



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Kraków, 15 grudzień 2017

Prof. nzw. dr hab. Władysław Węglarz
Zakład Tomografii Magnetyczno-Rezonansowej
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
W Krakowie

Recenzja pracy na stopień doktora nauk fizycznych w dziedzinie biofizyka, mgr inż. Doroty Zalitacz, zatytułowanej „Badanie hydratacji ludzkich tkanek keratynowych”, wykonanej pod opieką promotora dr hab. Huberta Harańczyka.

Celem przedstawionej mi do recenzji pracy doktorskiej było zbadanie mechanizmów absorpcji wody do powierzchni włosów, różniących się pigmentacją oraz dodatkowo włosów ciemnych pokrytych różnymi substancjami pielęgnującymi, przy wykorzystaniu metod relaksacji i spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ).

Zagadnienie którego zbadania podjęła się doktorantka jest interesujące, jako że własności hydratacyjne mają istotne znaczenie dla utrzymania włosów w dobrej kondycji i zdrowiu, zwłaszcza w kontekście korzystania ze środków do ich pielęgnacji. Zastosowanie w tym celu metod MRJ jest zagadnieniem nowatorskim, a przy tym mającym praktyczny aspekt.

Przedstawiona do oceny rozprawa jest zredagowana w logicznym porządku. Zawiera krótkie Wprowadzenie, w którym Doktorantka przedstawiła cel pracy, trzy rozdziały opisujące ogólne własności badanych materiałów oraz dwa rozdziały przedstawiające podstawy teoretyczne magnetycznego rezonansu jądrowego oraz izotermy sorpcyjnej. Kolejne trzy rozdziały zawierają opis badanych próbek i zastosowanych metod pomiarowych, opis uzyskanych wyników oraz dyskusję. Rozprawa zakończona jest rozdziałem zawierającym wnioski a także spisem literatury, spisem publikacji Doktorantki oraz spisem rysunków i tabel. Całość rozprawy zawarta jest na 122 stronach, zawiera 56 rysunków i 11 tabel a także odniesienia do 89 pozycji literaturowych.

W rozdziale pierwszym Doktorantka dość dokładnie opisuje klasyfikację, skład i cykl wzrostu włosów, a także ich szczegółową budowę przestrzenną na poziomie mikroskopowym i molekularnym. Opisuje też dokładniej integralne oraz powierzchniowe lipidy jak również pigmentację włosów, zależną od rodzaju i ilości melaniny.

W rozdziale drugim Doktorantka omawia własności makroskopowe i wiązania chemiczne cząsteczek wody w kontekście sorpcji wody przez włosy, a w szczególności udział wiązań wodorowych w sorpcji wody przez keratynę stanowiącą główny składnik włosów.

Rozdział trzeci poświęcony jest omówieniu budowy oraz własności fizykochemicznych egzogennych substancji używanych do pielęgnacji włosów, które były wykorzystane podczas badań stanowiących przedmiot rozprawy: soli sodowej siarczanu oksyetylenowanego alkoholu laurylowego (SLES), hydrolizatu białka jedwabiu, kolagenu i inuliny. Te trzy rozdziały pozwalają czytelnikowi na zapoznanie się z przedmiotem badań zamieszczonych w rozprawie doktorskiej.

Rozdział czwarty zawiera elementy teorii magnetycznego rezonansu jądrowego obejmujące zagadnienia momentu magnetycznego, magnetyzacji, relaksacji poprzecznej i podłużnej, a



