

## **AUTOREFERAT**

**dotyczący osiągnięć w pracy naukowo-badawczej,  
organizacyjnej i dydaktycznej**

dr inż. Maciej Neugebauer

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w OLSZTYNIE

Wydział Nauk Technicznych

Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Energetyki i Automatyki

Ul. Oczapowskiego 11, 10-719 OLSZTYN

**1. Imię i nazwisko**

MACIEJ NEUGEBAUER

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania**

- 1993      tytuł zawodowy magistra inżyniera na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn w zakresie eksploatacji pojazdów i maszyn, uzyskany na Wydziale Mechanicznym Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, tytuł pracy magisterskiej: „Optymalizacja doboru sposobu regeneracji metodami natryskiwania cieplnego na przykładzie wybranych części maszyn”, promotor – dr inż. Anna Bień
- 1997      dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie pedagogiki szkoły wyższej, Studium Pedagogiczne Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie.
- 2002      2 semestry CCNA (semestry 1 i 2) (2x po 70h) projektowanie i administrowanie sieci komputerowych LAN - Akademii Sieciowej CISCO, organizowane przez Akademię Regionalną CISCO przy UWM w Olsztynie.
- 2003      2 semestry CCNA (semestry 3 i 4) (2x po 70h) projektowanie i administrowanie sieci komputerowych LAN - Akademii Sieciowej CISCO, organizowane przez Akademię Regionalną CISCO przy UWM w Olsztynie.
- 2004      dwusemestralne studia podyplomowe w zakresie „Eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV”, organizowane przez Katedrę Elektrotechniki i Energetyki Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie

- 
- 2004 40h szkolenie w dziedzinie BHP, organizowane przez Katedrę Elektrotechniki i Energetyki Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie
- 2005 stopień doktora nauk rolniczych w zakresie inżynierii rolniczej; technologii informatycznej w systemach jakości produkcji rolniczej, uzyskany na Wydziale Nauk Technicznych, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, tytuł pracy: „Identyfikacja parametrów systemu jakości otrzymywania mleka w gospodarstwie rolnym wspomagana siecią neronową”. Data uzyskania: 17.02.2005. Promotor: prof. dr hab. inż. Janusz Piechocki. Recenzenci: prof. dr hab. Jerzy Weres, prof. dr hab. inż. Ryszard Michalski.
- 2006 szkolenie IT Essential 1 – PC Hardware i Software, Akademii Sieciowej CISCO (70h) i szkolenie IT Essential 2 – Network Operating Systems, Akademii Sieciowej CISCO (70h), organizowane przez Akademię Regionalną CISCO przy UWM w Olsztynie.
- 2007 szkolenie w zakresie Sieci Bezprzewodowych - Akademii Sieciowej CISCO (70h), organizowane przez Akademię Regionalną CISCO przy UWM w Olsztynie.
- 2008 szkolenie z podstaw UNIXA (70h), organizowane przez Akademię Regionalną CISCO przy UWM w Olsztynie.
- 2008 szkolenie „Broker Innowacji” organizowane przez: Centrum Innowacji i Transferu Technologii UWM Olsztyn i Warmińsko-Mazurski Klub Biznesu – 128 godz

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych**

- 
- od 1993 do 1994 w Zespole Obróbki Metali i Obrabiarek Katedry Elektroenergetyki i Automatyki Wydziału Mechanicznego Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie – etat techniczny;
- od 1994 do 1998 w Zespole Obróbki Metali i Obrabiarek Katedry Elektroenergetyki i Automatyki Wydziału Mechanicznego Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie – asystent.  
(w 1996 katedra zmieniła nazwę na Katedra Technologii Maszyn i Materiałów);
- od 1998 do 1999 w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki Wydziału Mechanicznego Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie – asystent – adiunkt;
- od 1999 do 2000 doradca serwisowy w Motor Centrum Mazury sp. z o.o. w Olsztynie
- od 1999 do 2005 w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki Wydziału Nauk technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie – adiunkt;
- od 2005 w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki (w 2012 roku katedra zmieniła nazwę na Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki) – adiunkt;
- od 2016 do 2017 Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie – starszy wykładowca;

4. Wskazanie osiągnięcia\* wynikającego z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

***KOMPOSTOWANIE JAKO METODA RECYKLINGU OFMSW Z JEDNOCZESNYM WYKORZYSTANIEM NADWYŻKI POWSTAJĄCEGO CIEPŁA***

***(OFMSW - Organic Fraction Municipal Solid Waste)***

W skład osiągnięcia naukowego wchodzi następujące publikacje:

1. **Maciej Neugebauer**, 2018, The use of biological waste as a source of low-temperature heat for hotbeds in spring in north-eastern Poland, *Czasopismo: Journal of Environmental Management*: 2018, 225 (1), s. 133-138; bibliogr. 58 poz. p-ISSN: 0301-4797, Czasopismo umieszczone na Liście Filadelfijskiej, DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.07.076, dostępna na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718308387>  
**Impact Factor ISI: 4.005**  
**Punktacja MNiSW: 35**  
Udział – 100%
2. **Maciej Neugebauer**, 2018, Kitchen and garden waste as a source of heat for greenhouses Inna wersja tytułu: Bioodpady kuchenne i ogrodowe jako źródło ciepła do ogrzewania szklarni, *Czasopismo: Agricultural Engineering* 2018, 22 (1), s. 83-93; bibliogr. 35 poz. p-ISSN: 2083-1587 Data ukazania się publikacji: 2018.03.30, dostępna na: [https://yadda.icm.edu.pl/.../neugebauer\\_kitchen\\_1\\_2018.pdf](https://yadda.icm.edu.pl/.../neugebauer_kitchen_1_2018.pdf)  
**Punktacja MNiSW: 10**  
Udział – 100%
3. **Maciej Neugebauer**, Tomasz Jakubowski, Piotr Sołowiej, Maciej Wesołowski, 2018, A fuzzy model of the composting process with simultaneous heat recovery and aeration rate control Tytuł całości: *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017* / ed. Krzysztof Mudryk, Sebastian Werle Adres wydawniczy, liczba stron: Cham : Springer International Publishing, 2018, s. 151-160 ; bibliogr. ; DOI: 10.1007/978-3-319-72371-6\_15

Seria: Springer Proceedings in Energy, dostępna na:  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-72371-6\\_15](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-72371-6_15)

**Punktacja MNiSW: w chwili obecnej 0 (będzie indeksowany w web of Science 15pkt)**

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, opracowaniu wstępnych dla wielkości wejściowych i wyjściowych modelu rozmytego procesu kompostowania, utworzeniu i testowaniu modeli rozmytych w środowisku LabView. Napisaniu wstępnej wersji tekstu i ostatecznej jego weryfikacji oraz przygotowaniu rysunków. Mój udział procentowy szacuję na 60%.*

*Pan Tomasz Jakubowski współpracował w opisie rozkładu term w poszczególnych testowanych modelach – jego udział szacuję na 15%.*

*Pan Piotr Sołowiej – określił rzeczywiste wielkości napowietrzania oraz odbioru ciepła wykorzystane następnie w poszczególnych modelach rozmytych – jego udział szacuję na 15%.*

*Pan Maciej Wesółowski zajmował się formatowaniem tekstu i obróbką rysunków – jego udział szacuję na 10%.*

4. **Maciej Neugebauer**, 2017, Bioreaktor do kompostowania odpadów organicznych Numer patentu/prawa ochronnego: 69325, Kod rodzaju dokumentu: Y1, Numer zgłoszenia wynalazku: 123784, Data zgłoszenia wynalazku: 2015.02.12, Kod kraju: PL, Symbol klasyfikacji patentowej: C12M 1/07 (2006.01); C02F 11/04 (2006.01); B09B 3/00 (2006.01), Data ogłoszenia zgłoszenia wynalazku: 2016.08.16 BUP 17/16, Data ogłoszenia udzielenia patentu: 2017.08.31 WUP 08/17, Charakt. formalna: wzór użytkowy. Dostępny na stronie:  
<https://grab.uprp.pl/PrzedmiotyChronione/Strony%20witryny/Wyszukiwanie%20strukturalne%20Plus.aspx>, **Punktacja MNiSW: 10**  
Udział – 100%

5. **Maciej Neugebauer**, 2017, The Impact of a biological waste collection strategy on total greenhouse gas emissions in north-eastern Poland, Tytuł całości: 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017 : Modern Energy and Power Sources: Conference proceedings, Vol. 17, Issue 43, s. 91-98 ; bibliogr. ; DOI: 10.5593/sgem2017H/43/S18.012

**Punktacja MNiSW: w chwili obecnej 0 (będzie indeksowany w web of Science 15pkt)**

Udział – 100%

6. **Maciej Neugebauer**, Piotr Sołowiej, Janusz Piechocki, Wojciech Czekala, Damian Janczak, 2017, The influence of the C: N ratio on the composting rate *Czasopismo: International Journal of Smart Grid and Clean Energy* 2017, 6 (1), s. 54-60 ; bibliogr. 13 poz. p-ISSN: 2315-4462, dostępny na stronie: <http://www.ijsgce.com/uploadfile/2017/0301/20170301122059880.pdf>

**Punktacja MNiSW: 5**

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu literatury, napisaniu wstępnej wersji tekstu i ostatecznej jego weryfikacji przygotowaniu rysunków oraz obliczeniu wartości skumulowanych i opracowaniu koncepcji współczynnika alfa jako miary dynamik przebiegu procesu kompostowania. Mój udział procentowy szacuję na 60%.*

*Pan Piotr Sołowiej współpracował w opracowaniu wyników pomiarów i wniosków – jego udział procentowy szacuję na 10%.*

*Pan Janusz Piechocki współpracował w tworzeniu ostatecznej wersji tekstu artykułu – jego udział szacuję na 10%.*

*Pan Wojciech Czekala opracował koncepcję stanowiska badawczego – jego udział szacuję na 10%.*

*Pan Damian Janczak zebrał dane pomiarowe z poszczególnych eksperymentów – jego udział szacuję na 10%.*

7. **Maciej Neugebauer**, Piotr Sołowiej, 2017, The use of green waste to overcome the difficulty in small-scale composting of organic household waste, *Journal of Cleaner Production*, 2017, 156, s. 865-875; bibliogr. 56 poz. p-ISSN: 0959-6526 *Czasopismo* umieszczone na Liście Filadelfijskiej, dostępny na stronie: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617308156>

**Impact Factor ISI: 5.715**

**Punktacja MNiSW: 40**

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu literatury, przeprowadzeniu badań, wykonaniu obliczeń, napisaniu wstępnej wersji tekstu i ostatecznej jego weryfikacji oraz przygotowaniu rysunków. Mój udział procentowy szacuję na 80%.*

*Pan Piotr Sołowiej konsultował założenia eksperymentu, współpracował w opracowaniu wyników pomiarów i wniosków – jego udział procentowy szacuję na 20%.*

8. **Maciej Neugebauer**, Piotr Sołowiej, Krzysztof Nalepa, Damian Janczak, Mirosław Czechłowski, 2016,; The dependence on the dynamics of the composting process and greenhouse gas emissions from the amount of maize straw addition to sewage sludge Tytuł całości: 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 : Energy and Clean Technologies : conference proceedings, Book 4, Vol. 3, Recycling, Air Pollution and Climate Change, Modern Energy and Power Sources; DOI: 10.5593/SGEM2016/HB43

**Punktacja MNiSW: 15**

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu literatury, napisaniu wstępnej wersji tekstu i ostatecznej jego weryfikacji oraz przygotowaniu rysunków. Mój udział procentowy szacuję na 60%.*

