

Gliwice, 03.05.2026

prof. dr hab. inż. Robert Michnik
Katedra Biomechatroniki
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Biomedycznej
ul. Roosevelat 40
41-800 Zabrze
e-mail: Robert.Michnik@polsl.pl

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej ppor. mgr inż. Natalii Jolanty DANIEL
pt.: „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na
charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w cyklicznym wysiłku fizycznym”,
przedstawionej w formie zbioru powiązanych tematycznie artykułów naukowych.

Podstawą formalną opracowania recenzji jest Uchwała Rady Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego numer 07/RDN IM/2026 z dnia 18 marca 2026 r. oraz pismo z Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej dr hab. inż. Stanisława Kachela prof. WAT również z dnia 18 marca 2026 r., w którym zostałem poinformowany o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej w postępowaniu nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej, ppor. mgr inż. Natalii Daniel na podstawie osiągnięcia naukowego pt. „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w cyklicznym wysiłku fizycznym”.

1. **Ogólna charakterystyka, zakres i cel rozprawy**

Tematyka recenzowanej rozprawy koncentruje się na badaniach zjawiska zmęczenia mięśni oraz możliwościach jego oceny z wykorzystaniem zaawansowanych algorytmów przetwarzania danych pomiarowych, uzyskanych na podstawie rejestracji potencjałów czynnościowych mięśni metodą elektromiografii (EMG). Podjęta przez Doktorantkę tematyka badań jest niezwykle aktualna. Pomimo licznych prac prezentujących możliwości oceny zmęczenia mięśni na podstawie analizy sygnałów EMG, większość z nich ogranicza się do badań prowadzonych w warunkach skurczów izometrycznych lub przy wykonywaniu ruchów o niewielkiej dynamice. W odpowiedzi na zidentyfikowane luki badawcze w tej tematyce, Doktorantka opracowała autorską metodę analizy sygnałów EMG, umożliwiającą ocenę zmęczenia mięśni w warunkach wykonywania ruchów cyklicznych o zmiennej prędkości i sile. Opracowany algorytm przetwarzania danych EMG wykorzystuje analizę regresji częstotliwości medianowej sygnału EMG (MDF) w kolejnych cyklach badanego ruchu. Co istotne, wartość MDF wyznaczano z zastosowaniem analizy falkowej. Przedstawiona w rozprawie doktorskiej metoda została wykorzystana do oceny wpływu: ogólnej siły mięśniowej, predyspozycji fizycznych, środowiska wirtualnej rzeczywistości na zmęczenie mięśni. Finalnie Doktorantka przedstawiła ograniczenia dotychczasowych metod analizy zmęczenia podczas wykonywania aktywnych ruchów oraz zaproponowała wytyczne i kierunki rozwoju, w tym wykorzystanie analizy falkowej i metod sztucznej inteligencji.

Wybór tematyki badawczej w zrealizowanej rozprawie doktorskiej został poprzedzony analizą literatury oraz oceną aktualnego stanu wiedzy. Na tej podstawie Doktorantka sformułowała główny cel pracy, którym było:

opracowanie oryginalnej metodyki badawczej. i zweryfikowanie możliwości jej zastosowania do wyznaczenia charakterystyk zmęczeniowych mięśni w ruchu dynamicznym. Zaproponowane podejście do rozwiązania sformułowanego problemu naukowego obejmuje badania eksperymentalne oraz przetwarzanie zarejestrowanych danych pomiarowych według zaproponowanego algorytmu bazującego na dyskretnej transformacji falkowej (ang. discrete wavelet transform, DWT).

Cel główny został przez Doktorantkę doprecyzowany w aż dziesięciu celach szczegółowych:

1. Przeprowadzenie analizy literaturowej w obszarze tematyki problemu badawczego podjętego w dysertacji.

2. Opracowanie metody integracji czujników mechatronicznych do rejestracji sygnałów pomiarowych odwzorowujących zmiany zachodzące w mięśniach podczas ruchu dynamicznego.