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

także dość szczegółowy opis analizy sygnału swobodnej precesji dla składowych pochodzących od ciała stałego oraz cieczy (wody). W rozdziale tym opisana jest też sekwencja CPMG służąca do pomiaru czasu relaksacji T_2 . Informacje zawarte w tym rozdziale, zawierające wiedzę podręcznikową, chociaż generalnie są poprawne merytorycznie, to przedstawione są nieco chaotycznie, w sposób jak sądzę trudny do śledzenia przez osoby spoza dziedziny magnetycznego rezonansu jądrowego. Przykładowo, Doktorantka poprawnie wspomina o podejściu klasycznym i kwantowym do opisu zjawiska MRJ, ale dość dowolnie i niekonsekwentnie przechodzi na przemian z jednego opisu do drugiego w tekście rozprawy (podrozdziały 4.1-4.3). Innym przykładem braku systematyczności opisu jest użycie terminu równania Blocha w podrozdziale 4.5, w kontekście relaksacji spinowo-sieciowej, bez wcześniejszego wprowadzenia i przedstawienia tych równań *explicitie*, co w naturalny sposób można było i należało zrobić w końcowej części podrozdziału 4.3. Są też w tym rozdziale stwierdzenia, z którymi nie sposób się zgodzić. Pierwsze, na str. 38: „Czasy relaksacji podłużnej i poprzecznej różnią się od siebie. Jest to spowodowane tym, iż na magnetyzację składa się wypadkowa suma momentów magnetycznych jąder znajdujących się w próbce.” Jak wiadomo z teorii relaksacji jądrowej BPP (jak również z kilkudziesięcioletniego doświadczenia w pomiarach relaksacyjnych MR) są sytuacje, w których te czasy relaksacji, dla danej substancji są sobie równe. Inne stwierdzenie na stronie 40: „Najlepszym sposobem opisującym składową stałą sygnału zaniku swobodnej precesji jest zastosowanie funkcji Gaussa, która jest złożeniem wielu eksponent”, czytane literalnie w całości również nie jest prawdziwe. Wprawdzie, w wielu przypadkach funkcja Gaussa dobrze lub wystarczająco dobrze opisuje kształt sygnału FID pochodzący od frakcji stałej spinów, ale z pewnością nie jest to złożenie funkcji eksponencjalnych. Ze względu na brak wskazania w tekście odnośników do literatury, na podstawie której zostały te zdania zredagowane, trudno jest stwierdzić czy sformułowania te są niezbyt precyzyjnymi skrótami myślowymi, czy też wynikają z mylnego rozumienia tych zagadnień. Doktorantka powinna to wyjaśnić podczas obrony. Niezbyt liczne odniesienia do literatury są zresztą słabością tego rozdziału. Inna zauważona nieścisłość, w objaśnieniu wzorów 4.35 i 4.36 na str. 37, wynika zapewne z nieprecyzyjności sformułowania: „w chwili $t = 0$... równanie różniczkowe posiada rozwiązanie: ...”, podczas gdy w rzeczywistości rozwiązanie to istnieje dla wszystkich $t \geq 0$, co widać wprost z równania 4.36.

Strona redakcyjna tego rozdziału przedstawia wiele do życzenia. Objawia się między innymi faktem występowania w tekście kilku równoważników zdań, mających być prawdopodobnie tytułami podrozdziałów, co najwyraźniej zostało przez Doktorantkę przeoczone w trakcie formatowania ostatecznego tekstu. Przykłady: „Energia oddziaływania momentu magnetycznego z zewnętrznym polem magnetycznym” na str. 32, „Ruch magnetyzacji dla próbki umieszczonej w stałym polu magnetycznym” na str. 34, oraz „Widmo absorpcji” na str. 42. Występują też niekonsekwencje w oznaczeniach np. pomiędzy wzorami 4.47 a 4.48 i 4.49, jak również pomiędzy parametryzacją funkcji Lorentza w podrozdziałach 4.6.3 oraz 4.6.4. W tym kontekście, warto byłoby w pracy zamieścić spis używanych symboli i oznaczeń, co pozwoliłoby na ich ujednoczenie i usprawniło śledzenie w tekście. Generalnie w rozdziale 4.6 który zgodnie z tytułem ma dotyczyć sygnału swobodnej precesji, a więc domeny czasu, widać nieco chaotyczne pomieszczenie opisu w domenie czasu i w domenie częstości. Wprawdzie, w ostatnim podrozdziale 4.6.4, Doktorantka wyjaśnia relacje pomiędzy tymi dwoma opisami, dla sygnału pochodzącego zarówno od frakcji spinów ciała stałego jak i cieczy, ale w mojej ocenie podrozdział ten lepiej byłoby usytuować wcześniej. Pozwoliłoby to uniknąć używania niezdefiniowanych wcześniej pojęć takich jak „linia absorpcji” czy „linia MRJ” odnoszących się do domeny częstości, we wcześniejszym podrozdziale 4.6.1



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

dotyczącym domeny czasu. Ostatnie zastrzeżenie do tego rozdziału dotyczy używania języka potocznego, przykładowo „(ro)zwijanie się magnetyzacji w wachlarz” na str. 39, 44 czy 45, zamiast terminologii fizycznej adekwatnej do opisywanych zagadnień, takich jak faza i amplituda składowych magnetyzacji.

