Załącznik nr 4a

AUTOREFERAT

Załącznik do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk społecznych / nauki o zarządzaniu i jakości (w języku polskim)

dr inż. Mariusz Niekurzak

Kraków, maj 2023

Spis treści

1.	**Imię i nazwisko……..... 3**	
2.	**Posiadane dyplomy i stopnie naukowe……. 3**	
3.	**Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych…… 3**	
4.	**Omówienie osiągnięć, o których mowa w art.219 ust.1 pkt.2 Ustawy…… 3**	
4.1.	Tytuł osiągnięcia…….	3
4.2.	Wprowadzenie do istoty problemu badawczego – główne osiągnięcia naukowe……...	12
4.3.	Hipoteza, cele i metody badawcze……...	23
4.4.	Struktura i zawartość poszczególnych artykułów wraz z omówieniem uzyskanych wyników……..	29
4.5.	Wnioski i rekomendacje ……..	56
4.6.	Wkład w rozwój nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości……	60
5.	**Informacje o wykazaniu się istotną aktywnością naukową…… 62**	
5.1.	Obszar prowadzonych badań naukowych i omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych…….	62
5.2.	Dorobek naukowy w ujęciu ilościowym……..	68
5.3.	Udział w konferencjach naukowych i projektach badawczych……	70
5.4.	Nagrody naukowe……	70
5.5.	Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni…….	71
6.	**Informacja o osiągnieciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę……..... 75**	
6.1.	Osiągnięcia dydaktyczne…….	75
6.2.	Osiągnięcia organizacyjne i popularyzujące naukę…….	77

1. **Imię i nazwisko**

Mariusz Niekurzak

2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:**

- 2012 - dyplom doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria produkcji, nadany uchwałą Rady Wydziału Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z dnia 23 luty 2012.

  Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Zastosowanie metod symulacji do skrócenia cyklu walcowania taśm stalowych z wykorzystaniem modelu zużycia walców*"

  Promotor: dr hab. inż. Wiktor Kubiński, prof. AGH

- II. 2012 - świadectwo ukończenia 4-letnich stacjonarnych studiów doktoranckich w zakresie nauk technicznych - inżynieria materiałowa na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

- VI. 2008 - dyplom magistra inżyniera, uzyskany na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji w zakresie zarządzanie logistyczne na Wydziale Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

- V. 2003 - dyplom technik mechanik, Technikum Mechaniczne w Staszowie.

3. **Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:**

- 1.03.2012 - obecnie – adiunkt w Katedrze Informatyki Biznesowej i Inżynierii Zarządzania na Wydziale Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

- 1.10.2010 - 28.02.2012 – asystent w katedrze Badań Operacyjnych na Wydziale Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

4. **Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust.1 pkt.2 Ustawy:**

4.1. Tytuł osiągnięć naukowych

Do postępowania habilitacyjnego przedłożono cztery osiągnięcia naukowe. Osiągnięcia te podzielono tematycznie w ramach uzyskanych efektów naukowych w poszczególnych obszarach badawczych. Wykaz uzyskanych osiągnięć przedstawiono w jednotematycznym cyklu 12 publikacji [od H1 do H12], podzielonych tematycznie na cztery części, pod zbiorczym tytułem:

„Strategia zarządzania transformacją energetyczną lokalnych sektorów gospodarki"

Kluczowe cztery osiągnięcia naukowe z zakresu nauk o zarządzaniu i jakości w ramach prowadzonych badań nad transformacją energetyczną zostały przedstawione w częściach z numeracją: I, II, III i IV.

Część I. Wykorzystanie narzędzi z zakresu nauk o zarządzaniu i jakości <u>w energetyce zawodowej i prosumenckiej.</u>

Osiągnięcie naukowe pierwsze: opracowanie autorskiego modelu zarządzania w podejmowaniu decyzji dotyczących gospodarowania energią w ramach prognoz krótkoterminowych.

- **Energetyka zawodowa:**

[H1] Niekurzak M. (2022). Forecasting wind capacity using gauss regression models based on nuclear functions. *Rynek energii*, no 4, pp. 61-71.

CiteScore = 1,1 (2022); MEiN: 70
ISSN 1425-5960

[H2] Niekurzak M. (2023). The use of quantitative methods as measures for forecast electricity demand on the local market in a short time horizon. *Przegląd elektrotechniczny*, R. 99, no 3, pp. 86-93.

IF = 0,244 (2011); MEiN: 70
DOI:10.15199/48.2023.03.13

- **Energetyka prosumencka:**

[H3] Niekurzak M. (2021). The potential of using renewable energy sources in Poland taking into account the economic and ecological conditions. *Energies*, 14, 7525.

IF: 3,252 (2021); MEiN: 140
DOI: 10.3390/en14227525

[H4] Niekurzak M., Lewicki W., Brelik A. (2022). The challenges for social and economic policy related to the energy transformation - analysis of profitability and minimizing the risk of deciding to invest in a home micro-installation. *European Research Studies Journal*, vol. XXV, no 4, pp. 144-159.

IF = 1,57 (2021); MEiN: 100
DOI: 10.35808/ersj/3072

[H5] Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2021). Analysis of the return on investment in solar collectors on the example of a household: the case of Poland. *Frontiers in Energy Research*, vol. 9, no. 660140, pp. 1-12.

IF: 3,858 (2021); MEiN: 100
DOI: 10.3389/fenrg.2021.660140

Część II. Wykorzystanie narzędzi z zakresu nauk o zarządzaniu i jakości w rolnictwie.

Osiągnięcie naukowe drugie: opracowanie autorskiego zmodyfikowanego i zintegrowanego modelu zarządzania do oceny alokacji i poprawy wyników efektywności energetycznej w rolnictwie jako skutecznego narzędzia w kierunku zrównoważonej gospodarki.

[H6] Niekurzak M. (2021). Analiza możliwości rozwoju i wykorzystania potencjału biogazu rolniczego na cele energetyczne w Polsce. *Nauka – technika – technologia: seria wydawnicza AGH, T.2.* Wydawnictwa AGH, Kraków. ISBN: 978-83-66727-48-9. s. 135-148.

IF = brak; MEiN: 120
DOI: 10.7494/978-83-66727-48-9_9

[H7] Niekurzak M. (2021). Determining the unit values of the allocation of greenhouse gas emissions for the production of biofuels in the life cycle. *Energies,* 14, 8394.

IF: 3,252 (2021); MEiN: 140
DOI: 10.3390/en14248394

Część III. Wykorzystanie narzędzi z zakresu nauk o zarządzaniu i jakości w budownictwie.

Osiągnięcie naukowe trzecie: opracowanie autorskiego modelu holistycznego zarządzania wiedzą i środowiskiem w sektorze budownictwa w warunkach transformacji energetycznej.

[H8] Wróblewski P., Niekurzak M. (2022). Assessment of the possibility of using various types of renewable energy sources installations in single-family buildings as part of saving final energy consumption in Polish conditions. *Energies*, 15, 1329.

IF: 3,252 (2022); MEiN: 140
DOI: 10.3390/en15041329

[H9] Niekurzak M., Mikulik J. (2023). Business models in terms of the strategy for sustainable management in economic entities taking into account the energy transformation. *Energies*, 16(11),4281.

IF: 3,252 (2023); MEiN: 140
DOI: 10.3390/en16114281

Część IV. Wykorzystanie narzędzi z zakresu nauk o zarządzaniu i jakości w przemyśle.

Osiągnięcie naukowe czwarte: opracowanie autorskiego modelu, zbudowanego dla przedsiębiorstw branży hutniczej wspomagającego zarządzanie w obliczaniu zużycia

energii z podziałem na energię elektryczną i gaz ziemny oraz budowa algorytmu oceny ryzyka monitorowania źródeł emisji szkodliwych związków do atmosfery na przykładzie zakładu termicznego przekształcania odpadów.

[H10] Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2021). Production line modelling in accordance with the Industry 4.0 concept as an element of process management in the iron and steel industry. *Management and Production Engineering Review*, vol. 12 no. 4, pp. 3-12.

CiteScore = 2,3 (2021); MEiN: 70
DOI: 10.24425/mper.2021.139990

[H11] Niekurzak M., Mikulik J. (2021). Modeling of energy consumption and reduction of pollutant emissions in a walking beam furnace using the expert method – case study. *Energies*, 14, 8099.

IF: 3,252 (2021); MEiN: 140
DOI: 10.3390/en14238099

[H12] Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2019). Methods of limiting selected ecological risk types in the municipal waste incineration plant. *Managerial Economics*, vol. 20, no. 1, pp. 43-56.

IF = brak; MEiN: 40
DOI: 10.7494/manage.2019.20.1.43

Sumaryczny ***Impact Factor*** dla prac wymienionych w osiągnięciu naukowym wynosi: **21,932**, dla pozostałych czasopism nieposiadających IF wskaźnik ***CiteScore*** wynosi **3,4**. Łączna liczba punktów wg klasyfikacji ***MEiN*** wynosi: **1 270**.

Zarządzanie operacyjne wymaga podejmowania decyzji menedżerskich z uwzględnieniem bieżącej analizy i oceny stanu przedsiębiorstwa. Podejmowanie decyzji strategicznych odnośnie do kierunków rozwoju przedsiębiorstwa wymaga zastosowania metod i procedur prognostycznych, bowiem te decyzje odnoszą się do przewidywania jego stanu w określonej przyszłości.

Według wykazu MEiN dziesięć z dwunastu artykułów przypisanych jest do dyscypliny nauk o zarzadzaniu i jakości. Dwa artykuły [H1 i H2] zostały celowo zamieszczone przez autora w renomowanych branżowych periodykach energetycznych, chociaż według wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki wykraczają one poza ramy przedmiotowej dyscypliny. Autor publikując w nich artykuły przedstawia specjalistom branżowym metodykę, w jaki sposób można przy wykorzystaniu narzędzi i metod zakwalifikowanych do dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości rozwiązywać przez przedsiębiorstwa wybrane problemy dotyczące sposobów gospodarowania i zarządzania energią, w szerszym horyzoncie czasowym.

Doświadczenie autora związane z wykształceniem i prowadzeniem interdyscyplinarnych badań naukowych w ramach dziedzin nauk społecznych o zarządzaniu i jakości oraz nauk technicznych inżynierii produkcji zaowocowały przedstawieniem zbiorczego naukowego kompendium wiedzy łączącego obie te dyscypliny naukowe. Specjalistyczna wiedza dotycząca aspektów zarządzania i inżynierii umożliwiła autorowi zbudowanie skutecznych modeli do

podejmowania przez przedsiębiorstwa decyzji operacyjnych i strategicznych w ramach ich działań związanych z transformacją energetyczną.

Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego wraz z zakresem indywidualnego wkładu w ich powstanie oraz udziałem procentowym przedstawiono w Załączniku nr 5. Kopie prac, stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego wraz z oświadczeniami współautorów, określającymi indywidualny wkład każdego z nich w powstanie prac współautorskich, zawarto w Załączniku nr 7 (Oświadczania współautorów) oraz w Załączniku nr 6 (Kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe).

Przewodnik po artykułach ujętych w jednotematycznym cyklu

Celem artykułu [**H1**] było opracowanie i zbadanie metod prognostycznych pozwalających zwiększyć dokładność predykcji mocy elektrowni wiatrowej przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji. W opracowaniu zbadano potencjał różnych modeli regresji procesu Gaussa (GPR) opartych na funkcjach jądra. W szczególności zaproponowane modele dedykowane są do predykcji krótkoterminowej. Analiza opierała się na pracy 6 elektrowni wiatrowych zlokalizowanych na terenie Polski. Do szkolenia i testowania proponowanych modeli wybrano łącznie 120 zestawów danych wejściowych, a następnie zweryfikowano ich wpływ na zmianę dokładności wykonanych prognoz. W wyniku przeprowadzonych badań, zaproponowano i przetestowano różne struktury modeli prognostycznych, w celu wyboru najkorzystniejszego wariantu. Porównanie opracowanych modeli opartych na metodzie GPR - Regresji Procesu Gaussa wskazało, że modelem superlatywnym był model PUK - jądra uniwersalnego Pearsona. Wyniki prognozowania modelu GPR-PUK w postaci współczynników błędów, wykresów rozrzutu, tablic i wykresów Taylora okazały się najdokładniejsze i są zgodne z rzeczywistymi wartościami, co pozwoliło zweryfikować wykonalność i skuteczność zastosowania tego modelu do prognozowania mocy elektrowni wiatrowej.

Celem artykułu [**H2**] było zbudowanie modelu godzinowego systemu do krótkoterminowego prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną na lokalnym rynku obszaru Krakowa w latach 2019-2022 z uwzględnieniem metod ilościowych. Dokonano dekompozycji szeregu czasowego reprezentującego godzinowe ogólnosystemowe zapotrzebowanie na energię elektryczną. Wykonano wszechstronną analizę statystyczną danych w celu wyboru najlepszej metody optymalizacyjnej służącej do doboru optymalnych współczynników opracowanej metody szacowania jakości prognoz. Dodatkowo zaprezentowano wyniki eksperymentów numerycznych mających na celu ustalenie wpływu wartości parametru *y* na jakość prognoz dla różnych horyzontów prognoz oraz ustalono związki między liczbą danych historycznych, a jakością prognoz. Ze względu na okresowy charakter badanego szeregu czasowego została przeprowadzona szczegółowa analiza sezonowości oraz okresowości danego sygnału przy pomocy analizy spektralnej oraz autokorelacji. Analiza ta pozwoliła autorowi zbudować skuteczne narzędzie do dokładnego lokalnego prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną w horyzoncie czasowym „godzina przed dostawą". Na podstawie danych ze spółki dystrybucyjnej wykonano weryfikację zbudowanego systemu. Dokonana została również analiza zysków i strat po zastosowaniu wybranego modelu

prognostycznego. Zaproponowana koncepcja modelu jest skutecznym narzędziem analitycznym analizowanego problemu, które ułatwi operatorom spółek energetycznych, skuteczne wspomaganie podejmowanych decyzji w prognozowaniu zapotrzebowania na energię elektryczną.

Celem artykułu [**H3**] było przedstawienie zbiorczych wyników badań dotyczących zarządzania różnymi źródłami odnawialnymi w Polsce, mającymi największy potencjał rozwojowy. Metodyka badań opierała się na pojęciach dyskontowanych wpływów i wydatków określonych jako strumienie pieniądza - cash flows. W pracy określono i obliczono parametry różnych przedsięwzięć inwestycyjnych tj: wartość kapitałową netto (*NPV*), wewnętrzną stopę zwrotu (*IRR*) i okres zwrotu kapitału zainwestowanego (*PBT*). Uzupełnieniem wykonanej analizy wykorzystania technologii OZE była ocena korzyści ekologicznych. Przyjętym w pracy kryterium ekologicznym była ocena potencjału i kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastąpienia paliw kopalnych technologiami odnawialnych źródeł energii. Wykonane analizy i badania polskiego rynku energetycznego za pomocą prezentowanych modeli wykazały, że ich realizacja jest w pełni uzasadniona i pozwoli inwestorom podjąć racjonalną decyzję o właściwym doborze konkretnego OZE dla swojej inwestycji.

Celem artykułu [**H4**] była analiza opłacalności i minimalizacji ryzyka podjęcia decyzji o inwestycji w domową mikroinstalację PV. Szczególny nacisk położono na determinanty warunków brzegowych, przy których istnieje uzasadnienie inwestycyjne dla potencjalnych inwestorów do podejmowania decyzji biznesowych w zakresie realizacji projektu produkcji energii elektrycznej na własne potrzeby. Wykorzystane metody i narzędzia zarządzania pozwoliły obliczyć wartość rynkową inwestycji przy założonych kryteriach brzegowych oraz określić efektywność inwestycji. Badania przeprowadzono w okresie kwiecień-marzec 2021-2022, na testowej instalacji PV w gospodarstwie domowym. Podejście do badań empirycznych pozwoliło obliczyć faktyczną produktywność na podstawie rzeczywistych danych z instalacji PV. Uzyskane dane uwzględniały silnie skorelowane indywidualne warunki instalacji, które często są pomijane w literaturze. Uzyskanie tych danych pozwoliło wskazać kierunki usprawnień, które mogą przyczynić się do uzyskania bardziej wiarygodnej oceny rentowności badanych instalacji.

Celem artykułu [**H5**] było przedstawienie wyników zarządzania inwestycjami w kolektory słoneczne dla domów jednorodzinnych w Polsce. Badania zostały wykonane na podstawie uwarunkowań prawnych obowiązujących małe instalacje w świetle nowelizacji ustawy o OZE. Na podstawie skonstruowanego modelu zarządzania wykorzystanego do oceny rentowności inwestycji, polegającej na zwiększeniu powierzchni kolektorów słonecznych, wykazano, że eksploatacja instalacji przyniesie wymierne korzyści w postaci zmniejszenia ilości energii kupowanej rocznie, to jest 6 756 kWh oraz korzyści ekologiczne w postaci redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery w ilości 2,4-3,6 Mg rocznie. Uzyskane wyniki zostały uogólnione, co pozwoliło na ich wykorzystanie w procesie doboru rozmiaru powierzchni kolektora dla podobnych typów instalacji.

Celem artykułu [**H6**] była analiza zarzadzania bazą surowcową do pozyskiwania biogazu z bioodpadów oraz określenie wydajności biogazu rolniczego na cele energetyczne, na podstawie ogólnego bilansu masowego. Ważna pozycja rolnictwa w gospodarce powoduje, że

istotnym kierunkiem rozwoju odnawialnych źródeł energii jest pozyskiwanie i wykorzystanie biogazu i skuteczne nim zarządzanie. Dotychczasowe źródła biogazu (składowiska odpadów, oczyszczalnie ścieków, biogazownie rolnicze) stanowią jedynie niewielką część jego możliwości produkcyjnych. Obecnie biogaz można produkować w biogazowniach energetycznych wyłącznie z biomasy, np. kiszonki, kukurydzy czy zbóż. Na podstawie zgromadzonych danych i przyjętych założeń przeprowadzono obliczenia pozwalające oszacować potencjał energetyczny biogazu wyprodukowanego z surowców rolniczych z uwzględnieniem ogólnego bilansu masy. W celu określenia zapotrzebowania na substrat podstawowy, tj. kiszonkę kukurydzy zwyczajnej, wyznaczono: wymaganą dobową produkcję biogazu dla agregatu kogeneracyjnego o założonej mocy, produkcję dobową biogazu z gnojowicy z hodowli bydła, obliczono produkcję dobową biogazu z odpadów organicznych oraz oszacowano dobowe zapotrzebowanie na kiszonkę kukurydzy zwyczajnej i na tej podstawie określono areał uprawy. Produkcja biogazu na dużą skalę może zapewnić zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, zmniejszenie deficytu gazowego państwa, uniezależnienie się od importu gazu oraz wypełnienie zobowiązań unijnych dotyczących produkcji biopaliw i energii z OZE.

Celem artykułu [**H7**] była analiza zarządzania alokacjami oraz innymi czynnikami wpływającymi na wynik emisji gazów cieplarnianych dla biodiesla. Dzięki metodom zarządzania alokacjami, czyli rozdzielaniem całkowitej emisji gazów cieplarnianych pomiędzy każdym z produktów powstałych przy produkcji biopaliwa, możliwe jest ograniczenie emisji tych gazów nawet o 65%, w stosunku do produkcji i spalania paliw powstałych z ropy naftowej. W ramach pracy przeanalizowano proces zarządzania produkcją biodiesla pod kątem emisji gazów cieplarnianych (GHG). Na podstawie uzyskanych wyników zidentyfikowano kluczowe czynniki mające wpływ na poziom emisyjności procesu produkcji biodiesla. Dla oceny wrażliwości wyników przyjętej metody alokacji, w ramach pracy wykonano obliczenia emisji GHG przy przyjęciu metody alokacji na podstawie udziałów masowych, energetycznych oraz finansowych. W ramach badań przedstawiono osiągnięcia w zakresie zarządzania, które potencjalnie umożliwiają zrównoważoną transformację energetyczną, zieloną gospodarkę i neutralność węglową w sektorze biopaliw. Ponadto, w pracy wykazano, że zaproponowana technologia do produkcji biodiesla ma duże znaczenie dla zrównoważonego rozwoju. Możliwość wykorzystania do produkcji paliw surowców odnawialnych prowadzi do zmniejszenia zużycia kopalin i mniejszej emisyjności zanieczyszczeń. Istotną konkluzją badań jest to, że podczas spalania biodiesla ilość uwalnianych gazów ulega znacznej redukcji. Ponadto, stwierdzono, że biodiesel ulega 5-krotnie szybszej biodegradacji w środowisku niż olej napędowy.

Celem artykułu [**H8**] było opracowanie modelu zaopatrzenia w ciepło budynków o niemal zerowym zużyciu energii, ze wskazaniem istotnego znaczenia strat i zysków ciepła, w zarządzaniu instalacjami grzewczymi. W artykule przedstawiono założenia i wyniki analizy zarządzania instalacjami energetycznymi w budynkach mieszkalnych, wykorzystujących zasoby OZE, do bilansowania zużycia energii w różnych obszarach jej wykorzystania. Wykonano obliczenia wpływu zastosowania instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii na charakterystykę energetyczną budynku o różnej jakości przegród. W ramach badań dokonano walidacji modelu obliczeniowego zarzadzania obciążeniami cieplnymi w

budynkach, w oparciu o normę PN–EN ISO 52016-1:2017-09. Na podstawie tego modelu zaproponowano warunki obciążenia dla budynków nowej generacji oraz zarekomendowano źródła ciepła dla budynków energooszczędnych. Dzięki modelowi zarządczemu możliwa jest kontrola zysków i strat ciepła z instalacji wewnątrz i na zewnątrz powłoki izolacyjnej budynku. Ponadto, opracowanie obejmowało analizę cyklu życia budynku, który spełnia wszystkie wymagania wynikające z zasad projektowania budynków pod kątem bezpiecznego użytkowania oraz zasad budownictwa zrównoważonego. Metodyka zastosowana w pracy wykorzystuje różnorodne narzędzia badawcze, w tym analizę wielokryterialną, która pozwala na uwzględnienie zmieniających się warunków społeczno-gospodarczych w ocenie rozwoju zrównoważonych energetycznie budynków. Uzyskane wyniki wskazują na duże korzyści ekologiczne i pozwalają określić możliwości realizacji krajowych zadań w zakresie zmniejszenia końcowego zużycia energii oraz zwiększenia udziału OZE, w pokryciu jej zapotrzebowania. Dodatkowymi korzyściami są oszczędności oraz zwiększone bezpieczeństwo i komfort ich użytkowania. Ponadto wyniki badań pozwalają na wybór najkorzystniejszego z punktu widzenia opłacalności rozwiązania wymiany instalacji dla budynków mieszkalnych, a także pozwalają na określenie możliwości spełnienia krajowych zobowiązań w zakresie zmniejszenia zużycia energii finalnej oraz zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w zaspokojeniu jej zapotrzebowania, zgodnie z nałożonymi na Polskę zobowiązaniami unijnymi.

Celem artykułu [**H9**] było przedstawienie wyników badań dotyczących znaczenia zarządzania transformacją energetyczną w różnych sektorach gospodarczych. Rozważaniom poddano bariery oraz korzyści płynące z wdrożenia systemu zarządzania wiedzą i zarządzania środowiskiem w gospodarstwach domowych. Czynniki te są niezbędne do skutecznego planowania oraz prawidłowego ich funkcjonowania w ramach działań inwestycyjnych w odnawialne źródła energii. Wiedza staje się głównym i najbardziej dynamicznym czynnikiem odpowiedzialnym za rozwój danego przedsiębiorstwa, a z kolei zarządzanie środowiskiem zapewnia mu uzyskanie wysokiej efektywności produkcji, z poszanowaniem zasad i przepisów środowiskowych. W artykule przedstawiono wyniki dotyczące sposobu funkcjonowania przedsiębiorstw domowych opartych na wiedzy we współczesnych uwarunkowaniach charakteryzujących się ciągłymi zmianami otoczenia w ujęciu transformacji energetycznej. W ramach badań własnych zbudowano algorytm na podstawie którego określono istotne elementy strategii polityki energetycznej polskich przedsiębiorstw w różnych sektorach gospodarki. W ujęciu holistycznym zbudowano i poddano badaniom model funkcjonowania gospodarstw domowych opartych na wiedzy. Na jego podstawie zbudowano model biznesowy prosumenta/klienta, na przykładzie instalacji fotowoltaicznej. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem metod i narzędzi zarządzania i jakości. Metody te pozwoliły obliczyć wartość rynkową inwestycji przy założonych kryteriach brzegowych oraz określić jej efektywność. Badania przeprowadzono w latach 2020-2022 na przykładzie rzeczywistej instalacji PV. Zbudowany model biznesowy wykazał, że projekt jego wdrożenia jest w pełni uzasadniony i pozwoli inwestorom na podjęcie racjonalnej decyzji inwestycyjnej w różnych obszarach gospodarczych w ramach trwającej transformacji energetycznej.

Celem artykułu [**H10**] było opracowanie modelu zarządzania logistyką systemu na przykładzie walcowni taśm stalowych, walcowanych na gorąco. Uwzględniono podsystemy przepływu i składowania materiałów, na których przeprowadzono eksperymenty mające na

celu uzyskanie odpowiedzi, jak wdrożenie rozwiązania Przemysłu 4.0 wpłynie na poprawę efektywności, wydajności i zarządzania analizowaną linią produkcyjną oraz na obniżenie kosztów zużycia energii. Ponadto, przedstawiono obszary wdrożenia przedmiotowej koncepcji w oparciu o narzędzia zarządzania i na ich podstawie dokonano omówienia potencjalnych korzyści techniczno-zarządczych implementacji, w analizowanym przedsiębiorstwie. Skupiono uwagę na szansach rozwoju przedsiębiorstwa, które wprowadza nowoczesne rozwiązania techniczne. Prezentowane badania rozpowszechniają ideę zarządzania Przemysłem 4.0 w polskich przedsiębiorstwach energochłonnych z sektora przemysłu produkcyjnego.

Celem artykułu [**H11**] było zbudowanie modelu zarządzania zużyciem energii, z podziałem na energie: elektryczną oraz gaz ziemny dla pieca pokrocznego wykorzystywanego w hucie w zależności od długości realizowanej kampanii walcowniczej oraz ustalonego programu walcowania. Efektem końcowym pracy jest model zarządczy umożliwiający obliczanie kosztów energetycznych przerobu materiału w zależności od: gatunku stali i masy wlewka, czasu wygrzewania w piecu, grubości oraz szerokości pasma. Wyniki pracy mogą zostać szeroko wykorzystane w prowadzeniu projektów optymalizujących zużycie energii w walcowniach gorących. Algorytm ten jest podstawą opracowania propozycji zestawu minimalnych wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki środowiskowe dla zakładów hutniczych z uwzględnieniem wymagań określonych w krajowych przepisach prawnych oraz zaleceń opisanych w dokumentach referencyjnych. Informacje te powinny być brane pod uwagę podczas przygotowywania wniosku o wydanie pozwolenia zintegrowanego, a także przy ustaleniu wielkości dopuszczalnych emisji. Na podstawie skonstruowanego algorytmu, wykazano, że analizowane projekty zaczną przynosić, w zależności od ich rodzaju i specyfikacji technicznej, wymierne korzyści zarządcze w postaci zmniejszenia ilości energii zużywanej w ujęciu rocznym oraz korzyści środowiskowe w formie redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Skonstruowany algorytm zweryfikowany w warunkach rzeczywistych walcowni przyczyni się do wypełnienia zobowiązań energetycznych i emisyjnych wobec UE.