3. Dokonanie selekcji i charakterystyki obiektu badawczego.

4. Zaproponowanie metodyki badawczej umożliwiającej rejestrację sygnałów pomiarowych wybranych grup mięśniowych kończyny dolnej oraz odwzorowujących ich stan zmęczenia podczas ruchu dynamicznego.

5. Opracowanie autorskiego algorytmu obliczeniowego do określenia stanu zmęczenia grupy mięśni kończyny dolnej opartego o segmentację sygnału elektromiograficznego (ang. *electromyography*, EMG) (wykonaną na podstawie funkcji zmiany kąta zgięcia nogi w kolanie w czasie) oraz DWT.

6. Wykonanie badań eksperymentalnych z użyciem ergometru wioślarskiego celem wyznaczenia wskaźników zmęczenia mięśni kończyny dolnej grupy uczestników wytypowanej do badań na podstawie wcześniejszego wywiadu o stanie zdrowia.

7. Zaproponowanie i opracowanie dedykowanej scenarii wirtualnej rzeczywistości (ang. *virtual reality*, VR) wspomagającej ćwiczenie z użyciem ergometru wioślarskiego w celu sprawdzenia wpływu VR na stan zmęczenia mięśni kończyny dolnej.

8. Wykonanie badań eksperymentalnych celem wyznaczenia wskaźników zmęczenia wybranych grup mięśniowych (kończyny dolnej) dla badanej grupy uczestników z wykorzystaniem dodatkowej scenarii VR.

9. Porównanie uzyskanych wyników badań odwzorowujących stan zmęczenia mięśni w trakcie ćwiczeń na ergometrze wioślarskim bez wykorzystania VR i z wykorzystaniem VR.

10. Propozycja praktycznego zastosowania wykonanych badań oraz opracowanego modelu i metodyki oraz wskazanie kierunków badawczych w badaniach nad zmęczeniem mięśni dotyczących ruchu dynamicznego.

Przyjęty cel główny, jak również cele szczegółowe zostały sformułowane w sposób klarowny i trafnie uzasadniają potrzebę opracowania metody analizy zmęczenia mięśni podczas wykonywania aktywnych ruchów, jej weryfikacji oraz prezentacji możliwości aplikacyjnych. Ich układ i sposób sformułowania są zgodne z zakresem merytorycznym rozprawy doktorskiej. Przyjęta metodyka badawcza została właściwie dobrana do specyfiki analizowanej problematyki, a przebieg badań oraz analiza wyników umożliwiły wiarygodną ocenę opracowanej metodyki. W efekcie można uznać, że założone cele pracy zostały osiągnięte. Uzyskane rezultaty posiadają istotną wartość poznawczą, a ich potencjalne zastosowania wskazują na możliwość wykorzystania m.in. w obszarze wspomaganie treningu sportowego.

2. Struktura rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska ppor. mgr inż. Natalii Daniel pt.: „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w

cyklicznym wysiłku fizycznym”, została przedstawiona w formie przewodnika po cyklu publikacji naukowych. Przedstawione przez Doktorantkę artykuły zawierają oryginalne wyniki badań, w których zaprezentowano kolejne etapy opracowania, weryfikacji oraz prezentacji możliwości aplikacyjnych metody oceny zmęczenia mięśni podczas wykonywania szybkich i cyklicznych czynności ruchowych.

Recenzowana rozprawa doktorska liczy łącznie 67 stron i składa się z 9 głównych rozdziałów, które uzupełnione są nie numerowanymi rozdziałami zawierającymi: streszczenie rozprawy w języku polskim i angielskim, słownik skrótów oraz bibliografię. Do rozprawy dodano również załączniki w postaci: oświadczeń głównego autora oraz współautorów o wkładzie procentowym w poszczególne publikacje wchodzące w skład osiągnięcia, kopie publikacji będących podstawą osiągnięcia oraz zgodę Komisji Etyki Badań Naukowych na realizację badań prezentowanych w rozprawie doktorskiej.

