

## Recenzja

### **dorobku przedłożonego do oceny w postępowaniu o stopień naukowy doktora habilitowanego dr Piotra Sawosza**

Przedmiotem oceny jest:

- Osiągnięcie naukowe dr Piotra Sawosza, które stanowi podstawę o ubieganie się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna;
- pełny dorobek publikacyjny i osiągnięcia naukowe dr Piotra Sawosza wraz ze wskaźnikami bibliometrycznymi w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, a także dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski.

Ocena została wykonana w związku z przewodem habilitacyjnym prowadzonym w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęczka Polskiej Akademii Nauk w Warszawie na zlecenie Zastępcy Dyrektora Instytutu ds. Naukowych, Pani prof. dr hab. inż. Doroty G. Pijanowskiej na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej. Ocena dotyczy zarówno opinii o osiągnięciu wskazanym jako dorobek habilitacyjny, jak i o pozostałym dorobku naukowym, dydaktycznym, organizacyjnym i popularyzatorskim.

## 1. Ocena formalna

Otrzymane dokumenty stanowią wystarczający materiał do dokonania analizy dorobku naukowego w przewodzie habilitacyjnym. Spełniają one wymogi formalne w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

## 2. Podstawowe dane o Habilitancie

Dr Piotr Sawosz jest absolwentem Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej. Tytuł zawodowy mgr inż. uzyskał w 2005r.

W 2013 uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora nauk medycznych w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie biocybernetyka i inżynieria biomedyczna nadany przez Radę Naukową Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęczka Polskiej Akademii Nauk, tytuł rozprawy „Czasowo-rozdzielcze obrazowanie propagacji światła w tkankach z wykorzystaniem kamery o wysokiej czułości” (Promotor: Prof. dr hab. inż. Adam Liebert).

Dr Piotr Sawosz **nie ubiegał się** uprzednio o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.

## Zatrudnienie

Od 2005r. do 2013 r. habilitant był zatrudniony jako asystent, a następnie od 2013 r. jako adiunkt w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęczka Polskiej Akademii Nauk. Od 2015 jest Kierownikiem Pracowni Optyki Biomedycznej w Zakładzie Metod Obrazowania Mózgu i Badań Czynnościowych Układu Nerwowego IBIB PAN.

### 3. Ocena głównego osiągnięcia naukowego

Dr Piotr Sawosz za osiągnięcie naukowe w postępowaniu o stopień doktora habilitowanego uznał cykl powiązanych tematycznie 7 oryginalnych publikacji naukowych, któremu nadał tytuł: „Spektroskopia w bliskiej podczerwieni - metody poprawy czułości pomiaru na zmiany utlenowania kory mózgowej”.

Podkreślić należy, iż wspomniane prace zostały opublikowane w znaczących periodykach naukowych o dużym stopniu oddziaływania.

Kandydat odgrywał wiodącą rolę w procesie realizacji badań oraz powstawania publikacji wieloautorskich. W trzech pracach jest pierwszym autorem, w jednej drugim. Kluczowym jest fakt, iż prace oparte są na badaniach Habilitanta nad możliwościami poprawy efektywności metody spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIRS) stosowanej w celu nieinwazyjnej oceny utlenowania mózgu - wskazującego na funkcję danego rejonu kory mózgowej.

Habilitant zajmuje się bardzo cenną, bo nieinwazyjną metodą badania utlenowania tkanek: nerwowej (na marginesie Habilitant używa czasem nieprawidłowego terminu: tkanka mózgowa) oraz mięśniowej. Tytuł dzieła najwyraźniej zawiera błąd stylistyczny [powinno być: (...) pomiaru zmian (...) ?]. Metoda NIRS jest też wykorzystywana w warunkach klinicznych do oceny funkcjonowania układu nerwowego w warunkach patologicznych (czyli w celach diagnostycznych). Należy jednak zauważyć, że metoda NIRS budzi duże zainteresowanie również w badaniach podstawowych aktywności kory mózgowej, nie tylko w badaniach klinicznych - jak można wnioskować z opisu Habilitanta.

