

dr hab. inż. Mariusz ZIEJA, prof. ITWL
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
tel.: 512-105-249
e-mail: mariusz.zieja@itwl.pl

Warszawa, dn.31.10.2020 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty NYKAZY
nt. „Ocena emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów
samolotów akrobacyjnych”

Recenzję wykonano na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 15 września 2020 roku (pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny prof. dr. hab. inż. Jacka Pielechy z dn. 28.09.2020 r.)

I. Uwagi wstępne

Przedstawiona do recenzji praca obejmuje:

- 108 stron;
- 1 załącznik obejmujący licencję pilota szybowcowego SPL 1, licencję pilota samolotowego PPL (A), kwalifikacje pilotażowe, 3 dyplomy wyróżnień konkursowych w akrobacji szybowcowej oraz dyplom ukończenia kursu sędziów akrobacji lotniczej;
- 98 ponumerowanych rysunków,
- 26 ponumerowanych tabel,
- bibliografię liczącą 109 pozycji krajowych i zagranicznych.

Zasadnicza treść rozprawy zawarta jest w rozdziałach 2÷8. Wstęp do rozprawy stanowi wprowadzenie do problematyki emisji szkodliwych spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych. Zasadnicza część rozprawy jest zakończona rozdziałem 9 zawierającym syntetyczne podsumowanie przeprowadzonych badań w postaci wniosków ogólnych i szczegółowych oraz wniosków o charakterze metodycznym i utylitarnym, a także wskazanie obszarów i kierunków dalszych badań.

Rozprawa została napisana poprawnym i precyzyjnym językiem. Należy podkreślić fakt, że spełnia ona najwyższe standardy pod względem edytorskim.



Układ pracy jest przejrzysty, a podział treści rozprawy na rozdziały i podrozdziały nie budzi żadnych zastrzeżeń. Terminologia i pojęcia stosowane w pracy są zasadniczo poprawnie zdefiniowane. Materiały ilustracyjne oraz tabele zamieszczone w pracy w sposób właściwy przedstawiają rozważania Doktorantki dotyczące oceny emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów akrobacyjnych.

II. Ocena doboru tematu rozprawy

Ocena emisyjności lotniczych silników tłokowych samolotów sportowych podczas lotów akrobacyjnych jest bardzo trudnym i złożonym problemem badawczym. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska doskonale wpisuje się w aktualne nurty badań transportu lotniczego poświęcone konieczności minimalizacji negatywnego wpływu techniki lotniczej na otaczające nas środowisko. W przedstawionej do recenzji rozprawie Doktorantka trafnie zidentyfikowała kluczowe czynniki, które determinują perspektywy rozwoju współczesnego lotnictwa. Pomimo wdrażania coraz bardziej nowoczesnych rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych, zarówno z uwagi na kryteria ekonomiczne jak i ekologiczne, przewiduje się dalszy wzrost natężenia ruchu zwłaszcza w przypadku transportu lotniczego, czego konsekwencją stanowi dalszy wzrost emisji toksycznych składników spalin. Celem obniżenia zużycia paliwa oraz wartości emisji szkodliwych składników spalin silników lotniczych prowadzi się obecnie szeroko zakrojone badania nad opracowaniem nowych rozwiązań napędów lotniczych. Zastosowanie takich nowatorskich rozwiązań w nowobudowanych samolotach będzie w przyszłości skutkowało mniejszymi emisjami związków toksycznych do atmosfery. Jednak problem stanowią obecnie eksploatowane samoloty. Szacowanie ich wpływu na środowisko, w szczególności na jakość powietrza atmosferycznego, jest możliwe dzięki szczegółowej analizie generowanej emisji spalin w różnych fazach lotu, począwszy od operacji na płycie lotniska poprzez lot, aż do lądowania. W transporcie lotniczym największy udział stanowią jednostki pasażerskie średniego i dalekiego zasięgu charakteryzujące się silnikami turbinowymi, turbośmigłowymi i wentylatorowymi o dużym ciągu jednostkowym. Prowadząc wnikliwą analizę dokumentacji normatywnej Doktorantka trafnie zauważyła, że przepisy dotyczące emisji spalin stworzono przede wszystkim dla samolotów pasażerskich oraz transportowych. Obowiązujące przepisy i regulacje swoim zasięgiem nigdy nie obejmowały lotnictwa sportowego.



