

Dr hab. Dariusz Chocyk, prof. PL
Katedra Fizyki Stosowanej
Wydział Mechaniczny
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 38
20-618 Lublin

Lublin, 30 czerwca 2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Łapy

pt. *Wpływ parametrów procesu na mikrostrukturę i właściwości ścieżek przewodzących na bazie srebra wykonanych techniką drukowania strumieniem aerozolu*

promotor: dr hab. inż. Leszek Łata

promotor pomocniczy: dr hab. inż. Marcin Winnicki

1. Cel wykonania recenzji

Niniejsza recenzja została wykonana w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej nr 135/08/RDND07/2024-2028 z dnia 23 kwietnia 2025 r. o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. *Wpływ parametrów procesu na mikrostrukturę i właściwości ścieżek przewodzących na bazie srebra wykonanych techniką drukowania strumieniem aerozolu* w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, Panu mgr inż. Wojciechowi Łapie.

2. Charakterystyka i ocena tematu rozprawy, celu naukowego oraz zawartości rozprawy

Problematyka nanoszenia ścieżek przewodzących i ich jakości na podłożach elastycznych jest bardzo aktualna i są prowadzone intensywne badania nad różnymi technologiami wytwarzania ścieżek przewodzących, mającymi wpływ na ich jakość. Ma to oczywiście związek, z tym, że znane technologie nanoszenia struktur metalicznych nie mogą być zastosowane ze względu na większy wpływ temperatury na podłoża na bazie polimerów. Również w tym przypadku nie można stosować technik

próżniowych. Te uwarunkowania powodują, że układy elektroniczne na podłożach elastycznych są jakby zapóźnione w stosunku układów na podłożach sztywnych, zarówno jeśli chodzi o rozmiary ścieżek, jak i przewodność. Wobec powyższego podjęcie tematyki opracowania nowej lub modyfikacji istniejącej technologii oraz zbadania wpływu parametrów technologicznych na jakość nanoszonych ścieżek przewodzących jest w pełni uzasadniona, co odzwierciedla temat rozprawy.

Również cel naukowy pracy, skupiający się na badaniach wpływu typu i parametrów spiekania, który to etap jest jednym z najważniejszych etapów podczas wytwarzania ścieżek przewodzących na podłożach polimerowych. Z kolei postawiona teza, że odpowiednia geometria i konstrukcja dyszy pozwolą na uzyskanie ścieżek o zadowalającej przewodności i grubości poniżej 200 μm na foliach polimerowych jest wsparta szerokim zakresem przeprowadzonych prac.

Zakres przeprowadzonych prac w celu udowodnienia tezy i osiągnięcia postawionego celu, co należy koniecznie podkreślić, jest bardzo szeroki, zawierający badania z wielu obszarów nauki. Zakres obejmuje prace konstrukcyjne, testy materiału nanoszonego (tuszu z nanocząsteczkami srebra) i badania produktu finalnego, jakim są ścieżki przewodzące. Powyższe można podsumować stwierdzeniem, że przedstawione podejście do problemu wytwarzania ścieżek przewodzących na foliach polimerowych jest całościowe, znacznie przekraczając zakres badawczy dla tego typu prac.

Przedstawiona do oceny praca obejmuje 177 stron maszynopisu i zawiera poza stroną tytułową, streszczeniami w języku polskim i angielski; wykazem stosowanych skrótów, 6 rozdziałów oraz bibliografię składającą się z 237 pozycji. Rozdziały 1 i 2 oparte są na cytowanej literaturze, rozdział 3 przedstawia cel i tezę pracy, a rozdziały 4, 5 i 6 stanowią oryginalny wkład doktoranta. Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę i ocenę zawartości pracy przedstawionej przez doktoranta.

Rozdział 1 zatytułowany *Wprowadzenie*, stanowi wstęp, w ramach którego autor przedstawia uzasadnienie podjęcia tematyki rozprawy, poprzez pokazanie potencjalnych zastosowań, potrzeb rynku oraz wyzwań jakie stoją przed elektroniką elastyczną. W drugim i trzecim podrozdziale skupia się na klasyfikacji i krótkim opisie metod wytwarzania elektroniki elastycznej. Wspominając różne metody, poprzez

porównanie ich możliwości, uzasadnia wybór technologii drukowania strumieniem areozolu (AJP) do dalszych badań.

