

Kraków, dn. 03.01.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Jan Deja

Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszycy w Krakowie

Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

Katedra Technologii Materiałów Budowlanych

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Anety Antolik

**pt. „Wpływ środków odladzających na mikrostrukturę i zagrożenie
wystąpieniem reakcji alkalicznej kruszywa granitowego w betonie
nawierzchniowym”**

napisanej pod kierunkiem dr hab. inż. Darii Józwiak-Niedźwiedzkiej

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- Pismo Sekretarza Rady Naukowej IPPT PAN, prof. Zbigniewa Ranachowskiego z dnia 2.11.2022 roku informujące o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anety Antolik.
- Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anety Antolik pt. „Wpływ środków odladzających na mikrostrukturę i zagrożenie wystąpieniem reakcji alkalicznej kruszywa granitowego w betonie nawierzchniowym”.

2. Uwagi ogólne

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska przygotowana przez Panią magister inżynier Anetę Antolik jest wielopoziomową analizą wpływu środków odladzających na zjawisko reakcji alkalicznej kruszywa granitowego. Tematyka reakcji alkalicznych kruszyw jest w ostatnim czasie bardzo aktualna i nie do końca poznana, co w dużej mierze wiąże się z

rozwijającą się gamą stosowanych środków odladzających. Co więcej, w Polsce tematyka reakcji alkalicznych kruszyw stała się wręcz tematyką kontrowersyjną, gdyż pochopne wprowadzenie nie do końca sprawdzonych regulacji prawnych wręcz „wywróciło” rynek dostępnych krajowych kruszyw. To wskazuje, że tematyka ta wymaga bardzo wnikliwej analizy i rzetelnego potraktowania, by ponownie nie wylać „dziecka z kąpielą”. W praktyce, jednym z głównych problemów poznawczych jest znalezienie odpowiednich metod badawczych zjawisk i skutków występowania reakcji alkalicznych kruszyw, gdyż procesy te mają charakter długoterminowy, stąd też wszystkie obecnie dostępne metody badawcze w większym lub mniejszym stopniu opierają się przyśpieszeniu zjawisk poprzez aktywację termiczną reakcji alkalicznych kruszywa. To w oczywisty sposób może być źródłem przekłamania układów rzeczywistych.

Pani Aneta Antolik w swojej rozprawie nie tylko podejmuje ważną tematykę reakcji alkalicznych często stosowanych w Polsce kruszyw granitowych, ale co ważne, próbuje rozszerzyć metodologię, również o techniki pośrednie, które pomijają czynnik aktywacji termicznej reakcji alkalicznych kruszyw. Autorka rozprawy wykazuje dużą dojrzałość naukową w prezentowaniu wyników badań oraz wysuwaniu wniosków z poszczególnych badań. Zakres badawczy pracy jest wręcz imponujący, a przede wszystkim ambitny. Jednakże w opinii recenzenta w pracy brakuje chłodnego podejścia do wniosków końcowych, które konfrontowałoby wyniki doświadczeń z rzeczywistością i praktyką. Mimo wszystko, pozytywnie oceniam niniejszą pracę i uważam, że każda osoba, która ma styczność lub zajmuje się tematyką reakcji alkalicznych kruszyw, powinna się zapoznać z treścią niniejszej rozprawy.

3. Zakres rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anety Antolik składa się z 9 rozdziałów zawartych na 144 stronach, nie licząc streszczenia, literatury oraz spisu norm i zaleceń technicznych. Co ciekawe, do pracy dołączono aż 10 załączników zawierających dodatkowe wyniki badań, które zamieszczone są na kolejnych 62 stronach. W pierwszym rozdziale zawarty jest wstęp, na który składa się przedmiot, cel i zakres rozprawy, a także sformułowane tezy rozprawy oraz przedstawiony jest jej układ. Rozdział ten jest logicznie skonstruowany, jednakże wątpliwość budzi sposób postawienia tez pracy (więcej o tym w uwagach krytycznych). Rozdział drugi jest właściwą częścią literaturową rozprawy. W sposób treściwy (na 23 stronach) zamieszczono w nim najważniejsze zagadnienia związane z tematyką pracy. Tworząc niniejszy rozdział,

