

dr inż. Aldona KLUCZEK
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Produkcji
Ul. Narbutta 86
02-524 Warszawa

AUTOREFERAT

Warszawa 2019

1. Imię i nazwisko

Aldona KLUCZEK

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania, tytułu rozprawy doktorskiej i nazwisk osób, które pełniły funkcje promotora i recenzentów

20.06. 2016 – uzyskanie stopnia **magistra inżyniera** na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn

25.03.2013 – uzyskanie stopnia **doktora nauk technicznych** w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn

Rozprawa doktorska: “Influence of manufacturing techniques on the sustainable development of enterprises producing heating devices”

Promotor:

prof. dr hab. inż. Władysław WŁOSIŃSKI, dr h.c. multi

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Józef GAWLIK

prof. dr hab. inż. Krzysztof SANTAREK

dr hab. inż. Andrzej JARDZIOCH, profesor ZUT

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2013 – obecnie adiunkt naukowo-dydaktyczny w Instytucie Organizacji Systemów Produkcyjnych Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej

2008 – 2013 asystent naukowo-dydaktyczny w Instytucie Organizacji Systemów Produkcyjnych Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego, uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżyniera produkcji zgodnie 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

Osiągnięciem naukowym, stanowiącym podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego i znaczny wkład w rozwój dyscypliny **Inżynieria Produkcji**, według art.16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.), jest cykl 21 publikacji, na który składa się :

- 1) Monografia habilitacyjna pod tytułem “Energy Sustainability Sensing in Manufacturing: Overview, Perspectives and Assessment Approaches”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019.
- 2) Cykl 20 publikacji powiązanych tematycznie, będących integralną częścią niniejszego osiągnięcia, opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR (lista A wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego) oraz w czasopismach krajowych znajdującym się poza bazą JCR (lista B wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego).

a) tytuł osiągnięcia naukowego,

**„Wieloaspektowy rozwój inżynierii produkcji: procesy
i technologie ukierunkowane na efektywność energetyczną”**

b) wykaz prac naukowych (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, nazwa czasopisma, tom, strony) ²⁾, dokumentujących osiągnięcie (osiągnięcia) naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego,

Monografia

[1] Kluczek A. *Energy Sustainability Sensing in Manufacturing: Overview, Perspectives and Assessment Approaches*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019, 166 s.

Recenzenci monografii naukowej:

dr hab. inż. Robert Ulewicz, prof. Politechniki Częstochowskiej

dr hab. inż. Andrzej Wasiak, prof. Politechniki Białostockiej

Publikacje

[2] Kluczek A., Application of best available techniques in an enterprise producing heating devices, *Journal of Cleaner Production* 83, 2014, 444-453. **Impact Factor = 5.651**, Punktacja MNiSW **40 pkt, udział procentowy – 100%**

[3] Kluczek A., Assessment of the eco-efficiency of manufacturing processes based on MFA-LCA-MFCA methods. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18, 2019, 465-477. Artykuł zaakceptowany w grudniu 2015 r. **Impact Factor = 1.334**, Punktacja MNiSW **15 pkt, udział procentowy – 100%**

[4] Kluczek A., Gładysz B., Analytical Hierarchy Process/Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-based approach to the generation of environmental improvement options for painting process. Results from an industrial case study. *Journal of Cleaner Production* 101, 2015, 360-367. **Impact Factor = 5.651**, Punktacja MNiSW **40 pkt, udział procentowy – 50%**

[5] Kluczek A., An overall multi-criteria approach to sustainability assessment of manufacturing processes, *Procedia Manufacturing* 8, 2017, 136–143. Punktacja MNiSW **15 pkt, udział procentowy – 100%**

[6] Kluczek A., Application of multi-criteria approach for sustainability assessment of manufacturing processes, *Management and Production Engineering Review* 3, 2016, 62-78. Punktacja MNiSW **12 pkt, udział procentowy – 100%**

[7] Kluczek A., Quick Green Scan: A Methodology for Improving Green Performance in Terms of Manufacturing Processes, *Sustainability* 9(1), 2017, 88. **Impact Factor = 2,08**, Punktacja MNiSW **20 pkt, udział procentowy – 100%**

[8] Kluczek A., Efektywność energetyczna jako element zrównoważonego rozwoju [w:] *Doskonalenie metod zarządzania produkcją wybranych przedsiębiorstwach sektora MŚP*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016, pp. 173-195. Punktacja MNiSW **5 pkt, udział procentowy – 100%**

- [9] **Kluczek A.**, Olszewski P., Wielokryterialne aspekty audytu energetycznego w sektorze przemysłowym Stanów Zjednoczonych. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 45/11, 2014, 420-428. Punktacja **MNiSW 10 pkt, udział procentowy – 50%**
- [10] **Kluczek A.**, Olszewski P., Energy audits in industrial processes, *Journal of Cleaner Production* 142, Part 4, 2017, 3437-3453. **Impact Factor = 5.651**, Punktacja **MNiSW 40 pkt, udział procentowy – 50%**
- [11] **Kluczek A.**, Industrial Plants Performance Evaluation Using Dynamic DEA, *Research in Logistics & Production* 6 (5), 2016, 465-476. Punktacja **MNiSW 8 pkt, udział procentowy – 100%**
- [12] **Kluczek A.**, Assessing measures of energy efficiency improvement opportunities in the industry. *LogForum* 13 (1), 2017, 29-38. <http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2017.1.3>, Punktacja **MNiSW 13 pkt, udział procentowy – 100%**
- [13] **Kluczek A.**, An environmental sustainability assessment of energy efficiency for production systems, *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, open access, 2017, DOI: 10.12783/dtetr/icpr2017/17693. Punktacja **MNiSW 15pkt; Udział procentowy – 100%**
- [14] **Kluczek A.**, Gładysz B., A framework for strategic assessment of far-reaching technologies: A case study of Combined Heat and Power technology. *Journal of Cleaner Production* 167, 2017, 242-252. **Impact Factor = 5.651**, Punktacja **MNiSW 40 pkt, udział procentowy – 50%**
- [15] **Kluczek A.**, A conceptual framework for sustainability assessment for technology. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie*, vol. 113, no. 1991, 2018. Punktacja **MNiSW 11 pkt, udział procentowy – 100%**
- [16] **Kluczek A.**, An analysis of the accuracy of selected indicators for sustainability assessment of energy savings performance projects supporting the life cycle analysis, *Economic and Environmental Studies* 18 (2), 2018, 665-687. Punktacja **MNiSW 13 pkt, udział procentowy – 100%**
- [17] **Kluczek A.**, Szymczyk J., Increasing energy efficiency of hot-dip galvanizing plant and reducing its environmental harm, *Journal of Power Technologies* 97(5), 2018, 349-358. Punktacja **MNiSW 12 pkt, udział procentowy – 50%**
- [18] **Kluczek A.**, Dynamic energy LCA-based assessment approach to evaluate energy intensity and related impact for the biogas CHP plant as the basis of the environmental view of sustainability, *Procedia Manufacturing* 21, 2018, 297-304. Punktacja **MNiSW 15 pkt, udział procentowy – 100%**
- [19] **Kluczek A.**, Unstandardized LCA-based technology sustainability assessment for alternative energy scenarios for cogeneration system. *Proceeding of XV International Conference on Multidisciplinary Aspects of Production Engineering – MAPE*, vol. 1, Issue 1, 2018, 777-785. Punktacja **MNiSW 15 pkt, udział procentowy – 100%**
- [20] **Kluczek A.**, An energy-led sustainability assessment of production systems – an approach to improving energy efficiency performance; artykuł zaakceptowany w dniu 16.04.2019 r., w druku, **IF= 4.407**, Punktacja **MNiSW 40 pkt, udział procentowy – 100%**.

[21] **Kluczek A.**, Design for the three-pronged energy sustainability: a research challenge, The International Conference on Innovative Applied Energy (IAPE '19), Oxford, United Kingdom, 14-15 March 2019, [zaakceptowany do druku w materiałach pokonferencyjnych, obecnie dostępny online]; **oczekiwana punktacja MNiSW 15 pkt, udział procentowy – 100%.**

W pracach stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie [2-21] mój udział polegał na opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do artykułu, opracowaniu metodyki badań, wykonaniu obliczeń oraz analizie wyników i opracowaniu wniosków, redagowaniu manuskryptu, jak również konsultowaniu treści ze współautorami (jeśli występowali) oraz koordynowaniu procesu wydawniczego. Średni udział procentowy w opracowanie cyklu publikacji powiązanych tematycznie (z wyłączeniem monografii) wynosi **87,5 %**. Sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wynosi **30,425**. Liczba punktów cyklu publikacji (z wyłączeniem monografii) [2-21] wg wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, uwzględniająca mój udział procentowy wynosi **389** punktów.

Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego wraz z zakresem mojego wkładu w ich powstanie oraz oszacowanym udziałem procentowym przedstawiono w **Załączniku nr 3, pkt I.B.**

Kopie prac, stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego wraz z oświadczeniami współautorów, określającymi indywidualny wkład każdego z nich w powstanie prac [2-21], zawarto w **Załączniku nr 4** (Oświadczenia współautorów) oraz **Załączniku nr 7, cz. I i cz. II** (Kopie prac stanowiących osiągnięcie naukowe).

c) omówienie celu naukowego w/w pracy/prac i osiągniętych wyników, wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania, w tym omówienie oryginalnych osiągnięć o charakterze konstrukcyjnym, technologicznym lub projektowym,

Cel naukowy badań opisanych w pracach przedstawionych do oceny

Tematyka podejmowanych w ramach działalności naukowej prac mieści się w dyscyplinie **Inżynieria Produkcji**; z uwagi na wieloaspektowość problemów naukowych łączy zagadnienia z obszaru energetyki (przetwarzanie energii do zasilania procesów przemysłowych czy technologii), efektywności procesów wytwarzania i technologii, ich eksploatacji oraz organizacji i zarządzania procesami wytwarzania (podejścia do oceny technologii, procesów wytwarzania ujmujące wielowymiarowe aspekty produkcji). Pomimo szerokiego zakresu istniejącej wiedzy w każdym z wymienionych obszarów rozpatrywanym osobno, **istnieje szereg problemów, których rozwiązywanie wymaga kompleksowego podejścia do oceny zrównoważonej energii i wykorzystania komplementarnych metod badawczych.**

W ostatnich latach wzrosło znaczenie odbiorców, wytwórców, dostawców energii w związku z poprawą jakości procesów i minimalizowaniem ich wpływu na środowisko. Działania prośrodowiskowe są podyktowane coraz większym naciskiem ze strony Unii Europejskiej (EU) poprzez opracowanie polityk i regulacji dotyczących aspektów środowiskowych (a szczególnie kwestii wykorzystania energii), ich wpływu na środowisko naturalne (np. CO₂), oraz rozwój społeczno-gospodarczy. W rezultacie świadomość proekologiczna przynosiła zaangażowanie interesariuszy w działania mające na celu podejmowanie decyzji w zakresie optymalizacji energii. Zbyt często decyzje na szczeblu strategicznym dotyczące wykorzystania energii podejmowane są ad hoc, zamiast zaimplementować działania na szczeblu operacyjnym mające na celu redukcję zużycia energii oraz emisji CO₂.

Zaangażowanie interesariuszy na samym początku cyklu życia procesu wytwarzania może skutkować lepszymi decyzjami w zakresie zrównoważonego rozwoju energii (zrównoważonego gospodarowania energetycznego) na poziomie strategicznym i operacyjnym zakładu przemysłowego. Z drugiej strony, realizacja procesów produkcyjnych uwarunkowana jest wieloma aspektami, które mogą mieć wpływ na niespełnienie przez ten proces stawianych mu wymagań. W praktyce sposobem gwarantującym uwzględnienie powyższych aspektów w zrównoważonym rozwoju energii jest opracowanie podejścia do oceny zrównoważonego gospodarowania energią, na podstawie których podejmowane są decyzje operacyjne, a następnie podejmowanie działania w zakresie zrównoważonego zarządzania energią o charakterze strategicznym, zorientowane na minimalizowanie ich wpływu w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Zrównoważony rozwój w produkcji wymaga nie tylko nowego sposobu wytwarzania produktów i usług, poprzez zmniejszenie ich negatywnego wpływu na środowisko, ale jednocześnie promowanie powszechnego postępu gospodarczego i społecznego, zachowując jednocześnie równowagę pomiędzy wynikami finansowymi obiektów przemysłowych, a wpływem ich działalności na zdrowie ludzkie i środowisko naturalne. Większość procesów produkcyjnych pod kątem wykorzystania energii jest nadal niewłaściwie zaprojektowana bądź zakłady przemysłowe posiadają energochłonny park maszynowy.