W rozdziale pierwszym, przedstawiono wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej. W rozdziale drugim przedstawiono cel pracy oraz cele szczegółowe podjętej tematyki badań. Rozdział ten zawiera również charakterystykę kolejnych etapów procesu badawczego, zaprezentowanych w powiązaniu z zakresem, metodyką oraz wynikami badań przedstawionymi w poszczególnych publikacjach. Stanowi tym samym syntetyczne ujęcie cyklu publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej, wskazując ich wzajemne powiązania oraz ciągłość prowadzonych analiz.

Rozdział trzeci zawiera przegląd literatury oraz uzasadnienie podjęcia tematyki badawczej. Zaprezentowano w nim badania odnoszące się do problematyki rozprawy, koncentrującej się na ocenie zmęczenia mięśni podczas wykonywania aktywności fizycznych, co stanowi istotny kontekst dla prowadzonych badań prezentowanych w rozprawie. Pewnym mankamentem tego rozdziału jest jednak brak jednoznacznego wskazania luk w dotychczasowych badaniach, jak również niewystarczająco wyraźne i przekonujące uzasadnienie przyjętego celu pracy. W rezultacie argumentacja prowadząca do sformułowania problemu badawczego mogłaby zostać wzmocniona poprzez bardziej krytyczne odniesienie się do istniejącej literatury oraz wyraźniejsze zaakcentowanie oryginalności podejmowanych badań. W rozdziale tym zamieszczono również wyniki badań przeprowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej wraz z wynikającymi z nich wnioskami. Rozwiązanie to odbiega od typowego układu pracy, w którym część przeglądowa ma charakter wyłącznie teoretyczny. Tego rodzaju rozwiązanie budzi pewne wątpliwości natury strukturalnej, ponieważ wykracza poza standardowe ramy przeglądu literatury i uzasadnienia problemu badawczego, gdzie zasadniczo nie prezentuje się jeszcze własnych wyników badań.

Rozdział czwarty przedstawia przeprowadzone przez Doktorantkę badania eksperymentalne, wraz ze szczegółową charakterystyką zastosowanych metod pomiarowych, metod przetwarzania danych oraz kolejnych etapów badań. Rozdział ten bardzo dobrze ukazuje zakres i kompleksowość zrealizowanych badań, w których wykorzystano szeroki zestaw metod doświadczalnych, takich jak pomiary kinematyki ruchu, badania EMG, ocena zdolności siłowych mięśni, a także badania prowadzone w środowisku wirtualnej rzeczywistości.

Zostały one połączone z zaawansowanym przetwarzaniem danych pomiarowych, obejmującym m.in. metody segmentacji sygnałów, analizę falkową, regresję liniową oraz opracowanie środowiska wirtualnej rzeczywistości na potrzeby prowadzonych badań.

Rozdział piąty szczegółowo opisuje opracowane algorytmy obliczeniowe oraz przeprowadzone badania z wykorzystaniem zaproponowanej metodyki, które przedstawiono w czterech pierwszych publikacjach z cyklu. W rozdziale tym przedstawiono podstawy analizy falkowej, stanowiącej jeden z kluczowych elementów algorytmu oceny zmęczenia mięśni, jak również kolejne etapy metodyki badań, obejmujące segmentację sygnału EMG, wyznaczenie wartości MDF w cyklach ruchu oraz analizę regresji. Zaprezentowano również wyniki badań związanych z weryfikacją opracowanej procedury badawczej, analizą wpływu zdolności siłowych oraz poziomu zaawansowania sportowego na przebieg zjawiska zmęczenia mięśni, a także oceną oddziaływania środowiska wirtualnej rzeczywistości na poziom zmęczenia.