Autorka rozprawy dokonała dosyć wyczerpującego przeglądu literaturowego w zakresie omawianych treści, jednakże prezentowane informacje są w niektórych miejscach mało zrozumiałe, a wręcz zamieszczone są ewidentnie błędne sformułowania np. (str. 26): „amorficzne formy kwarcu”. Rozdział 2 kończy się podsumowaniem, co jest dobrym rozwiązaniem, gdyż pozwala w sposób płynny ustalić zakres badawczy pracy, a przy tym wskazać oryginalność prezentowanych badań. W Rozdziale 3 przedstawiono charakterystykę materiałów użytych w eksperymentach badawczych. Rozdział 4 zawiera opis metodyki badawczej, co jest jednak istotne, w rozdziale tym zamieszczono między innymi autorskie metody oznaczeń: zawartości reaktywnych minerałów oraz wyznaczania stopnia spękań spowodowanych ASR. Kolejne cztery rozdziały zawierają wyniki badań zawarte na 81 stronach. W Rozdziale 5 dokonana jest ocena potencjalnej reaktywności kruszyw granitowych. Rozdział 6 rozwija to zagadnienie o wpływ różnych powszechnie stosowanych środków odladzających. Kolejny Rozdział 7 jest poszerzoną analizą wyników uzyskanych w dwóch poprzednich rozdziałach. Rozdział 8 zawiera badania odwiertów pobranych z dwóch dróg, w których stwierdzono zniszczenia spowodowane ASR. W opinii recenzenta rozdział ten jest po prostu zbędny, gdyż prezentowane badania nijak się mają do tematyki rozprawy - do budowy tych dróg nie stosowano kruszyw granitowych. Odnoszę wrażenie, że rozdział ten został wprowadzony do pracy doktorskiej tylko dla „podgrzania” atmosfery wokół problemu reaktywności alkalicznej kruszyw. Po poważnych problemach, które miały miejsce na modernizowanej sieci autostradowej we wschodnich Niemczech, gdzie nie zważano na krytyczne opinie dotyczące stosowania kruszyw od kilkudziesięciu lat uważanych za potencjalnie reaktywne pojawiło się tam dziennikarskie określenie „rak betonu”. Nie biorąc pod uwagę zupełnie odmiennych polskich doświadczeń, inną świadomość środowiska cementowo-betonowego dobrze rozumiejącego te zagrożenia, w ostatnich kilku latach problem ten został wyolbrzymiony do rozmiarów, które w wielu sytuacjach mogą wpływać na podejmowane decyzje w wyborze technologii budowy nawierzchni drogowej. Do tej problematyki odniosę się jeszcze w dalszej części recenzji.

Rozdział 9 zawiera wnioski końcowe przedstawione na 2 stronach.

Rozprawa doktorska Pani Anety Antolik nie zawiera klasycznego rozdziału z podsumowaniem wszystkich wyników badań, jednakże podsumowania te są obecne po każdym rozdziale zawierającym wyniki badań. Literatura ułożona w porządku alfabetycznym zawiera 187 pozycji, na którą składają się głównie źródła z czasopism o zasięgu międzynarodowym. Ponadto, w trakcie tworzenia pracy Autorka skorzystała z 26 norm i zaleceń technicznych.

Pod względem redakcyjnym praca nie budzi większych zastrzeżeń, jednakże jak już wspomniałem Autorka operuje dosyć trudnym językiem co utrudnia jednoznaczne zrozumienie prezentowanych myśli. Na duży plus zasługuje szata graficzna ocenianej rozprawy. Tabele i rysunki są czytelne i dobrze opisane. Rysunki są nietuzinkowe, przemyślane i w bardzo ciekawy sposób przygotowane. Dzięki temu czytelnik wie w jakim celu zamieszczono dany rysunek i jakie najważniejsze informacje można z niego wyciągnąć.

4.Ocena merytoryczna

Jako osoba, która problem ASR zna od wielu lat, a w ostatnich kilku latach zaangażowana w dyskusję nad oceną potencjalnej reaktywności piasków, z największą uwagą przystąpiłem do analizy zawartości pracy.