Zastosowanie metody NIRS wiąże się z jednak z pewnymi ograniczeniami. Wynikają one chociażby z faktu, że tkanki otaczające mózg posiadają niejednorodną strukturę. Ponadto, kości czaszki są słabo przeziernie. W celu określenia jaki jest wpływ zewnątrzmożgowych warstw tkanek na wyniki pomiarów metodami optycznymi, Habilitant podjął próby ich scharakteryzowania oraz określenia ich wpływu na pomiar współczynnika absorpcji mózgu.

Habilitant opracował metodę [Sawosz, et al., 2016 - **praca 2.7** w wykazie prac tworzących dzieło] pomiaru przezierności optycznej ludzkich czaszek oraz analizy przestrzenne go rozkładu ich przezierności. Habilitant zaobserwował, że przezierność czaszki zależy od wielu parametrów fizycznych, a następnie oceniał wpływ niejednorodności czaszek na wyniki pomiarów NIRS.

Wykazał, że w zależności od umiejscowienia optod na głowie można zaobserwować różnice w przezierności czaszki sięgające nawet 2 rzędów wielkości, co znacząco wpływa na ocenę zmian stężenia hemoglobiny w naczyniach kory mózgowej. Ważnym wynikiem prowadzonych badań było wykazanie, że wpływ różnic (niejednorodności) w przezierności czaszki zmniejsza się z oddaleniem źródła światła (emitera) od jego detektora, osiągając optymalny wynik na dystansie powyżej 3 cm.

2.7) P. Sawosz, S. Wojtkiewicz, M. Kacprzak, W. Weigl, A. Borowska-Solonyanko, P. Krajewski, K. Bejm, D. Milej, B. Ciszek, R. Maniewski, and A. Liebert, "Human skull translucency: post mortem studies," *Biomed Opt Express* 7, 2016, 5010-5020, (IF=3.921).

W badaniach wykonanych we współpracy z Wojskowym Instytutem Medycyny Lotniczej [Gerega, et al., 2020, **praca 2.1**], Habilitant zastosował system pomiarowy wykorzystujący tradycyjnie (i najczęściej) stosowaną technikę fali ciągłej oraz metodę oceny reakcji hemodynamicznej krążenia mózgowego w odpowiedzi na hipowolemię, spadek perfuzji mózgu i zmiany ortostatyczne.

2.1) Gerega, S. Wojtkiewicz, P. Sawosz, M. Kacprzak, B. Toczyłowska, K. Bejm, F. Skibniewski, A. Sobotnicki, A. Gacek, R. Maniewski, and A. Liebert, "Assessment of the brain ischemia during orthostatic stress and lower body negative pressure in air force pilots by near-infrared spectroscopy," *Biomed Opt Express* 11, 2020, 1043-1060, (IF=3.921).

Habilitant brał udział w opracowaniu wysokorozdzielczego systemu do tomografii dyfuzyjnej (HD-DOT, z ang. high density diffuse optical tomography), który pozwala na równoczesny pomiar sygnałów optycznych przy długościach fali 750 nm i 850 nm dla 16 emiterów i 12 detektorów [Bejm, et al., 2019 - **praca 2.6**]. System umożliwia rejestrowanie i analizę kodowanych częstotliwościowo oraz przestrzennie sygnałów dla wszystkich par emiter-detektor.

2.6) K. Bejm, S. Wojtkiewicz, P. Sawosz, M. Perdziak, Z. Pastuszek, A. Sudakou, P. Guchek, and A. Liebert, "Influence of contrast-reversing frequency on the amplitude and spatial distribution of visual cortex hemodynamic responses," *Biomed Opt Express* 10, 2019, 6296-6312 (IF=3.921).

Habilitant opracował protokół pomiarowy, w którym sygnały optyczne były mierzone z wykorzystaniem częstotliwościowo-rozdzielczego systemu pomiarowego. W celu oceny parametrów związanych z perfuzją mózgową, pacjentom podawano dożylnie optyczny środek kontrastujący - zieleń indocyjaninową i oceniano lokalne parametry farmakokinetyczne zmian jej stężenia w krążeniu mózgowym. Badania zostały wykonane u pacjentów po urazowym uszkodzeniu mózgu we współpracy ze Szpitalem im. Królowej Elżbiety w Birmingham, Uniwersytetem w Birmingham (Wielka Brytania) oraz Uniwersytetem G. D'Annunzio of Chieti-Pescara (Włochy) i opublikowane w 2020r. (Forcione et al., - **praca 2.2**). Autorzy wykazali przydatność dokładnej analizy do wykrywania i analizy zaburzeń funkcji krążenia mózgowego oraz bariery krew-mózg (BBB) u pacjentów z TBI.