W związku z tym istnieje wiele wyzwań, a także możliwości wynikających ze wzrastającej presji na znalezienie sposobów prowadzenia działalności gospodarczej na rzecz zrównoważonego rozwoju energetycznego. W tym kontekście opracowano wiele metod i praktyk mających na celu ocenę aspektów środowiskowych, społeczno-ekonomicznych w odniesieniu do zużycia energii i emisji zanieczyszczeń, np. CO₂. Jednak obawa rośnie w związku z globalnym ociepleniem, a przemysł niestety nie zwiększa swojego zaangażowania na rzecz zrównoważonego rozwoju. Konsekwencje środowiskowe, gospodarcze i społeczne związane z wytwarzaniem, zarządzaniem energią i emisjami, tzn. cały cykl życia produktu od "kolebki do grobu" należy wziąć pod uwagę w celu osiągnięcia zrównoważonych wzorców produkcji i konsumpcji energii.

Zwiększanie efektywności energetycznej wykorzystania zasobów jest zatem jednym z głównych tematów zrównoważonego rozwoju i zrównoważonej energii, ponieważ przyczynia się do poprawy dobrobytu społeczno-gospodarczego, przy jednoczesnym ograniczeniu wykorzystania energii i związanego z oddziaływania na środowisko i zdrowie. Ta koncepcja zyskuje na znaczeniu w ostatnim czasie ze względu na jej interdyscyplinarny charakter, biorąc pod uwagę wielowymiarowość produkcji, takie jak kwestie publiczne, ekonomiczne, ekologiczne i społeczne

Zapewnienie odpowiedniego dostępu energii do produkcji w sposób ekologiczny, akceptowalny społecznie i opłacalny ekonomicznie będzie wymagało znacznych wysiłków i znacznych inwestycji. Wielkość i skala potrzeb energetycznych, przed którymi stoi produkcja w związku ze zrównoważonym rozwojem energii, można ocenić za pomocą wielu metod. Postępy w kierunku rozwoju koncepcji zrównoważonego rozwoju wymagają ulepszenia istniejących metod oceny procesów, technologii mających na celu podejmowanie świadomych decyzji dotyczących wpływu energii na zrównoważony rozwój w cyklu życia procesów wytwórczych. Decydentom, menadżerom operacyjnym zakładów przemysłowych często brakuje kompleksowych narzędzi, modeli czy wskaźników do opracowania praktycznego podejścia do maksymalizacji efektywności energetycznej, nawet po identyfikacji potencjalnych korzyści.

Wyniki badań własnych wskazują, że w prowadzeniu skutecznych badań dotyczących procesów wytwarzania, technologii energetycznych czy systemów produkcyjnych, do określenia efektywnych energetycznie i zrównoważonych obiektów przemysłowych, właściwe jest stosowanie wieloaspektowego podejścia do ich oceny w oparciu o techniki pomiaru energetycznego „wspierane” przez metody optymalizacji zużycia energii. Prowadzenie audytów energetycznych

jest niewystarczające do oceny obiektów przemysłowych w kontekście zrównoważonego rozwoju, stąd też potrzeba opracowania solidnej kompleksowej metody oceny, która pomoże decydom ocenić stopień, w jaki stopniu ich procesy produkcyjne prowadzą do zrównoważonego rozwoju gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa. Dlatego potrzeba priorytetowego traktowania powyższych kwestii wymaga zintegrowanego podejście do oceny technologii i procesów technologicznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju energetycznego. Jednakże, warunkiem tej oceny jest analiza termodynamiczna i diagnoza stanu użytkowania energii, przeprowadzona podczas audytu energetycznego.

Dlatego celem moich badań naukowych przedstawionych w publikacjach i monografii, stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego było opracowanie podejścia do oceny zrównoważonej energii (zrównoważonej gospodarki energetycznej) w procesach produkcyjnych, które maksymalizują korzyści ekonomiczne, minimalizują wpływ na środowisko i spełniają oczekiwania społeczne. W konsekwencji ma to na celu osiągnięcie zrównoważonej, wydajnej energetycznie i ekonomicznie produkcji, z korzyścią dla firm, ich pracowników oraz dobrobytu społecznego. **Efektom pośrednim niniejszej pracy była budowa strategii na rzecz zrównoważonej gospodarki energetycznej na poziomie operacyjnym zakładu przemysłowego** uwzględniająca tę metodę oceny. Opracowanie zintegrowanego podejścia dokonano na podstawie zakładów przemysłowych, dla których przeprowadzono szczegółowe analizy (w tym audyty energetyczne).

Osiągnięcie tak postawionego celu było możliwe dzięki połączeniu wielu zagadnień z obszarów wyżej wymienionych reprezentowanych poprzez metody pomiaru, optymalizacji oraz oceny technologii i procesów produkcyjnych, stąd też tytuł osiągnięcia naukowego **„Wieloaspektowy rozwój inżynierii produkcji: procesy i technologie ukierunkowane na efektywność energetyczną”**.

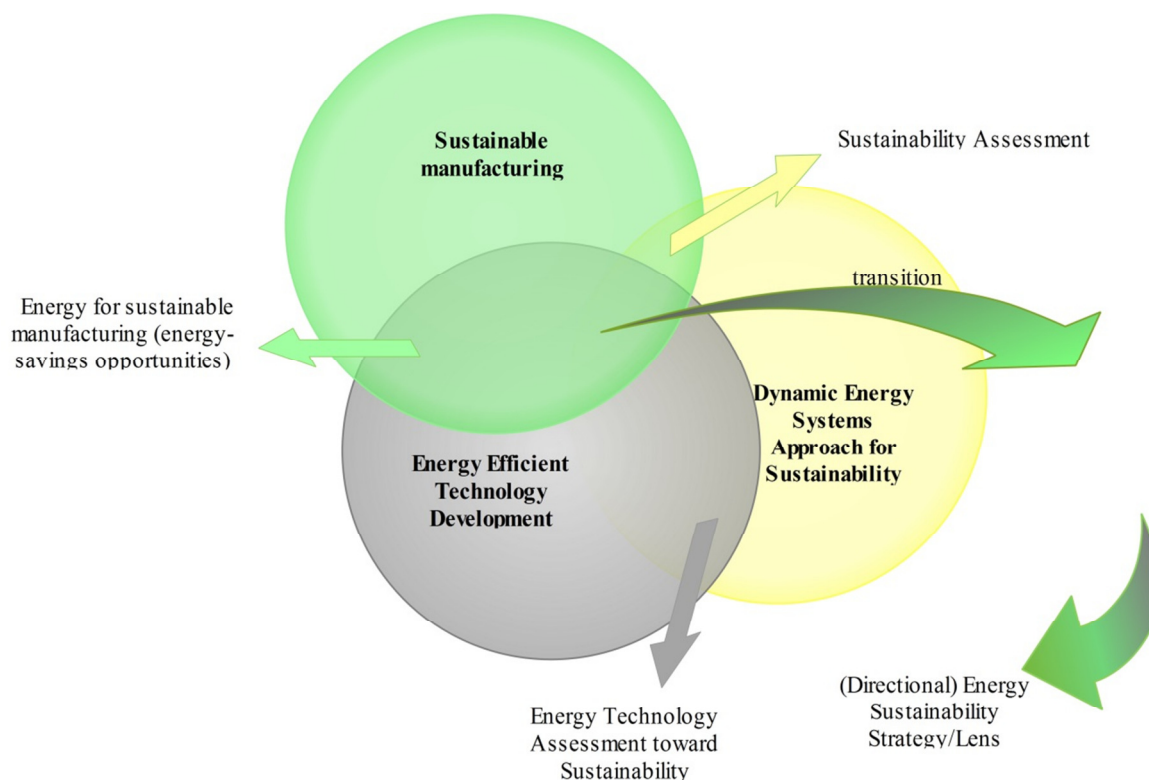
Z przeglądu literatury wynika, iż pomimo jakości różnych badań w zakresie oceny zrównoważonego rozwoju, naukowcy jak dotąd nie przeprowadzili oceny zrównoważonej gospodarki energetycznej w całym łańcuchu produkcyjnym. W tych samych obiektach przemysłowych różne procesy są od siebie niezależne; dlatego efekt synergii między nimi jest pomijany. Z drugiej strony obecność metod oceny zrównoważonego rozwoju nie zapewnia dobrej efektywności energetycznej, nadal istnieje potrzeba poszukiwania kompromisu poprzez włączenie metody optymalizacji energii do analizy wpływu cyklu życia na trwałość systemów produkcyjnych. **Konsekwencją jest brak kompleksowych badań i synergii procesowej**, które mógłby zostać osiągnięte poprzez połączenie różnych procesów w systemach produkcyjnych, zintegrowanych z metodami opartymi na LCA w celu zrozumienia zachodzących zależności między metodami.

Przeprowadzone przez habilitantkę liczne badania oceny technologii i procesów w kontekście zrównoważonego rozwoju oraz efektywności energetycznej niezależnie, doprowadziły do wypracowania zintegrowanej metody oceny dla poprawy wyników efektywności energetycznej systemów produkcyjnych, łączącej te badania.

Przyjęcie kompleksowego podejścia do oceny „Energy-led Sustainability Assessment” wymagało przeprowadzenia badań w obszarze energetyki (efektywności energetycznej zakładów przemysłowych w ujęciu termodynamiki), eksploatacji technik wytwarzania (optymalizacji zużycia energii poprzez zastosowanie metod oceny) przy założonych warunkach infrastrukturalnych badanych obiektów przemysłowych. Prezentowane podejście do oceny stopnia zrównoważonego gospodarowania energią w MŚP zostało wypracowane na podstawie badań przeprowadzonych za granicą (stażu postdoktorskiego habilitantki w ramach programu Departamentu Energetyki Ameryki, realizowanego

przez Industrial Assessment Centers w ramach College of Engineering oraz w kraju (grant dziekański), jak również analiza literaturowa, przedstawiające szczegółowe rozważania nad wybranymi problemami z zakresu zrównoważonego rozwoju i efektywności energetycznej w zakładach przemysłowych, w tym metody oceny wybranych procesów produkcyjnych, analiza kryteriów oceny i wyboru wariantów oceny na podstawie analizowanych procesów i technologii.

Podejście to uwidaczniają moje prace stanowiące przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe [1-21], skategoryzowanych według wzajemnie powiązanych obszarów badawczych, prezentujących istotę i komplementarność podejmowanych przeze mnie zadań badawczych (Rys. 1).



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie współzależności obszarów badań na tle koncepcji zrównoważonego rozwoju; Źródło: monografia habilitacyjna, roz.1.2.

Krótki opis metody oceny zrównoważonej gospodarki energetycznej:

Opracowana zintegrowana metoda oceny uwzględnia trzy podstawowe wymiary koncepcji zrównoważonego gospodarowania energetycznego na poziomie operacyjnym: środowiskowe, ekonomiczne oraz społeczne. Obejmuje ona działania w systemach produkcyjnych ukierunkowane na minimalizację ich wpływu na środowisko, spełnieniu oczekiwań społecznych, przy jednoczesnej maksymalizacji korzyści ekonomicznych.

Proponowana metoda obejmuje proces podejmowania decyzji na poziomie przedsiębiorstwa realizowany w zakresie:

- (1) identyfikacja energooszczędnych systemów produkcyjnych na podstawie diagnozy stanu i analizy termodynamicznej,
- (2) oceny efektywności energetycznej zakładów przemysłowych przy wykorzystaniu metod optymalizacji, i wyeliminowaniu tych, które nie spełniają kryteriów oceny,

- (3) ocena oparta na cyklu życia procesu dla efektywnych energetycznie systemów produkcyjnych (dokonana na podstawie (etap 2)),
- 4) wyliczenia zagregowanego wskaźnika efektywności energetycznej przy użyciu metod analitycznych będących podstawą podejmowania decyzji na poziomie przedsiębiorstwa.

Opisywane podejście do oceny zrównoważonej energii na poziomie przedsiębiorstwa, stanowiące istotne osiągnięcie autorki, zostało opisane w dwóch publikacjach:

- Monografii habilitacyjnej (syntetyczne ujęcie metody oceny)
- An energy-led sustainability assessment of production systems – an approach to improving energy efficiency performance (luka badawcza¹, szczegółowy opis modelu oceny wraz z dyskusją).

Niektóre z elementów modelu oceny oraz ich wykorzystanie w procesach wytwarzania, a także wyniki badań realizowanych w trakcie prac nad ostateczną wersją modelu zostały ponadto zaprezentowane w innej publikacji, a w szczególności:

- An environmental sustainability assessment of energy efficiency for production systems.

