

Dr hab. inż. Marek Pszczoła, prof. PG
Katedra Inżynierii Transportowej
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Gdańsk, 19.09.2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marty Mielczarek pt.:

„Ocena wpływu rodzaju i cech lepiszczy asfaltowych oraz wypełniaczy mineralnych na właściwości reologiczne mastyksów asfaltowych z uwzględnieniem procesów starzenia”

Promotor pracy: dr hab. inż. Mieczysław Słowik - prof. PP

Promotor pomocniczy: dr inż. Marcin Bilski

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej nr RD/36/2023, która została podjęta na posiedzeniu w dniu 6 lipca 2023 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów, powołania komisji przeprowadzających egzaminy doktorskie oraz komisji doktorskiej w przewodzie doktorskim Pani mgr inż. Marty Mielczarek. Podstawą prawną wykonania recenzji jest ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65 poz. 595 z późn. zm.) oraz ustawa z dnia 3 lipca 2018 r., Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669, z późn. zm.).

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt. „Ocena wpływu rodzaju i cech lepiszczy asfaltowych oraz wypełniaczy mineralnych na właściwości reologiczne mastyksów asfaltowych z uwzględnieniem procesów starzenia” przygotowana przez Panią mgr inż. Martę Mielczarek na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu

Politechniki Poznańskiej w ramach dyscypliny naukowej: inżynieria lądowa, geodezja i transport, dziedzina nauk: nauki inżynierijno-techniczne. Praca została przygotowana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Mieczysława Słowika, prof. Politechniki Poznańskiej oraz promotora pomocniczego dr inż. Marcina Bilskiego.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marty Mielczarek dotyczy problematyki związanej z oceną właściwości reologicznych lepizszy asfaltowych, w szczególności asfaltów modyfikowanych elastomerem SBS oraz mastyksów asfaltowych w zależności od rodzaju zastosowanego wypełniacza dodanego (mineralnego) z uwzględnieniem zjawiska starzenia. Recenzowana rozprawa, która została wydana drukiem w formie monografii, składa się z 7 zasadniczych rozdziałów, poprzedzonych stroną tytułową, stroną zawierającą podziękowania, spisem treści, streszczeniem w języku polskim oraz w języku angielskim, a także zestawieniem podstawowych definicji i skrótów, które zostały użyte w rozprawie. Praca kończy się spisem literatury (łącznie 91 pozycji literatury) i dwoma załącznikami (A oraz B). Łącznie recenzowana rozprawa doktorska zawiera 173 strony tekstu.

W rozdziale pierwszym zatytułowanym „Wprowadzenie” Autorka zawarła podstawowe informacje wprowadzające w tematykę rozprawy doktorskiej oraz przedstawiła uzasadnienie zainteresowania się problemem właściwości reologicznych mastyksów, wynikających z rodzaju i właściwości zastosowanych wypełniaczy oraz asfaltów. Rozdział ten stanowi także nakreślenie i zasygnalizowanie zastosowanych materiałów oraz metod badawczych.

Rozdział drugi obejmuje studium literatury dotyczącej analizy właściwości asfaltów, wypełniaczy oraz mastyksów asfaltowych. Rozdział ten podzielono na trzy podrozdziały omawiające właściwości lepkością asfaltów modyfikowanych, właściwości strukturalne oraz funkcjonalne wypełniaczy i mastyksów oraz modelowanie zjawisk reologicznych.

W rozdziale trzecim przedstawiono tezy rozprawy doktorskiej, a także podano cele oraz zakres pracy. Tezy sformułowano w sposób następujący:

- a) „Istnieje korelacja pomiędzy właściwościami strukturalnymi zastosowanego wypełniacza, a uzyskanymi właściwościami reologicznymi mastyksów asfaltowych;

b) Modyfikacja asfaltu kopolimerem SBS znacznie obniża efekt usztywnienia mastyksu asfaltowego sporządzonego z jego udziałem.”

Jako podstawowe cele rozprawy doktorskiej Autorka wymieniła cztery elementy związane z tematyką pracy.

Rozdział czwarty zawiera opis badanych materiałów z podziałem na asfalty, wypełniacze oraz mastyksy asfaltowe. W rozdziale tym przedstawiono procedury przygotowania próbek do badań laboratoryjnych.

W rozdziale piątym zawarta została metodyka badań lepiszczy asfaltowych, wypełniaczy oraz mastyksów asfaltowych. Autorka przedstawiła szczegółowy opis zastosowanych metod badawczych. Cennym elementem tego rozdziału jest opis metod statystycznych, które zostały zastosowane do wyznaczania niepewności pomiarowych oraz analizy istotności różnic uzyskanych wyników badań.