Celem artykułu [**H12**] było zaprezentowanie modelu zarządzania ryzykiem ekologicznym i jego monitorowanie na przykładzie spalarni odpadów komunalnych. W ramach badań wskazano na podstawowe różnice między ryzykiem ekologicznym, a ryzykiem środowiskowym, zbudowano algorytm do zarządzania i monitorowania ryzkiem ekologicznym. Ponadto za pomocą metody macierzowej, wagowej i FTA (Fault Tree Analysis) określono główne zagrożenia związane z ryzykiem ekologicznym i zaproponowano sposoby jego minimalizacji. Artykuł podejmuje problematykę systemów zarządzania środowiskowego, jako skutecznych instrumentów ograniczania ryzyka ekologicznego w przedsiębiorstwie. Przedstawiono w nim genezę pojęcia ryzyka i ryzyka ekologicznego koncentrując badania na procesie zarządzania tego typu ryzykiem w praktyce gospodarczej. Za praktyczny przykład wykorzystania systemu zarządzania środowiskowego do ograniczania ryzyka ekologicznego działalności posłużył zakład spalarni śmieci w Krakowie.

Kryterium, którym autor kierował się przy doborze czasopism do oceny dorobku naukowego, to przede wszystkim: ich rozpoznawalność publikacyjna. Na rynku krajowym są to czasopisma, np. „*Przegląd elektrotechniczny* - 1919 r”, *Hutnik* - 1929 r”, „*Energetyka* - 1947 r”, „*Rynek energii* – 1995 r”, „*Monografie AGH* - 1950 r”. Wśród czasopism zagranicznych koncentrowano się głównie na wyborze takich, które mają bardzo szeroki otwarty dostęp

dotarcia do jak największej liczby odbiorców oraz są rozpoznawalne i uznane w światowym środowisku naukowym, np. *Energies, Frontiers in Energy Research, Management and Production Engineering Review, Sustainability* itd. Dążąc do pozyskania szerokiej grupy odbiorców jedenaście z dwunastu artykułów napisano w języku angielskim. Osoba oceniana jest jedynym autorem pięciu artykułów, a w pozostałych autorem korespondencyjnym, na którym spoczywał główny obowiązek ustosunkowania się do uwag Recenzentów i wykonanie korekt tych artykułów. W ramach badań współautorskich oceniany był ich pomysłodawcą, opracowywał metodologię, koncepcję badań, budował modele i algorytmy oraz organizował dostęp do wszelkich materiałów badawczych. W każdym z artykułów, wchodzącym w skład osiągnięcia naukowego oceniany pełnił wiodącą rolę w sformułowaniu problemu badawczego, tworzeniu hipotez badawczych, przygotowywaniu i realizacji badań oraz analizie danych, wykonywaniu obliczeń i w opracowywaniu oraz interpretacji ich wyników. Ponadto oceniany przygotowywał manuskrypty oraz redagował i korygował ostateczne ich wersje. Publikacje współautorskie, które wykazano w osiągnięciach naukowych, opublikowano m.in. we współdziałaniu w ramach odbywanej współpracy naukowej z pracownikami: Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Uniwersytetu Szczecińskiego, Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki w Krakowie, Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Politechniki Krakowskiej, Politechniki Śląskiej w Katowicach, University of Ardahan, International Islamic University Malaysia, University of IT and Emerging Sciences Peshawar, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, jak również ze współpracownikami Uczelni macierzystej tj. Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zakres danych do artykułów badawczych pozyskano z zakładów zlokalizowanych na terenie miasta Krakowa: ArcelorMittal Poland S.A. Oddział Kraków, Walcownia Gorąca; Elektrociepłownia w Krakowie, PGE Energia Ciepła Oddział nr 1 w Krakowie; Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów w Krakowie oraz z prywatnych instalacji gospodarstw domowych na których przeprowadzano eksperymenty pomiarowe.

Przedłożony w postępowaniu habilitacyjnym cykl publikacji [H1-H12], zgodnie z wiedzą autora, jest kompleksowym opracowaniem naukowym określającym sposoby gospodarowania i zarządzania energią w różnych sektorach gospodarki z wyznaczaniem kierunków ich rozwoju w ramach transformacji energetycznej Polski i regionu. Decydentom, menadżerom operacyjnym przedsiębiorstw często brakuje kompleksowych narzędzi, modeli oraz wskaźników do opracowania praktycznego podejścia do skutecznego zarzadzania energią. W tym kontekście opracowano dla przedsiębiorstw i podmiotów prywatnych wiele modeli i algorytmów mających na celu poprawę aspektów środowiskowych i społeczno-zarządczych w odniesieniu do zużycia energii i redukcji negatywnego wpływu emisji CO_2 na środowisko.

4.2. Wprowadzenie do istoty problemu badawczego – główne osiągnięcia naukowe

Od początku drogi naukowej autor podjął się badań nad aspektami zarządzania i inżynierii produkcji w różnych sektorach gospodarki. Od 5 lat szczególne zainteresowania ukierunkowano w aspektach zarządzania rozwojem odnawialnych źródeł energii (OZE). Rozwój odnawialnych źródeł energii jest obecne celem priorytetowym polityki klimatycznej, energetycznej i ekologicznej Unii Europejskiej, co znajduje odzwierciedlenie w strategiach i

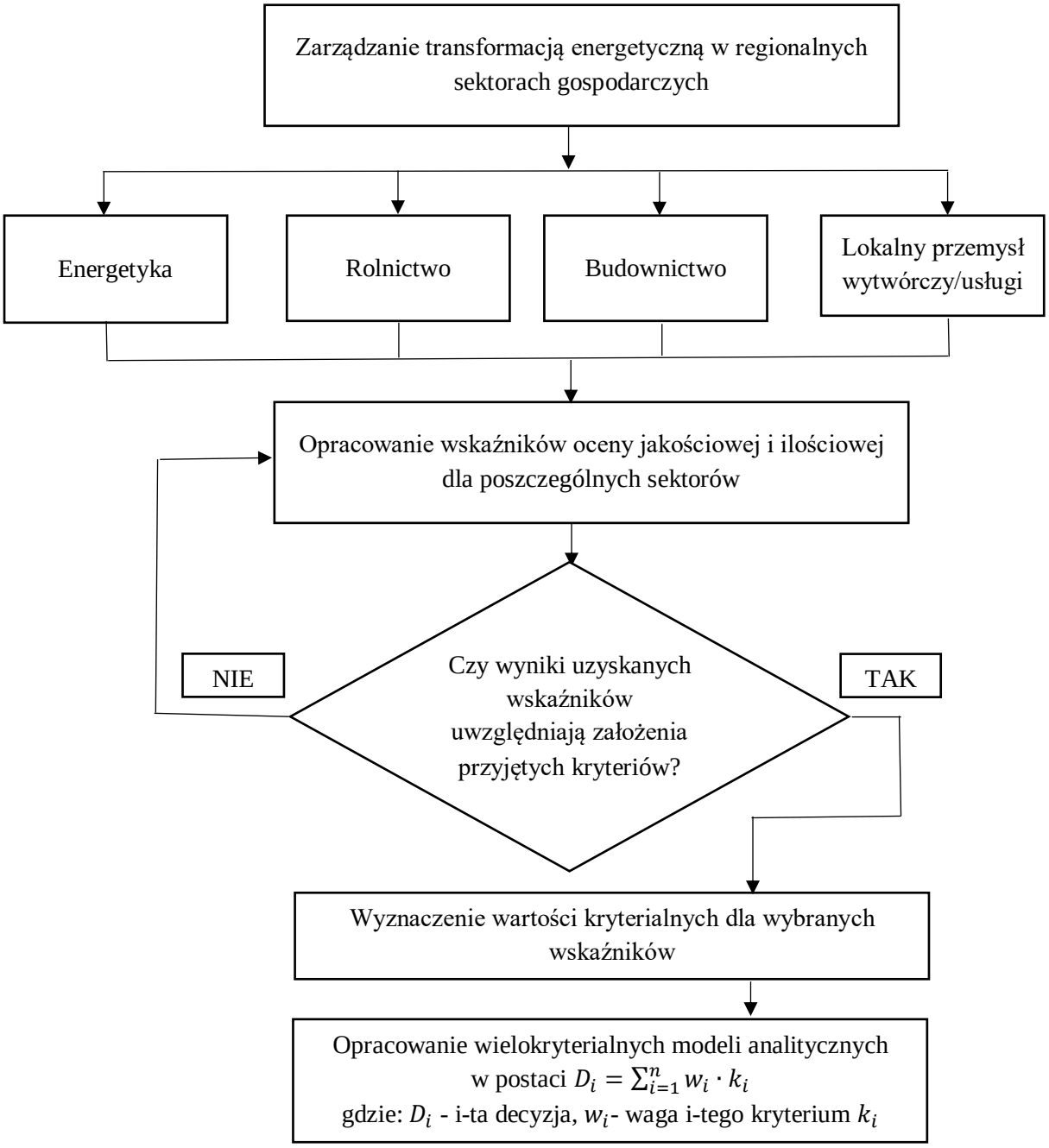
programach unijnych, a także rządowych. Zauważono liczne przesłanki skłaniające podmioty gospodarcze do zmiany sposobu zarządzania, w tym gospodarowania energią. Tymi przesłankami są: postępująca antropopresja, nadmierna eksploatacja zasobów przyrodniczych kosztem przyszłych pokoleń, wyczerpywanie się surowców kopalnych, wzrost kosztów inwestycyjnych budowy elektrowni konwencjonalnych, rosnące limity emisji zanieczyszczeń, rygorystyczne przepisy ochrony środowiska. Zmiany w procesie gospodarowania odzwierciedlają przekształcanie sposobu myślenia w gospodarowaniu energią i interpretacji zjawisk, które temu towarzyszą. Jako fundament nowego sposobu gospodarowania energią wskazywane są technologie pasywne, niskoemisyjne, energooszczędne i efektywne energetycznie takie jak odnawialne źródła energii.

Zanieczyszczenie środowiska oraz wyczerpywanie się zasobów paliw konwencjonalnych i fakt globalnego ocieplenia są jednymi z głównych problemów, przed jakimi stoi ludzkość w XXI wieku. Proces produkcji energii z paliw kopalnych w dużym stopniu jest odpowiedzialny za antropogeniczną emisję gazów cieplarnianych, kwaśne deszcze oraz inne, negatywne dla zdrowia i dla środowiska skutki. Paliwa kopalne były źródłem aż 83% energii zużytej w Polsce w 2022 roku. To wartość 5-krotnie większa niż wartość energii czerpanej z OZE. Stawia to Polskę na niechlubnym, pierwszym miejscu w Europie pod względem czerpania energii z paliw kopalnych. W efekcie energia elektryczna wytwarzana w Polsce jest też najbardziej „*zanieczyszczona*" w UE. Żeby wyprodukować 1 kWh energii, należy wyemitować 724 gramy CO_2, a więc 3 razy więcej niż wskazuje średnia europejska. Warto zwrócić uwagę, że w 2022 r. Polska była jednym z największych producentów węgla w Europie, co pociąga za sobą liczne negatywne skutki dla naszej planety, m.in. dziurę ozonową, zaburzenia równowagi życia biologicznego, zanieczyszczenie gleby i powietrza. To między innymi z tego powodu powietrze w Polsce jest jednym z najbardziej zanieczyszczonych w Europie. Według Raportu „*Czyste ciepło*" z 2020 roku opracowanego przez Ministerstwo Klimatu, kotły węglowe opalane paliwem stałym wciąż stanowią najczęstsze wykorzystywane źródło ciepła w Polsce i odpowiadają za ok. 42% pyłu zawieszonego. Ponadto, nadrzędnym celem UE jest wspólnotowe osiągnięcie do końca 2030 roku poziomu 32% energii ze źródeł odnawialnych i redukcji emisji gazów cieplarnianych z obecnego poziomu 40% do 55%. Aby w Polsce osiągnąć nałożone przez UE cele energetyczne i emisyjne konieczne jest uznanie za priorytet – „rozwój technologii OZE w ramach sektora energetycznego". Polska musi wkroczyć na ścieżkę „zielonej rewolucji", tj. transformacji energetycznej i jak najszybciej zacząć przebudowywać swoją gospodarkę i sektor energii w kierunku odnawialnych źródeł energii. Jest to podyktowane wypadkową szeregu czynników. Poza zobowiązaniami obligującymi Polskę w dalszym wzroście udziału OZE w końcowym zużyciu energii brutto, w ogólnej gospodarce UE to również należy zwiększyć efektywność energetyczną, poprzez oszczędność zużycia energii pierwotnej o 13,6 Mtoe, w porównaniu do prognozy zapotrzebowania na paliwa i energię z 2007 r. i dokonać kontrybucji w ogólnounijnej redukcji emisji gazów cieplarnianych o 20%. Ponadto, należy wziąć pod uwagę kwestię rekordowych cen uprawnień do emisji CO_2, które powinny zmienić podejście w zarzadzaniu produkcją energii. Jednym ze sposobów poprawy poziomu bezpieczeństwa energetycznego Polski i ograniczenia szkodliwego oddziaływania przedsiębiorstw na środowisko jest szersze wykorzystanie alternatywnych źródeł energii i to na poziomie regionalnym. Bez długofalowej polityki energetycznej, polską energetykę czeka dryf

i ryzyko nietrafionych ekonomicznie inwestycji w OZE. Stanowisko środowiska naukowego jest jednoznaczne – uniknięcie katastrofy klimatycznej możliwe jest tylko poprzez osiągnięcie globalnej neutralności klimatycznej, czyli równowagi pomiędzy emitowaniem oraz pochłanianiem gazów cieplarnianych. Konieczność wypełnienia Dyrektyw Unijnych i Narodowych Celów Wskaźnikowych (NCW) wymusza na Polsce zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Cel ten można osiągnąć przy wykorzystaniu różnych technologii różniących się pracochłonnością, wydajnością i jakością.

Tematyka podejmowanych w ramach działalności naukowej autora prac wnosi w jego opinii, zarówno w części teoretycznej, jak i empirycznej, istotny wkład w rozwój dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości. Z uwagi na wieloaspektowość problemów naukowych badania naukowe autora łączą zagadnienia z obszaru nauk: zarządzania procesami wytwarzania w różnych sektorach gospodarki oraz ochrony środowiska, energetyki, efektywności procesów wytwarzania i technologii, ich eksploatacji i organizacji. Problem badawczy koncentrował się na społeczno-zarządczych oraz gospodarczych aspektach związanych z powstawaniem szkodliwych emisji pyłów, gazów i możliwości przejścia transformacji energetycznej z uwzględnieniem źródeł energetyki odnawialnej w różnych obszarach gospodarczych. Efektem pośrednim niniejszej pracy była budowa strategii na rzecz zrównoważonej gospodarki. Na rysunku 1 przedstawiono opracowany przez autora ważony model decyzyjny zarządzania transformacją energetyczną na podstawie, którego realizowane były badania zmierzające do realizacji postawionego celu pracy w różnych obszarach gospodarczych.

Z przeglądu literatury wynika, iż pomimo jakości różnych badań w zakresie zarządzania transformacją energetyczną, naukowcy, jak dotąd nie przeprowadzili prac badawczych związanych z niesprawnością i nieefektywnością systemów gospodarczych w aspekcie zarządzania energią w całym łańcuchu produkcyjnym na tle konkretnych studiów przypadków przedsiębiorstw, jak również podmiotów prywatnych. Konsekwencją jest brak kompleksowych badań i synergii procesowej, które mogłyby zostać osiągnięte poprzez połączenie różnych aspektów i uwarunkowań środowiskowych i technologicznych, w tym ustalenie charakteru i natężenia powiązań między badanymi czynnikami. Pomimo szerokiego zakresu istniejącej wiedzy w każdym z wymienionych obszarów rozpatrywanym osobno, istnieje szereg problemów, których rozwiązywanie wymaga kompleksowego indywidualnego podejścia do oceny zrównoważonego zarządzania energią i wykorzystania komplementarnych metod badawczych. W tym kontekście opracowano dla każdego sektora gospodarki, tj. energetyki, rolnictwa, budownictwa i lokalnego przemysłu wiele metod i modeli mających na celu ocenę aspektów środowiskowych, społeczno-zarządczych w odniesieniu do skutecznego zarządzania zużyciem energią na rzecz ograniczania emisji zanieczyszczeń. Podstawą wnioskowania był opis stanu zjawisk gospodarczych i społecznych w ramach podejmowanej tematyki, w tym ustalenie charakteru i natężenia powiązań między badanymi czynnikami.



Rys. 1. Ważony model decyzyjny zarządzania transformacją energetyczną

Cykl 12 publikacji zawiera osiągnięcia naukowe zrealizowane dla każdego z czterech sektorów gospodarki w ramach trwającej transformacji energetycznej. Opracowane zintegrowane metody zarządcze oceny obejmują działania w systemach produkcyjnych i podmiotach prywatnych ukierunkowanych na minimalizację ich wpływu na środowisko, spełnienie oczekiwań społecznych, przy jednoczesnej maksymalizacji korzyści zarządczych. Wykaz czterech głównych osiągnięć naukowych będących przedmiotem wszczęcia postępowania habilitacyjnego autor przedstawia poniżej. Pozostałe, również istotne osiągnięcia naukowe opisane indywidualnie dla każdego sektora gospodarki przedstawiono w pkt. 4.4. autoreferatu.

Cztery główne osiągnięcia naukowe z zakresu nauk o zarządzaniu i jakości wraz z opisem budowy modeli w ramach prowadzonych badań nad transformacją energetyczną zamieszczono poniżej, w czterech częściach.

Część I. Osiągnięcie naukowe pierwsze z sektora „Energetyka"

Model decyzyjny został zbudowany dla elektrociepłowni na lokalnym rynku i dotyczy godzinowego prognozowania i zarządzania systemem zapotrzebowania na energię elektryczną. Zadaniem modelu jest wspomaganie decydentów w podejmowaniu decyzji dotyczących zarządzania energią w ramach prognoz krótkoterminowych. Model został zbudowany w odpowiedzi na potrzebę skutecznego zarządzania danym przedsiębiorstwem, zmniejszenia kosztów zakupu i sprzedaży energii elektrycznej w segmencie bilansującym. Dzięki rozwiązaniom sztucznej inteligencji zbudowano skuteczny model zarządczy, który pozwala uzyskać dokładne prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną w horyzoncie czasowym "godzina przed dostawą". Model zawiera nowatorskie narzędzie zaprojektowane przez autora z wykorzystaniem systemu ekspertowego i zasad logiki rozmytej do wspomagania decydentów w podejmowaniu decyzji o włączeniu lub wyłączeniu danej godziny do systemu bilansowania. Model ten analizuje błąd prognozy z godziny wcześniejszej oraz różnice między prognozą, a wartością rzeczywistą w dobie wcześniejszej. Na podstawie tych informacji ocenia ryzyko bilansowania wybranej godziny.

Budowa modelu decyzyjnego-zarządczego do bilansowania energii na rynku godzinowym w ramach prognozowania krótkoterminowego opierała się na 5 głównych etapach:

1. Obliczenie prognozy dla doby handlowej *n*.

   Na tym etapie należy wykonać prognozę zapotrzebowania na energię elektryczną dla każdej godziny następnej doby. W efekcie powstaje grafik zawierający 24 prognozy na każda godzinę. Grafik ten jest ważny dla doby handlowej *n-1*.

2. Obliczenie prognozy dla $y(t)^1$.

   W tym etapie należy obliczyć prognozę dla każdej kolejnej godziny doby *n*. Prognozę należy wykonać przy pomocy modelu SARIMA, który gwarantuje najmniejszy uzyskany błąd prognozy, a tym samym najbardziej odpowiada warunkom rzeczywistym. Następnie otrzymany wynik $y(t)^1$ należy porównać z uzyskana prognozą w etapie 1. Jeżeli zostało zamówione mniej energii niż wynika to z prognozy $y(t)^1$ należy przejść do kolejnego etapu 3, w przeciwnym razie należy kończyć dalsze wyliczanie, gdyż z prognozy wynika, że mamy za dużo energii.

3. Obliczanie błędu prognozy.

   W tym etapie należy wyliczyć moduł względnego błędu procentowego prognozy *X*. Jako wartość odniesienia przyjmujemy wynik prognozy modelu na godzinę do przodu $y(t)^1$.

$$X = \left|\frac{y(t)^1 - y(t)^{24}}{y(t)^1}\right| \cdot 100\% \qquad (1)$$

Jeżeli X jest mniejszy niż 1% kończymy dalsze wyliczenia, gdyż wynika z prognozy, że posiadamy bezpieczny bufor w pasie cenowym na rynku bilansującym. Jeżeli X jest większy należy przejść do czwartego etapu.

4. Wyliczenie brakującej energii $\Delta y(t)$ jaka jest niezbędna do zbilansowania godziny *t*.

W tym etapie model z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej podejmuje decyzję związaną ze sprawdzeniem, czy godzina *t*, dla której sporządzona jest prognoza, to godzina o podwyższonym ryzyku prognozowania, np. szczyt godzin wieczornych, dni świąteczne itp.

$$\Delta y = y(t)^1 - y(t)^{24} \tag{2}$$

W ramach wspomagania decyzji do modelu opracowano system ekspertowy oparty o metody logiki rozmytej. Reguły tego systemu można zmieniać wraz ze zdobytym doświadczeniem. Podstawą tego systemu jest analiza błędu procentowego dla zapotrzebowania *y*(t) względem rzeczywistego zapotrzebowania dzień wcześniej w godzinie *t* *y*(t-24) oraz błędu procentowego rzeczywistego zapotrzebowania *y*(t-1) do prognozy. Liczba zmiennych lingwistycznych zarówno na wejściu jak i na wyjściu ustalona została na pięć. Zakres wyjścia modelu przyjęto od 0 do 1. Przedział odpowiedzi dla którego będzie podejmowana decyzja na TAK o bilansowaniu dla godziny o podwyższonym ryzyku to przedział (0-0,5). Poza tym przedziałem należy podjąć decyzję na NIE. Im większa wartość wyjściowa tym większe ryzyko związane z podjęciem błędnej decyzji.

Wynikiem obliczeń modelu jest ilość brakującej energii do zbilansowania godziny *t*. Jeżeli *t* nie jest godziną o podwyższonym ryzyku prognozowania należy przejść do etapu 5.

5. Zakup brakującej energii $\Delta y(t)$ na lokalnym rynku.

Ostatni etap to decyzja o zakupie lub produkcji brakującej ilości energii. Jeżeli spółka dystrybucyjna ma własne źródła energii oraz możliwości szybkiego ich uruchomienia to należy to zrobić i zakończyć bilansowanie dla godziny *t*. Jeżeli nie, to trzeba dokupić energię u lokalnego wytwórcy np. elektrowni, elektrociepłowni.

Ważnym etapem w tym punkcie modelu jest również ustalenie ceny dla każdej godziny na giełdzie. Model ustala cenę na bazie ceny dla danej godziny na podstawie dostępnej na giełdzie energii pomnożonej przez współczynnik korekty ceny *K*c. W celu zaspokojenia obydwu stron transakcji współczynnik ten powinien być większy od 1. Optymalną wartością dla obu stron transakcji jest 1,2, wówczas ten przynosi zyski. Z kolei dla współczynnika ceny *K*c = 1,4 model zaczyna generować starty.

Zastosowanie modelu bilansowania spowoduje spadek energii zakupionej lub sprzedanej na rynku bilansującym poza zakres ±1%. Spowoduje to korzystniejsze wynegocjowanie cen, przez co można posiadać energię do zaspokojenia lokalnych potrzeb bez nadwyżki, a to spowoduje zmniejszenie produkcji szkodliwych emisji do atmosfery, poprzez redukcję śladu węglowego używanego do produkcji energii.

Zaproponowana koncepcja modelu decyzyjnego jest skutecznym narzędziem analitycznym, które ułatwi operatorom spółek energetycznych, skuteczne wspomaganie podejmowanych decyzji w prognozowaniu zapotrzebowania na energię elektryczną.

Część II. Osiągnięcie naukowe drugie z sektora „Rolnictwo”

Opracowano zmodyfikowany i zintegrowany **model zarządzania** alokacjami do poprawy wyników efektywności energetycznej w rolnictwie, jako skuteczne narzędzie w kierunku zrównoważonej gospodarki. Model ten bazuje na diagnozie stanu energetycznego, wykorzystaniu narzędzi optymalizacji, identyfikacji wskaźników oraz ocenie zrównoważonej gospodarki energetycznej systemów produkcyjnych z wykorzystaniem metody LCA (Life Cycle Assessment - Ocena Cyklu Życia). Model ten umożliwia śledzenie procesu produkcji biodiesla, określenie wszystkich składowych podczas uprawy surowca i na jego podstawie identyfikuje istotne czynniki wpływające na poziom emisyjności. Ponadto, model ten umożliwia dokonanie oceny wrażliwości wyników przyjętej metody alokacji i wykonanie obliczeń emisji GHG (gazów cieplarnianych). Efektem głównym modelu jest wykonanie obliczeń na podstawie różnych sposobów alokacji i wyznaczenie ogólnego bilansu masowego całego procesu produkcji w oparciu o udziały w masie, energii i finansach.

Zmodyfikowany model zarządzania alokacjami został zbudowany przy użyciu systemu eksperckiego, którego szkielet i ramy wypracowano na podstawie analizy procesów produkcyjnych i wykonanych badań w tym zakresie:

1. Model zarządczy w pierwszej kolejności na podstawie bazy surowcowej pozwala określić ogólny bilans masowy dla całego procesu produkcji. Na tej podstawie szacuje całkowitą zawartość energii oraz emisję dla wyprodukowanego biodiesla i produktów ubocznych.
2. W następnym kroku w oparciu uzysk i zawartość energii model pozwala określić udział energetyczny poszczególnych substratów produkcyjnych.
3. Na podstawie pozyskanych danych z wykorzystaniem narzędzi optymalizacji wielokryterialnej zaproponowany model dokonuje obliczeń udziałów w poszczególnych jego etapach wytwórczych.
4. Efektem wykonanej optymalizacji jest uzyskanie podziału całkowitej energii i powstałej emisji z pozyskanych surowców do produkcji wyrobu gotowego według uprzednio obliczonych udziałów.
5. Wynikiem obliczeń jest określenie:
   - ilość produkowanego wyrobu gotowego oraz wszystkich produktów ubocznych,
   - bazy produktów dostępnych na rynku zbytu, które mogą być zastąpione przez produkty uboczne powstające w trakcie produkcji,
   - stosunku w jakim dane produkty mogą być zastąpione przez produkty uboczne,
   - obciążenia dla środowiska w formie obliczeń emisji GHG (gazy cieplarniane) przez zastąpione produkty.
6. Efektem finalnym modelu jest dokonanie oceny wrażliwości wyników zmodyfikowanej metody alokacji na podstawie uzyskanych udziałów: masowych, energetycznych oraz finansowych.