Efektom tych działań jest monografia pod tytułem „*Energy Sustainability Sensing in Manufacturing SMEs: Overview, Perspectives and Assessment Approaches*” wraz z cyklem powiązanych tematycznie artykułów (opisanych w części dotyczącej omówienia **osiągniętych wyników badań**). W pracy zaprezentowano połączenie dotychczasowych wyników badań w opracowywanie zintegrowanej metody mającej na celu ocenę zrównoważonego gospodarowania energią systemów produkcyjnych. Metoda oceny „Energy-led Sustainability Assessment” integruje wyniki analizy danych energetycznych przedsiębiorstw przemysłowych, metody wspomagania decyzji w procedurze oceny energetycznej procesów z uwzględnieniem podejścia oceny cyklu życia procesów.

Oprócz wyników badań, niniejsza monografia prezentuje wyniki studium literatury uzupełnione wynikami badań w zakresie zrównoważonego gospodarowania energią w przeszło pięćdziesięciu zakładach przemysłowych z sektora małych i średnich przedsiębiorstw. Zawiera przegląd zagadnień związanych ze zrównoważonym rozwojem przedsiębiorstw przemysłowych, zintegrowanych z koncepcją efektywności energetycznej. Dlatego podkreślone zostały odpowiednie narzędzia oceny efektywności energetycznej i zrównoważonego rozwoju w procesach produkcyjnych, ich wskaźniki mające zastosowanie w nowej koncepcji (zrównoważonej gospodarki energetycznej) Określenie śladu węglowego w analizowanych zakładach przemysłowych w ramach poszczególnych badań miało na celu zidentyfikowanie możliwości redukcji negatywnego wpływu emisji CO₂ na środowisko i zdrowie ludzkie.

Monografia jest próbą stawienia czoła wyzwaniom, przed jakimi stoją przedsiębiorstwa przemysłowe, tj. dostęp do zrównoważonej energii w procesach produkcyjnych. Dlatego koncentruje się na ocenie technologii i procesów produkcyjnych przy użyciu różnych metod oceny, mają za zadanie maksymalizację zysków ekonomicznych, minimalizację wpływu na środowisko przy spełnieniu oczekiwań społecznych.

Praca łączy badania z dziedziny zrównoważonej produkcji oraz efektywności energetycznej w ciągu ostatniej dekady, oferując nowe ujęcie w pojawiającą się perspektywę zrównoważenia energetycznego i działania na rzecz osiągnięcia zrównoważonej energii w praktyce przemysłowej.

¹ Luka badawcza dla niniejszego artykułu została podkreślona przez recenzentów czasopisma International Journal of Production Economics.

Zaproponowana metoda oceny wykracza poza dotychczasowe narzędzia oceny regulowane przez politykę energetyczną oraz ujęte w dostępnej literaturze w danej tematyce. Analiza technologiczna poszczególnych zakładów pozwala zoptymalizować dokonane wybory dotyczące inwestycji w zieloną energię pod kątem ekonomicznym (kosztów inwestycji, potencjalnych oszczędności na poziomie ogólnych kosztów energii); środowiskowym (niższe zużycie energii, tym samym emisji CO₂, mniejsze opłaty środowiskowe); społeczne (redukcja negatywnego wpływu na zdrowie ludzkie)

Opracowany i zaprezentowany w monografii model oceny wykorzystuje wiedzę związaną z funkcjonowaniem procesów wytwarzania, systemów produkcyjnych, doświadczenia oraz dane z przeprowadzonych audytów energetycznych. Jego istotne nowatorstwo wynika:

- z oceny możliwości technicznych i opłacalności ekonomicznej procesów (koszt w cyklu życia) w oparciu o technologie energooszczędne oraz szerokiego zakresu przedsięwzięć efektywnościowych, a także do wyznaczania towarzyszącej tym przedsięwzięciom redukcji emisji gazów cieplarnianych,
- z próby integracji różnych metod oceny i pomiarów (analizy termodynamicznej, optymalizacji oraz metod opartych na analizie cyklu życia procesu) w tzw. metodę „all-in-one” oraz wykorzystania jej jako narzędzia do podejmowania decyzji w zakresie planów inwestycyjnych na poziomie strategicznym i możliwości oceny zdolności przedsiębiorstwa do spełnienia wymagań zrównoważonej gospodarki energetycznej, nie tylko na podstawie zastosowania tradycyjnych metod audytowania,
- opracowania zintegrowanej metodyki oceny bazującej na diagnozie stanu energetycznego, wykorzystaniu narzędzi optymalizacji, identyfikacji wskaźników oraz ocenie zrównoważonej gospodarki energetycznej systemów produkcyjnych na podstawie metod LCA.
- z braku konieczności stosowania przez ekspertów wag ocen czy średniej ważonej (np. poprzez stosowanie hierarchicznej analizy problemowej), na korzyść użycia normalizacji.

Omawiana metoda zakłada, że efektywność wprowadzanych zmian modernizacyjnych, zależy od istniejących warunków i potencjału analizowanego zakładu przemysłowego. Poziom i zakres wprowadzanych zmian był efektem przeprowadzonych audytów energetycznych, na podstawie których przeprowadzono szereg badań doboru narzędzi do oceny procesów i technologii w zakładach przemysłowych. Osiągnięcie przedstawione w monografii miało również na celu pokazanie wieloaspektowego ujęcia inżynierii produkcji na tle procesu decyzyjnego dotyczącego procesów i technologii w kontekście zrównoważonej gospodarki energetycznej obiektów przemysłowych. Takie podejście stanowi przemyślaną strategię budowy modelu decyzyjnego, począwszy od identyfikacji czynników, które w znaczący sposób wpływają na efektywność i bezpieczeństwo energetycznego zakładów jako nieodzownego elementu zrównoważonego rozwoju.

Opracowana metoda ma nie tylko znaczenie teoretyczne, ale również praktyczne, gdyż umożliwia wykorzystanie modelu do konkretnych problemów decyzyjnych, przez co decydenci i inwestorzy mogą uzyskać możliwe i dopuszczalne warianty scenariuszy wprowadzania zmian technologicznych. Można wnioskować, że metoda stanowi kompleksowe narzędzie podejmowania racjonalnych decyzji „energetycznych” towarzyszących procesom produkcyjnym przedsiębiorstwa, co w kontekście jego funkcjonowania w zmiennych uwarunkowaniach XXI wieku może dawać jej szansę na ciągłe doskonalenie i przetrwanie w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu.

Zidentyfikowane problemy występujące w systemach produkcyjnych, na podstawie rezultatów badań i wniosków [20] zaowocowały przygotowaniem kolejnych artykułów naukowych i jednocześnie na podstawie rezultatów badań i wniosków dalsze prace są w trakcie opracowania.

Rozpatrywany powyżej obszar zagadnień (Energy Sustainability) nie jest obszarem zamykającym badania, gdyż wyniki otrzymywane w ramach analizowanych obszarów (procesów, technologii, systemów produkcyjnych) mogą być różne interpretowane oraz wpływają na podejście do zagadnień ryzyka, co może stanowić kompleksowe podejście do rozwiązywania problemów związanych bezpieczeństwem energetycznym i związanej z tym utrzymaniem ciągłości zasilania systemów produkcyjnych i ich niezawodności zawierających je obiektów technicznych. Nawet niewielkie zmiany jakości dostarczanej energii mogą wpłynąć na ich awaryjność lub niestabilną pracę (np. przegrzewanie, zwiększone drganie, nieplanowe wyłączenie), co powoduje nadmierne zużycie lub zakłócenie przebiegu procesów i tym samym prowadzi do strat.

Kierunki dalszych badań zostały opisane w rozdziale 7.3 monografii.

Omówienie osiągniętych wyników badań - na podstawie prac (wymienionych w punkcie 4)

W celu dokonania oceny oraz racjonalnego podejmowania decyzji w zakresie kształtowania koncepcji zrównoważonej energii lub zarządzania gospodarką energetyczną na poziomie przedsiębiorstwa konieczne było zrealizowanie następujących prac, ujętych szczegółowo w Tabeli 1 w podziale na obszar badań według Rys. 1:

- analiza i ocena uwarunkowań techniczno-eksploatacyjnych procesów produkcyjnych w kontekście zrównoważonego rozwoju,
- analiza i ocena uwarunkowań środowiskowych, ekonomicznych i społecznych w kontekście zrównoważonego rozwoju z zastosowaniem różnych metod oceny dla procesów produkcyjnych,
- ocena efektywności energetycznej technologii i zakładów przemysłowych z wykorzystaniem doboru metod i narzędzi (ujęcie termodynamiczne i metodologiczne) do ich oceny,
- analiza wskaźników energetycznych wpływających na efektywność energetyczną funkcjonowania zakładów przemysłowych w zależności od realizowanych operacji,
- opracowanie wielowymiarowej metody oceny procesów wytwarzania w obiektach przemysłowych w kontekście zrównoważonej efektywności energetycznej w ujęciu procesu decyzyjnego,
- weryfikacja opracowanej metody w ujęciu systemów produkcyjnych.

Wykaz osiągnięć uzyskanych przy realizacji poszczególnych zadań badawczych wraz z podaniem numeru pozycji publikacji ze wskazanego w punkcie 4b cyklu dokumentującego osiągnięcie naukowe przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie obszarów badawczych i osiągnięć z poszczególnymi częściami cyklu publikacji

Zakres/obszar badawczy	Zadania badawcze	Nr pozycji z wskazanego w punkcie 4b cyklu publikacji
Zrównoważone wytwarzanie	- analiza i ocena uwarunkowań techniczno-eksploatacyjnych procesów produkcyjnych na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa	[2]; [4]; [7]
	- analiza i ocena uwarunkowań środowiskowych, ekonomicznych i społecznych z zastosowaniem różnych podejść do oceny zrównoważonego	[3]; [5-6]; [15]

	rozwoju procesów produkcyjnych na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa	
Rozwój technologii efektywnych energetycznie Energy Efficient Technology Development	<ul style="list-style-type: none"> – przegląd całej gospodarki energetycznej zakładów przemysłowych sektora MŚP, w tym badania, analiza i diagnoza stanu użytkowania energii, wskazanie środków poprawy efektywności jej wykorzystania (ujęcie termodynamiczne) – ocena efektywności energetycznej technologii i zakładów przemysłowych z wykorzystaniem doboru metod i narzędzi do ich oceny (ujęcie metodologiczne) na podstawie wyników audytów energetycznych – analiza i dobór wskaźników energetycznych wpływających na efektywność energetyczną funkcjonowania zakładów w zależności od realizowanych operacji (w ujęciu projektowym) – analiza i dobór kryteriów do oceny strategicznej technologii energetycznych na przykładzie technologii kogeneracji 	[8-10]; [17] [11-12] [16] [14]
Zrównoważony rozwój energetyczny Energy Sustainability approach for production systems	<ul style="list-style-type: none"> – zastosowanie metod opartych na cyklu życia produktu/procesu do oceny technologii energetycznych - opracowanie wielowymiarowej metody oceny technologii w obiektach przemysłowych w kontekście zrównoważonej gospodarki energetycznej w ujęciu procesu decyzyjnego, – weryfikacja opracowanej metody w ujęciu systemów produkcyjnych – opracowanie modelu zrównoważonej gospodarki energetycznej do zarządzania energią i podejmowania strategicznych decyzji na poziomie przedsiębiorstwa 	[18-19] [13]; [20] [20]; [1; ujęcie holistyczne] [21]

Powyższe zagadnienia cząstkowe (zadania badawcze) składające się na całość dzieła naukowego jakim jest koncepcja zrównoważonego gospodarowania energią zostały opisane w monografii autorskiej syntezującej holistyczne ujęcie prezentowanego problemu wraz z cyklem artykułów [1-20] stanowiących integralną część dzieła naukowego, wymienionych w punkcie 4b. Podejście do opracowania koncepcji Energy Sustainability ma charakter wieloetapowy i wieloaspektowy, tzn. uwzględnia różne kryteria, w tym technologiczne, ekonomiczne, społeczne i środowiskowe ujęte w różnych wymiarach (jako zintegrowane, wykorzystywane na szczeblu strategicznym, operacyjnym).

Pierwszym etapem moich badań było wyjście od koncepcji najlepszych dostępnych praktyk (BAT) jako fundament idei zrównoważonego rozwoju (ZR) w celu ograniczenia negatywnego oddziaływania zakładów przemysłowych na środowisko oraz sposób ich ograniczania. W pracy [2] podano najlepsze możliwe do zastosowania techniki BAT w wybranym przedsiębiorstwie przemysłowym jako instrument ochrony środowiska uwzględniający zapobieganie powstawaniu zanieczyszczeń poprzez ograniczanie zużycia energii, środków chemicznych, likwidacji emisji do powietrza, oraz odpadów. Wszystkie zaproponowane ulepszenia zostały ukierunkowane na

zmniejszenie negatywnego wpływu zakładu przemysłowego na środowisko naturalne bez uszczerbku dla jakości procesów.