Rozdział szósty prezentuje podsumowanie oraz wnioski wynikające ze zrealizowanych badań, które stanowiły podstawę do rozważań przedstawionych w rozdziale siódmym, dotyczących perspektyw rozwoju systemów detekcji zmęczenia mięśni podczas wykonywania czynności ruchowych o znacznej dynamice. Rozdział ten stanowi syntetyczne ujęcie głównych wniosków zaprezentowanych w piątej publikacji z cyklu.

W rozdziale ósmym Doktorantka podsumowała całość rozprawy doktorskiej, trafnie wskazując jej oryginalne elementy oraz najważniejsze osiągnięcia badawcze. Ostatni rozdział pracy przedstawia również kierunki dalszych badań, stanowiące naturalną kontynuację podjętej problematyki oraz wskazujące możliwe obszary rozwoju zaproponowanej metodyki. Rozprawa została uzupełniona szczegółowym spisem pozycji literaturowych wykorzystanej w pracy.

3. Cykl publikacji naukowych

Podstawę rozprawy doktorskiej ppor. mgr inż. Natalii Daniel stanowi cykl monotematycznych publikacji naukowych zatytułowany: „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w cyklicznym wysiłku fizycznym”, na który składają się następujące artykuły:

[P1] Natalia Daniel, Kamil Sybilski, Wojciech Kaczmarek, Dariusz Siemiaszko and Jerzy Małachowski, *Relationship between EMG and fNIRS during Dynamic Movements*, *Sensors*, Volume 23, Number 11, 2023, DOI: 10.3390/s23115004, IF 3,5, punkty MNiSW: 100 pkt.

[P2] Natalia Daniel and Jerzy Małachowski, Wavelet analysis of the EMG signal to assess muscle fatigue in the lower extremities during symmetric movement on a rowing ergometer, *Acta Bioeng. Biomech.*, Volume 25, Number 2, 2023, DOI: 10.37190/ABB-02282-2023-01, IF 1,0, punkty MNiSW: 100 pkt.

[P3] Natalia Daniel, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski, and Dariusz Siemiaszko, Quantitative assessment of muscle fatigue during rowing ergometer exercise using wavelet analysis of surface electromyography (sEMG), *Front. Bioeng. Biotechnol.*, Volume 12, 2024, DOI: 10.3389/fbioe.2024.1344239, IF 4,8, punkty MNiSW: 100 pkt.

[P4] Natalia Daniel, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski, Dariusz Siemiaszko and Kamil Klicki, Research on the influence of virtual reality on muscle fatigue during rowing ergometer exercise – pilot study, *PLOS One*, Volume 21, Pages 1-15, 2026, DOI: 10.1371/journal.pone.0342166, IF 2.6, punkty MNiSW: 100 pkt.

[P5] Natalia Daniel, Jerzy Małachowski, Kamil Sybilski and Michalina Błażkiewicz, Muscle Fatigue in Dynamic Movement: Limitations and Challenges, Experimental Design, and New Research Horizons, *Bioengineering*, Volume 13, Number 2, 2026, DOI: 10.3390/bioeng13020248, IF 3.7, punkty MNiSW: 20 pkt.

W artykule [1] zaprezentowano wyniki badań testujących możliwości równoczesnego wykorzystania pomiarów elektromiograficznych (EMG) oraz funkcjonalnej spektroskopii podczerwieni (fNIRS) do oceny funkcjonowania mięśni kończyn dolnych podczas wykonywania czynności o charakterze cyklicznym i dynamicznym, takich jak bieg na bieżni oraz ćwiczenia na platformie step. Analiza uzyskanych wyników oraz sformułowane na ich podstawie wnioski stanowiły podstawę opracowania metodyki pomiarowej i obliczeniowej wykorzystywanej w analizie zmęczenia mięśni, a także doprowadziły do podjęcia decyzji o zastosowaniu ergometru wiosłarskiego w badaniach głównych.

