

Prof. dr hab. Halina Smal  
Profesor emerytowana  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii  
i Kształtowania Środowiska  
ul. Leszczyńskiego 7  
20-069 Lublin

Lublin, 23.01.2024 r.

## RECENZJA

### osiągnięć dr inż. Agaty Sochan ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo

#### 1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną wykonania recenzji jest pismo pana prof. dr. hab. Cezarego Sławińskiego, Dyrektora Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, z dnia 14 grudnia 2023 r. w związku z decyzją Rady Naukowej Instytutu, która w dniu 11 grudnia 2023 r. powierzyła mi funkcję recenzenta komisji w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Agaty Sochan.

Recenzję sporządzono w oparciu o dokumentację otrzymaną w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr inż. Agaty Sochan. Oceniano cykl publikacji powiązanych tematycznie pt. „*Analiza zjawiska rozbryzgu wywołanego oddziaływaniem kropli w układach modelowych*” wskazany przez Kandydatkę jako osiągnięcie naukowe, inne osiągnięcia naukowo-badawcze, dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski oraz współpracę naukową.

#### 2. Podstawowe dane o Kandydatce

Dr inż. Agata Sochan ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie uzyskując tytuł magistra inżyniera techniki komputerowej w inżynierii rolniczej (30.06.2009).

Stopień naukowy doktora nauk rolniczych w dyscyplinie agronomia, nadany uchwałą Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie uzyskała 13.06.2014 r. Podstawą jego nadania była rozprawa doktorska pt. „*Metodyczne aspekty wyznaczania kształtu cząstek frakcji piaszczystej osadów z wykorzystaniem mikroskopii optycznej*”. Promotorem w przewodzie doktorskim był dr hab. Andrzej Bieganowski.

Od 01.07.2014 r. Habilitantka jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie. Dwukrotnie przebywała na urlopie macierzyńskim (15.05.2015-12.05.2016 i 26.07.2018-24.07.2019).

W okresie od 01.05.2017 r. do 31.12.2022 r. była opiekunem Laboratorium Zastosowań Optycznych Technik Pomiarowych Instytutu Agrofizyki PAN w Lublinie.

#### 3. Informacja o obowiązujących przepisach prawa na dzień wszczęcia ocenianego postępowania habilitacyjnego

Art. 219 ust. 1. Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r (Dz.U. 2023 poz. 742).

Art. 219. 1. Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- 1) posiada stopień doktora;
- 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej;

- a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust.2 pkt 2 lit. a, lub
  - b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych lub recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie 267 ust.2 pkt 2 lit. a, lub
  - c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
- 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.
2. Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

#### **4. Informacje o ocenianych osiągnięciach naukowych**

##### **4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego**

Osiągnięciem naukowym dr Agaty Sochan jest cykl powiązanych tematycznie artykułów pt. „*Analiza zjawiska rozbryzgu wywołanego oddziaływaniem kropli w układach modelowych*”.

##### **4.2. Dane naukometryczne dorobku naukowego Kandydatki**

Całościowy dorobek naukowy wg punktów MNiSW oraz MEiN (na dzień wydania publikacji) wynosi 3703 punkty, z czego 3510 punktów (94,8%) przypada na okres po uzyskaniu stopnia doktora. Sumaryczny Impact Factor dla opublikowanych artykułów wynosi 142,7, w tym 133,6 (93,6%) po doktoracie, liczba cytowań na dzień złożenia wniosku wynosi wg Scopus 542 (526; 97,0% po doktoracie) (bez autocytowań – 431), a indeks Hirscha wg bazy Scopus = 13.

##### **4.3 Informacja o liczbie publikacji**

Dorobek publikacyjny dr Sochan obejmuje 110 artykułów naukowych oraz komunikatów konferencyjnych. Kandydatka jest współautorką 43 oryginalnych prac naukowych (32 po doktoracie), w tym 39 (31 po doktoracie) w czasopismach posiadających współczynnik Impact Factor, 3 w czasopismach nieposiadających IF oraz 1 rozdziału w angielskojęzycznej monografii. W 8 artykułach Habilitantka jest pierwszym autorem, w 6 drugim, a w 11 trzecim. Trzeba podkreślić, że po uzyskaniu stopnia doktora dorobek naukowy dr Sochan został istotnie powiększony, co świadczy o dużej aktywności badawczej/publikacyjnej Kandydatki do stopnia doktora habilitowanego.

##### **4.4. Czasopisma, w których Kandydatka opublikowała swoje prace naukowe**

Oryginalne artykuły naukowe zostały opublikowane w następujących czasopismach: Geoderma (7 prac), PLoS ONE (4), International Agrophysics (3), Soil Science Society of America Journal (2), Ecological Chemistry and Engineering S (2), Sensors (2), Computational Particle Mechanics (1), Journal o Experimental Botany (1), Forest Ecology and Management (1), Journal of Hydrology (1), Scientia et Securitas (1), Soil and tillage Research (1), Polish Journal of Environmental Studies (1), Agronomy (1), Minerals (1), Catena (1), Journal of Geophysical Research-Earth Surface (1), Agricultural and Forest Meteorology (1), Powder Technology (1), Physics of Fluids (1), Geomorphology (1), Land Degradation and Development (1), Sedimentary Geology (1), Journal of Plant Nutrition and Soil Science (1), Vadose Zone Journal (1), Proceedings of ECOpole (1), Soil Science Annual (1).

##### **4.5. Informacja o roli Kandydatki w pracach naukowych współautorskich**

W autoreferacie Kandydatka zamieszcza szczegółową informację dotyczącą jej udziału w publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe i w publikacjach określonych jako „Pozostałe osiągnięcia naukowe” (Zał. 3. pkt 4.2).