Wyniki pokazały, iż konieczne są znaczne wysiłki mające na celu dalsze doskonalenie dostępnych technologii oraz wdrażanie nowych zorientowanych na zmniejszenie zużycia energii oraz emisji CO₂, zwiększając przy tym rentowność i konkurencyjność, a jednocześnie obniżając koszty prowadzenia działalności.

W efekcie kontynuowania badań w artykule [3] zastosowano metodę eko-efektywności do oceny zastosowanych ulepszeń w istniejących procesach technologicznych (cięcie, czyszczenie, spawanie, malowanie i montażu) oraz porównano efektywność ekologiczną ze scenariuszem podstawowym oraz docelowym w firmie produkującej kotły centralnego ogrzewania. Takie podejście zapewniło ekonomiczną i środowiskową ocenę wydajności opartą na połączeniu metod: analizy przepływu materiału (MFA), oceny cyklu życia (LCA) i rachunkowości kosztów przepływu materiału (MFCA). Wyniki badań [2-3] stanowią pierwszy krok do rozpoczęcia badań w kierunku osiągnięcia zrównoważonego rozwoju, począwszy od minimalizacji odpadów, poprzez redukcję śladu ekologicznego i zapobieganie zanieczyszczeniom środowiska, projektowanie technologii ukierunkowanej na bardziej oszczędne i zrównoważone w procesach przemysłowych, tj. systemów odzyskiwania energii i poprawa efektywności energetycznej w zakładach przemysłowych. Wraz z rozwojem wiedzy na temat najlepszych praktyk doskonalenia technologii produkcji należało spodziewać się w przyszłości inicjatyw i metod oceny technologii i procesów produkcyjnych [4-5] w kontekście zrównoważonego rozwoju. Powyższe prace [2-3] stały się punktem zapalnym do szerszej analizy na temat technologii produkcji oraz procesów wytwarzania, opisanych w pracy [4] oraz zastosowania coraz bardziej zawansowanych metod oceny technologii i procesów produkcyjnych [4-7] w analizowanym przedsiębiorstwie przemysłowym.

Zastosowanie w artykule [4] zintegrowanej metody oceny TOPSIS/AHP miało na celu zapewnienie porównywalnych wyników przy wyborze alternatywnych technologii poprawy aspektu środowiskowego dla procesu malowania. Prezentowana metoda koncentruje się na problemie oceny wariantów usprawnień technologicznych możliwych do zastosowania w analizowanym procesie. W pracy dokonano wyboru wariantu technologicznego dla danego procesu na podstawie ośmiu kryteriów, zaliczanych do grupy kryteriów o charakterze środowiskowym.

Zintegrowana metoda, oparta na wsparciu decyzyjnym zapewnia przejrzyste wszystkim interesariuszom dokonanie oceny i wyboru najbardziej odpowiedniego wariantu w aspekcie poprawy środowiska, w odniesieniu do określonego zestawu rozważanych kryteriów środowiskowych. Zaproponowane zintegrowane podejście może zostać wykorzystane do skoncentrowania się na szczegółowej diagnozie każdego procesu technologicznego, a nawet systemu produkcyjnego.

Wyniki pokazały, że najbardziej optymalną spośród trzech rozważanych wariantów było zastosowanie instalacji wyposażonej w odzysk ciepła do ogrzewania powietrza nawiewanego w kabinie lakierniczej do malowania natryskowego, suszenia lakierowanych detali oraz wyposażenie kabiny w maty filtracyjne. Chociaż zaprezentowane metody są dobrze znane i stosowane niezależnie, nowością tej pracy było ich zintegrowanie poprzez zastosowanie oceny kryteriów wag z uwzględnieniem opinii ekspertów.

Kolejny krok w realizacji koncepcji ZR stanowi opracowanie [5], w którym zaprezentowano podejście wielokryterialne do oceny zrównoważonego rozwoju procesów produkcyjnych (cięcia, czyszczenia, spawania, malowania i montażu). Na wstępie rozważań na temat metod oceny zwrócono uwagę na lukę badawczą, jaką był brak ustrukturyzowanej metody oceny procesów produkcyjnych i technologii na rzecz zrównoważonego rozwoju. W niniejszej pracy użyto metodę AHP do określenia współczynników wag oraz skali Likerta do oceny stopnia zrównoważenia procesów w kontekście wymiaru technicznego, środowiskowego, ekonomicznego i społecznego. Ocenę przeprowadzono dla

dwóch scenariuszy: stanu istniejącego oraz docelowego z uwzględnieniem zaproponowanych usprawnień technologicznych.

Rozszerzoną wersję badań zaprezentowano w pracy [6], gdzie metodę AHP uzupełniono o średnią geometryczną w celu uzyskania oceny każdego procesu uwzględniając kryteria oceny w aspekcie czterech wymiarów zrównoważonego rozwoju. Wynikiem obu prac [5-6], a zarazem nowością było zaproponowanie metody oceny uwzględniającej, poza trzema podstawowymi wymiarami zrównoważonego rozwoju - techniczną stroną procesów. Za istotne uznano, że struktura zaproponowanej metody i zastosowanie kryteriów oceny są możliwe do zastosowania w różnych gałęziach przemysłu.

Rozpatrując zaawansowane metody do oceny stopnia poprawy procesów produkcyjnych pod kątem zmniejszenia negatywnego wpływu procesów na środowisko dla rozważanej uprzednio firmy przemysłowej opracowano autorską metodę "Quick-Green-Scan" [7]. W niniejszej pracy [7] dokonano oceny na podstawie wskaźników opartych na ocenie cyklu życia oraz liczbach rozmytych. Kryteria oceny oraz wskaźniki zostały tak dobrane, żeby uwzględniały obecny stan technologii w rozważanym przedsiębiorstwie. Na wstępie rozważań zwrócono uwagę na negatywny wizerunek sektora przemysłowego i powody dokonania takiej oceny. Zaproponowana metodologia przedstawiła odpowiedzi na pytania: (1) w jaki sposób dokonać oceny usprawnień procesów w celu zapewnienia porównywalności wyników; (2) w jaki sposób zintegrować wskaźniki cyklu życia procesów z zagadnieniem liczb rozmytych; (3) czy działania przedsiębiorstwa w wyniku zastosowanych usprawnień technologicznych przyczyniają się do zrównoważenia procesów, utrzymania status quo lub odchodzenia od oczekiwanego rezultatu. Przedstawiony scenariusz docelowy uwzględniający zmiany technologiczne został oparty na koncepcji zwiększenia efektywności wykorzystania energii, materiałów i powiązanych technologii produkcyjnych w celu poprawy jakości procesów środowiskowych. W tym celu podjęto próbę wyodrębnienia wymiarów oceny (odpowiedzialność środowiskowa oraz możliwości społeczno-ekonomiczne), w ramach których zdefiniowano kryteria, a następnie dokonano ich oceny z uwzględnieniem opinii ekspertów. Wyniki badań pokazały, iż przedsiębiorstwo kreuje działania prośrodowiskowe, osiągając tzw. „zielone wyniki” poprzez zastosowanie usprawnień technologicznych w ramach istniejących procesów. W dużej mierze działania te oparte były na zastosowaniu energooszczędnych technologii określając dla nich efekt w postaci łącznej redukcji kosztów wynikających z wdrożenia tych usprawnień.

Wyniki pokazały, iż próby usprawnienia technologii w analizowanych procesach ukierunkowane były w dużej mierze na zwiększenie efektywności energetycznej oraz zmniejszenie negatywnego działania emisji CO₂ na środowisko i zdrowie ludzkie. Zastosowana metodologia miałaby służyć celom praktycznym jako narzędzie analizy porównawczej, nie tylko w branży grzewczej, ale także przy porównywaniu wyników przedsiębiorstw w innych sektorach produkcyjnych. „Bycie ekologicznym przedsiębiorstwem” to kierunek dalszych badań na rzecz zrównoważonej energii.

Przyjmując, że zużycie energii jest ważną charakterystyką (czynnikiem) procesów produkcyjnych oraz siłą napędową zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw, o istotnym znaczeniu dla rozwoju gospodarki, w pracy [8] zostały opisane wyniki audytów energetycznych w amerykańskich przedsiębiorstwach przemysłowych jako przykład dobrych praktyk w zakresie poprawy efektywności energetycznej. Praca miała na celu podniesienie świadomości polskiego kierownictwa w kwestiach energetycznych w celu pokonania barier i wdrożenia inicjatyw w zakresie efektywności energetycznej, podkreślając, że energia jest ważnym zasobem i siłą napędową zrównoważonego rozwoju każdej gospodarki.

Z kolei role, wielowymiarowość i umiejscowienie audytu energetycznego w strukturze systemu zarządzania energią realizowanego w ramach amerykańskiego programu Industrial Assessment Center na tle typowych, najczęściej powtarzających się zaleceń poaudytowych zaprezentowano w pracy [9], natomiast korzyści energetyczne i pozaenergetyczne wynikające z poprawy efektywności

energetycznej sprecyzowanych na przykładzie działań energooszczędnych w obiektach przemysłowych opisuje artykuł [10]. Wyniki prac [9-10], oprócz możliwości redukcji zużycia energii w prezentowanych przypadkach, wskazują na istotne aspekty audytu energetycznego. Kilka omówionych przykładów, reprezentujących różne profile produkcyjne i procesy konwersji energii, wskazało na możliwość wpisania ich do wspólnego zestawu procedur kontroli, które tworzą ogólną strukturę audytu energetycznego. Wyniki pokazały, że audyty te mogą pomóc decydom w planowaniu strategicznym mającym na celu wdrożenie środków efektywności energetycznej. Jednakże niektóre niestandardowe rekomendacje poaudytowe wymagają dogłębnej wiedzy z różnych dziedzin, takich jak termodynamika, wymiana ciepła itp. Porównanie przedstawionych przykładów może być pomocne w tworzeniu zespołów audytów energetycznych, rozwijaniu umiejętności zawodowych oraz szacowaniu kosztów wyposażenia audytora w narzędzia i sprzęt audytowy.

Kontynuując pracę badawczą, w publikacji [11] dokonano oceny efektywności energetycznej zakładów przemysłowych z wykorzystaniem modelu Data Envelopment Analysis (DEA)-SBM. Zaletą tego podejścia w porównaniu z poprzednimi analizami przy wykorzystaniu narzędzia jakim jest audyt energetyczny było umożliwienie dokładniejszego określenia, które z proponowanych usprawnień są energooszczędne. Do badań wykorzystano dane z dwunastu obiektów przemysłowych uzyskanych w wyniku przeprowadzonych przez autora pracy audytów energetycznych. Upřednio w niniejszej ocenie zastosowano regresję wieloraką dokonując wyboru zmiennych na podstawie których zakłady zostały ocenione. W wyniku przeprowadzonych analiz, sześć zakładów przemysłowych wykazało 100% efektywność energetyczną. Dla firm produkcyjnych, wyniki niekoniecznie odzwierciedlają "prawdziwy potencjał", natomiast mogą odzwierciedlać wiedzę i doświadczenie audytorów energetycznych.. Dlatego wyniki tego badania wskazują na potrzebę gruntownych badań w zakresie rekomendacji poaudytowych mających na celu poprawę efektywności energetycznej. Przedstawione trzyetapowe podejście do oceny efektywności energetycznej w rozpatrywanych zakładach przemysłowych, choć wydaje się być elementarne, pokazuje możliwość ciągłej poprawy efektywności w zakresie zmniejszenia zapotrzebowania na energię, a zastosowane narzędzie może stać się użytecznym w połączeniu z innymi metodami przy podejmowaniu decyzji. Wyniki pokazały, iż największy potencjał poprawy efektywności energetycznej znajduje się w procesach pomocniczych oraz poszczególnych urządzeniach wchodzących w skład ciągu technologicznego.

Praca [12] jest kontynuacją badań opracowanych w artykule [11]. Różnica między niniejszym artykułem a wyżej wymienionym polega na klasyfikacji obiektów podlegających ocenie. Podczas gdy artykuł [11] uwzględnia ogólny wynik poszczególnych audytów, publikacja [12] omawia indywidualne możliwości poprawy. Artykuł [12] opisuje działania dotyczące poprawy efektywności energetycznej w procesach wytwórczych w kontekście pojedynczych usprawnień technologicznych. Zarekomendowane usprawnienia uznane zostały za uzasadnione biznesowo pod względem kosztowo-energetycznym na podstawie wyników audytów energetycznych (w ramach wcześniejszych badań prowadzonych przez autora). Do badań wykorzystano dane z dwunastu obiektów przemysłowych uzyskanych w wyniku przeprowadzonych przez autora pracy audytów energetycznych. W pracy zastosowano regresję wieloraką w celu wybrania zmiennych do oceny efektywności energetycznej. Zastosowanie modelu DEA-SBM umożliwiło dokładniejsze określenie, które z proponowanych usprawnień są energooszczędne. Ocenę badanych zakładów przemysłowych porównano z hipotetycznym stanem 100% efektywności w celu zintensyfikowania działań na rzecz dalszej poprawy efektywności energetycznej zakładów. Wyniki empiryczne pokazały, iż miarą efektywności energetycznej jest liczba i jakość danych wejściowych i wyjściowych wykorzystanych w badaniu. Dodanie większej ilości danych wejściowych do modelu produkcyjnego poprawia dopasowanie modelu, a tym samym zmniejsza stopień niepewności wyników. Wyniki pokazały także konieczność pogłębianych prac w celu opracowania zestawu zmiennych wejściowych i wyjściowych, a także

sposobu wyboru zmiennych za pomocą metod analitycznych, które pozwolą na dostarczenie miarodajnej i wiarygodnej metody oceny.