Rozdział 2 stanowi szczegółowy opis zjawisk fizycznych i problemów występujących w metodzie drukowania strumieniem z areozolu. Rozdział składa się ze wstępu traktującego o tym co wpływa na jakość ścieżek przewodzących drukowanych techniką AJP oraz jedenastu podrozdziałów. Pierwsze dwa podrozdziały zawierają szczegółowy opis zjawisk fizycznych związanych z przepływem przez dyszę tuszu w postaci areozolu oraz główne zagadnienia związane ze skupieniem strumienia aerozolu. Kolejne podrozdziały skupiają się na technikach druku i wpływie rozprysku strumienia tuszu, jego kontaktem z podłożem oraz metodami oceny jakości ścieżki. Podrozdziały 2.5 - 2.7 opisują sposoby generacji areozolu i zjawiska z tym związane. W podrozdziale 2.8 krótko opisano potencjalne podłoża możliwe do zastosowania. W podrozdziałach dziewiątym i dziesiątym zawarta jest charakterystyka tuszy wykorzystywanych w elektronice elastycznej oraz opisują one zjawiska fizyczne charakterystyczne dla procesu schnięcia. Zaprezentowany opis jest bardzo szczegółowy, uwzględnia wszystkie zjawiska występujące w procesie. Ostatni 2.11 podrozdział koncentruje się na opisie procesu spiekania, mechanizmach spiekania, różnych technikach spiekania stosowanych w technologiach, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu spiekania za pomocą promieniowania UV i NIR.

Należy podkreślić, że opisy zjawisk fizycznych są na tyle szczegółowe, że pozwalają czytelnikowi dobrze zorientować się zarówno w procesach technologicznych stosowanych podczas nanoszenia, jaki i zjawiskach fizycznych mających wpływ na poszczególne procesy.

Rozdział 3 to określenie celu, tezy i zakresu pracy. Autor na podstawie zaprezentowanego w rozdziałach 1 i 2 stanu wiedzy sformułował cel pracy jako zbadanie wpływu parametrów spiekania na właściwości ścieżek uzyskiwanych techniką natryskiwania strumieniem aerozolu. Cel ten wspiera postawioną w pracy tezę, że możliwa jest taka konstrukcja dyszy natryskowej, która pozwoli na uzyskanie ścieżek przewodzących o szerokości mniejszej niż 200 μm na foliach polimerowych techniką drukowania. Również został precyzyjnie określony zakres planowanych (już przeprowadzonych) prac badawczych.

Warto w tym miejscu zauważyć, że zaplanowane badania obejmują bardzo szeroki zakres poczynając od testów obejmujących generację areozolu i uzyskiwanych kropli, poprzez badania uzyskanych ścieżek, obejmujące badania ich geometrii, pomiary przewodności, adhezji, testy klimatyczne i pomiary właściwości mechanicznych.

Rozdział 4 przedstawia koncepcję stanowiska badawczego, które zostało zbudowane od podstaw w trakcie realizacji pracy doktorskiej. Proces konstrukcji stanowiska składał się z konstrukcji stanowiska prototypowego, którego projektowanie i eksploatacja pozwoliła na zebranie niezbędnego doświadczenia, które następnie posłużyło do zaprojektowania oraz realizacji stanowiska docelowego. W rozdziale podano wiele szczegółów związanych z doбором materiałów zastosowanych oraz kompletny opis sterowania urządzeniem zarówno jego funkcjami mechanicznymi, układem grzewczym stołu oraz lampami do spiekania typu flash i NIR.

Z kolei w drugim podrozdziale podano parametry wykorzystanych w badaniach tuszy: 6n, 60n, 600n. Tusze użyte do badań to komercyjnie dostępne zawiesziny nanocząsteczek srebra. Następnie przedstawiono normy pomiarowe i urządzenia, które użyte zostały do przeprowadzenia badań otrzymanych ścieżek oraz charakterystyki tuszy wykorzystanych do badań.