Uważam, że w świetle analizy międzynarodowych dokumentów normatywnych oraz światowej literatury zagadnienia Doktorantka podjęła się niezwykle ważnego i jednocześnie trudnego zadania polegającego na ocenie emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych. Reasumując uważam, że podjęcie przez mgr inż. Agatę NYKAZA problematyki badania emisji toksycznych składników spalin podczas akrobacji lotniczych należy uznać za uzasadnione, a sformułowanie tematu rozprawy za właściwe.

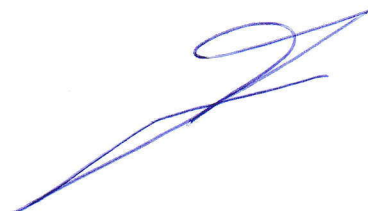
III. Analiza zakresu, celu i treści rozprawy

W przedstawionej do recenzji rozprawie Autorka podjęła się rozwiązania złożonego zagadnienia dotyczącego oceny emisyjności lotniczych silników tłokowych w samolotach sportowych podczas lotów akrobacyjnych.

Z przeprowadzonego przez mgr inż. Agatę NYKAZA bogatego przeglądu literatury światowej wynika, że współczesne badania prowadzone są głównie na podstawie modelu obliczeniowego i parametrów emisji opublikowanych przez Organizację Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego. Przeprowadzenie analizy emisji spalin podczas cyklu lądowania i startu - LTO (*ang. Landing and Take-off Cycle*) jest niezwykle istotne dla poznania wpływu lotnictwa transportowego na środowisko naturalne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy Doktorantka zdefiniowała problem badawczy stwierdzając, że w dalszym ciągu występują znaczące braki w obligatoryjnych wytycznych dotyczących badania emisji spalin z jednostek napędowych stosowanych w samolotach lekkich. Całkowicie zgadzam się z opinią Doktorantki, że badanie i ocena emisji szkodliwych związków spalin podczas akrobacji lotniczej jest zagadnieniem bardzo ważnym i niesłusznie pomijanym. Loty akrobacyjne często odbywają się w niewielkiej odległości od tłumnie zgromadzonej publiczności. Określenie parametrów eksploatacyjnych samolotów akrobacyjnych, a w konsekwencji wartości emisji szkodliwych związków spalin umożliwia określenie oddziaływania tego typu statków powietrznych na środowisko naturalne człowieka.

Po przestudiowaniu literatury związanej z tematem dysertacji i materiałów branżowych opublikowanych na stronach internetowych polskich i międzynarodowych organizacji, władz i podmiotów lotniczych, instytucji i ośrodków



badania rynku lotniczego oraz dokonaniu analizy empirycznej Doktorantka sformułowała następującą tezę główną:

„Istnieje możliwość oceny oddziaływania silników samolotów akrobacyjnych na środowisko”

oraz dwie tezy pomocnicze:

- 1. Istnieje możliwość opracowania narzędzia do oceny emisyjności silników samolotów akrobacyjnych;*
- 2. Analiza warunków pracy silników spalinowych eksploatowanych w samolotach akrobacyjnych umożliwi weryfikację testu badawczego.*

Uważam, że problem badawczy został przez mgr inż. Agatę NYKAZA zdefiniowany prawidłowo, a tezy pracy zostały sformułowane właściwie.

Zakres pracy przedstawiony w rozprawie został podporządkowany realizacji głównego celu rozprawy obejmującego analizę oddziaływania samolotów akrobacyjnych na środowisko, opracowanie testów badawczych oraz wyznaczenie dalszych kierunków badań. **W aspekcie przyjętych tez rozprawy doktorskiej cel pracy uważam za właściwie sformułowany.**

Zawartość poszczególnych rozdziałów jest powiązana z tytułem rozprawy i stanowi jego rozwinięcie oraz odpowiada sformułowanemu celowi rozprawy.