Pełniła wiodącą rolę w powstaniu artykułów osiągnięcia naukowego. Polegała ona na podaniu pomysłu badań, opracowaniu hipotez i koncepcji badań we wszystkich publikacjach, przeprowadzeniu

w całości lub części doświadczeń z wykorzystaniem tzw. szybkiej kamery, całościowym opracowaniu i interpretacji wyników doświadczeń, walidacji modelu numerycznego oraz opracowaniu manuskryptów. W trzech pracach Kandydatka wykonała całościowy przegląd literatury i była autorem korespondencyjnym. We wszystkich nanosiła poprawki i odpowiedzi na uwagi recenzentów. Udział Habilitantki w poszczególnych publikacjach jest szczegółowo przez nią określony. Oświadczenia współautorów są kompletne i precyzyjne. Dr Sochan odgrywała też wiodącą rolę w artykułach wieloautorskich „pozostałych osiągnięć naukowych”. Polegała ona m.in. na podaniu pomysłu i opracowaniu koncepcji badań, przeprowadzeniu pomiarów, opracowaniu i interpretacji wyników, przygotowaniu manuskryptu prac lub jego części, pełnieniu funkcji autora korespondencyjnego, naniesieniu poprawek i odpowiedzi na uwagi recenzentów.

#### 4.6. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr Agata Sochan, jako swoje osiągnięcie naukowe, przedstawiła cykl publikacji powiązanych tematycznie pt. „*Analiza zjawiska rozbryzgu wywołanego oddziaływaniem kropli w układach modelowych*”. Składa się on z pięciu oryginalnych prac naukowych opublikowanych w latach 2018-2023 w czasopiśmie naukowym o zasięgu międzynarodowym:

(P1) Sochan A., Beczek M., Mazur R., Ryżak M., Bieganowski A. 2018. The shape and dynamics of the generation of the splash forms in single-phase systems after drop hitting. *Physics of Fluids* 30, 027103. DOI: 10.1063/1.4998675

IF2018=2,627 IF5-letni=2,840, 35 pkt. MNiSW / 100 pkt. MEiN

(P2) Horabik J., Sochan A., Beczek M., Mazur R., Ryżak M., Parafiniuk P., Kobyłka R., Bieganowski A. 2018. Discrete element method simulations and experimental study of interactions in 3D granular bedding during low-velocity impact. *Powder Technology* 340, 52–67. DOI: 10.1016/j.powtec.2018.09.004

IF2018=3,413 IF5-letni=3,476 35 pkt. MNiSW / 140 pkt. MEiN

(P3) Sochan A., Łagodowski A., Nieznaj E., Beczek M., Ryżak M., Mazur R., Bobrowski A., Bieganowski A. 2019. Splash of solid particles as a stochastic point process. *Journal of Geophysical Research – Earth Surface*, 124, 2475-2490. DOI:10.1029/2018JF004993

IF2019=3,558 IF5-letni=4,082 140 pkt. MNiSW / 140 pkt. MEiN

(P4) Sochan A., Lamorski K., Bieganowski A. 2022. Numerical simulation and experimental study of the drop impact for a multiphase system formed by two immiscible fluids. *Sensors*, 22(9), 3126. DOI: 10.3390/s22093126

IF2022=3,9 IF5-letni=4,050 100 pkt. MEiN

(P5) Sochan A., Beczek M., Mazur R., Polakowski C., Ryżak M., Bieganowski A. 2023. Splash erosion and surface deformation following drop impact on soil with different soil hydrophobicity level and moisture content. *PLoS ONE* 18(5): e0285611. DOI:10.1371/journal.pone.0285611

IF2022=3,7 IF5-letni=4,069 140 pkt. MEiN

Należy podkreślić, że wszystkie wymienione prace powstały w oparciu o badania własne Kandydatki przeprowadzone w ramach dwóch projektów badawczych, na które pozyskała środki finansowe w drodze konkursów Narodowego Centrum Nauki (Preludium, Sonata), którymi kierowała w latach 2014-2017.

Wszystkie prace są współautorskie (3-8 autorów), przy czym, co trzeba podkreślić, w czterech z nich dr Sochan jest pierwszym, wiodącym, a w jednej drugim autorem.

Sumaryczne wskaźniki naukometryczne cyklu publikacji są następujące: Impact Factor (IF) = 17,198 (IF 5-letni = 18,517); punkty wg MNiSW / MEiN = 450; aktualne punkty wg MEiN = 620; liczba cytowań wg Scopus = 35, liczba cytowań bez autocytowań = 22.

Problematyka osiągnięcia naukowego jest bardzo interesująca i ważna ze względu na znaczenie zjawiska rozbryzgu i jego skutków, w tym przenoszenia zanieczyszczeń, jako pierwszego etapu erozji wodnej gleb.

Głównym celem badań, przedstawionych w cyklu artykułów P1-P5 było poznanie oraz pogłębiony opis zjawiska rozbryzgu, zachodzącego podczas uderzenia kropli w układach modelowych, realizujących różne aspekty uproszczenia ośrodka glebowego.

W badaniach eksperymentalnych dokonano charakterystyki rozbryzgu oraz jego skutków, zachodzących w:

- jednorodnych układach ciekłych – odpowiadających warunkom, gdy gleba jest zalana,
- układach cieczy niemieszających się ze sobą – odpowiadających warunkom, gdy gleba (nasycona) zostaje skażona substancjami ropopochodnymi;
- ośrodkach sypkich – umożliwiającą badanie wpływu tzw. matrycy glebowej (cząstek fazy stałej gleby) z jednoczesnym odseparowaniem pozostałych czynników wpływających na przebieg badanego procesu;
- materiałach glebowych, tak zmodyfikowanych poprzez zwiększenie ich hydrofobowości, że zniwelowano część oddziaływań występujących w naturalnej glebie – odpowiadających warunkom występujących w tzw. glebach popożarowych.