W rozdziale piątym Doktorantka szczegółowo omawia trzy modele służące do opisu izotermi sorpcyjnej, to jest model Denta oraz będące jego szczególnymi przypadkami modele BET i Langmuira. W szczególności omawia dwie formy parametryzacji/prezentacji modelu, z których tzw. forma paraboliczna pozwala na stosunkowo łatwą interpretację uzyskanych wyników doświadczalnych. Rozdział ten zredagowany jest zwięźle, ale wystarczająco precyzyjnie dla zrozumienia teorii tej metodologii, w zakresie wykorzystywanym w rozprawie doktorskiej.

Rozdział szósty poświęcony jest przygotowaniu materiału badawczego, metodyce pomiarów metodami magnetycznego rezonansu jądrowego w domenie czasu w polu 0.7 T oraz w domenie częstotliwości w polu 7,05 T, metodyce analizy liczbowej otrzymanych danych pomiarowych a także opisowi dodatkowych badań wykonanych techniką mikroskopii elektronowej. Do badań Doktorantka wykorzystwała włosy ciemne, rude oraz siwe. Ponadto dla włosów ciemnych wykonała również analogiczne pomiary po umyciu preparatem SLES i następnie pokryciu substancjami egzogennym. Hydratacja próbek włosów była wykonywana z fazy gazowej, przez umieszczenie w eksykatorach nad nasyconymi roztworami soli. Dla każdej grupy próbek włosów, Doktorantka wykonywała pomiary kinetyki hydratacji oraz izotermi sorpcyjnej. Ponadto przy pomocy metod MRJ wykonywała zmierzyła czasy zaniku sygnału swobodnej precesji (FID) dla jąder wodoru w polu 0.7T oraz uzyskała i przeanalizowała widma ^1H NMR oraz wykonała pomiary czasu relaksacji T_2 metodą CPMG w polu 7.05 T. W rozdziale tym Doktorantka opisuje też używaną aparaturę: spektrometr impulsowy WNS HB65 firmy Waterloo NMR Spectrometers używany do pomiarów w niskim polu magnetycznym oraz spektrometr Bruker Avance III 300 MHz używany do rejestracji widm w wysokim polu magnetycznym. W kolejnym podrozdziale krótko omawia oprogramowanie używane do analizy danych: programy CracSpin oraz Origin, zaś na koniec w kilku zdaniach wspomina o metodzie mikroskopii elektronowej.

Największy objętościowo rozdział siódmy (40 stron) zawiera przedstawienie uzyskanych wyników. W podrozdziale 7.1 Doktorantka omówiła wyniki kinetyki hydratacji włosów o różnej zawartości melaniny oraz włosów ciemnych pokrytych substancjami egzogennymi. We wszystkich przypadkach stwierdziła jednoeksponecjalny przebieg krzywej kinetyki dla uwodnień względnych poniżej 0,44, zaś dwuesponencjalny przy uwodnieniach wyższych. Parametry dopasowania opisujące udziały frakcji wody najściślej związanej (nieusuwalnej przy suszeniu), ściśle związanej oraz luźno związanej jak również odpowiadające im czasy hydratacji, przedstawione w Tab. 3 różnią się dla poszczególnych rodzajów włosów. Dotyczy to zwłaszcza włosów siwych. Analogiczne wyniki, otrzymane dla włosów ciemnych, pokrytych różnymi substancjami egzogennymi, przedstawione w tab. 4 również wykazują różnicowanie, jednakże wyraźnie mniejsze niż pomiędzy włosami o różnej pigmentacji. Tu nasuwa się pytanie dlaczego badania wpływu substancji egzogennych zostały ograniczone do włosów ciemnych i z czego wynikał ich wybór do badań? Wydaje się, że interesujący byłby wpływ zastosowania tych substancji w przypadku włosów siwych, których hydratacja wyraźnie odbiega od pozostałych. Ponadto, po przyjrzeniu się zamieszczonym wykresom, nasuwa się pytanie dlaczego na praktycznie każdym z nich liczba dopasowanych krzywych jest większa niż liczba serii pomiarowych, przy czym niektóre dopasowania znacząco odbiegają od położenia punktów pomiarowych (np. na rys. 22b)? Czy są to dopasowania różnych modeli hydratacji? W tekście pracy nie jest to wyjaśnione. Ponadto na kilku



