

## Opinia

### o rozprawie habilitacyjnej i pozostałym dorobku naukowym dr Wojciecha Hyka w związku z ubieganiem się przez niego o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego

#### Wprowadzenie

Dr Wojciech Hyk, absolwent Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego z roku 1995, uzyskał na tym Wydziale także stopień doktora nauk chemicznych w 2000 roku. Zatrudniony dalej na stanowisku adiunkta w ciągu ostatniego dziesięciolecia przygotowywał rozprawę habilitacyjną. Rozprawa w formie cyklu dziesięciu jednotematycznych publikacji jest zatytułowana „Dyfuzja i migracja cząsteczek i jonów w mikro i nano układach elektrochemicznych”.

Wszystkie prace składające się na rozprawę zostały ogłoszone w bardzo dobrych czasopismach. Gdyby mierzyć je parametrem IF, to średnia wartość tego parametru dziesięciu prac rozprawy wynosi 3,58 na publikację, mimo że wśród tych publikacji jest praca przygotowana na zamówienie do wydawnictwa „Encyclopedia of Analytical Chemistry”, a tego rodzaju publikacje, mimo ich wartości, nie są indeksowane parametrem IF. Inne publikacje z tego zespołu prac były ogłoszone w bardzo znanych czasopismach, takich jak *Analytical Chemistry* (IF = 5,86, 3 publikacje), *Journal of Electroanalytical Chemistry* (IF = 2,90, 2 publikacje) i po jednej w *Electrochemistry Communication* (IF = 4,86), *Journal of Physical Chemistry B* (IF = 3,70), *Electrochimica Acta* (IF = 3,83) i *Journal of Electrochemical Society* (IF = 2,59).

Prace objęte rozprawą mają charakter zespołowy, jednakże nie są to duże zespoły autorów – w pięciu przypadkach dwuosobowe, a najliczniejsze liczą 4 współautorów w przypadku 4 publikacji. W tej sytuacji o roli kandydata w powstawaniu tych publikacji świadczą oświadczenia, a także występowanie kandydata w roli tzw. autora korespondującego. Na podkreślenie zasługuje występowanie dr Hyka w tej roli aż w ośmiu z dziesięciu zgłoszonych w habilitacji prac.

Z oświadczeń, które towarzyszą każdej pracy wchodzącej w skład habilitacji, można stwierdzić, że we wszystkich przypadkach udział dr Hyka w powstawaniu prac jest równy co najmniej 50%, a w przypadku 4 publikacji jest równy 85 i 90%. Na tej podstawie można uznać, że prace składające się na rozprawę habilitacyjną są w istotnym stopniu dorobkiem habilitanta.

#### Ocena rozprawy habilitacyjnej

Tytuł rozprawy, który podałem uprzednio, dobrze odzwierciedla problematykę wszystkich 10 publikacji. Poruszane są w nich różnorakie aspekty elektrochemii w układach z niedoborem lub brakiem elektrolitu podstawowego z zastosowaniem różnych elektrod i różnych metod

elektrochemicznych.

Przy jednorodności zgłoszonych prac można je z grubsza podzielić na dwie główne części. W pierwszej znajdują się zagadnienia teoretyczne, a w drugiej badania eksperymentalne zmierzające do weryfikacji wyprowadzonych równań i przewidywanych zależności, a także realizacja sugestii eksperymentalnych wynikających z rozważań teoretycznych. Ta pierwsza część jest dominująca i z pewnością w niej zawarte są najważniejsze osiągnięcia naukowe kandydata.

Problematyka uwzględnienia wpływu transportu dyfuzyjnego i migracyjnego na procesy elektrodowe była dostrzegana i rozwijana znacznie wcześniej, przy wkładzie w ostatnich latach również autora rozprawy. Badania dr Hyka prowadzą do konkretnych rozwiązań w ramach określonych metod i określonych elektrod z włączeniem mikroelektrod. Badania takie, jak słusznie podkreśla kandydat, tworzą możliwość poznania układów przy bardzo niewielkim stężeniu elektrolitu podstawowego, a w analizie tworzą możliwość pracy w roztworach pozbawionych dodatkowych zanieczyszczeń. Tworzą się także nowe możliwości, w wyniku nieskompensowania pola elektrycznego, różnicowania procesów elektrodowych ze względu na ładunki różnych reagentów zarówno substratów jak i produktów.