Model zarządczy zweryfikowany był w warunkach rzeczywistych na przykładzie instalacji technologicznej do produkcji wytwarzania biodiesla z oleju rzepakowego metodą tranestryfikacji i odzysku metanolu. Alokację emisji GHG przeprowadzano na poszczególnych etapach produkcji wyrobu finalnego oraz produktów ubocznych, po których produkty te w dalszym ciągu ulegały przetworzeniu na kolejnych etapach. Całkowitą emisję GHG oraz alokację dla produktu głównego oraz produktu ubocznego obliczano z uwzględnieniem całkowitej emisji związanej ze wszystkimi substratami na wejściu: na podstawie wielkości fizycznych (masa, zawartość energii), na podstawie wielkości ekonomicznych i na podstawie rozbudowanego systemu, w którym wyliczano również działalność niepowiązaną z cyklem życia danego produktu. Efektem badań było obliczenie emisji GHG wg zmodyfikowanego modelu przez autora uwzględniającego:

- emisję całkowitą spowodowaną stosowanym paliwem,
- emisję spowodowaną wydobyciem i/lub uprawą surowców,
- emisję w ujęciu rocznym spowodowaną zmianami ilości pierwiastka węgla w związku ze zmianą sposobu użytkowania gruntu,
- emisję spowodowaną procesami technologicznymi,
- emisję spowodowaną transportem i dystrybucją,
- emisję spowodowaną stosowanym paliwem,
- wartość ograniczenia emisji spowodowanej akumulacją pierwiastka węgla w glebie dzięki lepszej gospodarce rolnej,
- ograniczenie emisji spowodowanej wychwytywaniem ditlenku węgla i składowaniem go w głębokich strukturach geologicznych,
- ograniczanie emisji spowodowane wychwytywaniem ditlenku węgla i jego zastępowaniem,
- ograniczenie emisji dzięki zwiększonej produkcji energii elektrycznej w wyniku kogeneracji.

Model w warunkach użytkowych wykazał, że alokacja zanieczyszczeń pozwala na zmniejszenie całkowitej emisji GHG w cyklu życia produktu głównego (biodiesla) o około 31%, ponieważ emisja zostaje rozdzielona pomiędzy niego oraz produkt uboczny (glicerynę). Warto podkreślić, że alokacja była liczona tylko dla jednego etapu. Model ten można też wykorzystać do obliczania alokacji dla pozostałych etapów wytwarzania.

Zaproponowany model ma walory implikacyjne w polskiej gospodarce. Wykorzystanie praktyczne modelu daje szanse na wypracowanie nowych rozwiązań możliwych do zastosowania w procesie transformacji energetycznej, zarówno na poziomie lokalnym, regionalnym czy państwa w ramach działalności sektora związanego z rolnictwem.

Część III. Osiągnięcie naukowe trzecie z sektora „Budownictwo”

Model zarządczy biznesu został zbudowany w oparciu o zarządzanie wiedzą i zarządzanie środowiskiem w ujęciu holistycznego podejścia do sektora budownictwa, w warunkach

transformacji energetycznej. Model biznesowy można w tym projekcie rozumieć, jako zbiór biznesowych strategii elastyczności podejmowane przez gospodarstwa domowe w odniesieniu do zużycia energii elektrycznej, mających na celu wytworzenie korzyści społecznych. Strategie te mogą wynikać z połączenia różnorodnych instrumentów w celu uzyskania korzyści zarządczych z różnych źródeł przychodów i oszczędności. Głównymi źródłami oszczędności na rachunku za energię są obniżone koszty energii elektrycznej przez wykorzystanie własnej elastyczności i możliwości zainwestowania w odnawialne źródła energii. Zaproponowany model określa sposoby rozwoju systemu energetycznego z wykorzystaniem lokalnych i regionalnych zasobów odnawialnych źródeł energii. Budowę modelu poprzedził zbudowany algorytm zarządczy z uwzględnieniem istotnych kryteriów i warunków brzegowych definiujących sektor budownictwa, jako element strategii polityki energetycznej, w oparciu o standardy termomodernizacji. Na jego podstawie zbudowano model zarządczy biznesu prosumenta/klienta na przykładzie instalacji fotowoltaicznej. Model ten przy wykorzystaniu mierników zarządczych i analiz wielokryterialnych umożliwia:

- obliczanie wartości rynkowej inwestycji,
- określanie jej efektywności,
- ocenę rozwoju i cyklu życia budynków z uwzględnieniem zmieniających się warunków społeczno-gospodarczych,
- dostarczenie wiedzy o możliwościach ich projektowania w ramach technologii zasad budownictwa zrównoważonego,
- wykorzystanie odpowiednich zasobów OZE do bilansowania zużycia energii w różnych obszarach jej wykorzystania z uwzględnieniem jakości przegród budowlanych.

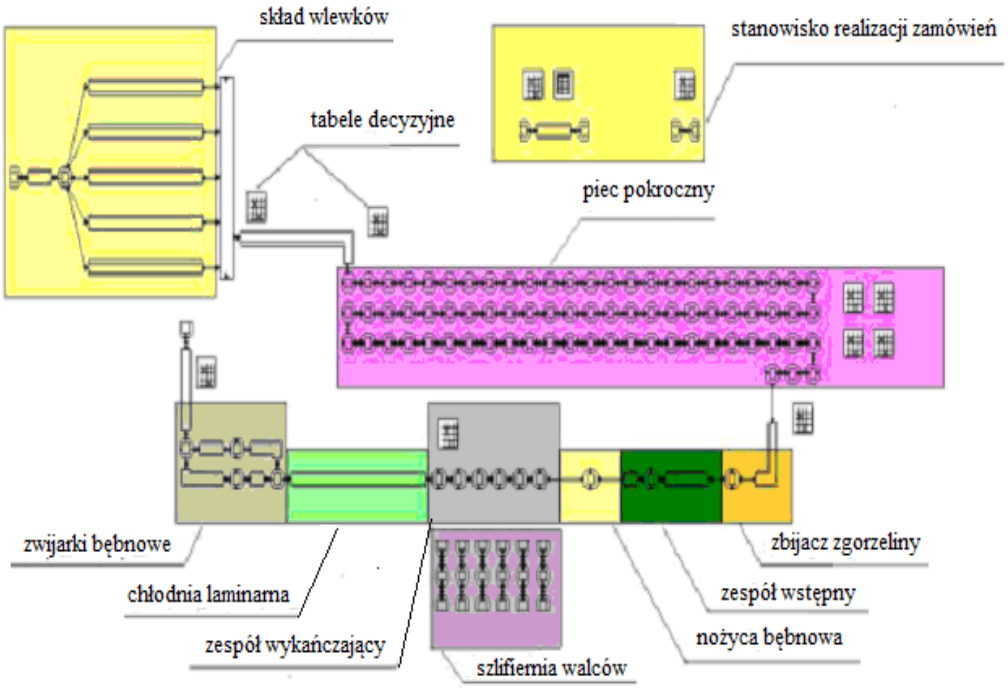
Metodyka opracowanego modelu zarządczo-biznesowego prowadziła do określenia parametrów przedsięwzięcia inwestycyjnego jak: wartość kapitałowa netto (*NPV*), wewnętrzna stopa zwrotu (*IRR*) i okres zwrotu kapitału zainwestowanego (*PBT*). Opracowany arkusz obliczeniowy umożliwił ocenę opłacalności dowolnej inwestycji przy założeniu określonych danych dotyczących wysokości nakładów inwestycyjnych, sposobu ich finansowania, kosztów funkcjonowania, obciążeń podatkowych, sposobu amortyzacji oraz przychodów w okresie do 20 lat. Uzupełnieniem modelu jest możliwość obliczenia korzyści produktywnych z wykorzystania technologii OZE w budownictwie. Przyjętym w pracy kryterium oceny gospodarczej była ocena potencjału i redukcji emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastąpienia paliw kopalnych technologiami odnawialnych źródeł energii. Skuteczność modelu została zweryfikowana w warunkach rzeczywistych funkcjonowania instalacji. Przy użyciu narzędzi symulacyjnych przeprowadzono walidację modelu obliczeniowego w budynku w oparciu o normę PN-EN ISO 52016-1:2017-09. Model na tej podstawie proponuje warunki obciążenia dla budynków nowej generacji oraz rekomenduje konkretne źródło ciepła.

W przypadku instalacji fotowoltaicznej istotnym walorem prezentowanego modelu biznesu jest kreowanie dużej wartości społecznej i możliwość uzyskania skutecznej ochrony środowiska. Analogiczne modele można zbudować dla: biogazowni, energetyki, transportu i przemysłu z uwzględnieniem kryteriów i uwarunkowań prawnych, środowiskowych, społecznych i techniczno-zarządczych. Zaproponowany model zarządczo-biznesowy w

gospodarce opartej na wiedzy umożliwia odpowiadanie na elastyczne dostosowywanie się do częstych zmian zachodzących na rynku energii oraz do zmieniających się potrzeb klientów. Dodatkowo model ten w pełni koresponduje z filarami gospodarki opartej na wiedzy, tworząc innowacyjne rozwiązania i daje szanse na rozwój technologii oraz przedsiębiorczości na poziomie regionalnym.

Część IV. Osiągnięcie naukowe czwarte z sektora „Przemysł”

Model informacyjno-kontrolny został zbudowany dla przedsiębiorstwa hutniczego i dotyczy obliczania zużycia energii, z podziałem na energie elektryczną i gaz ziemny. Zaproponowany model (rysunek 2) umożliwia obliczanie i zarządzanie kosztami energetycznymi przerobu materiału, w zależności od: gatunku stali, masy wlewka, czasu wygrzewania w piecu, grubości oraz szerokości pasma.



Rys. 2. Model zarządczy systemu w walcowni taśm stalowych

Struktura opracowanego modelu informacyjno-kontrolnego:

- opracowane reguły z wykorzystaniem narzędzi sztucznej inteligencji, w oparciu o system ekspertowy, umożliwiają wykonanie prognoz czasów nagrzewania wlewków do pożądanej temperatury walcowania w piecu pokrocznym, w poszczególnych jego strefach wraz z odpowiadającym im zużyciem energii elektrycznej.

  Wyniki uzyskane w autorskim modelu przy użyciu metod eksperckich umożliwiają porównanie ich z wynikami pomiarów dokonanych w warunkach przemysłowych. Miarą oceny uzyskanych wyników do oceny jest błąd: względny, średni oraz średniokwadratowy.

- model dzięki wykorzystaniu inteligentnych struktur decyzyjnych umożliwia nadzorowanie strefy nagrzewania pieca i proponuje w zależności od realizowanego procesu produkcji uzyskanie najbardziej korzystnej krzywej nagrzewania i wygrzewania wlewków w piecu pokrocznym.

  Uzyskane w ten sposób dane z modelu umożliwiają obliczanie kosztów energetycznych przerobu materiału w zależności od: gatunku stali i masy wlewka, czasu wygrzewania w piecu, grubości oraz szerokości pasma.

- Wynikiem finalnym modelu jest określenie sposobów zapobiegania lub ograniczenia oddziaływania szkodliwych związków z procesów produkcji na środowisko poprzez wprowadzenie technik zrównoważonej produkcji w oparciu o standardy środowiskowe.

Wykorzystany w modelu algorytm ID3 uczenia maszyn posłużył do opracowania bazy wiedzy regułowego systemu ekspertowego. Bazę systemu stanowią strefy nagrzewania w piecu i parametry technologiczne procesu walcowania. Poprzez język zapytań SQL dane opisujące parametry i możliwości technologiczne danych narzędzi są pobierane z utworzonego modułu systemu i dodawane do bazy wiedzy systemu ekspertowego w postaci faktów. Moduł wnioskujący systemu ekspertowego, w oparciu o reguły produkcji i informacje zakodowane w bazie wiedzy, wykorzystując strategie przeszukiwania „wstecz", wyznacza prognozowane czasy nagrzewania. Do budowy prototypu takiego systemu wykorzystano pakiet sztucznej inteligencji Nexpert firmy Neuron Data. Szkieletowy system ekspertowy, zawarty w pakiecie, stanowi strukturę systemu. Opracowany w ramach pracy program, w systemie PC-Shell, składa się ze zbioru instrukcji zapisanych w języku Sphinx. Baza wiedzy systemu została zbudowana jako deklaratywna reprezentacja wiedzy oparta o zasady racjonalnego przygotowania programu produkcji i obejmuje wiele reguł decyzyjnych. W podobny sposób można zwiększać bazę wiedzy o nowe kryteria, które w istotny sposób wpłyną na skuteczne podejmowanie operacyjnych decyzji na szczeblu planowania produkcji.

Na podstawie uzyskanych parametrów modelu zaproponowano algorytm obliczania zużycia energii elektrycznej w zależności od rodzaju materiału:

$$EE_i = 9{,}7603 \cdot 10^{-1} - 2{,}5353 \cdot 10^{-2} \cdot g + 4{,}8474 \cdot 10^{-4} \cdot g^2 - 2{,}9422 \cdot 10^{-4} \cdot s + 6{,}0274 \cdot 10^{-8} \cdot s^2 + 1{,}4676 \cdot 10^{2} \cdot w + 2{,}8632 \cdot 10^{-4} \cdot w^2$$

gdzie:

EE_i - zużycie energii elektrycznej w zależności od rodzaju materiału, kWh/Mg,

g - grubość końcowa blachy, mm,

s - szerokość końcowa blachy, mm,

w - masa wlewka, Mg.

Poprawność działania zbudowanego modelu informacyjno-kontrolnego zużycia energii elektrycznej, w porównaniu z rzeczywistymi pomiarami energii elektrycznej za okres dwóch miesięcy została zweryfikowany w warunkach rzeczywistych, a błąd wyniósł jedynie 0.03%. Wysoka zgodność pozwala na wykorzystanie modelu w warunkach rzeczywistych walcowni z

uwzględnieniem rozszerzenia jej o wielkości zużycia energii w zależności od profilu oraz gatunku blach i taśm walcowanych na gorąco.

Istotne nowatorstwo modelu informacyjno-kontrolnego umożliwia:

- wyznaczanie zależności kosztowo-energetycznych pomiędzy poszczególnymi profilami oraz gatunkami stali będącymi w czynnej produkcji,
- śledzenie zużycia energii oraz kosztów przerobu w zależności od aktualnie produkowanego asortymentu,
- dokonywanie w czasie rzeczywistym weryfikacji cen rynkowych dla poszczególnych gatunków i profili stali,
- wprowadzenie innowacyjnych technik BAT i możliwości oceny zdolności przedsiębiorstwa do spełnienia wymagań zrównoważonej gospodarki energetycznej,

Opracowany model ma nie tylko znaczenie teoretyczne, ale również praktyczne, gdyż umożliwia wykorzystanie go do konkretnych problemów decyzyjnych, przez co decydenci mogą uzyskać możliwe i dopuszczalne warianty scenariuszy wprowadzania zmian technologicznych. Model pozwala wnioskować, że stanowi on kompleksowe narzędzie podejmowania racjonalnych decyzji „energetycznych" towarzyszących procesom produkcyjnym przedsiębiorstwa, co w kontekście jego funkcjonowania w zmiennych uwarunkowaniach XXI wieku może dawać mu szansę na ciągłe doskonalenie i przetrwanie w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu transformacji energetycznej. Model informacyjno-kontrolny stanowi podstawowe źródło informacji do zarządzania i podejmowania skutecznych operacyjnych decyzji technologicznych w różnym horyzoncie czasowym.

Szczegółowy opis publikacji, w których przedstawiono wykorzystanie prezentowanych modeli wraz z konkluzjami i rekomendacjami znajduje się na stronach 35-56 niniejszego autoreferatu.

4.3. Hipoteza, cele i metody badawcze

Prowadzone badania miały na celu zweryfikowanie postawionej przez autora hipotezy badawczej, zgodnie z którą:

„*Osiągnięcie neutralności klimatycznej poprzez wprowadzenie innowacyjnych modeli zarządzania wymaga aktywnego zaangażowania regionalnego przemysłu oraz końcowego odbiorcy energii w rozwój niskoemisyjnej transformacji energetycznej poprzez wprowadzenie innowacyjnych, akceptowalnych społecznie technologii"*

Mając na uwadze nałożone unijne regulacje klimatyczno-energetyczne na polską energetykę, wobec ochrony klimatu, należy stwierdzić, że mniejsze zużycie paliw kopalnych w Polsce pozwoli bardziej intensywnie rozwinąć się energetyce pozyskiwanej z odnawialnych źródeł energii, a to powinno uczynić tą część sektora energii szczególnie perspektywiczną i atrakcyjną dla inwestorów.

Za szczegółowe cele pracy w świetle rozważań nad problematyką energetyki odnawialnej autor uznał:

1. Rozpoznanie znaczenia, poziomu, struktury oraz uwarunkowań rozwojowych odnawialnych źródeł energii w Polsce.
2. Określenie możliwości wykorzystania i zarządzania źródłami odnawialnymi przez różne podmioty gospodarcze w ramach transformacji energetycznej.
3. Wskazanie głównych problemów i wyzwań stojących przed energetyką polską w aspekcie dokonujących się przemian społeczno-gospodarczych oraz postępującej degradacji środowiska.
4. Ocenę kosztów związanych z przedsięwzięciami w energetyce odnawialnej.
5. Analizę uwarunkowań prawnych i systemowych wspierających rozwój OZE.

Osiągnięcie celu głównego, wymagało realizacji szczegółowych zadań m.in.:

a) budowa modelu decyzyjnego i wykonanie obliczeń wpływających na efektywność i opłacalność zastosowania w polskich gospodarstwach domowych różnych odnawialnych źródeł energii o największym potencjale rozwojowym,
b) identyfikacja i przeanalizowanie możliwości skutków zarządczych, społecznych i środowiskowych oraz kierunków transformacji sektora energetycznego Polski w perspektywie do 2050,
c) określenie stopnia ryzyka i budowa algorytmu modelu zarządczego zużycia energii elektrycznej i gazu ziemnego dla lokalnego przemysłu, który to algorytm pozwolił opracować propozycję zestawu minimalnych wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki (BAT) dla zakładów hutniczych, spalarni śmieci i energetyki zawodowej będących jednymi z największych emitentów CO_2 w południowym regionie Polski,
d) wykonanie obliczeń i budowa zintegrowanego modelu oceny alokacji dla transportu poprzez jego elektryfikację i rozdział emisji GHG pomiędzy produkty powstające przy produkcji biopaliwa, co umożliwi ograniczenie emisji tych gazów nawet o 35% w stosunku do produkcji i spalania paliw powstałych z ropy naftowej,
e) opracowanie modelu biznesu do kontroli zysków i strat ciepła z instalacji wewnątrz i na zewnątrz płaszcza izolacyjnego budynku. Model ten umożliwi odpowiedni dobór zasobów OZE do bilansowania zużycia energii w różnych obszarach jej użytkowania z uwzględnieniem jakości stosowanych przegród budowlanych.

Realizacja celu i weryfikacja postawionej hipotezy była możliwa drogą poszukiwań odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy w istniejących warunkach społeczno-gospodarczych jest możliwe wdrożenie przebudowy polskiej energetyki zgodnie z paradygmatem w światowej energetyce?

2. Czy modele biznesowe są skutecznym narzędziem do poszukiwania przewagi strategicznej podmiotów gospodarczych w dobie transformacji energetycznej?
3. Czy badania ilościowe i jakościowe są skutecznymi badaniami do budowy modeli zarządzania energią?
4. Jakie kryteria wziąć pod uwagę stojąc przed wyborem budowy jednego spośród wielu dostępnych modeli do zarządzania energią?
5. Czy uwarunkowania pod wpływem zmiennego otoczenia, w którym działa dane przedsiębiorstwo dowolnego sektora gospodarczego mają wpływ na dobór typu modelu projektowania przewagi konkurencyjnej?
6. Czy tryb postępowania przedsiębiorstw reprezentujących różne sektory gospodarki, w procesie projektowania może być przyjęty jako jednakowy, a jednocześnie uwzględniać indywidualną specyfikę organizacji i ich sektorów?
7. Jakie są główne bariery i czynniki stymulujące rozwój OZE w Polsce?
8. Czy energetyka odnawialna ma i może mieć istotny wpływ na poziom i jakość życia mieszkańców oraz zaspokajanie potrzeb społecznych?
9. Jak przedstawiają się uwarunkowania prawne produkcji energii ze źródeł odnawialnych?
10. Jakie są motywy i determinanty warunkujące produkcję energii ze źródeł odnawialnych zarówno w gospodarstwach domowych jak i w zakładach przemysłowych?
11. Jakie są czynniki sprzyjające i ograniczające rozwój produkcji energii ze źródeł odnawialnych z uwzględnieniem obszaru zarządczego, środowiskowego, społecznego oraz techniczno-technologicznego?
12. Jak kształtuje się struktura kosztów produkcji surowców i energii i jaka jest ich konkurencyjność w stosunku do paliw kopalnych?
13. Czy w aktualnych warunkach społeczno-zarządczych produkcja energii ze źródeł odnawialnych wymaga wsparcia środkami finansowymi z źródeł publicznych?
14. Czy metody ilościowe są dobrymi miernikami w prognozowaniu zapotrzebowania na energię elektryczną?
15. Jakie są kierunki rozwoju źródeł nisko i zeroemisyjnych w dłuższym horyzoncie czasowym?
16. Jak wielki jest potencjał odnawialnych źródeł energii i możliwości ich wykorzystania na szczeblu lokalnym?
17. Jakie są kierunki rozwoju produkcji energii odnawialnej w Polsce na tle Unii Europejskiej?
18. Jaka jest rola gospodarstw wiejskich i miejskich w wytwarzaniu i wykorzystaniu energii odnawialnej?
19. Czy produkcja energii ze źródeł odnawialnych sprzyja rozwojowi obszarów lokalnych w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju?
20. Jakie źródła odnawialne w regionie mają największy potencjał rozwojowy?

21. Które surowce i fazy procesu technologicznego kreują najwięcej zanieczyszczeń i jak je można zminimalizować?
22. Co jest niezbędnym elementem tworzenia rynku odnawialnych źródeł energii i jak przekłada się to na ich rozwój?
23. Jak produkcja energii i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wpływa na poprawę efektywności?
24. Jak zastosowanie różnego rodzaju instalacji OZE w budynkach jednorodzinnych i biurowych wpływa na oszczędność końcowego zużycia energii?
25. Czy modelowanie symulacyjne jest dobrym narzędziem do oceny standardu energetycznego budynków?
26. Jakie są możliwości rozwoju i wykorzystania potencjału biogazu rolniczego na cele energetyczne w Polsce?
27. Czy wyznaczenie jednostkowych wartości alokacji emisji gazów cieplarnianych do produkcji biopaliw w cyklu życia zmniejszy emisję szkodliwych gazów do atmosfery?
28. Czy wprowadzenie do zakładów przemysłowych zasad w myśl koncepcji Przemysłu 4.0 poprawi ich efektywność i zmniejszy emisję szkodliwych gazów i pyłów do atmosfery i w jaki sposób?
29. Czy można monitorować i zarządzać ryzykiem w warunkach rzeczywistych realizacji procesów produkcyjnych?

Odpowiedzi na powyższe pytania zmierzały do określenia skutków zarządczych, społecznych i środowiskowych pod wpływem stosowanych czynników przemian kształtujących rozwój, uwzględniających współczesne trendy w otoczeniu krajowym i międzynarodowym w ramach transformacji energetycznej.

Z uwagi na brak zbiorczych, oryginalnych i aktualnych badań zwłaszcza w sektorze gospodarstw prywatnych i przedsiębiorstw na lokalnym rynku, przedstawione publikacje dostarczają niezbędnej wiedzy dotyczącej: zarządzania energią, zasadności stosowania OZE, opłacalności inwestycyjnej i ekologicznej. Badaniom poddano źródła odnawialne o największym potencjale wykorzystania w Polsce w różnych sektorach gałęzi gospodarki. Na podstawie wykonanych analiz i badań dokonano ich porównania pod względem różnych aspektów: prawnych, technicznych, społecznych i klimatycznych. Uzyskane wnioski pomogą potencjalnemu inwestorowi w podjęciu racjonalnej decyzji o właściwym doborze konkretnego OZE dla swojej inwestycji i stanowią punkt wyjścia do dyskusji o kierunku rozwoju polskiej energetyki.

Przedmiotem i jednocześnie głównym obszarem badań naukowych były uwarunkowania i otoczenie społeczno-zarządcze i prawno-gospodarcze związane z energetyką odnawialną, w Polsce, które badano w sposób mierzalny, jak i niemierzalny. W analizie problemu uwzględniono również międzynarodowe uwarunkowania prawne związane z realizacją unijnej polityki klimatyczno-energetycznej. Badaniom w ramach pracy naukowej objęte zostały podmioty biorące udział w procesie energetycznego łańcucha wartości, hurtowi odbiorcy i

konsumenci energii elektrycznej, spółki będące uczestnikami systemu handlu uprawnieniami do emisji, a także organy administracji publicznej Polski oraz UE. Prowadzone badania skupiały się na podmiotach funkcjonujących na terenie Polski. Zakres czasowy badań obejmował wybrane dane wtórne, ze szczególnym uwzględnieniem okresu 2019-2022. Należy zaznaczyć, że dane zebrano i przeanalizowano z rzeczywistych realizacji procesów produkcyjnych, co pozwoliło zaproponować działania zaradcze i korygujące procesy produkcyjno-usługowe w ramach założeń filozofii zarządzania „*just in time*". W badaniach wykorzystano dwa rodzaje źródeł informacji: źródła informacji pierwotnych, które pochodziły z zakładów produkcyjno-usługowych oraz źródła informacji wtórnych, na które składały się m.in.: pozycje bibliograficzne, obejmujące krajową i zagraniczną literaturę przedmiotu, w tym w szczególności dokumenty o charakterze legislacyjnym; akty prawa polskiego i unijnego, materiały statystyczne, badania przemysłowe, branżowe raporty i opracowania, ankiety oraz liczne źródła internetowe. W ramach poszczególnych etapów badań wykorzystano następujące metody:

a) krytyczną analizę polskiej i zagranicznej literatury z nauk o zarządzaniu i jakości oraz pozostałych materiałów stanowiących źródła informacji wtórnych,

b) obserwacja bezpośrednia, pośrednia i wywiady swobodne i ukierunkowane,

c) zbieranie danych ze źródeł pierwotnych w ramach wizyt kontrolnych w różnych zakładach produkcyjno-usługowych oraz wtórnych,

d) analizę danych statystycznych ze źródeł pierwotnych (pochodzących z zebranych danych empirycznych) i wtórnych,

e) analizę logiczną przy tworzeniu modeli oraz analizy otrzymanych w trakcie badań wyników,

f) syntezę umożliwiającą łączenie w całość wyodrębnionych przez analizę elementów składowych,

g) analizę matematyczno-statystyczną, umożliwiającą jakościowe i ilościowe przedstawienie wyników badań pierwotnych i wtórnych,

h) wnioskowanie naukowe połączone z procesami indukcji, dedukcji i modelowania, zastosowane przy interpretacji i syntezie wyników badań oraz przy tworzeniu modeli.

Do analizy problemów badawczych wykorzystywano głównie metody: ilościowe i jakościowe.

W badaniach ilościowych wykonywane zostały pomiary zarówno w zakładach przemysłowych jak również w prywatnych gospodarstwach domowych i lokalach usługowych. Na podstawie zgromadzonych wyników prowadzone były zaawansowane analizy statystyczne, jak analiza czynnikowa, analiza regresji i skalowanie wielowymiarowe. Wyniki tych badań pozwoliły określić „skalę" danych zmiennych, porównać je ze sobą i określić czynniki wpływające na badane zjawisko. Do badań wybrano badania ilościowe z racji ich systematycznego charakteru i możliwości nieodzownego połączenia ich ze statystyką. Głównymi wykorzystywanymi narzędziami podczas realizacji badań ilościowych były: kwestionariusze wywiadu bezpośredniego z technologami produkcji i prywatnymi podmiotami

fizycznymi oraz narzędzia obserwacji funkcjonowania różnych realizacji procesów produkcyjnych. Do odwzorowania mierzonej cechy wykorzystano graficzną formę skali, ponieważ wykonany pomiar pozwalał na dokładne określenie wartości skali oraz wyznaczenie różnic w jednostkach pomiarowych. Ponadto, dla wartości na skali ilościowej określono statystyki opisowe, takie jak: odchylenie standardowe czy standardowy błąd pomiaru. Metoda ta pozwoliła w sposób praktyczny dokonać pomiarów trudno obserwowalnych cech poprzez matematyczne przekształcenia połączenia wielu czynników opisujących dane zjawisko, jak np. parametry techniczne wykorzystywanych urządzeń. W celu uzyskania wiarygodnych wyników badań ustalano: liczebność próby, zdefiniowano dane zbiorowości i dokonywano wyboru metody losowej (probalistycznej, reprezentatywnej) następnie za pomocą statystyki analizowano i interpretowano uzyskane wyniki. Wyniki przedstawiono w sposób tabelaryczny i/lub graficzny oraz dokonywano ich interpretacji oraz dyskusji. Uzyskane wyniki konfrontowano z wynikami zawartymi w innych piśmiennictwach na podstawie których formułowano poznawcze i aplikacyjne wnioski.