Modele te miały odzwierciedlać warunki glebowe występujące w rzeczywistości.

Wyniki badań eksperymentalnych posłużyły do walidacji oraz wykorzystania trzech modeli opisujących różne aspekty rozbryzgu. Dzięki temu poszerzono ilościową analizę zjawiska, jak również uzyskano informacje niedostępne/trudno dostępne (przy obecnym stanie rozwoju metod pomiarowych).

Poza realizacją celu zasadniczego wszystkich artykułów cyklu w poszczególnych publikacjach realizowano cele cząstkowe (wymienione w autoreferacie). Ponadto, co należy podkreślić, w każdej pracy sformułowano hipotezy badawcze.

W autoreferacie Kandydatka dokładnie i jasno opisuje materiały użyte w poszczególnych obiektach badawczych. W układach ciekłych były to woda, benzyna i olej napędowy (P1, P4), ośrodkach sypkich (P2) szklane kulki o wielkości 213-300  $\mu\text{m}$  (jako model materiału glebowego). W pracy P3 wykorzystano również kulki ze szkła krzemionkowego (425-600  $\mu\text{m}$ ). W ośrodkach trójfazowych kropla użyta w doświadczeniu w pracy P5 charakteryzowała się takimi samymi parametrami jak zastosowana w pracy P3. Oddziaływała ona na powierzchnię gleby. Glebę poddano procesowi hydrofobizacji poprzez symulację zmiennej temperatury i czasu trwania. Uzyskano 5 klas hydrofobowości gleby.

Na uwagę i wysoką ocenę zasługują metody zastosowane w przeprowadzonych eksperymentach. We wszystkich doświadczeniach do rejestracji przebiegu rozbryzgu wykorzystano szybką kamerę (P1, P2, P4), bądź zestaw trzech zsynchronizowanych szybkich kamer (P3, P5), nagrywających z prędkością 1500 lub 3200 klatek na sekundę. Umożliwiły one śledzenie ruchu wybitych cząstek w przestrzeni. W pracy P2 zastosowano piezoelektryczny czujnik ciśnienia, pozwalający na pomiar impulsu ciśnienia, wraz z czasem trwania, który był wywołany oddziaływaniem modelu kropli podczas rozbryzgu i docierał do dna modelowego układu. W doświadczeniach rejestrowano też rozbryzg z użyciem papieru samoprzylepnego. Przeprowadzono modelowanie numeryczne rozbryzgu w ośrodku sypkim metodą elementów dyskretnych (DEM) (praca P2) z wykorzystaniem komercyjnego pakietu oprogramowania EDEM (DEM Solutions Ltd., UK). W pracy P4, zjawisko rozbryzgu w układzie cieczy niemieszających się symulowano numerycznie metodą objętości skończonych (program OpenFOAM – Open Field Operation and Manipulation). Z kolei w pracy P3 zastosowano modelowanie matematyczne. Do określenia wielkości deformacji powierzchni wywołanej oddziaływaniem kropli (P5) wykorzystano skaner światła strukturalnego.

Celem cząstkowym pracy P1 była charakterystyka form rozbryzgu powstałych na skutek uderzeń kropli o powierzchnię cieczy oraz zaproponowanie jednej wielkości opisującej powstawanie tych form, uwzględniającej czynniki istotne dla badanego zjawiska. Eksperymenty przeprowadzone w trzech układach ciekłych (wodzie, benzynie, oleju napędowym) umożliwiły zdefiniowanie 4 form rozbryzgu o zróżnicowanej skali (fala, korona, kopuła połowicznie zamknięta, kopuła całościowo zamknięta).

Istotnym osiągnięciem było stwierdzenie że żadna z analizowanych właściwości cieczy, tj. gęstość, lepkość, czy napięcie powierzchniowe, rozpatrywane oddzielnie nie wyjaśniały zaobserwowanych różnic w wielkości i tempie narastania kolejnych form rozbryzgu. Stąd, podjęto

próby scharakteryzowania układów w oparciu o liczby krytyczne stosowane w dynamice płynów. Stwierdzono, że liczba  $K$  wydaje się być najbardziej odpowiednia do opisu generowanych form rozbryzgu.

Wyniki przedstawione w publikacji P1 potwierdziły postawione hipotezy badawcze, że dynamika zjawiska oraz powstające formy rozbryzgu są zróżnicowane w zależności od energii padającej kropli oraz, że obszary powstawania specyficznych form rozbryzgu w zależności od energii oraz właściwości padającej kropli, a także właściwości cieczy, w którą kropla uderza, można opisać jedną ze stosowanych w mechanice płynów liczbą bezwymiarową, uwzględniającą wszystkie czynniki, istotne z punktu przebiegu zjawiska.

Implementacja modelu DEM do symulacji uderzenia o powierzchnię ośrodka sypkiego, eksperymentalna walidacja opracowanego modelu oraz określenie na podstawie modelu szybkości rozchodzenia się i tłumienia fali mechanicznej w złożu cząstek fazy stałej gleby były celem cząstkowym pracy P2.

Symulacje DEM w tej pracy umożliwiły szczegółowy opis reakcji złoża cząstek na uderzenie impaktora, poprzez sekwencję czterech wzajemnie powiązanych procesów: (1) trawers fali kompresji przez złożę, (2) przekazanie energii kinetycznej od impaktora do cząstek i dalsza propagacja energii do innych miejsc złoża, (3) przemieszczenie zwartej struktury cząstek, tj. inicjacja tworzenia krateru oraz (4) wybitcie cząstek.