*Pan Piotr Sołowiej współpracował przy pisaniu ostatecznej wersji artykułu – jego udział szacuję na 10%.*

*Pan Krzysztof Nalepa – zajmował się obróbką danych pomiarowych w arkuszu kalkulacyjnym i ich przygotowaniem do obliczeń i tworzenia wykresów – jego udział szacuję na 10%.*

*Pan Damian Janczak zebrał surowe wyniki pomiarów dla poszczególnych analizowanych eksperymentów – jego udział szacuję na 10%.*

*Pan Mirosław Czechłowski opracował dane dotyczące emisji gazów z poszczególnych bioreaktorów – jego udział szacuję na 10%.*

9. **Maciej Neugebauer**, Piotr Sołowiej, 2014, Control of heat collection and airing process during composting with CompactRIO controller Inna wersja tytułu: Sterowanie procesem odbioru ciepła i napowietrzania w procesie kompostowania przy pomocy sterownika CompactRIO, Agricultural Engineering Szczegóły: 2014, 18 (3), s. 111-118 ; bibliogr. 19 poz. Uwaga ogólna: punktacja : Inżynieria Rolnicza (poprzedni tytuł) Agricultural Engineering ISSN 2083-1587 p-ISSN: 1429-7264, dostępny na stronie: [http://ir.ptir.org/artykuly/en/151/IR%28151%29\\_3591\\_en.pdf](http://ir.ptir.org/artykuly/en/151/IR%28151%29_3591_en.pdf)

**Punktacja MNiSW: 5**



*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu literatury, napisaniu wstępnej wersji tekstu i ostatecznej jego weryfikacji oraz przygotowaniu rysunków. Mój udział procentowy szacuję na 60%.*

*Pan Piotr Sołowiej brał udział w określeniu punktów charakterystycznych pracy układu sterowania, współpracował przy pisaniu ostatecznej wersji artykułu – jego udział szacuję na 40%.*

**Łączna liczba punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego wynosi 120, sumaryczny Impact Factor wynosi 9,72**

Podpisane oświadczenia współautorów ww publikacji o % udziale przedstawiono w załączniku nr 4.

#### **4.1. Omówienie celu naukowego prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, osiągniętych wyników i możliwych zastosowań.**

##### 4.1.1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach w których poziom konsumpcji i wygoda życia będące udziałem ludzi z krajów rozwiniętych stają się udziałem coraz większej liczby ludzi na całym świecie – w wyniku zmian w stylu życia pojawiają się dodatkowe problemy. Znamiennym przykładem, może być coraz większe zużycie energii – a co za tym idzie coraz większa emisja CO<sub>2</sub> i innych zanieczyszczeń do atmosfery, zwiększające się ilości powstających śmieci w przeliczeniu na głowę jednego mieszkańca w krajach rozwiniętych czy postępująca degradacja środowiska naturalnego oraz globalne zmiany klimatu [Spellman, 2017].

Wg badań jeden mieszkaniec USA wytwarza 839,5 kg śmieci rocznie [Hoornweg and Bhada-Tata, 2012; Powell, J. T. and Chertow, M. R. 2018]. Dla porównania przeciętny mieszkaniec EU [Kostecka i inn., 2014] wytwarza 504 kg śmieci rocznie a mieszkaniec Polski 303 kg śmieci na rok [GUS, 2017]. Zwiększające się problemy z zanieczyszczeniem środowiska oraz z coraz trudniejszym znalezieniem miejsc pod nowe lokalizacji i zapewnienia się starych wysypisk śmieci sprawiają, że w krajach rozwiniętych coraz większą wagę przywiązuje się do segregacji i recyklingu powstających w GD śmieci [Fam, Kar, 2017]. Według założeń UE do 2020 roku ma

być osiągnięty poziom 50 % segregowanych odpadów w krajach członkowskich [Cichocka i inni, 2017; Łazarczyk and Gurgul, 2017].

Jednym z istotnych z wyżej wymienionych problemów – jest coraz większa ilość powstających śmieci (odpadów) bytowych (komunalnych) [Mukhtar et al., 2016]. Śmieci domowe (Municipal Solid Waste) są na świecie często (szczególnie w krajach rozwijających się) – i jest to najgorsze rozwiązanie – spalane niskotemperaturowo [Wang i inni, 2017] lub wywożone na wysypiska śmieci. Powstające MSW są mieszaniną różnych odpadów – z których spora część może być odzyskana i wykorzystana ponownie [por. Exposito, Velasco, 2018] - dlatego jednym z najkorzystniejszych rozwiązań jest segregacja odpadów i ich ponowne wykorzystanie. I choć jest to w chwili obecnej metoda często stosowana w wielu krajach – w dalszym ciągu nie rozwiązuje ona wszystkich problemów [Seacat, Boileau, 2018]. Podstawową wadą takiego rozwiązania są między innymi: wciąż niewystarczająca świadomość mieszkańców – dotycząca konieczności prawidłowego segregowania odpadów oraz problemy związane z koniecznością posiadania w domach kilku różnych pojemników na śmieci [Silvestri, F. 2017].

W konsekwencji problem odpadów biologicznych (tzw. mokrych) szczególnie w miastach staje się istotny. Odpady te – są nazywane Organic Fraction Municipal Solid Waste (OFMSW). Opisane wyżej problemy UE stara się rozwiązać, między innymi w dyrektywie ramowej w sprawie odpadów 2008/98/WE. Polska podjęła to zobowiązanie w ramach „Polityki ekologicznej państwa na lata 2009 - 2012 z perspektywą do roku 2016”, założone jest tam:

„sukcesywne ograniczanie masy składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, począwszy od 75% w 2010 r., poprzez 50% w 2013, aż do osiągnięcia w roku 2020 poziomu 35 % w stosunku do masy tych odpadów wytwarzanych w 1995 r.” [Krajowy plan gospodarki odpadami 2022, s 19]. Wg. danych GUS [GUS 2017] w roku 2016 zostało zebranych (w sposób selektywny) w całej Polsce 21,4 kg na jednego mieszkańca odpadów biologicznych. Z całego strumienia odpadów biologicznych – tylko około 1 889,8 tys. ton było w 2016 roku przeznaczone do zagospodarowania przez kompostowanie lub fermentację. Stanowi to około 16.2% wszystkich odpadów komunalnych [jak wyżej str. 29].

Problem bioodpadów nie jest tylko typowo Polskim – ale dotyczy całego świata, przykładowo w Stanach Zjednoczonych w 2006 powstawało 0,17 kg na dzień na osobę bioodpadów. Tylko około 7,8% bioodpadów powstających USA jest kompostowana [USEPA, 2013].

W przypadku śmieci biologicznych powstających w GD (Gospodarstwach Domowych) w miastach czy osiedlach domów jednorodzinnych – dodatkowym strumieniem tych odpadów będą Garden-Green Waste (GGW). Odpady te również w chwili obecnej są często wywożone poza GD.

Kolejnym ważnym problemem związanym z wywożeniem śmieci jest zużycie nośników energii (a co za tym idzie emisja CO<sub>2</sub>) na odbiór, przetworzenie i redystrybucję powstających śmieci [ Bassi i inni, 2017]. Dodatkowym problemem jest konieczność różnej intensywności odbioru powstających odpadów. O ile odpady np. szklane – można odbierać raz w miesiącu o tyle odpady tzw. mokre – np. odpady biologiczne bytowe (kitchen waste itp.) lub odpady mieszane trzeba odbierać przynajmniej raz w tygodniu w warunkach klimatycznych Europy Środkowej – a w krajach o cieplejszym klimacie odpowiednio częściej. I to nie zależy od ilości powstających odpadów. Powoduje to zmniejszenie efektywności transportu odpadów i zwiększenie jednostkowego zużycia paliwa na 1 kg zbieranych odpadów. Jeśli OFMSW zostaną zutylizowane na miejscu – efektywny strumień powstających odpadów do wywiezienia w GD będzie mniejszy [Nabavi-Pelesaraei, 2017].

Dodatkowo istotny jest fakt, że wg wielu badań [Pietzsch i inni, 2017] najkorzystniejszym rozwiązaniem „problemu” śmieci jest tzw. „zero waste”. Zakłada ono, że strumień powstających odpadów będzie zredukowany do zera. Tzw. zero waste management – ma na celu nie tyle sprawienie, żeby w ogóle nie powstawały śmieci – lecz żeby ich przetwarzanie i redystrybucja odbywały się jak najbliżej miejsca ich wytworzenia (tak żeby konieczność ich transportu jak najbardziej zmniejszyć – a najlepiej żeby w ogóle nie trzeba było ich wozić) [Weber i inni, 2017].

Najkorzystniejszym rozwiązaniem wg jest sytuacja w której bioodpady są przetwarzane/utylizowane na miejscu. Takie rozwiązanie byłoby szczególnie korzystne w przypadku śmieci mokrych (odpadów biologicznych) [Di Matteo i inni,

2017]. Gdyby nie trzeba było ich odbierać – pozostałe śmieci można by było zbierać i wywozić w sposób dużo bardziej ekonomiczny. Dlatego szczególny nacisk należy położyć na promocję i poszukiwanie takich rozwiązań które przyczynią się do zmniejszenia ilości koniecznych do wywożenia odpadów biologicznych bytowych. Dodatkowo całkowity bilans oddziaływania na środowisko można poprawić – jeśli udałoby się wykorzystać część energii „zmagazynowanej” w śmieciach biologicznych [Aracil i inni, 2017] – wykorzystując odpady jako źródło energii.

Znane są różne sposoby przetwarzania odpadów biologicznych – np. w celu produkcji biopaliw [Escamilla-Alvarado i inni, 2017]. W praktyce jednak wykorzystywane są dwa [Kiran i in., 2014]. Jednym z nich jest beztlenowa fermentacja – z jednoczesną produkcją biogazu, który może być później wykorzystany do produkcji energii, np. w procesie kogeneracji. To rozwiązanie wymaga jednak, żeby było efektywne, odpowiedniego strumienia odpadów oraz infrastruktury technicznej. Dlatego może być stosowane tylko w przypadku zbiorczego przetwarzania odpadów biologicznych. W konsekwencji wymaga ich transportu [Mu, 2018].

