

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Ady Orłowskiej pt.

### **„Funkcjonalizacja powierzchni wysokoporowatego implantu międzykręgowego wytworzonego metodą przyrostową”**

Podstawą opracowania recenzji było pismo z dnia 24 października 2024 roku (RDIB.002.76.2024) wystosowane przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej, prof. dr hab. inż. Roberta Michnika, w którym powierzono mi wykonanie oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Ady Orłowskiej.

#### **1. Wstęp**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została zrealizowana pod kierunkiem dr hab. inż. Janusza Szewczeni, prof. PŚ z Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej oraz dr inż. Wojciecha Kajzera z tego samego Wydziału jako promotora pomocniczego. Jest to praca z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Biomedyczna.

#### **2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej**

##### **Układ pracy, struktura podziału treści, kolejność rozdziałów, kompletność tez itp.**

Praca liczy 109 stron, nie licząc przeglądu literaturowego, przy czym część teoretyczna stanowi nieco mniej niż połowę całej pracy (46 stron). Pozostała część zawiera treści związane z badaniami własnymi i interpretacją wyników. Układ pracy jest jak najbardziej prawidłowy, rozprawa składa się w sumie z 10 rozdziałów, przy czym część teoretyczna obejmuje 4 rozdziały, w których Autorka w sposób systematyczny dokonuje przeglądu literaturowego obejmującego zagadnienia związane z realizacją swojego problemu badawczego. Część eksperymentalna pracy rozpoczyna się od jasno sprecyzowanego celu i tezy pracy. Następnie przedstawia kolejno metody badań, otrzymane wyniki, przeprowadza ich dyskusję i na tej podstawie przedstawia wnioski wraz z podsumowaniem.

##### **Zasadność podjętego tematu**

Optymalizacja powierzchni metalowych implantów jest wciąż aktualnym zagadnieniem w wielu ośrodkach naukowych w kraju i na świecie. Implanty te, choć posiadają znakomite własności mechaniczne, mogą ulegać korozji, co w znaczny sposób komplikuje proces leczenia i może oznaczać konieczność ponownej ingerencji chirurgicznej. Mając na uwadze komfort pacjenta, prowadzone są wciąż badania nad opracowaniem wielofunkcyjnej warstwy implantu, która spełniałaby jednocześnie funkcję ochronną oraz bakterioobójczą przy zachowaniu optymalnej biokompatybilności. Zatem dobór metody w procesie wytwarzania, a także składu warstwy ochronnej modyfikowanego implantu, zdaje się być kluczowym

aspektem analizowanego zagadnienia. Odpowiednia grubość powłoki, jej struktura, chropowatość, skład chemiczny, odporność mechaniczna i chemiczna w istotny sposób determinują żywotność implantu i wpływają na proces osteointegracji. Idealny wysokoporowaty substytut kostny powinien posiadać większość cech przypisywanych autologicznie przeszczepianej tkance. Powinien również wykazywać się wysoką bioaktywnością (czyli zdolnością przylegania powierzchni materiału do naturalnej tkanki) i biozgodnością, co pozwoli na efektywny proces osteogenezy i regeneracji tkanki kostnej. Duża powierzchnia adhezji oraz wysoka porowatość trójwymiarowego rusztowania metalowego, ceramicznego czy polimerowego sprzyja dostępności komórek (tym samym ich proliferacji) oraz przepływowi substancji odżywczych i leczniczych, co jest niezbędne w nowoczesnej terapii z wykorzystaniem tego typu materiałów nowej generacji. Trójwymiarowe rusztowanie (scaffold) pełni nie tylko rolę substytutu tkanki, ale również nośnika leku, który może być uwalniany stopniowo ograniczając częstość dawkowania, co zdecydowanie wpływa na komfort pacjenta. Otrzymane przez Autorkę wyniki badań wskazują, że funkcjonalizacja implantów zaproponowanymi metodami z użyciem dodatkowo polimerów biodegradowalnych może przyczynić się do rozwoju terapii implantologicznej, co stanowi nowatorski aspekt rozprawy.