Rozdział pierwszy - Wstęp (3 strony) zawiera genezę rozprawy doktorskiej poprzez zasygnalizowanie problematyki badawczej podjętej w dysertacji, a także przesłanek, które zainicjowały podjęcie tematyki badania emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych. W drugiej części rozdziału przedstawiono perspektywy rozwoju transportu lotniczego oraz klasyfikację statków powietrznych. W mojej opinii podrozdział (1.2) jest zbędny, ponieważ przedstawia powszechnie dostępne informacje pozostające w dość luźnym związku z główną problematyką pracy. Jednak obszar badawczy nakreślony przez Doktorantkę uważam za trafny i aktualny.

Rozdział drugi (10 stron) zawiera charakterystykę akrobacji lotniczej ze szczególnym uwzględnieniem akrobacji szybowcowej i samolotowej. Biorąc pod uwagę ograniczenia eksploatacyjne dla samolotów akrobacyjnych Doktorantka

szczegółowo przedstawiła sposób wyznaczania krzywej wyrwania oraz krzywej dla lotów w burzliwej atmosferze.

Rozdział trzeci (21 stron) zawiera zwięzłą analizę kierunków rozwojowych dla napędów lotniczych. Na podstawie analizy literatury przedmiotu Doktorantka szczegółowo i wnikliwie scharakteryzowała proces powstawania toksycznych składników spalin dla silników o zapłonie iskrowym oraz silników tłokowych. W trzeciej i czwartej części tego rozdziału przedstawiona została krytyczna analiza dokumentów normatywnych oraz regulacji międzynarodowych w aspekcie badań lotniczych silników tłokowych. Doktorantka przedstawia również światowe wyniki badań w zakresie pomiarów zadymienia i emisji szkodliwych związków spalin silników statków powietrznych wykonujących loty w przestrzeni powietrznej. Trafnie podsumowała przeprowadzone analizy stwierdzając, że w literaturze przedmiotu występuje brak obligatoryjnych wytycznych dotyczących badania spalin z jednostek napędowych stosowanych w samolotach lekkich. W dostępnej literaturze Doktorantka zauważyła różne próby oceny emisji szkodliwych związków spalin dla lekkich statków powietrznych prowadzone poprzez adaptację faz testu LTO do mniejszych jednostek napędowych. W mojej opinii rozdział trzeci stanowi naukowe uzasadnienie wyboru tematu rozprawy doktorskiej

W rozdziale czwartym (3 strony) w sposób syntetyczny zaprezentowano istotę problemu badawczego oraz wyznaczono cel rozprawy doktorskiej. W niniejszym rozdziale Doktorantka przedstawiła również założenia przyjęte podczas realizacji pracy oraz szczegółowy plan badań obejmujący cztery etapy.

W rozdziale piątym (10 stron) Doktorantka zaprezentowała metodykę realizacji celu pracy. Badania przeprowadzone były na samolotach akrobacyjnych wyposażonych w tłokowe silniki lotnicze: Zlin 50LS (silnik Lycoming AEIO-580 B1A) oraz Extra 330LC (silnik Lycoming-540 L1B5D). Do realizacji badań emisji szkodliwych związków spalin Doktorantka przygotowała typowy układ akrobacyjny, według którego wykonano loty badawcze sprawdzając położenie przepustnicy oraz rejestrując wartości prędkości obrotowych. W tym celu opracowano również specjalną „czarną skrzynkę”, dzięki której możliwe było rejestrowanie potrzebnych parametrów pomiarowych. Do dalszych etapów pracy została wykorzystana aparatura pomiarowa Semtech DS. W badaniach wstępnych zaprezentowano wartości prędkości obrotowych silnika lotniczego podczas lotu akrobacyjnego. Wyznaczono wartości teoretyczne i obliczeniowe parametrów pracy silnika,