Drugim praktycznie stosowanym rozwiązaniem utylizacji odpadów biologicznych jest kompostowanie. Jest to proces naturalny, który przebiega samoistnie w obecności tlenu. Ważną cechą kompostowania jest dużo mniejsza wymagana objętość odpadów, potrzebna do prawidłowego przebiegu procesu kompostowania. Można kompostować odpady biologiczne w sposób zbiorczy – np. w kompostowniach miejskich – co jest o tyle korzystne, że można minimalizować niekorzystne oddziaływanie procesu kompostowania na środowisko – np. powstawanie odoru lub emisję gazów cieplarnianych poprzez odpowiednie dodatki. Wymaga to jednak ich transportu [Gutiérrez i inni, 2017a; Gutiérrez i inni, 2017b].. Można jednak również kompostować odpady biologiczne w mniejszych ilościach – do ilości powstających w pojedynczych gospodarstwach domowych włącznie [Vázquez, Soto, 2017]. Kompostować można zarówno resztki żywności – tzw. odpady kuchenne jak i odpady biologiczne z przydomowych terenów zielonych. Z punktu widzenia rozwiązania „zero waste” – najkorzystniejszym sposobem utylizacji wszelkich odpadów biologicznych – jest ich kompostowanie w miejscu ich wytworzenia. Takie rozwiązanie dodatkowo zmniejsza potrzebną ilość energii do wywozu powstających w domach śmieci – i jednocześnie, z uwagi na brak

odpadów szybko psujących się (brak powstawanie nieprzyjemnego odoru itp.) – można powstające w domach pozostałe śmieci wywozić dużo rzadziej (a więc również z dużo większą efektywnością energetyczną w przeliczeniu na 1 kg odpadów) [Di Matteo i inni, 2017]. W celu prawidłowego prowadzenia procesu kompostowania należy zwracać uwagę na dobór substratów/składników do kompostowania, tak aby stosunek C/N był właściwy – można to również starać się poprawić przez specjalne dodatki – (Xiao i in., 2017; Asquer i in., 2017) - choć nie zawsze jest to możliwe. Należy również utrzymywać właściwą temperaturę wewnątrz złoża – wg literatury najkorzystniejszą temperaturą dla drugiej (termofilnej) fazy kompostowania jest 55° C (Rongfei et al. 2017). Wyższa temperatura daje pewność higienizacji uzyskiwanego humusu (Lashermes i in., 2012; Raj i Antil, 2011) – ale nie wszystkie materiały kompostowane wymagają higienizacji, np. odpady z rolniczej produkcji roślinnej, skoszona trawa z trawników, opadłe liści itp. Ewentualna intensywność napowietrzania powinna być również uzależniona od fazy procesu kompostowania. Niewłaściwe parametry procesu kompostowania mogą zakłócić lub zatrzymać proces tlenowego rozkładu materii organicznej lub też zwiększyć emisję amoniaku (Pagans i in., 2006). Najczęściej występujące problemy zostały podane w tabeli 1.

**Tabela 1.** Przyczyny zakłóceń procesu kompostowania i możliwe sposoby ich usuwania. [Jędrzak., 2007]

Temperatura	Kontrola	Możliwe przyczyny	Działania korygujące
Tem. odpadów w przyzmi nie rośnie	Spr. wilgotność odpadów	Materiał zbyt suchy	Nawodnić odpady
		Materiał zbyt mokry	Zmieszać z suchym materiałem lub rozłożyć odpady w cienkie warstwy
	Spr. wartość ilorazu C:N	Zbyt niska zawartość dostępnego azotu	Dodać do surowca materiał bogaty w azot
	Spr. zawartość tlenu w powietrzu wylotowym	Niedobór tlenu	Zwiększyć napowietrzanie
	Tem. otoczenia	Zbyt niska tem. otoczenia	Budować większe przyzmy
Surowiec ubogi w mikroorganizmy		Dodać gotowy kompost	
Tem. zbyt wysoka	Spr. wilgotność odpadów	Materiał zbyt suchy	Dodać wody
	Spr. wartość ilorazu C:N	Zbyt wysoka zawartość łatwo dostępnych form azotu	Dodać materiał bogaty w węgiel
	Spr. zawartość tlenu w powietrzu wylotowym	Wysoka zawartość tlenu w powietrzu wylotowym	Ograniczyć napowietrzanie lub napowietrzać powietrzem wylotowy

Dodatkową zaletą procesu kompostowania jest powstający jako końcowy produkt procesu – humus (kompost) – który można wykorzystać jako nawóz w przydomowych terenach zielonych. Z uwagi na pochodzenie substratów (resztki żywności, odpady biologiczne z terenów zielonych) powstający humus zazwyczaj nie zawiera zazwyczaj składników niekorzystnych dla ludzi – np. metali ciężkich [Pandey et al., 2016a]. Wymaga to oczywiście prawidłowej segregacji śmieci. Dodatkowo – z uwagi na to, że w procesie kompostowania występuje faza termofilna, następuje proces higienizacji wsadu (ze wzrostem temperatury często powyżej 60stC) - powstający kompost jest bezpieczny pod kątem bakteriologicznym [Sudharsan Varma i Kalamdhad, 2015]. Wymagane w różnych krajach minimalne temperatury i czas trwania procesu kompostowania, żeby powstały kompost można było traktować jako septyczny podano w tabeli 2 (Brinton 2000).

**Tabela 2.** Wymagane minimalne temperatury i czas trwania procesu kompostowania w różnych krajach (Brinton 2000).

Kraj	Metoda kompostowania	Temperatura / patogeny
Australia	Wszystkie metody	> 55°C przez minimum 3 dni, z tolerancją na zmienne i niższe temperatury
Niemcy	Otwarte przyzmy kompostowe	> 55°C przez 2 tygodnie, lub > 65°C przez 1 tydzień
	Zamknięte przyzmy /	> 60°C przez 1 tydzień

	pojemniki na kompost	
	We wszystkich nowych kompostowniach: brak następujących patogenów w próbkach o wadze 25 g	Mikroorganizm wskaźnikowy sanitacji odpadów ludzkich i zwierzęcych: <i>Salmonella senftenberg</i> W775
	Eliminacja:	Sanitacja materiałów roślinnych: Wirus mozaiki tytoniu (TMV) oraz <i>Plasmodiophora brassicae</i>
Austria	Wszystkie rodzaje kompostu	> 60°C przez 6 dni, lub > 65°C przez 3 dni
Szwajcaria		> 55°C przez 3 tygodnie, lub > 60°C przez 1 tydzień, lub udowodniony związek pomiędzy czasem i temperaturą
Dania	Wszystkie rodzaje kompostu	> 55°C przez 2 tygodnie

Czasami – w celu przyspieszenia procesu kompostowania oraz stabilizacji jego przebiegu stosuje się podgrzewania kompostu – jest to jednak rozwiązanie bardzo rzadko spotykane [Pandey et al., 2016b]. Zazwyczaj nie stosuje się dodatkowego podgrzewania kompostu – w procesach kompostowania odpadów biologicznych. Wręcz przeciwnie - wykorzystanie powstającego w procesie kompostowania ciepła – dodatkowo podniosłoby efektywność energetyczną tego sposobu zagospodarowywania odpadów biologicznych. Badania takie były prowadzone, są instalacje pilotażowe [Smith et al., 2016] ale na razie nie udało się wykorzystać powstałych rozwiązań w praktyce przemysłowej. Przyczyną tego jest to, że kompostowanie, szczególnie prowadzone w warunkach rzeczywistych (polowych) – jest procesem relatywnie wolnym. W konsekwencji strumień powstającego w procesie kompostowania ciepła ma małą gęstość [Walther, E., et al. 2017]. Znanych jest kilka sposobów praktycznego wykorzystania ciepła powstającego w procesie kompostowania [Smith et al., 2016], np. odbiór powstającego w przyźmie ciepła za pomocą węzownicy i jego wykorzystania w innym miejscu [Rongfei i inn. 2017]. Jednak w przypadku kompostowania przydomowego – stosowanie jakichkolwiek dodatkowych urządzeń technicznych nie jest zalecana. W przypadku gdy wykorzystywane rozwiązanie wymaga dodatkowego zasilania lub nakładów (robocizny lub materiałów) znacząco zmniejsza to efektywność energetyczną proponowanego rozwiązania –poniżej progu opłacalności.

Bardzo korzystną sytuacją była by możliwość odzysku ciepła powstającego w czasie kompostowania na szerszą skalę. W kontekście stawianych Polsce wymagań – zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> o 40% do 2030 roku w porównaniu z emisją z roku 1990

[Tokarski, 2017], wynikający z dyrektywy 3x20 – 20% poziom udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w 2020 roku (dla Polski udział ten został obniżony do 15% w całym sektorze odnawialnych źródeł energii) [Szczerbowski i Ceran, 2017]. Wykorzystanie ciepła pochodzącego z kompostu zamiast innych nieodnawialnych źródeł ciepła (np. węgla) może pomóc wypełnić Polsce stawiane przed nią zobowiązania. Jędrszak (2007) podaje, że w fazie intensywnej bakterie termofilne dają do 4 Wh energii na gram tlenu. Podaje jednocześnie, że z 1 kilograma odpadów można w sprzyjających warunkach uzyskać 12MJ ciepła. W całkowitym bilansie należy również uwzględnić straty ciepła przez promieniowanie, przewodzenia czy konwekcję. Część ciepła jest tracona w procesie parowania wody z kompostu. 12MJ – to wartość maksymalna uzyskiwana przy zachowaniu najkorzystniejszych warunków prowadzenia procesu kompostowania.

**Celem mojej pracy było wykazanie możliwości wykorzystania ciepła powstającego w procesie kompostowania OFMSW do ogrzewania produkcji roślinnej – w szklarniach czy gorących inspektach. Wdrożenie takiego rozwiązania będzie miało dwa pozytywne aspekty:**

1. zwiększy ilość odpadów poddawanych procesowi recyklingu w Polsce (i to w pobliżu miejsca powstawania);
2. zmniejszy zapotrzebowania na inne nośniki energii potrzebnej do ogrzewania produkcji roślinnej – a tym samym zwiększy udział wykorzystania OZE i zmniejszy sumaryczną emisję CO<sub>2</sub> w Polsce.

Wpłynie to na realizację wymienionych wyżej zobowiązań dotyczących emisji CO<sub>2</sub>, wykorzystania energii OZE i poziomu odpadów poddanych procesowi recyklingu.

Proponowane rozwiązanie nie wymaga termicznej konwersji odpadów a ta jest regulowana szeregiem odrębnych przepisów - rozporządzeniem Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 roku w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu (Dz.U. 2016, poz. 108) czy Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie



przewodzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. 2014, poz. 1542) [Szczerbowski i Ceran, 2017].

Wykorzystanie proponowanych rozwiązań jest zgodne z definicją „biomasy” i rozliczenia uzyskanego ciepła jako energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych [Wasilewski i Błazińska, 2018]. Należy zaznaczyć, że zgodnie z posiadaną wiedzą (przełogiem literatury) użycie w tym celu OFMSW i odpadów zielonych będzie nowym rozwiązaniem – ponieważ dotychczas w celu energetycznego wykorzystania kompostu wykorzystywano obornik (Warnock, 2013).

#### 4.1.2. Syntetyczne omówienie prac stanowiących podstawę rozprawy habilitacyjnej

W ramach badań i pracy skupiłem się na OFMSW powstających w GD. Badałem metody pozwalające skutecznie wykorzystać potencjał energetycznych tych odpadów – w celu zwiększenia atrakcyjności ich recyklingu w miejscu powstawania dla potencjalnych użytkowników.

W **pracy 5** przedstawiłem analizę energetyczną i wpływ na środowisku różnych strategii odbioru i zagospodarowywania śmieci biologicznych powstających w gospodarstwach domowych w warunkach północno-wschodniej Polski. Przeanalizowałem jakie jest zużycie nośników energii (a co za tym idzie emisja CO<sub>2</sub>) na odbiór, przetworzenie (co z kolei wpływa na emisję CO<sub>2</sub> ale również innych GHG) i redystrybucję powstających śmieci różnymi metodami. Uwzględniłem również fakt, że jest konieczność zróżnicowanej intensywności odbioru powstających odpadów. O ile odpady np. szklane – można odbierać raz w miesiącu o tyle odpady tzw. mokre – np. odpady biologiczne bytowe (kitchen waste itp.) lub odpady mieszane trzeba odbierać przynajmniej raz w tygodniu w warunkach klimatycznych Europy Środkowej – a w krajach o cieplejszym klimacie odpowiednio częściej. I to nie zależnie od ilości powstających odpadów. Powoduje to zmniejszenie efektywności transportu odpadów i zwiększenie jednostkowego zużycia paliwa na 1 kg zbieranych odpadów. W wykonywanej analizie uwzględniłem również biologiczne śmieci powstające na terenach zielonych – w przydomowych ogródkach. Ponieważ na środowisko wpływa również sposób

przetwarzania lub składowania odpadów biologicznych - analizowałem jak te procesy wpływają na emisję GHG. Wykazałem, że najkorzystniejszy jest układ w którym wszystkie bioodpady są poddawane kompostowaniu w miejscu ich powstawania (tzw. strategia zero waste).