2.2) M. Forcione, K. M. Yakoub, A. M. Chiarelli, D. Perpetuini, A. Merla, R. Sun, P. Sawosz, A. Belli, and D. J. Davies, "Dynamic contrast-enhanced near-infrared spectroscopy using indocyanine green on moderate and severe traumatic brain injury: a prospective observational study," *Quant Imaging Med Surg* 10, 2020, 2085-2097, (IF=3.226).

Habilitant - wraz z zespołem - zastosował w nieinwazyjnym systemie pomiarowym najbardziej zaawansowany sposób oznaczania zmian stężenia hemoglobiny, czyli technikę czasowo-rozdzielczą NIRS, po czym wprowadził jako metodę do oceny procesu autoregulacji przepływu mózgowego [Kacprzak, et al., 2019 - **praca 2.7**] u pacjentów z pourazowymi zaburzeniami perfuzji mózgu. Zaimplementowana metoda pozwala na wyznaczanie rozkładów czasów przelotu fotonów (DTOF, ang. distribution of time of flight of photons) penetrujących tkanki głowy. Analiza DTOF pozwoliła - jak wykazali Autorzy - na wykazanie znamienych różnic między pacjentami z ciężkimi zaburzeniami perfuzji mózgowej po TBI i grupą kontrolną.

2.7) M. Kacprzak, P. Sawosz, W. Weigl, D. Milej, A. Gerega, and A. Liebert, „Frequency analysis of oscillations in cerebral hemodynamics measured by time domain near infrared spectroscopy,” *Biomed Opt Express* 10, 2019, 761-771, (IF=3.921).

Istotnych informacji o zmianach zużycia tlenu w tkance nerwowej dostarcza analiza

składowych częstotliwościowych sygnałów optycznych, która może zwiększyć czułość pomiaru zmian absorpcji światła w naczyniach kory mózgu i pozwolić na eliminację wpływu składowych sygnałów związanych z przepływem krwi w tkankach zewnątrzmoźgowych. Zagadnieniem tym Habilitant zajął się przygotowując system czasowo-rozdzielczy do monitorowania zmiany utlenowania mózgu podczas zwiększania ciśnienia wewnątrzbrzuszego (IAP), które jest skorelowane z perfuzją mózgową wpływając na odpływ żylny; wzrost IAP prowadzi do wzrostu ciśnienia śródczaszkowego i spadku perfuzji mózgu [Sawosz, et al., 2019 - **praca 2.4**]. Autorzy badali związek między IAP a utlenowaniem mózgu podczas operacji ginekologicznych przebiegających z kontrolowanym wzrostem IAP. Habilitant wykazał, że wzrost ciśnienia wewnątrzbrzuszego wpływa na zwiększenie amplitudy składowych oddechowych w sygnałach optycznych zależnych od utlenowania hemoglobiny w krążeniu mózgowym. Na podstawie powyższej obserwacji oraz analiz, wyciągnął wnioski, iż do oceny saturacji krwi żyłnej krążącej w tkance nerwowej mózgu można wykorzystać dane uzyskane metodą spiroksymetrii.

2.4) P. Sawosz, M. Kacprzak, P. Puławski, M. Morawiec, K. Bejm, M. Bielacz, R. Maniewski, A. Liebert, and W. Dabrowski, "Influence of intra-abdominal pressure on the amplitude of fluctuations of cerebral hemoglobin concentration in the respiratory band," *Biomedical Optics Express* 10, 3434-3446 (2019).