Zasadniczym dla rozprawy doktorskiej, a jednocześnie najbardziej rozbudowanym rozdziałem jest rozdział 6 zawierający część eksperymentalno-badawczą wraz z analizą uzyskanych wyników badań. Rozdział ten obejmuje 70 stron i stanowi około 50% objętości całej pracy doktorskiej. Składa się on z ośmiu podrozdziałów. W podrozdziale pierwszym Autorka przedstawiła wyniki badań wypełniaczy mineralnych. Wyniki te zostały porównane z wymaganiami Wytycznych Technicznych WT-1 2014 w zakresie właściwości strukturalnych tzn. w zakresie uziarnienia, jakości i gęstości pyłów, zawartości wolnych przestrzeni wg Rigden'a oraz powierzchni właściwej wg Blaine'a. W podrozdziale drugim omówione zostały podstawowe właściwości zastosowanych lepiszczy asfaltowych oraz mastyksów asfaltowych przygotowanych, jako mieszaniny asfaltów i wypełniaczy. W podrozdziale trzecim przedstawiono wyniki badań cech reologicznych wykonanych w reometrze dynamicznego ścinania DSR (ang. Dynamic Shear Rheometer). Badania przeprowadzono w zakresie temperatur od -36°C do $+82^{\circ}\text{C}$ uzyskując wyniki dynamicznego modułu ścinania oraz kąta przesunięcia fazowego. Części analitycznej tego podrozdziału przedstawiono zależności w postaci krzywych Blacka (ang. Black diagrams) przy różnej geometrii przeprowadzonych pomiarów w urządzeniu DSR (średnice wrzecion 8 oraz 25 mm). Dodatkowo przeanalizowano wpływ starzenia krótkoterminowego (RTFOT) oraz wykonano badanie cyklicznego pełzania z odprężeniem z wykorzystaniem metody MSCR (ang. Multiple Stress Creep Recovery test). Na zakończenie tego bardzo istotnego, z punktu widzenia założonych postawionych celów pracy, podrozdziału

Autorka przeprowadziła dwuczynnikową analizę wariancji. W podrozdziale czwartym zawarte zostały wyniki badań w reometrze zginanej belki BBR (ang. Bending Beam Rheometer) w zakresie trzech temperatur ujemnych: -16°C , -24°C oraz -32°C . Badania zostały przeprowadzone tylko w zakresie analizowanych lepiszczy asfaltowych. Jak podaje Autorka rozprawy, nie oznaczono właściwości niskotemperaturowych mastyksów asfaltowych ponieważ w trakcie przygotowywania próbek problematyczne było uzyskanie jednorodnych (pełnowymiarowych) próbek belek mastyksowych. Zdaniem recenzenta ten element pracy wymaga dodatkowego wyjaśnienia przez Doktorantkę, ponieważ jest istotny z punktu widzenia właściwej oceny właściwości niskotemperaturowych zastosowanych materiałów. Dodatkowo przedstawione w pracy wnioski z analizy właściwości niskotemperaturowych badanych lepiszczy asfaltowych w zakresie parametru ΔT_k zdaniem recenzenta są kontrowersyjne i wymagają komentarza. Ten aspekt pracy zostanie bardziej szczegółowo omówiony w dalszej części niniejszej recenzji rozprawy doktorskiej. W podrozdziale szóstym przedstawione zostały wyniki badań relaksacji naprężeń z zastosowaniem duktylometru w temperaturze -12°C . W przeprowadzonej analizie wyników badań zastosowano modelowanie zjawiska relaksacji asfaltów oraz mastyksów asfaltowych z wykorzystaniem czteroparametrowego modelu teoretycznego składającego się z połączonych równolegle dwóch elementów modelu Maxwella. W kolejnym, szóstym podpunkcie rozdziału szóstego Autorka przedstawiła wyniki badań morfologii asfaltów i mastyksów asfaltowych z wykorzystaniem mikroskopu wyposażonego w kamerę UV. W podrozdziale siódmym autorka przedstawiła analizy korelacji pomiędzy właściwościami strukturalnymi zastosowanych wypełniaczy a parametrami funkcjonalnymi mastyksów asfaltowych z uwzględnieniem także procesów starzenia. Zdaniem recenzenta ze względu na duże znaczenie tego rozdziału wartościowe byłoby przedstawienie uzyskanych korelacji w formie graficznej. Pozwoliłoby to na lepszą interpretację uzyskanych zależności korelacyjnych. W ostatnim, ósmym podrozdziale Autorka zawarła dyskusję podsumowując analizy przedstawione w całym rozdziale szóstym.