wyznaczono punkty charakterystyczne, na podstawie których wykonano próby przedlotowe z użyciem aparatury do pomiarów emisji spalin. W dalszym etapie opracowany został test emisyjny dla samolotów akrobacyjnych. **Przyjętą metodykę badań uważam za prawidłową, ponieważ ograniczenie badań do wykonania testu stacjonarnego było podyktowane maksymalną dopuszczalną masą ładunku samolotu akrobacyjnego do startu oraz zbyt dużym gabarytem analizatora uniemożliwiającym jego bezpieczne umieszczenie w kabinie.**

W rozdziale szóstym (14 stron) Doktorantka przedstawiła zagadnienia związane z organizacją i prowadzeniem lotów akrobacyjnych. Szczegółowo zostały zaprezentowane sposoby określania lokalizacji przestrzeni akrobacji i opracowywania autorskiego układu akrobacyjnego. Scharakteryzowany został również proces oceny lotów akrobacyjnych. Rozdział szósty z pewnością udanie prezentuje wszechstronną wiedzę Doktorantki na temat akrobacji lotniczej, co ułatwia zrozumienie dalszych szczegółowych rozważań na temat badania emisji spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych.

W rozdziale siódmym (10 stron) Doktorantka szczegółowo przedstawiła wszystkie elementy autorskiego testu badawczego, który oparto na założeniach uwzględniających dane i zmiany mogące mieć wpływ na poprawność badań. Obiekty badawcze w postaci samolotów Zlin 50LS (silnik Lycoming AEIO-580 B1A) oraz Extra 330LC (silnik Lycoming-540 L1B5D) wyposażono w autorskie układy pokładowych rejestratorów parametrów lotu. Do opracowania testu badawczego i przeprowadzenia prób wybrano okres letni, podczas którego każdy z samolotów wykonał 10 lotów akrobacyjnych. Głównym założeniem Doktorantki było przeprowadzenie lotów oraz przeprowadzenie prób przedlotowych z parametrami otrzymanymi podczas rzeczywistej eksploatacji, które w konsekwencji doprowadziły do opracowania testów badawczych dla samolotów akrobacyjnych. **Rozdział siódmy uważam za niezwykle interesujący pod względem naukowym i najważniejszy w całej dysertacji w aspekcie oryginalności prowadzonych badań.**

W rozdziale ósmym (10 stron) Doktorantka dokonała analizy i oceny danych emisyjnych obu statków powietrznych. W badaniach emisji szkodliwych związków spalin poprzedzających pomiary punktów charakterystycznych oprócz rozruchu i nagrzewania silnika zawarto również próbę przedlotową. Analizę rozruchu silnika, nagrzewania oraz próbę przedlotową realizowano jako następujące po sobie etapy pracy silnika i jednocześnie dokonano pomiarów emisyjnych. Badania emisji spalin

samolotów Zlin 50LS (silnik Lycoming AEIO-580 B1A) oraz Extra 330LC (silnik Lycoming-540 L1B5D) przeprowadzono z wykorzystaniem autorskiego testu szczegółowo zaprezentowanego w rozdziale 7. Wyniki pomiarów natężenia związków szkodliwych zawartych w spalinach przedstawiono jako wartości natężenia emisji tlenu węgla, węglowodorów, tlenków azotu oraz dwutlenku węgla w czasie pomiaru. Na podstawie natężenia emisji składników spalin oraz określonych udziałów faz oraz mocy w poszczególnych fazach dokonano obliczenia emisji jednostkowej. Rozdział zakończono interesującą analizą porównawczą emisji spalin badanych obiektów na tle innych samolotów lekkich. **Zaprezentowane w rozdziale ósmym wyniki badań otrzymane na podstawie analiz numerycznych uważam za oryginalny dorobek naukowy Doktorantki. Moim zdaniem, stanowią one niezwykle ciekawy materiał badawczy mogący przyczynić się do powstania przepisów regulujących emisje spalin dla akrobacyjnych silników tłokowych.**