W efekcie kontynuowania badań w opracowaniu [13] przedstawiono holistyczne podejście do oceny efektywności energetycznej systemów produkcyjnych na poziomie zakładu przemysłowego jako elementu zrównoważonego rozwoju uwzględniającej aspekt środowiskowo-ekonomiczny. Badania przeprowadzono dla zakładów przemysłowych, dla których dane zostały zebrane w wyniku audytów energetycznych przeprowadzonych przez habilitantkę. Ocena została przeprowadzona przy użyciu kompleksowej metodologii: eLCA-LCC-SLCA + DEA- SBM, która wykorzystuje podejście oparte na cyklu życia produktu oraz metody badania efektywności technicznej. Wyniki pokazały, iż dla scenariusza docelowego, dziewięć z dwunastu zakładów przemysłowych jest w stanie skutecznie ograniczyć zapotrzebowanie na energię, minimalizując niekorzystny wpływ na środowisko naturalne poprzez redukcję emisji CO₂, a jednocześnie przynosząc korzyści ekonomiczne. Chociaż wyniki pokazały potencjał oszczędności, to w dalszym ciągu istnieją możliwości redukcji zapotrzebowania na energię przy jednoczesnym rozwoju możliwości produkcyjnych. Wysokie starty energii w omawianych procesach były spowodowane wysokim zapotrzebowaniem na energię z uwagi np. na ogrzewanie w chłodnym klimacie, infrastruktura energetyczna.

Badania zostały przeprowadzone jako odpowiedź na brak metod badawczych w ocenie zarządzania gospodarką energetyczną w praktyce przemysłowej. W tym przypadku, zastawianie metod naukowych miało to na celu wzmocnienie tradycyjnych metod oceny technologii i zakładów przemysłowych w praktyce gospodarczej.

Następnym etapem moich badań było opracowanie koncepcji metody oceny strategicznej technologii. W pracy [14] podjęto próbę zdefiniowania kryteriów oceny, a następnie dokonano oceny wykorzystując studium przypadku w procesie galwanizacji. Ocenę przeprowadzono dla technologii kogeneracji, skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej. Rozwój tej technologii jest jednym z głównych celów w Unii Europejskiej. Praca podkreśla znaczenie technologii poprzez jej ocenę strategiczną z punktu widzenia pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa, a w długoterminowej perspektywie może ocenić także pozycję konkurencyjną gospodarki, co może wpłynąć na istotny spadek wykorzystania węgla oraz ograniczenia emisji dwutlenku węgla w produkcji energii w niektórych branżach. Istotnym elementem badań w zakresie strategicznej oceny technologii efektywnej energetycznie było zastosowanie "scentralizowanego", tzw. makro-poziomowego podejścia, które mogłoby być stosowane w obszarze energetycznym do oceny różnych opcji energetycznych w procesie transformacji w kierunku zrównoważonej energii (zrównoważonego gospodarowania energią).

Z kolei w pracy [15] zaprezentowano metodę oceny technologii produkcji w kontekście zrównoważonego rozwoju opartą o analizę cyklu życia produktu (LCA). Zastosowanie metodologii integrującej tradycyjne narzędzia oceny (w podziale na kategorie wpływu środowiskowego i społeczno- ekonomicznego) miało na celu weryfikację przydatności tego narzędzia do dostarczania decydom informacji o procesach oraz przyspieszenia podejmowania strategicznych decyzji w zakresie inwestycji w technologie, co z kolei ma istotny wpływ na osiągnięcie wyników w zakresie zrównoważonego rozwoju.

Następnym etapem moich badań było opracowanie metody oceny trafności wskaźników efektywności energetycznej będących potencjalnym narzędziem oceny projektów energetycznych ukierunkowanych na ograniczenie zużycia energii. Analizie poddano pięćdziesiąt dwa zakłady przemysłowe o różnym profilu operacyjnym. Inspiracją do podjęcia niniejszych badań była kontynuacja metody oceny stopnia zrównoważenia procesów produkcyjnych w kontekście poprawy efektywności energetycznej. Wyniki pokazały, że coraz więcej projektów energetycznych realizowanych w przedsiębiorstwach oczekuje poprawy efektywności energetycznej poprzez zastosowanie zestawu wskaźników efektywności w celu dostarczenia decydom niezbędnych

narzędzi umożliwiających tworzenie planów oszczędnościowych pod kątem efektywnego wykorzystania energii oraz wspierających ocenę cyklu życia projektów.

W pracy [16] dokonano przeglądu literatury dotyczącej wskaźników LCA mających wpływ na projekty energetyczne, w której uwypuklono znaczenie wskaźnika energetycznego w ramach LCA. Do analizy trafności wybranych uprzednio wskaźników przy pomocy metody AHP użyto regresji wielorakiej. Analiza została przeprowadzona przy użyciu danych pochodzących z pięćdziesięciu dwóch zakładach produkcyjnych o różnym profilu działania. Wskaźniki te reprezentowały charakterystyki energetyczne technologii ukierunkowane na podniesienie efektywności energetycznej zakładów przemysłowych.

Wynikiem zastosowanej metody jest zestaw wskaźników efektywności opartych o analizę LCA mających na celu dostarczenie decydom niezbędnymi narzędzi umożliwiających tworzenie planów oszczędnościowych pod kątem efektywnego wykorzystania energii oraz wspierających ocenę cyklu życia projektów. Wskaźniki te, w zależności od specyfiki projektów energetycznych i rodzaju zastosowanych usprawnień technologicznych mogą być wykorzystywane do oceny trafności poprzez porównanie/analizę poszczególnych ich wartości. Wskaźniki mogłyby służyć jako próbka reprezentacyjna w całej populacji projektów energetycznych.

Nieco inne spojrzenie mające na celu pogłębioną ocenę procesu galwanizacyjnego opartej na analizie egzoergicznej przedstawiono w pracy [17]. Energooszczędne inicjatywy obejmowały poprawę parametrów energetycznych na poziomie systemu. Zobowiązanie do zwiększenia efektywności energetycznej i zmniejszenia emisji NO było impulsem do zmniejszenia zapotrzebowania na energię o 23%. Efekt redukcji zapotrzebowania na energię doprowadził do jednoczesnego zmniejszenia całkowitej emisji spalin o 96%. Wyniki pokazały, iż konieczne są coraz większe wysiłki związane z "wyjściem poza standardowe rozwiązania zapewniające zmniejszenie zużycia energii" czy wdrażanie nowych technologii (na przykładzie spalania bezpłomieniowego). Ma to na celu zwiększenie efektywności energetycznej w praktyce przemysłowej, natomiast audyt energetyczny, może być narzędziem do podejmowania decyzji inwestycyjnych, które w krótkim okresie mogą się przynieść oczekiwany zwrot z inwestycji.

Nowe spojrzenie na metodę oceny zakładów i ich technologii omówiono na przykładzie biogazowni [18]. Dynamiczna metoda łącząca aspekt środowiskowy i ekonomiczny oparta została na ocenie cyklu życia energii (eLCA) z uwzględnieniem analiz termodynamicznych będących podstawą rekomendacji usprawniających istniejący proces w zakładzie. Zaproponowane rozwiązania miały za zadanie zwiększenie efektywności energetycznej zakładu, uczynienie jej obiektem energooszczędnym, co w konsekwencji przyczyniło się do ochrony środowiska naturalnego. W wyniku zastosowanych usprawnień uzyskano 20% redukcji ciepła w porównaniu do systemu bazowego. Zaproponowana metoda pozwala decydom oceniać swoje procesy w kontekście optymalizacji zużycia energii i ograniczenia emisji dwutlenku węgla, skupiając się na osiągnięciu zrównoważonego rozwoju w kontekście środowiskowym.

Z kolei niestandardowe podejście do oceny technologii zastosowano w pracy [19] wykorzystując wskaźniki oparte o ocenę cyklu życia technologii dla systemu kogeneracyjnego w kontekście zrównoważonego rozwoju. W praktyce typowe metody oceny technologii i procesów obejmują analizę wielokryterialną z uwzględnieniem wiedzy ekspertów. W pracy zaprezentowano trzy scenariusze w celu dokonania wyboru optymalnego rozwiązania dla technologii CHP, który wpływa na efektywność całej gospodarki energetycznej przedsiębiorstwa. W ocenie technologii nie wykorzystano wiedzy ekspertów, lecz skupiono się na projektowanych wskaźnikach zrównoważonego rozwoju, dostarczających jasnych informacji na temat skali wpływu technologii na wyniki środowiskowe, ekonomiczne i społeczne w zakładzie produkującym tarcicę drzewną. Wyniki badań dla każdego scenariusza proponowanego rozwiązania CHP przedstawiono graficznie z uwzględnieniem wymiarów zrównoważonego rozwoju.

Dalszym kierunkiem moich badań było opracowanie zintegrowanej metody oceny zrównoważonej gospodarki energetycznej uwzględniającej wymiar środowiskowy, ekonomiczny i społeczny na przykładzie zakładów przemysłowych rozpatrywanych w kontekście systemów produkcyjnych. Przedstawiona w pracy [20] zintegrowana metoda łączy metodę optymalizacji zużycia energii i oceny zrównoważonego rozwoju systemów produkcyjnych w dwunastu przedsiębiorstwach. W artykule zastosowano podejście obejmujące analizę cyklu życia energii (eLCA), analizę cyklu życia (LCC), analizę cyklu życia społecznego (LCSA) oraz metodę DEA do oceny efektywności technologicznej zastosowanych technologii. Dodatkowym celem artykułu było określenie relacji między wymiarami zrównoważonego rozwoju a efektywnością energetyczną, która nie była wystarczająco analizowana w dostępnej literaturze w danym temacie, stąd zjawisko to było rozpatrywane w kontekście luki badawczej.

Ogólne wyniki w osiąganiu zrównoważonej gospodarki energetycznej pokazują, że poprawa efektywności energetycznej systemów produkcyjnych przyczynia się w znacznym stopniu do poprawy bilansu energetycznego zakładach przemysłowych poprzez redukcję ilości wykorzystywanej energii ograniczenie emisji CO₂. W badaniu stwierdzono, że istnieje związek między wymiarem środowiskowym i ekonomicznym, a osiągnięte wyniki z oceny miały wpływ na wydajność systemów produkcyjnych. Niestety, wyniki w aspekcie wymiaru społecznego pokazały nieistotny wpływ na stopień zrównoważonej gospodarki energetycznej i w dalszym ciągu wymagają pogłębionych analiz. Ponadto subiektywny charakter zastosowanych metod opartych na LCA został zrekompensowany przez zastosowanie normalizacji. Wyniki pokazały także, iż zrównoważona energia jest motorem efektywności, postępu społecznego, wzrostu gospodarczego i zrównoważenia środowiskowego. Ponadto, zaproponowana metoda oceny stopnia zrównoważenia systemów produkcyjnych w kontekście efektywności energetycznej może służyć jako alternatywne narzędzie wspierające podejmowanie decyzji na podstawie audytów energetycznych. Wyniki były podstawą dalszej oceny w kontekście oceny zarządzania zrównoważoną gospodarką energetyczną. Wykorzystanie metody przez decydentów w praktyce przemysłowej może wpłynąć na krajowe instrumenty polityki środowiskowej na poziomie strategicznym.

Ewolucja koncepcji „Energy Sustainability” dostarczyła informacji o potencjalnym znaczeniu oceny w sektorze przemysłowym. W związku z tym w artykule [21] podjęto próbę opracowania metodologii mającej na celu dokonanie kompleksowej oceny mającej pomoc decydentom w formułowaniu strategii przyszłych działań i inicjatyw energetycznych na poziomie przedsiębiorstwa. Integralną częścią niniejszej koncepcji bazującej na cyklu zarządzania zrównoważoną gospodarką energetyczną jest ocena procesów w kontekście możliwości optymalizacji energii. Na przykładzie zakładu mleczarskiego zweryfikowano zastosowanie metody opisanej w artykule [20]. Wyniki osiągnięto przy użyciu zagregowanego indeksu, oddzielnie dla każdego wymiaru zrównoważonego rozwoju, wizualizując je na schemacie trzywymiarowej koncepcji cyklu zrównoważonej gospodarki energetycznej.