W publikacji [2] zaprezentowano autorską metodę analizy sygnałów EMG, umożliwiającą ocenę zmęczenia mięśni w warunkach wykonywania ruchów szybkich i dynamicznych. Istotnym elementem zaproponowanego podejścia jest segmentacja sygnału EMG, która pozwala na

wyodrębnienie kolejnych cykli badanego ruchu i prowadzenie analizy zmęczenia w ujęciu czasowym, z uwzględnieniem jego zmian w obrębie poszczególnych powtórzeń. W dalszym etapie zastosowano analizę regresji, umożliwiającą ilościową ocenę trendów zmian zmęczenia mięśni w czasie trwania wysiłku. Oceny zmęczenia mięśni w kolejnych cyklach ruchu dokonano z wykorzystaniem częstotliwości medianowej widma sygnału EMG (MDF), stanowiącej jedno z podstawowych i szeroko stosowanych kryteriów w analizie tego zjawiska. Wartość MDF wyznaczano z zastosowaniem analizy falkowej, co pozwoliło na uwzględnienie niestacjonarnego charakteru sygnału EMG oraz zwiększenie czułości detekcji zmian zachodzących w trakcie dynamicznego wysiłku.

W artykule [3] dokonano weryfikacji opracowanej metody oceny zmęczenia mięśni poprzez przeprowadzenie badań na grupie ośmiu młodych, zdrowych mężczyzn – studentów należących do sekcji sportowej ergometru wioślarskiego AZS WAT. Przedmiotem badań była ilościowa ocena zmęczenia mięśni kończyn dolnych podczas wysiłku na ergometrze wioślarskim; analizowano aktywność wybranych mięśni (m.in. gastrocnemius, rectus femoris, biceps femoris) w trakcie dynamicznego ruchu, segmentując sygnał EMG na kolejne cykle pracy. Wyniki badań potwierdziły, że zaproponowana metoda, oparta na analizie falkowej sygnału EMG, jest skuteczna w ilościowej ocenie zmęczenia mięśni w warunkach dynamicznego wysiłku. Dodatkowo opracowany protokół badawczy umożliwił sformułowanie wniosków o znaczeniu metodologicznym: wykazano brak istotnej zależności między poziomem zmęczenia mięśni a siłą mięśniową oraz osiąganymi wynikami sportowymi.

Publikacja [4] przedstawia wyniki badań, w których analizowano wpływ środowiska wirtualnej rzeczywistości (VR) na zmęczenie mięśni podczas wysiłku na ergometrze wioślarskim, z wykorzystaniem metody opracowanej w rozprawie i przedstawionych w publikacjach [2] oraz [3]. Przeprowadzone badania porównawcze w warunkach z VR i bez VR umożliwiły ocenę, czy immersyjne środowisko modyfikuje poziom zmęczenia mięśni kończyn dolnych podczas dynamicznego ruchu. Analiza uzyskanych wyników wykazała, że zastosowane środowisko VR nie wpływa istotnie na przebieg zmęczenia mięśni podczas ćwiczeń na ergometrze wioślarskim.

Ostatni, piąty artykuł z cyklu publikacji stanowi podsumowanie rozprawy doktorskiej. Prezentuje on zagadnienia związane z oceną zmęczenia mięśni w warunkach ruchu cyklicznego o znacznej dynamice, ze szczególnym uwzględnieniem analizy sygnałów EMG oraz towarzyszących jej ograniczeń i wyzwań metodologicznych. Przedstawiono w nim uporządkowany przegląd podejść badawczych, obejmujących m.in. analizę falkową, integrację wielosensorową oraz wykorzystanie metod sztucznej inteligencji w analizie zmęczenia. Wnioski wskazują na duży potencjał tych metod, przy jednoczesnym podkreśleniu konieczności dalszej

standaryzacji procedur badawczych, poprawy jakości danych oraz rozwoju podejść opartych na integracji wielu źródeł sygnału.