Nie ukrywam, że przedstawiona do recenzji rozprawa budzi moje mieszane odczucia. Parafrazując, można stwierdzić, że Autorka najpierw sama podniosła sobie wysoko poprzeczkę, by finalnie zadowolić się dość ograniczonymi rezultatami. Z jednej strony, w pracy zawarte są naprawdę ciekawe eksperymenty badawcze, kultura prezentowania wyników badań jest na bardzo wysokim poziomie, a staranność ilustracji imponuje. Co więcej, ilość wykonanych badań oraz ilość podjętych niewątpliwie ciekawych wątków badawczych jest wystarczająca, żeby przygotować co najmniej kilka wartościowych publikacji o zasięgu międzynarodowym. Autorka recenzowanej pracy niewątpliwie wykazuje duży potencjał i dojrzałość naukową. Pomimo tego praca nie jest do końca przekonująca. W opinii recenzenta praca nie jest spójna, a wiele wątków jest „na siłę” zamieszczonych (wspomniany już Rozdział 8). Sądząc po ilości załączników, Autorka starała się „odcedzić” mało istotne badania, jednakże cały czas praca jest mało czytelna ze względu na ilość zamieszczonych mało znaczących danych. Co jednak bardziej istotne, praca wnosi dużą dawkę wiedzy na temat aktywności alkalicznej kruszyw granitowych, która niestety nie została krytycznie uporządkowana. Po zapoznaniu się z rozprawą, czytelnik może odnieść wrażenie, że zastosowanie kruszyw granitowych z polskich złóż w nawierzchniach drogowych jest szalenie niebezpieczne ze względu na ich reaktywność alkaliczną, a tymczasem Dolny Śląsk jest bogato usłany leciwymi drogami, wybudowanymi za czasów „niesławnego akwarelisty” przy użyciu wspomnianych (obecnie polskich) złóż granitów. W trakcie prezentowania wyników badań, Autorka rozprawy sama między wierszami przyznaje, że dotychczas nie znaleziono jednoznacznych śladów korozji w nawierzchniach z betonu opartego na kruszywie granitowym. Jednocześnie we wnioskach końcowych Autorka robi zabieg wręcz niedopuszczalny z punktu widzenia naukowego, mianowicie konfrontuje swoje wyniki badań uzyskane na nawierzchniach z kruszywem

granitowym z nawierzchniami rzeczywistymi, w których nie ma kruszyw granitowych a zastosowano przy tym kruszywa znane ze swojej aktywności ASR. Dzięki takiemu pozornemu porównaniu, przedstawione w rozprawie wnioski końcowe w swoim wydźwięku wręcz dyskredytują kruszywa granitowe pod kątem ich aktywności ASR. Autorka nie pokusiła się o krytyczną analizę uzyskanych wyników i ich rzeczywiste praktyczne znaczenia. Według recenzenta, brakuje jasnego komunikatu iż: *zastosowanie kruszyw granitowych powinno być monitorowane (np. metodą optyczną) pod względem korozji ASR w przypadku ich zastosowania w nawierzchniach lotnisk, które mogą być traktowane mrówczanami jako środkami odladzającymi*. W pozostałych przypadkach nie ma uzasadnienia, żeby traktować kruszywa granitowe jako aktywne pod kątem ASR. Nie wskazują na to ani dotychczasowe doświadczenia branży drogowej, ani uzyskane często niejednoznaczne wyniki recenzowanej rozprawy.

Podsumowując moją ocenę merytoryczną, pomimo opisanych wątpliwości chciałbym podkreślić, że pod względem merytorycznym praca stoi na dobrym poziomie. Autorka wykazała wysokie umiejętności nie tylko w posługiwaniu się metodami badań mikrostruktury (transmisyjną mikroskopią optyczną oraz elektronową mikroskopią skaningową z mikroanalizą EDS), ale co ważne potrafi z nich „wyciągnąć” ciekawe i wiele wnoszące wnioski.

5. Uwagi krytyczne

W trakcie zapoznawania się z przedstawioną recenzją natknąłem się na pewne treści i sugestie, na które budzą poważne wątpliwości:

1. **Niepoprawny sposób postawienia tez.** Sformułowane tezy pracy brzmią jak wnioski uzyskane z wyników badań, szczególnie teza 2 i 3. Autorka nie podała podstaw zbudowania tak szczegółowych tez pracy. Przykładowo, teza druga mówi o **decydującej** korelacji pomiędzy ilością kwarcu zdeformowanego w granicie a aktywnością ASR tego kruszywa. Jest to teza bardzo szczegółowa, a dodatkowo zawiera mało popularne pojęcie „kwarcu zdeformowanego”, z którym czytelnik wcześniej nie został zapoznany.
2. **Brak wyjaśnienia kluczowego zagadnienia.** Bardzo istotnym z punktu widzenia tematyki kruszyw granitowych jest zagadnienie określone w rozprawie jako „kwarc zdeformowany”. Myślę, że właściwszym określeniem jest „kwarc w stanie naprężenia” lub „kwarc odkształcony po krystalizacji”. Pojęcie to nie zostało jasno scharakteryzowane, a jednocześnie czytelnik został zasypyany strumieniem pojęć związanych z tematyką kwarcu w stanie naprężenia, które również mogą być niezrozumiałe. Cytuję (str. 26): „falisty kąt wygaszania, zawartość dyslokacji (w

kwarcu), zawartość związków pomiędzy defektami w strukturze kwarcu”. Być może dla Autorki rozprawy, deklarującej duże doświadczenie petrograficzne (str. 56) pojęcia te są jasne, jednakże nie wszyscy potencjalni czytelnicy rozprawy będą posiadali podobne doświadczenie.

3. **Świadome zaostrożenie metody pomiaru ASR.** W metodzie przyspieszonej badania ASR (Rozdział 4.4.2), Autorka świadomie zaostroża warunki badania, poprzez wydłużenie czasu badania, zwiększenie temperatury i zmianę medium korozyjnego. Jednocześnie pozostawia dopuszczalne kryterium wydłużenia. Do celów poznawczych takie zaostrożenia warunków badań można przeprowadzać, jednakże trzeba być ostrożnym przy wnioskowaniu i klasyfikowaniu materiału skalnego. W mojej opinii brakuje tutaj takiej ostrożności i są wyciągane pochopne wnioski (np. w rozdziale 7) co do reaktywności alkalicznej kruszyw granitowych. Uważam, że uzyskane wyniki należałoby odnieść do rezultatów badań w klasycznych pomiarach metodą długoterminową, która zgodnie uważana jest za rozstrzygającą.
4. **Cel zamieszczenia rozdziału 8.** Proszę wytłumaczyć, jaki był cel zamieszczenia w pracy rozdziału nr 8. Pobrane odwierty nie zawierają kruszyw granitowych, czyli nijak się mają do tematu rozprawy. Co więcej, w odwiertach stwierdzono znaczny udział aktywnych form krzemionki, więc występowanie produktów ASR po 20 latach użytkowania drogi nie jest niczym odkrywczym. Do części tego rozdziału chciałbym odnieść się w sposób bardziej szczegółowy. Autorka tajemniczo pisze, że badała odwierty drogi wybudowanej w latach 2002-2003 na terenie środkowej Polski. W polskim środowisku drogowym sprawa jest powszechnie znana. Otóż, badano odwierty pobrane z odcinka S8 Wolbórz-Polichno wybudowanego z betonu na kruszywie **kwarcytowym**. Półtora roku temu, po 3 latach od zakończenia badań, GDDKiA upubliczniła ten raport, w którym pojawia się sugestia, że prawdopodobnym powodem uszkodzeń nawierzchni jest reakcja ASR. Zespół, w którym pracuje doktorantka intensywnie eksploatuje wyniki tych badań publikując je na poziomie krajowym i międzynarodowym (patrz np. na pozycję literaturową nr 7 z dołączonego do pracy „Wykazu publikacji naukowych” – Glinicki M. i in. „Analysis of causes of damage.....” Roads and Bridges vol. 21, 2022). Od momentu upublicznienia wyników tych badań, wielokrotnie publicznie apelowałem o powrót na ten badany odcinek drogi i przeprowadzenie pomiarów weryfikujących po kolejnych już prawie 2 latach. Nie zważając na fakt, że stosowano tam kruszywo kwarcytowe mogące budzić pewne wątpliwości, należy jednoznacznie rozstrzygnąć

sprawę przyczyn uszkodzeń nawierzchni drogowej. Jeżeli rzeczywistym powodem problemu jest ASR, to po prawie 5 latach od opisywanych badań, postęp procesów korozyjnych będzie łatwy do stwierdzenia.

Takiego podejścia do wielu problemów badawczych, z którymi prawdopodobnie zetknie się w swoim życiu zawodowym Doktorantka wymaga zwyczajna rzetelność naukowca.

