

dr hab. inż. Małgorzata Sikora
profesor Politechniki Koszalińskiej
Politechnika Koszalińska
Wydział Mechaniczny
Raławicka 15-17
75-620 Koszalin

Koszalin, 18.06.2025

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Jagoda Błotny

pod tytułem:

Characterization and modeling of the innovative cooling water mattress for heat stress mitigation in cattle

Promotor rozprawy doktorskiej: **dr hab. inż. Sabina Rosiek-Pawłowska, prof. PW**

*Praca realizowana w dziedzinie **Nauk Inżynieryjno-technicznych**,
w dyscyplinie **Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka***

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo numer RDND08/84/2025

z dnia 28.03.2025 roku skierowane do mnie przez Pana Profesora Bartosza Zajączkowskiego, Zastępcę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Wrocławskiej.

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Strona 1 z 12

Wpłynęło dnia 27.06.2025r.

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Jagody Błotny pod tytułem: *Characterization and modeling of the innovative cooling water mattress for heat stress mitigation in cattle*. Praca ta zawiera streszczenie, spis treści, wstęp, część teoretyczną oraz praktyczną pracy, spis literatury, spis rysunków, a także spis tabel. Całość zajmuje 160 stron, tekst rozprawy rozpoczyna się abstraktem a kończy się rozdziałem „wnioski i przyszłe prace”, tym samym zajmując 140 stron maszynopisu. Praca zawiera łącznie 107 rysunków i 22 tabele.

Analiza tematyki, podjętych problemów i zastosowanych metod badawczych pozwala na stwierdzenie, że *charakterystyka i modelowanie innowacyjnego chłodzącego materaca wodnego do łagodzenia stresu cieplnego u bydła*, mieści się w zakresie dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyki.

Z uwagi na fakt, że zajmuję się zagadnieniami dotyczącymi maszyn energetycznych, wentylacji i klimatyzacji oraz wymianą ciepła i masy, mogę stwierdzić, że znam tematykę podjętych przez Autorkę zagadnień i czuję się kompetentna do opracowania zleczonej mi recenzji.

Uważam, że w dobie kryzysu energetycznego, zmian klimatycznych oraz wyzwań związanych z rolnictwem i hodowlą zwierząt podjęta tematyka jest ważna i została właściwie wybrana. Temat rozprawy został w pełni zrealizowany co pozwoliło na realizację postawionego w pracy celu i potwierdzenie postawionej hipotezy.

2. Tematyka rozprawy doktorskiej

Tematyka rozprawy dotyczy modyfikacji budowy materaca wodnego służącego do chłodzenia bydła w gorące dni, tak aby zredukować stres cieplny, ograniczyć koszty systemu chłodzenia i zużycie wody. Autorka przedstawiła w pracy następujące problemy badawcze do rozwiązania:

- Jaka geometria chłodzącego materaca wodnego poprawia wymianę ciepła między wodą a zwierzęciem w porównaniu ze znanymi rozwiązaniami chłodzenia, zapewniając jednocześnie zwierzętom komfort?

- Jakie nastawy parametrów pracy materaca wodnego zapewniają odpowiedni poziom chłodzenia zwierząt?
- Jak opracowany materac wodny wpływa na reakcje fizjologiczne i behawioralne zwierzęcia w zakresie komfortu cieplnego?

Wszystkie te problemy zostały przeanalizowane i udzielono na nie odpowiedzi w rozprawie doktorskiej. Zakres pracy jest interdyscyplinarny i oprócz technicznych zagadnień wymiany ciepła i masy łączy w sobie zagadnienia ekonomiczne a także zootechniczne.

W pracy przeprowadzono symulację cieplno-przepływowe różnych konstrukcji materacy chłodzących, na tej podstawie wybrano najlepsze rozwiązanie pod względem przepływu, wymiany ciepła i technicznym. Na podstawie symulacji zbudowano prototyp materaca chłodzącego wybranej konstrukcji i przeprowadzono cieplne oraz przepływowe badania eksperymentalne wraz ze wstępną analizą wpływu natężenia i temperatury wody chłodzącej na temperaturę ciała krowy i system termoregulacji jej organizmu. W kolejnym roku przeprowadzono badania przy użyciu dwóch prototypowych materacy. Badania przeprowadzono na 4 krowach, 2 z nich były chłodzone za pomocą materacy, 2 nie miały systemu chłodzenia. W celu oceny pracy układu chłodzącego mierzono temperaturę organizmu wszystkich 4 krów, temperaturę powierzchni skóry a także tętno.