Podjęty w pracy temat ma niewątpliwie charakter innowacyjny i stanowi cenne źródło informacji dla dalszych bardziej wnikliwych badań związanych z procesami funkcjonalizacji powierzchni implantów. Z uwagi na fakt, że badania były prowadzone na implantach międzykręgowych w skali rzeczywistej, uzyskane wyniki mają wysoki potencjał aplikacyjny.

### **Analiza przeglądu literaturowego**

Część teoretyczna pracy obejmuje 4 rozdziały, które stanowią logiczną i spójną całość. W pierwszym rozdziale Autorka opisuje budowę i fizjologię tkanki kostnej podkreślając aspekty związane z czynnikami wpływającymi na procesy wzrostu, przebudowę oraz samonaprawę kości co jest niezwykle istotne z punktu widzenia podjętego zadania badawczego opisanego w części doświadczalnej. Doktorantka zwraca również uwagę na znaczenie procesu osteointegracji tkanki kostnej z implantem, co z kolei jest kluczowe z uwagi na efektywność procesów kościotwórczych. W rozdziale drugim została opisana problematyka zwyrodnień w obrębie kręgosłupa, które są bardzo powszechne i dominujące w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego. Autorka wskazuje strategie leczenia zwyrodnień w obrębie kręgosłupa z uwzględnieniem ceramicznych, metalowych, polimerowych oraz kompozytowych implantów międzykręgowych. Podkreśla znaczenie wysokoporowatych implantów wskazując ich zalety i wady jako materiałów implantacyjnych. W dalszej kolejności Doktorantka opisuje znaczenie druku 3D jako jednej z najbardziej innowacyjnych i nowoczesnych technik, które przyczyniły się do rozwoju medycyny w XXI wieku. Wskazuje rodzaje technologii przyrostowych i co warto podkreślić, we wnikliwy sposób, opisuje możliwości zastosowania techniki SLM w medycynie, zwracając jednocześnie słuszną uwagę na regulacje prawne związane z wdrażaniem wyrobów 3D na rynek medyczny. W rozdziale czwartym w sposób szczegółowy zostały opisane implanty tytanowe stosowane w chirurgii kręgosłupa, co uważam za słuszną, ponieważ właśnie tego rodzaju materiał był przedmiotem badań eksperymentalnych Doktorantki. W tymże rozdziale, pierwszej kolejności skupia się na charakterystyce fizykochemicznej oraz częściowo biologicznej tytanu i jego stopów, a także analizuje wpływ własności powierzchniowych stopów tytanu na ich interakcje z organizmem. Autorka szeroko opisuje metody modyfikacji powierzchni implantów z Ti6Al4V wytwarzanych addytywnie uwzględniając metody elektrochemiczne oraz zastosowanie powłok

polimerowych. Rozdział zamyka opis berberyny, jako modelowej substancji czynnej użytej do stymulacji osteocytów, której wydłużenie uwalniania z trójwymiarowego rusztowania komórkowego jest bardzo pożądane z punktu widzenia długotrwałego procesu regeneracji kości. Moim zdaniem jednak rozdział „4.3.2. Powłoki polimerowe”, jak sama nazwa wskazuje, powinien być znacznie bardziej rozbudowany i wzbogacony o opis możliwości zastosowań różnych powłok polimerowych, nie tylko chitozanu. Co więcej, z tytułu podrozdziału wynika, że warto było opisać powłoki nie tylko biodegradowalne, ale również niebiodegradowalne (klasyczne). Gdyby jednak skupić się tylko na samych biodegradowalnych, warto było przytoczyć wyniki badań naukowych nad innymi polimerami biodegradowalnymi, jak np. PLA czy PLGA w tym zakresie. Podobnie podrozdział 4.3.2.2. „Berberyna” - moim zdaniem powinien być znacznie bardziej rozbudowany z uwagi na fakt, że aspekty badawcze związane z tą substancją czynną zawarte w części eksperymentalnej pracy zostały dość szeroko opisane. Część teoretyczną kończy podsumowanie, co moim zdaniem jest bardzo ciekawym i korzystnym dla czytelnika rozwiązaniem, które podkreśla istotę opisywanej części teoretycznej pracy.