Rozdział 5 jest właściwą częścią badawczą pracy. Jest to najobszerniejszy rozdział w pracy liczący 72 strony. Przedstawiono w nim kolejne etapy procesu badawczego. Rozdział otwiera opis metody generacji areozolu. Przebadano dwa generatory, ultradźwiękowy i pneumatyczny. Dla obu generatorów przebadano średnice wytwarzanych kropeł, ich rozkłady oraz jednorodność, dwoma metodami i poddano odpowiedniej analizie statystycznej. Po przeprowadzonych badaniach jako kryterium przydatności do konstrukcji urządzenia do nanoszenia ścieżek przewodzących przyjęto średnicę kropli i jednorodność powstającego areozolu, co uważam za dobre kryterium. Zdecydowano, że w konstruowanym urządzeniu zostanie zastosowany generator pneumatyczny. Również dla dysz skupiających wiązkę areozolu zaproponowano dwie konstrukcje, które następnie przebadano testom pod kątem zastosowania w opracowywanej technologii. Oceny dysz wykonano poprzez wizualizację mikroskopową uzyskiwanych ścieżek, na podstawie których wyznaczono

ich szerokości i odchylenia standardowe dla różnych stosunków ciśnień gazu roboczego do osłonowego.

W dalszej kolejności przebadano wpływ temperatury stołu na jakość ścieżek nanoszonych oraz przetestowano podłoża z polichlorku winylu (PVC), politereftalanu etylenu (PET), polietylenu (PE) oraz poliamidu (PI). Wpływ temperatury na podłoże badano metodą obrazową po procesie. Ze względu na odporność temperaturową zdecydowano się na dalsze testy na podłożu PI.

Kolejne podrozdziały to opis testów lamp do spiekania. Jak w poprzednich przypadkach zbadano dwa typy lamp flash i NIR. Dla celów porównawczych przetestowano spiekanie w piecu. Jakość ścieżek oceniano na podstawie zdjęć mikroskopowych. O dalszym zastosowaniu lampy NIR zdecydowała szerokość spektralna emitowanego widma oraz trudności związane z doбором parametrów procesu spiekania.

W dalszym opisie zaprezentowano badania morfologii i struktury ścieżek w zależności od temperatury podłoża. Do tych badań wykorzystano nowoczesne urządzenia badawcze, jak mikroskop scanningowy (SEM), mikroskop sił atomowych (AFM) oraz optyczny mikroskop kofocalny. Uzyskane profile poprzeczne ścieżek ujawniły różne kształty ścieżek w zależności od podgrzewania podłoża. Obrazy SEM ujawniły strukturę porowatą ścieżek. W celu zbadania wpływu procesów suszenia i spiekania przeprowadzono testy tych procesów na kroplach poszczególnych tuszy. Do tego celu użyto pompy strzykawkowej. Rezultatem tych badań opracowano schematy podejścia do każdego tuszu indywidualnie. Dla 6n wskazano, że przed przystąpieniem do spiekania nie można całkowicie wysuszyć tuszu. Natomiast dla tuszu 60n ustalono, że należy całkowicie wysuszyć tusz przed przystąpieniem do spiekania, a optymalną temperaturę grzania stołu ustalono na 80°C i dobierając odpowiedni czas pozwalało na unikanie pęknięć materiału ścieżki. Odpowiednie przykłady prawidłowo i nieprawidłowo spieczonych ścieżek zaprezentowano na rysunkach 133 i 134. Uzyskane obrazy AFM potwierdzają krystaliczną strukturę ścieżek.

Kolejno zbadano zależność oporności od szerokości ścieżek oraz przewodność. Pomiar przeprowadzono dla próbek z grzaniem stołem i spiekaniem lampą NIR sterowaną napięciem 5 V, a wyniki przedstawiono na odpowiednich wykresach.

Wykazano, że spiekanie w piecu daje ścieżki o rezystancji dużo większej niż spiekane lampą NIR. Najlepsze rezultaty otrzymano dla tuszu 6n.

Przeprowadzone testy klimatyczne wykazały, że metoda spiekania w piecu jest gorsza niż spiekania przy pomocy lampy NIR. W większości przypadków zaobserwowano procesy utleniające powierzchnię warstw oraz utratę przewodności. Dla ścieżek spiekanych lampą NIR głównie występowało pogorszenie właściwości elektrycznych. Szczegółowy opis defektów po badaniach klimatycznych zamieszczono w tabeli 5.