W badaniach jakościowych autor skoncentrował się na głębszej analizie zjawisk tak, aby za pomocą specjalnych technik badawczych m.in. pogłębionej metodzie zarządzania wiedzą, zarządzania środowiskiem, desk reasearch lepiej i dokładniej zinterpretować charakterystykę analizowanych aspektów badawczych. Desk research to metoda badawcza polegająca na kompilacji, analizowaniu oraz przetwarzaniu danych i informacji pochodzących z istniejących źródeł, a następnie formułowaniu na ich podstawie wniosków dotyczących badanego problemu. To badania wtórne, które przeciwstawiają się badaniom pierwotnym. Wykorzystanie tych badań pozwala zrozumieć dlaczego tak funkcjonują pewne cechy analizowanych obiektów i dlaczego obecne rozwiązania konstrukcyjne i stosowane mechanizmy są tak powszechnie wykorzystywane. Do realizacji tych badań wykorzystano: wywiady pogłębione, indywidualne obserwacje procesów, dokonywano interpretacji dokumentów branżowych i norm w celu poszerzenia wiedzy, aktualizacji informacji i identyfikacji panujących ogólnych trendów. Faza projektu badań jakościowych obejmowała: sformułowanie problemu badawczego i celów badań, wybór metody i technik badawczych, dobór próby, gromadzenie danych, analizę danych i ich interpretację oraz prezentację wyników. W ramach badań jakościowych identyfikowano problem badawczy przy wykorzystaniu istniejącej literatury przedmiotu, poszukiwano luk badawczych, określano cel badań, formułowano pytania badawcze, dobierano metody i procedury badawcze w tym projekt badań, metody zbierania i analizy danych oraz przedstawiano wyniki, które posłużyły w dalszej kolejności do utworzenia eksperymentów i modeli badanych problemów. W ramach eksperymentów dokonywano pomiarów wpływu zmiennej niezależnej na zmienną zależną. Uzyskane wyniki badań jakościowych pozwalają odzwierciedlić precyzyjnie określony charakter w krótkim czasie i przyczyniają się do powstania specyficznych problemów i dyskursów metodologicznych. Powoduje to, że badania jakościowe są zróżnicowane.

W ramach badań wykonano szereg obliczeń i zbudowano wiele modeli matematycznych dotyczących prognozy efektywności procesu energetycznego opartego o krajowy potencjał energetyczny i odnawialne źródła energii. Modele oparte zostały o dane historyczne, dzięki którym można było zaobserwować dotychczasowe trendy i dokonać próby projekcji na przyszłość. Wszystkie dane pozyskane zostały w sposób rzetelny oraz wykorzystane tak, aby w jak najbardziej obiektywny sposób odzwierciedlić rzeczywiste parametry występujące w różnych sektorach przemysłu gospodarki. W modelach wzięto pod uwagę zarówno czynniki

wpływające na efektywność poszczególnych etapów procesu energetycznego, takich jak: ceny sprzedaży surowców, paliw i energii, koszty związane z danym procesem, ale także zbadano jak kształtowała się konkurencyjność energii pochodzącej ze źródeł węglowych względem pozyskania energii ze źródeł alternatywnych. W modelach przeanalizowano:

a) sposoby zarządzania, organizacji i prognozowania energią elektryczną w ramach jej zapotrzebowania na lokalnym rynku w warunkach energetyki zawodowej i prosumenckiej,

b) możliwości rozwoju i wykorzystania potencjału biogazu rolniczego na cele energetyczne w Polsce.

c) ocenę wartości alokacji emisji gazów cieplarnianych do produkcji biopaliw w cyklu życia przy wykorzystaniu techniki LCA (*Life Cycle Assessment - Ocena Cyklu Życia*) w ramach zarządzania zrównoważoną gospodarką energetyczną w obszarze rolnictwa,

d) determinaty wykorzystania zasobów zarządzania wiedzą i zarządzania środowiskiem do budowy modeli biznesowych w ujęciu holistycznego podejścia do zrównoważonego bilansowania energii w sektorze budownictwa mieszkaniowego w warunkach transformacji energetycznej,

e) sposoby zarządzania zasobami produkcji w przedsiębiorstwie hutniczym w celu zmniejszenia energochłonności i redukcji emisji zanieczyszczeń,

f) metody zarządzania ryzykiem ekologicznym i środowiskowym przez zakłady energochłonne na lokalnym rynku, w myśl koncepcji Przemysłu 4.0 w kierunku poprawienia ich funkcjonowania.

4.4. Struktura i zawartość poszczególnych artykułów

✓ ***Kluczowe elementy strategii polityki energetycznej Polski – wstęp teoretyczny problemu badawczego***

Wizja Komisji Europejskiej kreśli siedem głównych elementów strategicznych dla państw członkowskich:

- maksymalizację efektywności energetycznej, w tym budynki o zerowej emisji,
- maksymalizację wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz elektryczności do pełnej dekarbonizacji dostaw energii w Europie,
- przyjęcie zasad czystej, bezpiecznej i połączonej mobilności,
- konkurencyjny przemysł UE i gospodarka obiegowa jako kluczowe czynniki redukcji emisji gazów cieplarnianych,
- rozwój odpowiedniej inteligentnej infrastruktury sieciowej i wzajemnych połączeń,
- pełne wykorzystanie zalet biogospodarki i stworzenie niezbędnych pochłaniaczy dwutlenku węgla,

- rozwiązanie problemu pozostałych emisji CO_2 za pomocą wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS)

Polska została zobowiązana do 2050 r dokonać:

- redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55% w stosunku do roku 1990,
- wzrostu udziału w OZE w końcowym zużyciu energii do 32 %,
- poprawy efektywności energetycznej o 32,5%.

Zarys potencjalnego planu pełnej dekarbonizacji Polski w 5-ciu kluczowych sektorach gospodarki został nakreślony przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

W ramach poszczególnych sektorów przedstawiono ich kluczowe ramy:

▪ Energetyka

- odejście od produkcji energii z paliw kopalnych na rzecz odnawialnych źródeł energii,
- większy udział w całkowitym miksie energetycznym: energii ze słońca i wiatru,
- konieczne inwestycje w nową infrastrukturę,
- wprowadzenie energii atomowej w miejsce węgla,
- modernizacja CCUS w elektrowniach węglowych,
- wykorzystanie biomasy w sieci ciepłowniczej.

▪ Budynki

- termomodernizacja budynków,
- zastąpienie wysokoemisyjnych źródeł energii urządzeniami zasilanymi energią z niskoemisyjnych źródeł alternatywnych,
- budownictwo energooszczędne i pasywne.

▪ Rolnictwo

- upowszechnienie paliw niskoemisyjnych w maszynach rolniczych,
- niskoemisyjna gospodarka gruntowa,
- rozwój biogazowni,
- zapobieganie likwidacji obszarów leśnych i ochrona ich funkcji związanej z redukcją emisji.

▪ Przemysł

- elektryfikacja procesu wytwarzania ciepła,
- wykorzystanie technologii wychwytywania, wykorzystywania i składowania dwutlenku węgla,

- gospodarka o obiegu zamkniętym,
- wykorzystanie biomasy do zastąpienia paliw kopalnych oraz surowców.

▪ Transport

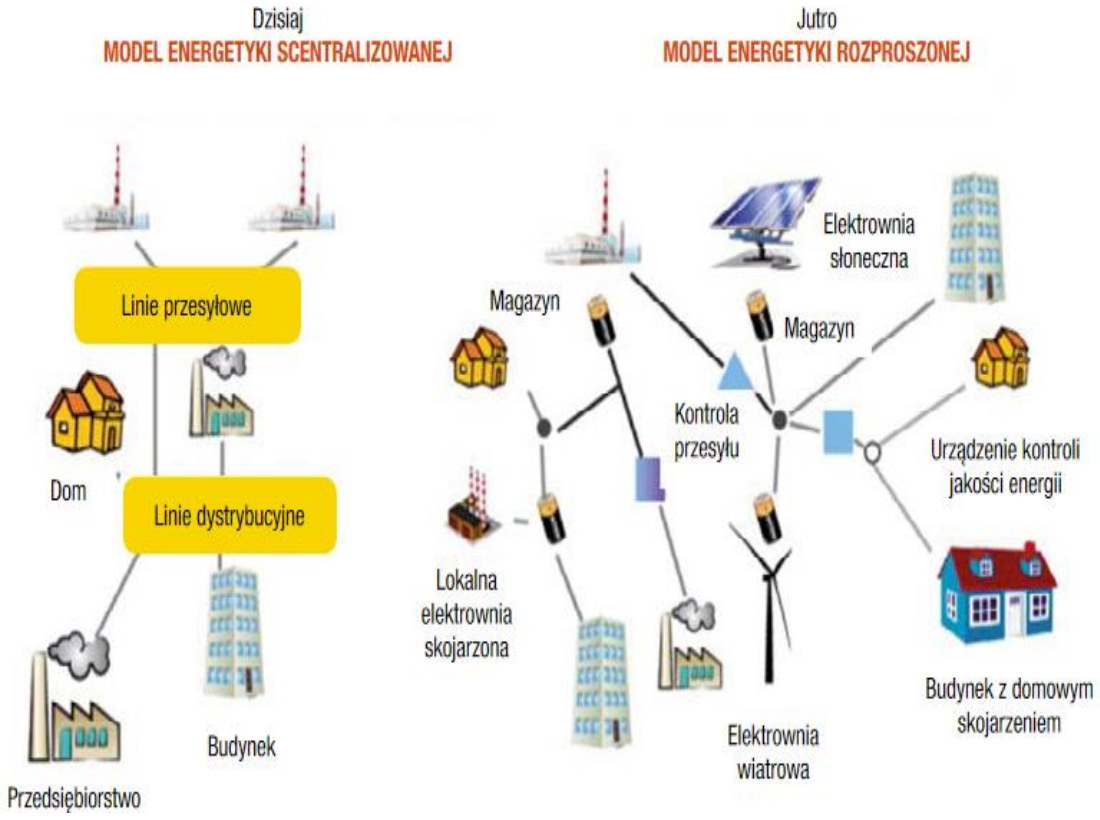
- zastąpienie pojazdów z napędem spalinowym pojazdami elektrycznymi,
- instalacja ogniw paliwowych w autokarach i ciężarówkach,
- pozyskiwanie surowców, przetwarzanie i montaż do podzespołów akumulatorów,
- infrastruktura stacji ładowania.

Realizacja transformacji energetycznej w Polsce musi odbywać się w oparciu o 3 główne filary: sprawiedliwa transformacja, zeroemisyjny system energetyczny i dobra jakość powietrza. Głównym narzędziem do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. jest transformacja energetyczna oparta przede wszystkim na dekarbonizacji sektora energetycznego, a także jego decentralizacji i digitalizacji. Można ją osiągnąć jeżeli wszystkie sektory gospodarki regionalnej wniosą swój wkład w przyjęciu sztandarowych projektów i wyznaczeniu konkretnych celów w wysiłki na rzecz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Cele te powinny znaleźć odzwierciedlenie w narodowej strategii – polityka energetyczna, a przede wszystkim w energetyce i planie klimatycznym do którego Polska przyjęła zobowiązania wobec UE. Cel główny strategii osiągnąć można poprzez realizację celów operacyjnych dotyczących: poprawy jakości powietrza, wysokiej efektywności energetycznej i rozwoju odnawialnych źródeł energii i technologii magazynowania energii.

W ramach transformacji energetycznej Polska zdaniem autora powinna zmierzać do:

- odejścia od wykorzystania paliw kopalnych w produkcji energii elektrycznej i wytwarzaniu ciepła oraz chłodu,
- redukcji emisji CO_2 do poziomie 80-95% w stosunku do emisji w latach 90,
- osiągnięcia udziału OZE na poziomie 70% w ogólnej produkcji energii oraz 97% w produkcji energii elektrycznej,
- ciągłej poprawy efektywności energetycznej w budownictwie, transporcie, rolnictwie i sektorze energetycznym,
- promowania elektroprosumeryzmu,
- pełnej elektromobilności transportu,
- wykorzystania energii elektrycznej z OZE we wszystkich obszarach działalności gospodarczej i życia mieszkańców,
- uzyskania bezpieczeństwa dostaw energii opartych na technologiach jej przemysłowego magazynowania,
- wykorzystywania innowacyjnych technologii, w tym udziału „zielonego” wodoru na poziomie 13-14%, zgodnie ze strategią wodorową UE.

Założenia te wychodzą naprzeciw pilnym potrzebom wyznaczenia kierunków wsparcia sektora energetycznego. Zdiagnozowano w nim dobrze zachodzące zmiany klimatyczne i ich wpływ na społeczeństwo i gospodarkę. Wymogi i zobowiązania wobec Unii Europejskiej odnośnie do neutralności klimatycznej zostaną spełnione jeżeli w transformacji uwzględni się trzy główne cele operacyjne tj.: poprawę jakości powietrza, wysoką efektywność energetyczną i rozwój odnawialnych źródeł energii oraz technologii magazynowania energii. Na rysunku 3 autor proponuje mapę drogową, którą powinna podążać Polska w realizacji pożądanej przez UE neutralności klimatycznej. Szczegóły uwarunkowań neutralności klimatycznej do budowy mapy drogowej przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 3. Mapa drogowa polskiej strategii transformacji energetycznej

Transformacja energetyczna
z uwzględnieniem samowystarczalności elektroenergetyczne

Energetyka wiatrowa na morzu

moc zainstalowana osiągnie:

ok. 5,9 GW w 2030 r. do ok. 11 GW w 2040 r.

Nastąpi istotny **wzrost mocy** zainstalowanych **w fotowoltaice do**: ok. 5-7 GW w 2030 i ok. 10-16 GW w 2040 r.

Wzrost udziału OZE we wszystkich sektorach i technologiach. W 2030 r. udział OZE w końcowym zużyciu energii brutto wyniesie **co najmniej 23%** nie mniej niż 32% w elektroenergetyce (głównie energetyce wiatrowej i PV) 28% w ciepłownictwie (wzrost 1,1 pp. r/r) 14% w transporcie (z dużym wkładem elektromobilności)

W 2030 r. udział węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej nie będzie przekraczać **56%**

Redukcja wykorzystania węgla w gospodarce będzie następować w sposób zapewniający **sprawiedliwą transformację**

Wzrośnie efektywność energetyczna – na 2030 r. określono **cel 23% zmniejszenia zużycia energii pierwotnej**

Programy inwestycyjne będą ukierunkowane na rozwój OZE oraz **aktywnych obiorców** i bilansowania lokalnego

W 2033 r. uruchomiony zostanie pierwszy blok **elektrowni jądrowej** o mocy ok. 1-1,6 GW. Kolejne bloki będą wdrażane co 2-3 lata, a cały program jądrowy zakłada budowę 6 bloków.

Do 2040 r. **potrzeby cieplne wszystkich gospodarstw domowych** pokrywane będą przez ciepło systemowe oraz przez zero- lub niskoemisyjne źródła indywidualne

Gaz ziemny będzie paliwem pomostowym w transformacji energetycznej

W 2030 r. osiągnięta zostanie zdolność transportu sieciami gazowymi mieszaniny zawierającej ok. **10% gazów zdekarbonizowanych**

Rozbudowie ulegnie infrastruktura gazu ziemnego, ropy naftowej i paliw ciekłych, a także zapewniona zostanie dywersyfikacja kierunków dostaw

Szereg działań zostanie nakierowanych jest na **poprawę jakości powietrza**, m.in.:
– rozwój ciepłownictwa systemowego (4-krotny wzrost liczby efektywnych systemów ciepłowniczych do 2030 r.)
– niskoemisyjny kierunek transformacji źródeł indywidualnych (pompy ciepła, ogrzewanie elektryczne)
– **odejście od spalania węgla w gospodarstwach domowych** w miastach do 2030 r., na obszarach wiejskich do 2040 r.; przy utrzymaniu możliwości wykorzystania paliwa bezdymnego do 2040 r.
– zwiększenie efektywności energetycznej budynków
– rozwój transportu niskoemisyjnego, w szczególności dążenie do **zeroemisyjnej komunikacji publicznej do 2030 r.** w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców

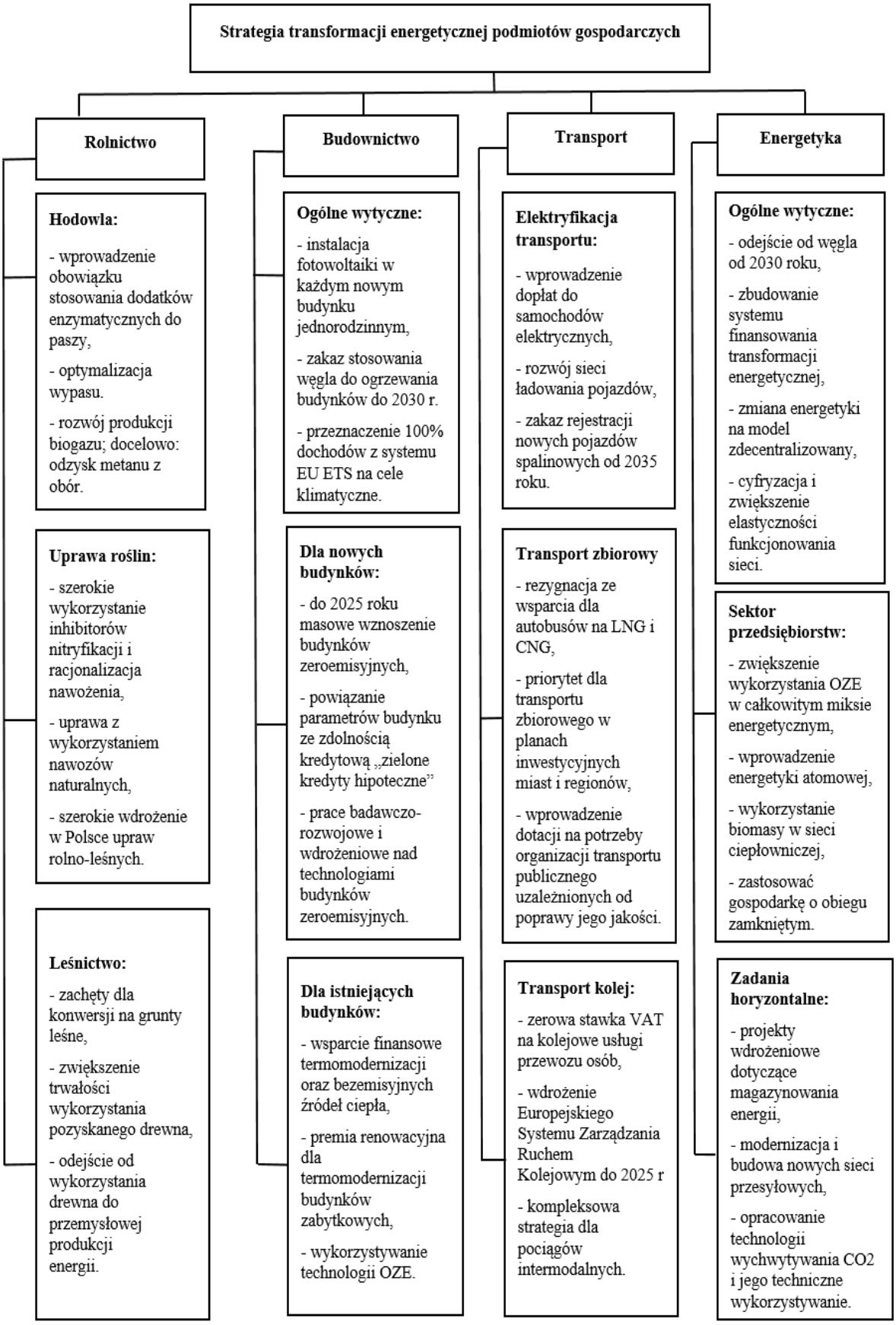
Redukcja zjawiska ubóstwa energetycznego do poziomu max. 6% gospodarstw domowych

Rozwój technologii energetycznych:
- magazynowania energii
- inteligentne systemy zarządzania energią
- elektromobilność
- technologie wodorowe

Do 2030 r. nastąpi **redukcja emisji GHG o ok. 30%** w stosunku do 1990 r

Rys. 4. Kluczowe elementy strategii polityki energetycznej Polski

Źródło: opracowanie na podstawie Ministerstwa Klimatu i Środowiska



Rys. 5. Istotne elementy strategii polityki energetycznej polskich przedsiębiorstw w różnych sektorach gospodarki

W ramach realizacji strategii neutralności klimatycznej Polska opracowała 8 celów szczegółowych:

1. Optymalne wykorzystanie własnych zasobów energetycznych.
2. Rozbudowę infrastruktury wytwórczej i sieciowej energii elektrycznej.
3. Dywersyfikację dostaw i rozbudowa infrastruktury sieciowej gazu ziemnego, ropy naftowej i paliw ciekłych.
4. Rozwój rynków energii.
5. Wdrożenie energetyki jądrowej.
6. **Rozwój odnawialnych źródeł energii zmierzający do obniżenia emisji CO_2 w ramach istotnych sektorów gospodarki: energetyka, rolnictwo, budownictwo, transport i przemysł.**
7. Rozwój ciepłownictwa i kogeneracji.
8. Poprawę efektywności energetycznej.

Zakres tematyczny publikacji, przedstawione wyniki badań i rekomendacje autora zmierzające do realizacji przyjętej strategii osiągnięcia przez Polskę neutralności klimatycznej, tj. zeroemisyjności netto opierają się o szczegółową analizę celu nr 6. Badania podzielono na cztery główne zakresy tematyczne, w których przedstawiono z osobna wiele osiągnięć naukowych w zakresie: energetyki, rolnictwa, budownictwa i przemysłu. Transport i związana z nią elektryfikacja została celowo pominięta w rozważaniach przez autora z uwagi na dostępne szerokie kompendium wiedzy tej tematyki w literaturze. Wymienione sektory gospodarki mają istotny i realny wpływ na trwającą transformację energetyczną w Polsce zmierzającą do wypełnienia zobowiązań emisyjnych wobec UE i dają pozytywny impuls gospodarce krajowej zapewnianiając jej bezpieczeństwo energetyczne. Mając to na uwadze autor w 4 głównych sektorach gospodarki przedstawia zbiorcze kompendium wiedzy poznawczej, aplikacyjnej i wskazuje kierunki zmierzające do poprawy neutralności klimatycznej w ujęciu krajowym i regionalnym.

✓ ***Omówienie merytoryczne zawartości poszczególnych artykułów zgłoszonych jako osiągnięcia naukowe***

▪ ***Główne osiągnięcia naukowo-badawcze w ramach sektora - Energetyka***

W ramach zakresu badań nad osiągnieciem pierwszym autor:

1. Dokonał analizy skutków: zarządczych, socjalnych i środowiskowych kombinacji trzech różnych scenariuszy rozwoju polskiego sektora energetycznego, które zdaniem autora mają strategiczne znaczenie w kontekście bezpieczeństwa energetycznego kraju.

   Badania zrealizowano metodą scenariuszową bazującą na logice intuicyjnej. Metoda ta pozwoliła określić mapę drogową polskiej transformacji drogowej.

2. Opracował zbiorcze wyniki dotyczące opłacalności wykorzystania wszystkich potencjalnych źródeł odnawialnych w Polsce.

   Badania wykonano przy użyciu modeli NPV i IRR, których wyniki posłużyły do obliczenia kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastąpienia paliw kopalnych technologiami odnawialnych źródeł energii.

3. Zbadał, jaki potencjał wykorzystania mocy ma elektrownia wiatrowa w krajowym miksie energetycznym.

   W ramach badań zbudowano model krótkoterminowego prognozowania mocy wiatrowej z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji - jądra uniwersalnego Pearsona i potwierdzono jego skuteczność do prognozowania w warunkach rzeczywistych.

4. Zbudował model, który ułatwi operatorom spółek energetycznych, skuteczne wspomaganie podejmowanych decyzji w faktycznym prognozowaniu zapotrzebowania na energię elektryczną, co pozwala zmniejszyć emisję CO_2 z tytułu produkcji jego nadwyżek.

   Do budowy modelu wykorzystano mierniki metod ilościowych. Na podstawie danych ze spółki dystrybucyjnej dokonano jego weryfikacji i przeprowadzono analizę zysków i strat w warunkach rzeczywistego funkcjonowania.

5. Określił determinanty warunków brzegowych przy których istnieje inwestycyjne i środowiskowe uzasadnienie podjęcia przez potencjalnych inwestorów decyzji biznesowych w realizację projektu produkcji energii elektrycznej na własne potrzeby.

   Do określenia determinatów inwestycji w domowe mikroinstalacje fotowoltaiczne PV i kolektory słoneczne wykorzystano: specyfikację techniczną urządzeń, normy krajowe i międzynarodowe, przepisy prawne. Zebrane dane pozwoliły wykonać obliczenia techniczne i zaproponować rozwiązania konstrukcyjne dotyczące zasad doboru optymalnego rodzaju inwestycji dla prywatnego podmiotu pod względem technicznym i środowiskowym.

Zaproponowane metodologie wykraczają poza dotychczasowe narzędzia oceny regulowane przez politykę energetyczną oraz ujęte w dostępnej literaturze w danej tematyce. Analiza poszczególnych przedsiębiorstw pozwala zoptymalizować dokonane wybory dotyczące inwestycji w zieloną energię pod kątem: zarządzania (wiedzą, środowiskiem), ekonomicznym (kosztów inwestycji, potencjalnych oszczędności na poziomie ogólnych kosztów energii); środowiskowym (niższe zużycie energii, tym samym emisji CO_2, mniejsze opłaty środowiskowe); społeczne (redukcja negatywnego wpływu na zdrowie ludzkie). Można wnioskować, że zaproponowana metodyka 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.

Sektor energetyczny odpowiada za około 34% emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Sektor ten od ponad dekady stoi na rozdrożu pomiędzy pilną modernizacją i dekarbonizacją a utrzymaniem *status quo* w sektorze wydobywczym i energetyce węglowej. Wzrost cen uprawnień w systemie EU ETS, spadająca konkurencyjność krajowego węgla kamiennego oraz inne obszary polityki klimatycznej, w połączeniu z rosnącą świadomością obywateli i rozwojem OZE, będą prowadzić do „zazieleniania" energetyki. Jednocześnie, z powodu postępującej elektryfikacji gospodarki, spodziewany jest znaczący wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną.