### **Analiza części eksperymentalnej**

Część eksperymentalną rozprawy słusznie rozpoczynają cel i teza pracy, które są jasno i zwięźle sformułowane. Brakuje mi jednak akapitu z zakresem pracy, ale nie jest to błąd, ponieważ z tekstu można doszukać się tegoż zakresu. Opracowanie (zaprojektowanie) implantu zostało opisane w detalach i zanalizowane pod kątem wytrzymałości mechanicznej z wykorzystaniem metod numerycznych, co świadczy o gruntownej znajomości literatury i doświadczeniu Autorki w tym zakresie i co pozwoliło na rzetelne zaplanowanie eksperymentu.

Aby zrealizować cele, Autorka w przemyślany sposób opracowała plan prac badawczych, które podzieliła kolejno na trzy etapy: a) ocena wstępna wytworzonych próbek (określenie jakości wytworzonych próbek oraz ich własności w stanie wyjściowym), b) funkcjonalizacja powierzchni próbek z wykorzystaniem metod elektrochemicznych (utlenianie anodowe oraz plazmowe utlenianie elektrolityczne) oraz ocena wpływu przeprowadzonej modyfikacji elektrochemicznej na ich właściwości i c) funkcjonalizacja powierzchni próbek po wybranej modyfikacji elektrochemicznej z wykorzystaniem biodegradowalnej powłoki polimerowej, jak również ocena wpływu powłoki na własności implantu.

W dalszej kolejności opisano zastosowane metody modyfikacji uwzględniając funkcjonalizację powierzchni z wykorzystaniem metod elektrochemicznych oraz biodegradowalnej powłoki polimerowej. Autorka scharakteryzowała cechy fizykochemiczne otrzymanego skafoldu poprzez ocenę: a) porowatości rzeczywistej, b) własności mechanicznych, c) topografii powierzchni d) składu chemicznego EDS i XPS, e) składu fazowego XRD, f) własności korozyjnych g) zwilżalności powierzchni, h) zdolności uwalniania jonów do środowiska zewnętrznego (PBS) i) stopnia uwalniania substancji czynnej (tu berberyny) oraz cytotoksyczności. Kolejny i najważniejszy rozdział rozprawy obejmuje opis wyników badań wraz z ich dyskusją. Autorka kolejno opisuje ocenę zgodności wymiarowej wytworzonych próbek z zaprojektowanym modelem, wyniki mikrotomografii, która potwierdziła otwarty charakter wytworzonej struktury z zachowaną jednolitą geometrią wytworzonych porów oraz belek w całej objętości próbki. Badania struktury metalograficznej implantów wykazały typową dwufazową strukturę  $\alpha+\beta$  charakterystyczną dla stopu Ti6Al4V. Analiza porowatości otrzymanego materiału wykazała zbliżoną wartość gęstości materiału wyznaczoną na podstawie pomiarów hydrostatycznych i gęstości litego Ti6Al4V podanej przez producenta materiału. Badania wytrzymałości mechanicznej zaprojektowanych implantów potwierdziły