W rozdziale siódmym Autorka sformułowała 5 wniosków podsumowujących całą rozprawę doktorską oraz opracowała kierunki dalszych prac badawczych. Po tym rozdziale występuje spis bibliografii (91 pozycji) oraz dwa załączniki. Załącznik A zawierający szczegółowe wyniki uzyskane w teście MSCR w zakresie temperatur od $+40^{\circ}\text{C}$ do $+82^{\circ}\text{C}$. Załącznik B zawiera zestawienie szczegółowych wartości

parametrów zastosowanych modeli teoretycznych opracowanych na podstawie wyników badania relaksacji naprężeń.

4. Ocena doboru tematu, sformułowanych celów i tez rozprawy doktorskiej

Dobór tematu rozprawy doktorskiej jest właściwy i bardzo potrzebny ze względu na niezwykle istotny wpływ właściwości lepiszczy asfaltowych oraz stosowanych wypełniaczy na właściwości mastyksów asfaltowych, a w konsekwencji na właściwości gotowych mieszanek mineralno-asfaltowych. Tytuł pracy doktorskiej odpowiada treści rozprawy. Układ pracy jest właściwy i w sposób poprawny przedstawia rozwiązanie problemu naukowego. Sformułowane zostały 4 cele pracy:

- 1) *Ocena wpływu procesu starzenia technologicznego lepiszczy asfaltowych symulowanego metodą laboratoryjną na zmiany właściwości mastyksów asfaltowych;*
- 2) *Ocena wpływu rodzaju i cech lepiszczy asfaltowych oraz wypełniaczy mineralnych na właściwości reologiczne mastyksów asfaltowych;*
- 3) *Ocena właściwości reologicznych badanych mastyksów asfaltowych w szerokim zakresie temperatur na podstawie rezultatów badań wykonanych z zastosowaniem reometru dynamicznego ścinania (DSR) oraz duktylometru;*
- 4) *Wykonanie opisu matematycznego zjawiska relaksacji z użyciem modeli reologicznych oraz porównanie rezultatów uzyskanych w efekcie modelowania z wynikami eksperymentu.*

Przedstawione cele pracy zostały zrealizowane przy zastosowaniu narzędzi i metod badawczych, a także analitycznych. Na podstawie wykonanego przeglądu literatury oraz wstępnych badań pilotażowych Autorka postawiła 2 tezy rozprawy doktorskiej o następującym brzmieniu: „a) *Istnieje korelacja pomiędzy właściwościami strukturalnymi zastosowanego wypełniacza, a uzyskanymi właściwościami reologicznymi mastyksów asfaltowych;* b) *Modyfikacja asfaltu kopolimerem SBS znacznie obniża efekt usztywnienia mastyksu asfaltowego sporządzonego z jego udziałem*”. Zdaniem recenzenta przedstawiona teza pierwsza ma istotnie większy potencjał naukowy. Teza druga natomiast została udowodniona już wiele lat temu i jest zbyt oczywista. Zastosowanie asfaltu modyfikowanego elastomerem SBS w porównaniu do asfaltu drogowego zwiększa elastyczność mastyksu, a w konsekwencji obniża sztywność mieszanki mineralno-asfaltowej. Jest to zjawisko korzystne

szczególnie w zakresie niskich, zimowych temperatur nawierzchni zwiększając odporność na powstawanie spękań niskotemperaturowych. Zastosowana przez Autorkę metodyka badawcza nie wykracza poza powszechnie stosowane od wielu lat metody badań. Dlatego postawiona w pracy teza nr 2 wymagałaby modyfikacji.

5. Ocena wkładu rozprawy doktorskiej do aktualnego stanu wiedzy w dziedzinie nauk technicznych

Recenzowana praca doktorska dotyczy aktualnego i ważnego zagadnienia związanego z oceną materiałów tworzących mastyks asfaltowy oraz samego mastyksu, jako jednego z głównych czynników wpływających na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych. Zagadnienie to stanowi aktualny temat prac badawczych na świecie. Spośród najważniejszych, zdaniem recenzenta, elementów rozprawy stanowiących wkład Doktorantki do aktualnego stanu wiedzy w dziedzinie nauk technicznych należy zaliczyć przeprowadzoną analizę zjawiska relaksacji w temperaturze -12°C , z uwzględnieniem procesów starzenia i związane z tą analizą modelowanie przy zastosowaniu modeli ośrodków lepkosprężystych. Drugim istotnym elementem pracy pozwalającym na ocenę mastyksów asfaltowych jest analiza morfologii z wykorzystaniem obrazowania mikroskopowego.