Ważnym osiągnięciem było m.in. wykazanie, że w wyniku uderzenia impaktora nastąpiło przemieszczenie fali kompresji przez złożę. Analiza opracowanej symulacji DEM rozbryzgu umożliwiła szczegółowy opis fizycznych mechanizmów sekwencji zjawiska. Od momentu pierwszego kontaktu impaktora z podłożem, po upływie przyrostu czasu fala kompresji docierała do dna złoża.

Stwierdzono, że w symulacjach DEM prędkość propagacji czoła fali ściskającej wzrastała z  $190 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $240 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  dla wzrostu prędkości uderzenia z  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $4,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Co ważne, prędkość wyznaczona doświadczalnie odpowiadała zakresowi wartości z symulacji. Wzrost współczynnika tarcia cząstka-cząstka z 0 do 0,4 powodował niewielki wzrost prędkości fali z  $177 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $199 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Zakres wartości wyznaczonych z symulacji DEM był w dobrej zgodności z wartościami eksperymentalnymi.

Realizacja celu cząstkowego postawionego w publikacji P2 umożliwiła Habilitantce uzyskanie nowatorskiego wglądu w oddziaływania mechaniczne w złożu ziarnistym podczas zderzenia w mikroskali. Istotnym osiągnięciem było stwierdzenie (na podstawie przeprowadzonych eksperymentów oraz numerycznej symulacji DEM) że: 1) wyznaczona doświadczalnie prędkość fali ściskającej wynosiła około  $220 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 2) wzrost sztywności efektywnej złoża wzdłuż frontu fali ściskającej zwiększał dynamikę oddziaływań cząstka-cząstka w porównaniu z dynamiką zderzenia cząstek odizolowanych, 3) tarcie cząstka-cząstka wpływało na wszystkie rozpatrywane miary reakcji złoża na uderzenie impaktora.

Przeprowadzone badania potwierdziły postawioną hipotezę badawczą, że zastosowanie numerycznego modelu DEM umożliwia ilościową analizę głębokości oraz dynamiki zmian zachodzących w złożu cząstek fazy stałej gleby w efekcie rozbryzgu.

Jednym z celów cząstkowych pracy P3 było opracowanie i walidacja stochastycznego modelu rozbryzgu, umożliwiającego prognozowanie ilości i zakresu przemieszczeń cząstek wybitych na dane odległości. W pracy tej analizowano rozbryzg zachodzący w modelowym złożu szklanych kulek pod wpływem oddziaływania pojedynczej kropli wody.

Należy podkreślić, że praca P3 jest nowatorską próbą modelowania zjawiska rozbryzgu jako stochastycznego procesu punktowego. Ponadto, co jest szczególnie istotne, dowiedziono w niej, że w środkowych przedziałach odległości przemieszczenia cząstek stałych rozbryzg może być modelowany jako punktowy proces Poissona, w którym losowe liczby cząstek fazy stałej w kolejnych wyznaczonych przedziałach mają rozkład Poissona i są parami niezależne. Dla cząstek wybitych na krótsze odległości zaproponowano dwa modele: Stirlinga-Bella oraz warunkowy. Przeprowadzona w pracy analiza potwierdziła hipotezę badawczą, że istnieje możliwość opracowania modelu stochastycznego, umożliwiającego analizę rozkładów i odległości przemieszczenia cząstek wybitych ze złoża podczas rozbryzgu.

Drugim celem cząstkowym pracy P3 było określenie skuteczności detekcji cząstek wybitych w czasie rozbryzgu przez tzw. szybkie kamery. Stwierdzono, że nie wszystkie cząstki stałe wybite podczas rozbryzgu zostały zarejestrowane i zidentyfikowane przez szybkie kamery. Potwierdzono tym samym hipotezę badawczą, że skuteczność identyfikacji wybitych cząstek podczas rozbryzgu z wykorzystaniem szybkich kamer nie jest stuprocentowa.

W pracy P4 celem była implementacja i walidacja numerycznego modelu transportu wielofazowego i wykorzystanie go do oceny rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ropopochodnych na skutek rozbryzgu. Badania przeprowadzono w układzie ciekłym, wykorzystano ciecze niemieszające się. Przesłanką do ich podjęcia była próba opisu zjawiska rozbryzgu powstającego w układzie ciekłym, np. w czasie wycieku substancji ropopochodnych z silników maszyn rolniczych. Przedstawiono proces symulacji FVM (Finite Volume Method) rozbryzgu zachodzącego w ośrodku cieczy niemieszających się oraz jego walidacji w oparciu o wyniki badań doświadczalnych.

Walidacja modelu numerycznego wykazała, że zastosowanie metody VOF (Volume of Fluid) do opisu rozbryzgu cieczy niemieszających się dało bardzo dobre wyniki. Ponadto, trzeba podkreślić, że dotychczas stosowano jedynie opis 2D, zakładając osiową symetrię zjawiska. Natomiast badania przedstawione w pracy P4 obejmowały nowatorskie trójwymiarowe modelowanie rozbryzgu wielofazowego. Należy również podkreślić, że zgodność opracowanego modelu z rzeczywistymi pomiarami umożliwiła wykorzystanie symulacji do opisu aspektów zjawiska rozbryzgu, których nie można było zaobserwować podczas eksperymentu. Opracowany model umożliwił również analizę procesu rozprzestrzeniania się substancji ropopochodnych. Zobrazowano, że kropla benzyny wywołująca rozbryzg, formując koronę i zagłębienie, rozlewała się po ich wewnętrznych stronach i tworzyła cienką warstwę pomiędzy powietrzem a wodą.

Poza tym, opracowany model rozbryzgu wielofazowego dał możliwość analizy zachowania cieczy, tj. monitorowania, która ciecz została wybita i w jakim stopniu w postaci drobnych kropelek, potwierdzając postawioną hipotezę, że zastosowanie numerycznego modelu VOF umożliwia ilościową analizę dynamiki oraz wielkości tworzących się form rozbryzgu, jak również składu odrywających się kropelek w układach wielofazowych. Informacje te są szczególnie istotne w kontekście rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń substancji ropopochodnych, zarówno w sytuacji wycieku paliw, jak również podczas opadów, gdy krople deszczu aktywują proces ekspansji zanieczyszczeń.