Wykonane badania w ramach zakresu tematycznego „*energetyka zawodowa i prosumencka*" miały charakter badawczo-analityczny [**H1-H5**]. Badania rozpoczęto od wskazania kierunków rozwoju źródeł nisko i zeroemisyjnych w procesie transformacji sektora energetycznego w Polsce. W ramach tych badań metodą scenariuszową bazującą na logice intuicyjnej przeanalizowano zarządcze, socjalne i środowiskowe skutki trzech różnych scenariuszy rozwoju sektora energetycznego w Polsce. Każdy z nich zakładał inną strukturę kombinacji źródeł wytwórczych jako podstawy działalności tego sektora – od przewagi elektrowni opalanych węglem, poprzez mix różnych źródeł z udziałem energii jądrowej, a skończywszy na dominacji OZE. Badania empiryczne przeprowadzono z wykorzystaniem aktualnych danych makroekonomicznych obrazujących powiązania międzysektorowe w polskiej gospodarce. Wyliczone jednostkowe mnożniki inwestycyjne i operacyjne umożliwiły oszacowanie efektów makroekonomicznych dla rozpatrywanych scenariuszy rozwoju. Uzyskane wyniki empiryczne pozwalają w szczególności twierdzić, że w najbliższych 20 latach możliwe jest utrzymywanie w branży PV stabilnego poziomu zatrudnienia – w zależności od rozpatrywanego scenariusza od 25 do 45 tysięcy miejsc pracy. Wyniki tego opracowania przedstawiają zarówno pozytywne aspekty inwestycyjne jak i krytyczną ocenę możliwości i zagrożenia związane z ewentualnym wdrożeniem poszczególnych scenariuszy.

W dalszej części badań dokonano oceny efektywności technologii odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz ocenę korzyści ekologicznych z wykorzystania tych technologii. Kluczem do wyprowadzenia wiarygodnych wniosków systemowych w proponowanych opracowaniach **[H3-H5**] była ocena mikroekonomiczna technologii OZE, której uogólnione wyniki pozwoliły wykonać obliczenia krańcowych kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych z tytułu zastąpienia paliw kopalnych energią ze źródeł odnawialnych. Charakter badawczy pracy wynikał z konieczności pozyskania oryginalnych, wiarygodnych i sprawdzonych danych wejściowych do modelu porównawczej oceny różnych technologii OZE. Do analizy przyjęto najbardziej rozpowszechnione technologie OZE w Polsce. Dane zbierano metodą ankietową z wykorzystaniem specjalnie przygotowanych formularzy opisu reprezentatywnych funkcjonujących instalacji dla różnych technologii oraz z wykorzystaniem bazy danych Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej o zrealizowanych inwestycjach w sektorze OZE. Zebrane dane zweryfikowane zostały rozmowami z użytkownikami, a w uzasadnionych przypadkach wizytą. Narzędziem do wykonania porównawczych studiów opartych na uzyskanych danych wejściowych, była spójna i jednolita w odniesieniu do wszystkich źródeł i technologii metodyka analizy danych i oceny wyników. Metodyka ta opierała się na pojęciach dyskontowanych wpływów i wydatków określonych w literaturze anglojęzycznej jako strumienie pieniądza - cash flows. Metoda ta standardowo prowadziła do określenia

następujących parametrów przedsięwzięcia inwestycyjnego jak: wartość kapitałowa netto (*NPV*), wewnętrzna stopa zwrotu (*IRR*) i okres zwrotu kapitału zainwestowanego (*PBT*). Parametrami zmiennymi rozpatrywanymi w ocenie warunków opłacalności inwestycji w energetyce odnawialnej były: poziom dotacji do inwestycji, stopa preferencyjnego oprocentowania kredytów inwestycyjnych, stopa przyspieszonej amortyzacji, stawka podatku VAT na urządzenia, obniżona stawka lub zwolnienia z podatku dochodowego, oraz ewentualna dopłata do ceny energii sprzedawanej przez niezależnego dostawcę energii ze źródeł odnawialnych do sieci. Uzupełnieniem wykonanej oceny wykorzystania technologii OZE była ocena korzyści ekologicznych. Przyjętym w pracy kryterium oceny ekologicznej była ocena potencjału i kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastąpienia paliw kopalnych technologiami odnawialnych źródeł energii. Opracowany arkusz obliczeniowy umożliwił ocenę opłacalności dowolnej inwestycji przy założeniu określonych danych dotyczących wysokości nakładów inwestycyjnych, sposobu ich finansowania, kosztów funkcjonowania, obciążeń podatkowych, sposobu amortyzacji oraz przychodów w okresie do 20 lat. Do oceny opłacalności posłużono się następującymi wskaźnikami: okres spłaty, zaktualizowana wartość netto przyszłych przepływów pieniężnych (*NPV*), wewnętrzna stopa zwrotu (*IRR*). Zasadniczym elementem analizy był rachunek zysków i strat pro forma oraz zestawienie przepływów finansowych. Na wynik finansowy w danym roku wzięto pod uwagę: przychody ze sprzedaży energii elektrycznej, koszty eksploatacyjne, do których zaliczono: roczne koszty przeglądów, napraw; dodatkowe opłaty eksploatacyjne, inne koszty napraw wyrażone w procencie nakładów inwestycyjnych poniesionych na uruchomienie, amortyzację całości inwestycji, odsetki od spłacanego kredytu, podatek dochodowy. Uzyskany zysk netto był podstawą do wyznaczenia nadwyżek pieniężnych w danym roku. Drugą z metod oceny projektu inwestycji jaką wykorzystano w obliczeniach była zaktualizowana wartość przyszłych przepływów pieniężnych netto (*NPV*). Metoda ta opiera się na metodologii zdyskontowanych przepływów środków pieniężnych. Obliczenia *NPV* wykonano wg następującej zasady: wyznaczono wartość obecną (tzn. na rok „0") przepływów pieniężnych zdyskontowanych w każdym okresie wg kosztu kapitału (stopy dyskontującej); uzyskaną sumę zdyskontowanych przepływów pieniężnych określono jako *NPV* projektu i jeżeli *NPV* uzyskało wartość dodatnią - projekt został przyjęty, jeśli nie to go odrzucono. Uzupełnieniem metody *NPV* była metoda *IRR* (wewnętrzna stopa zwrotu) definiowana jako stopa dyskontowa, która zrównuje wartość obecną oczekiwanych przepływów pieniężnych z wartością obecną oczekiwanych kosztów (nakładów inwestycyjnych) i okres zwrotu kapitału zainwestowanego (*PBT*). Uzupełnieniem wykonanej oceny wykorzystania technologii OZE było wskazanie korzyści ekologicznych. Przyjętym w pracy kryterium ekologicznym była ocena potencjału i kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastąpienia paliw kopalnych technologiami odnawialnych źródeł energii. Ponadto, w artykule [H3] zaprezentowano wyniki obliczeń spoziomowanych kosztów redukcji emisji oraz parametrów dodatkowych: spoziomowany roczny koszt redukcji emisji *GHG* wyrażony w zł eksploatacji badanej instalacji wykorzystującej OZE, redukcja emisji ekwiwalentu CO_2 z tytułu wykorzystania danej technologii OZE wyrażona w tonach CO_2 eq/rok, przy zastosowaniu współczynnika przeliczeniowego *GWP* odpowiadającego 100-letniemu okresowi obecności *GHG* w atmosferze. Część z technologii OZE charakteryzuje się ujemnym spoziomowanym kosztem redukcji emisji *GHG* (kolektory słoneczne, mała elektrownia wodna oraz technologie wykorzystania gazu wysypiskowego i biogazu z

gnojowicy), pozostałe mają dodatnie koszty redukcji emisji. Koszty ujemne oznaczały, że redukcja emisji praktycznie nie wymaga ponoszenia dodatkowych kosztów, a wręcz przeciwnie, w dłuższym horyzoncie czasowym przynosi zyski.

Na podstawie skonstruowanego modelu zarządczego do oceny rentowności inwestycji z silnie skorelowanymi danymi z instalacji PV, które są bardzo często pomijane w literaturze, wykazano, że analizowane projekty zaczną przynosić w zależności od ich rodzaju i specyfikacji technicznej wymierne korzyści w postaci zmniejszenia ilości energii zakupionej w ujęciu rocznym oraz korzyści środowiskowe w formie redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Ponadto obliczenia wskazują na wysoki potencjał wykorzystania niektórych źródeł odnawialnych w Polsce, co przyczynia się do wypełnienia zobowiązań energetycznych i emisyjnych wobec UE. Wykonane analizy i badania polskiego rynku energetycznego za pomocą prezentowanych modeli wykazały, że projekt w ich realizację jest w pełni uzasadniony i pozwoli inwestorom podjąć racjonalną decyzję o właściwym doborze konkretnego OZE dla swojej inwestycji. Prezentowane modele zarządcze do oceny rentowności z inwestycji w OZE mogą być z powodzeniem wykorzystane w innych krajach, jak również mogą stanowić punkt wyjścia do dyskusji o kierunku rozwoju energetyki.

W artykule zarekomendowano, że wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych, oprócz wymiernych rynkowo elementów kosztów i korzyści związanych z realizacją tych przedsięwzięć występują również tzw. zewnętrzne koszty i korzyści, które nie są wycenione na rynku. Wymienić tu można np.:

- po stronie potencjalnych korzyści zewnętrznych:
  - korzystne oddziaływanie na lokalne rynki pracy poprzez tworzenie dodatkowych miejsc pracy przy produkcji i obsłudze urządzeń małej energetyki odnawialnej,
  - korzystne, synergiczne powiązania rozwoju odnawialnych źródeł energii (zwłaszcza biopaliwa) z wprowadzaniem zmian strukturalnych w rolnictwie, koniecznych zarówno z punktu widzenia poprawy efektywności produkcji rolnej w Polsce jak również ze względu na wymagania procesu połączenia Polski z Unią Europejską,
  - redukcja emisji lokalnych zanieczyszczeń powietrza (SO_2, NOx, pyły, metale ciężkie) i zmniejszenie przez to strat środowiskowych (które obecnie tylko po części rekompensowane są poprzez opłaty za emisję) spowodowanych: degradacją ekosystemów leśnych, rolnych i wodnych, przyśpieszoną korozją elementów budowli, maszyn i urządzeń, niekorzystnym wpływem zanieczyszczeń na zdrowie ludzkie, itp.,
  - wzrost prestiżu politycznego (i to zarówno na poziomie społeczności lokalnych jak i całego kraju) w związku z troską o środowisko przyrodnicze i zrównoważony rozwój gospodarczy, oraz stworzenie możliwości zmniejszenia luki cywilizacyjnej pomiędzy obszarami wiejskimi i peryferyjnymi a regionami zurbanizowanymi a także wzrost przedsiębiorczości poprzez wprowadzenie w kraju nowych technologii,

- łatwiejsze wywiązanie się kraju ze zobowiązań międzynarodowych dotyczących redukcji emisji zanieczyszczeń lokalnych i gazów cieplarnianych (głównie CO_2), a przez to zmniejszenie kosztów działań, które muszą być podjęte dla osiągnięcia wymaganych przez odpowiednie konwencje limitów emisji w skali kraju.

- a po stronie potencjalnych kosztów zewnętrznych:
  - zajęcie terenu (dotyczy to jedynie tych przypadków, w których istnieją alternatywne, atrakcyjne środowiskowo sposoby zagospodarowania terenu),
  - problemy na rynkach pracy tradycyjnych nośników energii (np. w sektorze węglowym), które mogą towarzyszyć spadkowi popytu na te nośniki w związku z rozwojem energetyki odnawialnej na dużą skalę.

Indywidualny przedsiębiorca nie bierze powyższych czynników pod uwagę przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Jednak elementy te powinny być brane pod uwagę przez samorządy lokalne i centralną administrację państwową, ponieważ przedsiębiorstwo nie odczuwa obecnie ich skutków ani po stronie kosztów ani też po stronie korzyści. Koszty i korzyści zewnętrzne mogą być internalizowane, czyli wprowadzane do systemu rynkowego poprzez odpowiednie inicjatywy legislacyjne oraz decyzje wykonawcze zarówno na poziomie centralnej administracji państwa, jak i władz samorządowych. Przykładami istniejących już metod internalizacji mogą być: obowiązujące opłaty za gospodarcze korzystanie ze środowiska, obciążające głównie konwencjonalne technologie energetyczne; obowiązek zakupu energii elektrycznej i ciepła ze źródeł odnawialnych przez operatorów sieci energetycznych po wyższej cenie; redystrybucja opłat za korzystanie ze środowiska na dofinansowywanie inwestycji ekologicznych itp.

Wyniki badań uzyskane w publikacjach [H3-H5] w których wskazano m.in. że inwestycje w określone źródła energii odnawialnej zaczną przynosić w zależności od ich rodzaju zastosowania, lokalizacji i specyfikacji technicznej wymierne korzyści w postaci zmniejszenia ilości energii zakupionej oraz korzyści środowiskowe w formie redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery, skłoniły autora do wykonania kolejnych badań dotyczących prognozowania energii na rynku lokalnym [**H1-H2**]. Celem tych artykułów było prognozowanie: zapotrzebowania na energię elektryczną z energetyki zawodowej na lokalnym rynku [**H2**] i z uwzględnieniem zainstalowanych wybranych technologii OZE [**H1**]. Wypracowanie skutecznych modeli prognostycznych daje wymierne korzyści z inwestycji w projekty odnawialnych źródeł energii. Mając to na uwadze, autor do wykonania tych badań wykorzystał metody ilościowe jako mierniki prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną. Dla rozwoju lokalnego rynku energii elektrycznej potrzebne są prognozy krótkoterminowe o horyzoncie od 1 do 2 godzin. Prognozy te (zwłaszcza ta na godzinę przed dostawą) muszą być obarczone jak najmniejszym błędem, gdyż na podstawie tej prognozy podejmuje się decyzję o działaniach bilansujących na lokalnym rynku energii elektrycznej. Dla realizacji tego celu zostały zbudowane modele prognostyczne oparte o metody klasyczne oraz metody sztucznej inteligencji. Ze względu na okresowy charakter badanego szeregu czasowego została przeprowadzona szczegółowa analiza sezonowości oraz okresowości danego sygnału przy pomocy analizy spektralnej oraz autokorelacji. Po wybraniu modelu prognostycznego przeprowadzono na nim szereg analiz możliwości zastosowania tego modelu przy

prognozowaniu godzinowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Celem tej analizy było wykazanie możliwości dokonywania bilansowania niedoboru energii na rynku lokalnym. Najbardziej pożądana wartość błędu prognozy to przedział ±1%, gdyż cena bilansowania w tym paśmie jest najmniejsza. Wynika to z regulaminu rynku bilansującego, na którym funkcjonują trzy różne ceny odchyłki, oddzielnej dla zakupu, sprzedaży oraz dla pasma odchyłki ±1%. Zaproponowany system bilansowania odchyłki na rynku godzinowym opierał się na porównywaniu prognozy wykonanej na godzinę przed dostawą z prognozą wykonaną dobę wcześniej dla tej samej godziny. Wyniki analizy zastosowania systemu bilansowania na rynku lokalnym z wykorzystaniem modelu godzinowego prognozowania SARIMA pokazały, że zysk zastosowania systemu jest rzędu 2-9%. Mimo dużej rozpiętości wyniki te są bardzo obiecujące. W celu poprawienia tego wyniku, opracowano w ramach działań korygujących system ekspertowy oparty o zasady logiki rozmytej wspomagający podejmowanie decyzji o włączeniu lub wyłączeniu danej godziny do systemu bilansowania. System ten analizuje błąd prognozy z godziny wcześniejszej oraz różnice między prognozą a wartością rzeczywistą w dobie wcześniejszej. Na podstawie tych informacji ocenia się ryzyko bilansowania wybranej godziny. Utworzenie lokalnego godzinowego rynku energii elektrycznej z uwzględnieniem modelu prognozowania przez autora stało się możliwe i opłacalne, zaś wzajemna współpraca wytwórców energii elektrycznej oraz spółek dystrybucyjnych przynosi wymierne korzyści finansowe dla każdej ze stron tego rynku.

W ramach zbadania skuteczności wykorzystania metod prognozowania energii dla różnych instalacji OZE autor w pracy [**H1**] przedstawił wyniki badań dla jednej z instalacji energetyki wiatrowej. Ponieważ energia pozyskiwana z wiatru charakteryzuje się dużą zmiennością mocy wyjściowej i niską dyspozycyjnością, konieczne jest zatem przewidywanie ich przyszłej produkcji energii dla celów społecznych. Celem pracy było opracowanie i zbadanie metod prognostycznych pozwalających zwiększyć dokładność predykcji mocy elektrowni wiatrowej przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji. W opracowaniu zbadano potencjał różnych modeli GPR (Regresji Procesu Gaussa) opartych na funkcjach jądra. W szczególności zaproponowane modele dedykowane były do predykcji krótkoterminowej. Analiza opierała się na pracy 6 elektrowni wiatrowych zlokalizowanych na terenie Polski. Do szkolenia i testowania proponowanych modeli wybrano łącznie 120 zestawów danych wejściowych, a następnie zweryfikowano ich wpływ na zmianę dokładności wykonanych prognoz. W wyniku przeprowadzonych badań, zaproponowano i przetestowano różne struktury modeli prognostycznych, w celu wyboru najkorzystniejszego wariantu. Porównano opracowane modele oparte na metodzie GPR i wskazano model (PUK) jądra uniwersalnego Pearsona do możliwości skutecznego prognozowania. Wyniki przewidywania tego modelu okazały się najdokładniejszymi i są zgodne z rzeczywistymi wartościami, co pozwoliło w ten sposób zweryfikować wykonalność i skuteczności zastosowania tego modelu do prognozowania. W morzu danych metody uczenia maszynowego skutecznie tworzą modele prognostyczne bez konieczności żmudnej ingerencji analityka w przygotowanie danych i wieloetapową analizę. Zaproponowane modele pozwalają na dowolnie częstą aktualizację postaci modeli prognostycznych, nawet po każdym uzupełnieniu zbioru danych i umożliwiają wykonanie prognoz porównywalnych lub niejednokrotnie lepszych od modeli, co potwierdza ich skuteczność.

W ramach tej części badań zaproponowano system prognozowania energetyki wiatrowej oparty na wielu metodach uczenia maszynowego. Wykazano, że wszystkie analizowane modele generowały prognozy z podobną, wysoką dokładnością. Model GPR-PUK, z MAPE równym 18,5% był najdokładniejszy z pośród wszystkich analizowanych. Ta metoda prognozowania, nie była do tej pory zbyt często prezentowana w literaturze, więc trudno porównywać uzyskane wyniki z badaniami innych autorów. Wyniki przedstawione w postaci wskaźników błędów, wykresów rozproszonych, tabel i diagramów Taylora potwierdziły, że wszystkie prezentowane metody mogą przewidywać produkcję energii z wyprzedzeniem i z dużą dokładnością, chociaż istnieją pewne różnice w wynikach. W ramach tych badań podjęto wysiłki w celu stworzenia różnych modeli regresji opartych na funkcjach jądra, tj. GPR-RBF, GPR-Poly i GPR-PUK, które można wykorzystać do przewidywania mocy uzyskanej energii z turbin wiatrowych. Stwierdzono, że model GPR-PUK oparty na funkcjach jądra Pearson VII sprawia, że prognozy są dokładne i przewyższają inne modele dla tego zestawu danych. Co więcej, model jądra PUK wykazywał lepszą zgodność z obserwowanymi danymi opartymi na wykresach rozrzutu wartości rzeczywistych i przewidywanych, co wskazuje, że ma on potencjał do szerszych zastosowań w analizowanym prognozowaniu. Szczególne przypadki zostały zbadane zarówno z bardzo dokładnymi prognozami produkcji energii, jak i z dużymi błędami. W stabilnych warunkach pogodowych, przy umiarkowanej prędkości wiatru, wszystkie modele przewidywały produkcję energii wiatrowej z dużą dokładnością, ale gdy warunki meteorologiczne są bardzo niestabilne lub prędkość wiatru jest wyjątkowo wysoka, możemy spodziewać się wzrostu błędów predykcyjnych. W przypadku proponowanej metody duży wpływ na wyniki ma dokładność prognoz numerycznego przewidywania pogody i wystarczająco długiej bazy danych z produkcją energii wiatrowej i podobnym poziomem turbin wiatrowych zainstalowanych na badanym obszarze. W przypadku ekstremalnych warunków pogodowych, których nie było w zbiorze danych treningowych, wyniki tej metody mogą mieć nieoczekiwane błędy. W ramach przyszłych pracach planuję opracować większą liczebność próby, która nie tylko da najlepszą możliwą prognozę, ale także wytworzy informacje probabilistyczne, które pomogą w procesie decyzyjnym. Ponadto, przyszłe badania skoncentrują się na sprawdzeniu i wykorzystaniu innych algorytmów, takich jak XGBoost, ewolucyjna regresja wielomianowa i programowanie ekspresji genów, do prognozowania produkcji energii przez farmy wiatrowe.

- ***Główne osiągnięcia naukowo-badawcze w ramach sektora - Rolnictwo***

W ramach zakresu badań nad osiągnieciem drugim autor:

1. Przeanalizował bazę surowcową do pozyskiwania biogazu z bioodpadów oraz wykonał obliczenia na podstawie których określił wydajność biogazu rolniczego na cele energetyczne z uwzględnieniem ogólnego bilansu masowego.
2. Wyznaczył wielkość produkcji biogazu, w tym: ilość energii wymaganej dla agregatu o założonej mocy, ilość wytworzonej czystej energii elektrycznej i cieplnej bez emisji CO_2, produkcję dobową biogazu wymaganą dla uzyskania potrzebnej ilości energii.
3. Wyznaczył suchą masę organiczną z hodowli bydła.

4. Wyznaczył produkcję dobową biogazu z gnojowicy z hodowli bydła.
5. Obliczył produkcję dobową biogazu z odpadów organicznych i z kiszonki kukurydzy zwyczajnej.
6. Określił łączną masę wsadu surowcowego kierowanego do komór fermentacji, w tym suchą i mokrą masę organiczną.
7. Obliczył zapotrzebowanie na ciepło na ogrzanie wsadu komór fermentacji o produkcję energii cieplnej, którą można wykorzystać w procesie kogeneracji.
8. Oszacował dobowe zapotrzebowanie na kiszonkę kukurydzy zwyczajnej i na tej podstawie określił wymagania powierzchni areału uprawy.

   Wynikiem tych badań było zbudowanie diagramu bilansu masy surowców i produktów do instalacji przetwarzającej na biogaz: kiszonkę kukurydzy zwyczajnej, odpady organiczne oraz gnojowicę z odpadów bydła. Dane do badań zostały zaczerpnięte z przykładowych gospodarstw domowych.
9. Przeanalizował proces produkcji biodiesla i określił wszystkie składowe podczas uprawy surowca wpływające na poziom emisji procesu produkcji biodiesla do zasilania maszyn rolniczych i nie tylko.
10. Wykonał obliczenia na podstawie różnych sposobów alokacji i wyznaczył ogólny bilans masowy całego procesu produkcji w oparciu o udziały w masie, energii i finansach.

Aby osiągnąć założone przez UE cele emisyjne dla Polski, konieczne jest uznanie za priorytet rozwój technologii OZE w ramach sektora energetycznego. Ograniczenie emisji szkodliwych substancji do powierza wymaga równoczesnego podjęcia szeregu działań. Ważną pozycję w tej kwestii w ramach zrównoważonego rozwoju kraju zajmuje rolnictwo. Stało się ono w ostatnich latach poprzez pozyskiwanie i wykorzystanie biogazu istotnym sektorem gospodarki w kierunku rozwoju odnawialnych źródeł energii. Dotychczasowe źródła biogazu (składowiska odpadów, oczyszczalnie ścieków, biogazownie rolnicze) stanowią jedynie niewielką część jego możliwości produkcyjnych. Obecnie biogaz można produkować w biogazowniach energetycznych wyłącznie z biomasy, np. kiszonki, kukurydzy czy zbóż. Produkcja biogazu na dużą skalę może zapewnić zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, zmniejszenie deficytu gazowego państwa, uniezależnienie się od importu gazu oraz wypełnienie zobowiązań unijnych dotyczących produkcji biopaliw i energii z OZE. Celem artykułu [**H6**] z cyklu publikacji powiązanych tematycznie było przedstawienie aktualnego stanu i perspektyw rozwoju rynku producentów biogazu rolniczego w Polsce. W ramach badań przeanalizowano bazy surowcowe do pozyskiwania biogazu z bioodpadów oraz określono wydajność biogazu rolniczego na cele energetyczne. Na podstawie zgromadzonych danych i przyjętych założeń przeprowadzono obliczenia pozwalające oszacować potencjał energetyczny biogazu wyprodukowanego z surowców rolniczych z uwzględnieniem ogólnego bilansu masy. Wykonane badania wskazują, że w przypadku gospodarstw zajmujących się hodowlą i produkcją roślinną istnieją przesłanki, by uzyskać odpowiednią ilość odpadów do produkcji biogazu, a w konsekwencji do wytwarzania energii elektrycznej oraz cieplnej. Produkcja biogazu może się odbywać na bazie materiału odpadowego pochodzenia rolniczego zarówno

zwierzęcego, jak i roślinnego. Wykorzystanie substratu w postaci mieszaniny gnojowicy z kiszonką z kukurydzy zapewnia uzyskanie około 6 968 000 m^3 ilości biogazu, możliwość utylizacji gnojowicy oraz produkcję około 16 000 MWh „zielonej energii elektrycznej" w układach kogeneracyjnych. Koferment kiszonki z kukurydzy użyty do produkcji biogazu ma duży potencjał energetyczny i stabilną jakość, dzięki czemu możliwe jest planowanie zapasów na potrzeby zaopatrzenia biogazowni. Ponadto stosowanie biopaliw wpływa korzystnie na środowisko, ponieważ ogranicza wykorzystywanie naturalnych zasobów paliw kopalnianych oraz przyczynia się do zmniejszenia efektu cieplarnianego. Produkcja biogazu rolniczego pozwala też wykorzystać odpady przemysłu rolno-spożywczego oraz wytwarzany przez gospodarstwa rolne obornik i odpady roślinne do produkcji zarówno ekologicznego paliwa, jak i nawozów naturalnych. Dzięki temu można zapobiec zagrożeniu przedostawania się biogazu do atmosfery, co przyczynia się do zmniejszania efektu cieplarnianego oraz ogranicza ryzyko powstawania niekontrolowanych pożarów spowodowanych wypalaniem odpadów przez rolników. W procesie produkcji biogazu rolniczego, wykorzystując mniejszą ilość substratów (obornika i odpadów roślinnych), można wyprodukować o około 50% więcej produktu finalnego niż podczas produkcji biogazu wysypiskowego, ze względu na skład biochemiczny substratów, a co za tym idzie – prostszy i bardziej opłacalny sposób ich fermentacji, co doskonale wpisuje się w nurt transformacji energetycznej Polski.

Istotnym elementem w tej tematyce prac badawczych było wykonanie w pracy [**H7**] szczegółowych analiz potencjału ograniczenia emisji gazów cieplarnianych przy wykorzystaniu techniki LCA (Life Cycle Assessment - Ocena Cyklu Życia) w produkcji biopaliw. Dzięki metodom alokacji, czyli rozdzieleniu całkowitej emisji GHG pomiędzy każdy z produktów powstałych przy produkcji biopaliwa, możliwe jest ograniczenie emisji tych gazów nawet do 35% w stosunku do produkcji i spalania paliw powstałych z ropy naftowej. W ramach niniejszej pracy przeanalizowano proces produkcji biodiesla pod kątem emisji gazów cieplarnianych (GHG). Na podstawie uzyskanych wyników zidentyfikowano kluczowe czynniki mające wpływ na poziom emisyjności procesu produkcji biodiesla. Ponadto, ustalono wszystkie składowe emisji GHG powstającej podczas uprawy surowca używanego do wyprodukowania finalnego biokomponentu oraz określono ich zasadność. Badaniom poddano rzepak – surowiec rolny najczęściej wykorzystywany w Polsce do produkcji oleju roślinnego, z którego na dalszym etapie wytwarzane są estry metylowe kwasów tłuszczowych. Obliczenia wykonane w ramach badań oparto na danych rzeczywistych pozyskanych z różnych podmiotów. Otrzymane dane zostały uśrednione i posłużyły jako dane wejściowe do obliczeń emisji gazów cieplarnianych. Dla oceny wrażliwości wyników przyjętej metody alokacji dokonano obliczeń emisji GHG przy przyjęciu metody alokacji na podstawie udziałów masowych, energetycznych oraz finansowych. Ze względu na to, że na potrzeby spełnienia wymagań dyrektywy 2009/28/WE emisja GHG dla etapu upraw podawana jest w g CO_2eq w przeliczeniu na 1 MJ uzyskanego biopaliwa, otrzymaną emisję dla tony surowca rolnego przeliczono z uwzględnieniem wszystkich następujących po sobie procesów przeróbki. W przypadku rzepaku są to najczęściej procesy prowadzące do wytworzenia estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME). W tym celu prowadzono obliczenia z wykorzystaniem współczynników konwersji dla danego procesu przeróbki oraz zastosowano współczynniki alokacji emisji uwzględniające rodzaj otrzymywanych produktów: głównego oraz ubocznych.