Doktorantka sformułowała także obiecujące kierunki dalszych badań wykorzystujące zebrane doświadczenia poprzez:

1. Dalsze badania laboratoryjne mastyksów mieszanych tzn. utworzonych na podstawie połączenia asfaltu i wypełniacza mieszanego w różnych proporcjach wypełniacz/asfalt.
2. Ocena właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych przy zastosowaniu różnych rodzajów i proporcji wypełniaczy w mastyksie asfaltowym.
3. Wykonanie badań mastyksów z uwzględnieniem czynnika starzenia długoterminowego (eksploatacyjnego), np. metody PAV.

6. Ocena szczegółowa rozprawy doktorskiej

Ocena szczegółowa rozprawy doktorskiej została przedstawiona w dwóch częściach. Część pierwsza stanowi ocenę merytoryczną z przedstawieniem

szczegółowych uwag oraz pytań do Doktorantki wraz z ich uzasadnieniem. Z kolei w części drugiej przedstawiono uwagi redakcyjne, stylistyczne oraz formalne.

6.1. Uwagi merytoryczne

- 1) Pierwsza uwaga merytoryczna dotyczy definicji. Na str. 9 pracy pt. „Podstawowe definicje i skróty” i w całej pracy Autorka zastosowała terminologię w zakresie wypełniaczy inną niż to wynika z Wytycznych Technicznych WT-1 2014 „Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych”. Zgodnie z obowiązującymi wytycznymi (str. 7 w WT-1, 2014) definicje są następujące:

Wypełniacz – jest to kruszywo, którego większa część przechodzi przez sito 0,063 mm. Określenie „kruszywo wypełniające” podane w normie PN-EN 13043:2004 zastąpiono określeniem „wypełniacz”.

Wypełniacz mieszany – jest to kruszywo, które składa się z wypełniacza pochodzenia mineralnego i wodorotlenku wapnia.

Wypełniacz dodany – jest to wypełniacz pochodzenia mineralnego, wyprodukowany oddzielnie.

Zgodnie z definicją podaną przez Autorkę, „**wypełniacz mineralny** to wypełniacz pochodzenia mineralnego, w pracy użyto wypełniacz: wapienny, granodiorytowy oraz bazaltowy”. Nasuwa się pytanie, czy może być inny wypełniacz niż pochodzenia mineralnego? Próbując dopasować definicję dotyczącą wypełniaczy zastosowanych w pracy doktorskiej z definicjami podanymi w WT-1 2014 wydaje się bardziej prawidłowym podejściem następujące: wypełniacz pochodzący ze skały granodiorytowej oraz bazaltowej powinno się nazwać wypełniaczem dodanym granodiorytowym lub bazaltowym, natomiast ze skały wapiennej po prostu wypełniaczem wapiennym.

- 2) Druga uwaga dotyczy przeprowadzonego przeglądu literatury zagadnienia oraz związanego z nim spisu bibliografii. Spośród stosunkowo skromnej liczby 91 wszystkich pozycji literatury aż 13 pozycji dotyczy przywołanych norm przedmiotowych i tylko 38 pozycji literatury to publikacje w języku innym niż język polski (głównie pozycje angielskojęzyczne). Zdaniem recenzenta dobór literatury istotnie wpływa na całokształt pracy dyplomowej. I niestety nie jest to wpływ korzystny. W pracy występują miejsca, w których Autorka przywołuje informacje

popularnonaukowe np. dotyczące historii stosowania asfaltów do budowy dróg. Chociaż same w sobie te informacje są ciekawe, to z punktu widzenia zagadnienia poruszanego w pracy naukowej nie mają istotnego znaczenia.