Celem cząstkowym pracy P5 był opis dynamiki i skutków zjawiska rozbryzgu (tj. deformacji powierzchni) gleb popożarowych o różnej klasie hydrofobowości. W pracy tej analizowano erozję rozbryzgową zachodzącą na materiałach glebowych zmodyfikowanych poprzez zwiększenie ich hydrofobowości, co odpowiadało warunkom występującym w glebach popożarowych.

Po raz pierwszy zaprezentowano jaki wpływ na rozbryzg oraz powstającą deformację powierzchni ma stopień hydrofobowości oraz wtórna wilgotność materiału glebowego. Istotnym osiągnięciem było stwierdzenie, że klasa hydrofobowości gleby nie była głównym czynnikiem determinującym zjawisko rozbryzgu pod wpływem uderzenia pojedynczej kropli. Jedynie gleba skrajnie hydrofobowa wykazywała wyraźne i istotne statystycznie różnice, wyrażone przede wszystkim liczbą wybitych cząstek, która była nawet 2,5-krotnie wyższa niż w przypadku pozostałych próbek. Zaobserwowano również, że w wyniku uderzenia kropli w ekstremalnie hydrofobową powierzchnię gleby powstała inna forma deformacji powierzchni niż w przypadku pozostałych próbek suchych. I tak, na materiałach o niższym stopniu hydrofobowości powstawał krater, w centrum którego obserwowano zwilżoną powierzchnię, podczas gdy w próbce skrajnie hydrofobowej wewnątrz krateru tworzył się tzw. płynny marmur. Wyniki częściowo potwierdziły postawioną hipotezę, że zmiana klasy hydrofobowości gleb popożarowych determinuje dynamikę oraz skutki zjawiska rozbryzgu wywołanego pojedynczą kroplą deszczu.

Ponadto, stwierdzono, że wilgotność materiału glebowego istotnie determinowała sposób, skalę i dynamikę erozji rozbryzgowej. W przypadku grupy materiałów wilgotnych zjawisko przebiegało pięciokrotnie szybciej, a w wyniku uderzenia kropli wybijana była duża liczba drobnych cząstek (w postaci mieszaniny wodno-glebowej), które osiągały dwukrotnie większe prędkości wybiccia i trzykrotnie większe odległości przemieszczenia, w porównaniu do grupy materiałów suchych.

**Podsumowując, przedstawione przez dr inż. Agatę Sochan osiągnięcie naukowe pt. „Analiza zjawiska rozbryzgu wywołanego oddziaływaniem kropli w układach modelowych” oceniam**

**jednoznacznie pozytywnie. Wnosi ono istotny wkład w rozwój dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo, a tym samym spełnia wymogi określone w Art. 219 ust. 1 pkt 2. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023 poz. 742).**

#### **4.7. Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej**

##### **Ocena aktywności naukowej**

Przegląd dorobku naukowego Kandydatki wskazuje, że jej zainteresowania badawcze koncentrują się głównie na zjawisku rozbryzgu. Tej problematyce, oprócz osiągnięcia naukowego, poświęconych jest kilkanaście prac. Drugi obszar badań dotyczy rozkładu granulometrycznego gleb, a ściślej problematyce jego pomiaru metodą dyfrakcji laserowej.

Wśród oryginalnych artykułów naukowych dr Sochan, wyróżnia cztery, które określa jako „Pozostałe osiągnięcia naukowe”. Dotyczą one rozkładu granulometrycznego metodą dyfrakcji laserowej (LDM).

Rezultatem wieloletnich prac zespołu w składzie prof. dr hab. Andrzej Bieganowski, dr hab. Magdalena Ryżak, prof. IA PAN, dr Cezary Polakowski oraz dr inż. Agata Sochan było przygotowanie ekspertyzy realizowanej na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, która stała się podstawą do przygotowania Polskiej Normy – Jakość gleby – Oznaczenie składu granulometrycznego mineralnego materiału glebowego – Metoda dyfrakcji laserowej.

Przedstawione osiągnięcie naukowe związane jest z wykorzystaniem LDM do walidacji dotychczas stosowanych metod sedymentacyjnych w pomiarach uziarnienia gleb. Wyniki badań związanych z tym zagadnieniem przedstawiono w artykule powstałym we współpracy z pracownikami Katedry Gleboznawstwa i Ochrony Gleb Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS w Lublinie oraz Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach:

- Sochan A., Bieganowski A., Bartmiński P., Ryżak M., Brzezińska M., Dębicki R., Stuczyński T., Polakowski C. 2015. Use of the Laser Diffraction Method for Assessment of the Pipette Method. Soil Science Society of America Journal 79(1), 37-42. DOI: 10.2136/sssaj2013.07.0308n

Kolejne prezentowane osiągnięcie naukowe dotyczy określenia różnic konstrukcyjnych jednostek dyspergujących stosowanych w dyfrakcji laserowej, które przyczyniają się do powstawania istotnego błędu w wynikach pomiaru rozkładu granulometrycznego gleb tą metodą.