ich realny potencjał aplikacyjny. Wyniki badań nad funkcjonalizacją powierzchni metodami elektrochemicznymi, wykazały niewielkie zmiany morfologii powierzchni zależne od zastosowanej metody i o ile utlenianie anodowe nie wpłynęło na zmianę morfologii, o tyle w wyniku działania plazmowego utleniania elektrolitycznego zaobserwowano wytworzenie na powierzchni licznych mikroporów o nieuporządkowanym charakterze, ale relatywnie jednolitej wielkości i jednorodności. Biorąc pod uwagę wyniki badań dotyczących topografii powierzchni, Autorka wykazała, że zaprojektowane wysokoporowate implanty wytworzone w technologii SLM z Ti6Al4V charakteryzują się otwartą strukturą, wysoką porowatością oraz rozwiniętą topografią powierzchni wynikającą z obecności nie w pełni przetopionego proszku na całej powierzchni implantu. Wytworzona warstwa tlenkowa charakteryzuje się wysoką gładkością oraz hydrofilowością. Analiza składu powierzchni badanych implantów wykazała, że plazmowe utlenianie elektrolityczne pozwoliło na wytworzenie hierarchicznej struktury powierzchni, zaś wbudowanie w wytworzoną warstwę wierzchnią fosforu i wapnia (pochodzące z kąpeli elektrolitycznej) poprawiło zwilżalność powierzchni. Zastosowane modyfikacje elektrochemiczne ograniczyły ilość jonów metali przenikających do środowiska. Odnotowano nawet dwukrotny spadek ilości jonów Ti i V w przypadku modyfikacji PEO oraz Al w przypadku utleniania anodowego. W pracy wykazano również, że zastosowanie hybrydowej modyfikacji elektrochemicznej z powłoką polimerową istotnie ogranicza uwalnianie się jonów metali (Ti, Al., V), jak również fosforu i potasu (modyfikacja PEO) do symulowanego środowiska tkankowego w pierwszych tygodniach ekspozycji. Doktorantka w swoich badaniach wykazała, że powłoki chitozanowe zawierające fizycznie zimmobilizowaną berberynę mogą z powodzeniem stanowić nośniki substancji czynnych o przedłużonym działaniu, co ma ogromne znaczenie z punktu widzenia nowoczesnych systemów kontrolowanego uwalniania leków, nad którymi prowadzone są aktualnie bardzo intensywne badania, między innymi w obszarze inżynierii tkankowej. Co więcej, Doktorantka potwierdziła, że powłoka chitozanowa bez dodatku substancji aktywnej oraz z berberyną o niskim stężeniu (stosunek wagowy 300:1) pozytywnie wpływają na odpowiedź komórkową poprzez wspomaganie proliferacji oraz aktywności metabolicznej fibroblastów. Moim zdaniem, wybór polimeru był jak najbardziej uzasadniony, ponieważ chitozan jest jednym z najlepiej poznanych polimerów wykorzystywanych w biomedycynie, z uwagi na swoje przeciwdrobnoustrojowe własności, co jest niezwykle istotne w pierwszej fazie po implantacji wpływając na proces osteointegracji.

Podsumowując część eksperymentalną rozprawy doktorskiej stwierdzam, że zaplanowany przez Autorkę zakres prac został zrealizowany, zaś wyznaczony cel pracy został osiągnięty. Otrzymane wyniki badań potwierdzają zasadność postawionej hipotezy wskazując na możliwość zastosowania wysokoporowatego implantu międzykręgowego poddanego hybrydowej metodzie modyfikacji powierzchni w inżynierii tkankowej. Opracowana przez Doktorantkę hybrydowa metoda modyfikacji powierzchni tegoż substytutu kostnego pozwoliła na poprawę jego funkcjonalności poprzez wytworzenie warstwy barierowej o korzystnych właściwościach fizycznych i chemicznych umożliwiających ograniczenie przenikania jonów metali do środowiska, stymulującą proliferację i aktywność metaboliczną komórek zapewniając tym samym odpowiednie warunki do osteointegracji. Oryginalność podjętego problemu badawczego, jakim była poprawa funkcjonalizacji powierzchni implantu, powinna znaleźć aprobatę wśród czytelników, w tym pracowników naukowych prowadzących badania nad nowoczesnymi, innowacyjnymi rozwiązaniami czy technologiami poprawiającymi funkcjonalność implantów, co jest kluczowe z punktu widzenia poprawy jakości życia pacjenta po implantacji.



## Uwagi krytyczne

### Część teoretyczna:

**Strona 10:** Jeżeli w tekście skrót stosowany jest pierwszy raz, powinien zostać wyjaśniony (mowa tu o PEEK)

**Strona 12:** [1], [2], [3]. Moim zdaniem bardziej czytelnie byłoby [1-3]

**Strona 17:** [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]. J.w. [11 – 18].

**Strona 23:** [31], [32], [47], [50], [51], [52]. Bardziej czytelnie byłoby: [31, 32, 47, 50 – 52]

**Strona 25:** Materiały ceramiczne, do których zaliczane są hydroksyapatyty (HA), fosforan wapnia (CaP), fosforan trójwapniowy (TCP) i bioszko, ze względu na wysokie powinowactwo chemiczne do kości stosowane są w implantologii jako substytuty kości [58]. Proszę skorygować wzór fosforanu wapnia (CaP)