- 3) Kolejna uwaga dotyczy rozdziału 4 pracy, w którym opisano procedurę przygotowania próbek asfaltów modyfikowanych elastomerem SBS oraz próbek mastyksów asfaltowych. Zgodnie z opisem przedstawionym w podpunkcie 4.1 Autorka podaje co następuje: „Chcąc analizować wpływ zawartości elastomeru SBS na właściwości reologiczne asfaltu, podjęto się modyfikacji asfaltu w laboratorium wykorzystując w tym celu koncentrat asfaltu modyfikowanego kopolimerem blokowym SBS Kraton (nazwa rynkowa D-1100CM), o znanej zawartości kopolimeru równej $9,0 \pm 0,2\%$. (...). W badaniach wykorzystano asfalt drogowy 50/70 wyprodukowany z rosyjskiej ropy naftowej. Asfalt ten modyfikowano poprzez mieszanie w odpowiednich proporcjach (komponowanie) z asfaltem o znanej zawartości masowej kopolimeru blokowego o strukturze liniowej SBS, o zawartości kopolimeru równej 9%. Uzyskano w ten sposób asfalty modyfikowane o znanej zawartości kopolimeru SBS.” W ocenie recenzenta zastosowana procedura budzi szereg wątpliwości oraz pytań:

3.1) Pierwsza wątpliwość recenzenta dotyczy pochodzenia samego koncentratu asfaltu modyfikowanego kopolimerem blokowym SBS Kraton. Ze względu na stosunkowo nietypowy sposób komponowania asfaltu modyfikowanego dużą zawartością elastomeru SBS recenzent przeprowadził wywiad wśród producentów asfaltów w Polsce i żaden z nich nie produkuje takiego koncentratu (chyba, że nie udało się recenzentowi dotrzeć do takiego producenta). Udało się natomiast dotrzeć do producenta samego elastomeru SBS do zastosowań drogowych, do firmy Kraton i z uzyskanych informacji wynika, że nie produkują oni kopolimeru blokowego o podanej w pracy doktorskiej nazwie D-1100CM. **Stąd też moje pytanie do Doktorantki o zastosowany koncentrat, a także o rodzaj asfaltu bazowego, jaki został zastosowany w samym koncentracie. Zdaniem recenzenta jest to niezwykle istotne, ponieważ rodzaj i właściwości koncentratu asfaltu modyfikowanego SBS istotnie wpływają na możliwości wymieszania go z asfaltem drogowym 50/70, a w konsekwencji na wynikowe właściwości mastyksów asfaltowych.**

3.2) Druga wątpliwość recenzenta dotyczy sposobu komponowania asfaltów w laboratorium poprzez mieszanie koncentratu asfaltu modyfikowanego z asfaltem drogowym 50/70. Z przedstawionego w pracy opisu wynika, że zastosowany został homogenizator laboratoryjny o prędkości kątovej 400 obr./min. (rys. 4.1. str. 40) i czas mieszania 5 minut. Biorąc pod uwagę sposób produkcji asfaltów modyfikowanych w rafineriach zastosowany sposób mieszania wydaje się niewystarczający do uzyskania wymaganej jednorodności oraz stabilności wynikowych próbek asfaltu modyfikowanego z różną zawartością elastomeru SBS. W rafineriach stosuje się odpowiednie młyny ścinające i prędkości obrotowe około 3000 obr./min. W studiach literatury Autorka podaje źródła wskazujące na konieczność uzyskania właściwej jednorodności. Na str. 14 i 15 pracy można przeczytać, cytuję: „Dodanie kopolimeru SBS do asfaltu powoduje absorpcje maltenów (części olejowej) zawartych w asfalcie, który po wymieszaniu pęcznieje nawet dziesięciokrotnie w stosunku do początkowej objętości [Isaccson, 1995]. Mówiąc o modyfikacji asfaltu polimerami trzeba wziąć pod uwagę jednorodność lepiszcza modyfikowanego. Bardzo ważna jest kompatybilność asfaltu z elastomerem SBS, zarówno podczas przechowywania, transportu, jak i produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. W dużej mierze zależy to od rozpuszczalności polimerów w asfalcie.” Koniec cytatu. **Czy Pani zdaniem procedura mieszania koncentratu asfaltu modyfikowanego elastomerem SBS o bardzo dużej 9% zawartości tego elastomeru gwarantuje uzyskanie jednorodności i kompatybilności elastomerów rozpuszczonych w koncentracie zmieszanych w warunkach laboratoryjnych i w nie do końca precyzyjnie kontrolowanej temperaturze oraz stosunkowo małej prędkości mieszania z zupełnie nowym asfaltem 50/70?**