W omówieniu swych prac składających się na rozprawę dr Hyk rozważa teoretyczne modelowanie transportu dyfuzyjno-migracyjnego. W tym głównym obszarze swych badań kandydat opublikował cztery prace (H2, H5, H6, H10). Rozpatrywany jest w tych pracach transport do mikroelektrody w obszarze półnieskończonym bez elektrolitu podstawowego. Istotnym osiągnięciem kandydata w tej pracy było uzyskanie analitycznego rozwiązania zespołu równań transportu, uwzględniających dyfuzję i migrację. Kandydat zastosował rozwinięty przez niego schemat całkowania oparty na transformacji zmiennej potencjału elektrostatycznego, który doprowadził go do uzyskania analitycznych rozwiązań, w których stężenia uczestników reakcji wyrażone są w zależności od potencjału. Rozwiązania te w konsekwencji doprowadziły do uzyskania ilościowych zależności opisujących prądy graniczne, graniczny potencjał elektrostatyczny, a także równania fal voltamperometrycznych. Należy podkreślić, że wyrażenia opisujące prąd graniczny dr Hyk podaje w postaci ilorazu, w którym obliczane prądy są odniesione do prądu dyfuzyjnego mikroelektrody ( $I_D^L$ ). Autor rozpatruje stosunki tych prądów dla czterech różnych przypadków zależnych od ładunku substratu ( $z_s$ ), produktu ( $z_p$ ), a także stosunku współczynników dyfuzji tych substancji ( $D_s/D_p$ ).

Formalnie najprostszy wydaje się przypadek, gdy substrat jest obojętną cząsteczką i nie ma ograniczeń dla  $\theta$ , wtedy bowiem zgodnie z przewidywaniami  $I^L / I_D^L \rightarrow 1$ . Można sądzić, że autor widzi tu jednak pewne problemy, bowiem pisząc, że stosunek prądów dąży do jedności, a nie jest wprost równy 1, abstrahuje on od czasu osiągnięcia tej wartości. Spróbujmy zastanowić się nad tym

zagadnieniem. Jest ono szczególnie interesujące, gdy stężenie zanieczyszczeń jonowych w roztworze będzie niezwykle małe, a samojonizacja rozpuszczalnika jest również bardzo mała. Można sądzić, że reakcja może być wtedy zapoczątkowana przy potencjałach znacznie odległych od potencjału równowagowego, mimo że proces w normalnych warunkach (w obecności elektrolitu podstawowego) może być odwracalny. Jest to chyba najbardziej trudny przypadek w zrozumieniu początków procesu. Jak w pobliżu elektrody pracującej może pojawić się wtedy większe stężenie jonów tylko jednego znaku?

Interesujące jest też zagadnienie, gdy bez elektrolitu podstawowego kation-depolaryzator jest zredukowany do obojętnej cząsteczki. Powinna nastąpić wtedy dramatyczna zmiana i przeładownie warstwy podwójnej.

Jak w tym przypadku spełniony jest warunek elektroobojętności, który był przyjęty przy opracowywaniu teoretycznych równań? Powstaje również pytanie, jak w tych warunkach tworzona jest warstwa podwójna i jakiej podlega dynamice?

Mam wrażenie, że w opisanych wyżej sytuacjach w formułowaniu równań w warunku brzegowym powinien się znaleźć ładunek warstwy związany z ładunkiem jonów populujących warstwę podwójną (warstwę sztywną), ponieważ zmiana tego ładunku determinuje po części obserwowany prąd. Oczywiście rozwiązanie takiego przypadku byłoby bardziej złożone.

Zastanawiam się nad przebiegiem eksperymentu chronopotencjometrycznego w takich warunkach. Można sądzić, że przy dużej różnicy potencjałów, bardzo zależnej od gęstości prądu, może zostać zapoczątkowany proces elektrodowy z udziałem rozpuszczalnika. W takiej sytuacji można oczekiwać, że różnica potencjałów może w czasie zamiast jak zwykle wzrastać, przynajmniej przez pewien czas się zmniejsza, gdy pojawiają się składniki jonowe w roztworze.

