o komentarz.
4. Wyniki badań i analiz mają duże znaczenie praktyczne i mogą stanowić podstawę do sformułowania praktycznych zaleceń w odniesieniu do lepisczy asfaltowych w mieszankach mineralno-asfaltowych wytwarzanych „na ciepło”. Autorka nie

przedstawiła w pracy doktorskiej takich zaleceń w sposób jednoznaczny. Proszę o ich przedstawienie.

5. Czy w oparciu o wyniki badań i analiz można sformułować (wskazać kierunki) ewentualnych zmian w podejściu do zakresu badań lepiszczy asfaltowych z dodatkami obniżającymi ich lepkość w aspekcie technologii WMA (może innych technologii), ewentualne propozycje dodatkowych zapisów w normach/wytycznych/wymaganiach technicznych ?

4. Podsumowanie

Uwzględniając zapisy Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późn. zmianami), Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu (Dz.U. 2018 poz. 261) stwierdzam, że postawiony problem charakteryzuje się oryginalnością i został w pełni rozwiązany. Wykonane badania i przeprowadzone analizy potwierdzają znajomość przez Doktorantkę wiedzy teoretycznej w zakresie dyscypliny naukowej i Jej przygotowanie do samodzielnego wykonywania prac naukowych.

W związku z powyższym, przedkładam Radzie Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Świętokrzyskiej wniosek o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy doktorskiej pt.: *Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego w technologii WMA*, przedłożonej przez mgr inż. Małgorzatę Cholewińską.

Mając na uwadze oryginalność problemu naukowego, przedstawienie wyników badań i ich analiz w bardzo zwartej formie i w wyjątkowo merytoryczny sposób wnioskuję o wyróżnienie pracy doktorskiej *Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego w technologii WMA*, przygotowanej przez mgr inż. Małgorzatę Cholewińską.

.....
prof. dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk