

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Małgorzaty Cholewińskiej

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

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na zamówienie Rektora Politechniki Świętokrzyskiej prof. Wiesława Trąpczyńskiego, w związku z uchwałą Nr 169/18 podjętą przez Radę Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej.

Podstawę prawną opracowania recenzji stanowią:

- USTAWA z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 poz. 1789)
- 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 profesora (Dz.U. 2018 poz. 261).

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska na temat „Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego w technologii WMA” została przygotowana przez mgr inż. Małgorzatę Cholewińską pod kierunkiem promotora w osobie prof. dr. hab. inż. Marka Iwańskiego oraz promotora pomocniczego w osobie dr. inż. Grzegorza Mazurka.

Tematyka rozprawy jest związana z aktualnym i bardzo ważnym dla budownictwa drogowego problemem obniżenia temperatury produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych – zastosowania technologii „na ciepło” (WMA – ang. Warm Mix Asphalt) do budowy nawierzchni drogowych. W porównaniu z powszechnie dotychczas stosowaną technologią „na gorąco” (HMA – ang. Hot Mix Asphalt), technologia WMA wykazuje wiele korzyści, zarówno technicznych (możliwość układania warstw nawierzchni asfaltowej przy niższej temperaturze otoczenia, co umożliwia wydłużenie okresu, w którym prowadzi się prace związane z układaniem warstw nawierzchni asfaltowych, możliwość wydłużenia odległości oraz czasu transportu mieszanki mineralno-asfaltowej z wytwórni na miejsce wbudowania), jak i ekologicznych (mniejsze zapotrzebowanie na energię skutkuje zredukowaniem emisji gazów cieplarnianych oraz innych szkodliwych związków do atmosfery). Inną ważną zaletą przypisywaną mieszankom produkowanym w technologii „na ciepło” (WMA), wynikającą z istotnego obniżenia zakresu temperatury, w którym realizowane są wszystkie procesy technologiczne, jest zredukowanie niekorzystnych zmian właściwości lepiszcza asfaltowego spowodowanych zjawiskiem starzenia, do którego dochodzi podczas wytwarzania i układania mieszanki mineralno-asfaltowej. Doktorantka w swoich badaniach skupiła się na określeniu wpływu starzenia na właściwości asfaltu modyfikowanego polimerem (o symbolu PMB 45/80-65).

Do obniżenia temperatury produkcji i wbudowania mieszanek mineralno-asfaltowych wykorzystuje się najczęściej rozwiązania prowadzące do znacznego zmniejszenia lepkości dynamicznej asfaltu w wysokiej temperaturze, np.: dodatek związków chemicznych uzyskanych na bazie wosku syntetycznego, dodatek zeolitów, dodatek substancji powierzchniowo aktywnych (PAS) bądź zastosowanie lepiszcza w postaci asfaltu spienionego. W celu zmniejszenia lepkości dynamicznej badanego polimeroasfaltu Doktorantka w swoich badaniach wykorzystwała dwa rodzaje dodatków:

- wosk syntetyczny uzyskiwany w procesie syntezy Fischera-Tropscha o nazwie handlowej Sasobit LM
- substancję powierzchniowo aktywną w stanie ciekłym o nazwie handlowej Cecabase RT 945.

Rozprawa została napisana w języku polskim w formie monografii na prawach rękopisu i liczy łącznie 164 strony + 3 załączniki mieszczące się na kolejnych 17 stronach.

Tematyka i zakres rozprawy mieszczą się w dyscyplinie naukowej „budownictwo”, w której został wszczęty przewód doktorski mgr inż. Małgorzaty Cholewińskiej, a także w odpowiadającej jej obecnie dyscyplinie naukowej „inżynieria lądowa i transport”.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena układu rozprawy

Opiniowana rozprawa składa się z 10 rozdziałów, podzielonych na podrozdziały (z wyjątkiem rozdziałów 8 i 10), obejmujących: wstęp zawierający m.in. tezy, cel oraz zakres pracy (rozdział 1), charakterystykę technologii produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej „na ciepło” – WMA (rozdział 2), opis procesu starzenia lepiszczy asfaltowych (rozdział 3), opis metod modelowania procesu starzenia lepiszczy asfaltowych w zakresie liniowej lepkości (rozdział 4), opis metodyki badań (rozdział 5), analizę wyników badań podstawowych właściwości lepiszcza asfaltowego (rozdział 6), analizę wyników badań właściwości reologicznych lepiszcza asfaltowego w zakresie liniowej (LVE) i nieliniowej (N-LVE) lepkości (rozdział 7), opis budowy krzywych wiodących przy użyciu modelu Christensen-Anderson-Marasteanu (rozdział 8), analizę zmian właściwości lepiszczy asfaltowych w aspekcie procesu starzenia (rozdział 9) oraz wnioski i propozycje dalszych badań (rozdział 10). W końcowej części rozprawy zamieszczono bibliografię obejmującą łącznie 272 pozycje oraz streszczenie w języku polskim i angielskim, spis tablic, spis rysunków i trzy załączniki.

Układ rozprawy jest spójny, a podział na rozdziały i podrozdziały nie budzi zastrzeżeń.

Bardzo pozytywnym aspektem ocenianej rozprawy jest jej strona graficzna. W zrozumieniu wywodów Doktorantki bardzo pomagają starannie wykonane kolorowe wykresy obrazujące rezultaty badań oraz wyniki modelowania.

W mojej opinii tytuł rozprawy w brzmieniu „Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego w technologii WMA” został sformułowany zbyt ogólnie. Jedynym lepiszczem asfaltowym (bazowym) analizowanym w rozprawie był asfalt modyfikowany polimerem (lub w skrócie polimeroasfalt) o symbolu PMB 45/80-65. „Lepiszcz asfaltowe” jest pojęciem bardzo ogólnym obejmującym wiele rodzajów asfaltów. Dlatego uważam, że tytuł bardziej odpowiadający treściom zawartym w dysertacji mógłby brzmieć: „Wpływ procesu starzenia na właściwości polimeroasfaltu stosowanego w technologii WMA”.

3.2. Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Część badawcza została poprzedzona wnikliwymi studiami literatury związanej z realizowanymi zadaniami. W rozdziale 2 Doktorantka opisała technologię produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej „na ciepło” – WMA, w rozdziale 3 – zjawisko starzenia lepiszczy asfaltowych, natomiast w rozdziale 4 – zagadnienie modelowania procesu starzenia lepiszczy asfaltowych w zakresie liniowej lepkości. Studia literatury zostały

wykonane bardzo starannie. Uwzględniają wszystkie zagadnienia, które są poruszane w dysertacji. Bardzo bogata (obejmująca łącznie 272 pozycje) i prawidłowo dobrana bibliografia cytowana w rozprawie świadczy o dobrym przygotowaniu teoretycznym Doktorantki do prowadzenia badań naukowych w zakresie mieszczącym się w dyscyplinie budownictwo. Zasadnicza część bibliografii zawiera 259 artykułów i monografii (w dominującej części anglojęzycznych, opracowanych po 2000 r.), a jej uzupełnienie stanowi wykaz norm europejskich (PN-EN) oraz amerykańskich (AASHTO) dotyczących zrealizowanych badań. Doktorantka cytuje 7 artykułów, w których występuje jako autorka lub współautorka. Należy ocenić pozytywnie, że dotychczasowe osiągnięcia badawcze Autorka ogłosiła zarówno w postaci artykułów w czasopismach naukowych (w tym również zestawionych na liście Journal Citation Report), jak i referatów wygłaszanych na międzynarodowych konferencjach. Ośmiu pozycji zestawionych w bibliografii (o numerach [6, 27, 46, 68, 150, 196, 216, 249]) nie udało mi się odnaleźć wśród odnośników cytowań w zasadniczej części rozprawy.

3.3. Ocena tez oraz celu pracy

Cztery tezy pracy znajdują się w punkcie 1.2 na stronie 8. Zostały sformułowane w sposób zrozumiały oraz logiczny i nie budzą zastrzeżeń. Natomiast cel pracy sformułowano w punkcie 1.3 na stronie 8: „Celem pracy była ocena wpływu procesu starzenia krótko- i długoterminowego na lepiszcze asfaltowe z dodatkiem środków obniżających lepkość stosowanych w technologii WMA – woskiem syntetycznym Fischera-Tropscha oraz płynnym środkiem powierzchniowo-czynnym”. Uważam, że podobnie jak w tytule rozprawy, tak i w jej celu zasadne byłoby użycie terminu „asfalt modyfikowany polimerem” zamiast „lepiszcze asfaltowe”. Ponadto moje wątpliwości budzi termin „płynny środek powierzchniowo-czynny” użyty w celu pracy, ale również konsekwentnie używany w całej dysertacji. W mojej opinii jest to pojęcie żargonowe, w dodatku nie do końca precyzyjne. Wyraz „płynny” nie precyzuje, czy mamy do czynienia z cieczą czy z gazem (mechanika płynów zajmuje się ciałami znajdującymi się zarówno w stanie ciekłym, jak i gazowym). Autorka posługuje się wielokrotnie skrótem „PAS”, który zgodnie z monografią Stefańczyka i Mieczkowskiego (w dysertacji widnieje pod numerem [212]) oznacza „powierzchniowo aktywne substancje”. W moim przekonaniu zasadne byłoby konsekwentne posługiwanie się pojęciem „substancja powierzchniowo aktywna w stanie ciekłym” zamiast „płynny środek powierzchniowo-czynny”. Pewien niedosyt budzi również brak wskazania motywacji podjęcia tematu rozprawy oraz podania podstawy, na jakiej zostały sformułowane tezy oraz cel pracy. Uważam, że tezy i cel dysertacji powinny wynikać przede wszystkim z wnikliwego studium aktualnej literatury (które zostało przeprowadzone w rozdziałach 2, 3 i 4) i być sformułowane tuż za tym studium, a nie przed nim.

3.4. Ocena zastosowanych metod badawczych

Doktorantka w zrealizowanej pracy wykorzystała wiele stosowanych obecnie w kraju i na świecie metod badań dedykowanych lepiszczom asfaltowym, w tym asfaltom modyfikowanym polimerami. Badania próbek asfaltów wykonała wykorzystując zarówno metody tradycyjne, tj. oznaczanie penetracji igłą, oznaczanie temperatury mięknięcia metodą Pierścien i Kula czy oznaczanie temperatury łamliwości metodą Fraassa, jak i bardziej nowoczesne, opracowane w ramach amerykańskiego programu badawczego SHRP (Strategic Highway Research Program) zrealizowanego w USA pod koniec XX wieku, pozwalające na dokonanie kompleksowej oceny właściwości reologicznych asfaltów w szerokim zakresie temperatur użytkowych. Należą do nich: laboratoryjne metody symulacji starzenia technologicznego (Rolling Thin Film Oven Test – RTFOT) oraz eksploatacyjnego (Pressure Aging Vessel – PAV), metoda reometru zginanej belki (BBR) oraz metoda reometru dynamicznego ścinania (DSR). Ostatnie z wymienionych urządzeń zostało wykorzystane w dwóch niezależnych testach: dynamicznym, w którym zastosowano obciążenie sinusoidalnie zmienne oraz statycznym – MSCR (Multiple Stress Creep Recovery) polegającym na wykonaniu dziesięciu cykli obciążenia siłą wywołującą stałe naprężenie oraz odciążenia. Ważnym elementem zrealizowanego programu badań było opracowanie krzywych wiodących (ang. Master Curves) z zastosowaniem pozytywnie ocenianego w literaturze modelu Christensen-Anderson-Marasteanu (CAM) oraz analiza zmian właściwości badanych lepiszczy w efekcie starzenia dzięki naniesieniu danych standaryzowanych na wykresy radarowe. Chociaż w zastosowanych metodach badawczych (laboratoryjnych) trudno doszukać się oryginalnego (całkowicie nowego) podejścia, to wykonane badania spełniają przyjęte obecnie standardy naukowe dotyczące badań lepiszczy asfaltowych.

Szkoda, że Autorka nie podjęła się porównania efektów starzenia krótkoterminowego (technologicznego) symulowanego metodą RTFOT w temperaturze o 20-30°C niższej od stosowanej standardowo temperatury 163°C (choć w rozdziale 3 poddała słusznej krytyce tę standardową metodykę). Przecież podstawową ideą mieszanek typu WMA („na ciepło”) jest ich produkcja w temperaturze o 20-30°C niższej niż w przypadku mieszanek HMA („na gorąco”), co ma skutkować m. in. mniejszymi zmianami właściwości lepiszcza wywołanymi zjawiskiem starzenia. Aż prosiłoby się, aby to założenie zweryfikować, a przede wszystkim skwantyfikować obserwowane zjawiska. Równie interesująca mogłaby być analiza zmian zachodzących w wyniku starzenia eksploatacyjnego (PAV) po starzeniu technologicznym (RTFOT) symulowanym z zastosowaniem zróżnicowanych wartości temperatury.

Jako asfalt bazowy (referencyjny) Doktorantka wykorzystała asfalt modyfikowany polimerem o symbolu PMB 45/80-65, który znalazł zastosowanie w nawierzchniach drogowych, w szczególności w warstwach ścieralnych nawierzchni obciążonych bardzo

intensywnym ruchem pojazdów ciężkich. Jako dodatki powodujące zmniejszenie lepkości asfaltu podczas procesów technologicznych zostały wykorzystane dwa uznane w budownictwie drogowym wyroby oferowane przez wiodących producentów. Każdy z nich był dozowany do asfaltu bazowego w taki sposób, aby uzyskać trzy różne stężenia. Dobór próbek wykorzystanych w programie badawczym nie budzi zastrzeżeń. Należy jednak zwrócić uwagę, że wszystkie badania zostały wykonane z wykorzystaniem asfaltu modyfikowanego polimerem i tylko tej grupy asfaltów powinny dotyczyć sformułowane wnioski. Trudno jednoznacznie rozstrzygnąć, jakie wyniki zostałyby uzyskane, gdyby w identycznym programie badawczym były zastosowane inne rodzaje asfaltów.

3.5. Ocena części dotyczących omówienia wyników badań oraz wniosków

Rezultaty wykonanych badań zostały przedstawione w rozdziałach 6, 7, 8 oraz 9. W każdym z tych rozdziałów zaprezentowane wyniki zostały na bieżąco skomentowane i poddane analizie. Omówienie wyników jest bardzo szczegółowe i w sposób wyczerpujący charakteryzuje zjawiska zaobserwowane podczas badań. Autorka poddała wnikliwej analizie zarówno wpływ modyfikacji polimeroasfaltu każdym z dwóch dodatków zmniejszających jego lepkość dynamiczną, jak i wpływ starzenia (krótko- i długoterminowego) na poszczególne właściwości badanych lepiszczy modyfikowanych.

Wnioski sformułowane w rozdziale 10 wskazują, że tezy pracy zostały udowodnione, a postawiony cel został osiągnięty. Zaprezentowane wnioski wynikają bezpośrednio z wykonanych przez Doktorantkę badań laboratoryjnych oraz z analizy uzyskanych rezultatów.

3.6. Ocena możliwości praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Tematyka opiniowanej rozprawy doktorskiej jest silnie powiązana z praktycznymi problemami występującymi w budownictwie drogowym, w szczególności technologii budowy nawierzchni asfaltowych. Dysertacja ma jednak dominujący charakter rozprawy naukowej, która stanowi istotne rozszerzenie aktualnego stanu wiedzy na temat zachowania asfaltów modyfikowanych stosowanych w technologii WMA (Warm Mix Asphalt). Doktorantka powstrzymała się od formułowania praktycznych zaleceń dla producentów mieszanek mineralno-asfaltowych, czego absolutnie nie uważam za mankament dysertacji. Za najistotniejsze osiągnięcie o charakterze aplikacyjnym uznaję wykazanie licznych korzyści wynikających z zastosowania dodatków zmniejszających lepkość dynamiczną asfaltu modyfikowanego. Powinno to skutkować większym zainteresowaniem inwestorów projektów drogowych oraz producentów mieszanek mineralno-asfaltowych dotyczącym wykorzystania

technologii WMA („na ciepło”), zdecydowanie bardziej ekologicznej od ciągle jeszcze najpowszechniej stosowanej w budownictwie drogowym technologii HMA („na gorąco”).

3.7. Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Podstawowym problemem naukowym postawionym w opiniowanej dysertacji jest wpływ procesu starzenia na właściwości asfaltu modyfikowanego polimerem zawierającego dodatek powodujący zmniejszenie jego lepkości dynamicznej, a tym samym możliwość zredukowania zakresu temperatury, w którym realizowane są procesy technologiczne związane z produkcją i wbudowaniem warstwy asfaltowej nawierzchni drogowej. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego można uznać za oryginalne. Na szczególne uznanie zasługuje opracowanie krzywych wiodących dynamicznego modułu sztywności $|G^*|$ w funkcji częstotliwości f (rozdział 8), z zastosowaniem modelu Christensen-Anderson-Marasteanu (CAM), który Autorka wybrała po wnikliwej analizie różnych modeli reologicznych przeprowadzonej w rozdziale 4. Za oryginalne podejście należy również uznać wykonanie analizy zmian właściwości badanych lepiszczy w efekcie starzenia, na podstawie wykresów radarowych zawierających wyniki badań poddane uprzedniej standaryzacji.

4. Uwagi krytyczne

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Cholewińskiej została napisana z wielką dbałością o przestrzeganie zasad poprawnej polszczyzny w zakresie stylistyki, ortografii oraz interpunkcji. Zauważone przeze mnie usterki w tym zakresie występują niezwykle rzadko. Nieco gorzej prezentuje się kwestia stosowania terminologii właściwej dla prac naukowych. Dysertacja nie jest, niestety, wolna od skrótów myślowych oraz żargonu technicznego. Autorka nie ustrzegła się również kilku błędów merytorycznych. Przykłady najistotniejszych usterek (w kolejności ich wystąpienia w rozprawie po raz pierwszy) wskażę w dalszej części niniejszego punktu.

- „zawartość wody ... **waha się** w granicach od 2 do 4%” (str. 14, 10d). Żargon. Zawartość wody nie może się wahać. Należało napisać, że „zawartość wody **zawiera się w przedziale** od 2 do 4%”
- „Efektem starzenia jest wzrost sztywności lepiszcza wraz z **obniżeniem jego części plastycznej** ...” (str. 20, 12g). Proszę Doktorantkę o wyjaśnienie, co ma na myśli pisząc o obniżeniu części plastycznej lepiszcza
- „Test NRTFOT odzwierciedla zakres utraty lotnych składników, a tym samym **siłę sil wiążących** ...” (str. 30, 5g). Skrót myślowy, bardzo niefortunny.

- „4. **MODELOWANIE PROCESU STARZENIA LEPISZCZY ASFALTOWYCH W ZAKRESIE LINIOWEJ LEPKOSPĘŻYSTOŚCI**” (str. 34, 1-2g). W rozdziale 4 opisano modele reologiczne, które służą do opisu matematycznego zjawisk zachodzących w próbkach lepiszczy asfaltowych w czasie obciążania, odciążania, wywoływania przemieszczeń itd. Nie służą one natomiast do modelowania procesu starzenia asfaltów. Badania można wykonywać na próbkach lepiszczy zarówno przed, jak i po symulacji starzenia i na podstawie analizy porównawczej wnioskować o wpływie starzenia na właściwości asfaltów. Trudno się jednak zgodzić z nazywaniem tych czynności „modelowaniem procesu starzenia lepiszczy asfaltowych”
- „ i – liczba zespolona ($i^2 = \sqrt{-1}$)” (str. 39, 3g). Błąd. Liczba zespolona spełnia równanie: $i^2 = -1$
- „ **G^* - moduł dynamiczny**” (str. 39, 10g). Autorka na str. 6 (spis wybranych skrótów i oznaczeń) napisała, że modułem dynamicznym będzie w dysertacji nazywać wielkość $|G^*|$ ($|G^*| = \sqrt{G'^2 + G''^2}$ - zgodnie z wzorem (7.2) zamieszczonym na str. 84 rozprawy). Uważam, że pełna nazwa tej wielkości powinna brzmieć „dynamiczny moduł sztywności”. Natomiast symbol „ G^* ” oznacza zespolony moduł sztywności, który jest przedstawiany w postaci liczby zespolonej: $G^* = G' + iG''$ (G' , G'' – składowe zespolonego modułu sztywności, odpowiednio rzeczywista i urojona). Wielkości $|G^*|$ oraz G^* nie należy mylić, ani stosować zamiennie, gdyż oznaczają zupełnie co innego (pierwsza jest wielkością skalarną, druga – wektorową).
- „ **$G^*(\omega)$ – moduł dynamiczny wyrażony w częstotliwości**” (str. 42, 6d). Powinno być: „ $G^*(\omega)$ – zespolony moduł sztywności w funkcji częstotliwości”
- „ β – stała wyrażona przez **zerową lepkość ścinania** η_0 ” (str. 42, 1d). Powinno być: „lepkość zerowego ścinania”
- Rys. 4.8, str. 47 (również rys. 4.9 na str. 49, rys. 4.10 na str. 50, rys. 7.2 na str. 85). Opiniowana rozprawa doktorska została opracowana w języku polskim. Opisy na rysunkach skopiowanych z literatury zagranicznej powinny zostać przetłumaczone na język polski.
- „(rys. 18)” (str. 49, 9d). Nie znalazłem rysunku o tym numerze w opiniowanej dysertacji.
- „... zachowania lepiszcza jako **plynu** lepkospężystego ...” (str. 50, 7g). Powinno być „... cieczy lepkospężystej ...”
- „Wraz ze wzrostem **ilości tego dodatku** (wosku syntetycznego F-T) w asfalcie **referencyjnym** ...” (str. 60, 15d). W asfalcie referencyjnym zawartość analizowanego modyfikatora wynosi 0. Po jego dodaniu do asfaltu referencyjnego lepiszcze to przestaje być asfaltem referencyjnym”

- Rys. 6.1 (str. 61). Przy osi pionowej brakuje opisu – nie przedstawiono wielkości fizycznych ani jednostek miar. Co prawda wielkości fizyczne opisano w legendzie, ale jednostek nie udało mi się odnaleźć.
- Rysunki od 6.2 do 6.11 (od str. 62 do str. 74). Zgodnie z opisem zamieszczonym na stronie 62 (3d), słupki błędów zaznaczone na wykresach reprezentują odchylenie standardowe. Podawanie oprócz wartości średniej arytmetycznej jedynie wartości odchylenia standardowego nie jest właściwym sposobem estymacji przedziałowej. Zakładając, że populacja prezentowanych wyników dąży do rozkładu normalnego, słupki zaznaczone na rys. 6.2 - 6.11 obejmują zakresy przedziałów, w których mieści się około 68% wszystkich wyników pomiarów danej wielkości. Co oznacza, że około 32% znajduje się poza tymi przedziałami. Obecnie powszechnie przyjętą w nauce formą estymacji przedziałowej jest określenie przedziału niepewności (lub w wersji uproszczonej przedziału ufności) dla średniej arytmetycznej. Jest to losowy przedział, wyznaczony za pomocą rozkładu estymatora, który z dużym, z góry założonym prawdopodobieństwem (w naukach technicznych najczęściej przyjmuje się $1 - \alpha = 95\%$), pokrywa nieznaną wartość parametru populacji generalnej. Co ciekawe, w tablicach zamieszczonych w załączniku A, Autorka podała granice przedziałów, które nazwała w moim przekonaniu błędnie „przedziałami ufności”. Niestety, nie znalazłem w dysertacji informacji, w jaki sposób te „przedziały ufności” zostały obliczone, przy jakim poziomie istotności itd. Bardzo proszę Doktorantkę o szczegółowy komentarz dotyczący wskazanych wątpliwości. Niestety, na wykresach zamieszczonych w dalszej części rozprawy nie zostały zaznaczone nawet wartości odchylenia standardowego, a jedynym wykorzystanym estymatorem jest (prawdopodobnie) średnia arytmetyczna.
- „Badanie **sztywności pelzania**” (str. 75, 1g). Pojęcie „sztywności pelzania” jest przykładem wyjątkowo nieudolnej „kalki językowej” stosowanej w terminologii technicznej (od ang. Creep Stiffness). Pojęcie, które być może jest zrozumiałe w języku angielskim, w wersji polskiej jest nie do przyjęcia. Pelzanie jest zjawiskiem fizycznym opisywanym w reologii i przypisywanie mu jakiegokolwiek sztywności jest nieporozumieniem. Sądzę, że nie budziłoby większych wątpliwości sformułowanie „Oznaczanie modułu sztywności w teście pelzania”. Na obronę Doktorantki należy stwierdzić, że ów nieszczęsny termin mogła przepisać np. z tytułu obowiązującej normy PN-EN 14771 (w rozprawie [271]). Na tej samej stronie (str. 75, 9g) znalazł się zapis „określenie poziomu **ugięcia (pelzania)** beleczki”. Proszę o wyjaśnienie, czy określanie ugięcia jest tożsame z określaniem pelzania.
- „Nie jest to korzystne, gdyż im mniejsza wartość parametru m tym takie lepszczą charakteryzować się będą **bardziej efektywną relaksacją naprężeń**, co przyczyni się do powstawania spękań niskotemperaturowych” (str. 78, 13-15d). Nieprawda. Zależy nam na efektywnej relaksacji naprężeń w lepiszczu asfaltowym, bo to zjawisko pozwala

zwiększyć odporność na powstawanie spękań nawierzchni asfaltowej w niskiej temperaturze. Jeśli dojdzie do całkowitej (zupełnej) relaksacji naprężeń indukowanych termicznie, to skąd miałyby się wziąć spękania?