W celu sprawdzenia czy OFMSW kompostowane w przydomowych ogródkach nie będą miały negatywnego wpływu na otoczenia (np. poprzez powstający odór) przeprowadziłem badania opisane w **pracy 7**. Opracowałem koncepcję badań. W ich ramach podjąłem próbę ustalenia, czy organiczne odpady domowe zawierające resztki żywności (owoce cytrusowe i skórki warzywne, tłuszcz, produkty mleczne itp.) mogą być kompostowane w ogrodach przydomowych. Odpady kuchenne zmieszano z odpadami ogrodowymi w różnych proporcjach. Tak przygotowane odpady ulegające biodegradacji były kompostowane w dwóch systemach: w ziemi i w pojemniku. Świeże odpady były cały czas dodawane co tydzień do kompostu. Eksperyment przeprowadziłem w okresie od maja do sierpnia 2014 r. Podczas całego eksperymentu była monitorowana temperatura wewnątrz przyzmy kompostu, emisja amoniaku i zawartość wilgoci. Celem tego badania było określenie optymalnych proporcji odpadów kuchennych do mieszania odpadów ogrodowych w odniesieniu do emisji amoniaku i temperatury wewnątrz przyzmy kompostu. Stosunek C/N i porowatość kompostowanego materiału nie były poprawiane ani modyfikowane w czasie trwania eksperymentu. Najwyższą temperaturę uzyskałem w przyzmy składającej się w 40% z odpadów z kuchni. Najwyższe skumulowane emisje amoniaku zaobserwowałem w przyzmach kompostowanych w ziemi o 0% zawartości odpadów ogrodowych. Z kolei najniższe skumulowane emisje amoniaku zaobserwowałem w przyzmach zawierających 100% odpadów ogrodowych oraz w przyzmach kompostu w pojemnikach zawierających do 60% odpadów ogrodowych. W praktyce tylko w jednym przypadku (przy kompostowaniu samych odpadów kuchennych) kompostowania w pojemnikach poziom emisji amoniaku przekroczył poziom wyczuwalny przez człowieka. Pierwsza faza procesu kompostowania została zakończona we wszystkich przypadkach po 8 tygodniach eksperymentu. Emisje amoniaku i skumulowana temperatura obliczyłem w celu porównania wyników uzyskanych na każdej przyzmy. Skład chemiczny uzyskanego dojrzałego kompostu spełnia polskie standardy jakości nawozów organicznych.

Badaniem poziom emisji GHG w zależności od dynamiki procesu kompostowania i uzyskane wyniki opisałem w **pracy 8**. W procesie kompostowania ważne są dwa czynniki: stosunek C/N i dostępność tlenu wymagana przez przewodnik dotyczący kompostowania mikroorganizmów. W celu polepszenia możliwości napowietrzania osadu oraz stosunku C/N osad ściekowy został zmieszany ze słomą kukurydzianą. Badania przeprowadzono dla trzech różnych proporcji osadu i słomy 30/70%, 42/58% i 57/43% suchej masy, co daje stosunek C/N równy 22,4, 16,5 i 12.

Moim celem badań było ustalenie, w jaki sposób dodanie słomy kukurydzianej do osadu ściekowego wpłynie na dynamikę procesu kompostowania. Parametrami określającymi dynamikę procesu są temperatura i emisje CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> (emisja GHG). Parametry te są bezpośrednio związane z biologiczną aktywnością mikroorganizmów, które rozkładają się w procesie kompostowania biomasy na prostsze substancje. Emisje gazów cieplarnianych - w przypadku procesu kompostowania jest zjawiskiem naturalnym - ale z punktu widzenia globalnego ocieplenia i jakości pozostałego po procesie kompostowania humusu - pożądanym jest, aby utrata węgla organicznego zawartego w kompostowanym materiale była możliwie najmniejsza.

W trakcie analizy uzyskanych wyników badań obliczyłem skumulowaną wartość temperatury, emisji CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i amoniaku. Wielkości te pozwoliły mi wyznaczyć całkowitą (bezwzględną) emisję gazów cieplarnianych i skumulowaną temperaturę procesu kompostowania. Absolutne wartości emisji gazów cieplarnianych z procesu kompostowania zostały odniesione do składu różnych mieszanek, które zostały poddane procesowi kompostowania. Umożliwiło mi to określenie składu mieszanki (stosunek słomy kukurydzianej do osadu ściekowego), przy której całkowita emisja gazów cieplarnianych jest najniższa - a proces kompostowania w pełni zakończony i dla którego dynamika procesu kompostowania będzie najwyższa ).

Ponieważ zauważyłem że potrzebne są skuteczne metody kontroli napowietrzania i odprowadzania ciepła z przyzmy kompostu, aby zmaksymalizować odbiór ciepła z kompostowanego materiału nie zatrzymując jednocześnie procesu kompostowania to w **pracy 3** utworzyłem model rozmyty procesu kompostowania w środowisku LabView. Przeprowadzone badania wstępne z wykorzystaniem systemów logiki rozmytej wykazały, że termy opisujące zmienne wejściowe i wyjściowe oraz

metody ostrzenia muszą być dostosowane do konkretnych materiałów kompostowanych. Proces kompostowania trwa kilka tygodni, dlatego modele rozmyte systemu sterowania opracowane w programie LabVIEW są efektywnym narzędziem które umożliwia szybką weryfikację działania układu sterowania. Jednocześnie może być ono implementowane w programowalnych sterownikach logicznych wykorzystywanych do sterowania pracą stanowiska do kompostowania.

W ramach prowadzonych prac zbudowałem również stanowisko umożliwiające badanie energetycznych aspektów kompostowania z jednoczesnym sterowaniem parametrami procesu (napowietrzaniem i intensywnością odbioru ciepła z wykorzystaniem ww logiki rozmytej) – **praca 9**. W pracy tej przedstawiłem aplikację sterującą procesem kompostowania napisaną w języku LabView i wykorzystującą logikę rozmytą. Do tego opracowałem i zbudowałem stanowisko badawcze wyposażone w system napowietrzania, odbioru ciepła i sterowania procesem kompostowania. Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały przydatność wykonanego układu sterowania i stworzonej aplikacji do sterowania procesem kompostowania odpadów biologicznych. Dzięki wykorzystaniu sterownika CompactRIO i programu LabView istnieje możliwość sprawnego i szybkiego modyfikowania parametrów pracy układu sterownia.

Badalem również stosunek C:N na dynamikę procesu kompostowania – **praca 6**. Kompostowałem osady ściekowe z dodatkiem słomy i trocin drzewnych w celu zmiany stosunku C/N w suchej masie. Badania były prowadzone z wykorzystaniem szczelnie zamkniętych i izolowanych cieplnie bioreaktorów. Badania przeprowadzono dla 4 wartości C/N: 9,2; 12,1; 17,0 i 26,4. W każdym przypadku w czasie kompostowania była mierzona temperatura wewnątrz bioreaktorów, intensywność napowietrzania oraz zawartość amoniaku i CO<sub>2</sub> w powietrzu opuszczającym bioreaktor. Czas trwania procesu kompostowania wynosił 25 dni. Pomiary temperatury były prowadzone dłużej (maksymalnie do 33 dnia). Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów obliczyłem temperaturę skumulowaną oraz wyznaczyłem współczynnik dynamiki procesu kompostowania. Na tej podstawie wykazałem, że stosunek C/N ma istotny wpływ na osiągnięte temperatury wewnątrz bioreaktora (im większa wartość C/N tym wyższe temperatury i dynamika procesu) ale również na emisję skumulowaną CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S i NH<sub>3</sub>. Najkorzystniejszy z punktu widzenia emisji gazów (o sumarycznej najniższej emisji skumulowanej)

okazał się przypadek R2 o bardzo małym stosunku C/N = 12. Wykazałem w tym badaniu, że jeśli chcemy przekompostować osady ściekowe – wystarczy 40% dodatku słomy/trocin pełniących podwójną rolę: zwiększających porowatość wsadu i poprawiających stosunek C/N (bulking agent). we wszystkich czterech przypadkach uzyskano pełną higienizację wsadu

Opisane prace były podstawą do opracowanego rozwiązania „gorącego inspektu” – opisanego w **pracy 1**. W artykule zaproponowałem wykorzystanie odpadów biologicznych – zmieszanych odpadów kuchennych i śmieci ogrodowych – jako wsadu do ciepłego inspektu. Ciepłe inspekty są rozwiązaniem znanym – ale dotychczas do ich budowy wykorzystywany był obornik – najczęściej koński. W ramach badań mierzyłem temperaturę powietrza oraz gruntu na głębokości 2 cm. Mierzyłem również rozkład temperatury na poszczególnych grządkach za pomocą kamery termowizyjnej. Pomiary wykonywałem dla trzech wariantów – ciepłego inspektu, zimnego inspektu oraz uprawy w gruncie. W każdym wariantcie na testowej grządce posadziłem taką samą roślinę – rzodkiewką (*Raphanus sativus*). Badania prowadzono od 07.04.17 do 18.05.17 (a dojrzewanie kompostu do 01.09.17). Pomiary temperatury prowadziłem do czasu wyrównania się temperatur w gruncie oraz w obydwu inspektach. Inspekt ciepły zostawiłem następnie do końca sierpnia w celu zakończenia procesu dojrzewania kompostu (wykorzystywany jako grządka dla innych roślin). Na podstawie pomiarów obliczyłem ilość wydzielonego ciepła w trakcie trwania eksperymentu w inspekcie ciepłym oraz sprawność cieplną tego rozwiązania w porównaniu do maksymalnej wydajności cieplnej procesu kompostowania. W trakcie trwania eksperymentu do przestrzeni użytkowej ciepłego inspektu zostało wydzielone 98,7 MJ ciepła a uzyskana sprawność wynosiła 12% sprawności maksymalnej. Zastosowanie ciepłego inspektu przyspieszyło plonowanie o 5 dni w odniesieniu do inspektu zimnego, a w stosunku do uprawy w gruncie o 12 dni. Uzyskany w ciepłym inspekcie humus w pełni odpowiada polskim normom jakie muszą spełniać nawozy organiczne. Zaproponowane rozwiązanie pozwala również zmniejszyć strumień wywożonych na zewnątrz odpadów biologicznych

Na bazie zdobytych doświadczeń opracowałem rozwiązanie umożliwiające pasywne napowietrzanie kompostowanego materiału – które zostało opatentowane jako wzór użytkowy – **praca 4**. Proponowane przeze mnie rozwiązanie polega na

zwiększeniu ilości dostarczanego do wnętrza bioreaktora powietrza. Układ dodatkowego napowietrzania jest wykonany w postaci perforowanego dna, kanałów dostarczających do niego powietrze oraz czerpni z dyfuzorem obrotowym. Wiatr wiejący będzie wtłaczał powietrze poprzez dyfuzor, czerpnię i kanały do przestrzeni na dole bioreaktora gdzie przez perforowane dno powietrze będzie wprowadzane do środka bioreaktora napowietrzając całą objętość kompostowanego materiału. Doprowadzenie większej ilości powietrza do przestrzeni w której prowadzony jest proces kompostowania spowoduje zwiększenie aktywności występujących tam mikroorganizmów z uwagi na większą ilość dostępnego tlenu. Spowoduje to skrócenie czasu pełnego przetworzenia odpadowej materii organicznej w kompost. Lepsze napowietrzenie obniży jednocześnie prawdopodobieństwo wystąpienia w trakcie kompostowania pojawienia się procesów gnilnych wewnątrz przetwarzanego materiału – zmniejszając jednocześnie ryzyko wystąpienia emisji amoniaku przekraczającej próg percepcji człowieka. Całość (wraz z rysunkami) pokazano w **pracy 4**.