Habilitant przedstawił teoretyczne podstawy nowej metody, wykorzystującej pomiar czasowo-rozdzielczy, co pozwoliło zwiększyć rozdzielczość przestrzenną techniki NIRS oraz czułość pomiaru zmian absorpcji w głębokich warstwach tkanek czaszki [Sawosz, et al., 2019 - **praca 2.3**]. Autorzy zbadali przestrzenne rozkłady współczynników czułości pomiarów czasowo-rozdzielczej dyfuzyjnej spektroskopii w bliskiej podczerwieni. Współczynniki czułości, otrzymywane w wyniku rozwiązania równania dyfuzji reprezentują zmianę parametrów mierzonego sygnału optycznego (rozkładu czasów przelotu fotonów) wywołane zaburzeniami absorpcji zachodzącymi w określonym wokselu badanego ośrodka.

Habilitant i Autorzy zaproponowali zastosowanie 2 punktów detekcji położonych blisko siebie przy lokalizacji emiterów symetrycznie po lewej i prawej stronie względem detektorów. Przeprowadzona analiza pozwoliła zaproponować nowatorską metodę pozwalającą na udoskonalenie selektywnej oceny zmian absorpcji zachodzących w głębokich warstwach

ośrodka, w tym przypadku - tkanki nerwowej mózgu. Autorzy zaobserwowali, że uzyskane rozkłady czułości tworzą obszar znajdujący się poniżej punktów detekcji i pomiędzy nimi.

Proponowana technika pozwala na zwiększenie rozdzielczości przestrzennej czasowo-rozdzielczych pomiarów NIRS i może być wykorzystana do lepszego rozróżniania sygnałów optycznych związanych ze zmianami absorpcji zachodzącymi w korze mózgowej od tych zachodzących w warstwach zewnątrzmoźgowych.

2.3) P. Sawosz and A. Liebert, "Method to improve the depth sensitivity of diffuse reflectance measurements to absorption changes in optically turbid medium. Biomed Opt Express 10, 2019, 5031-5041 [IF=3.921].

### **Wniosek ogólny, znaczenie i wkład w rozwój dyscypliny naukowej**

Wyniki badań Habilitanta mają bardzo duże znaczenie dla rozwoju metod badawczych, które mogą być zastosowane w badaniach podstawowych krążenia mózgowego, a także w diagnostyce i monitorowaniu schorzeń ośrodkowego układu nerwowego, zwłaszcza związanych z zaburzeniami krążenia lub funkcjonowania bariery krew-mózg.

Niewątpliwie osiągnięcia naukowe Kandydata ujęte we wskazanych publikacjach **stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej nauk technicznych.**

## **4. Ogólna ocena działalności naukowej**

### **4.1. Tematyka badań**

Tematyka badawcza Habilitanta ogniskuje się wokół kluczowego problemu poprawy możliwości pomiarowych spektroskopii w bliskiej podczerwieni w badaniach ośrodkowego układu nerwowego. Wyniki części badań - prowadzonych w warunkach klinicznych - przekłada się bezpośrednio również na rozwój możliwości diagnostycznych metody, co zwiększa wartość prac prowadzonych przez Habilitanta.

#### **4.2. Udział w projektach badawczych.**

Habilitant w latach 2017-2022 **kierował grantami:**

1. „Zindywidualizowany multimodalny system do funkcjonalnego obrazowania mózgu”. Wymiana bilateralna NCN-DAAD, 2019-2020
2. „Oszacowanie parametrów fizjologicznych mózgu przy użyciu inwazyjnej spektroskopii w bliskiej podczerwieni.” Projekt NCN UMO-2018/31/B/ST7/03844, 2019-2022.
3. „Częstotliwościowa, wysoko-rozdzielcza, optyczna tomografia dyfuzyjna.” Projekt MNiSW IA/SP/0084/2018, 2018-2019.
4. „Kompleksowe podejście do wykorzystania spektroskopii w bliskiej podczerwieni w warunkach klinicznych, z uwzględnieniem dużych odległości emiter-detektor.” Projekt NCN UMO-2016/21/D/ST7/03454, 2017-2021.

Habilitant był wykonawcą w grantach:

1. „Rola EC Seventh Framework Program under grant agreement n° 201076 - project nEUROPt „Non-invasive imaging of brain function and disease by pulsed near infrared light”, 2016-2019, (**główny wykonawca**)
2. „High resolution optical brain topography.” Projekt NCN 2012/05/B/ST7/01162, 2013-2016

#### **4.3. Aktywność naukowa realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej.**

Habilitant współpracował z szeregiem jednostek naukowych poza macierzystą:

##### **1) Uniwersytet Medyczny w Lublinie**

Tematyka badań: Ocena utlenowania mózgu u pacjentów na oddziale intensywnej opieki medycznej oraz w trakcie zabiegów operacyjnych.