W mojej opinii całkowicie bezzasadne umieszczenie rozdziału 8 w recenzowanej rozprawie wprowadza czytelnika w błąd i może zakłócać wnioski dotyczące aktywności alkalicznej kruszyw granitowych.

5. **(Nie)liniowa zależność funkcji.** W rozdziale 7. Autorka rozprawy przedstawia kilkanaście wykresów, w których stara się udowodnić zależność zmian długości próbek poddanych ekspozycji korozyjnej od pola powierzchni kwarcu zdeformowanego. Faktycznie istnieje pewna wprost proporcjonalna zależność tych parametrów, jednakże stawianie tezy, że jest to liniowa zależność jest w opinii recenzenta nadinterpretacją. Przecież w niektórych przypadkach widać, że jest np. wielomianowa zależność (Rys 7.2), a co więcej, w przypadku dopasowania liniowego funkcji jak wytłumaczyć zazwyczaj wysoką wartość zmian długości przy zerowym udziale zdeformowanego kwarcu w kruszywie (punkt przecięcia funkcji z osią „y”).
6. **Tworzenie metod niepowtarzalnych.** W rozdziale 4.5.1. została przedstawiona ciekawa, aczkolwiek wadliwa autorska metoda wyznaczenia zawartości reaktywnych minerałów w kruszywie. Wadliwość metody polega na braku możliwości jej odtworzenia 1:1, gdyż jak sama Autorka pisze „wybór składników reaktywnych opierał się na doświadczeniu eksperymentatora”. Jest to mało obiektywne kryterium. Dlaczego Autorka zrezygnowała z zastosowania obiektywnego kryterium jakim może być kąt falistego wygaszania kwarcu w stanie naprężenia?
7. **Wątpliwa krzywa przesiewu kruszyw.** Na rysunku 3.1 przedstawiono krzywe przesiewu kruszyw w betonie. Krzywe te są ewidentnie niepoprawne, a z takiego stosu kruszywowego (punkt piaskowy poniżej 1) wręcz trudno byłoby przygotować beton.

6. Uwagi redakcyjne

Pod względem formatowania, stylistyki oraz interpunkcji praca stoi na wysokim poziomie. Niektóre zauważone uwagi zestawilem w punktach poniżej:

1. Str. 21. Cyt: „Wzór strukturalny żelu alkaliczno-krzemionkowego można...”. Przytoczony wzór nie jest wzorem strukturalnym.
2. Str. 24. Cyt: „ Do budowy nawierzchni drogowych stosuje się kruszywa naturalne pochodzenia mineralnego,...”. Chyba chodzi o kruszywa mineralne pochodzenia naturalnego, aczkolwiek jest to masło maślane.
3. Błąd w spisie norm tj. błędne odnośniki do norm np.: na stronie 24 odnośnik N14 jest w spisie norm oznaczony jako N15.
4. Str. 45 Autorka wskazuje, że program badawczy został podzielony na 4 części po czym wymienia 5 części.
5. Końcówka str. 53: błędne odwołanie do opisanego urządzenia. Nie rozdział 4.4.1 tylko 4.4.2.
6. Tabela 6.1. Błąd w opisie jednego roztworu. Jest 15% HCOOK, a powinno być 50% HCOOK.

7. Podsumowanie

Pani magister inżynier Aneta Antolik wykazała się dużą wiedzą z zakresu petrografii skał, którą umiejętnie wykorzystała do badań reakcji alkalicznych kruszyw w betonie nawierzchniowym. Przedstawiona do recenzji praca potwierdza, jak ważne jest łączenie wiedzy specjalistycznej różnych branż w tym wypadku petrografii z technologią betonów drogowych. Autorka pokazała w swojej pracy warsztat, który zdradza jej już duże doświadczenie i potencjał naukowy. Szkoda, że w rozprawie zabrakło końcowej, krytycznej analizy wszystkich uzyskanych wyników, gdyż same wnioski częściowe z poszczególnych badań są jak najbardziej pełne i słuszne. Niemniej jednak uważam, że praca p.t. „Wpływ środków odladzających na mikrostrukturę i zagrożenie wystąpieniem reakcji alkalicznej kruszywa granitowego w betonie nawierzchniowym” pod względem naukowym i badawczym jest bardzo wartościowa. Jednocześnie stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim wskazane w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym obowiązującą aktualnie w Polsce. Wobec tych faktów - stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

D.gł