Wszystkie ww. artykuły zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych, a ich łączny Impact Factor wynosi 15,6 oraz łączna liczba punktów zgodnie z listą czasopism punktowanych MNiSW wynosi 420. Na uwagę zasługuje fakt, że we wszystkich wymienionych publikacjach Doktorantka była pierwszą autorką, a Jej wkład w ich przygotowanie miał charakter dominujący i wynosił od 70 do 80%. Świadczy to wiodącej roli Doktorantki zarówno w koncepcji badań, jak i w ich realizacji oraz opracowaniu wyników. Należy podkreślić, że tak rozbudowany dorobek publikacyjny przygotowany na potrzeby rozprawy doktorskiej można uznać za ponadprzeciętny. Tego rodzaju skala i poziom aktywności publikacyjnej na etapie doktoratu występują stosunkowo rzadko i stanowią istotny atut ocenianej pracy.

4. Ogólna ocena rozprawy

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy doktorskiej do kluczowych i oryginalnych osiągnięć badawczych można zaliczyć przede wszystkim:

- trafne zidentyfikowanie niedostatków w zakresie rekomendowanych metod badawczych umożliwiających ocenę zmęczenia mięśni podczas wykonywania czynności o zmiennej prędkości i sile,
- opracowanie oryginalnej metodyki badań umożliwiającej ocenę zmęczenia mięśni w warunkach ruchu o dużej zmienności prędkości i siły, z wykorzystaniem analizy danych kinematycznych oraz aktywności mięśniowej rejestrowanej metodą EMG,
- opracowanie oraz weryfikacja algorytmów przetwarzania danych pomiarowych, pozwalających na ocenę zmęczenia mięśni, z wykorzystaniem segmentacji sygnałów kinematycznych, wyznaczania częstotliwości medianowej widma EMG (MDF), analizy falkowej oraz regresji MDF,
- przeprowadzenie badań wskazujących na brak istotnej zależności między poziomem zmęczenia mięśni a siłą mięśniową oraz osiąganymi wynikami sportowymi,
- przeprowadzenie badań umożliwiających ocenę wpływu środowiska wirtualnej rzeczywistości (VR) na zmęczenie mięśni podczas wysiłku na ergometrze wiosłarskim oraz sformułowanie na ich podstawie wniosku o braku istotnych różnic w poziomie

zmęczenia mięśni między ćwiczeniami wykonywanymi w warunkach naturalnych a środowiskiem wirtualnej rzeczywistości,

- przeprowadzenie obszernego przeglądu technik badawczych stosowanych w ocenie zmęczenia mięśni, obejmującego m.in. analizę falkową, integrację wielosensorową oraz zastosowania metod sztucznej inteligencji, a także wskazanie potrzeby dalszej standaryzacji procedur badawczych, poprawy jakości danych oraz rozwoju podejść opartych na integracji wielu źródeł sygnału

Na szczególne wyróżnienie zasługuje obszerny dorobek publikacyjny przygotowany w związku z realizacją rozprawy doktorskiej, który należy ocenić jako wyraźnie ponadprzeciętny. Niewątpliwie tak znacząca skala i aktywność publikacyjna na tym etapie kariery naukowej spotykane są relatywnie rzadko i istotnie podnoszą walor ocenianej pracy.

5. Uwagi krytyczne

Rozprawa doktorska ppor. mgr inż. Natalii Daniel niewątpliwie zasługuje na pozytywną ocenę. Doktorantka trafnie sformułowała cele badawcze, opracowała oryginalne metody badawcze, a na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy ich wyników wyprowadziła adekwatne wnioski końcowe. Mimo to w rozprawie znalazło się kilka uchybień, nieprecyzyjnych sformułowań oraz nieścisłości. Szczegółowe uwagi przedstawiłem poniżej:

- w streszczeniu rozprawy pojawiają się potoczne określenia „ruch statyczny” i „ruch dynamiczny” w odniesieniu do aktywności ruchowej człowieka; z punktu widzenia mechaniki są to sformułowania wysoce nieprecyzyjne,
- w kilku miejscach rozprawy Doktorantka posługuje się określeniem „czujniki mechatroniczne” w odniesieniu do czujników EMG, co należy uznać za terminologicznie nieprecyzyjne
- pomimo stosunkowo obszernego przeglądu literatury, w rozprawie zabrakło jednoznacznego, krytycznego odniesienia do aktualnego stanu wiedzy, a także wystarczająco przekonującego uzasadnienia podjęcia tematyki badań będących przedmiotem rozprawy doktorskiej,
- w prezentowanych badaniach liczebność grupy badanych była stosunkowo niewielka, co może ograniczać możliwości uogólniania uzyskanych wyników,

- istotnym mankamentem zaprezentowanej metodyki badawczej jest brak informacji dotyczących dokładności pomiarowej zastosowanych urządzeń, w szczególności w odniesieniu do metody analizy ruchu, która stanowi podstawę segmentacji rejestrowanych sygnałów,
- na stronie 32 rozprawy doktorskiej zawarto sformułowanie: „znaczniki referencyjne umieszczano w okolicach stawu skokowego, kolanowego i biodrowego”, co pozostaje w sprzeczności z zasadami prowadzenia badań kinematycznych z wykorzystaniem markerów, w których ich precyzyjna, anatomicznie zdefiniowana lokalizacja warunkuje uzyskanie wymaganej dokładności pomiarowej oraz wiarygodności wyników,
- na rys. 1 rozprawy doktorskiej przedstawiono wykresy kąta w stawie kolanowym podczas pojedynczego cyklu ruchu na ergometrze wiosłarskim, jednak na osiach brak jest skali; ponadto przebieg kąta w stawie kolanowym ma charakter liniowy, z maksimum w fazie wyprostu kończyn (50% cyklu), co budzi wątpliwości co do poprawności prezentowanych danych.

Przedstawione uwagi krytyczne mają charakter uzupełniający i nie zmieniają pozytywnej oceny merytorycznej pracy.

6. Wniosek końcowy

Podsumowując, stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska ppor. mgr inż. Natalii Daniel pt. „Analiza wpływu czynników dynamicznych i stymulacji wirtualnej na charakterystyki zmęczenia nerwowo-mięśniowego w cyklicznym wysiłku fizycznym”, wpisuje się w dyscyplinę inżynieria mechaniczna. Cykl publikacji stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej tworzy logicznie powiązany i spójny tematycznie zbiór artykułów naukowych. Podjęta problematyka badawcza cechuje się wyraźną oryginalnością i świadczy o dojrzałości naukowej Autorki, przejawiającej się zarówno w umiejętności identyfikowania obszarów niedostatecznie rozpoznanych w literaturze, jak i w zdolności do wyznaczania nowych, perspektywicznych kierunków badań. Rozprawa doktorska ppor. mgr inż. Natalii Daniel zawiera jasno określony i skutecznie rozwiązany problem badawczy. Sformułowane w recenzji uwagi krytyczne mają w przeważającej mierze charakter porządkujący oraz dyskusyjny i nie wpływają na ogólną, pozytywną ocenę merytoryczną pracy.

Uwzględniając powyższe argumenty, stwierdzam, że rozprawa doktorska ppor. mgr inż. Natalii Daniel spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 ze zm.).

W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie ppor. mgr inż. Natalii Daniel do kolejnych etapów przewodu doktorskiego, w szczególności do publicznej obrony rozprawy doktorskiej. Jednocześnie, mając na uwadze oryginalność opracowanych metod badawczych, szeroki zakres przeprowadzonych badań oraz ponadprzeciętny dorobek publikacyjny związany z realizacją rozprawy doktorskiej, wnoszę o jej wyróżnienie.



prof. dr hab. inż. Robert Michnik