Przeanalizowano wpływ temperatury wody chłodzącej na temperaturę ciała krowy i na trwałość efektu chłodzenia, tzn. na proces termoregulacji organizmu. Aby zmniejszyć koszty i zużycie wody, materace działały w obiegu zamkniętym a chłodzenie wody było cykliczne, nie ciągłe.

Podjęta tematyka jest ważna i aktualna. Zrealizowane badania dotyczą efektywnego chłodzenia bydła w celu redukcji stresu cieplnego co wpływa na wielkość produkcji mleka ale też na zdrowie zwierząt. Zaproponowany układ ma za zadanie odbierać ciepło w sposób efektywny ale też ekonomiczny przy jednoczesnej oszczędności wody, której w niektórych rejonach brakuje. To właśnie te rejony są najczęściej narażone na problem stresu cieplnego u bydła. Tematyka pracy niewątpliwie mieści się w zakresie dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

3. Opis i ocena struktury recenzowanej rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji dysertacja składa się z ośmiu rozdziałów, które można podzielić na dwie główne części. Pierwsza z nich to przegląd literatury, o objętości 26 stron. Druga część ma charakter praktyczny oraz konstrukcyjno-metodyczno-badawczy (114 stron). Pierwszą część zamykają cel pracy i hipotezy oraz ich uzasadnienie wynikające z literatury, natomiast część drugą rozpoczyna modelowanie cieplno-przepływowe pracy wybranych konstrukcji materacy chłodzących. I tak Rozdział 1. to wprowadzenie teoretyczne zawierające przegląd literatury, Rozdział 2. zawiera hipotezę i cel badawczy oraz ich uzasadnienie wynikające z przeglądu literatury. Rozdział 3. to *Opracowanie projektu chłodzącego materaca wodnego opartego na modelach*, Rozdział 4. *Opis innowacyjnego układu chłodzenia*. Rozdział 5. nosi tytuł *Eksperymenty laboratoryjne: Wpływ zmiany parametrów eksploatacyjnych materaca na wymianę ciepła*. Rozdział 6. to *Wyniki*, Rozdział 7. to *Bilans cieplny bydła*, zaś Rozdział 8, *Wnioski i przyszłe prace*. Następnie w pracy zawarto spis literatury, spis tabel i spis rysunków.

W pierwszym rozdziale pracy przedstawiono przegląd literatury, w którym umieszczono trzy podrozdziały. Pierwszy dotyczy wyzwań związanych z rozwojem technologii, jej wpływem na środowisko oraz ochroną środowiska, drugi podrozdział zawiera opis technologii chłodniczych stosowanych w przemyśle mleczarskim i w hodowli bydła. Trzeci rozdział przedstawia motywację do podjęcia tematu rozprawy doktorskiej oraz opisuje wkład w rozwój nauki w tym zakresie. Rozdział drugi zawiera hipotezę badawczą, opis problemów badawczych do rozwiązania oraz opis planowanych badań.

Rozdział trzeci zawiera opis geometrii opisanych do tej pory w literaturze materacy chłodzących, a także opis autorskiej konstrukcji materaca. W kolejnej części znajduje się opis symulacji komputerowej i jej wyników wybranych konstrukcji materacy chłodzących. Kolejnym opisanym etapem jest wybór konstrukcji materaca, która w procesie symulacji wykazała najlepsze parametry przepływowe, co przełoży się na odbiór ciepła. Rozdział jest zakończony wnioskami z procesu modelowania.

Kolejny rozdział zawiera opis innowacyjnego systemu chłodzenia, aparatury pomiarowej, sposobu wykonania pomiarów, konstrukcji prototypowego materaca, opis systemu chłodzenia wody obiegowej a także dokładności pomiarowej i gromadzenia danych.