**Strona 27:** „ 2.1.3 Implanty polimerowe” W tej sekcji zabrakło mi wzoru PEEK

**Strona 51:** „Występować może w dwóch postaciach: homopolimeru. ( $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2deoksy-D-glukopiranozy) i kopolimeru ( $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2deoksy-D-glukopiranozy lub  $\beta(1\rightarrow4)$ -2-acetomido-2-deoksy-D-glukopiranozy)(Ryc.16.)” Powinno być ( $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2deoksy-D-glukopiranozy) i kopolimeru ( $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2deoksy-D-glukopiranozy i  $\beta(1\rightarrow4)$ -2-acetamido-2-deoksy-D-glukopiranozy) (Ryc.16.)”

Ryc. 16 przedstawia jedynie homopolimer ( $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2deoksy-D-glukopiranozy). Jak powinna wyglądać struktura kopolimeru? Tym bardziej, że na stronie 64 Autorka pisze: „Do przygotowania powłoki użyto chitozanu w postaci niskomolekularnego proszku o stopniu decylacji  $\geq 75\%$  (Sigma-Aldrich)”. Zatem, jeżeli stopień deacetylacji był powyżej 75%, tzn. że część chityny nie uległa deacetylacji.

**Strona 50:** „Zastosowanie wysokich prądów pozwala na uzyskanie przebicia tworzącej się w początkowej fazie warstwy pasywnej powodując wybicia elektronów i tworzenie się wiązki plazm” – proszę o wyjaśnienie tego dość skomplikowanego, moim zdaniem, dla czytelnika zdania. Znamy mi jest wysokie natężenie lub napięcie prądu, natomiast prosilibym o wyjaśnienie stwierdzenia „wysokie prądy”

**Strona 52:** [186], [187], [188], [189], [190], [191], [192], [193]. Moim zdaniem: [186 – 193] „Berberyna jest alkaloidem izochinowym...” Zabrakło mi wzoru berberyny

### Część eksperymentalna:

**Strona 60:** „Ryc.18A. Model zaprojektowanego implantu” Brak na rysunku bądź w opisie rysunku jednostek miary (mm?).

**Strona 64:** „Do przygotowania powłoki użyto chitozanu w postaci niskomolekularnego proszku o stopniu decylacji  $\geq 75\%$  (Sigma-Aldrich)” powinno być: Do przygotowania powłoki użyto chitozanu o niskiej masie cząsteczkowej i stopniu **deacetylacji**  $\geq 75\%$  (Sigma-Aldrich).

**Strona 65:** „Chitozan umieszczono w butelkach szklanych, a następnie zalano 100 ml przygotowanego 2% kwasu octowego”. Drobną błąd językowy: Chitozan umieszczono w butelkach szklanych, a następnie zalano 100 ml **przygotowanego** 2% kwasu octowego

**Strona 66:**

„Wytworzone i modyfikowane próbki przed przystąpieniem do badań sterylizowano radiacyjnie wiązką wysokoenergetycznych elektronów (25kGy)” Czy znane są doniesienia literaturowe dotyczące wpływu różnego rodzaju sterylizacji na własności berberyny?

„Zgłady wytrawiono w 8% HF” Proszę o wyjaśnienie skrótu HF.

**„3.2.5. Ekspozycja na środowisko imitujące środowisko tkankowe**

W celu zbadania wpływu środowiska na badane implanty próbki eksponowano na warunki imitujące środowisko tkankowe. Próbki z wszystkich badanych wariantów umieszczono w szczelnych pojemnikach wypełnionych 100 ml PBS (0,14 M NaCl, 2,7 mM KCl, 0,01 M PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, pH 7,4) i przetrzymywano w 37°C przez 2, 4 oraz 6 tygodni”

W tym miejscu po raz pierwszy pojawia się skrót PBS, który powtórzony jest w pracy jeszcze 21 razy i nigdzie nie jest wyjaśnione, co *de facto* ten skrót znaczy. Proszę o wyjaśnienie.