W ramach badań - alokację przeprowadzono:

- na podstawie wielkości fizycznych (masa, zawartość energii),

  Metoda ta bazuje przypisaniu emisji GHG do każdego z powstałych produktów i produktów ubocznych wprost proporcjonalnie do ich uzyskania (w oparciu o bilans masowy lub energetyczny). W przypadku przyjęcia metody alokacji na podstawie bilansu masowego na początku obliczono masę produktów głównych i produktów ubocznych. Następnie, na podstawie ich procentowych udziałów w całkowitej masie produkcji (suma mas produktu głównego i produktu ubocznego), przypisano im procentową wielkość emisji.

- na podstawie wielkości ekonomicznych,

  Alokacja na podstawie wielkości ekonomicznych daje najmniej stabilne i mało porównywalne wyniki. Alokacja może być przeprowadzaniu w oparciu o ceny rynkowe surowców i finalnych produktów, ponoszone koszty produkcji, magazynowania, transportu produktu końcowego i produktów ubocznych. Analizy przeprowadzone w różnych regionach świata mogą się różnić od siebie, ponieważ ceny surowców i produktów ubocznych, a także koszty produkcji mogą się znacząco różnić w zależności od polityki gospodarczej państwa i od usytuowania regionu.

- na podstawie rozbudowanego systemu.

  Alokacja przeprowadzona metodą rozbudowanego systemu jest stosowana szczególnie przez naukowców z USA. Według koncepcji tej metody, granice systemu poszerzane są tak, aby objąć dodatkowo produkty alternatywne. Do obliczeń wliczana jest także działalność niepowiązana z cyklem życia danego produktu. Na początku należy zdefiniować ilość produkowanego biopaliwa i produktów ubocznych oraz produktów, które znajdują się na rynku i mogą być zastąpione przez produkty uboczne powstające przy produkcji biopaliwa. Następnie obliczany jest stosunek, w jakim dane produkty mogą być zastąpione przez produkty uboczne procesu produkcji biopaliwa, a następnie określany jest wpływ na środowisko produktów, które chcemy zastąpić. Może okazać się, że zamiana produktów istniejących na rynku na produkty uboczne procesu produkcji biopaliwa pomniejszy negatywny wpływ na środowisko, w cyklu życia biopaliwa.

Podsumowując tą część badań, artykuł omawia ostatnie postępy, które potencjalnie umożliwiają zrównoważoną transformację energetyczną, zieloną gospodarkę i neutralność węglową w sektorze biopaliw. W pracy wykazano, że wykorzystana technologia do produkcji biodiesla ma duże znaczenie dla zrównoważonego rozwoju. Możliwość wykorzystania do produkcji paliw surowców odnawialnych, prowadzi do zmniejszenia zużycia kopalin i mniejszej emisyjności zanieczyszczeń. Wykazano, że podczas spalania biodiesla ilość uwalnianych gazów, za wyjątkiem tlenków azotu, których jest wzrost o 13% , pozostałych składników jest znacząco niższa: CO_2 - 78%, CO - 43%, SO_2 100%, PM10 – 32% i węglowodorów lotnych – 63%. Ponadto, stwierdzono, że biodiesel ulega 5-krotnie szybszej biodegradacji w środowisku niż olej napędowy.

Dodatkowe najważniejsze wnioski z tych badań to:

1. Alokacja zanieczyszczeń pozwala na zmniejszenie całkowitej emisji GHG w cyklu życia produktu głównego (biodiesla) o około 31%, ponieważ emisja zostaje rozdzielona pomiędzy niego oraz produkt uboczny (glicerynę).
2. Najmniej korzystną metodą rozdziału emisji GHG jest alokacja finansowa, ponieważ jej wynik jest uzależniony od cen surowców użytych do produkcji oraz cen produktów finalnych i produktów ubocznych, które mogą różnić się w poszczególnych krajach świata. Wysoka cena biodiesla w stosunku do ceny gliceryny powoduje, że całkowita emisja GHG dla produktu głównego jest największa.
3. Alokacja zanieczyszczeń na podstawie udziałów masowych jest najkorzystniejszą metodą rozdziału emisji GHG, ponieważ przypisanie jej procentowych udziałów obliczane jest na podstawie faktycznie wyprodukowanych ilości produktu głównego oraz produktu ubocznego w ciągu roku. Całkowita ilość wyemitowanych gazów cieplarnianych przypisanych do produktu głównego jest najmniejsza.
4. Przeprowadzenie alokacji emisji GHG dla jednego etapu cyklu życia biopaliwa – transestryfikacji - nie wpływa znacząco na całkowitą wartość wytworzonych gazów cieplarnianych, ponieważ ten cykl nie składa się jedynie z procesu produkcji, ale również z uprawy i magazynowania surowców, transportu surowców do zakładu oraz transportu produktów finalnych do odbiorców.

- ***Główne osiągnięcia naukowo-badawcze w ramach sektora - Budownictwo***

W ramach zakresu badań nad osiągnieciem trzecim autor:

1. Na podstawie analizy wielokryterialnej wykonał ocenę rozwoju inteligentnych budynków z uwzględnieniem zmieniających się warunków społeczno-gospodarczych.
2. Przy użyciu symulacji komputerowych i wykorzystaniu narzędzi zarządzania wiedzą i środowiskiem opracował model biznesowy na przykładzie instalacji fotowoltaicznej budynku i zaopatrzenia go w ciepło o niemal zerowym zużyciu energii ze wskazaniem istotnego znaczenia strat i zysków ciepła w instalacjach grzewczych.
3. Na podstawie norm dokonał oceny standardu energetycznego budynków i możliwości ich projektowania w ramach technologii zasad budownictwa zrównoważonego.
4. Na podstawie wymogów budownictwa energooszczędnego, przedstawił założenia i wyniki analizy obliczeń wykorzystania instalacji energetycznych w budynkach mieszkalnych wykorzystujących zasoby OZE do bilansowania zużycia energii w różnych obszarach jej wykorzystania.
5. Wykonał obliczenia dotyczące wpływu zastosowania instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii na charakterystykę energetyczną budynku o różnej jakości przegród oraz poprawę efektywności energetyczno-ekologicznej zużytych paliw ze źródeł nieodnawialnych.

6. Wykonał przy użyciu narzędzi symulacyjnych walidację modelu obliczeniowego obciążeń cieplnych w budynkach w oparciu o normę PN-EN ISO 52016-1:2017-09 i zaproponował warunki obciążenia dla budynków nowej generacji oraz zarekomendował konkretne źródła ciepła dla tych budynków.

Elektryfikacja systemów ogrzewania w budownictwie staje się koniecznością i obowiązkiem. To najlepszy sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Jednym z podstawowych wyzwań współczesnego świata jest ograniczanie zużycia energii w budownictwie mieszkalnym. Wynika to z przyczyn ekologicznych. Im wyższe zużycie, tym wyższa emisja zanieczyszczeń do atmosfery. Zmniejszenie zużycia ma również wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego świata. Biorąc pod uwagę cały cykl życia, budynki zużywają około 41% energii pierwotnej w Polsce oraz są odpowiedzialne za emisję 38% dwutlenku węgla. Z emisją CO_2 z sektora budownictwa powiązany jest w naszym kraju problem złej jakości powietrza, spowodowany w dużej mierze emisją zanieczyszczeń pyłowych z kotłów na paliwa stałe (tak zwanej niskiej emisji). Większość istniejących budynków ma standard energetyczny na poziomie dalekim od poziomu, który obowiązuje dla wszystkich nowych i remontowanych budynków od 2021 roku. Natomiast docelowym, z punktu widzenia osiągnięcia przez Polskę w 2050 roku neutralności klimatycznej, powinien być standard zeroemisyjny budynku, rozumiany jako wartość zero wskaźnika emisji CO_2 znajdującego się na świadectwie charakterystyki energetycznej budynku. W wyniku zmniejszenia zapotrzebowania budynków na energię, możliwe będzie zredukowanie ponad 46 mln ton CO_2 i prawie 90 tys. ton pyłów rocznie. Wprowadzenie „głębokiej" termomodernizacji istniejących budynków, pozwoli zmniejszyć zużycie energii o około 35-85%. Optymalizacja zużycia energii ze szczególnym uwzględnieniem ograniczenia zużycia energii pierwotnej, a przy tym również emisji zanieczyszczeń do środowiska, jest jednym z najważniejszych działań Komisji Europejskiej w ramach celów i strategii w dziedzinie klimatu. Istnieją co najmniej dwie drogi osiągnięcia tak zdefiniowanego standardu zeroemisyjnego budynku. Pierwsza polega na osiągnięciu maksymalnej technicznie możliwej efektywności energetycznej budynku i wytworzeniu reszty potrzebnej energii z OZE w jego granicy bilansowej. Druga – na osiągnięciu standardu efektywności energetycznej budynku i pokryciu zapotrzebowania na energię z zeroemisyjnych sieci ciepłowniczych lub elektroenergetycznych.

Mając to na uwadze, artykuł [**H8**] przedstawia różne warianty termomodernizacji budynków zarówno prywatnych jak i usługowych z uwzględnieniem badań odnośnie do parametrów jakości przegród zewnętrznych i doboru odpowiedniego źródła instalacji grzewczej OZE. Wyniki przedstawione w tej części badań pozwolą przyszłym inwestorom na podjęcie świadomej decyzji w doborze właściwego wariantu termomodernizacyjnego dla spełnienia wymagań prawnych dla swojego budynku. Przedstawione warianty uwzględniają różne stopnie uzyskanej efektywności energetycznej i aspekty oceny poniesionych nakładów.

Użyty do badań dom jednorodzinny i obiekt biurowy został zaprojektowany na potrzeby projektu inżynierskiego na podstawie opracowania dotyczącego domu energetycznego. Obiekt został zamodelowany przestrzennie w programie Termocadia producenta Intersoft, a następnie przeprowadzono na nim obliczenia cieplne w kompatybilnym programie ArCADia TERMOCAD 7.1 zgodnie z normą PN-EN 12831. Dla celów obliczeniowych zgodnie

z wymogami budownictwa energetycznego dobrane zostały przegrody obiektu: okna, drzwi, stropodach, przegrody wewnętrzne, podłoga na gruncie szczegółowej analizie poddano 3 warianty ścian zewnętrznych. W dalszej kolejności dobrano urządzenia OZE konieczne do określenia zapotrzebowania obiektu na energię pierwotną i końcową oraz wykonano charakterystykę energetyczną budynku. W ramach badań przeanalizowano wpływ wykorzystania wybranych zasobów OZE (tj. pompy ciepła, instalacji fotowoltaicznej, kotła indukcyjnego, mini elektrowni wiatrowej) na charakterystykę energetyczną budynku, poprzez wykonanie wariantowych obliczeń zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla różnych opcji wyposażenia budynku w instalacje grzewcze wykorzystujące zasoby OZE. Uzyskane wyniki badań pozwalają w większości przypadków znacząco obniżyć ich wskaźniki EP zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Dla rozpatrywanego budynku przeanalizowano następujące warianty zastosowania instalacji OZE dla zaopatrzenia w energię na potrzeby w zakresie c.o. i przygotowania c.w.u. W obliczeniach charakterystyk energetycznych przyjęto wielkości współczynników przenikania ciepła, dla przegród zewnętrznych i oddzielających przestrzenie ogrzewane od nieogrzewanych, równe wartościom maksymalnym obowiązującym w normach. Obliczenia przeprowadzono dla różnych wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych, obowiązujących w danym okresie ich budowy.

Zastosowanie odnawialnych źródeł energii do zasilania budynków w ciepło pozwala znacząco obniżyć ich wskaźniki EP zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej. Z przedstawionych studiów przypadków wynika ponadto, że uzyskanie korzystnego wskaźnika EP nie oznacza równocześnie korzystnej wartości wskaźnika EK zapotrzebowania energii końcowej i odwrotnie. Każdorazowo decyzja o zastosowaniu danego rozwiązania zaopatrzenia budynku w energię, nie powinna wynikać z analizy tylko jednego z tych wskaźników, natomiast powinna uwzględniać wzajemne korelacje między tymi jednostkowymi wskaźnikami zapotrzebowania energii przez budynek. Większe efekty oszczędnościowe uzyskuje się dla budynków starszych z uwagi na ich pierwotnie większą energochłonność. Dla większości przypadków sama zamiana źródła konwencjonalnego na źródło oparte na OZE jest wystarczająca, by wielkość wskaźnika EP dla budynku po przebudowie była niższa od wartości referencyjnej. Wyjątkiem mogą być pompy ciepła, których napędy wykorzystują energię elektryczną, pochodzącą z krajowego systemu elektroenergetycznego, zasilanego energią elektryczną wytworzoną w źródłach konwencjonalnych. W tych przypadkach decydujące znaczenie ma wysoki współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej ustalony dla napędowej energii elektrycznej. Poprawa charakterystyki energetycznej budynku oznacza oszczędność zasobów nieodnawialnej energii pierwotnej. Dla istniejących budynków zamiana źródeł konwencjonalnych na źródła wykorzystujące energię odnawialną może być najskuteczniejszą metodą ich termomodernizacji. W celu zachęcenia właścicieli budynków do wykorzystywania odnawialnych źródeł energii konieczne jest stworzenie przez państwo szerszego systemu wsparcia oraz modyfikacja istniejących przepisów, umożliwiających im działalność prosumencką na rynku.

Aktualny stan jakości energetycznej nowo budowanych budynków w Polsce wynika z krajowych normatywów, określających dopuszczalną izolacyjność termiczną przegród budowlanych lub maksymalną wartość referencyjnego wskaźnika rocznego jednostkowego

zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Z przeprowadzonych w artykułach analiz wynika, że w każdym typie budynków (również w budynkach użyteczności publicznej), w których zastosowane będą instalacje wykorzystujące OZE, można w ich charakterystyce energetycznej obniżyć zapotrzebowanie konwencjonalnej energii końcowej i tym samym, w większości przypadków, podnieść ich efektywność energetyczną. Takie przedsięwzięcia są kwalifikowanymi środkami poprawy efektywności energetycznej w tym sektorze gospodarki. Jeśli stosowanie instalacji wykorzystujących zasoby OZE wdrożymy również w obiektach użyteczności publicznej i budynkach gospodarczych dla pokrycia ich potrzeb energetycznych, to wówczas dla całych zasobów nowo oddawanych lub termomodernizowanych budynków uzyskamy znaczną poprawę efektywności energetycznej użytkowania nośników konwencjonalnych. Ta tendencja w znacznym stopniu umożliwi realizację krajowych zadań w zakresie oszczędności energii końcowej, wynikających z postanowień Dyrektyw UE.

Do najważniejszych wyników tej części badań, które należy zaakcentować zalicza się:

1. Stosując pompę ciepła zamiast kotła na paliwo stałe ilość CO_2 wydzielanego do atmosfery zmniejsza się o prawie 90 % w skali roku i wynosi 2 935,83 kg CO_2/rok przy powietrznej pompie ciepła i 3196,79 kg CO_2/rok przy gruntowej pompie ciepła.
2. „Zerowa emisja" następuje przy rozwiązaniach, w których konsument sam produkuje prąd potrzebny do zasilenia pompy ciepła czy kotła indukcyjnego. Przedstawiono warianty z wytwarzaniem energii elektrycznej za pomocą turbiny o pionowej oraz poziomej osi obrotu, a także wykorzystując instalację fotowoltaiczną.
3. Fuzja pompy ciepła z systemem paneli fotowoltaicznych jest rozwiązaniem, które może być opłacalne zarówno ze względów ekologicznych, jak i środowiskowych. Wykorzystanie takiego hybrydowego systemu pozwala uniezależnić koszt ogrzewania od cen zewnętrznych, co w perspektywie wielu zmian na rynkach może być korzystne.

   Inwestycja w pompę ciepła jest rentowna. Wykazuje to break-even point, który pojawia się w 9. roku przeprowadzanej analizy – innymi słowy w 9. roku suma kosztów poniesionych z tytułu inwestycji jest mniejsza niż kwota uzyskana w wyniku zainwestowania środków pieniężnych i eksploatacji pompy. Jeżeli zastosujemy autokonsumpcję pompy ciepła z PV, więc wykorzystujemy w pełni prąd wyprodukowany przez panele inwestora i okres zwrotu inwestycji znacznie się skraca. Ponadto, wykorzystując obecne rządowe programy dofinansowania inwestycja ta jest w pełni uzasadniona ekologicznie.

   Kierunkiem rozwoju takiego hybrydowego rozwiązania z pewnością są systemy magazynowania (zarówno ciepła, jak i energii elektrycznej). Takie urządzenia, gdyby ich działanie było uzasadnione technicznie, mogłyby jeszcze bardziej zwiększyć samowystarczalność gospodarstwa domowego w kontekście zakupu energii.
4. Wykorzystując rozwiązanie z odnawialnymi źródłami energii z budynku wysoko energochłonnego o klasie energetycznej F dom może przy niewielkich nakładach stać się domem pasywnym o klasie energetycznej A+. Gospodarstwo domowe wówczas jest samowystarczalne energetycznie i nie dotyczą go ewentualne podwyżki cen energii czy przerwy w dostawie prądu.

Instalacje OZE, jako alternatywne wobec systemów konwencjonalnych, powinny stawać się standardem w projektowaniu budynków niskoenergetycznych. W niedalekiej perspektywie dla nowo oddawanych budynków będzie stawiany reżim standardu niemal zerowego zużycia energii. Osiągnięcie tych standardów w zapotrzebowaniu energii końcowej wymaga bezwzględnie włączenia lokalnych zasobów OZE do pokrywania tych potrzeb, poprzez projektowanie w budynkach instalacji mono- lub biwalentnych, zasilanych energią pozyskaną ze źródeł odnawialnych. Główne potrzeby energetyczne w budynkach mieszkalnych dotyczą ogrzewania i wentylacji pomieszczeń, co wynika ze statystycznej struktury zużycia energii w poszczególnych dziedzinach jej użytkowania. Jeśli główne działanie racjonalizujące zapotrzebowanie energii końcowej dla budynku skierujemy na poprawę efektywności energetycznej instalacji grzewczo–wentylacyjnej i instalacji do przygotowania ciepłej wody użytkowej, to uzyskać możemy maksymalny efekt energetyczno-ekologiczny. Te działania powinny obejmować termomodernizację przegród budowlanych i wdrażanie w maksymalnym zakresie instalacji c.o. i c.w.u., wykorzystujących zasoby OZE dla pokrycia wymaganych potrzeb energetycznych budynku. Ukierunkowane i przemyślane działania racjonalizujące zużycie energii końcowej dla potrzeb budynków nie powinny stanowić już wyzwania, lecz mają być koniecznym do wykonania zadaniem w zrównoważonej gospodarce.

Podsumowaniem badań z zakresu sektora budownictwa jest praca [**H9**], w której autor mając na uwadze znaczenie implementacji rozwoju zrównoważonego podmiotów prywatnych w warunkach transformacji energetycznej przedstawienia metodologię istoty sposobu skutecznego zarządzania gospodarstwem w warunkach zmiennego otoczenia. W artykule przedstawiono istotę zjawisk, niezbędnych zmian strategii zarządzania przedsiębiorstwem i ich zakresu, będących kluczowym czynnikiem ich dostosowania do otoczenia i wyzwań zielonej transformacji. W ramach badań własnych zbudowano algorytm na podstawie którego określono istotne elementy strategii polityki energetycznej polskich przedsiębiorstw w różnych sektorach gospodarki. W ujęciu holistycznym zbudowano i poddano badaniom model biznesowy funkcjonowania gospodarstwa domowego opartego na wiedzy, tj. prosumenta/klienta instalacji fotowoltaicznej. W przypadku instalacji fotowoltaicznej istotnym walorem prezentowanego modelu biznesu jest kreowanie dużej wartości społecznej i możliwość uzyskania skutecznej ochrony środowiska. Analogiczne modele można zbudować dla: lokalnej biogazowni, budownictwa, transportu i przemysłu z uwzględnieniem uwarunkowań prawnych, środowiskowych, społecznych i techniczno-zarządczych. Zaproponowany model biznesowy w gospodarce opartej na wiedzy umożliwia odpowiadanie na elastyczne dostosowywanie się do częstych zmian zachodzących na rynku energii oraz do zmieniających się potrzeb klientów. Dodatkowo model ten w pełni koresponduje z filarami gospodarki opartej na wiedzy, tworząc innowacyjne rozwiązania i daje szanse na rozwój technologii oraz przedsiębiorczości na poziomie regionalnym w Polsce. Przeprowadzone badania dotyczące wykorzystania metody zarządzania wiedzą i środowiskiem w procesach innowacyjnych pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- W coraz większym stopniu zarządzanie wiedzą służy przedsiębiorstwom jako skuteczne narzędzie do zmiany sposobu ich funkcjonowania i dostosowania się do zmian otoczenia w warunkach trwającej transformacji energetycznej. Zasoby te, mające charakter

niewyczerpalny, umożliwiają: szybkie i elastyczne reagowanie na potrzeby dynamicznie zmieniającego się rynku i podejmowanie trafnych decyzji strategicznych.

- Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej w przedsiębiorstwie w oparciu o model biznesowy ma uzasadnienie w praktyce i pozwala zredukować koszty energii elektrycznej ponoszone przez gospodarstwo, w tym przypadku o około 60%.
- Dzięki aspektom zarządzania wiedzą można przeanalizować rozkład energii, z podziałem na energię pobraną oraz wysłaną do sieci, a także z uwzględnieniem ilości energii jaką produkuje instalacja fotowoltaiczna, w zależności od warunków pogodowych.
- Na podstawie analizy wyników pomiarowych roczne zużycie energii oscyluje w granicach 850 MWh, a zainstalowana instalacja fotowoltaiczna pozwala pokryć ponad 60% całego zapotrzebowania. Dane te dają pozytywną ocenę dla funkcjonowania modeli biznesowych i ich skutecznego wykorzystania do różnych inwestycji w OZE.
- Wygenerowane, w stosunkowo niedługim okresie, oszczędności z analizowanej instalacji prokonsumenckiej, dowodzą, że instalacja ta pozwala znacznie zredukować koszty energii elektrycznej. Biorąc pod uwagę wynik dla obliczonego okresu zwrotu z inwestycji, który wynosi 3 lata, dowodzi, że taka inwestycja dla przedsiębiorstwa jest bardzo opłacalna.

Reasumując, wynikające z wszystkich badań wnioski, pozwalają stwierdzić, że wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej w gospodarstwie opartej o model biznesowy wiedzy i zarządzania środowiskiem ma swoje praktyczne uzasadnienie. Biorąc pod uwagę efektywność pracy można zauważyć wysokie uzyski energii, a w konsekwencji znaczne zredukowanie kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo, z tytułu zużycia energii elektrycznej.

- ***Główne osiągnięcia naukowo-badawcze w ramach sektora - Przemysł lokalny***

W ramach zakresu badań nad osiągnieciem czwartym autor:

1. Wykonał przy użyciu narzędzi symulacyjnych model logistycznego systemu na przykładzie walcowni taśm stalowych walcowanych na gorąco, uwzględniający podsystemy przepływu i składowania materiałów, na którym przeprowadzono eksperymenty mające na celu uzyskanie wyników jak wdrożenie rozwiązania Przemysłu 4.0 wpłynie na poprawę efektywności i wydajności analizowanej linii produkcyjnej zmierzającej do ograniczenia emisji CO_2.
2. Na podstawie zebranych rzeczywistych danych empirycznych pochodzących z procesu walcowania autor zbudował model zużycia energii elektrycznej i gazu ziemnego w piecu pokrocznym, na którym prowadzone były eksperymenty badawcze mające na celu obniżenie kosztów wytworzenia wyrobu finalnego w zależności od realizowanego programu walcowania.
3. Wykonał obliczenia kosztów energetycznych na podstawie krzywej nagrzewania i zarekomendował sposoby zapobiegania i ograniczenia oddziaływania emisji zanieczyszczeń zakładu na środowisko o 56,7 tysięcy ton CO_2 rocznie, co pozwoliło redukować ceny za zakup pozwoleń na emisję.

4. Zbadał przy pomocy narzędzi analitycznych ryzyko ekologiczne i sposoby jego minimalizacji na przykładzie huty i spalarni odpadów komunalnych.
5. Zbudował algorytm zarządzania ryzykiem ekologicznym z uwzględnieniem procedury jego wdrażania i monitorowania w warunkach rzeczywistych na przykładzie spalarni odpadów komunalnych.

W celu uniknięcia katastrofalnych zmian klimatycznych, świat musi osiągnąć zerową emisję dwutlenku węgla we wszystkich sektorach gospodarki do 2050 roku. W tym celu, zgodnie z Dyrektywą 2009/28/EC państwa członkowskie UE powinny stopniowo zwiększać udział energii z ich odnawialnych źródeł, zarówno w całkowitym zużyciu energii, jak i w sektorze transportowym. W Polsce pomimo tego, że z roku na rok, produkcja energii z OZE jest coraz wyższa, to i tak nadal jej głównym wykorzystywaniem są konwencjonalne źródła energii, które emitują dużą ilość zanieczyszczeń do atmosfery. Nadrzędnym celem UE jest wspólnotowe osiągnięcie do końca 2030 roku 32% energii ze źródeł odnawialnych **i** redukcja emisji gazów cieplarnianych z 40% do 55%. Są to cele bardzo ambitnie nałożone na kraje członkowskie UE, które bez całkowitej transformacji energetycznej w OZE i w sektory działającej już gospodarki konwencjonalnej - będą nie do osiągniecia. Ponadto, **c**eny energii elektrycznej gwałtownie rosną w całej Europie. W sierpniu 2022 średnia cena MWh w Polsce osiągnęła na towarowej giełdzie energii 1217,39 zł. W Hiszpanii kosztuje już ponad 150 euro – trzy razy więcej niż w 2020 roku. W Niemczech ceny energii wzrosły w tym roku o ponad 60%. Według ekspertów, trend ten może się utrzymać w nadchodzących miesiącach. To efekt m.in. drożejących europejskich pozwoleń na emisję dwutlenku węgla, czy niska produkcja energii z OZE. Przedsiębiorstwa energetyczne płacą rekordowe ceny za zakup pozwoleń na emisję CO_2 – już ponad 65 euro za tonę, ponad 18% więcej niż w połowie lipca 2021. W literaturze znajduje się duża liczba prac na temat potencjału wykorzystania technologii OZE w światowym miksie energetycznym, natomiast brak jest opracowań dotyczących sposobu ograniczenia emisji CO_2 do atmosfery przez zakłady o dywersyfikacyjnym sposobie produkcji, tj. hutnictwo. W Polsce hutnictwo odpowiedzialne jest za 14 % całkowitej emisji CO_2 do atmosfery. Jest to gałąź gospodarki będąca wciąż w fazie intensywnej produkcji i nie można z uwagi na duże zapotrzebowanie energetyczne do produkcji stali zastąpić energii konwencjonalnej tj. gazu ziemnego i energii elektrycznej - energią pochodzącą z OZE. Dlatego należy poszukiwać rozwiązań optymalizujących dotychczasowe technologie, które pozwolą ograniczyć emisję CO_2 do atmosfery, a tym samym płacić zakładom produkcyjnym mniej za pozwolenia na emisję.