Przedstawione badania przewodności elektrycznej wskazały, że w opracowanej technologii możliwe jest uzyskanie wysokich przewodności ścieżek. Najlepsze wyniki uzyskano stosując tusz 6n, dla którego uzyskano 82,25% przewodności w porównaniu czystego srebra. Znacznie gorsze wyniki uzyskano dla tuszy 60n i 600n, których przewodności nie przekraczały 15. Zdecydowanie najgorsze przewodności lub ich brak występował w ścieżkach spiekanych w piecu. Z zaprezentowanych obrazów SEM widać bezpośrednią korelację ze strukturą. Pomiaru indentacyjne umożliwiły na wyznaczenie takich parametrów mechanicznych jak twardość i moduł Younga. Ostatnimi testami przeprowadzonymi były testy adhezji.

Podsumowanie wyników badań, wnioski oraz nakreślenie kierunków dalszych badań zamieszczono w rozdziale 6. Do ważnych wniosków należy zaliczyć wykazanie, że można uzyskać ścieżki o wysokiej przewodności elektrycznej wykorzystując do spiekania lampę NIR, wykazanie dużej stabilności przewodności oraz opisanie mechanizmu pęknięć oraz opracowanie metody ich eliminacji. Całość kończy krótki podrozdział kreślący kierunki dalszych badań w obszarze zmiany składników stosowanych tuszy, właściwości mechanicznych i wytrzymałościowych i polepszenia morfologii ścieżek w celu udoskonalenia stworzonej technologii dla zastosowań w elektronice elastycznej.

Na końcu pracy zamieszczono bibliografię. Doktorant powołuje się na 237 publikacji naukowych, co jest znaczną liczbą pozycji, sytuującą w takich opracowaniach jak rozprawa doktorska. Wszystkie pozycje literaturowe są w języku angielskim, w zdecydowanej większości są to artykuły w regularnych czasopismach obejmujący bardzo szeroki zakres wiedzy. Tylko w 7 pozycji to strony internetowe oraz

11 pozycji książkowych i innych opracowań. W pozycji nr 46 nie podano pełnych danych, co uniemożliwia jej klasyfikację oraz pozycje 196 i 230 to ten sam artykuł.

Podsumowując tą część recenzji, należy stwierdzić, że praca ma typowy dla rozpraw doktorskich układ, który obejmują wprowadzenie do problematyki pracy, opis zagadnień dotyczących przedmiotu badań, sformułowanie celu i zakresu prac badawczych, część związaną z materiałami i metodami badawczymi, przedstawieniem wyników badań z dyskusją, podsumowanie i wnioski oraz literaturę.

Zamieszczone cząstkowe oceny i podkreślenia przy opisie zawartości rozprawy w pełni potwierdzają dojrzałość badawczą doktoranta, jego dobrą orientację w aktualnej literaturze oraz dobre przygotowanie do podejmowania badań. Rzetelnie wykonana analiza literatury i wnioski z literatury uzasadniają sformułowanie hipotezy badawczej oraz postawionego celu. Wyniki badań Doktorant przedstawił i omówił we właściwy sposób. Ich wiarygodność została potwierdzona licznymi wynikami (obrazami mikroskopowymi) i analizami statystycznymi. Analiza wyników pozwoliła na sformułowanie wniosków o charakterze szczegółowym i użytecznym.

3. Ocena merytoryczna i uwagi krytyczne

Podstawowymi zaletami rozprawy pod względem zakresu prac konstruktorskich i eksperymentalnych, doboru metod badawczych i oryginalnego wkładu Doktoranta w szczególności zaliczam:

- a) wybór tematyki,
- b) opracowanie logicznego programu realizacji badań i analizy wykonanych badań z wykorzystaniem wielu narzędzi badawczych,
- c) wielopoziomowe i wieloaspektowe badania eksperymentalne oraz wieloetapowe analizy otrzymanych wyników,
- d) realizację zintegrowanego stanowiska badawczego, które w przyszłości prawdopodobnie mogłoby posłużyć jako baza do opracowania rozwiązań komercyjnych, z możliwościami wytwarzania ścieżek z różnych materiałów,
- e) potwierdzenie, że istnieje możliwość uzyskania struktur krystalicznych srebra techniką drukowania strumieniem areozolu, o wysokiej przewodności.