W pozostałych dwu rozważanych przez kandydata przypadkach, gdy  $z_s \neq 0$ , sytuacja jest prostsza. Natomiast w pierwszym przypadku, gdy  $\Theta = 1$ , a dowolne wartości przyjmują  $z_s$  i  $z_p$ , lecz  $z_s$  oczywiście nie jest równe  $z_p$ , sytuacja w niektórych przypadkach może zbliżać się chyba do dyskusowanego przeze mnie pierwszego przypadku.

Kandydat wyprowadza także analityczne wzory, które opisują fale woltamperometryczne odwracalnych procesów dla przypadku gdy w wyniku reakcji powstaje nienaładowany produkt ( $z_p = 0$ ) oraz procesów ze zmianą znaku ładunku produktu w stosunku do substratu. Pierwsze z tych równań ma logiczną postać. Gdyby założyć, że  $I^L / I_d^L = 1$ , wtedy w zgodzie z oczekiwaniami równanie wyprowadzone sprowadza się do klasycznego równania fali woltamperometrycznej. W drugim przypadku równanie fali jest bardziej złożone. Interesującym wynikiem jest, w przypadku braku elektrolitu podstawowego, przewidywane zjawisko samowzmocnienia prądu faradajowskiego.

Transport w takich warunkach jest migracyjny, liniowo zależny od wartości przyłożonego potencjału, a zależność prądu od potencjału jest właściwie opisywana prawem Ohma.

Dobrze oceniam podanie prostego równania, którym kandydat opisuje wartość prądu granicznego dla dowolnego procesu elektrodowego. Ma ono postać

$$I^L / I_d^L = I_1^L / I_d^L + a \ln(D_p / D_s)$$

gdzie  $I_1^L$  jest prądem granicznym dla przypadku gdy  $D_p = D_s$  w nieobecności elektrolitu podstawowego. Współczynnik  $a$  można tabelaryzować dla dowolnych wartości  $z_s$ ,  $z_p$  i  $z_x$ .

Równanie to poza możliwością wyznaczania współczynników dyfuzji dobrze obrazuje zmiany prądów granicznych. Istotne jest także ustalenie, że uzyskane rozwiązanie, chociaż wyprowadzone dla geometrii hemisferycznej mikroelektrody, będzie słuszne także dla elektrod o innej geometrii z uwzględnieniem, oczywiście, odpowiedniego współczynnika geometrycznego.

W kolejnym fragmencie pracy kandydat omawia transport do mikroelektrody, lecz przy zmiennym stężeniu elektrolitu podstawowego. Mogą tu być dodawane różne elektrolity podstawowe. Rozwiązania uzyskane przy zastosowaniu wcześniej przyjętej metodologii doprowadziły do uzyskania zależności opisujących przede wszystkim prądy graniczne oraz potencjał elektrostatyczny. Jednakże opis analityczny prądów granicznych jest możliwy dla elektrolitu podstawowego typu 1-1.

Interesujący w tej części badań jest przypadek, gdy następuje zmiana znaku ładunku produktu w stosunku do substratu. Podane jest w tym przypadku skomplikowane wyrażenie opisujące stosunek  $I^L / I_d^L$ .

Kandydat zajmował się także problemami transportu sprzężonego z procesem fotoelektrochemicznym w warstwie półprzewodnika oraz reakcją elektrodową w warunkach zmiennej ilości elektrolitu podstawowego. Przykładem takiego procesu mogą być ogniwa fotoelektrochemiczne, na przykład ogniwa słoneczne uczulone barwnikiem.

W rozwiązywaniu sformułowanego układu równań kandydat zastosował także schemat całkowania oparty na transformacji zmiennej potencjału elektrostatycznego.

Opracowana teoria ma znaczenie dla praktyki, ponieważ wiarygodnie po raz pierwszy potwierdziła limitujący charakter transportu masy w pracy ogniwa fotoelektrochemicznego, a także, pokazując wpływy różnych parametrów konstrukcyjnych na gęstości prądów w takich ogniwach, tworzy możliwość lepszej optymalizacji w konstruowaniu takich ogniw.

Ważna jest także możliwość adaptowania opracowanego modelu teoretycznego do modelowania transportu dyfuzyjno-migracyjnego w innych układach elektrodowych opartych na cienkowarstwowych elektrodach.