Celem podjętych przez Kandydatkę badań było wskazanie różnic w wynikach rozkładów wielkości cząstek gleby wyznaczonych przy użyciu dwóch różnych jednostek dyspergujących (Hydro MU oraz Hydro G) dyfraktometru laserowego Mastersizer 2000 (Malvern, UK). Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że bardziej zasadnym wyborem jest stosowanie jednostki Hydro G. Wyniki badań przedstawiono w publikacji:

- Sochan A., Bieganowski A., Ryżak M., Dobrowolski R., Bartmiński P. 2012. Comparison of soil texture determined by two dispersion units of Mastersizer 2000. International Agrophysics 26(1), 99-102. DOI: 10.2478/v10247-012-0015-9

Warto dodać, że rozpoczęcie badań związanych z analizą różnic konstrukcyjnych aparatury do pomiaru uziarnienia gleb przyniosło w kolejnych latach m.in. opracowanie przez wskazany zespół badawczy czterech patentów konstrukcyjnych przyznanych przez Urząd Patentowy RP.

Habilitantka przedstawia również osiągnięcie naukowe związane z wykazaniem możliwości zastosowania oraz wskazaniem ustawień dyfraktometru laserowego w pomiarach wielkości cząstek (kłaczków) osadu czynnego w oczyszczalni ścieków. Wyniki tych badań przedstawiono w dwóch publikacjach:

- Bieganowski A., Łagód G., Ryżak M., Montusiewicz A., Chomczyńska M. Sochan A. 2012.

Measurement of activated sludge particle diameters using laser diffraction method. Ecological Chemistry and Engineering S 19, 597-608. DOI: 10.2478/v10216-011-0042-7

- Sochan A., Polakowski C., Łagód G. 2014. Impact of optical indices on particle size distribution of activated sludge measured by laser diffraction method. Ecological Chemistry and Engineering S 21(1), 137-145. DOI: 10.2478/eces-2014-0012

Sumaryczne wskaźniki naukometryczne powyższych publikacji są następujące: Impact Factor (IF) z roku opublikowania pracy = 3,712, IF 5-letni = 4,470, punkty MNiSW (punktacja przed 2019) = 80, aktualne punkty MNiE = 400, liczba cytowań wg Scopus = 135, liczba cytowań bez autocytowań = 121.

### **Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej**

Dr Sochan od początku Studiów Doktoranckich oraz pracy naukowej w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie, wykazywała się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni/instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej poprzez odbywanie staży naukowych, czy realizację projektów międzynarodowych. Efektami współpracy z krajowymi i zagranicznymi jednostkami były wielokrotnie wspólne publikacje naukowe.

W ramach studiów magisterskich realizowanych na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie została delegowana na siedmiomiesięczne zagraniczne praktyki (2007), w czasie których zdobyła wiedzę techniczną, informatyczną, a także inżynierię produkcji w przedsiębiorstwach przemysłu spożywczego w Wielkiej Brytanii.

Część niezbędnych badań, do rozprawy doktorskiej realizowała w innej jednostce, którą był Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS w Lublinie.

W okresie Studiów Doktoranckich pierwszy krótkoterminowy staż naukowy (tygodniowy) odbyła w 2009 r. w Ghent University, Department of Soil Management and Soil Care, Belgia pod opieką prof. Wima Cornelisa, cenionego naukowca w dziedzinie fizyki gleby.

Równoległe z finalizacją celów postawionych w rozprawie doktorskiej była (oraz nadal jest) zaangażowana w badania związane z metodyką wyznaczania rozkładu wielkości cząstek gleb i osadów metodą dyfrakcji laserowej. W obszarze tej tematyki badawczej, od roku 2011 systematycznie współpracuje z Ośrodkiem Węgierskim, do którego zaliczają się:

- Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, HAS, Budapest,
  - Institute of Materials and Environmental Chemistry, HAS, Budapest,
  - Institute of Environmental Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Keszthely,
  - University of Pannonia, Department of Earth and Environmental Chemistry, Veszprém.
- W instytucjach tych odbyła 4 staże naukowe kolejno: tygodniowy, trzytygodniowy, miesięczny i dwutygodniowy. Efektem prac badawczych realizowanych przez Habilitantkę we współpracy z naukowcami z Węgier są trzy wspólne publikacje naukowe. Ponadto, efektem jej współpracy z Ośrodkiem Węgierskim jest także przeprowadzenie w 2021 roku wykładu dla studentów Festetics Doctoral, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE).  
Dodatkowo, w roku 2017 Kandydatka odbyła miesięczny staż naukowy w Zakładzie Gleboznawstwa i Ochrony Gleb UMCS w Lublinie.

Bardzo zaangażowała się w badania dotyczące parametryzacji i modelowania zjawiska rozbryzgu. Pozyskane i następnie opublikowane wyniki, przedstawione w 15 artykułach (z wyłączeniem publikacji dotyczących głównego osiągnięcia naukowego) należy uznać za istotne rezultaty jej aktywności naukowej.

Wraz ze współpracownikami podjęła równoczesne prace, które częściowo były realizowane w innych instytucjach naukowych:

- a) Modelowanie matematyczne i statystyczne rozbryzgu – badania realizowane we współpracy z Katedrą Matematyki Politechniki Lubelskiej.
- b) Rozbryzg kropli na obiektach biologicznych – badania realizowane we współpracy z Katedrą Kształtowania Środowiska i Katedrą Biochemii i Mikrobiologii SGGW w Warszawie.
- c) Rozbryzg zachodzący w wyniku uderzeń z dużą prędkością – badania realizowane we współpracy z Instytutem Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa WAT w Warszawie.

**Dr Agata Sochan opublikowała łącznie 43 oryginalne artykuły naukowe, z czego 20 artykułów we współpracy z naukowcami z innych jednostek naukowych, w tym 5 zagranicznych.**



### **Projekty badawcze**

Habilitantka była/jest aktywna w pozyskiwaniu środków finansowych na badania naukowe. Brała czynny udział w realizacji 10 projektów badawczych, w tym 7 finansowanych przez NCN lub Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz 3 międzynarodowych.