**Strona 72:** PSB czy PBS, proszę o wyjaśnienie co oznacza ten skrót.

**Strona 85:** Czy można mówić o tlenku rutyli? Czy tlenku tytanu?

**Strona 87:** Czy gęstość masy jonów powinna być wyrażona w mikrogramach na cm<sup>2</sup>?

**Strona 97:** Ryc. 44 B. Podpis powinien brzmieć Ryc.44B. Wykres kumulowany ilości berberyny uwalnianej do środowiska dla ChtBBR low

Biorąc pod uwagę dane z tabeli 13 (str. 94), naniesionej warstwy polimerowej ChtBBR low na scaffold było 8,4mg, zatem uwzględniając stosunek masy polimeru do substancji aktywnej (berberyny) 300:1 wynika iż maksymalnie w tej warstwie mogło znajdować się 28 µg berberyny. Zaś rysunek 44B (str. 97) wskazuje iż w ciągu 45 dni uwolniło się ponad 50 µg berberyny. Proszę o wyjaśnienie tego faktu. W przypadku warstwy z ChtBBR low nie mam zastrzeżeń ponieważ z obliczeń i wykres wynika, iż cała zimmobilizowana berberyna została uwolniona w przeciągu 45 dni.

**Strona 105:** „Najlepszymi właściwościami barierowymi charakteryzował się powłoka Cht, dla której odnotowano najmniejsze stężenia pierwiastków metalicznych przenikających do roztworu, a jony wanadu stwierdzono dopiero po 6 tygodniach inkubacji w stężeniu o 85% mniejszym niż w przypadku próbek w stanie wyjściowym” Z czego może wynikać fakt, że powłoka z czystego chitozanu wykazała najlepsze własności barierowe?

Ta sama strona: „Obecność warstw polimerowych poprawiła zwilżalnością implantów” (zwilżalność?)

**Strona 106:** „Dla obu powłok wykazano wysoki wyrzut berberyny utrzymany w 4 pierwszych dniach inkubacji oraz utrzymujące się uwalnianie berberyny pomiędzy 30 a 45 dniem pomiarów. W badaniach nad berberyną często obserwuje się szybki wyrzut substancji, przy czym spadek kinetyki uwalniania berberyny do środowiska często następuje już w pierwszych 12 h ekspozycji na środowisko [203], [232], [233], [234]”

Słowo „wyrzut” zdecydowanie moim zdaniem tu nie pasuje, zdecydowanie lepiej brzmiałoby „stopień uwolnionej substancji czynnej”

„Kinetykę uwalniania berberyny można kształtować poprzez odpowiedni dobór technologii łączenia z materiałem matrycowym oraz odpowiedni dobór materiału matrycy polimerowej” – czy ma Pani jakiś pomysł, jak w tym przypadku można by zmniejszyć „burst effect” berberyny?

**Strona 109:** Drobne uwagi językowe we wnioskach:

- Plazmowe utlenianie elektrolityczne wysokoporowatych implantów pozwala na wytworzenie hierarchicznej struktury powierzchni, wbudowanie w wytworzoną warstwę wierzchnią P i Ca, **poprawię** zwilżalność powierzchni.
- „.....Degradacja **powłok chitozanej** trwa >6tygodni”

### **3. Wniosek końcowy**

Przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska charakteryzuje się wysokim poziomem merytorycznym i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Problematyka pracy jest przedmiotem badań wielu ośrodków naukowych na całym świecie, ponieważ optymalizacja powierzchni implantu w celu zachowania jego najlepszej funkcjonalności, z jednoczesnym brakiem negatywnego oddziaływania biologicznego na organizm, jest kluczowym czynnikiem determinującym efektywne działanie biomateriału, co jest niezwykle istotne w kontekście zdrowia pacjenta. Autorka wykazała, że posiada dużą wiedzę i umiejętności w tym zakresie, potrafi dobrze zaplanować eksperyment i prawidłowo zinterpretować wyniki, co świadczy o Jej dojrzałości naukowej. Zamieszczone w recenzji uwagi krytyczne nie umniejszają wysokiej ocenie pracy. Tym samym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Ady Orłowskiej spełnia wymagania prac doktorskich zapisanych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018r – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce oraz wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.