Dr Hyk zajmował się także działaniem bardzo interesującego cienkowarstwowego i

ultracienkowarstwowego układu podwójnych elektrod w warunkach braku elektrolitu podstawowego. W tym układzie dwie blisko siebie położone płaskie elektrody z roztworem zawierającym tylko substancję elektroaktywną były niezależnie polaryzowane. Produkt elektrotlenienia na jednej z elektrod jest przenoszony do drugiej elektrody, na której zachodzi redukcja. Jak poprzednio, kandydat opracował schemat równań, który rozwiązał uzyskując końcowe analityczne graniczne natężenie prądu faradajowskiego i granicznego potencjału elektrostatycznego między elektrodami. Jest to nietypowy układ, szczególnie dla bardzo małych odległości elektrod, gdy warstwa zubożona ma grubość porównywalną z grubością warstwy podwójnej.

Równania uzyskane mają postać równań uzyskanych w przypadku transportu z półnieskończonego obszaru bez elektrolitu podstawowego do mikroelektrody. Znowu powstają pytania o początek procesu, gdy w roztworze jest obojętny depolaryzator. Czym jest neutralizowany ładunek generowany na jednej z elektrod? Obawiam się, że wtedy układ jest bardziej złożony niż to przedstawiono na rys. 4 omówienia rozprawy (s. 18).

Gdy brak jest elektrolitu podstawowego, wtedy teoria przewiduje duży wpływ współczynników dyfuzji na udział prądu migracyjnego w prądzie granicznym. Jest to bardzo logiczny wynik. Szczególnie ten wpływ jest widoczny, gdy reakcja przebiega ze zmianą ładunku reagenta, gdy warunki graniczne mogą nie zostać osiągnięte, a transport realizowany jest tylko na drodze migracji.

Na tle tej teorii dr Hyk dokonuje także analizy prawdziwości założenia elektroobojętności w dowolnym punkcie układu. Jego rozumowanie jest racjonalne. Rozróżnia dwa przypadki, gdy grubość warstwy podwójnej jest mało znaczącą częścią warstwy zubożonej transportem i gdy warstwa podwójna pokrywa się w znacznym stopniu z warstwą zubożoną. Pierwszy przypadek jest dość prosty.

Autor szerzej analizuje drugi przypadek, gdy odległość między elektrodami pracującymi jest rzędu nanometrów. Czyni to w sposób ilościowy w oparciu o równanie Poissona połączone z wyrażeniem na graniczny potencjał elektrostatyczny. Ogólnie, gdy odległość między elektrodami przekracza 100 nm, wtedy błąd wynikający z przyjęcia zasady elektroobojętności może być pominięty. Rośnie on znacznie, co zrozumiałe, ze zmniejszeniem odległości międzyelektrodowej. Wpływy tego lokalnego nadmiarowego ładunku zależą od rodzaju procesu elektrodowego oraz od współczynników dyfuzji reagentów. Ta praca dowodzi, że autor rozprawy widzi złożoność procesów, wynikającą z powiązania ładunków reakcji elektrodowej i warstwy podwójnej, o których wspominałem wcześniej, co wiąże się z warunkiem elektroobojętności.

Kilka publikacji rozprawy ma ściślejszy związek z eksperymentem. Dr Hyk zajmuje się w nich między innymi metodami wyznaczania współczynników dyfuzji substratu i produktu reakcji elektrodowej w warunkach zmiennej ilości elektrolitu podstawowego. Jest tu przedstawiona możliwość

wyznaczania  $D$  również w nieobecności elektrolitu podstawowego i porównania tych wartości na przykład z wartościami uzyskanymi metodami radiochemicznymi czy optycznymi.

Zaproponowano nową metodę wyznaczania  $D_s$  i  $D_p$  opartą na pomiarach chronoamperometrycznych z podwójnym skokiem potencjału. Równanie podane dla pierwszego skoku potencjału jest oparte na analizie zależności chronoamperometrycznych dla mikroelektrod i pozwala na wyznaczenie  $D_s$ . Metoda proponowana przewiduje też drugi odwrócony skok potencjału, na podstawie którego (znów krzywa  $I-t$ ) wyznaczany jest współczynnik dyfuzji produktu reakcji pierwszego skoku. Można przypuszczać, że oznaczenie współczynnika dyfuzji produktu może być obarczone większym błędem niż współczynnika substratu, ponieważ ten ostatni jest wykorzystywany w oznaczaniu  $D_p$ . Metoda proponowana przez kandydata uwzględnia dowolną geometrię elektrody.