W 4 projektach pełniła funkcję kierownika projektu:

1. projekt badawczy NCN Sonata pt. „Zwilżalność gleby jako czynnik warunkujący rozbryzg - pierwszą fazę erozji wodnej”,
2. projekt badawczy NCN Preludium pt. „Numeryczne modelowanie rozbryzgu wybranych ciekłych układów dwufazowych z wykorzystaniem metody objętości skończonych”,
3. projekt obejmujący dotację celową MNiSW na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych pt. „Porównanie stabilności agregatów glebowych w oleju napędowym”,
4. projekt obejmujący dotację celową MNiSW-pt. „Metodyczne aspekty wyznaczania rozkładu wielkości cząstek glebowych w kontekście opracowywanych założeń normy”,

w 3 projektach polskich była wykonawcą:

1. projekt badawczy MNiSW pt. „Badanie energii przylegania cząstek gleby metodą pojedynczej kropli symulowanego opadu”,
2. projekt badawczy MNiSW pt. „Opracowanie algorytmów porównywania wyników rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych oznaczonego za pomocą dyfrakcji laserowej i techniką areometryczną”,
3. projekt badawczy MNiSW Iuventus Plus pt. „Zastosowanie metod optycznych do badania początkowej fazy erozji wodnej- rozbryzgu”,

oraz w 3 projektach bilateralnych między Polską i Węgierską Akademią Nauk była/jest wykonawcą:

1. projekt międzynarodowy NKM-17/2019 pt. „Comparison of soil aggregate stability measured in water and NAPL”,
2. projekt międzynarodowy NKM-108/2017 pt. „Development of a new soil water retention model”,
3. projekt międzynarodowy pt. „The influence of the particle shape on the particle size distribution obtained by laser diffraction”.

Aktualnie złożyła wniosek projektowy o kontynuację współpracy naukowej między Polską i Węgierską Akademią Nauk na lata 2024-2026, w którym występuje w funkcji kierownika projektu po stronie polskiej, a prof. András Makó – po stronie węgierskiej.

Dodatkowo, w 2 projektach NCN Preludium uczestniczyła/uczestniczy przy realizacji wybranych zadań badawczych, formalnie pełniąc rolę promotora pomocniczego w przewodach doktorskich kierowników tych projektów.

### **Recenzje publikacji**

Habilitantka jest rozpoznawalna w środowisku naukowym, o czym świadczy wykonanie 26 recenzji artykułów do czasopism z listy Journal Citation Reports w tym m.in.: Particulate Science and Technology (6 prac), Soil Science Society of America Journal (4), Sedimentology (3), Earth-Science Reviews (2), Catena (1), Physics of Fluid (1), Geotechnical Testing Journal (1).

### **Udział w konferencjach naukowych**

Bierze aktywny udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych. Prezentowała wyniki swoich badań w formie referatów (42) i posterów (25).

### **Towarzystwa naukowe**

Habilitantka od 2014 roku jest członkiem European Geosciences Union, a od 2017 – Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego oraz International Union of Soil Science Society. Jest Członkiem Zarządu Lubelskiego Oddziału PTG, w którym pełni funkcję skarbnika.

## **4.8. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę**

### **Działalność dydaktyczna**

Dr Sochan w zakresie działalności dydaktycznej realizowanej jeszcze przed obroną rozprawy doktorskiej oraz stanowiącej współpracę z uczelnią macierzystą, w 2010 roku przeprowadziła wykłady

nt. Zastosowanie dyfrakcji laserowej do wyznaczania rozkładu granulometrycznego materiałów agrofizycznych, na kierunku przyrodniczym (Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie).

W latach 2020-2021 prowadziła wykłady m.in. dla uczestników Studiów Doktoranckich IA PAN w ramach Pracowni Metod Analizy Środowiska i Żywności (pt. „Wykorzystanie analizy obrazu w badaniach sedimentologicznych”), a także studentów Festetics Doctoral School, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, w ramach projektu EFOP-3.6.1-12-2016-00015 – University of Pannonia’s comprehensive institutional development program to promote Smart Specialization Strategy; pt. „The methods of investigation of splash phenomenon (the first step of water erosion)”.

W 2018 roku sprawowała opiekę i pomoc w realizacji badań do pracy magisterskiej magistrantki Politechniki Lubelskiej, która część badań prowadziła w Laboratorium Zastosowań Optycznych Techniki Pomiarowych w Instytucie Agrofizyki.

W roku 2021 była opiekunem praktyk studenckich studenta kierunku Geoinformatyka, UMCS w Lublinie.

Istotnym osiągnięciem Kandydatki w kształceniu kadr naukowych jest pełnienie funkcji promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich: mgr. Michała Beczka i mgr. Rafała Mazura.

### **Działalność organizacyjna**

Dr inż. Sochan była Członkiem Komitetu Organizacyjnego:

1. Soil Program on Hydro-Physics via International Engagement (SOPHIE), spotkania zrzeszającego naukowców z różnych ośrodków europejskich zajmujących się badaniami gleby, Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie (2020),
2. Warsztaty Naukowe „Wyznaczanie Rozkładu Granulometrycznego Gleb Metodą Dyfrakcji Laserowej”, Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, 2011,
3. Warsztaty laboratoryjne „Dyfrakcja laserowa versus mikroskopowa analiza obrazu – W poszukiwaniu synergii analiz wielkości cząstek w badaniach osadów klastycznych”, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS w Lublinie, 22-23.03.2012.

### **Popularyzacja nauki**

Kandydatka ma bardzo duże osiągnięcia w popularyzacji nauki. Współprowadziła warsztaty metodyczne z dyfrakcji laserowej oraz mikroskopowej analizy obrazu, m.in. dla pracowników IUNG w Puławach (2010), pracowników Stacji Chemiczno-Rolniczych oraz członków Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2011).