3.3) Trzecia wątpliwość recenzenta jest związana z uzasadnieniem zastosowania koncentratu asfaltu modyfikowanego, z którym nie mogę się do końca zgodzić. Autorka podaje na str. 39 następujące stwierdzenie: „Informacje na temat składu lepiszczy modyfikowanych, a zwłaszcza rodzaju, czy też zawartości zastosowanych polimerów, często są tajemnicą handlową producentów asfaltów.” Obecnie na rynku polskim dostępne są asfalty modyfikowane elastomerem SBS produkowane zgodnie z normą PN-EN 14023 o ściśle kontrolowanych właściwościach. **Czy nie zasadniej byłoby w pracy doktorskiej zastosować do oceny właściwości reologicznych mastyksów asfaltowych asfaltów**

modyfikowanych elastomerem SBS o parametrach gwarantowanych przez producenta asfaltów? Zawartość elastomeru w asfalcie modyfikowanym PmB 45/80-55 do warstwy ścieralnej wynosi około 3%, natomiast w asfalcie wysokomodyfikowanym HiMA PmB 45/80-80 wynosi 7,5%.

- 4) W pracy doktorskiej zastosowano 3 materiały do przygotowania mastyksu asfaltowego: wypełniacz wapienny oraz 2 wypełniacze dodane: bazaltowy i granodiorytowy. Na str. 42 pracy zwróciła Pani uwagę na cechy wypełniaczy związane z kwasowością kruszyw. Granodioryt to skała magmowa zaliczana do skał kwaśnych. **Czy w związku z tym czy nie rozważała Pani uwzględnienia dodatku środka adhezyjnego do asfaltów, które były mieszane z wypełniaczem dodanym granodiorytowym? Czy Pani zdaniem brak środka adhezyjnego mógł wpłynąć na uzyskane wyniki badań reologicznych mastyksu asfaltowego z tym konkretnym wypełniaczem?** Na str. 24 pracy w studiach literatury napisała Pani wyraźnie, że jedną z podstawowych funkcji wypełniacza w mieszance mineralno-asfaltowej jest zapewnienie spójności (kohezji), wodoodporności oraz mrozoodporności poprzez polepszenie przyczepności lepiszcza do powierzchni kruszywa zastosowanego w mma”.
- 5) Kolejne pytanie dotyczy procedury przygotowania próbek wypełniaczy mineralnych (str. 43). W opisie podała Pani, że cytuję: „Do badań i analiz wybrano materiały różniące się zawartością krzemionki, które reprezentują wypełniacze stosowane podczas produkcji MMA w kraju”. **Czy mogłaby Pani doprecyzować, ile różnych wypełniaczy dodanych było rozważanych, jako potencjalne materiały do badań w ramach pracy doktorskiej i czy wybrane materiały pochodzą z kontrolowanej produkcji na wytwórniach mieszanek mineralno-asfaltowych?**
- 6) Badania cech reologicznych asfaltów i mastyksów asfaltowych przeprowadzone z reometrze dynamicznego ścinania DSR (p. 5.3, str. 57) zostały wykonane w zakresie temperatur od -36°C do +82°C. O ile badania w urządzeniu DSR w dodatnich temperaturach należą raczej do standardowych, to badania w niskich temperaturach wymagają odpowiedniego dodatkowego sprzętu umożliwiającego uzyskanie i precyzyjne kontrolowanie ujemnych temperatur. Przykładowo,

urządzenie które jest na Politechnice Gdańskiej wykorzystuje ciekły azot do badań prowadzonych w niskich temperaturach. W recenzowanej pracy doktorskiej zastosowano reometr dynamicznego ścinania typu Physica MCR 101 produkcji Anton Paar. **Czy mogłaby Pani wyjaśnić i doprecyzować, w jaki sposób kontrolowała Pani temperaturę podczas badania asfaltów i mastyksów asfaltowych w urządzeniu DSR w zakresie tak niskich wartości temperatury, jak -36°C? Proszę także o odpowiedź ile próbek z każdej serii było badanych?** Drugą sprawą i potencjalnym problemem, z jakim mogła się Pani spotkać podczas badań w DSR jest znaczne usztywnienie się badanych materiałów, zwłaszcza mastyksów w tak niskich temperaturach. Proszę o komentarz, ponieważ w pracy nie znalazłem informacji dotyczących tego zagadnienia.