Dr Hyk proponował także alternatywną metodę wyznaczania współczynników dyfuzji, w której wykorzystuje się linearyzowaną zależność granicznego prądu faradajowskiego (w nieobecności elektrolitu podstawowego) od stosunku współczynników dyfuzji.

Podane metody wyznaczania współczynników dyfuzji były sprawdzane przez kandydata dla ferrocenu i jego pochodnych oraz heksacyjanożelazianów, wykazując dobrą zgodność otrzymanych wyników.

Rozprawa zawiera także prace związane z projektowaniem i syntezą nowych układów pochodnych ferrocenu do badań elektroanalitycznych w warunkach zmiennego stężenia elektrolitu podstawowego. Związki te miały służyć do eksperymentalnego potwierdzenia słuszności opracowanych modeli i wyprowadzonych równań. W syntezach dążono do otrzymania związku, który w reakcji elektrodowej z anionu przemieniałby się w kation. Taki układ był utworzony przez połączenie krótkim łańcuchem dwu ugrupowań ferrocenowych, a do łańcucha je łączącego była też na dłuższym łączniku przyłączona grupa  $-\text{COO}^-$ . Utlenianie ( $2e$ ) soli sodowej takiego związku prowadzi formalnie do przejścia od anionu do kationu. Powinien więc wystąpić przewidywany dla takiego typu reakcji elektrodowej efekt samowzmocnienia prądu faradajowskiego. Związek ten nie spełniał dokładnie oczekiwań teorii, ponieważ zachodziła w trakcie badań także homogeniczna reakcja redoks między produktem reakcji i przeciwnie naładowanym substratem. W efekcie w warstwie przyelektrodowej powstaje nienaładowany produkt uboczny. Reakcje te, można przypuszczać, utrudniają dobrą konfrontację teorii z doświadczeniem. Kandydat na podstawie tych doświadczeń prowadzi syntezę i próby z trochę zmodyfikowanym związkiem, który może lepiej spełniać stawiane wymagania.

Dr Hyk wykorzystał także mieszaninę dwu układów redoks, których procesy elektrodowe przebiegają równolegle. Wykorzystano dwie pochodne ferrocenu – nienaładowaną i ujemnie naładowaną, których zarówno potencjały formalne jak i współczynniki dyfuzji były bardzo zbliżone.

Jonowy substrat jednego z reagentów mógł być w takim doborze przeciwnym produktu drugiego równoległego procesu, co prowadziło do wzmocnienia obserwowanego prądu faradajowskiego w odniesieniu do prądu ujemnie zjonizowanej pochodnej ferrocenu. Odwrotnie można było także zmniejszać szybkość transportu przez zamianę ujemnie naładowanej pochodnej w mieszaninie pochodną naładowaną dodatnio.

Kandydat wykorzystywał także swoje koncepcje teoretyczne w badaniach związanych ze zmianami zachodzącymi w bioorganizmach. Badania dotyczyły związków, które utleniając się redukują wolne rodniki w organizmach. Kandydat wiązał z takimi związkami, o charakterze aminokwasów, ferrocen, który był znacznikiem elektrochemicznym. Można było wtedy zmieniając pH zmieniać ładunek substratu i wykazać znaczną zależność prądu granicznego od wypadkowego ładunku cząsteczki i współczynników dyfuzji elektroaktywnych związków, co ma duże znaczenie dla oceny aktywności biologicznej peptydów i enzymów. Ta zależność została wykorzystana do przewidywania możliwych zmian konformacyjnych badanych związków, wywołanych przeniesieniem elektronu. Taka detekcja zmian konformacyjnych produktu reakcji elektrodowej była możliwa przy znacznym niedomiarze elektrolitu podstawowego.

### **Ocena prac nieobjętych habilitacją**

Obok 10 prac objętych rozprawą dr Hyk opublikował jeszcze po uzyskaniu doktoratu 10 dalszych prac. Również i one są ogłoszone w bardzo dobrych czasopismach, w tym 5 w *Journal of Physical Chemistry B* (IF = 3,70). W siedmiu spośród tych publikacji, jak wynika z oświadczenia, udział dr Hyka był przeważający i zawarty w granicach 50–90%.

Część tych prac (6) kandydat poświęcił interesującej problematyce przejść fazowych i transportu substancji w żelach polimerowych. Substancje te i związane z nimi przemiany fazowe znalazły liczne zastosowania.