W rozdziale piątym opisano badania eksperymentalne prototypowego materaca chłodzącego. Przedstawiono tu metodologię pomiaru temperatury, przepływu i strumienia odbieranego ciepła. Przedstawiono wyniki badań wstępnych na podstawie, których dobrano natężenie przepływu wody chłodzącej oraz jej temperaturę tak aby uzyskać najbardziej optymalny efekt chłodzenia. Opisano weryfikację modelu komputerowego na prototypie materaca chłodzącego. Na końcu rozdziału umieszczono wnioski z badań wstępnych.

Szósty rozdział zawiera opis badań w warunkach rzeczywistych, w pierwszej kolejności weryfikację działania pierwszego materaca, w dalszej części opis badań właściwych dwóch prototypowych materacy. Opisano tu metodologię badań w warunkach rzeczywistych, pomiary parametrów otoczenia, parametrów wody oraz temperatury i tętna krów. Autorka opisała w tym rozdziale również metodologię badań termograficznych powierzchni materaca i skóry krów, a także reakcję fizjologiczną zwierząt na proces chłodzenia. Rozdział zakończono wnioskami z tej części badań.

Rozdział siódmy jest podzielony na trzy główne podrozdziały. W pierwszym podrozdziale Autorka opisuje fizjologię produkcji ciepła w organizmie krowy oraz sposoby jego wymiany z otoczeniem. W drugim natomiast opisuje bilans cieplny ciała krowy podczas procesu chłodzenia prototypowym materacem, a w ostatnim podsumowanie i wnioski z powyższego rozdziału.

Ostatni rozdział, ósmy, zawiera wnioski końcowe z całej pracy oraz opis dalszych planowanych badań w tematyce rozprawy doktorskiej. Autorka wskazała gdzie w tym obszarze badawczym znajdują się jeszcze luki do uzupełnienia. Potwierdzono tu realizację założonego celu rozprawy doktorskiej. Wskazano optymalną temperaturę wody chłodzącej dla uniknięcia stresu cieplnego w sposób jak najbardziej długotrwały.

Należy stwierdzić, że struktura pracy jest typowa dla prac kwalifikacyjnych i jest właściwa. Część teoretyczna mogła by być rozszerzona o więcej informacji z zakresy wymiany ciepła i masy. Opis przeprowadzonych badań jest jasno opisany z zachowaniem chronologii. Struktura pracy jest jasna i czytelna.

4. Ocena tez naukowych, celu naukowego i użytecznego oraz zakresu pracy

Przedstawiona w drugim rozdziale pracy teza brzmi następująco:
„Zmodyfikowany materac wodny dla bydła oparty na przepływie jest skuteczną metodą chłodzenia umożliwiającą redukcję stresu cieplnego krów”.
Celem naukowym pracy było: *„opracowanie innowacyjnego rozwiązania chłodzącego dla sektora mleczarskiego, które mogłoby zmniejszyć wpływ stresu cieplnego u bydła. Nowość opracowanego rozwiązania opiera się na zastosowaniu specjalnie zmodyfikowanego materaca wodnego pracującego w zamkniętym obiegu chłodzonej wody, zapewniającego zwierzęciu chłodzenie przewodzące.”*

Przedstawiona przez Doktorantkę teza oraz cel naukowy stosunkowo dobrze definiują obszar zadań niezbędnych do rozwiązania postawionych problemów badawczych. Zrealizowany i opisany w pracy zakres badań należy uznać za szeroki i ocenić jako prawidłowy. Należy zatem pozytywne ocenić zarówno tezę, cel jak i zakres pracy.

5. Ocena poziomu naukowego rozprawy

Część przeglądowa została opracowana prawidłowo, zawiera ona opis wyzwań związanych z rozwojem technologii, jej wpływem na środowisko oraz ochroną środowiska. Zawiera ona również przegląd technologii chłodzenia stosowanych w przemyśle mleczarskim i w hodowli bydła. W pracy przedstawiono też proponowane do tej pory konstrukcje materacy chłodzących.