W wyniku współpracy opublikowano 1 pracę.



## **2) Uniwersytet w Birmingham, (Wielka Brytania)**

Tematyka badań: Optyczna tomografia mózgu.

Projekty: Brain injury and trauma monitoring using advanced photonics (BitMap), H2020-EU.1.3.1

Opublikowano 6 wspólnych prac.

## **3) University Hospitals Birmingham NHS Foundation Trust (Wielka Brytania)**

Tematyka badań: Ocena przepływu mózgowego u pacjentów po urazowym uszkodzeniu mózgu. Inwazyjna spektroskopia w bliskiej podczerwieni. Projekty: NCN 2018/31/B/ST7/03844 „Oszacowanie parametrów fizjologicznych mózgu przy użyciu inwazyjnej spektroskopii w bliskiej podczerwieni.” Publikacje: 2

## **4) Instytut Physikalisch-Technische Bundesanstalt w Berlinie (Niemcy)**

Tematyka badań: Projekty: NAWA „Zindywidualizowany multimodalny system do funkcjonalnego obrazowania mózgu”

## **5) Politecnico di Milano, Mediolan (Włochy)**

Tematyka badań: Czasowo-rozdzielcze obrazowanie kory mózgowej.

Projekt: Non-invasive imaging of brain function and disease by pulsed near infrared light (nEUROPt) FP7-HEALTH

Współpraca zaowocowała 6 opublikowanymi pracami.

### **4.4. Staże i pobyty w zagranicznych ośrodkach naukowych**

Habilitant odbył kilka pobytów badawczych w ramach których realizował konkretne projekty naukowe. Pomimo względnie krótkiego czasu trwania, pobyty te zostały właściwie wykorzystane i zaowocowały ważnymi publikacjami.

1. Birmingham UK, wrzesień 2017, wspólne badania prowadzone z klinicystami z Queen Elizabeth Hospital w celu realizacji projektu Red-Diamond „Near Infra RED Cerebral Spectroscopy in the Direction And early MONitoring of therapy in patients with traumatic brain injury”.
2. Birmingham UK, maj 2019, wspólne badania prowadzone z naukowcami z University of Birmingham oraz we współpracy z Queen Elizabeth Hospital w celu realizacji projektu NCN „Kompleksowe podejście do wykorzystania spektroskopii w bliskiej podczerwieni w warunkach klinicznych, z uwzględnieniem dużych odległości emiter-detektor.”
3. Birmingham, UK, wrzesień 2019 realizacja projektu NCN „Oszacowanie parametrów fizjologicznych mózgu przy użyciu inwazyjnej spektroskopii w bliskiej podczerwieni” we współpracy z Queen Elizabeth Hospital Birmingham

#### **4.5. Udział w konferencjach krajowych i zagranicznych**

W okresie po doktoracie brał aktywny udział w 9 konferencjach o zasięgu międzynarodowym i 1 krajowej, prezentując wyniki w formie posterów lub ustnych referatów.

#### **4.6. Recenzowanie prac naukowych.**

Habilitant recenzował prace w czasopismach: Biomedical Optics Express, OSA, liczba recenzji 2 Biocybernetics and Biomedical Engineering, Elsevier, liczba recenzji 3

Optics Communication, Elsevier, liczba recenzji 1 Society for functional NIRS, konferencja, liczba recenzji 10 Ponadto, Habilitant był recenzentem w przewodzie doktorskim prowadzonym na Politechnice w Mediolanie: „Clinical time-resolved near infrared spectroscopy”

#### **4.7. Dorobek publikacyjny**

W swoim dotychczasowym dorobku naukowym Habilitant może wskazać 52 publikacje pełnotekstowe oraz 2 rozdziały w monografiach. Sumaryczny Impact Factor prac opublikowanych przez Habilitanta według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi 139,505. Sumaryczna liczba

punktów MNiSW wynosi 3750. Łączna liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science wynosi 682 (w tym bez autocytowań – 533). Indeks Hirscha publikacji opublikowanych przez Habilitanta według bazy Web of Science wynosi 16.