Kandydat w kilku publikacjach poświęconych żelom zajmował się między innymi opracowaniem teorii transportu masy w takich układach. Prace te pozwoliły oznaczyć rozkłady stężeń substancji, ich ruchliwość, a także zmiany strukturalne ułożenia łańcuchów polimerowych w matrycy żelowej, wywołane zmianami różnych paramaterów.

Badania kandydata w tej tematyce miały charakter zarówno teoretyczny jak i eksperymentalny. W pracach eksperymentalnych między innymi opracowano szybką metodę otrzymywania usieciowanych żeli tworzonych na szkielecie poli(kwasu akrylowego). Istotne jest, że stopień spęcznienia może być regulowany stopniem zjonizowania łańcuchów.

Obok tego dr Hyk zajmuje się także analizą statystyczną oraz problematyką metrologii w analizie

chemicznej. Między innymi na podstawie tych prac można prowadzić głębszą analizę statystyczną wyników pomiarów pochodzących z populacji o dużym stopniu niejednorodności.

Interesująca jest także jego praca analityczna z nową propozycją sekwencyjnego rozcieńczania wzbogaconej próbki.

Reasumując, bardzo dobrze oceniam również te prace naukowe dr Hyka, które nie zostały objęte rozprawą. Dla mnie ma znaczenie również fakt, że tematyka tych prac jest różna od tematyki rozprawy, pokazując wszechstronność zainteresowań kandydata.

Dla pełnego oglądu działalności naukowej kandydata po uzyskaniu przez niego doktoratu należy wspomnieć o jego podręczniku „Analiza statystyczna w laboratorium chemicznym”, który wydany po raz pierwszy w 2000 roku w poszerzonej formie był wydawany jeszcze w 2006 i 2010 roku.

Dr Hyk jest także współautorem zgłoszenia patentowego poświęconego sposobowi rozdzielenia i wyodrębnienia srebra z materiałów zawierających srebro, ołów i miedź.

Jest on również autorem usługi internetowej o nazwie e-stat, która służy do prowadzenia obliczeń statystycznych przez Internet. Jej przydatność w praktyce laboratoryjnej jest dokumentowana dużą i stale rosnącą liczbą użytkowników.

Dr Hyk wygłosił na zaproszenie organizatorów 4 referaty na konferencjach krajowych. Przedstawił także 5 dalszych zgłoszonych referatów w większości na międzynarodowych konferencjach.

Uczestniczył także jako kierownik i główny wykonawca w 3 problemach badawczych.

Te wszystkie prace i podejmowane działania dowodzą bardzo dużej aktywności naukowej kandydata.

### **Ocena końcowa**

Reasumując, stwierdzam, że badania autora objęte rozprawą są wartościowe. Rozwiązują one istotne zagadnienia i rodzą też nowe pytania, co ma także niewątpliwie wartość. O wadze i znaczeniu prac objętych rozprawą świadczy ich opublikowanie w czasopiśmie, w których jest wysoka bariera stwarzana przez recenzentów.

Uwagi, które poczyniłem w recenzji, dotyczą szczególnych przypadków, gdy roztwory badane nie zawierają elektrolitu podstawowego. Są to po części zagadnienia filozoficznej natury, na które nie łatwo znaleźć ścisłą odpowiedź, a uzyskanie analitycznych rozwiązań pewnie jest niemożliwe. Uwagi te w mojej ocenie nie obniżają mojej bardzo dobrej oceny rozprawy habilitacyjnej.

Na podkreślenie zasługują także te prace opublikowane po doktoracie, które nie weszły w skład rozprawy. Również i one zostały ogłoszone w bardzo dobrych czasopiśmie. Ich tematyka odbiega znacznie od tematyki rozprawy, co pokazuje szerokość zainteresowań naukowych kandydata.



Kandydat wykazywał także dodatkowo ożywioną działalność, przedstawiając swe osiągnięcia na konferencjach naukowych.

Jego prace były do tej pory cytowane 211 razy w publikacjach innych autorów, a jego indeks Hirscha jest równy 11. Są to w pełni dobre wskaźniki dla osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego. Dlatego też bez wątpliwości stawiam wniosek o przyznanie dr Wojciechowi Hykowi tego stopnia.



prof. dr hab. Zbigniew Galus