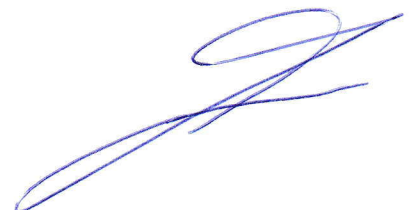
W rozdziale dziewiątym (4 strony) Doktorantka w sposób kompleksowy i szczegółowy przedstawiła wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, a także wskazała kierunki dalszych prac. **Zaprezentowane wnioski uważam za trafne i uzasadnione.**

W aspekcie nowatorstwa pracy za szczególnie cenne uważam następujące jej elementy:

- opracowanie metody oceny emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych na podstawie badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji, tj. próby przedlotowe oraz loty akrobacyjne;
- opracowanie autorskich układów pokładowych rejestratorów parametrów lotu dla samolotów Zlin 50LS (silnik Lycoming AEIO-580 B1A) oraz Extra 330LC (silnik Lycoming-540 L1B5D);
- odwzorowanie pracy silnika spalinowego podczas lotów akrobatycznych w warunkach stacjonarnych;
- opracowanie oryginalnego testu badawczego do oceny emisyjności samolotów akrobacyjnych napędzanych silnikami tłokowymi.

IV. Ocena rozprawy

Uważam, że zasadniczym i najważniejszym dorobkiem mgr inż. Agaty NYKAZY jest opracowanie autorskiej metody oceny emisji szkodliwych związków



spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych. Praca doktorska mgr inż. Agaty NYKAZY mieści się w jednym z głównych nurtów prac związanych z badaniem wpływu spalin jednostek napędowych wykorzystywanych środkach transportowych na zanieczyszczenie środowiska oraz stanowi ona znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport.

Dokonując oceny układu rozprawy, należy podkreślić, że jej ogólna forma i zakres wynikają z realizacji celów rozprawy. Podjęty przez Doktorantkę problem badawczy został sformułowany poprawnie, tak pod względem obszaru merytorycznego, jak i głębi prowadzonych rozważań. Z punktu widzenia określonego celu rozprawy przyjęta koncepcja badań jest w pełni uzasadniona, a zastosowane narzędzia i metody badawcze są do niej adekwatne.

Uważam, że zarówno konstrukcja dysertacji mgr inż. Agaty NYKAZY jak i sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań pozwalają stwierdzić, że cel rozprawy został osiągnięty, a przyjęte tezy badawcze zostały potwierdzone.

Stwierdzam, że zarówno materiał badawczy jak i literaturowy został przez Autorkę rozprawy wykorzystany poprawnie. Doktorantka wykazała się wszechstronną wiedzą teoretyczną w obszarze transportu lotniczego, doskonałą znajomością środowiska i przedmiotu badań (akrobacji lotniczej i samolotów sportowych), umiejętnością analitycznego ujęcia rozpatrywanego problemu oraz jego rozwiązania. Doktorantka posiada cechy wnikliwego i rzetelnego badacza, które predysponują ją do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Zastosowany przez Doktorantkę aparat analityczny oraz umiejętność systemowej analizy problemów badawczych zasługuje na wyróżnienie. Omówiona konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań są właściwe dla tego rodzaju prac.

V. Uwagi szczegółowe

Zawartość merytoryczną rozprawy oceniam bardzo wysoko. Mimo bardzo dobrej oceny czytając treść nasunęły mi się pewne pytania. Odpowiedzi na pytania oczekuję podczas publicznej obrony.

1) Do opracowania testy badawczego i przeprowadzenia prób wybrano okres letni.

W jakim stopniu warunki atmosferyczne zależne od pory roku mają wpływ na

opracowany test badawczy oraz otrzymane wyniki w zakresie emisyjności szkodliwych związków spalin?