To rozwiązanie zostało modelowo sprawdzone w **pracy 2**. W pracy tej pokazałem propozycję efektywnego zagospodarowania powstających bioodpadów poprzez ich kompostowanie – z jednoczesnym wykorzystaniem ciepła do ogrzewania szklarni jesienią. Ma to zachęcić mieszkańców do samodzielnego kompostowania bioodpadów – i zwiększyć wymagany do 2020 roku poziom recyklingu powstających w Polsce odpadów. Wykonałem obliczenia dla szklarni – zgodnie z metodyką audytu energetycznego. Uzyskane wyniki bilansu cieplnego porównałem z rzeczywistymi temperaturami panującymi w szklarni jesienią. Obliczenia te były podstawą do obliczenia ilości KW i GGW umożliwiającej efektywne dogrzanie szklarni jesienią tak – aby temperatura wewnątrz nie spadła poniżej 10°C. Wylczyłem, że 22 kg kompostowanych bioodpadów (KW i GGW) wystarczą do dogrzania szklarni w październiku o powierzchni 18 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.3. Podsumowanie

Podczas procesu tlenowego rozkładu materii organicznej (tzw. kompostowania) powstaje ciepło - które prowadzi do wzrostu temperatury przyzmy kompostu. Opracowanie wydajnego systemu wykorzystania odpadów biodegradowalnych

może zmniejszyć problem składowania i nadprodukcji przy jednoczesnej możliwości wykorzystania ciepła, jako efektu ubocznego rozkładu materii organicznej. Ciepło to (z uwagi na jego charakter – niskotemperaturowego źródła ciepła o niskiej entalpi) jest też zazwyczaj tracone – nie podejmuje się prób jego odzyskania.

Z tego wynika, że jeśli chcemy wykorzystać ciepło powstające w trakcie kompostowania to proponowane rozwiązanie musi umożliwiać przebieg procesu kompostowania w jak najwyższej temperaturze i przy braku wykorzystania jakichkolwiek zewnętrznych nośników energii – tak aby jego obsługa była jak najmniej kłopotliwa dla potencjalnego użytkownika.

Założeniem moich badań – było sprawdzenie, czy inne odpady biologiczne (resztki żywności, odpady biologicznych z terenów zielonych – np. suche liście itp.) zgromadzone w ciągu roku – mogą być efektywnie przetworzone w procesie kompostowania z jednoczesnym wykorzystaniem powstającego ciepła (np. w prowadzonych uprawach w przydomowych ogródkach, szklarniach itp.) w warunkach klimatycznych północno-wschodniej Polski. Rozwiązanie takie zostały przez mnie zaproponowane (ciepły inspekt, systemy kompostowania w szklarniach), zarówno w artykułach jak i w zgłoszonych patentach.

Zastosowanie opisanych w mojej pracy rozwiązań kompostowania OFMSW z jednoczesnym wykorzystaniem ciepła (ciepły inspekt; kompostowanie w szklarniach) może spowodować, że większa liczba osób (właściciele domków, gospodarstw rolnych itp.) będzie samodzielnie kompostować OFMSW powstające w ich gospodarstwach. Pozwoli to zmniejszyć efektywny strumień odpadów które potrzeba będzie wywozić z poszczególnych osiedli oraz zwiększy stopień recyklingu powstających odpadów – wpływając na możliwość osiągnięcia przez Polskę założonego 50% poziomu recyklingu wszystkich powstających odpadów.

Jednocześnie wykorzystanie energetyczne kompostu – w ramach proponowanych przeze mnie rozwiązań zwiększy udział pozyskiwanej w Polsce energii ze źródeł odnawialnych – wpływając na możliwość osiągnięcia wymaganego poziomu 15% zużytej energii pozyskanej z OZE (zgodnie z wymogami UE nałożonymi na Polskę) do roku 2020 w Polsce. Z drugiej strony zwiększy atrakcyjność proponowanych rozwiązań – np. z uwagi na wykazane przyspieszenia plonowania roślin.

## 4.1.4. Literatura

Aracil, C., Haro, P., Giuntoli, J., Ollero, P., 2017, Proving the climate benefit in the production of biofuels from municipal solid waste refuse in Europe, *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, Part 4, Pages 2887-2900, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.181>.

Asquer, C., Cappai, G., De Gioannis, G., Muntoni, A., Piredda, M., Spiga, D., 2017, Biomass ash reutilisation as an additive in the composting process of organic fraction of municipal solid waste, *Waste Management*, Volume 69, Pages 127-135, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.009>.

Bassi, S.A., Christensen, T.H., Damgaard, A., 2017, Environmental performance of household waste management in Europe - An example of 7 countries, *Waste Management*, Volume 69, Pages 545-557, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.042>.

Brinton, W.F., 2000, COMPOST QUALITY STANDARDS & GUIDELINES. Final Report, Prepared for: New York State Association of Recyclers, Woods End Research Laboratory, Inc., at [https://www.researchgate.net/publication/237252144\\_COMPOST\\_QUALITY\\_STANDARDS\\_GUIDELINES\\_An\\_International\\_View](https://www.researchgate.net/publication/237252144_COMPOST_QUALITY_STANDARDS_GUIDELINES_An_International_View).

Cichocka, I., Mantaj, A., Krupa, J., 2017, Zachowania konsumentów w zakresie gospodarowania odpadami z gospodarstw domowych, *Przegląd naukowo-metodyczny edukacja dla bezpieczeństwa*, 3/2017 (36), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, ISSN: 1899-3524

Di Matteo, U., Nastasi, B., Albo, A., Garcia, D.A., 2017, Energy Contribution of OFMSW (Organic Fraction of Municipal Solid Waste) to Energy-Environmental Sustainability in Urban Areas at Small Scale, *Energies* 2017, 10(2), p. 229-; [doi:https://doi.org/10.3390/en10020229](https://doi.org/10.3390/en10020229)

Escamilla-Alvarado, C., Poggi-Varaldo, H.M., Ponce-Noyola, M.T., 2017, Bioenergy and bioproducts from municipal organic waste as alternative to landfilling: a comparative life cycle assessment with prospective application to Mexico, *Environmental Science and Pollution Research* 24: 25602 - 25617. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6939-z>

Expósito, A., Velasco, F., 2018, Municipal solid-waste recycling market and the European 2020 Horizon Strategy: A regional efficiency analysis in Spain, *Journal of Cleaner Production*, Volume 172, Pages 938-948, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.221>.

Fam, L., Kar, I., 2016, Recycling and Thermal Treatment of MSW in a Developing Country. *Resources, Recycling and Waste Management*, v1. p 1-7,

GUS (Główny Urząd Statystyczny), (2017), *Infrastruktura Komunalna w 2016 r.* Warszawa.

[https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5492/3/14/1/infrastruktura\\_komunalna\\_w\\_2016.pdf](https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5492/3/14/1/infrastruktura_komunalna_w_2016.pdf) (dostęp 20.03.2018)



Gutiérrez, M.C., Serrano, A., Siles, J.A., Chica, A.F., Martín, M.A., 2017b, Centralized management of sewage sludge and agro-industrial waste through co-composting, *Journal of Environmental Management*, Volume 196, Pages 387-393, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.042>.

Gutiérrez, M.C., Siles, J.A., Diz, J., Chica, A.F., Martín, M.A., 2017a, Modelling of composting process of different organic waste at pilot scale: Biodegradability and odor emissions, *Waste Management*, Volume 59, Pages 48-58, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.045>.

Hoorweg, D., Bhada-Tata, P., 2012, *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management*. Urban development series, knowledge papers no. 15, World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388> License: CC BY 3.0 IGO

Jason. D.S., Boileau, N., 2018, Demographic and community-level predictors of recycling behavior: A statewide, assessment, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 56, Pages 12-19, ISSN 0272-4944, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.02.004>.

Jędrzak A., 2007, *Biologiczne przetwarzanie odpadów*, PWN Warszawa, ISBN: 978-83-01-15166-9.

Kiran, E.,U., Trzcinski, A.,P., Ng, W.,J., Liu, Y., 2014, Bioconversion of food waste to energy: A review. *Fuel*, 134, 389-399, ISSN 0016-2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.05.074>.

Kostecka, J., Koc-Jurczyk, J., Brudzisz, K., 2014, *Gospodarka odpadami w Polsce i Unii Europejskiej*. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrona Środowiska*, 16(1), 1-10

Krajowy Plan Gospodarki odpadami 2022, <http://www.monitorpolski.gov.pl/MP/2016/784> dostęp 09.05.2018

Lashermes, G., Barriuso, E., Le Villio-Poitrenaud, M., Houot, S., 2012, Composting in small laboratory pilots: Performance and reproducibility, *Waste Management*, 32 (2012), p. 271–277.

Łazarczyk, G., Gurgul, A. (2017) Kto zapłaci za niski recykling śmieci? Polsce grożą wielomilionowe kary, *Gazeta Wyborcza*, 13.11.2017

Mu, L., Zhang, L., Zhu, K., Ma, J., Li, A., 2018, Semi-continuous anaerobic digestion of extruded OFMSW: Process performance and energetics evaluation, *Bioresource Technology*, Volume 247, Pages 103-115, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.085>.

Mukhtar, E.,M., Williams, I.,D., Shaw, P.,J., Ongondo, F.,O., 2016, A Tale of Two Cities: The Emergence of Urban Waste Systems in a Developed and a Developing City, *Recycling*, 1(2), 254-270; doi:10.3390/recycling1020254.

Nabavi-Pelesaraei, A., Bayat, R., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Afrasyabi, H., Berrada, A., 2017, Prognostication of energy use and environmental impacts for recycle system of municipal solid waste management, *Journal of Cleaner Production*, Volume 154, Pages 602-613, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.033>.