Recenzowana praca, w tym liczba wykonanych testów i wykorzystanie różnorodnych narzędzi badawczych, analiz statystycznych i analitycznych świadczy o dobrym przygotowaniu Doktoranta do procesu projektowania i przeprowadzania testów eksperymentalnych, co jest podstawą do samodzielnego prowadzenia prac projektowych i badawczych. Powyższa uwaga predysponuje Autora do otrzymania stopnia naukowego doktora. Problem postawiony przez Doktoranta, czyli zbadanie wpływu parametrów spiekania, tj. czasu spiekania, metody spiekania, temperatury podłoża na końcowe właściwości (strukturę, przewodność, morfologię, adhezję, twardość i elastyczność) ścieżek przewodzących został osiągnięty. Również teza została pozytywnie zweryfikowana. Udało się doktorantowi otrzymać ścieżki przewodzące o dużej przewodności na podłożach elastycznych, rzadko spotykanych w doniesieniach literaturowych. Ponadto, praca wniosła ogromną wiedzę praktyczną do wykorzystania w opracowaniach technologicznych.

Doktorant podsumowując swoje badania w sposób rozważny formułuje wnioski z badań w postaci wniosków poznawczych oraz użytkowych. Do najważniejszych wniosków poznawczych należy zaliczyć opisanie mechanizmu powstawania pęknięć i pęcherzy dla tuszy 60n i 600n oraz metodę ich eliminacji oraz wykazanie, że możliwe jest uzyskanie dużej przewodności ścieżek na podłożu elastycznym stosując lampy NIR. Z kolei bardzo cennym wnioskiem użytkowym z przeprowadzonych badań jest wykazanie, że można tak zintegrować wszystkie etapy wytwarzania ścieżek przewodzących, aby próbka nie migrowała pomiędzy urządzeniami. Badania te mogą w przyszłości posłużyć do opracowania w miarę uniwersalnego urządzenia do nanoszenia ścieżek przewodzących na podłożach polimerowych.

Mimo powyższych pozytywnych aspektów, występuje pewien niedosyt w związku z podrozdziałem *Wnioski*. Uważam, że tak obszerny materiał badaczy predysponował do rozbudowy wniosków również o bardziej szczegółowe wnioski, dotyczące zachowania się ścieżek.

Innym niedostatkiem dysertacji jest pominięcie całkowicie problemu i dyskusji odnośnie zachowania się oraz utrzymania parametrów elektrycznych uzyskanych próbek ścieżek gdy następuje deformacja podłoża, które zwykle występują w trakcie użytkowania takich elementów. Czy uzyskane ścieżki są na tyle elastyczne i w jakim zakresie, aby sprostać wyzwaniom stawianym przed elektroniką elastyczną. Również

w pracy nie ma dyskusji na temat naprężeń jakie mogą wystąpić w ścieżkach. Skąd mogą one wynikać?

W ramach publicznej dyskusji chciałby aby został poruszony aspekt deformacji ścieżek przy odkształcaniu podłoża, omówione zostały zjawiska fizyczne, które mogą zagrozić prawidłowemu funkcjonowaniu układów ścieżek i problem występowania naprężeń. Proszę omówić jakie są możliwości zbadania tego zagadnienia. Czy ewentualnie badania struktury metodami dyfrakcyjnymi w kombinacji z pomiarami nanoindentacji, pomiarami zarysowań mogłyby pomóc rozwiązać te problemy.