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

wykresach nie ma pokazanego wyniku dla hydratacji przy wilgotności 9%, a dla jednego (rys. 22b) również dla wilgotności 23%. Z czego to wynika? Na rys. 25 c na str. 63 wydaje się że błędnie są opisane serie pomiarowe, ponieważ najmniejsza hydratacja jest pokazana dla wilgotności względnej 52%, co nie jest wiarygodne. Rysunek ten dodatkowo ma numerację niezgodną z kolejnością, zdublowaną i nie jest uwzględniony w spisie rysunków na końcu pracy.

W podrozdziale 7.2, dotyczącym izotermy sorpcyjnej Doktorantka stosuje model Denta, jako lepiej opisujący wyniki niż model BET, co prawidłowo uzasadnia w oparciu o paraboliczną formę izotermy przedstawioną na rys. 23, dla włosów o różnej pigmentacji. Niestety, brak jest podobnego uzasadnienia dla wyników uzyskanych dla włosów pokrytych substancjami egzogennymi, gdzie również zastosowała do opisu model Denta. Tym razem zarówno w tabeli wyników jak i na wykresach przedstawia tylko wyniki uzyskane dla formy sigmoidalnej. Z czego to wynika? Zastanowienie budzi też niespójność opisu tekstowego tej części wyników (na str. 72) z wartościami liczbowymi podanymi w tabeli 6. Niektóre wartości podane tekście są inne niż w tabeli. Ponadto, wartości błędów parametru „b” wynoszące (wg. danych z tabel 5 i 6) od 1% do 3%, nie uprawniają do stwierdzenia podanego w tekście o braku różnic wartości tego parametru z wynikami dla włosów o różnej pigmentacji, które to różnice wynoszą pomiędzy 10% a 20%. W tym kontekście Doktorantka powinna też precyzyjniej wyjaśnić, dlaczego dla analizy izotermy sorpcyjnej włosów pokrytych substancjami egzogennymi zastosowano wzór 7.3b.

W podrozdziale 7.3 Doktorantka przedstawia wyniki pomiarów relaksacyjnych $^1\text{H-NMR}$ w niskim polu magnetycznym oraz wynikających z nich zależności hydratacyjnych dla włosów o różnej pigmentacji. Do analizy sygnału swobodnej precesji zastosowała sumę funkcji Gaussa opisującej sygnał pochodzący od protonów matrycy stałej włosów oraz jedną lub dwie funkcje eksponencjalne pochodzące od protonów wody ściśle lub luźno związanej. Uzyskane zależności całkowitego sygnału cieczowego (wyrażonego w jednostkach sygnału od matrycy stałej) od przyrostu masy wody w próbkach wykazały zależność liniową, co świadczy o braku mierzalnych ilości frakcji rozpuszczalnej.

W podrozdziale 7.4 Doktorantka zamieściła wyniki spektroskopii $^1\text{H-NMR}$ w wysokim polu dla włosów o różnej pigmentacji. Otrzymane widma analizowała rozdzielając je na dwie składowe: szeroką gaussowską pochodzącą od protonów ciała stałego oraz wąską o kształcie lorentzowskim, którą przypisała protonom wody związanej. Zależność hydratacyjna, określona analogicznie jak dla pomiarów w niskim polu, również ma charakter liniowy, sugerując brak mierzalnej frakcji rozpuszczalnej w matrycy stałej.

W kolejnym podrozdziale Doktorantka zawarła opis wyników spektroskopii $^1\text{H-NMR}$ w wysokim polu uzyskanych dla włosów pokrytych substancjami egzogennymi, również stwierdzając liniowy przebieg zależności hydratacyjnej.

Wyniki przedstawione w podrozdziałach zawierających pomiary relaksacyjne i spektroskopowe NMR nasuwają kilka uwag, które rozwijam poniżej.