- Wzór (6.5) na str. 79: „ $m_{60} = \log(S_{60})/\log(60)$ ”. Wzór ten został zapisany błędnie. Wzór ogólny ma postać: „ $m = [\text{dlog}S(t)]/[\text{dlog}(t)]$ ”. Dla $t = 60$ s należało zapisać: „ $m_{60} = [\text{dlog}(S_{60})]/[\text{dlog}(60)]$ ”. Poszukujemy przecież pochodnej $\log S(t)$ względem $\log(t)$, a nie stosunku $\log S(t)/\log(t)$
- Rys. 7.12 (str. 100). Niedosyt budzi, że zamieszczone zostały jedynie fotografie trzech przykładowych próbek lepiszczy, wykonane w mikroskopie epi-fluorescencyjnym. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego?
- Str. 101 (6d). Proszę o wyjaśnienie co to są „**koleiny funkcjonalne**”.
- Rys. 8.3, str.106 (również rys. 8.1 i 8.2 na str 105). Proszę o komentarz, dlaczego rezultaty przedstawione na rysunkach nie uwidaczniają żadnych tendencji uwzględniających kolejne etapy starzenia. Trudno oprzeć się wrażeniu, że te wyniki wyglądają na zupełnie przypadkowe. Brak określonych przedziałów niepewności pomiarowej uniemożliwia ocenę wiarygodności tych rezultatów
- Rys. 8.5-8.8, str.109-112. Osie poziome opisano „Częstotliwość **zredukowana** [Hz]”. Powinno być: „Częstotliwość [Hz]” (por. rys. 4.8, str. 47)
- „... **wpływ procesu starzenia długoterminowego PAV** na polimeroasfalt ...” (str. 116, 4-5d). Czy badane lepiszcza były poddawane jedynie symulacji starzenia długoterminowego PAV bez uprzedniej symulacji starzenia krótkoterminowego RTFOT? Jeśli tak, to proszę o wyjaśnienie, dlaczego pominięto procedurę RTFOT i jaki sens fizyczny ma takie podejście. W całym rozdziale 9 nie natknąłem się nawet na wzmiankę na temat starzenia krótkoterminowego RTFOT
- „... obniżenie **ciągłości** lepiszcza asfaltowego” (str. 123, 10g). Na jakiej podstawie Autorka formułuje spostrzeżenia dotyczące ciągłości lepiszcza, skoro ta wielkość nie była oznaczana?

W treści opiniowanej rozprawy doktorskiej stwierdziłem nieliczne usterki redakcyjne (tzw. literówki), które nie mają znaczenia dla merytorycznej oceny dysertacji. Dlatego ograniczę się do zapoznania z nimi Doktorantki poprzez przekazanie na Jej ręce egzemplarza rozprawy z zaznaczonymi usterekami.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, iż opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Cholewińskiej pt. „Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego w technologii WMA” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego dyscypliny budownictwo. Sformułowanie tez i celu pracy, zaplanowanie i wykonanie badań eksperymentalnych, wykorzystanie ich rezultatów do przeprowadzenia modelowania matematycznego oraz sformułowanie wniosków dowodzą, że Doktorantka posiada ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie dyscypliny naukowej budownictwo, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Uwagi krytyczne oraz wątpliwości wskazane w punktach 3 oraz 4 niniejszej recenzji nie umniejszają w sposób znaczący wartości merytorycznej rozprawy, która w moim przekonaniu w pełni zasługuje na pozytywną ocenę.

Uważam, iż opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Cholewińskiej pt. „Wpływ procesu starzenia na właściwości lepiszcza asfaltowego stosowanego w technologii WMA” spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789) i rekomenduję Senatowi Politechniki Świętokrzyskiej (lub organowi upoważnionemu przez Senat PŚk) przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.

25 LIS. 2019



Mieczysław Słowik