- Pagans, E., Barrena, R., Font, X., Sa'nchez, A., 2006, Ammonia emissions from the composting of different organic wastes, Dependency on process temperature, *Chemosphere* 62 (2006) 1534–1542;
- Pandey, P.,K., Vaddella, V., Cao, W., Biswas, S., Chiu, C., Hunter, S., 2016a, In-vessel composting system for converting food and green wastes into pathogen free soil amendment for sustainable agriculture, *Journal of Cleaner Production*, 139, 407-415, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.034>.
- Pandey, P.K., Cao, W., Biswas, S., Vaddella, V., 2016b, A new closed loop heating system for composting of green and food wastes, *Journal of Cleaner Production*, 133, 1252-1259, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.114>.
- Pietzsch, N., Ribeiro, J.L.D., de Medeiros, J.F., 2017, Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste: A systematic literature review, *Waste Management*, Volume 67, Pages 324-353, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.004>.
- Powell, J.T., Chertow, M.R., (2018), Quantity, Components, and Value of Waste Materials Landfilled in the United States, *Journal of Industrial Ecology*, In Press, doi:10.1111/jiec.12752.
- Raj, D., Antil, R.S., 2011, Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agro-industrial wastes, *Bioresource Technology*, 102, 2868–2873.
- Rongfei, Z., Wei, G., Huiqing, G., 2017, Comprehensive review of models and methods used for heat recovery from composting process, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(4), 1-12. doi:<http://dx.doi.org/10.25165/j.ijabe.20171004.2292>.
- Silvestri, F. 2017, Competition and environmental quality as conflicting objectives: the case of the European municipal waste industry, *Economia Politica*, 34(3), 491-513, <https://doi.org/10.1007/s40888-017-0067-1>.
- Smith, M.M., Aber, J.D., Rynk, R., 2016, Heat Recovery from Composting: A Comprehensive Review of System Design, Recovery Rate, and Utilization, *Compost Science & Utilization*, In Press, ISSN: 1065-657X (Print) 2326-2397 (Online), DOI: 10.1080/1065657X.2016.1233082.
- Spellman, F., 2017, *The Science of Environmental Pollution*, Third Edition, Boca Raton: CRC Press, ISBN 9781351849258.
- Sudharsan, V., Kalamdhad, A.,S., 2015, Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(6), 2015-2024. <https://doi.org/10.1007/s13762-014-0582-3>.
- Szczerbowski, R., Ceran, B., 2017, Polityka energetyczna Polski w aspekcie wyzwań XXI wieku, *Polityka Energetyczna*, 20(3), 17-28, ISSN 1429-6675.
- Tokarski, S., 2017, Uwarunkowania rozwoju polskiej energetyki w kierunku mniej emisyjnej, *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*, 99, 27-46
- USEPA, 2013 United States Environmental Protection Agency (USEPA) *Advancing Sustainable Materials Management: 2013 Fact Sheet- Assessing Trends*

in Material Generation, Recycling and Disposal in the United State. June, 2015 (2013), <https://ilsr.org/state-of-composting/> (Accessed 10 June 2015)

Vázquez, M.A., Soto, M., 2017, The efficiency of home composting programmes and compost quality, *Waste Management*, Volume 64, Pages 39-50, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.022>.

Walther, E., Ferrier, R., Bennacer, R., De Sa, C., Thierry, E., 2017, Heat Recovery in Compost Piles for Building Applications, *THERMAL SCIENCE*, Vol. 21, No. 2, 775-784.

Wang, Y., Cheng, K., Wu, W., Tian, H., Yi, P., Zhi, G., Fan, J., Liu, S., 2017, Atmospheric emissions of typical toxic heavy metals from open burning of municipal solid waste in China, *Atmospheric Environment*, Volume 152, Pages 6-15, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.12.017>.

Warnock, C., 2013. *Backyard Winter Gardening*. Hobbble Creek Press. ISBN 13: 978-1-4621-0371-3.

Wasilewski, R., Błazińska, M., 2018, Odzysk energii z odpadów w aspekcie kwalifikacji wytworzonej energii elektrycznej i ciepła jako pochodzących z odnawialnego źródła energii oraz uczestnictwa w systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych, *Polityka Energetyczna*, 21(1), 129-142, ISSN 1429-6675.

Weber, G., Calaf-Forn, M., Puig-Ventosa, I., Cabras, I., D'Alisa, G., 2017, The role of environmental organisations on urban transformation: The case of waste management in Esporles (Mallorca), *Journal of Cleaner Production*, In Press, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.241>.

Xiao, R., Awasthi, M.K., Li, R., Park, J., Pensky, S.M., Wang, Q., Wang, J.J., Zhang, Z., 2017, Recent developments in biochar utilization as an additive in organic solid waste composting: A review, *Bioresource Technology*, Volume 246, Pages 203-213, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.090>.

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych**

### **5.1. Osiągnięcia naukowe przed uzyskaniem stopnia doktora**

W latach 1988-1993 studiowałem na Wydziale Mechanicznym Akademii Rolniczo-Technicznej. Pracę magisterską pt.: „Optymalizacja doboru sposobu regeneracji metodami natryskiwania cieplnego na przykładzie wybranych części maszyn”, wykonałem pod opieką – dr inż. Anny Bień”. Wyniki tej pracy zostały opublikowane w pięciu doniesieniach naukowych (II.G.22, II.G.23, II.D.41, II.G.24, II.G.25).

Po ukończeniu studiów w grudniu 1993 roku rozpocząłem pracę w Zespole Obróbki Metali i Obrabiarek Katedry Elektroenergetyki i Automatyki Wydziału Mechanicznego Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie (w części obecnie należącej do Katedry Technologii Materiałów i Maszyn) najpierw jako pracownik techniczny a po roku na stanowisku asystenta. W tym czasie moim głównym opiekunem naukowym była Pani dr inż.

Anna Bień, natomiast kierownikiem całego zespołu, w którym pracowałem był Pan dr hab. inż. Aleksander Nakonieczny. Od początku mojej pracy zająłem się badaniem procesów zachodzącymi w warstwie wierzchniej i w podłożu części maszyn poddawanych regeneracji – głównie metodami cieplnymi. Wyniki prowadzonych przeze mnie badań zostały opublikowane w trzech doniesieniach naukowych (II.G.21, II.G.26).

W 1994 roku ukończyłem kurs obsługi plazmotronu – i rozpocząłem badania warstw natryskiwanych ceramicznych ( $Al_2O_3$ ) na elektrody miedziane przeznaczone do łukowych pieców hutniczych.

W 1998 roku, z uwagi na brak możliwości dalszego rozwoju naukowego – przenieśliem się z Katedry Technologii Maszyn i Materiałów do Katedry Elektrotechniki i Energetyki (obecnie Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki) w której pracuję do dziś. Moim opiekunem naukowym został Pan Prof. dr hab. inż. Janusz Piechocki. Na początku pracy w nowej katedrze – współpracowałem z Panem Prof. Piechockim w ramach głównego obszaru zainteresowań katedry – energii odnawialnej. Efektem tej współpracy były publikacje (II.D.40, II.D.36) oraz doniesienia naukowe (II.G.15). Zajmowałem się w nich zarówno energią geotermalną, możliwościami jej wykorzystania, dolnymi źródłami ciepła do systemów pomp ciepła jak i energochłonnością skumulowaną produkcji rolniczej – na przykładzie produkcji mleka i ziemniaków.

Od 01 sierpnia 1999 roku do 31 grudnia 2000 roku pracowałem jednocześnie w Motor Centrum Mazury (autoryzowany dealer i serwis Mercedesa w Olsztynie) – na stanowisku doradcy serwisowego pełniąc jednocześnie nieformalną rolę zastępcy kierownika serwisu.

W 2000 roku wypracowałem założenia mojej pracy doktorskiej. Postanowiłem zająć się jakością produkcji mleka w gospodarstwach rolnych. W ramach pracy nad tym zagadnieniem powstały następujące publikacje (II.D.39, II.D.38, II.D.37) i doniesienia naukowe (II.G.20, II.G.18, II.G.17, II.G.16, II.G.14). W ramach tych prac zajmowałem się zagadnieniami związanym z tworzeniem i wdrażaniem systemów jakości wg, norm ISO 9000 jak i systemów HACCAP. W ramach zdobywania wiedzy w tym obszarze ukończyłem:

- tygodniowe szkolenie organizowane przez Qualifizierungs Centrum der Wirtschaft w Eisenhüttenstadt (Niemcy) nt. systemy zarządzania jakością wg. norm serii ISO 9000.
- tygodniowe szkolenie na temat: „Audit wewnętrzny systemu jakości” organizowane przez Ośrodek badania Jakości Wyrobów ZETOM w Warszawie we współpracy z Warmińsko-Mazurską Agencją Rozwoju Regionalnego S.A.

Podjąłem również współpracę z TUV Consulting Polska w charakterze konsultanta ds. systemów jakości.

## 5.2. Osiągnięcia naukowe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Zdobyte wiedza i doświadczenie zaowocowały w lutym 2005 roku ukończeniem pracy doktorskiej pod tytułem: „Identyfikacja parametrów systemu jakości otrzymywania mleka w gospodarstwie rolnym wspomagana siecią neuronową”. W pracy tej przedstawiłem próbę rozwiązania zagadnienia „odwrotnego” – to znaczy jak na podstawie uzyskanych wyników badania mleka z gospodarstwa rolnego – zidentyfikować obszary działalności związanej z utrzymaniem krów mlecznych, ich obsługą, pozyskiwaniem i przechowywaniem mleka – które wymagają poprawienia. Jako narzędzie umożliwiające rozwiązanie tego zagadnienia wykorzystałem sztuczne sieci neuronowe. W oparciu o zidentyfikowane i rozwiązane w mojej pracy doktorskiej problemy powstały dwa artykuły naukowe (II.D.35, II.D.34).

Po obronie pracy doktorskiej zacząłem poszukiwać obszaru nauki umożliwiającego realizację pracy habilitacyjnej. Zajmowałem się różnymi zagadnieniami związanym z energetyką odnawialną, informatyką i szeroko rozumianą sztuczną inteligencją. W ramach tych prac powstały następujące publikacje naukowe (II.D.33, II.D.32, II.D.31, II.D.30, II.D.29, II.D.28, II.D.27, II.D.26, II.D.25, II.D.24, II.D.18, II.D.17, II.D.15) i doniesienie (II.G.13).

W 2008 roku po gruntownej analizie stanu wiedzy postanowiłem zająć się procesem kompostowania – od strony zagadnień energetycznych. W 2008 roku współpracowałem przy napisaniu projektu dotyczącego ww zagadnień, który uzyskał pozytywne recenzje i został skierowany do realizacji. Od 2009 roku byłem wykonawcą w ww projekcie pt. „*Efektywność pozyskiwania energii cieplnej w procesie kompostowania odpadów rolniczych i przemysłu rolno-spożywczego*”, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych – numer projektu N N313036136. W ramach prac w tym projekcie powstały następujące publikacje naukowe (II.D.23, II.D.22, II.D.21, II.D.20, II.D.19, II.D.16). Dotyczą one zarówno budowy samego stanowiska, koncepcji układu sterowania procesem odbioru ciepła z kompostu, układu napowietrzania jak i analizy uzyskanych wyników badań w ramach prowadzonych doświadczeń.

Zdobyta wiedza i doświadczenie pozwoliły mi w 2010 roku napisać własny projekt – który został pozytywnie oceniony i w 2011 roku uzyskał finansowanie. W latach 2011-2016 byłem kierownikiem grantu nr N N313 700740, pt. „*Układ sterowania procesem kompostowania biomasy pochodzenia rolniczego z jednoczesnym odbiorem ciepła*”. W ramach realizacji tego projektu powstały między innymi następujące publikacje (II.D.14, II.A.1, II.D.5) oraz przyznane patenty (II.B.1, II.B.2, II.B.3, II.B.5). W ramach prowadzonych badań

wykazałem, że zaprojektowany i wykonany układ sterowania, wykorzystujący logikę rozmytą działa prawidłowo – temperatura wewnątrz przyzmy kompostu – w żadnym wariacie nie przekraczała zadanej wartości 57°C. Stwierdziłem, że emisja NH<sub>3</sub> była najniższa dla przypadku w którym było jednocześnie odbierane ciepło z kompostu. Jest to ważny efekt – ponieważ w przypadku odbioru ciepła proces kompostowania jest mniej uciążliwy dla środowiska. Obliczyłem odebraną ilość ciepłą w poszczególnych eksperymentach – i na tej podstawie oceniałem rozkład zmiennych lingwistycznych rozmytego układu sterowania.