1. Jaki był powód wykonania dla włosów pokrytych substancjami egzogennymi, pomiarów tylko w polu wysokim?
2. Jak Doktorantka tłumaczy różnice w przebiegu zależności hydratacyjnych w polu 0.7 T i 7.05 T. ? Porównanie rys. 27 (niskie pole) z rys 31 (wysokie pole) pokazuje że w polu niskim względna amplituda sygnału cieczowego we włosach ciemnych jest niższa niż dla włosów rudych czy siwych podczas gdy w polu wysokim dla tych samych włosów jest wyższa niż dla dwu pozostałych typów włosów.
3. W polu wysokim ze względu na lepsze parametry jednorodności pola magnetycznego oraz lepszy stosunek sygnału do szumu, teoretycznie powinno się uzyskać dokładniejszy opis



uzyskanych wyników. Dlaczego zatem analiza w polu niskim pozwoliła wyodrębnić do dwu składowych cieczowych, podczas gdy w polu wysokim tylko jedną? Czy obserwowana w niskim zakresie uwodnień zmienność szerokości połówkowej składowej cieczowej (lorentzowskiej) jak również zmiana jej położenia nie jest przejawem bardziej złożonej struktury widma? Zakres $\Delta m/m_0$ tej zmienności odpowiada dość dobrze zakresowi w którym w pomiarach niskopolowych Doktorantka stwierdziła obecność dwu składowych cieczowych. Szczególnie interesujący wydaje się przypadek włosów pokrytych inuliną (rys. 37c). Czy zostały podjęte próby dopasowania więcej niż jednej funkcji Lorentza do składowej wąskiej (cieczowej) sygnali? Być może zmienność szerokości połówkowej oraz położenia linii cieczowej świadczy o obecności dwu składowych wody o różnym przesunięciu chemicznym, wynikającym z różnego otoczenia molekularnego. Niestety, nigdzie nie jest pokazane przykładowe dopasowanie z rozdzieleniem widma na poszczególne składowe i wykresem odchyłek dopasowanej krzywej do danych doświadczalnych, co by ułatwiło odpowiedź na pytanie o sens takiego dopasowania.

4. Nasuwa się też pytanie o znaczne rozrzuty wartości położenia linii Gaussa (zwłaszcza na rys. 38), znacznie większe od zaznaczonych wartości błędów. Czy pomiar był wykonany w dostatecznie szerokim zakresie częstości dla dobrego określenia tej składowej? Czy przy dopasowaniu uwzględniano korektę linii bazowej?

5. O ile w większości przypadków liniowy przebieg zależności hydratacyjnej nie ulega wątpliwości, wydaje się że tak nie jest w przypadku hydrolizatu białka jedwabiu (rys. 36a). Liniowy wzrost sygnału cieczowego w funkcji względnego przyrostu masy w zakresie od 0 do 0,05 ulega wyraźnemu zwiększeniu w zakresie do 0,15, aby następnie powrócić do liniowego przebiegu dla wyższych uwodnień, co jest klasycznym przebiegiem zależności hydratacyjnej w przypadku obecności frakcji rozpuszczalnej. Biorąc pod uwagę własności tego materiału takie zachowanie nie wydaje się niemożliwe. Czy Doktorantka podjęła próbę dopasowania modelu uwzględniającego obecność frakcji rozpuszczalnej?

W rozdziale 7.6 Doktorantka zamieściła wyniki pomiarów wartości czasu T_2 wykonane metodą CPMG, w polu wysokim (jak można się domyślać z kontekstu, bo nie zostało to podane wprost), które porównuje z wartościami T_2^* . W tekście nie ma wyjaśnienia dla jakiego pola otrzymano wartości T_2^* , ale znowu na podstawie zamieszczonych wykresów FID (rys. 42 i 44) można sądzić że było to pole niskie. Autorka dyskutuje różnice wartości odpowiednich składowych dwueksponencjalnych dopasowań T_2 i T_2^* , zauważając oczekiwaną różnicę pomiędzy nimi. Jednakże, biorąc pod uwagę że w polu niskim znaczący wpływ na otrzymane wartości ma jakość magnezu, podczas gdy w polu wysokim należałoby oczekiwać większego wpływu wewnętrznych niejednorodności podatności magnetycznej w próbce takie porównanie nie wydaje się najszcześniejszym pomysłem. Należałoby raczej zestawić osobno wyniki dla pola wysokiego i niskiego. Nasuwa się pytanie, dlaczego w niskim polu nie zostały wykonane pomiary T_2 metodą CPMG, co pozwoliłoby na bardziej bezpośrednie porównanie. Końcowa konkluzja w tym rozdziale, dotyczy braku obserwacji sygnału od lipidów. Czy chodzi o lipidy stałe czy ciekłe? Nie jest to wyraźnie opisane. W pierwszym przypadku obserwacja ta byłaby dość oczywista, biorąc pod uwagę że czas echa w sekwencji CPMG wynosił 50 mikrosekund. Składowa od lipidów powinna być natomiast możliwa do zaobserwowania w widmach otrzymanych w wysokim polu. Czy podjęto próbę analizy widm pod tym kątem? Ostatnia uwaga do tego podrozdziału dotyczy braku oszacowania dokładności parametrów w tabelach 10 i 11.