#### **4.8. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych.**

Habilitant jest członkiem prestiżowych towarzystw naukowych:

Optical Society of America

The Society for functional Near Infrared Spectroscopy

The Society of Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE)

#### **4.9. Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym**

Ważnym aspektem działalności naukowej - zwłaszcza w naukach technicznych - jest współpraca z sektorem gospodarczym. Habilitant ma na tym polu znaczące osiągnięcia.

Od roku 2018, w ramach współpracy pomiędzy Instytutem Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęcz a firmą Oxymotion (później Q-Lac sp. z o.o.), Habilitant zajmuje się opracowaniem urządzenia do nieinwazyjnej oceny utlenowania tkanki mięśniowej oraz do oceny stężenia kwasu mlekowego u sportowców.

W roku 2019 Habilitant został współzałożycielem spółki Brain Optics sp. z o.o. w ramach której realizuje projekt finansowany przez NCBiR („Szybka Ścieżka”) na wdrożenie nowoczesnego, optycznego urządzenia do obrazowania utlenowania kory mózgowej w jednostkach bezwzględnych.

## 5. Ocena aktywności dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej

Działalność dydaktyczna Habilitanta jest dość ograniczona, co najpewniej wynika z miejsca zatrudnienia – w instytucie naukowym PAN. Habilitant prowadzi praktyki dla studentów Politechniki Warszawskiej, ponadto pełnił funkcję opiekuna naukowego 2 doktorantów zatrudnionych w ramach projektu MSCA Innovative Training Network, Horyzont 2020. W ramach projektu europejskiego BitMap Habilitant zorganizował i prowadził szkolenie na temat pomiarów NIRS/MRI dla 15 studentów z różnych krajów europejskich.

Ponadto, Habilitant zajmował się - w umiarkowanym stopniu - upowszechnianiem wiedzy naukowej, organizując stanowisko Laboratorium Optyki Biomedycznej na 20-tym Pikniku Naukowym w Warszawie (2015r.).

Habilitant posiada pewne doświadczenie związane z organizacją konferencji naukowych. Pełnił funkcję sekretarza Krajowej Konferencji Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, zorganizowanej w Warszawie przez Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN. Ponadto, pełnił funkcję sekretarza 159 seminarium Międzynarodowego Centrum Biocybernetyki „Optics in Neuromonitoring”, które odbyło się w Warszawie w 2018r.

Habilitant zorganizował również i przewodniczył seminarium IBIB PAN, na którym Prof. Marek Czosnyka z Department of Clinical Neurosciences, University of Cambridge, UK zaprezentował wykład: „Near Infrared Spectroscopy- ideal clinical tool for monitoring of cerebral autoregulation?”.

Ponadto, Habilitant bierze udział w pracy organizacyjnej na rzecz macierzystej jednostki pełniąc od 2020r. funkcję członka Rady Naukowej Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN jako przedstawiciel młodszej kadry naukowej.

## **6. Podsumowanie dorobku i działalności naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej Habilitanta.**

Szczegółowa ocena osiągnięć dr Piotra Sawosza wykazała komplementarny charakter dorobku naukowego ogniskujący się wokół metody badania poziomu metabolizmu tlenowego, a przez to również funkcji kory mózgowej. Wskaźniki naukometryczne są wysokie, świadczą o dużym znaczeniu prowadzonych badań i ich wysokim wpływie na rozwój nauki i budowanie wiedzy w zakresie inżynierii biomedycznej, z dużym wpływem na rozwój nauk medycznych i nauk o zdrowiu.

Dorobek naukowy został wsparty przez osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne.

Uważam, że zaprezentowany dorobek Habilitanta, dr Piotra Sawosza jest jakościowo i ilościowo wystarczający w odniesieniu do wymagań stawianych kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, zawartych w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021r. poz. 478).

## **7. Wniosek końcowy**

W uznaniu przedstawionych dokonań naukowych przedkładam Wysokiej Radzie Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęczka Polskiej Akademii Nauk w Warszawie moją pozytywną opinię odnośnie nadania Panu dr Piotrowi Sawoszowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna i wnioskuję o dopuszczenie go do dalszych faz przewodu habilitacyjnego.