Autorzy swoim opracowaniem [**H10-H11**] wypełniają tą lukę badawczą i za cel pracy postawili sobie zbudowanie modelu zużycia energii z podziałem na energie elektryczną oraz gaz ziemny w piecu pokrocznym w zależności od długości realizowanej kampanii walcowniczej oraz ustalonego programu walcowania. Efektem końcowym pracy jest model umożliwiający obliczanie kosztów energetycznych przerobu materiału w zależności od: gatunku stali i masy wlewka, czasu wygrzewania w piecu, grubości oraz szerokości pasma. Wyniki pracy mogą zostać szeroko wykorzystane w prowadzeniu projektów optymalizujących zużycie energii na walcowni gorącej. Prezentowane algorytmy pozwalają w znacznym stopniu

zredukować emisję szkodliwych związków do atmosfery, co przyczyni się do wypełnienia zobowiązań emisyjnych Polski wobec UE.

W pracy [**H11**] zaprezentowano zbudowany algorytm modelu zużycia energii elektrycznej i gazu ziemnego w piecu typu pokroczny z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji i symulacji w zależności od długości realizowanej kampanii walcowniczej oraz ustalonego programu walcowania. Algorytm ten został zbudowany w oparciu o uzyskane wyniki przedstawione w publikacji [H10]. Celem badań pracy [**H10**] było przedstawienie koncepcji zastosowania jak dotąd mało rozpowszechnionej, idei czwartej rewolucji przemysłowej – koncepcji Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach hutniczych. Pełne wdrożenie koncepcji Przemysłu 4.0 pozwala osiągnąć niespotykany dotąd poziom wydajności operacyjnej i przyspieszyć wzrost produktywności, co należy przyjąć za dużą zaletę. W ramach tej części badań wykonano model logistycznego systemu na przykładzie walcowni taśm stalowych walcowanych na gorąco, uwzględniający podsystemy przepływu i składowania materiałów, na którym przeprowadzono eksperymenty mające na celu uzyskanie wyników jak wdrożenie rozwiązania Przemysłu 4.0 wpłynie na poprawę efektywność i wydajność analizowanej linii produkcyjnej. Ponadto, w artykule przedstawiono obszary wdrożenia przedmiotowej koncepcji, dokonano omówienia potencjalnych zalet implementacji w analizowanym przedsiębiorstwie. Prace związane z koncepcją Przemysłu 4.0 koncentrowały się również na aspektach operacyjnych elementów systemów produkcyjnych i monitorowania ich skuteczności we wszystkich charakterystycznych obszarach, takich jak: zwinność produkcji, współdziałanie układów wykonawczych, modułowość, łatwość programowania i bezpieczeństwo użytkowania. Zrealizowana implementacja modelu wspomagania decyzji mimo, że dotyczyła jedynie pewnych aspektów logistycznego systemu planowania produkcji, to jej wyniki pokazały, że zastosowanie technik modelowania symulacyjnego pozwala skutecznie racjonalizować przepływ materiałów w procesie logistycznego planowania produkcji. Dzięki temu znacznie skrócił się czas realizacji procesu technologicznego, nastąpiła redukcja kosztów wytworzenia wyrobu gotowego, a warunki jakościowe i technologiczne produkowanej taśmy nie uległy zmianie. Ponadto, wyniki tej pracy posłużyły do zbudowania algorytmu, którego szeroki opis zawarty jest w pracy [H11] w danym zakładzie hutniczym do zużycia energii elektrycznej i gazu ziemnego. Algorytm ten jest podstawą opracowania propozycji zestawu minimalnych wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki (BAT) dla pieców pokrocznych, umieszczonych w walcowaniach gorących z uwzględnieniem wymagań określonych w krajowych przepisach prawnych oraz zaleceń opisanych w dokumentach referencyjnych BREF. Informacje te powinny być brane pod uwagę podczas przygotowywania wniosku o wydanie pozwolenia zintegrowanego, a także przy ustaleniu wielkości dopuszczalnych emisji. Na podstawie skonstruowanego algorytmu, wykazano, że analizowane projekty zaczną przynosić w zależności od ich rodzaju i specyfikacji technicznej wymierne korzyści w postaci zmniejszenia ilości energii zużywanej w ujęciu rocznym oraz korzyści środowiskowe w formie redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Skonstruowany algorytm zweryfikowany w warunkach rzeczywistych walcowni przyczynia się do wypełnienia zobowiązań energetycznych i emisyjnych wobec UE. Skuteczność modelu zużycia energii elektrycznej w porównaniu z rzeczywistymi pomiarami energii elektrycznej za okres dwóch miesięcy wyniosła 99,97%. Natomiast poprawność modelu zużycia gazu ziemnego, w

porównaniu z rzeczywistymi pomiarami za okres sześciu miesięcy wyniosła 99,76%. Wysoka zgodność pozwala na wykorzystanie modelu w warunkach rzeczywistych walcowni z uwzględnieniem rozszerzenia jej o wielkości zużycia energii w zależności od profilu oraz gatunku blach i taśm walcowanych na gorąco. Na podstawie analizy metod walcowania na gorąco, zaprezentowano techniki, możliwe do uzyskania emisje i poziomy zużycia odpowiadające stosowaniu najlepszych dostępnych technik BAT. Celem tej części badań jest dostarczenie informacji dla przemysłu, organów ochrony środowiska oraz społeczeństwa na temat osiągalnych poziomów emisji i zużycia przy zastosowaniu określonych technik. Właściwe techniki BAT dla pieca pokrocznego i wielkości graniczne zostały ustalone biorąc pod uwagę lokalne uwarunkowania, koszty oraz stopień obciążenia środowiska. Ponadto wykonano badania dotyczące sposobów zapobiegania lub ograniczania hutnictwa na środowisko. W ramach rekomendacji zaproponowano:

- redukcję emisji szkodliwych związków: NO_x, SO_x i pyłu należy ograniczyć przez zastosowanie gazu ziemnego wysokometanowego, palników niskoemisyjnych oraz rekuperatorów do odzysku ciepła ze spalin,
- proces załadunku pieca prowadzony powinien być przy minimalnym otwarciu i minimalnych wymiarach okna wsadowego. Do minimum należy ograniczyć również czas otwarcia okien wsadowych. pieca. Powyższe działania wpływają na optymalizację zużycia gazu, ograniczenie nadmiaru powietrza i start cieplnych w piecu,
- należy przeprowadzać stałą kontrolę jakości stosowanego gazu, temperaturę procesu spalania oraz zawartość H_2S w gazie koksowniczym oraz nadmiar powietrza,
- gazy z ogniowego oczyszczania należy odprowadzać do powietrza przez elektrofiltr o skuteczności odpylania 95%,
- dla zmniejszenia zużycia energii w piecach należy wykorzystać ciepło walcowanych materiałów uzyskane w poprzednim procesie,
- należy stosować palniki niskoemisyjne typu wirowego lub płaskopłomienne, które powinny charakteryzować się poziomem emisji: NOx 380-100 g/Mg (dane referencyjne 80-360 g/Mg)/ 260 mg/Nm^3,
- walcownia powinna stosować ograniczenie temperatury podgrzewania powietrza poprzez automatykę sterowania pracą pieca,
- należy ograniczyć starty cieplne procesu poprzez minimalizowanie czasu magazynowania gorącego wsadu i maksymalizację jego udziału walcowania,
- istotne również jest kompletowanie wsadu w partie o podobnym reżimie technologicznym grzania w celu maksymalnego wykorzystania przestrzeni roboczej pieca. Zarówno w starych i nowych zakładach powinna nastąpić zmiana wsadu z wlewków walcowanych na kęsiska z ciągłego odlewania stali COS.

Do korzyści wynikających z niniejszej pracy można zaliczyć: wyznaczenie zależności kosztowo-energetycznych pomiędzy poszczególnymi profilami oraz gatunkami stali będącymi w czynnej produkcji; możliwość śledzenia zużycia energii oraz kosztów przerobu w zależności

od aktualnie produkowanego asortymentu; weryfikacja cen rynkowych dla poszczególnych gatunków i profili stali. Zastosowanie w badanej walcowni do pieca pokrocznego rekomendacji technik BAT zmniejszy emisję CO_2 o 56,7 tysięcy ton rocznie, co pozwoli zredukować ceny za zakup pozwoleń na emisję.

Temat związany z ryzykiem ekologicznym w zakładach termicznego przetwórstwa odpadów to kolejny bardzo ważny aspekt moich badań. Ryzyko jest nieodłącznym elementem działalności gospodarczej. Osiąganie sukcesu, wypracowanie zysku, czy zajecie pozycji na rynku oznacza konieczność delimitacji ryzyka. Pojęcie ryzyka jest więc niejako wpisane w funkcjonowanie każdego przedsiębiorstwa, a samo ryzyko determinowane jest przez szereg czynników wewnętrznych i zewnętrznych, w tym także aspektów globalnych. Analizując determinanty funkcjonowania spalarni odpadów często umniejsza się rolę energii i ekologii – traktując jej koszt jako nieznaczny, a bezpieczeństwo jej dostaw jako oczywiste. Ostatnie lata pokazują jednak, że zrównoważone pozyskiwanie energii staje się globalnym wyzwaniem, a polskie przedsiębiorstwa muszą liczyć się z nowym czynnikiem ryzyka – ryzykiem energetycznym i środowiskowym, które nie tylko obniża ich konkurencyjność na arenie międzynarodowej, ale zaczyna zagrażać ich bytności. Konieczne jest nie tylko zdefiniowanie i oszacowanie skali ryzyka środowiskowego w przedsiębiorstwach, ale także zaproponowanie metod jego mitygacji, co zbadano na przykładzie zakładu zajmującego się termicznym przetwórstwem odpadów w artykule [**H12**]. Spalarnie odpadów jako duży zakład zajmujący się termiczną obróbką odpadów jest narażony na różnego rodzaju ryzyka, które mogą doprowadzić do powstania często znaczących szkód i strat. Mając to na uwadze przedstawiono wyniki dotyczące ograniczenia ryzyka ekologicznego związanego ze zmniejszeniem ilości szkodliwej emisji związków do atmosfery pochodzących z termicznego spalania odpadów w ekospalarni w Krakowie. W artykule zaprezentowano zagadnienia teoretyczne dotyczące ryzyka środowiskowego, a w tym ekologicznego. Opisano w nich procedurę wdrożenia zarządzania ryzykiem ekologicznym w przedsiębiorstwie. Głównym celem prowadzonych badań było zaprezentowanie modelu zarządzania ryzykiem ekologicznym i określenie sposobów jego monitorowania. Mając na uwadze znaczenie tego zagadnienia, w pracach opisano metodologię badania ryzyka wraz z wynikami empirycznymi. Dzięki zastosowaniu metody macierzowej wyodrębniono najbardziej istotne zagrożenia dla spalarni odpadów związane z ryzykiem ekologicznym oraz perspektywicznie najlepsze możliwości przeciwdziałania ich skutkom. Na podstawie wyodrębnionych zagrożeń dotyczących ryzyka ekologicznego zbudowano za pomocą metody FTA drzewo niezdatności, w którym wyodrębniono zdarzenia podstawowe, mające wpływ na zdarzenia pośrednie. Proces zarządzania ryzykiem ekologicznym ma na celu dokładne monitorowanie i przeciwdziałanie zdarzeniom podstawowym, aby nie dopuścić do powstawania zdarzeń pośrednich. Gdy jednak powstanie takie zdarzenie, trzeba starać się ograniczyć jego negatywne skutki, które wpływają na powstawanie dalszych niepożądanych zjawisk, działających na zdarzenia pośrednie. Rodzaje ryzyka i rekomendacje odnośnie przeciwdziałania ryzyku ekologicznemu dla spalarni odpadów zostało szczegółowo opisane w artykule [**H12**]. Ponadto w ramach tej pracy zbudowano na bazie uzyskanych wyników algorytm służący do monitorowania zarządzania ryzykiem ekologicznym. Szczególnie istotny jest fakt, że stworzenie tego typu narzędzia może wypełnić lukę polegającą na braku wystarczających narzędzi zarządzania ryzykiem ekologicznym dla spalarni odpadów.

Wdrożenie tego narzędzia może jednak wiązać się z ograniczeniami finansowymi. Koszty mogą zostać zrekompensowane w przyszłości przez elimanację istotnych rodzajów ryzyka, co może przynieść korzyści zarówno przedsiębiorstwu, jak i społeczeństwu. W celu wdrożenia opisanego narzędzia w spalarniach na większą skalę istotne byłoby przeprowadzenie działania pilotażowego w ramach projektu naukowego po to, aby przetestować i ewentualnie usprawnić już docelowe narzędzie.

4.5. Wnioski i rekomendacje dla działań wspierających zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych

Przeprowadzone badania pozwoliły na realizację przyjętego celu głównego i celów szczegółowych, weryfikację przyjętej hipotezy oraz sformułowanie wniosków i rekomendacji dla działań zapewniających rozwój produkcji energii ze źródeł odnawialnych.

Szczegółowe wnioski dotyczące wykonanych poszczególnych badań przedstawiono w rozdziale 4.4. W tej części rozważań przedstawiono tylko kilka najistotniejszych konkluzji aplikacyjnych mających istotne znaczenie dla przyjętej strategii na rzecz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i potwierdzających realizacje celów i przyjętej hipotezy badawczej:

1. Przewidywanie produkcji energii wiatrowej z wyprzedzeniem z dużą dokładnością jest możliwe niekoniecznie poprzez standardowe zastosowanie modelu fizycznego lub statystycznego dla każdej farmy wiatrowej, ale poprzez wykorzystanie modelu opartego na uczeniu maszynowym z prognozami prędkości wiatru. Stwierdzono, że model GPR-PUK oparty na funkcjach jądra Pearsona z błędem predykcyjnym równym 18,5% wykazał najwyższą dokładność przewidywania, co wskazuje, że ma on potencjał do szerszych zastosowań w analizowanym prognozowaniu.
2. Opracowana metoda prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną w elektrowni zawodowej z uwzględnieniem metod ilościowych modelu SARIMA na poziomie błędu 1,34%, wykazała że można uzyskać na danych historycznych polskiego systemu elektroenergetycznego, skuteczność modelu kwalifikującą go do prognozowania godzinowego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz dokonywania oceny ryzyka bilansowania niedoboru energii dowolnie wybranej godziny na rynku lokalnym.
3. Dywersyfikacja miksu energii poprawi bezpieczeństwo energetyczne Polski. Wyznaczone łączne koszty analizowanych scenariuszy do 2050 r. określono na podobnym poziomie. Wynika to ze spadających kosztów wytwarzania OZE i przewagi tych źródeł, dla których koszty inwestycji spadają i które mają niskie lub zerowe koszty zmienne. Zaproponowana dywersyfikacja pozwoli zredukować emisję CO_2 z energetyki o 18% względem 2005 r., a w przypadku scenariusza odnawialnego o 27%. W scenariuszu węglowym emisje CO_2 w 2005 r. i 2030 r. będą na takim samym poziomie. Do 2050 r. scenariusz węglowy zapewni 7% redukcji, scenariusz zdywersyfikowany od 65-68% (z atomem), a inwestycja w OZE - 84% redukcji.
4. Przy obecnych kosztach budowy instalacji fotowoltaicznych, ich możliwościach wytwórczych energii elektrycznej i przyjętego na korzystnych zasadach sposobu zbytu nadwyżek produkowanej energii inwestycja będzie opłacalna. Zaproponowany system

wsparcia będzie odpowiednim instrumentem, który będzie wspierał rozwój rynku mikroinstalacji OZE (fotowoltaicznych).

Z przeprowadzonych analiz wynika, że im instalacja większej mocy (do 3 kW) tym niższa cena inwestycji w przeliczeniu na zł za W_P mocy modułów fotowoltaicznych, a co za tym idzie szybszy koszt zwrotu inwestycji. Przy zakładanych profilach wykorzystania energii okres zwrotu poniesionych kosztów może wynieść 9,5 roku przy małej instalacji (moc 585 W_P i profil produkcji 50%) i 7 lat dla większej instalacji (moc 2000 W_P i profil produkcji 25-75%).

Dla przebadanej mikroinstalacji, o łącznej mocy modułów fotowoltaicznych równej 585 W_P, ilość energii możliwa do wytworzenia przez inwerter kształtuje się na poziomie 0,93 kWh/W_P·rok dla pierwszego roku produkcji. W piętnastym roku eksploatacji, w wyniku spadku sprawności ogniw fotowoltaicznych, ilość wyprodukowanej energii będzie już tylko na poziomie 0,83 kWh/W_p·rok.

5. Moce kolektorów słonecznych należy tak dobrać, aby wyprodukowanie energii elektrycznej w pełni równoważyło energię pobieraną z sieci. Im więcej energii zużywa się w momencie jej wytworzenia, tym mniej energii trafia do sieci za darmo.

   Dla analizowanej instalacji inwestycja polegająca na rozbudowie powierzchni kolektora zgodnie z NPV jest efektywna dla powierzchni absorbera w przedziale 5,6-7,6 m^2 i osiąga wartość maksymalną dla powierzchni absorbera 6,6 m^2. Natomiast powierzchnia absorbera przekraczająca 7 m^2 przyczynia się do zmniejszenie wartości zwrotu z inwestycji. Analizowana instalacja wyprodukowała 6756 kWh rocznie, co pozwala zredukować emisję CO_2 na poziomie 2,4-3,6 Mg rocznie.

6. Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej w przedsiębiorstwie w oparciu o model biznesowy ma uzasadnienie w praktyce i pozwala zredukować koszty energii elektrycznej ponoszone przez przedsiębiorstwo, w tym przypadku o około 60%.

   Dzięki aspektom zarządzania wiedzą można przeanalizować rozkład energii, z podziałem na energię pobraną oraz wysłaną do sieci, a także z uwzględnieniem ilości energii jaką produkuje instalacja fotowoltaiczna, w zależności od warunków pogodowych.

7. Jednym z działań promujących elektryfikację systemów ogrzewania w Polsce mogłoby być zmniejszenie współczynnika nakładu energii pierwotnej dla energii elektrycznej pobranej z polskiej sieci elektrycznej z wartości wi = 3,0 do wartości wi = 2,5. To działanie zapewniłoby skutecznie promowanie pomp ciepła oraz układów hybrydowych, jak np. kotły na biomasę z powietrznymi pompami ciepła. Pozwoliłoby również na ujednolicenie analiz w zakresie certyfikatów i audytów energetycznych, zarówno w zakresie nowych, jak i istniejących budynków mieszkalnych.

   Zdaniem autora konieczne jest zalecenie projektowania instalacji niskotemperaturowych z temperaturą projektową zasilania nie wyższą niż 55°C (dotyczy instalacji centralnego ogrzewania w nowych budynkach). Takie rozwiązanie zapewniłoby lepszą efektywność nowoczesnych urządzeń grzewczych, np. gazowych kotłów kondensacyjnych, i pozwoliłoby na gotowość nowych budynków do zastosowania w przyszłości pomp ciepła.

Optymalizacja pracy (tzw. wyrównoważenie) instalacji grzewczych zmniejszyłoby zużycie ciepła o około 10 %, a zarazem w podobnym stopniu zmniejszyłoby znacząco emisję zanieczyszczeń powietrza i przyczyniłoby się do skutecznego promowania stosowania bezemisyjnych rozwiązań.

8. Wykorzystanie substratu w postaci mieszaniny gnojowicy z kiszonką z kukurydzy zapewnia uzyskanie około 6 968 000 m^3 ilości biogazu, możliwość utylizacji gnojowicy oraz produkcję około 16 000 MWh „zielonej energii elektrycznej" w układach kogeneracyjnych.

   Tymczasem biorąc pod uwagę potencjał przetwarzania odpadów rolniczych, Polska mogłaby wytwarzać rocznie 13,5 mld m^3 biogazu. W przypadku rozpoczęcia hodowli kukurydzy na cele energetyczne w podobnej skali, jak ma to miejsce w Niemczech, szacowany potencjał produkcji energii elektrycznej z biogazu mógłby wynieść do 8 GW. Zestawiając tę wartość ze średnim miesięcznym krajowym zapotrzebowaniem na moc (22–25,5 GW), można stwierdzić, że biogaz mógłby zaspokoić nawet 30% dziennego zapotrzebowania na moc w Polsce.

9. Stosowanie biopaliw ma lepszy wpływ na środowisko niż stosowanie produktów ropopochodnych, ponieważ ich spalanie emituje średnio o 35% mniej gazów cieplarnianych w porównaniu do spalanie oleju napędowego. Stosując metody wyznaczania rozdziału wartości alokacji, można zmniejszyć całkowitą emisję gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktu (biodiesla) o około 31%, ponieważ emisje te są podzielone między produktem głównym a ubocznym (gliceryną).

10. Skonstruowany algorytm do obliczania kosztów energetycznych na podstawie krzywej nagrzewania w zakładach hutniczych jest skutecznym narzędziem do ograniczenia zużycia energii i redukcji kosztów zakupu pozwoleń na emisję. Wysoka zgodność modelu w porównaniu z rzeczywistymi pomiarami zużycia energii za okres 6 m-c wynosiła 99,76%, pozwala to na skuteczne wykorzystanie modelu w warunkach rzeczywistych walcowni z uwzględnieniem rozszerzenia jej o wielkości zużycia energii w zależności od profilu oraz gatunku blach i taśm walcowanych na gorąco. Działania te pozwolą ograniczyć oddziaływanie emisji zanieczyszczeń zakładu na środowisko o 56,7 tysięcy ton CO_2 rocznie.

11. Analiza ryzyka ekologicznego wykonana w ekospalarni metodą: macierzową, wagową, FTA i HIRA pozwoliła na bardzo dokładne zidentyfikowanie zagrożeń dotyczących analizowanego ryzyka i to na każdym etapie działalności zakładu. Wykonane badania umożliwiły wyodrębnienie wszystkich występujących 15 potencjalnych grup ryzyka na podstawie których zbudowano algorytm do ich monitorowania, który to przyczynił się w 96% do zaproponowania środków zapobiegawczych dla każdego występującego zagrożenia.

Podsumowując Unia Europejska za długofalowy cel przyjęła zwiększenie efektywności energetycznej i wzrost udziału OZE w celu zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Istotną w tym rolę odgrywa zrównoważona energetyka. Porównanie długoterminowego potencjału OZE i krajowego wydobycia węgla potwierdza, że zarówno gospodarcze, jak i technologiczne trendy

głęboko zmienią strukturę dostępnych krajowych źródeł energii na rynku polskim. Nawet przy najbardziej optymistycznych założeniach, polskie kopalnie nie będą w stanie zaspokoić rosnącego popytu sektora energetycznego. Nawet w optymistycznym scenariuszu – wsparcie rozwoju górnictwa węglowego pokryje niecałe 60% popytu sektora energetycznego w roku 2050. W połowie wieku krajowy węgiel kamienny zaspokoi jedynie 20% zapotrzebowania sektora energetycznego. Z drugiej strony, udział OZE może sięgnąć ¾ do roku 2050, i to bez istotnych przełomów – kluczowe jest połączenie różnych technologii. Znacząca rola zmiennych źródeł (wiatru i słońca) oznacza, że osiągnięcie wysokiego udziału OZE wymaga elastyczności na poziomie systemowym. Utrzymanie znacznej niezależności energetycznej wymaga przejścia w kierunku nowego paradygmatu: wielkoskalowych inwestycji w niskoemisyjne technologie, stopniowego przesuwania elektrowni węglowych do rezerwy, rozwoju połączeń transgranicznych oraz poszukiwania skutecznych opcji magazynowania energii.

Wśród najważniejszych konkluzji tej części analizy można wskazać:

1. Aby osiągnąć neutralność klimatyczną w UE i Polsce do 2050 r., niewystarczające będzie samo ograniczenie zużycia paliw kopalnych i rozwój odnawialnych źródeł energii. Dodatkowo, w całej gospodarce potrzebne będzie m.in. wdrożenie na szeroką skalę technologii: wychwytywanie i utylizacja dwutlenku węgla (*Carbon Capture and Utilisation*), wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (*Carbon Capture and Storage*) elektryfikacja przemysłu, wykorzystanie wodoru, ekspansja elektromobilności oraz zmniejszenie produkcji zwierzęcej w sektorze rolnictwa.
2. Przejście na niskoemisyjną, a docelowo neutralnie klimatycznie gospodarkę, wymagać będzie skoordynowanych działań w wielu obszarach. Należy opracować strategię, aby pokierować branżami w okresie transformacji, a także opracować ramy finansowania pozwalające zapewnić wystarczającą dostępność kapitału na wymagane inwestycje. Cele Unii Europejskiej w zakresie dekarbonizacji są ambitne, ale możliwe do osiągnięcia przy założeniu szybkiego tempa rozwoju innowacyjnych technologii nisko i zeroemisyjnych oraz dostępu do środków finansowych.
3. Większość redukcji emisji w Polsce następuje w sektorze energetycznym, lecz rola tego sektora w wysiłku redukcyjnym maleje w czasie. Sektor ten jest odpowiedzialny za ok. 80% łącznej redukcji do 2030 r. i za 55% łącznej redukcji do 2050 r. (względem 2015 r.). Oznacza to, że duża część potencjału redukcyjnego w sektorze energetycznym wykorzystywana jest w początkowym okresie, podczas gdy w późniejszych latach transformacja niskoemisyjna musi w większym stopniu bazować na bardziej kosztownych działaniach m.in. w przemyśle, budownictwie, transporcie i rolnictwie.
4. Neutralność klimatyczna w 2050 r. osiągana jest przy wysokich krańcowych kosztach redukcji emisji – ponad 400 EUR/tCO_2 ekw. w EU ETS i ponad 1300 EUR/tCO_2 ekw. w non-ETS dla Polski.
5. Konieczne jest wprowadzenie na rynek niezbędnych procesów technologicznych w celu zmniejszenia emisji w sektorach trudnych do złagodzenia (tj. transport, rolnictwo i przemysł energochłonny), co będzie wymagało konsekwentnych inwestycji publicznych

i prywatnych. Będzie to również wymagało większej atencji wśród przedsiębiorców i decydentów politycznych do wprowadzenia nowych technologii.

Aby promować inwestycje w OZE konieczne jest połączenie przejrzystych, stabilnych przepisów i wsparcia finansowego, aby w pełni wykorzystać wyrażoną już akceptację dla zielonej energii. Rozwój technologii OZE ma kluczowe znaczenie dla transformacji gospodarki w kierunku zeroemisyjnym. Jest on ważny dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz dywersyfikacji źródeł energii. Wykorzystanie krajowego potencjału OZE może przyczynić się nie tylko do budowy nowych, innowacyjnych gałęzi gospodarki, ale również do wzmocnienia konkurencyjności polskich przedsiębiorców na rynkach zagranicznych.