W rozdziale ósmym Doktorantka przedstawiła obszerną dyskusję otrzymanych wyników, przeprowadzoną w kontekście wyników uzyskanych dla innych materiałów przy pomocy podobnej metodologii eksperymentalnej. Ta część pracy jest zredagowana czytelnie i ze



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

znajomością innych prac promotora dotyczących hydratacji układów porowatych o niskiej zawartości wody.

W rozdziale dziewiątym zawarte są zwięzłe i jasno sformułowane wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

Podstawowym osiągnięciem Doktorantki w przedstawionej pracy było wykonanie systematycznych pomiarów i analizy danych dla trzech rodzajów włosów ludzkich, oraz dla włosów ciemnych dodatkowo po pokryciu ich różnymi środkami pielęgnacyjnymi. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie podobieństw i różnic w mechanizmach hydratacji włosów, również w porównaniu z innymi znanymi z literatury materiałami. Można zatem uznać że cel jaki Doktorantka miała przed sobą postawiony został zrealizowany. Dodatkowo, na podkreślenie zasługuje fakt że Doktorantka jest współautorką czterech publikacji, przy czym w jednej z nich jest pierwszym autorem, co również świadczy o jej zaangażowaniu w prace związane z tematyką rozprawy doktorskiej.

Tym niemniej, lektura rozprawy pozostawia pewien niedosyt, związany przede wszystkim z moim zdaniem nie do końca wykorzystanym potencjałem techniki spektroskopii MR w wysokim polu, która w zasadzie posłużyła tylko do uzyskania analogów wyników otrzymanych w polu niskim. Ponadto, chociaż rozprawa jako całość ma logiczną strukturę, jej strona redakcyjna, zwłaszcza w przypadku niektórych rozdziałów budzi sporo zastrzeżeń. Dotyczy to zwłaszcza rozdziału czwartego, który jest nieco chaotyczny, czy rozdziału siódmego, w którym można byłoby lepiej dopracować prezentację poszczególnych wyników badań. Z drugiej strony są w pracy rozdziały zredagowane zwięzłe a jednocześnie wyczerpująco i kompetentnie, takie jak rozdział piąty czy ósmy. Oprócz wcześniej zasygnalizowanych uchybień, Doktorantka nie ustrzegła się też szeregu drobnych niedoskonałości natury redakcyjnej, które przytaczam z recenzenckiego obowiązku, takich jak literówki na stronach 16, 17, 31, 32, 46, 47, 59, 65, 69, 71, 83, 85, 91 oraz 102 a także nadmiarowe, brakujące lub niewłaściwie użyte wyrazy w zdaniach na stronach 16, 17 (w podpisie rysunku nr 8), 38, 40 oraz 43 (w podpisie rysunku nr 16). Generalnie, można odnieść wrażenie że przed złożeniem pracy do oceny, zabrakło ostatniego krytycznego przejrzanie całości tekstu rozprawy, co w mojej ocenie pozwoliłoby wyeliminować znakomitą większość tych, jak i wskazanych wcześniej uchybień redakcyjnych.

Pomimo tych uchybień, biorąc pod uwagę merytoryczną zawartość pracy stwierdzam że przedstawiona przez mgr inż. Dorotę Zalicz rozprawa doktorska zatytułowana „Badanie hydratacji ludzkich tkanek keratynowych” spełnia wymogi Ustawy o stopniach naukowych i tytułach naukowych, która stwierdza że rozprawa powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dziedzinie naukowej a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zatem wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Doroty Zalicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Władysław Węglarz