Przedstawiona metoda oceny przyczynia się do „zrównoważenia energetycznego” zakładu przy jednoczesnym przyjęciu holistycznego ujęcia problemu jak i w ujęciu poszczególnych jego wymiarów. Charakterystyczną cechą prezentowanej metody jest pokazanie przepływu energii w procesach wymagających usprawnienia technologicznego.

Ogólny sposób wykorzystania osiągniętych wyników badań

Opracowane w dotychczasowych pracach oraz zaprezentowane w monografii wyniki badań przyczyniły się do opracowania metody oceny, którą można wykorzystać m.in w podanym poniżej zakresie:

- oceny procesów produkcyjnych oraz technologii w zakładach przemysłowych w sektorze MŚP,

- wspomaganie podejmowania decyzji w zakresie inwestycji w technologie energetyczne ukierunkowane na zrównoważony rozwój,
- opracowania procedury włączenia metody oceny do praktyki przemysłowej (dla przedsiębiorstw przemysłowych) jako alternatywnego rozwiązania dla audytów energetycznych.

Oprócz udziału w akademickim dyskursie na temat efektywności energetycznej i zrównoważonej gospodarki energetycznej, wyniki badań sugerują pewne implikacje dla menedżerów i decydentów. Opracowana metodyka badań oceny stopnia zrównoważenia gospodarki energetycznej w zakładach przemysłowych realizowanych częściowo w ramach projektu międzynarodowego oraz grantu dziekańskiego, nr 504/02536/1103/42.000100 może przyczynić się do rozwoju sektora produkcyjnego wpisując się w koncepcję zrównoważonego rozwoju poprzez zastosowanie zintegrowanego podejścia uwzględniającego metody optymalizacji efektywności energetycznej oraz metody oceny technologii (w tym technologii energetycznych). Wdrożenie zintegrowanej oceny opartej na cyklu życia może pozwolić MŚP na:

- optymalizację procesów (udoskonalenie, inwestycje optymalizację efektywności energetycznej) z zachowaniem równowagi celów (inicjatyw) środowiskowych, ekonomicznych i społecznych,
- optymalizację procesu zarządzania energią w połączeniu z wiedzą na temat procesów,
- stymulowanie adaptacji energooszczędnych technologii,
- kontrola i monitoring emisji gazów cieplarnianych,
- promowanie postaw prośrodowiskowych.

Wyniki przeprowadzonych badań dają możliwość:

- weryfikacji dotychczasowego podejścia do oceny procesów na większej próbie badawczej,
- włączenie metody oceny do praktyki przemysłowej, dla przedsiębiorstw nie objętych regulacjami prawnymi z zakresie przeprowadzenia regularnych audytów energetycznych,
- wykorzystania wyników w procesie kształtowania polityki energetycznej na poziomie przedsiębiorstwa ze względu na ograniczenia metod opartych o cykl życia produktu,
- wykorzystania podejścia do opracowywania polityki rozwoju gospodarki energetycznej wpisując niniejsze podejście w strukturę strategii,
- pogłębionych analiz związanych z identyfikacją wskaźników społecznych w celu oceny wpływu procesów, technologii na społeczny wymiar zrównoważonego rozwoju,
- rozszerzenia wymiarów zrównoważonego rozwoju w zakresie zagadnień związanych z energią, np. techniczne, bezpieczeństwa, instytucjonalne lub inne względy funkcjonalne (niezawodność itp.) oraz badanie związków zachodzących między nimi. Najważniejszym aspektem jest zapewnienie kompromisu i zmaksymalizowanie synergii między tymi wymiarami,
- przeprowadzenia dalszych badania w kontekście uwzględnienia ryzyka w analizach energetycznych i ich ocenie.

Implikacje naukowe oraz dla praktyki gospodarczej zostały opisane w rozdziałach 7.2 i 7.3 monografii.

W efekcie metodyka oceny sprowadza się do oceny czynników i parametrów określających zakres wprowadzanych zmian w analizowanych technologiach, procesach produkcyjnych mających największe znaczenie dla funkcjonowania „gospodarki energetycznej” przedsiębiorstwa. Rozwiązanie

takie pozwala dokonać wyboru wariantu, który przy założonych ograniczeniach i przyjętych warunkach (uzależnione od kondycji przedsiębiorstwa), przyczyni się do uzyskania korzyści ekonomiczno-społecznych oraz środowiskowych.

Opracowana metoda ma nie tylko znaczenie teoretyczne, ale również praktyczne, gdyż umożliwia wykorzystanie modelu do konkretnych problemów decyzyjnych, przez co decydenci i potencjalni inwestorzy mogą uzyskać możliwe i dopuszczalne warianty scenariuszy wprowadzania zmian technologicznych.

Główne osiągnięcia naukowo-badawcze i kierunki dalszych prac

Będąca efektem badań opracowana metoda oceny – obejmująca zagadnienia z zakresu energetyki, inżynierii produkcji, zorientowane na zrównoważony rozwój – wychodzi naprzeciw potrzebom doskonalenia procesów realizowanych w przedsiębiorstwach przemysłowych. Zastosowanie funkcji egzergii w analizie i ocenie technologii energetycznych oraz procesów wytwarzania pogłębia jej znajomość tak dla analiz teoretycznych, jak i zastosowań praktycznych zarówno w projektowaniu procesów, jak i w badaniach urządzeń cieplnych, mechanicznych czy elektrycznych.

Proponowana ocena stopnia zrównoważenia energetycznego procesów produkcyjnych ma charakter utylitarny. Z naukowego punktu widzenia może stanowić interdyscyplinarne narzędzie kształtowania aspektów technicznych, ekonomicznych, środowiskowych oraz społecznych umożliwiające spójne zarządzanie energią i ich skutkami niezależnie od ich zakresu i obszaru i zapewniające osiągnięcie w procesie produkcyjnym zintegrowanych celów.

Wkład wniesiony przeze mnie do dyscypliny Inżynieria Produkcji to wykazanie, że dobór metod i narzędzi badawczych powinien uwzględniać nie tylko analizę i ocenę uwarunkowań środowiskowych, ekonomicznych i społecznych z zastosowaniem różnych podejść do rozwoju procesów produkcyjnych, ale również analizę uwarunkowań techniczno-eksploatacyjnych i termodynamicznych, oraz warunki infrastrukturalne analizowanych zakładów przemysłowych. Poza tym jest nim również wykazanie, że istotną kwestią jest prowadzenie wielowątkowego podejścia w badaniach systemów produkcyjnych w celu określania najlepszych rozwiązań pod względem zrównoważonego zarządzania gospodarką energetyczną przedsiębiorstw z sektora MŚP.

Analiza zagadnień przedstawionych w ramach mojego dorobku naukowego upoważnia do stwierdzenia, iż zasadne jest na ich bazie kontynuowanie badań dotyczących tej problematyki, w szczególności:

- analiza potrzeb i kierunków zmian w zakresie przemysłu 4.0,
- podjęcie prac związanych z rozszerzeniem metodyki o model symulacyjny w celu zbadania ryzyka towarzyszącego w procesie podejmowania decyzji Używając prostej symulacji Monte Carlo, model jest w stanie uwzględnić zmiany w otoczeniu gospodarczym (m.in. ceny energii i zapotrzebowanie na energię). Model ten powinien obejmować opracowanie wskaźników zrównoważonego rozwoju energetycznego oraz scenariusze przygotowane w sposób umożliwiający dalsze optymalizowanie systemów produkcyjnych,
- pogłębiania analiza związana z badaniem relacji między wymiarami zrównoważonego rozwoju w ujęciu energetycznym,
- większy nacisk na identyfikację wskaźników społecznych w celu oceny wpływu produkcji na społeczny wymiar zrównoważonego rozwoju.
- zapewnienie rozszerzenia wymiarów zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do kwestii związanych z energią, np. względy techniczne, bezpieczeństwa, instytucjonalne lub inne

funkcjonalne (trwałość, niezawodność itp.) poprzez ustanowienie standardowych danych opartych na LCA dotyczących energii w celu porównania różnych obiektów przemysłowych.

- potrzeba kompleksowych metod zajmujących się wszystkimi istotnymi niepewnościami związanymi z podejściem opartym na cyklu życia poprzez integrację czynników ryzyka przy określaniu technicznej, ekonomicznej wykonalności inicjatyw energetycznych z wykorzystaniem skali priorytetowej Ryzyko może mieć również wpływ na zdrowie ludzkie i środowisko.

Szczegółowe kierunki działań zostały opisane w rozdziale 7.3 monografii.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych

Wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych zamieszczono w załączniku 3.

5.1 Działalność naukowo – badawcza, dydaktyczna i organizacyjna prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Po zakończeniu studiów wyższych podjęłam dalszą edukację na studiach doktoranckich, prowadzonych na Wydziale Inżynierii Produkcji (dalej: Wydział), na kierunku **Budowa i Eksploatacja Maszyn**. W pierwszych latach studiów doktoranckich podstawowym obszarem moich zainteresowań naukowych była analiza przywództwa w ośrodkach akademickich przy użyciu innowacyjnej metody Credograf, jak również próba oceny użyteczności wspomnianej metody.

Projekt realizowany był w 2008 r. we współpracy z Malmo, a wyniki zostały zaprezentowane w książce pt. ” Intercultural Leadership in national and multinational companies” (2008).

W 2009 roku Wydział podpisał porozumienie o współpracy z Norwegian University of Science and Technology, FSS//2009/II/D5/W/0042. W ramach projektu badawczo-naukowego pt. „Uniwersytecki transfer technologii i przedsiębiorczości dla realizacji strategii zrównoważonego rozwoju. Edukacja, kultura, budowa zdolności oraz wdrożenia oparte na doświadczeniach norweskich”, moja rola wspólnie z zespołem sprowadzała się do zaproponowania tematyki case study oraz opracowania wyników badań w postaci modułów edukacyjnych, które następnie zostaną zaimplementowane na Wydziale. Założenia projektu miały na celu poprawę jakości kształcenia na wszystkich stopniach: I, II i III, zarówno opracowane i wdrożenie nowych modułów edukacyjnych związanych z transferem technologii i innowacyjnością, a także opracowanie nowej metodyki kształcenia.

W dalszych pracach swoją uwagę skupiłam na komercjalizacji technologii zorientowanych na zrównoważony rozwój. W 2009 roku w ramach konkursu ogłoszonego przez Europejski Fundusz Społeczny projekt „Mazowieckie Stypendium Doktoranckie” realizowany w ramach Działania 2.6 „Regionalne strategie innowacyjne i transfer wiedzy”, II Priorytetu Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego otrzymałam stypendium na realizację badań w zakresie komercjalizacji technologii zorientowanych na zrównoważony rozwój. W swojej pracy, opracowałam wstępny model komercjalizacji technologii do praktyki gospodarczej, integrujący wymiar środowiskowy, społeczny i ekonomiczny. Swoją uwagę w szczególności skupiłam na opracowaniu procedur wspomagania procesu komercjalizacji technologii, będących rezultatem przepływu wyników badań naukowych do praktyki.

W roku 2011 otrzymałam kolejne roczne stypendium dla doktorantów w ramach projektu „Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej” realizowanego przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej. W swojej pracy rozpoczęłam prace dotyczące budowy

modelu systemu zarządzania zorientowanego na zrównoważony rozwój. Efekty pracy zostały zaprezentowane podczas warsztatów letnich organizowanych (poster) przez PW w Będlewie koło Poznania w 2011 r. Mój poster został wyróżniony i nagrodzony jako najlepszy poster w danej kategorii podczas tych warsztatów.

W tym samym czasie w ramach pracy statutowej (1103/D0019) pod kierunkiem prof. J. Bagińskiego prowadziłam wspólne prace nad rozwojem modelu systemu zarządzania zrównoważonym rozwojem w przedsiębiorstwie. W efekcie opracowano i przygotowano publikację:

Kluczek, A. Bagiński J., *Jakość w zrównoważonym rozwoju przedsiębiorstwa*, Model systemu zarządzania zrównoważonym rozwojem w przedsiębiorstwie, pp. 89-114, 978-83-930-699-1-0, Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Poligraficznego, 2, 430, 2, 2012,

a wyniki zaprezentowano podczas konferencji międzynarodowej:

Kluczek A., Bagiński J., "The Management and Engineering Model for Sustainable Development in an organization", *International Conference on Design and Modeling in Science, Education, and Technology: DeMSET*, pp. 302-305, International Conference on Education, Informatics, and Cybernetics: ICEIC 2011 And International Conference on Information and Communication Technologies and Applications ICTA 2011, 2011.