Jednocześnie w latach 2010 – 2015 brałem udział w realizacji projektu „Wykorzystanie materiałów i konstrukcji inteligentnych do opracowania koncepcji i wykonania innowacyjnego systemu łożyskowania wirników mikroturbin energetycznych” finansowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka POiG – numer POIG.01.03.01-00-027/08. O stycznia 2010 roku byłem w wymienionym projekcie kierownikiem zadania numer 9, pt.: „Opracowanie systemu optymalizacji materiałów i konstrukcji podzespołów przeznaczonych do budowy szybkoobrotowych łożysk foliowych”.

W wyniku nawiązanej współpracy z kolegami z Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn oraz IMP PAN Gdańsk powstały następujące publikacje (II.D.13, II.D.12, II.D.8, II.G.4, II.F.5, II.G.3, II.G.2).

Z kolei po nawiązaniu współpracy z pracownikami Katedry Inżynierii Ochrony Wód, Wydziału Nauk o Środowisku UWM w Olsztynie – zająłem się wspólnie z kolegami zagadnieniami dotyczącymi wykorzystania wód powierzchniowych jako źródła ciepła dla układów grzewczych oraz wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji (sztucznych sieci neuronowych i logiki rozmytej) w modelowaniu zjawisk zachodzących w wodach powierzchniowych. Efektem tej współpracy są następujące publikacje naukowe (II.G.12, II.G.9, II.D.2, II.D.1, II.F.4). W ramach prowadzonych badań wykazano między innymi, że jeziora są dobrymi zbiornikami ciepła dla układów pomp ciepłą. Mogą być wykorzystywane efektywnie do chłodzenia latem i grzania zimą budynków. Jednak wpływ ekologiczny takich rozwiązań jest mocno zależny od stanu troficznego jeziora. W czystych, warstwowych jeziorach proces ten ma szkodliwe konsekwencje - wzrost temperatury wody o zaledwie kilka stopni może zmienić warunki biologiczne jeziora i zakłócić jego równowagę ekologiczną. W eutroficznych lub zanieczyszczonych jeziorach warstwowych, które charakteryzują się stratyfikacją temperaturową i tlenową (jeziora z niedoborem tlenu), proces ten może mieć pozytywny wpływ. Dolne warstwy wodne ogrzewa się do temperatury warstw powierzchniowych, co ułatwia mieszanie, np. z powodu wiatru i zwiększa zawartość tlenu.

Należy jednak zauważyć, że stan biologiczny dolnych warstw, które są sztucznie nasycone tlenem, ulegnie zmianie, a charakter takich zmian wymaga dalszych badań.

W ramach badań prowadzonych w Katedrze Elektrotechniki, Energetyki, Energetyki i Automatyki brałem udział w badaniach i pisaniu następujących publikacji (II.D.11, II.D.10, II.D.9, II.F.11, II.D.7, II.D.6, II.F.10). W ramach tych badań zajmowałem się – problemami związanymi z magazynowaniem ciepła, systemami hybrydowymi układów źródeł energii odnawialnej, wykorzystaniem biomasy do celów energetycznych, zasobami odnawialnych źródeł energii. W pracy (II.D.10) wykazałem, że pomimo ciekawej koncepcji magazynu energii cieplnej nie był atrakcyjny ekonomicznie w panujących wtedy warunkach rynkowych. Dla domu ciepłego w przypadku pokrycia potrzeb 80% tygodniu roku na energię ciepłą przez palenie w kominku tylko dwa dni weekendu – tak aby uzyskać ilość energii wystarczającą na pokrycie potrzeb całego tygodnia potrzeba wydać na magazyn energii cieplnej około 45 000 PLN. Jest to koszt tylko budowy układu magazynu ciepła. Dodatkowo dojdą jeszcze koszty bieżącej eksploatacji. Przy takim poziomie kosztów bardziej korzystnym ekonomicznie będzie wykorzystanie innego źródła ciepła na resztę dni tygodnia (np. pompy ciepła) albo palenie w kominku przez wszystkie dni tygodnia.

Jednocześnie opracowałem założenia układu automatycznego podlewania roślin w szklarniach – zakończone przyznaniem patentu (II.B.4)

Jednocześnie cały czas zajmowałem się zagadnieniami dotyczącymi procesu kompostowania i fermentacji biomasy odpadowej – część z nich w ramach współpracy z pracownikami Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Publikacje naukowe powstałe w ramach tych prac to (II.E.4, II.E.3, II.E.2, II.E.1, II.G.8, II.D.4, II.G.6). W publikacji (II.G.8) wykazałem, że zmniejszenie liczby danych wejściowych sztucznych sieci neuronowych (SSN) wpłynęło na pogorszenie zdolności predykcji ciepła wydzielanego w czasie kompostowania. Spowodowane jest to najprawdopodobniej tym, że zmniejszenie liczby danych wejściowych znacząco zwiększyło wpływ temperatury skumulowanej na predykcję SSN. Jednocześnie, wykazałem, że przyrosty względne wartości temperatury skumulowanej maleją znacząco wraz z czasem kompostowania. Powoduje to, gorszą zdolność predykcji SSN – oraz zwiększenie wartości błędu średniokwadratowego RMSE. Jednak, przy odpowiednim doborze parametrów SSN (liczby neuronów w warstwach ukrytych, wyboru odpowiednich funkcji aktywacji, czy rodzaju sieci – MLP lub RBF, itp.) utworzone modele neuronowe umożliwią szybką ocenę potencjału energetycznego wybranych odpadów. Ma to znaczenie w przypadku prowadzenia procesu kompostowania z jednoczesnym odbiorem ciepła. Pozwala to na takie dobranie składu

odpadów poddawanych kompostowaniu aby uzyskana ilość ciepła odpowiadała potrzebom układu odbioru, w celu podgrzewania np. podłoża w szklarniach.

Kolejnym obszarem moich zainteresowań naukowych, w ramach odnawialnych źródeł energii jest energia słoneczna. W ramach tych prac powstały następujące publikacje naukowe (II.G.7, II.F.7, II.G.5, II.D.3, II.F.2, II.F.1).

Zajmowałem się również wieloma innymi zagadnieniami związanymi z energią odnawialną, logiką rozmytą, magazynowaniem energii czy systemami oświetlenia itp. w ramach tych prac powstały publikacje (II.F.9, II.F.8, II.F.6, II.F.3, II.G.1). W ramach opisu rozmytego układu sterowania pracą lampy LED zasilanej ze źródeł odnawialnych wraz z akumulatorem energii stwierdziłem (II.G.1), że zaletą takiego systemu sterowania jest między innymi możliwość określenia zasad działania układu sterowania przepływu mocą na podstawie wiedzy eksperta w postaci lingwistycznej (termy zmiennych wejściowych i wyjściowych) niezależnej od wykorzystywanej platformy sprzętowej – łatwość tworzenia zasad działania systemu. Łatwa weryfikacja poprawności działania utworzonego systemu – na podstawie analizy wykresów przestrzeni odpowiedzi – bez konieczności implementowania algorytmu w rzeczywistym obiekcie. Istnieje łatwość wprowadzania zmian – można je wprowadzać w modelu rozmytym – bez modyfikacji samego układu fizycznego (czujniki, przełączniki – sterownik itp.) a zrobione poprawki wprowadzać poprzez wgranie nowego zestawu założeń logiki rozmytej do sterownika. I co najważniejsze zaprojektowany układ sterowania działa zgodnie z założeniami.

Z kolei w pracy (II.F.9) wykazałem, że pojazdy elektryczne mogą skutecznie zwrócić energię elektryczną do sieci energetycznej i poprawić ogólne równoważenie obciążenia. Ponieważ zapotrzebowanie na energię pojazdów wzrasta w nocy (w czasie ładowania), podczas gdy w ciągu dnia pojazdy elektryczne mogą zwracać energię do sieci i równoważyć podaż i popyt na energię. Wykonane obliczenia wskazują, że system V2G zapewnia większe korzyści dla systemu zasilania niż koncepcja G2V. Obliczenia wykonane dla 10% wszystkich samochodów osobowych w Polsce – przyjętych jako elektryczne już wpływa na poprawę obciążenie systemu energetycznego. Oszczędności energetyczne i pozaszczytowe zużycie energii zwiększają się wraz ze wzrostem liczby samochodów elektrycznych. Podstawowym celem równoważenia działania systemu elektroenergetycznego jest doprowadzenie dziennej krzywej obciążenia do najbliższej linii prostej. Cel ten można uznać za osiągnięty w przypadku 50% pojazdów elektrycznych. Obciążenie systemu energetycznego w godzinach szczytu znacznie się zmniejszyło. Popyt na moc w nocy był podobny do zapotrzebowania na energię w ciągu dnia.



Pozwala to na najbardziej zrównoważone obciążenie sieci - a tym samym na najbardziej stabilną pracę elektrowni.

Od 2014 roku jestem ekspertem NCBiR w zakresie recenzji projektów naukowych. W tym czasie wykonałem recenzję 29 projektów między innymi z programu POIR (Program Operacyjny Inteligentny Rozwój).

Wykonałem 8 opinii o innowacyjności zleconych przez Centrum Innowacji i Transferu Technologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Opinie te dotyczyły zarówno innowacji procesowych jak i produktowych.

Wykonałem także 7 recenzji artykułów naukowych dla czasopism takich, jak między innymi, *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Hazardous Materials*, *Waste Management*.

W terminie 01.04.2014 do 24.06.2014 brałem udział w programie szkoleniowo-doradczym pt.: „*PI Innowacje Przyszłości Regionu*”. Zostałem finalistą tego programu (jednym z 16 osób z pośród 100). W ramach uczestnictwa opracowywałem projekt wdrożenia „*Modułowej kompostowni odpadów organicznych*”.

W terminie od 12.2014 do 05.2015 odbyłem staż w firmie SOLVET. Łączny wymiar czasu – 288 godzin. W ramach stażu zostało opracowane innowacyjne rozwiązanie opisane w dokumentacji przygotowanej na zakończenia stażu pt. „*Opracowanie koncepcji poprawy efektywności energetycznej i użytkowej układów fotowoltaicznych zasilania znaków drogowych*”. Koncepcje opracowane w ramach stażu i opisane w dokumentacji zostały następnie wykorzystane przez firmę SOLVETR we własnej działalności.

W styczniu 2018 roku odbyłem tygodniowy staż naukowy w Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie. W ramach stażu zajmowałem się procesem i obsługą zgazowywarki (dobór parametrów, wymagania dotyczące przygotowania paliwa itp.).

W sumie od 2005 roku na krajowych i zagranicznych konferencjach miałem 51 posterów i 14 referatów. Wybrane konferencje na których miałem wystąpienia to: “*2017 International Conference on Environment and Renewable Energy Hanoi (ICERE 2017)*, *3rd International Conference on Energy and Environment: bringing together Engineering and Economics Porto*, *8th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2017)*, *17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017*”.

W 2017 roku, w ramach konferencji SGEM Vienna Green, byłem członkiem zespołu ekspertów w panelu dyskusyjnym dotyczącym czystej energii dla wszystkich (współczesne i alternatywne źródła energii oraz zarządzanie energią).

W październiku 2005 roku dostałem od Pana Rektora UWM w Olsztynie nagrodę II stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej.

### **5.3. Osiągnięcia w zakresie popularyzowania nauki**

Uzupełnieniem mojej pracy naukowej była działalność popularyzatorska. Jednym z jej przejawów były zajęcia prowadzone przez mnie w ramach Uniwersytetu Dzieci. Były to zajęcia laboratoryjne – np. „czy przez ołówek może płynąć prąd” i inne jak i wykłady, np.: „Dlaczego żarówka świeci”.