Niestety, doktorant nie ustrzegł się również szeregu błędów językowych lub edycyjnych. Jednym z powodów jest obcowanie głównie z literaturą anglojęzyczną co często prowadzi do wprowadzania do tekstu nie do końca poprawnych spolszczeń, mogących prowadzić do niezrozumiałości tekstu, zwłaszcza dla czytelnika nie obeznanego z tematem. Przykładem błędów językowych są (nie wymieniam wszystkich):

- Str. 46: jest zdanie „*Międzyfazowa przestrzeń między parą, a cieczą położona jest na wysokości $z=h(x,t)$, gdzie z jest wartością pionową, a wysokość filmu h jest funkcją wartości poziomej x oraz czasu t . Stała płyta znajduje się w miejscu $z=0$* ”, w którym użyto słowa *film* w znaczeniu warstwy, i pojęcia *Stała płyta* w znaczeniu podłoża;
- Str. 59: w zdaniu *substraty na których nanoszone są przewodzące ścieżki, nie zawsze są odporne na ekstremalne warunki termiczne [151]*. użyto słowa *substraty* zamiast słowa podłoża.

Poniżej również wymienione są tylko przykłady błędów redakcyjnych:

- Str. 83 – błędne odesłanie do rysunku 73b niezgodnie z opisem rysunku, powinno być rys. 74;
- Str. 86 – Niepoprawny opis rys. 77. Powinno być np. „*Zależność średniej średnicy itp. od ciśnienia*”;
- Str. 120 i 121 – Niepoprawne opisy rys. 118, 120. Obrazy nie są analizą, tylko wynikami, które należy zwykle przeanalizować;
- W wielu miejscach pracy pozostawiono puste obszary wewnątrz rozdziałów np. na stronach 27, 38, 39, 53, 89, 96, 99, 119, 121.

Reasumując, przy tak obszernej tematyce pracy trudno jest uniknąć pomyłek i nieścisłości w przedstawionym opracowaniu. Wymienione uwagi krytyczne i redakcyjne, nie zmieniają faktu, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia z nadmiarem wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim. Technologia nanoszenia ścieżek przewodzących dla elektroniki elastycznej obejmuje wiele obszarów (m.in. projektowania, konstrukcji, właściwości mechanicznych, sterowania elektronicznego, zjawisk przepływu cieczy, zjawisk na granicy faz, zjawisk powierzchniowych, adhezji, zwilżalności, struktury materiałów, przewodności, absorpcji), skąd wysoko oceniam osiągnięcia niniejszej pracy, zrealizowanej na wysokim poziomie poznawczo-utilitytarnym. Uważam, iż praca przedstawiona przez Doktoranta jest oryginalnym podejściem do zagadnienia wytwarzania ścieżek metalicznych w elektronice elastycznej i stanowi wkład w dalszy ich rozwój i wykorzystanie do utilitytarnych zastosowań.

Recenzowana rozprawa jest rozwiązaniem problemu naukowego i wnosi oryginalny wkład w rozwój inżynierii mechanicznej, na podstawie: a) konstrukcji poszczególnych komponentów urządzenia mechanicznego łącznie z doбором materiału, b) opracowania pozwalającego na wypracowanie odpowiedniej geometrii dyszy pozwalającą na stabilną pracę urządzenia, c) wykorzystania drukarki 3D powszechnie stosowanej w inżynierii mechanicznej d) otrzymania zwartej struktury ścieżki metalicznej, która jest elementami konstrukcyjnymi, e) wyznaczenia struktury ścieżek oraz e) wyznaczenia podstawowych właściwości mechanicznych i przeprowadzenia testów starzeniowych.

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Wojciech Łapę oraz jej zawartość i forma pomimo wyżej opisanych niedociągnięć wskazuje na jego wiedzę oraz doświadczenie w zakresie projektowania, konstrukcji, doboru materiałów i wykorzystania metod analizy danych. Na podstawie przedstawionej pracy uważam, iż doktorant potrafi formułować problemy badawcze, przygotować metodologię badań,



wykorzystuje szeroki warsztat pomiarowy oraz analiz i metod opracowania danych eksperymentalnych.

Podsumowując uważam, że praca mgr inż. Wojciecha Łapy pt. *Wpływ parametrów procesu na mikrostrukturę i właściwości ścieżek przewodzących na bazie srebra wykonanych techniką drukowania strumieniem aerozolu* (promotor dr hab. inż. Leszek Łatka, promotor pomocniczy dr hab. inż. Marcin Winnicki) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Wojciecha Łapę do publicznej obrony jego rozprawy.

Dariusz Chęć