Wyniki pozostałej działalności naukowej (prac zrealizowanych podczas studiów doktoranckich) zostały przedstawione w formie publikacji:

- 1) Kluczek A. Czynniki kształtujące motywację własną innowatora, *Problemy Jakości*, 7, ISSN 0137-8651, pp. 11-15, lipiec 2011.
- 2) Kluczek A., "Komercjalizacja technologii dla zrównoważonego rozwoju", *Przegląd Techniczny, wkładka: Inżynieria Jakości*, polski, 0137-8783, pp. 2-4, listopad, 24/2009.
- 3) Kluczek A., Babuśka Ł., Rozwiązywanie problemów w motoryzacji, *Przegląd Techniczny, wkładka: Inżynieria Jakości*, polski, 0137-8783, pp. 7-8, listopad, 24/2009.
- 4) Kluczek A., Babuśka Ł., Innowacje w organizacjach sieciowych, *Przegląd Techniczny, wkładka: Inżynieria Jakości*, 0137-8783, pp. 5-6, listopad, 24/2009.
- 5) Kluczek A., *Instytucjonalne aspekty rozwoju sektora B+R w Polsce. Od gospodarki imitacyjnej do innowacyjnej*, Komercjalizacja technologii jako instrument wsparcia rozwoju gospodarczego, pp. 130-142, 978-83-7431-274-5, Wydawnictwo Uniwersytetu Białostockiego, 2011.

Uczestniczyłam także w innych konferencjach krajowych branżowych w zakresie jakości, tj:

Kluczek A., Bagiński J.: Virtualness Organizations, materiały pokonferencyjne, IV International Conference on Advances in Production Engineering, Warszawa 2007.

W czasie studiów doktoranckich obszar moich zainteresowań naukowych, dotyczących dotychczas wyłącznie komercjalizacji technologii zorientowanych na zrównoważony rozwój, rozszerzył się o zagadnienia oceny technik wytwarzania, wytyczone zakresem podjętych studiów doktoranckich. Były one próbą oceny oddziaływania procesów na środowisko i aspekty ekonomiczno-społeczne w ramach realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju.

W efekcie powyższych badań i prac, na początku 2012 r. rozpoczęłam realizację pracy doktorskiej pt. „Wpływ technik wytwarzania zorientowanych na zrównoważony rozwój w przedsiębiorstwie

produkującym urządzenia grzewcze. Promotorem pracy doktorskiej był Pan prof. dr hab. inż. Władysław Włosiński. Z uwagi na dynamiczny rozwój odnawialnych źródeł energii i technologii spalania biomasy, w swojej pracy doktorskiej, zajmowałam się oceną wprowadzenia usprawnień technologicznych do procesów technologicznych na przykładzie zakładów produkujących kotły do spalania paliw stałych i biomasy, przy zachowaniu dbałości o aspekty środowiskowe i ekonomiczno-społeczne.

Podsumowaniem prowadzonych prac naukowo-badawczych była praca doktorska, napisana w języku angielskim, obroniona w marcu 2013 roku. Stopień doktora nauk technicznych nadany mi został na posiedzeniu Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej w dniu 23 kwietnia 2013 roku. Wyniki zrealizowanych w tym czasie prac zostały przedstawione w artykule:

Kluczek A., Włosiński W., *The role of manufacturing techniques in enterprises producing heating devices in the context of sustainable development*. Management and Production Engineering Review 4 (1), 2013, 30-38.

W ramach działalności dydaktycznej, a zarazem naukowej w 2009 r. zostałam zaproszona do udziału w „Międzynarodowym Projekcie Sieci Edukacji Innowacyjnej Przedsiębiorczości Akademickiej”, której celem było uruchomienie pilotażowych zajęć dydaktycznych z zakresu innowacyjnej przedsiębiorczości, a w dalszej perspektywie włączenie się w nurt współpracy międzynarodowej w ramach tworzonej z inicjatywy Komisji Europejskiej Sieci Wykładowców Przedsiębiorczości. Zajęcia zostały uruchomione przeze mnie w roku akademickim 2009/2010 z edycją na kolejne lata.

Opracowałam także nowe przedmioty fakultatywne dla siatki studiów I i II stopnia na Wydziale na kierunku Inżyniera Produkcji, Mechanika i Budowa Maszyn oraz Automatyka i Robotyka, tj. Zarządzanie zasobami ludzkimi (W, Ć) oraz Przedsiębiorczość Innowacyjna. Jak uruchomić własny biznes?”

W ramach działalności organizacyjnej w 2010 r. zostałam powołana do przeprowadzenia oceny funkcjonowania administracji Uczelni w kadencji 2008-2012 przeprowadzając audyty funkcjonowania administracji w dwóch placówkach: w Szkole Biznesu oraz Ośrodku Kształcenia na Odległość „OKNO”.

Dodatkowo podczas studiów doktoranckich prowadziłam zajęcia ćwiczeniowe z projektowania systemu zarządzania jakością w Uczelni Łazarskiego.

5.2 Działalność naukowo – badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w latach 2013-2018

Po obronie pracy doktorskiej moja uwaga skupiła się na problematyce efektywności energetycznej z uwzględnieniem aspektów zrównoważonego rozwoju w zakładach przemysłowych. Mając na uwadze złożoność problemu oraz interdyscyplinarne podejście rozpoczęłam prace w kierunku efektywności energetycznej jako elementu koncepcji zrównoważonego rozwoju.

W latach 2013-2014 odbyłam roczny staż podoktorski na University of Michigan w ramach programu Fundacji Dekaban. Jako Visiting Assistant Research Scientist przez pierwsze 3 miesiące uczestniczyłam w inicjatywach naukowych organizowanych pod opieką profesora Lawrence'a Seiford'a z Wydziału Inżynierii Przemysłowej i Operacyjnej (Industrial Engineering and Operations). W między czasie moje badania naukowe zostały pogłębione o tematykę efektywności energetycznej. W styczniu 2014 r. zostałam zaproszona do udziału w projekcie realizowanym w ramach Industrial Assessment Center zlokalizowanym przy University of Michigan, College of Engineering, które stały

się podstawą moich dalszych badań w kierunku zrównoważonej energii / zrównoważonego gospodarowania energią.

Pod kierunkiem profesora Arvinda Atreya (z Wydziału Mechanicznego) uczestniczyłam w przeprowadzaniu audytów i opracowywaniu ekspertyz w zakresie efektywności energetycznej dla zakładów przemysłowych. Zalecenia poaudytowe dotyczące oszczędności energii i kosztów oraz możliwości minimalizacji odpadów, opierały się na obserwacjach i pomiarach przeprowadzonych z zespołem uniwersyteckim podczas jednodniowej wizyty w zakładzie. Jako członek zespołu Industrial Assessment Center (IAC) w UM moim zadaniem była identyfikacja możliwości poprawy efektywności energetycznej, dokonanie obliczeń zarekomendowanych usprawnień mających na celu ograniczenie zużycia energii i optymalizację kosztów operacyjnych zakładów. Tam, gdzie było to możliwe, razem z zespołem IAC omawialiśmy problemy produkcyjne z kierownikami zakładów lub personelem odpowiedzialnym za kwestie energetyczne w badanych obiektach.

Audyty w zakładach prowadzone były według wypracowanej procedury audytów opisanej w monografii habilitacyjnej (rozdział 6.1).

Doświadczenie w projekcie stały się inspiracją do podjęcia dalszych badań w zakresie oceny technologii energetycznych (grantu dziekański), a w dalszej perspektywie do wypracowania koncepcji zrównoważonej energii (Energy Sustainability) jako efekt zaawansowanych badań uwzględniających efektywną i zrównoważoną energetycznie produkcję.

W obszarze analiz energetycznych zwróciłam uwagę na brak metod oceny technologii energetycznych w aspekcie strategicznym, taktycznym i operacyjnym, w ramach których budowane są wskaźniki energetyczne i pozaenergetyczne (ekonomiczne, środowiskowe). Metody (np. audyty energetyczne), które mogłyby zostać zastosowane do oceny nie uwzględniały niepewności danych co ma wpływ na wielkość otrzymywanych wyników w zakresie efektywności. Niestety, brakowało odpowiedzi w jakim stopniu audyty energetyczne mogą spowodować zmiany w zachowaniach konsumenckich wpływających na racjonalizację podejmowanych przez nich decyzji odnośnie wyboru technologii. W jaki sposób powinna być dokonywana ocena efektywności zakładów przemysłowych oraz technologii stosowanych? Jakie czynniki, kryteria są brane pod uwagę przy ocenie efektywności rozwiązań technologicznych zaleconych podczas audytu energetycznego? Wykorzystanie naukowego podejścia do oceny technologii i procesów produkcyjnych pozwoliło na rozwiązanie kwestii niepewności w procesach decyzyjnych poprzez wyodrębnienie z zestawu badanych przedsiębiorstw (w ramach audytów), te technologie produkcyjne, które zostały potencjalnie uznane za efektywne energetycznie. Brakowało też badań, w jaki sposób technologie uznane za efektywne podczas przeglądu energetycznego zostaną ocenione na poziomie operacyjnym i strategicznym, jakie kryteria i wskaźniki powinny zostać uwzględnione przy wyborze najlepszego wariantu technologii. Dlatego też celowe stało się dokonanie oceny efektywności energetycznej technologii w ujęciu naukowym (przy pomocy metody DEA, regresji wielorakiej), a następnie opracowanie metody oceny technologii energetycznych w ujęciu strategicznym W ramach grantu dziekańskiego (pt. „Ocena technologii energetycznych o szerokim zakresie oddziaływania”), podjęto próbę weryfikacji aktualnej metody do oceny efektywności energetycznej rozwiązań uzasadnionych biznesowo (regresja wieloraka + DEA) dla 12 zakładów produkcyjnych skategoryzowanych wg zastosowanej technologii w oparciu o analizę przepływu energii i związanych z tym kosztów. Badanie te stały się podstawą do opracowania kryteriów oceny strategicznej technologii (ta część badań była prowadzona wspólnie z dr inż. Gładyszem w ramach niniejszego grantu).

5.3 Działalność dydaktyczna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w latach 2013-2018

Działalność dydaktyczną rozpoczęłam w październiku 2008 r. jako pracownik Instytutu Organizacji Systemów Produkcyjnych na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.

Początkowo moja praca dydaktyczna związana była z przedmiotami charakterystycznymi dla nowozatrudnionych tj. laboratoriami z podstaw informatyki. W efekcie rozwijania zainteresowań zawodowych, moja działalność dydaktyczna uległa znacznemu rozszerzeniu o aspekty związane z zarządzaniem jakością i zarządzanie projektami. W konsekwencji zdobytych przeze mnie kwalifikacji (studia podyplomowe²) moja działalność dydaktyczna po obronie pracy doktorskiej obejmuje prowadzenia zajęć w formie wykładów, ćwiczeń na Wydziale Inżynierii Produkcji na studiach stacjonarnych II stopnia na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, na specjalności Global Production Engineering and Management (GPEM) z następujących przedmiotów:

- Zarządzanie zasobami ludzkimi – ćwiczenia
- Quality Engineering & Management - ćwiczenia, projekt
- Zarządzanie projektami, innowacjami, technologią, tpp i PLC - ćwiczenia, projekt
- Project, Innovation, Technology, Engineering& PLC Management - wykład, ćwiczenia, projekt

Moim osiągnięciem dydaktycznym jest współautorskie opracowanie anglojęzycznego skryptu „**pt. Practical Approach to Project Management**”, ISBN 987-83-7814-535-6 do przedmiotu Project, Innovation, Technology, Engineering& PLC Management prowadzonego przez mnie na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, na specjalności Global Production Engineering and Management. Skrypt został wydany przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej w 2016 r.

Dążąc do podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych uczestniczyłam w wielu kursach i szkoleniach w krajowych ośrodkach szkoleniowych i naukowych (układ chronologiczny):

- 1) Akredytowane szkolenie Agile©PM Foundation, Inprogress, Warszawa 2018 r.
- 2) Szkolenie Menadżer ds. jakości TUV, TUV SUD, Warszawa 2018 r.
- 3) Szkolenie GMP+B4 - wymagania standardu w transporcie i spedycji kolejowej, SGS, Warszawa 2018 r.
- 4) Szkolenie Audytor Wewnętrzny Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności wg ISO 22000:2005, nr rej. 5447, Meritum Centrum Doskonalenia, Warszawa 2017 r.
- 5) Szkolenie Audytor Wewnętrzny Systemu Zarządzania Jakością wg ISO 9001:2015, Meritum Centrum Doskonalenia, 2017 r.
- 6) Szkolenie „Audytor Wewnętrzny Systemu Zarządzania Jakością zgodnego z wymaganiami ISO 9001:2015, DEKRA Polska, Warszawa 2016 r.
- 7) Akredytowane szkolenie PRINCE©Foundation, Inprogress, Warszawa 2015 r.
- 8) Szkolenie Audytor Wewnętrzny Systemu Bezpieczeństwa Informacji wg normy ISO 27001:2013,

² 1. Studia podyplomowe w zakresie Komerccjalizacji Nauki i Technologii „Manager Innowacyjności”, Wydział Zarządzania, Uniwersytet Łódzki, 2010.