- 2) Na potrzeby testu statycznego na podstawie doświadczenia Doktorantki arbitralnie wybrano pięć punktów charakterystycznych pracy silnika w czasie lotu dla samolotów Zlin 50LS (silnik Lycoming AEIO-580 B1A) oraz Extra 330LC (silnik Lycoming-540 L1B5D). Jakimi merytorycznymi argumentami można uzasadnić wybór pięciu punktów przedstawionych w tabelach (7.1 oraz 7.2)?

W recenzowanej dysertacji Doktorantka nie ustrzegła się błędów redakcyjnych i lapsusów językowych (np. „odpowiednie sczytanie danych prędkości obrotowych” – strona 71). Błędy, które zauważyłem w recenzowanej rozprawie przekazane zostały Doktorantce w bezpośredniej rozmowie i kopii rozprawy.

VI. Wniosek końcowy oceny rozprawy

Przedstawioną do recenzji pracę oceniam wysoko, ponieważ została ona wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Zawarte w niej treści dotyczą złożonych problemów opracowania innowacyjnych metod badania i oceny emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych w celu ograniczenia wpływu ich spalin na zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Treści merytoryczne zawarte w pracy świadczą o dużej dojrzałości naukowej i wszechstronnej wiedzy merytorycznej Doktorantki.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktorantki, a rezultaty pracy mogą zostać bezpośrednio wykorzystane w praktyce. Zawarte w rozprawie badania i analizy są przeprowadzone na wysokim poziomie merytorycznym, a ich wyniki rozszerzają wiedzę z zakresu transportu lotniczego.

Reasumując, przedstawione przeze mnie uwagi krytyczne nie umniejszają wysokiej wartości merytorycznej pracy. Na uwagę zasługują zwłaszcza następujące jej elementy:

- uzasadnienie podjęcia tematu, które wynika z wnikliwej analizy stanu wiedzy,
- trafne zdefiniowanie przedmiotu badań i celu rozprawy,
- wysoki poziom merytoryczny pracy oraz znajomość przez Doktorantkę profesjonalnych szczegółów rozważanej tematyki,

- oryginalne i ciekawe wyniki prac badawczych i analitycznych,
- umiejętność korzystania z literatury specjalistycznej,
- przejrzysta i logicznie ułożona struktura pracy oraz jej cele i zakres.

Dużym walorem metodycznym dysertacji jest jej bardzo przejrzysta struktura ściśle podporządkowana jasnej logice postępowania w toku procesu badawczego. Jej znakomitym odzwierciedleniem jest zamieszczony na stronie 44 graficzny schemat postępowania badawczego (Rys. 4.1) będący zarazem modelową prezentacją konstrukcji pracy. Przekonuje on jednoznacznie, że proces badawczy będący podstawą pracy został ściśle przemyślany. Każda część rozprawy jest istotnym elementem logicznej całości. Ważne jest również osadzenie rozważań w specyficie współczesnego lotnictwa sportowego.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Agaty NYKAZY pt. „Ocena emisji szkodliwych związków spalin podczas lotów samolotów akrobacyjnych” spełnia warunki przewidziane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami.

Stawiam więc wniosek o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji – jako rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty NYKAZY na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jednocześnie jako recenzent, który wnikliwie zapoznał się z treścią w/w rozprawy doktorskiej, z pełną odpowiedzialnością mogę stwierdzić, że zarówno unikalna tematyka, jak i całokształt prac badawczych, wykonanych i przejrzycie przedstawionych przez Doktorantkę w tej starannie sporządzonej rozprawie, wyraźnie przewyższa przeciętne wymagania stawiane pracom doktorskim w zakresie nauk technicznych w dyscyplinie: inżynieria lądowa i transport. Ze względu na nowatorski charakter badań przedstawionych w rozprawie oraz użyteczny aspekt przeprowadzonych rozważań wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej o przyznanie wyróżnienia przedłożonej mi do oceny rozprawie doktorskiej mgr inż. Agaty NYKAZY.

Marcel Zięba