Praca zawiera symulację przepływu wody w poszczególnych konstrukcjach Materacy chłodzących, opis konstrukcji wybranej geometrii materaca,

a także metodologię pomiarów, opis i analizę badań wstępnych w laboratorium oraz badań wstępnych i badań docelowych w warunkach rzeczywistych. Przeprowadzono analizę reakcji organizmów badanych zwierząt na temperaturę wody chłodzącej. Autorka przedstawiła również bilans cieplny organizmu krowy w różnych warunkach otoczenia i parametrach wody chłodzącej aby ocenić efektywność chłodzenia.

Zakres zrealizowanych badań jest szeroki. Autorka przeprowadziła badania wpływu na proces chłodzenia takich parametrów jak: natężenie przepływu wody chłodzącej, temperatura zasilania wody, parametry otoczenia. Oprócz samej efektywności chłodzenia, badano również reakcję organizmu krów na proces i parametry chłodzenia. Badania w warunkach rzeczywistych przeprowadzono na czterech krowach. Dwie krowy były poddane chłodzeniu za pomocą materacy, dwie dla porównania nie były poddane procesowi chłodzenia. Wszystkie krowy przebywały w tych samych warunkach otoczenia. Podczas badań monitorowano temperaturę wewnętrzną organizmu, powierzchni skóry i tętno badanych zwierząt. W metodologii badań podano dokładność pomiaru poszczególnych parametrów (głównie temperatury). Niestety różne serie pomiarowe były prowadzone częściowo w odbiegających od siebie warunkach co utrudnia porównanie wyników. Ponad to wnioski z pracy często są zbyt ogólne i nie zawierają zbyt wielu danych liczbowych. Aby łatwiej było ocenić różnice temperatury ciał poszczególnych krów, dobrze by było powiększać newralgiczne fragmenty wykresów żeby lepiej było widać różnicę, gdyż nie szkodliwe dla organizmu jest jedynie obniżenie temperatury raptem o kilka stopni.

Dokonując oceny poziomu naukowego recenzowanego dysertacji stwierdzam, że badania i sama praca zostały zaplanowane poprawnie. Autorka zrealizowała szeroki plan badań, dokonała stosownych analiz wyjaśniając mechanizmy stwierdzonych efektów, na ich podstawie osiągnęła zakładany cel i potwierdziła postawioną hipotezę. Poziom merytoryczny opisów i analiz zawartych w recenzowanej pracy jest na wystarczającym poziomie i zasługuje na pozytywną ocenę.

Poziom naukowy recenzowanej pracy spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Struktura pracy jest właściwa. Dokonano przeglądu literatury. Sformułowano cel, hipotezę naukową i zakres pracy. Opracowano wieloetapowy plan badań, zbudowano prototyp materaca chłodzącego oraz zweryfikowano eksperymentalnie jego działanie w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych. Zrealizowano postawione zadania badawcze, potwierdzając możliwość uniknięcia stresu cieplnego u bydła za pomocą stosowania zaproponowanej konstrukcji materaca chłodzącego, co było celem niniejszej pracy.

Doktorantka potwierdziła zatem, że potrafi dokonać analizy literatury, potrafi właściwie dobrać materiał badawczy i stosowne techniki badawcze, w tym symulacje numeryczne, oraz potrafi je zrealizować i przeanalizować uzyskane wyniki.

6. Merytoryczne uwagi szczegółowe

W trakcie lektury niniejszej dysertacji nasunęło mi się wiele mniej lub bardziej istotnych uwag i wątpliwości o charakterze merytorycznym:

- 1) W kilku miejscach pracy jest mowa o temperaturze wody chłodzącej na poziomie 4°C , czy to nie jest zbyt niska temperatura? Nie powoduje ona dyskomfortu dla zwierząt leżących na materacu?
- 2) W jaki sposób określono zyski ciepła od gruntu (lub straty, w zależności od temperatury wody i gruntu)?
- 3) Dla czego w rozdziale 3.2.2 przyjęto inne masowe natężenia przepływu dla materaca oznaczonego jako d? Ponadto przy zmianie natężenia przepływu, zmienia się prędkość więc współczynnik przejmowania ciepła też się zmieni przy tej samej temperaturze (tab. 3.3)
- 4) Skąd takie różnice w profilach gęstości strumienia ciepła na rys. 3.23a?
- 5) Czy uwzględniono zaburzenia przepływu wynikające z odkształcenia materaca wynikające z ciężaru krowy.
- 6) Dla czego podczas badań użyto tylu różnych czujników temperatury? Proszę doprecyzować jakich termopar użyto typu-K czy typu-J bo w kilku miejscach w pracy są rozbieżności

- 7) Czemu miały służyć badania termowizyjne?
- 8) Różnicę temperatur podaje się w K nie w °C aby uniknąć nieporozumień.
- 9) Czemu na rys. 5.14 przedstawiono dwa różne okresy czasowe dla temperatury 6°C 10h dla 9°C tylko 6h, podobnie na rys. 5.15.
- 10) W niektórych miejscach w pracy brak jest konsekwencji, dla symulacji przyjęto inne parametry, badania termowizyjne nie są prowadzone w zbliżonych warunkach, potem parametry przepływowe i cieplne w badaniach wstępnych i w warunkach rzeczywistych też są prowadzone w odbiegających od siebie warunkach. Taka sytuacja utrudnia porównanie wyników i wyciągnięcie jednoznacznych wniosków.
- 11) Jakim parametrem opisać jednoznacznie efektywność chłodzenia w rozpatrywanym przypadku?
- 12) Rys.6.13, z czego wynikają chwilowe piki temperaturowe na wykresie, np. 16.08,22.08 czy 29.08.2022 r.?
- 13) Rys. 6.20 co się działo między 22 a 25.08.2023 r, podobnie między 15 a 17.08.2023r, z czego wynika taka zmiana charakterystyki?
- 14) Rys. 6.27 a, jak to możliwe, że temperatury wody chłodzącej są 19/20°C a średnia temperatura powierzchni materaca 17,2°C?
- 15) Co wynika z wykresów na rys. 6.32 i 6.33
- 16) We wzorze 7.2 nie zgadzają się jednostki, współczynnik przewodzenia ciepła ma jednostkę W/mK, tak więc Q wychodzi w Wm.
- 17) We wzorze 7.3 wykorzystano współczynnik przenikania ciepła k i pierwiastek z prędkości powietrza, współczynnik k uwzględnia konwekcję więc zależy od prędkości powietrza dla tego nie rozumiem po co we wzorze pierwiastek z prędkości.
- 18) Wzór 7.5 zawiera współczynnik emisyjności, podano że jego wartość wynosi 0,05 lub 0,08 w zależności od temperatury. Tak niskie współczynniki emisyjności mają tylko metale, np. skóra ludzka ma współczynnik emisyjności 0,98. Wzór na wypromieniowywane ciepło powinien zawierać współczynnik emisyjności, stałą Boltzmana, powierzchnię skóry oraz różnice temperatur ciał do potęgi 4.

$$\dot{Q} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S \cdot (T_{skin}^4 - T_{sur}^4)$$

- 19) We wzorze 7.6 brak jest przelicznika czasu bo ilość pary wodnej jest na godzinę.

7. Ocena strony redakcyjnej pracy

Pomimo starań Autorki w pracy znajdują się błędy literowe, interpunkcyjne oraz edycyjne, jednak nie zmniejszają one wartości pracy. W pracy zauważono dość dużo mniejszych i większych usterek redakcyjnych, poniżej przedstawiono najważniejsze:

- 1) W pracy brakuje wykazu oznaczeń.
- 2) Rys. 1.2 oznaczenie wartości wyższych i niższych temperatury tym samym kolorem, powoduje, że w obszarach małej różnicy temperatur niewiele widać na wykresie.
- 3) W momencie cytowania kilku źródeł literaturowy lepiej by było zapisać je w formie [2, 3] nie [2], [3] (str.11)
- 4) Cytowanie pozycji [5] w ten sposób w środku zdania jest niezrozumiałe.
- 5) Autorka bardzo często zostawia puste miejsca na końcu strony w środku rozdziałów, należy pamiętać, że tekst umieszczony za rysunkiem można bez obaw przenieść przed rysunek i praca będzie wtedy lepiej wyglądać. Opis rysunku nie musi być bezpośrednio nad lub pod nim.
- 6) Str. 16, wiersz 31 od góry nastąpiło przeniesienie do nowego akapitu w środku zdania
- 7) Jeżeli mowa o krowie to jako zwierzę w języku angielskim to raczej it nie she.
- 8) Zamiast pisać „on the left-hand” na rysunkach można zrobić podpunkty a), b) itp., ułatwi to opis i identyfikację rysunków (np. rys 1.11 czy 1.12)
- 9) Rys. 3.1 i 3.2 są mało wyraźne.
- 10) Wzory są częścią zdania dla tego należy stosować do nich interpunkcję.

- 11) Nie wszystkie symbole są wyjaśnione we wzorach 3.1 i 3.2.
- 12) Str. 75 l.1 chyba jest pomyłka w dacie prowadzenia pierwszej serii badań właściwych.

8. Podsumowanie

Wymienione powyżej uwagi mogą mieć częściowo charakter dyskusyjny. W recenzji przedstawiono najważniejsze uwagi i nie wyczerpują one również wszystkich, zwłaszcza drobniejszych błędów edycyjnych znalezionych w tekście recenzowanej pracy. Nie wpływają one znacząco na ocenę recenzowanej pracy. W recenzji przedstawiono tylko bardziej znaczące uwagi o charakterze redakcyjnym, oraz uwagi merytoryczne.

Poziom naukowy pracy spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023r., poz. 212). Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Jagody Błotny dotyczy modyfikacji dotychczasowych konstrukcji materaców chłodzących dla bydła w celu poprawy efektywności odbioru ciepła i uniknięcia stresu cieplnego u tych zwierząt. Modyfikacji tej dokonano na podstawie symulacji komputerowych, a następnie sprawdzono poprawność pracy urządzenia eksperymentalnie najpierw w warunkach laboratoryjnych a następnie w warunkach rzeczywistych. Sprawdzono również wpływ parametrów wody chłodzącej na reakcję organizmów badanych krów.

Należy również wspomnieć, że Doktorantka jest współautorką dwóch artykułów naukowych, w indeksowanych czasopismach o łącznej punktacji 300 pkt, a także brała udział w trzech konferencjach, w tym jednej zagranicznej, gdzie zaprezentowano wyniki badań zawarte w rozprawie doktorskiej. Oznacza to, że praca Autorki została już doceniona na arenie międzynarodowej a sama Autorka rozwija cały czas swój kunszt naukowy.

Doktorantka potwierdziła zatem, że potrafi dokonać prawidłowej analizy literatury, potrafi właściwie dobrać materiały do badań a także techniki pomiarowe do określonej specyfiki badań. Potrafi poprawnie zaplanować i

zrealizować eksperyment oraz symulacje oraz przeanalizować uzyskane wyniki.

Powyżej opisane fakty potwierdzają, że Doktorantka, Pani mgr inż. Jagoda Błotny posiadała stosowną wiedzę i umiejętności z zakresu prowadzenia pracy naukowej, może zatem ubiegać się o nadanie tytułu doktora nauk technicznych.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pan magister inżynier Jagody Błotny pt. „*Characterization and modeling of the innovative cooling water mattress for heat stress mitigation in cattle*” stwierdzam, że opracowanie to uzupełnia wiedzę i stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego a także potwierdza, że Doktorantka nabyła, w stopniu bardzo dobrym, wiedzę teoretyczną oraz umiejętności z zakresu pracy naukowej i jest gotowa do samodzielnego prowadzenia dalszych badań naukowych, spełnia zatem wymagania stawiane kandydatom do nadania stopnia naukowego doktora. Recenzowana dysertacja może zatem stanowić podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora w dyscyplinie *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka*. Wobec powyższego, wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pani magister inżynier Jagody Błotny do publicznej obrony.



dr hab. inż. Małgorzata Sikora, prof. PK