2. Studia podyplomowe w zakresie „Zarządzanie jakością, środowiskiem, bezpieczeństwem i higieną pracy”, Wydział Inżynierii Produkcji PW, 2009.

Meritum Centrum Doskonalenia, Warszawa 2015 r.

5.4 Działalność organizacyjna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w latach 2013-2018

Po obronie pracy doktorskiej moja działalność organizacyjna obejmowała różne przedsięwzięcia:

- 1) Przygotowanie anglojęzycznej wersji strony internetowej Instytutu ISOP Wydziału Inżynierii Produkcji, 2015.
- 2) Opracowanie materiałów / informatora w języku angielskim dla kandydatów na studia pt. "Information on Global Production Engineering and Management (GPEM) Program" o studiach magisterskich na specjalności Global Production Engineering and Management (GPEM), sierpień 2015. Materiały dostępne także pod adresem: https://www.wip.pw.edu.pl/wipeng/content/download/359/2156/file/Global%20Production%20Engineering%20and%20Management_ver2.docx
- 3) Wprowadzanie danych do Repozytorium PW, 17.04.2013 r.- 30.09.2013 r.
- 4) Opieka nad studentami specjalności Global Production Engineering and Management (GPEM) na kierunku Zarządzanie i Inżynierii Produkcji, 02.10.2014 – 30.09.2016 r.
- 5) Pełnienie funkcji Sekretarza Komisji Egzaminów Dyplomowych, 01.10.2016 - 12.03.2018 r.

W latach 2014 - 2016 byłam członkiem Podkomisji ds. Młodych Pracowników PW przy Senackiej Komisji ds. Kadr. Moja działalność organizacyjna obejmowała również prace związane z artykułowaniem głosu środowiska akademickiego na rzecz zwiększenia zaangażowania środowiska młodych pracowników w życie Uczelni oraz pomoc młodym pracownikom w ich drodze zawodowej.

Obecnie (od 15.03.2018 r.) pełnię funkcję przewodniczącej komisji likwidacyjnej w Instytucie Organizacji Systemów Produkcyjnych Wydziału Inżynierii Produkcji.

5.5 Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych

Swoje wyniki badań zaprezentowałam podczas następujących konferencji naukowych:

Rok 2016

- 1) 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing, GCSM, 3-5 października 2016, Stellenbosch, RPA, referat: An overall multi-criteria approach to sustainability assessment of manufacturing processes
- 2) 11 Naukowa Konferencja "Oszczędność i efektywność" – współczesne rozwiązania w logistyce, Będlewo koło Poznania, 16-18 listopada 2016; referat: Industrial plants performance evaluation using dynamic DEA

Rok 2017

- 1) 24th International Conference on Production Research, ICPR 2017, Poznań, 30 lipca – 3 sierpnia 2017 r.; referat: A environmental sustainability assessment of energy efficiency for production systems. Podczas niniejszej konferencji pełniłam funkcję przewodniczącej podczas sesji plenarnej pod tytułem: Sustainable Manufacturing
- 2) I Kongres Technology Assessment w ujęciu teoretycznym i praktycznym (1st Congress of Technology Assessment in Theoretical and Practical Approach, Rybnik-Kamień, 24-25 marca 2017 r.; referat: A Conceptual Framework for Sustainability Assessment for Technology

- 3) 15th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 25-27 wrzesień 2017 r., Heifa, Izrael; referat: Dynamic energy LCA-based assessment approach to evaluate energy intensity and related impact for the biogas CHP plant as the basis of the environmental view of sustainability
- 4) Szymczyk J., Kluczek A., XIII Research & Development in Power Engineering Conference, RDPE 2017, Warszawa, 28.11 - 01.12.2017 r.; tytuł referatu: Increasing energy efficiency of hot-dip galvanizing plant and reducing its environmental harm

Rok 2018

- 1) XV International Conference on Multidisciplinary Aspects of Production Engineering MAPE 2018, 5-8 sierpnia 2018 r., Zawiercie; referat: Unstandardized LCA-based technology sustainability assessment for alternative energy scenarios for cogeneration system
- 2) Performance Measurement and Management in a Globally Networked World (PMA2018); referat: Three-dimensional framework for energy sustainability performance measurement using fuzzy life cycle energy-objective led indicators, Warszawa 26 września 2018 r.

Rok 2019

- 1) International Conference on Innovative Applied Energy (IAPE`2019), 14-15.03.2019 r., Oxford; referat: Design for the three-pronged energy sustainability: a research challenge

5.6 Otrzymane nagrody i wyróżnienia

- 2017 – List gratulacyjny za osiągnięcia naukowe w latach 2015-2016 wydane przez Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji PW
- 2017 – Nagroda indywidualna I stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia naukowe w latach 2015-2016.
- 2019 – Złożony wniosek o nagrodę indywidualną I stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia naukowe w latach 2017-2018. Oficjalne wyniki konkursu będą znane w czerwcu 2019 r.

5.7 Uczestnictwo w programach europejskich i krajowych projektach badawczych

- 1) Międzynarodowy projekt realizowany w ramach Industrial Assessment Center przy University of Michigan będący częścią krajowego programu U.S. Department of Energy Office. Projekt realizowany w ramach rocznego stażu post-doktorskiego w latach 2013-2014 - wykonawca projektu.
- 2) Grant na pracę statutową pt. „Ocena technologii energetycznych o szerokim zakresie oddziaływania”; nr 504/02536/1103/42.000100; kierownik projektu dr inż. Aldona Kluczek. Grant realizowany w okresie kwiecień 2016 – styczeń 2017 r.

5.8 Udział w komitetach redakcyjnych czasopism

Członek komitetu redakcyjnego International Journal of Advanced Engineering Research and Applications (od maja 2016 r.).

5.9 Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach i stowarzyszeniach

Naukowcach

Członek Polskiego Towarzystwo Oceny Technologii: PTOT (od marca 2018 r.)

5.10 Opieka naukowa nad studentami

Podczas mojej pracy dydaktycznej (od października 2014 r.) byłam opiekunem 11 prac przejściowych i 17 dyplomowych zarówno no studiach I i II stopnia. Wykonałam 16 recenzji prac dyplomowych (w tym inżynierskich i magisterskich), zarówno w języku polskim jak i angielskim. W chwili obecnej jest opiekunem 8 prac dyplomowych i 5 prac przejściowych.

5.11 Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

Roczny staż podoktorski w ramach Fundacji Dekaban Fellow w University of Michigan, College of Engineering, Department of Industrial and Operations Engineering, Ann Arbor, w latach 01.10.2013-30.09.2014.

5.12 Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych (z listy A (JCR):

- 1) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF = 2,075) – tytuł artykułu: Building Criteria for Evaluating Green Project Management: An Integrated Approach of DEMATEL and ANP - Manuscript No.: sustainability-187671 – 24.04.2017
- 2) **Journal of Cleaner Production** (40 pkt MNiSW, IF = 5,651) – tytuł artykułu: Energy performance evaluation of implementing EnMS(ISO 50001) based on fuzzy comprehensive evaluation in power generation industry Manuscript JCLEPRO-D-17-02480 – 26.06.2017
- 3) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF = 2,075) - the title of article: The influence of green external involvement on firm performance: Does firm size matter? - Manuscript No. - Sustainability-200521 – 26.07.2017
- 4) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF=2,075) – tytuł artykułu: The Role of Sustainable Investment in Climate Policy – manuscript No. sustainability-241035 - 5.11.2017
- 5) **Journal of Operations and Production Management** (40 pkt MNiSW, IF = 4.21) - tytuł artykułu: Comprehensive Performance Measurement Systems Design and Strategic Consequences -Manuscript No. IJOPM-07-2017-0412 – 13.07.2017
- 6) **Resources, Conservation & Recycling** (35 points, IF = 5,120) - tytuł artykułu: Actions to reduce the CO2 emissions and energy consumption of continuous processes through maintenance strategies in a paper mill - Manuscript No: RECYCL-D-18-00068- 08.02.2018
- 7) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF = 2,075) – tytuł artykułu: Green Entrepreneurship: A Methodology for Analysing Sustainability in Energy Scenarios – Manuscript No. sustainability-217218 – 14.02.2018
- 8) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF = 2,075) - tytuł artykułu: Identification and Alignment of the Social Aspects of Sustainable Manufacturing with the Theory of Motivation – Manuscript no. sustainability-277439 – 25.02.2018
- 9) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF = 2,075) - tytuł artykułu: Addressing organisational pressures as drivers towards sustainability in manufacturing projects and project management methodologies - Manuscript No. sustainability-296220 – 15-05-2018
- 10) **Sustainability** (20 pkt MNiSW, IF = 2,075) - tytuł artykułu: Modeling Enablers of Environmentally Conscious Manufacturing Strategy: An Integrated Method- Manuscript No: sustainability-312740 – 31.05.2018

- 11) **International Journal of Production Economics** (40 pkt MNiSW, IF = 4,407) tytuł artykułu: Economic Design of Double Sampling $\{\{C\}_{pm}\}$ Control Chart for Monitoring Process Capability- Manuscript No. IJPE-D-18-00143R2 – 30.07.2018

Podsumowując, w wyniku prowadzonych przez mnie prac naukowo-badawczych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, powstał dorobek naukowy przedstawiony w tabeli 2.

Tabela 2. Dorobek naukowy

l.p.	Kryterium według §3 p.4, §4 i §5	TAK (liczba)/BRAK
1.	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	TAK (7)
2.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	BRAK
3.	Udzielone patenty: a) międzynarodowe b) krajowe	a) BRAK b) BRAK
4.	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach	BRAK
5.	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	TAK (13)
6.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	TAK (21)
7.	Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania:	TAK (30,425)
8.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) i Scopus: wg analizy sporządzonej przez Bibliotekę PW (stan na 26.03.2019 r.) Od tego czasu liczba cytowań wzrosła.	TAK (42); (56)
9.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS); Scopus wg analizy sporządzonej przez Bibliotekę PW (stan na 26.03.2019 r.)	TAK (3); (4)
10.A	Kierowanie projektami badawczymi: a) międzynarodowymi b) krajowymi	a) BRAK b) TAK (1)
10.B	Udział w projektach badawczych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) TAK (1) b) TAK (1)
11.	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	TAK (1) + 1 w oczekiwaniu
12.	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach a) międzynarodowych b) krajowych	a) TAK (5) b) TAK (4)
13.	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	TAK (1)
14.	Aktywny udział w konferencjach naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) TAK (5) b) TAK (5)
15.	Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	a) TAK(1) b) TAK (1)
16.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	TAK (1)
17.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	TAK (1) w połączeniu z 10B a)
18.	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z:	

	a) naukowcami z innych ośrodków polskich, b) naukowcami z ośrodków zagranicznych, c) przedsiębiorcami, innymi niż wymienione wyżej	a) BRAK b) BRAK c) BRAK
19.	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	TAK (1)
20.A	Członkostwo w międzynarodowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru	a) BRAK b) BRAK
20.B	Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru	a) TAK (1) b) TAK (1)
21.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	TAK (1) skrypt
22.	Opieka naukowa nad studentami	TAK (29) + bieżąca (13)
23.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze: a) opiekuna naukowego b) promotora pomocniczego	a) BRAK b) BRAK
24.	Staże w ośrodkach naukowych lub akademickich a) zagranicznych b) krajowych	a) TAK (1) b) BRAK
25.	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	TAK (20) w połączeniu z pkt 6
26.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	BRAK
27.	Recenzowanie projektów: a) międzynarodowych b) krajowych	a) BRAK b) BRAK
28.	Recenzowanie publikacji w czasopismach: a) międzynarodowych b) krajowych	a) TAK (11) b) BRAK
29.	Inne osiągnięcia /recenzowanie referatów konferencyjnych/ zapraszone wykłady	BRAK
	Łącznie liczba spełnionych kryteriów:	22

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo – badawczych, popularyzatorskich, dydaktycznych i organizacyjnych opracowany na podstawie kryteriów zdefiniowanych w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011, art. 3, pkt 4 w obszarze nauk technicznych, art. 4 określający kryteria oceny w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych dla wszystkich obszarów wiedzy oraz art. 5 w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej we wszystkich obszarach wiedzy (Dz. U. nr 19, poz. 1165) znajduje się w Załączniku nr 3 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego.

.....
dr inż. Aldona Kluczek