Brałem udział i w przygotowaniach i w prezentacjach w ramach projektu „IT-WEEK” organizowanego przez AIESEC Polska.

Brałem udział w pilotażowym programie zwiększenia kompetencji zawodowych nauczycieli przedmiotów praktycznych szkół średnich.

W ramach Dni Otwartych Funduszy Europejskich organizowałem i prowadziłem pokazy w laboratorium elektrotechniki dla młodzieży szkolnej.

### **5.4. Osiągnięcia w zakresie działalności organizacyjnej**

W 2002 roku zdobyłem uprawnienia instruktora Akademii CISCO. W tym samym roku przystąpiłem do organizowania Akademii Lokalnej CISCO przy Wydziale Nauk Technicznych UWM w Olsztynie. W 2005 roku – na polecenie Rektora UWM, zacząłem również zarządzać pracą Akademii Regionalnej CISCO przy UWM w Olsztynie. Obydwie te funkcję pełnię do dzisiaj. Do moich obowiązków należy m.in. wystawianie i negocjowanie umów z Akademiami Lokalnymi, wystawianie faktur suportowych, szkolenie instruktorów Akademii Lokalnych. W ramach pełnionych zadań ukończyłem również liczne szkolenia organizowane w ramach Akademii CISCO – m.in. 4 semestry kursu CCNA, 2 semestry IT Essentials, Kurs sieci bezprzewodowych i inne.

Od 2010 roku jestem członkiem rady Katedry Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki UWM w Olsztynie. W ramach prac rady opracowujemy strategie rozwoju Katedry pracujemy nad oceną kierunków prowadzenia badań naukowych.

W 2014 roku zostałem członkiem *Senackiej Komisji do spraw Kadrowych* UWM w Olsztynie.

Moja praca organizacyjna została doceniona dwukrotnie – w 2008 roku otrzymałem Nagrodę Zespołową Rektora UWM w Olsztynie I stopnia za osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej oraz w 2014 roku – Indywidualną Nagrodę Rektora III Stopnia za osiągnięcia organizacyjne.

Jako wiceprzewodniczący Komitetu Organizacyjnego Międzynarodowej Konferencji, pt. "2nd International Conference Energy in Agriculture" organizowanej na WNT w dniach 04.07 - 06.07.2016 brałem aktywny udział w przygotowaniach i organizowaniu ww konferencji.

W latach 2015-2016 byłem członkiem Rady Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie. W roku 2016 zostałem ponownie wybrany na przedstawiciela pozostałych nauczycieli akademickich do Rady Wydziału Nauk technicznych UWM w Olsztynie.

W 2014 roku zostałem członkiem prezydium organizacji zakładowej NSZZ Solidarność w UWM Olsztyn. W lutym 2016 roku zostałem wybrany wiceprzewodniczącym organizacji zakładowej NSZZ Solidarność w UWM Olsztyn. Od marca 2017 roku jestem Przewodniczącym organizacji zakładowej NSZZ Solidarność w UWM Olsztyn. W ramach obowiązków wynikających z pełnionych funkcji (wiceprzewodniczącego i przewodniczącego) brałem udział w posiedzeniach komisji roboczych ds. Statutu UWM, komisji mobingowych, komisji opracowującej nowy regulamin ZFSS UWM w Olsztynie i licznych negocjacjach z władzami Rektorskimi w sprawach pracowniczych.

Na podstawie Uchwały nr 3 Senatu UWM, z dnia 21 września 2016 jestem członkiem *Komisji Senackiej ds Rozwoju Uczelni i Finansów*.

Od września 2017 roku jestem członkiem *Wydziałowej Komisji ds. Oceny Pracowników*.

Za moją działalność zostałem również w 2017 roku odznaczony *srebrnym medalem za długoletnią służbę* przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej.

Od 2004 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej oraz POLSIT'y (Polskie Towarzystwo Zastosowań Informatyki w Rolnictwie, Gospodarce Leśnej i Żywnościowe), od 2009 roku jestem członkiem Międzynarodowego Towarzystwa - CIGR - International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. Od 2015 roku należę do Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich (SIMP).

### **5.5. Osiągnięcia dydaktyczne**

Byłem opiekunem roku studiów pięcioletnich magisterskich – od 2005 do 2010 na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn (studia stacjonarne) oraz 3,5 letnich studiów inżynierskich w latach 2010 – 2014 na kierunku Energetyka (studia stacjonarne).

W latach 2016, 2015 i 2014 byłem członkiem komisji oceniającej w XLIII, XLIV i XL Międzynarodowych Seminariach Kół Naukowych organizowanych przez samorząd studencki UWM w Olsztynie.

W roku 2014 byłem na tygodniowym programie dydaktycznym w Turcji – w EGE University (w ramach programu Erasmus). W ramach wyjazdu prowadziłem wykłady dotyczące kompostowania jako metody utylizacji biomasy odpadowej, podstaw logiki rozmytej, układów sterowania procesem kompostowania z wykorzystaniem logiki rozmytej.

We współpracy z Okręgową Komisją Egzaminacyjną w Łomży oraz Centralną Komisją Egzaminacyjną w Warszawie recenzowałem arkusze testowe egzaminów zawodowych dla uczniów Zasadniczych Szkół Zawodowych o profilu elektromechanik, mechanik pojazdów samochodowych i elektryk (zarówno część teoretyczną jak i praktyczną).

Podczas mojej wieloletniej pracy, na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim przygotowałem programy zajęć (sylabusy) i realizowałem następujące zajęcia dydaktyczne:

- Elektrotechnika I i II na kierunku Energetyka (wykłady, zajęcia rachunkowe i ćwiczenia laboratoryjne);
- Miernictwo Elektryczne i Termowizja I i II na kierunku Energetyka (wykłady i ćwiczenia laboratoryjne);
- Systemy Pomiarowe na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn (wykłady i ćwiczenia laboratoryjne);
- Komputerowe Wspomaganie Służby Bezpieczeństwa i Higieny Pracy na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa (wykłady i ćwiczenia);
- Elektrotechnika na kierunku Technika Rolnicza i Leśna (wykłady i ćwiczenia laboratoryjne);
- Elektrotechnika na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn (wykłady i ćwiczenia laboratoryjne);
- Bezpieczeństwo Systemów Informatycznych w Zakładzie Pracy na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa (wykłady i ćwiczenia);
- Instalacje Elektryczne na kierunku Budownictwo (wykłady i ćwiczenia laboratoryjne);
- Prowadziłem Szkolenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy dla kilku wydziałów UWM w języku polskim;
- Elektroenergetyka na kierunku Technika Rolnicza i Leśna (wykłady i ćwiczenia);
- Skutki Zagrożeń na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa (wykłady i ćwiczenia);

Prowadzę również zajęcia w ramach wykładów ogólnouczelnianych w języku angielskim z:

- Ergonomii
- BHP i Poż

Poza oficjalnie zleconą działalnością dydaktyczną prowadziłem również zajęcia z projektowania, instalacji, zarządzania sieciami komputerowymi LAN oraz WiFi w ramach Akademii Lokalnej CISCO przy WNT. Zajęcia te były skierowane do wszystkich chętnych studentów Uniwersytetu, w większości uczęszczali na nie studenci kierunku Informatyka.

Za moją pracę ze studentami zostałem uhonorowany tytułem „*Belfra Roku WNT*” w 2017. Wybór ten był wygraną w głosowaniu organizowanym przez Samorząd Studencki pośród wszystkich studentów na wydziale spośród wszystkich pracowników dydaktycznych WNT.

W latach 2016-2017 pracowałem jako starszy-wykładowca w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Koninie na stanowisku starszego wykładowcy. Prowadziłem zajęcia z Elektrotechniki na kierunku Energetyka, Podstawa Elektrotechniki i Miernictwa oraz Techniki Cyfrowej na kierunku Informatyka.

Od 2005 roku byłem promotorem 12 prac magisterskich oraz 33 prac inżynierskich, od 2015 roku wykonałem recenzje ponad 40 prac dyplomowych (magisterskich i inżynierskich) – posiadam dane dopiero od roku 2015.

#### **5.6. Pozostała osiągnięcia**

W 2002 roku ukończyłem szkolenie firmy Microsoft dotyczące *podstaw sieci systemu operacyjnego MS Windows 2000. Wdrażania systemów MS Windows 2000 Professional i MS Windows 2000 Server*.

Od 2004 roku posiadam ważne uprawnienia SEP w zakresie eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV.

W 2007 roku uczestniczyłem w warsztatach technicznych „*Bezpieczeństwo Sieci Teleinformatycznych*” oraz „*Sieci Kratowe dla Edukacji*” organizowane przez CISCO Polska oraz firmę SOLIDEX.

W 2008 roku skończyłem dwusemestralne szkolenie „*Broker Innowacji*” organizowane przez UWM w Olsztynie i Warmińsko-Mazurski Klub Biznesu.

W 2009 roku brałem udział w szkoleniu organizowanym przez Centrum Innowacji i Transferu Technologii UWM w Olsztynie pt.: „*Umowy jako prawne narzędzie transferu technologii*”.

Również w 2009 roku uczestniczyłem w szkoleniu „*Komunikacja perswazyjna i negocjacje*” organizowane przez gdańską Fundację Szkolenia Menadżerów dla UWM w Olsztynie.

#### **6. Podsumowanie dorobku naukowego**

W okresie pracy na Uniwersytecie byłem autorem lub współautorem 95 publikacji, doniesień konferencyjnych. Jestem jedynym autorem w 14 z pośród nich a pierwszym w 35

Z tej liczby 44 publikacji zostało opublikowanych w recenzowanych czasopismach krajowych i zagranicznych.

Zostało mi również przyznanych 6 patentów – w tej liczbie w 3 jestem pierwszym autorem a w kolejnych 2 jedynym autorem.

Poniżej prezentuję zestawienie bibliometryczne mojego dorobku wykonane przez Bibliotekę Uniwersytecką UWM.

Tabela 1. Zestawienie bibliometryczne mojego dorobku

Typy publikacji	łączna liczba prac	Liczba prac z IF	Liczba prac z punktacją MNiSW	łączna wartość IF	łączna wartość punktacji MNiSW
artykuł w czasopiśmie polskim	37	0	36	0	194
artykuł w czasopiśmie zagranicznym	7	3	5	10,670	100
streszczenie w materiałach konferencyjnych (komunikat, poster)	6	0	0	0	0
referat konferencyjny	35	0	13	0	83
rozdział (fragment) w książce użytkowy 3 0 3 0.000 30.000					
Podsumowanie	1	0	0	0	0
monografia	1	0	1	0	20
rozdział (fragment) w monografii naukowej	2	0	2	0	11
patent	3	0	3	0	52
wzór użytkowy	3	0	3		30
<b>PODSUMOWANIE</b>	<b>95</b>	<b>3</b>	<b>63</b>	<b>10,670</b>	<b>498</b>

Podsumowanie dorobku, według analizy z dnia 21.08.2018 roku:

- A) Sumaryczny impact factor (IF) zgodnie z rokiem wydania pracy: **IF = 10,670**  
 Liczba punktów MNiSW wg punktacji z roku wydania pracy: **498**
- B) Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): **9**  
 Ilość cytowań według bazy Web of Science (WoS): **21**

Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus: **13**

Ilość cytowań według bazy Scopus: **30**

Liczba cytowań publikacji według bazy Google Scholar: **95**

C) Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): **2**

Indeks Hirscha według bazy Scopus: **3**

Indeks Hirscha według bazy Google Scholar: **5**

Podpisano