- 7) Podczas przygotowywania próbek do badań w reometrze zginanej belki BBR napotkała Pani na problem i w związku z tym badania mastyksów asfaltowych w urządzeniu BBR w zakresie oddziaływania niskich temperatur nie zostały ostatecznie przeprowadzone. **Czy mogłaby Pani doprecyzować na czym konkretnie polegał problem? Wymiar próbki do badań w reometrze zginanej belki to 6,3x12,7x127 mm. Czy problem wynikał z niemożnością uzyskania odpowiedniej jednorodności próbek czy może z czym innym?**
- 8) Na str. 85 wiersz 7, a także str. 92 wiersz 19 oraz str. 103 wiersz 19 podano określenie „wypełniacz granitowy”. Wcześniej w rozdziale dotyczącym materiałów zastosowanych w pracy doktorskiej napisała Pani o wypełniaczu ze skały granodiorytowej. Granit i granodioryt to dwie różne skały i w związku z tym dwa różne materiały. **Proszę o konsekwencję i zdecydowanie jaki ostatecznie materiał został zastosowany do badań w ramach wykonanej rozprawy doktorskiej granit czy granodioryt?**
- 9) Duże wątpliwości recenzenta budzi przeprowadzona przez Doktorantkę analiza parametru ΔT_k w zakresie oceny właściwości niskotemperaturowych badanych lepiszczy asfaltowych. Uzyskane przez Autorkę wartości tego parametru, które zostały przedstawione na Rys. 6.37, str. 113 pracy są niezgodne z wiedzą inżynierską oraz źródłami literatury podanymi zresztą także przez samą Autorkę. Z przedstawionego zestawienia wynika, że wzrost zawartości elastomeru SBS w

asfalcie modyfikowanym powoduje zwiększenie podatności na spękania niskotemperaturowe. W rzeczywistości jest odwrotnie. Asfalty modyfikowane i wysokomodyfikowane SBS (np. asfalt HiMA) charakteryzują się istotnie mniejszą podatnością (większą odpornością) na powstanie spękań w niskich, zimowych temperaturach. Przykładowo w publikacji Błazejowski i in. z roku 2021, która jest cytowana także w pracy doktorskiej, na Rys. 3.11, str. 82 podano odwrotne zależności, niż na Rys. 6.37. W tym zakresie niestety Doktorantka wykazała się brakiem wnikliwości w przeprowadzonej analizie wyników badań.

6.2. Uwagi redakcyjne i formalne

Recenzowana rozprawa doktorska została napisana w większości w sposób poprawny. Praca jest czytelna oraz zrozumiała. Niestety w wielu miejscach pracy styl i język techniczny wymagają poprawy. Stwierdzono występowanie licznych błędów literowych oraz interpunkcyjnych. Wynika to prawdopodobnie z braku wnikliwej końcowej redakcji pracy. Szczegółowe uwagi redakcyjne i formalne są następujące:

- 1) Str. 6: już w pierwszym zdaniu Streszczenia pracy znalazła się literówka: „modyfikowanymch (...)”.
- 2) Str. 11: „W związku z tym właściwości reologiczne odgrywają duże znaczenie w procesach zachodzących w MMA.” Właściwości mają duże znaczenie lub odgrywają dużą rolę.
- 3) Str. 12, wiersz 9: „...tworzenia mastyksów...”, powinno być „komponowania mastyksów”.
- 4) Str. 13, formatowanie podpunktów, brak pogrubienia (styl Bold). W dalszej części pracy styl Bold jest zastosowany do poziomu trzeciego (np. punkt 2.2.1).
- 5) Str. 13, tytuł rozdziału 2 ma następujące brzmienie: „Studium literatury dotyczącej analizy właściwości asfaltów, wypełniaczy i mastyksów asfaltowych”, natomiast podrozdziału 2.1. „Właściwości lepkosprężyste asfaltów modyfikowanych”. Pytanie recenzenta brzmi: dlaczego tytuł podrozdziału 2.1. dotyczy tylko asfaltów modyfikowanych skoro treść tego rozdziału opisuje właściwości lepiszczy asfaltowych od czasów Sumerów, tzn. dotyczy asfaltów naturalnych, a nie łożyskowych, a tym bardziej nie dotyczy samych asfaltów modyfikowanych polimerami. Może lepszym tytułem dla podrozdziału 2.1. byłby następujący: „Właściwości lepkosprężyste lepiszczy asfaltowych”.
- 6) Str. 16, wiersz 13: jest „fluoroscencyjnego” powinno być „fluorescencyjnego”.