Efektom Jej aktywności realizowanej na UMCS było współprowadzenie warsztatów doskonalących dla pracowników Uniwersytetu, obejmujących mikroskopową analizę wielkości i kształtu cząstek osadów klastycznych, które odbyły się w 2012 roku na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej.

Przed doktoratem była także zaangażowana w realizację dwóch projektów edukacyjnych:

1. Projekt MNiSW „Ścieżki Kopernika” pt. „Zostań odkrywcą fizyki, chemii i biologii w przyrodzie – warsztaty, eksperymenty, badania”,
2. Projekt edukacyjny współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Kapitał Ludzki, pt. „Licea Powiatu Ryckiego - szkołami równych szans”, w ramach których, w latach 2013-2014 współprowadziła cykl wykładów i ćwiczeń dla uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych województwa lubelskiego.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka podejmowała działania na rzecz popularyzacji nauki poprzez udział w dziewięciu projektach festiwalu naukowych (Pikniki Naukowe, Lubelskie Festiwale Nauki, Warsztaty w Instytucie Agrofizyki) adresowanych do młodzieży szkolnej. Był to m.in. projekt:

- Sochan A., Ryzak M. Rewolucja w badaniach mikrokraterów powierzchni gleby! Wykorzystanie skanera światła strukturalnego 3D. 26. Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik „Rewolucje Naukowe”, 2023, czy projekt:
- Sochan A., Beczek M., Mazur R., Ryzak M. Kamera prawdę Wam powie. XVIII Lubelski Festiwal Nauki (2022) (Warsztaty w Instytucie Agrofizyki).

Wiele razy uczestniczyła w różnych inicjatywach podejmowanych przez Instytut Agrofizyki. Przygotowywała referaty dla odwiedzających Instytut uczniów i studentów, a także dla pracowników naukowych z zagranicznych jednostek, m.in. Department of Landscape Water Conservation, Technical University in Prague. Promowała również Instytut Agrofizyki podczas kolejnych edycji Dni Otwartych Funduszy Europejskich, organizowanych przez NCBI R oraz Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej.

## 5. Inne osiągnięcia

### Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Dr Sochan od początku Studiów Doktoranckich prowadziła szeroką współpracę z otoczeniem gospodarczym. Uczestniczyła w opracowaniu czterech patentów przyznanych przez Polski Urząd Patentowy.

Poza realizacją zleceń oraz opracowywaniem odpowiednich procedur pomiarowych dla przedsiębiorstw, następstwem zaangażowania Habilitantki było podpisanie dwóch umów między Instytutem Agrofizyki a przedsiębiorstwem ARKONA Laboratorium Farmakologii Stomatologicznej (Nasutów) i przedsiębiorstwem AP Instruments (Warszawa).

Intensywnie współpracowała także z siecią 16 Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych, w których dokonano walidacji procedury pomiarowej wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb metodą dyfrakcji laserowej-

Dr Sochan była członkiem zespołu, kierowanego przez prof. dr hab. Andrzeja Bieganowskiego, który przygotował ekspertyzę na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, która stała się podstawą do przygotowania Polskiej Normy PN-Z-19012:2020-02 nt. oznaczenia rozkładu wielkości cząstek mineralnego materiału glebowego metodą dyfrakcji laserowej. Norma ta jest obecnie stosowana przez wszystkie Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze w Polsce.

### Nagrody

Za działalność naukowo-badawczą, popularyzatorską Kandydatka była wielokrotnie nagradzana i wyróżniana. Między innymi otrzymała prestiżowe stypendium naukowe współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, budżetu państwa i województwa lubelskiego, stypendium naukowe w ramach „Miejskiego programu stypendialnego dla studentów i doktorantów” przyznany przez Prezydenta Miasta Lublin, również stypendium (trzykrotnie) dla najlepszych doktorantów IA PAN oraz dwukrotnie Stypendium Naukowe Dyrektora Instytutu przyznawanego młodemu pracownikom Instytutu oraz uczestnikom Studiów Doktoranckich, którzy wyróżniają się w pracy naukowej.

Zdobyła I miejsce w konkursie na najlepszy projekt w ramach VIII Lubelskiego Festiwalu Nauki (2011). Jej rozprawa doktorska decyzją Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki PAN została wyróżniona.

**Reasumując, pozytywnie oceniam aktywność naukową dr. inż. Agaty Sochan. Uważam, że Jej dorobek naukowo-badawczy jest bardzo wartościowy i znaczący. Ponadto, zdecydowana przewaga ilościowa i jakościowa oryginalnych rozpraw naukowych opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora świadczy o dynamicznym rozwoju naukowym Kandydatki. Wskazuje też na prawidłowo ukształtowaną postawę aktywnej i twórczej pracy. Wysoko oceniam również osiągnięcia Habilitantki w zakresie istotnej aktywności naukowej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w tym zagranicznej, działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej.**

## 6. Wniosek końcowy

Po dokonaniu analizy osiągnięcia naukowego w postaci cyklu 5 publikacji, pt. „*Analiza zjawiska rozbryzgu wywołanego oddziaływaniem kropli w układach modelowych*” oraz całokształtu dorobku naukowo-badawczego, przedstawionego przez dr inż. Agatę Sochan w dokumentacji w związku z postępowaniem habilitacyjnym, stwierdzam wysoką wartość merytoryczną i punktową osiągnięć naukowych Habilitantki. Wnoszą one istotny wkład w rozwój dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo.

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe oraz pozostały dorobek naukowy dr inż. Agaty Sochan będące przedmiotem niniejszej recenzji, spełniają wymagania zawarte w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r., art. 219. ust.1, pkt. 2b i 3 (Dz.U 2023, poz. 742).

**W związku z powyższym popieram wniosek o nadanie dr inż. Agacie Sochan stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.**

Prof. dr hab. Halina Smal