- 7) Str. 16, wiersz 15: zastosowane zostało określenie „asfalt podstawowy”, czy chodzi o asfalt drogowy stanowiący bazę do wyprodukowania asfaltu modyfikowanego elastomerem SBS?
- 8) Str. 16, wiersz 18: „(...) o większej zawartości środków aromatycznych.” Lepiej: „związki aromatyczne” lub „węglowodory aromatyczne”.
- 9) Str. 17, wiersz 18: literówka, powinno być „(technologiczne), symulowane (...)”.
- 10) Str. 17, wiersz 31: literówka, powinno być „reologicznych”.
- 11) Str. 19, wiersz 26: literówka, powinno być „Drugi”.
- 12) Str. 22, wiersz 7, literówka, powinno być „(...) przez okres 20 h.”
- 13) Str. 23, wiersz 26, jest „wyniki mastyksów”, powinno być: „wyniki badań mastyksów”.
- 14) Str. 27, wiersz 4, literówka, powinno być „charakteryzują się”.
- 15) Str. 39, wiersz 27, zastosowano określenie „asfalt ponaftowy 50/70”, które sugerowałoby, że w pracy stosowane były także asfalty pochodzenia naturalnego. Powinno być po prostu „asfalt drogowy 50/70”.
- 16) Str. 61, wiersz 5: literówka, powinno być „w stosunku”.
- 17) Str. 80, wiersz 4: literówka, powinno być „asfaltu”.
- 18) Str. 86, wiersz 11: niepoprawny styl, powinno być „Dla wszystkich badanych materiałów można wnioskować (...)”.
- 19) Str. 95, wiersz 5: literówka, powinno być „Dodatkowo (...)”.
- 20) Str. 111, wiersz 9: literówka, powinno być „Błażejowski”.
- 21) Str. 112, wiersz 11: literówka, powinno być „(...) parametr niskotemperaturowy (...)”.
- 22) Str. 124, wiersz 4: literówka, powinno być „(...) lepszego dopasowania (...)”.
- 23) Str. 124, wiersz 6: literówka, powinno być „(...) dokonano korekty równania (...)”.
- 24) Str. 124, wiersz 15: literówka, powinno być „(...) ponieważ wartości parametru β zawierały się w zakresie (...)”.
- 25) Str. 127, wiersz 2: literówka, powinno być „z dziedziną”.
- 26) Str. 127, wiersz 18, literówka, powinno być „(...) RTFOT ma również (...)”.
- 27) Str. 137, Tabela 6.18: brak wyjaśnienia oznaczeń zawartych w tabeli: B, P, H, I, S, S/L, L, S/M, r. Powinna pod tabelą lub w opisie znaleźć się odpowiednia legenda. Brak jest również w pracy komentarza do przedstawionego zestawienia parametrów opisujących strukturę elastomeru w asfalcie.

- 28) Str. 142, wiersz 17: literówka, powinno być „(...) najmniejszym oddziaływaniem (...)”.
- 29) Str. 142, wiersz 24: literówka, powinno być „(...) ma większą (...)”.
- 30) Str. 143, wiersze 3-5: styl zdania, powinno być „Jeśli chodzi o wartość kąta przesunięcia fazowego, również zauważalna jest obecność wypełniacza. Natomiast jeśli chodzi o charakterystykę lepkośćprężystą, to zastosowany wypełniacz spowodował (...)”.
- 31) Str. 143, wiersz 5: co Pani rozumie pod pojęciem „bardziej zarysowana jest część sprężysta w porównaniu z asfaltem bazowym.”
- 32) Str. 143, wiersz 9: literówka, powinno być „analizowanych”.
- 33) Spis bibliografii: na pewno dużym utrudnieniem dla czytelnika jest brak numeracji pozycji literatury.

7. Podsumowanie oceny pracy

Pomimo przedstawionych w niniejszej recenzji uwag krytycznych, błędów formalnych, redakcyjnych, czy też niejasności, biorąc pod uwagę ogólny zakres merytoryczny pracy pozytywnie oceniam wykonanie rozprawy doktorskiej. Ponadto stwierdzam, że uzyskane przez Doktorantkę wyniki analiz teoretycznych potwierdzające udowodnienie postawionej tezy badawczej oraz oryginalne rozwiązanie problemu naukowego można uznać za wymierny wkład do stanu wiedzy w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

8. Wniosek końcowy

Recenzent stwierdza, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa Pani mgr inż. Marty Mielczarek pt. „Ocena wpływu rodzaju i cech lepiszczy asfaltowych oraz wypełniaczy mineralnych na właściwości reologiczne mastyksów asfaltowych z uwzględnieniem procesów starzenia” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. poz. 1669) oraz na podstawie Ustawy 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 z późn. zm.).

Wobec powyższego wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy naukowej, jako podstawy do nadania Pani mgr inż. Marcie Mielczarek stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport i dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony przed Komisją powołaną przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej.



.....
Dr hab. inż. Marek Pszczoła, prof. PG