Wśród rekomendacji wynikających z przeprowadzonych badań należy zawrzeć: konieczność ustabilizowania sytuacji legislacyjnej w obszarze energii; konieczność zapewnienia atrakcyjnych form finansowania inwestycji w OZE; zwiększenie dostępności wiarygodnych analiz, badań naukowych, prognoz i scenariuszy, które pozwoliłyby przedsiębiorcom na oszacowanie ryzyka energetycznego i podjęcie działań zaradczych z odpowiednim wyprzedzeniem; edukację i poszerzanie wiedzy wśród przedsiębiorców na temat czynników ryzyka mających rosnący wpływ na działalność gospodarczą; konieczność oszacowania przez rząd całościowego wpływu ryzyka energetycznego na konkurencyjność polskiej gospodarki, która może gwałtownie zmaleć już w najbliższych latach; zwiększenie dostępności danych koniecznych do prowadzenia analiz – w tym np. informacji o profilach zużycia energii w polskich przedsiębiorstwach. Pula rekomendacji wynikająca ze zrealizowanych badań jest więc niezwykle szeroka i należy się spodziewać, że w niedalekiej przyszłości zagadnienie stanie się nie tylko przedmiotem dyskusji naukowej, ale także dyskusji publicznej i politycznej.

4.6. Wkład w rozwój nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości

Przedłożony cykl publikacji powiązanych tematycznie, według autora, wnosi wkład w istniejące badania, dotyczące determinantów emisji zanieczyszczeń do powietrza w skali regionalnej. Efekt ten został uzyskany poprzez podjęcie szeregu pokrewnych wątków za pomocą zróżnicowanych metod badawczych. Należy podkreślić, że wskazany cykl publikacji nie tylko uzupełnia badanie empiryczne, ale także wyznacza kierunki dla przyszłych badań. Wyniki badań przedstawione w cyklu publikacji uzupełniają istniejący dorobek w tej tematyce. Efektem prowadzonych rozważań w cyklu publikacji powiązanych tematycznie, który wskazano jako osiągnięcie naukowe, jest wkład w rozwój nauki w dziedzinie nauk o zarządzaniu i jakości.

Jako istotny wkład należy uznać:

- w ujęciu poznawczym:

1. Wskazanie teoretycznej podstawy rozwoju zrównoważonego, poprzez selekcję i syntezę krajowej oraz zagranicznej literatury przedmiotu jako wyznacznika rozwoju produkcji energii odnawialnej.

2. Rozpoznanie stanu, struktury i wielkości produkcji energii z odnawialnych źródeł w Polsce, z uwzględnieniem kontekstu międzynarodowego.
3. Poznanie motywów decyzji inwestycyjnych w OZE i dokonanie systematyki czynników sprzyjających i ograniczających rozwój produkcji energii ze źródeł odnawialnych, z uwzględnieniem obszaru środowiskowego, społecznego i techniczno-technologicznego.
4. Ocenę perspektyw rozwojowych OZE w kontekście zrównoważonego rozwoju.

- w ujęciu aplikacyjnym:

1. Zastosowanie metody IRR (oraz wskaźnika NPV) do rozpoznania i oceny efektywności inwestycji służącej do wykorzystania różnych źródeł energii odnawialnej.
2. Określenie barier i możliwości produkcji energii ze źródeł odnawialnych z punktu widzenia właścicieli gospodarstw domowych.
3. Wskazanie przewag i słabości poszczególnych rodzajów OZE celem ułatwienia ich wyboru przez potencjalnych inwestorów.
4. Pogłębienie wiedzy naukowej na temat sposobu dokonywania wyborów środowiskowych przez przedsiębiorców i prywatnych inwestorów w zakresie metod wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej, które w mniejszym stopniu przyczyniają się do emisji zanieczyszczeń do powietrza.
5. Usystematyzowanie i uaktualnienie wiedzy w zakresie ochrony środowiska, biorąc pod uwagę oddziaływanie szkodliwych substancji, które są emitowane do powietrza, ze źródeł pozyskiwania energii na paliwa stałe.
6. Dostarczenie potencjalnemu inwestorowi wiedzy teoretycznej i dowodów empirycznych do podjęcia racjonalnej decyzji o właściwym doborze konkretnego źródła odnawialnej energii dla realizacji swojej inwestycji w dobie transformacji energetycznej.
7. Adaptacja modelu efektywności kosztowej i środowiskowej na potrzeby alokacji, rozdziału emisji GHG w kierunku produkcji biopaliw.
8. Opracowanie metod prognostycznych modeli regresji Gaussa opartych na funkcjach jądra pozwalających zwiększyć dokładność predykcji wykorzystania różnych źródeł energii odnawialnych.
9. Udostępnienie skutecznego narzędzia analitycznego zweryfikowanego w warunkach rzeczywistych do zarządzania zapotrzebowaniem na energię elektryczną w horyzoncie czasowym „godzina przed dostawą".
10. Opracowanie autorskiego modelu algorytmu zużycia energii elektrycznej i gazu ziemnego w przedsiębiorstwie hutniczym.
11. Identyfikacja technicznych, socjalnych i środowiskowych skutków realizacji rozwoju OZE w Polsce z punktu widzenia różnych możliwych scenariuszy.

12. Dostarczenie dowodów empirycznych oraz wiedzy i informacji środowiskowych dotyczących wpływu wybranych sposobów wytwarzania energii na jakość powietrza.
13. Krytyczna ocena oraz wskazanie potencjalnych instrumentów polityki środowiskowej w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń do powietrza w skali regionalnej.
14. Zastosowanie technik modelowania w estymacji równań łączących cechy kontrolowania zysków i strat ciepła z instalacji wewnątrz i na zewnątrz płaszcza izolacyjnego budynku.
15. Wskazanie dalszych kierunków badań w zakresie transformacji energetycznej Polski.

Wkład prezentowanego cyklu publikacji w rozwój nauk o zarządzaniu i jakości dotyczy nie tylko sfery poznawczej, związanej z racjonalnością zachowań, optymalizacją wyboru metod zarządzania energią, efektywnością energetyczną wpływającą na ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza, ale też i metodyki prowadzenia badań oraz aspektów aplikacyjnych. Badania realizowane w warunkach rzeczywistych stanowią rzetelne kompendium wiedzy poznawczej i empirycznej na temat analizy problemu. Wyniki przeprowadzonych badań mogą zostać wykorzystane jako punkt wyjściowy do dalszych analiz, szczególnie o charakterze empirycznym. Wykonane badania potwierdzają celowość prowadzenia dalszych badań nad znaczeniem produkcji energii ze źródeł odnawialnych, jako czynnika zrównoważonego rozwoju regionów zmierzający do minimalizacji poziomu zanieczyszczeń w sferze środowiskowej.

5. Informacje o wykazaniu się istotną aktywnością naukową

5.1. Obszar prowadzonych badań naukowych i omówienie pozostałych osiągnięć naukowo badawczych

Zainteresowania i aktywność badawcza autora po uzyskaniu stopnia doktora koncentrowały się głównie wokół praktycznego nurtu zarządzania związanego z zarządzaniem jakością, ochroną środowiska i szeroko pojętymi aspektami zarządzania produkcją. Całość realizowanej pracy naukowej mieści się w trzech umownych obszarach tematycznych:

1. Energetyka – to jest, zarządcze, ekologiczne i społeczne aspekty ograniczania emisji zanieczyszczeń do powietrza w wymiarze wykorzystania surowców energetycznych, uwarunkowań i tendencji rozwoju w dobie transformacji energetycznej Polski i regionów.
2. Towaroznawstwo – to jest, badanie i ocena właściwości użytkowych towarów żywnościowych i nieżywnościowych oraz czynników wpływających na ich jakość w sferach: przedprodukcyjnej, produkcyjnej i poprodukcyjnej.
3. Logistyka – to jest, badanie procesów planowania, realizowania i kontrolowania sprawnego i efektywnego przepływu: surowców, materiałów, wyrobów gotowych z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu zaspokojenia wymagań klienta.

Badania naukowe w każdym z tych obszarów zarządzania (szczególnie pierwszym) wpłynęły na wybór tematu rozprawy habilitacyjnej. Dwa pozostałe nurty badawcze pozwoliły autorowi na uzyskanie solidnego warsztatu naukowego do podjęcia się trudnych i złożonych zagadnień związanych z transformacją energetyczną i kierunkami rozwoju polskiej energetyki. Poniżej została przedstawiona charakterystyka wskazanych trzech obszarów badawczych wraz z podaniem najważniejszych publikacji i monografii, które nie zostały uwzględnione w cyklu jednotematycznych publikacji.

Obszar badawczy 1:

Aspekty ekologiczne związane z ograniczeniem emisji zanieczyszczeń w regionie w ramach transformacji energetycznej

Badania w ramach pierwszego obszaru dotyczyły zarówno poszczególnych instrumentów polityki ekologicznej m.in. uprawnień emisji zanieczyszczeń powietrza, podatków ekologicznych, pozwoleń zintegrowanych itp., jak również aspektów całościowej polityki ekologiczności w ujęciu przepisów krajowych i Unii Europejskiej. Pierwszy obszar aktywności naukowo-badawczej autora jest ściśle powiązany z przedstawionym do oceny dorobku cyklem jednotematycznych publikacji. W ramach tej aktywności naukowo-badawczej, o której szeroko jest opisane w pierwszej części autoreferatu dodatkowo autor określił aspekty społeczno-finansowe i środowiskowe, jak również wymiar bezpieczeństwa energetycznego dla całego kraju i regionów. Ponadto, autor zbadał możliwości wykorzystania różnych źródeł energii odnawialnej zarówno w prywatnych gospodarstwach domowych, transporcie i regionalnym przemyśle. W ramach tych badań dokonano:

- identyfikacji czynników oddziałujących na rynek w różnych sektorach krajowej i regionalnej gospodarki zmierzających do ograniczenia emisji zanieczyszczeń;
- określenia wpływu aspektów społecznych i środowiskowych wytwarzania energii elektrycznej z OZE w kontekście bezpieczeństwa energetycznego regionów w myśl zrównoważonego rozwoju,
- identyfikacji postrzegania ryzyka i stanu bezpieczeństwa energetycznego wśród różnych sektorów gospodarki regionalnej,
- oceny wpływu oddziaływania na środowisko wytwarzania energii elektrycznej w zależności od wykorzystywanego nośnika energii,
- oceny uwarunkowań, barier i kierunków rozwoju odnawialnych źródeł energii w aspektach transformacji energetycznej.

Publikacje naukowe uzupełniające cykl jednotematycznych osiągnięć w tym obszarze, poza aspektami techniczno-poznawczymi są rezultatem badań prowadzonych podczas wizyt w różnych ośrodkach przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem przedsiębiorstwa najbardziej energochłonnego w regionie huty ArcelorMittal SSC Odział Walcowni Gorącej w Krakowie. Publikacje naukowe składające się na dorobek w tym obszarze to m.in.:

1. Mikulik J., Niekurzak M. (2023). Impact of a photovoltaic installation on economic efficiency on the example of a company with high energy consumption. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management*. ISSN 1641-3466. (punktacja MEiN: 70)
2. Niekurzak M., Lewicki W., Coban H.H., Brelik A. (2023). Conceptual design of a semi-automatic process line for recycling photovoltaic panels as a way to ecological sustainable production. *Sustainability*, 15, 2822. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,889**; punktacja MEiN: 100)
3. Niekurzak M., Lewicki W., Drożdż W., Miązek P. (2022). Measures for assessing the effectiveness of investments for electricity and heat generation from the hybrid cooperation of a photovoltaic installation with a heat pump on the example of a household. *Energies*, 16,6089. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,252**; punktacja MEiN: 140)
4. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2022). Assessment of the impact of wear of the working surface of rolls on the reduction of energy and environmental demand for the production of flat products: methodological approach. *Materials*, vol. 15 iss. 6 art. no. 2334, s. 1-18. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,748**; punktacja MEiN:140).
5. Niekurzak M. (2022). Development directions of low and zero emission sources in the transformation of the energy sector in Poland based on the scenario method based on intuitive logic. *Energetyka*, no. 4, pp.181-192.
6. Niekurzak M., Lewicki W., Brelik A. (2022). An innovative approach to sustainable development on the example of assessing the energy standard of office buildings using simulation modeling. *Business Success and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development During Global Crisis*. International Business Information Management Association, Seville, ISBN: 979-8-9867719-0-8, pp. 2364-2374.
7. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M., Paliś B. (2022). Możliwość zastosowania algorytmu do monitorowania i zarządzania ryzykiem ekologicznym na przykładzie spalarni odpadów komunalnych. *Przedsiębiorczość i ryzyko w działalności gospodarczej*. Wydawnictwa AGH, Kraków, s. 75-95. ISBN: 978-83-67427-02-9.
8. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2019). The evaluation of the selected risk types in external transport with the use of the matrix method. *Logistics and Transport*, vol. 42 no. 2, s. 65-74.
9. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2019). Wykorzystanie biogazu jako biopaliwa do zasilania pojazdów mechanicznych. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, r. 20, nr 6, s. 218-222.
10. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2019). Wpływ procesu produkcji na jakość płytek drukowanych PCB dla branży motoryzacyjnej. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, r. 20, nr 10-11, s. 89-94.

11. Niekurzak M. Kubińska-Jabcoń E., Bazior A. (2018). Analiza inteligentnych systemów transportowych na przykładzie miasta Krakowa. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, nr 5, s. 30-35.
12. Niekurzak M. Kubińska-Jabcoń E., (2018). Wpływ logistyki zaopatrzenia na proces modelowania złożonych systemów transportowych w hutnictwie. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, r. 19, nr 6, s. 1087-1091.
13. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2017). Analiza wybranego rodzaju ryzyka zmodyfikowaną metodą FMEA w przedsiębiorstwie hutniczym. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, t. 84 nr 6, s. 250-254.
14. Kubińska-Jabcoń E., Kubiński W., Niekurzak M. (2015). Analysis of the economical, ecological and quality advantages consequent resulting from initiation of technology integrated in metallurgy. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, vol. 5 no. 10, p. 549-553.
15. Kubiński W., Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2014). Racjonalne wykorzystanie energii w budownictwie mieszkaniowym. *Zarządzanie przedsiębiorstwem: teoria i praktyka*, red. nauk. Piotr Łebkowski. Wydawnictwa AGH, Kraków, s. 440-465. 978-83-7464-732-8.
16. Kubiński W., Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2014). Ekonomiczne aspekty stosowania kolektorów słonecznych w budownictwie jednorodzinnym. *Zarządzanie przedsiębiorstwem: teoria i praktyka*, red. nauk. Piotr Łebkowski. Wydawnictwa AGH, Kraków, s. 420-443. e-ISBN: 978-83-7464-732-8.
17. Kubiński W., Kubińska-Kaleta E., Niekurzak M. (2010). Produkcja syntetycznych paliw silnikowych z węgla. *Aspekty inżynierii produkcji*, red. nauk. Piotr Łebkowski. Wydawnictwa AGH, s.251-265. ISBN: 978-83-7464-371-9.

Obszar badawczy 2:

Badanie i ocena właściwości użytkowych materiałów i towarów: żywnościowych i nieżywnościowych

Ważnym nurtem zainteresowań naukowych autora są również prowadzone badania nad jakością materiałów i towarów, ich właściwościami użytkowymi oraz oceną istotnych parametrów jakościowych oraz ilościowych. Motywacją do podjęcia tego zakresu badań są prowadzone w ramach zajęć ze studentami przedmioty m.in.: materiałoznawstwo i towaroznawstwo dla inżynierów uczelni technicznej. W ramach badań nad tym obszarem dokonywano oceny właściwości użytkowych różnych grup towarów: przemysłowych tj. smary, paliwa, kleje, materiały budowalne, wyroby włókiennicze, papiernicze, medyczne, skóry, meble, sprzęt gospodarstwa domowego aż po towary spożywcze. Zakres tych badań obejmują 4 współautorskie monografie, które zrealizowano w latach aktywności naukowej 2015-2023 oraz liczne publikacje. Monografie naukowe składające się na dorobek w tym obszarze to:

1. Kubiński W., Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2023). *Badanie towarów spożywczych. Tom 2.* Wydawnictwo PWN Warszawa. s.>400 – monografia zostanie zgłoszona do Wydawnictwa we wrześniu 2023 r.

2. Kubiński W., Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2018). *Badanie towarów spożywczych. Tom 1.* Wydawnictwo PWN Warszawa. ISBN: 978-83-01-20047-3. s.413.

3. Kubiński W., Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2017) *Badanie towarów przemysłowych*. Wydawnictwo PWN Warszawa. ISBN: 978-83-01-19417-8. s.373.

4. Kubiński W., Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń. (2015). *Podstawowe badania paliw, smarów, powłok lakierowych i klejów*. Wydawnictwa AGH Kraków. ISBN: 978-83-7464-769-4. s. 139.

Najistotniejsze publikacje naukowe składające się na dorobek w tym obszarze to m.in.:

1. Wróblewski P., Niekurzak M., Kachel S. (2023). Experimental studies of welded joints in structures subject to high impact vibrations using destructive and non-destructive methods. *Materials*, 16(5):1886. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,748**; punktacja MEiN: 140).

2. Khan B., Niekurzak M., et.al. (2022). Experimental and numerical evaluation of mechanically stabilized earth wall with deformed steel bars embedded in tire shred-sand mixture. *Buildings*, vol. 12 iss. 5 art. no. 548, s. 1-17. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,324**; punktacja MEiN:70).

3. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M., Sroka B. (2022). Evaluation of service quality measurement using the modified servqual method - case study on the basis of motorol company. *International Journal for Quality Research*, vol. 16 no. 4, s. 1179-1196. (**indeksacja w bazie Scopus, 2021, CiteScore 2,5** punktacja MEiN:100).

4. Niekurzak M., Kubiński W., Kubińska-Jabcoń E. (2015). Making use of the eddy currents effect in the examination of the tribological characteristics of strip rolling mill rolls. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, no. 9, p. 481-486.

5. Niekurzak M. (2014). Modeling automated distribution center of goods. „*Logistyka*", nr 6, s. 13595-13604.

6. Niekurzak M. (2014). Modelowanie wpływu eksploatacji walców na ich zużycie. *Tribologia: teoria i praktyka*, Polskie Towarzystwo Tribologiczne, r. 45 nr 1, s. 75-84.

Obszar 3:

Logistyczne aspekty przepływów surowców, materiałów, towarów z uwzględnieniem uwarunkowań: ekologicznych i społecznych

Trzecim obszarem badawczym w nurcie nauk o zarządzaniu jest logistyczny przepływ surowców, towarów, materiałów w ramach szeroko rozumianej logistyki ze wskazaniem

uwarunkowań, barier i kierunków jej rozwoju. Badania obejmowały budowę modeli i algorytmów logistycznych z uwzględnieniem typowych jego podsystemów związanych z urządzeniami produkcyjnymi, transportowymi, magazynami międzyoperacyjnymi i wyrobów gotowych, które realizowane były w ramach badań przemysłowych. Zbudowane modele stały się podstawą do sformułowania logistycznego systemu zarówno pod względem aspektów technologicznych, jak i środowiskowych. Ponadto badania w tej części prowadzone były w kierunku poszukiwania i wyboru najkorzystniejszej koncepcji i modelu zorganizowania systemów wytwórczych i skutecznie prowadzonej gospodarki narzędziowej. Szeroko w tym obszarze badawczym autor wykorzystał narzędzia modelowania symulacyjnego do projektowania, oceny oraz weryfikacji tworzonych, jak i istniejących układów produkcyjnych. Wykorzystanie tego narzędzia pozwoliło symulować zaawansowane procesy wytwórcze realizowane w różnych przedsiębiorstwach, redukując przy tym ewentualny koszt eksperymentowania na „żywym organizmie" i przyczyniając się tym samym do skutecznego wprowadzania zmian korygujących i rekomendacji wdrożeniowych. Ważną częścią badań tego obszaru badawczego stanowią publikacje:

1. Niekurzak M. Lewicki W., Coban H.H., Bera M. (2023). Proposal of an innovative model to shorten machine changeover times and improve production efficiency in the automotive industry as way to a circular economy. *Sustainability,* 15(8). (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,889**; punktacja MEiN: 100)
2. Niekurzak M. (2021). Assessment of the possibility of implementing the product identification algorithm on the example of a production and service company. *Nauka – technika – technologia: seria wydawnicza AGH, T.1*. Wydawnictwa AGH, Kraków, s.147-166. ISBN: 978-83-66727-65-6.
3. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2019). Wykorzystanie innowacyjnych narzędzi informatycznych do usprawnienia logistycznych procesów produkcyjnych. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe,* r. 20 nr 6, s. 315-320.
4. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2018). Uwarunkowania logistyczne w planowaniu produkcji i magazynowaniu profili aluminiowych z wykorzystaniem metod ABC i XYZ. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe,* r. 19, nr 6, s. 1063-1067.
5. Niekurzak M. Kubińska-Jabcoń E. (2017). Wykorzystanie metod ABC i XYZ do optymalizacji gospodarki częściami zamiennymi w walcowni zimnej taśm. *Hutnik Wiadomości Hutnicze: czasopismo naukowo-techniczne poświęcone zagadnieniom hutnictwa,* t. 84 nr 3, s. 131-136.
6. Niekurzak M. (2015). Integrated logistics information systems to support the management as well as resources planning of the metallurgical enterprises. *Logistyka,* nr 2, s.2-5.
7. Niekurzak M. (2014). Computer support as a tool to study logistic processes of the storage service. *Logistyka,* nr 6, s. 13586-13594.
8. Niekurzak M., Kubiński W. (2014). Gospodarka walcami w ujęciu logistycznego systemu transportu technologicznego. *Hutnik Wiadomości Hutnicze,* r. 81, nr 2, s. 105-110.

9. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2014). Logistyczne podejście systemowe w modelowaniu i zarządzaniu przedsiębiorstwem hutniczym. *Logistyka*, nr 3, s. 4630-4637.
10. Kubiński W., Niekurzak M. (2014). Prognozowanie czasów przebudów walców w zespole walcowniczym dla potrzeb operacyjnego planowania produkcji. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, t. 81 nr 6, s. 379-384.
11. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2014). Wykorzystanie logistyki w zarządzaniu na przykładzie przedsiębiorstwa turystycznego. *Logistyka*, nr 3, s. 3482-3489.
12. Niekurzak M. (2014). Wykorzystanie metod symulacji do usprawnienia procesów planowania i przepływów strumieni materiałowych w walcowni gorącej taśm stalowych. *Logistyka*, nr 6, s. 13605-13611.
13. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2014). Wykorzystanie narzędzi informatycznych we wspomaganiu procesów logistycznych w zarządzaniu przedsiębiorstwem gastronomicznym. *Logistyka*, nr 3, s. 46-48.
14. Kubiński W., Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E. (2013). Komputerowe wspomaganie systemu produkcyjnego walcowni taśm stalowych na gorąco. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, t. 80 nr 12, s. 839-846.
15. Kubiński W., Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2012). Symulacja logistycznego systemu produkcji z wykorzystaniem pakietu Dosimi-3, Cz. 2. *Logistyka*, nr 2, s. 7-9.
16. Kubiński W., Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2012). Symulacja logistycznego systemu produkcji z wykorzystaniem pakietu Dosimis-3, Cz. 1. *Logistyka*, nr 1, s. 5-6.

Podsumowując, praca naukowa po uzyskaniu stopnia doktora przebiegała równolegle we wszystkich zdefiniowanych obszarach badawczych, wzajemnie się uzupełniając. Zbiorcze zestawienie dorobku naukowo-badawczego od momentu uzyskania stopnia naukowego doktora przedstawiono w tabeli 1 na stronie 63 autoreferatu.

5.2. Dorobek naukowy w ujęciu ilościowym

Na dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora składa się 70 recenzowanych prac naukowych podzielonych na:

- 3 monografie naukowe,
- 50 artykułów w czasopismach naukowych,
- 7 rozdziałów w monografiach naukowych,
- 10 rozdziałów w materiałach konferencyjnych.

Wyniki części badań (prowadzonych samodzielnie lub wspólnie z innymi naukowcami) upowszechniono w 15 publikacjach wyróżnionych na liście Scopus i 14 Web of Science posiadających Impact Factor.

Sumaryczny **Impact Factor** publikacji wynosi **43,782**. Po uzyskaniu stopnia doktora 32 prace opublikowano w języku angielskim, co stanowi łącznie niemal 46% wszystkich publikacji.

Szczegółowy wykaz dorobku, wraz z liczbą punktów MEiN i określeniem wkładu współautorów w odniesieniu do publikacji współautorskich zawarto w załączniku 4 do wniosku.

W tabeli 1 zestawiono syntetyczny podział opublikowanych prac naukowych według podstawowych kategorii.

Tabela 1. Liczbowe zestawienie dorobku publikacyjnego po uzyskaniu stopnia doktora

Wyszczególnienie	**Liczba publikacji**		
	w jęz. polskim (samodzielnych/ we współautorstwie)	**w jęz. angielskim (samodzielnych/ we współautorstwie)**	**razem (samodzielnych/we współautorstwie)**
Monografie naukowe	3 (0/3)	0(0/0)	3(0/3)
Rozdziały w monografiach naukowych	6 (1/5)	1(1/0)	7(2/5)
Rozdziały w materiałach konferencyjnych	6(0/6)	4(0/4)	10(0/10)
Artykuły w czasopismach znajdujących się w bazie JCR i posiadających Impact Factor	0(0/0)	15(2/13)	15(2/13)
Artykuły w innych czasopismach	22(3/19)	13(7/6)	35(10/25)
Razem	**38(4/34)**	**32(10/22)**	**70(14/56)**

Przed uzyskaniem stopnia doktora w latach X.2010-II.2012 opublikowano:

- 2 artykuły w czasopismach naukowych,
- 3 rozdziały w monografiach naukowych,
- 5 rozdziałów w materiałach konferencyjnych.

Sumaryczna punktacja **MEiN** za prace opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora wynosi **2874**, natomiast przed uzyskaniem stopnia doktora wynosi **21**.

Indeks Hirscha po uzyskaniu stopnia doktora w bazie: Web of Science wynosi 5, w bazie Scopus wynosi 5 (przy liczbie cytowań: Scopus - 58; Web of Science - 51) i przy rekomendacjach 620. Natomiast indeks Hirscha według bazy Google Scholar wynosi 7 (przy liczbie cytowań 111), a w bazie ResearchGate wynosi 6 (przy liczbie cytowań 71).

5.3. Udział w konferencjach naukowych i projektach badawczych

Po uzyskaniu stopnia doktora autor prezentował wyniki badań na 6 konferencjach o zasięgu międzynarodowym oraz 5 konferencjach krajowych. Szczegóły dotyczące udziału w konferencjach oraz prezentowanych referatów przedstawiono w załączniku 4 do wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Ponadto autor przewodniczył sesji tematycznej, poświęconej gospodarce zrównoważonego rozwoju i transformacji energetycznej na XXI Międzynarodowej Konferencji Naukowej Zarządzanie Przedsiębiorstwem – Teoria i praktyka w Krakowie 2021 roku. Dodatkowo od 2018 roku pełni funkcję Przewodniczącego corocznych Barbórkowych Konferencji Studenckich Kół Naukowych AGH - XI sekcji Inżynierii Zarządzania i Jakość.

Dodatkowo autor brał udział w 6 konferencjach (seminariach, warsztatach) bez referatu, uczestnicząc w ich obradach, w tym 1 zagranicznej i 5 krajowych na tematy dotyczące transformacji energetycznej Europy i świata. Jak również on-line uczestniczył w wielu wydarzeniach i kongresach na tematy energetyczne jako słuchacz.

Po uzyskaniu stopnia doktora autor uczestniczył w pracach: dwóch grantów finansowanych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jednego projektu międzynarodowego finansowanego przez Komisję Europejską - Erasmus + Partnership Cooperation oraz dwóch grantach w ramach działalności koła naukowego „Menadżer Produkcji", którego pełni funkcję opiekuna. We wszystkich grantach autor pełnił funkcję kierownika. Informacje o udziale w projektach badawczych po uzyskaniu stopnia doktora z podaniem zadań badawczych i warunków finansowania przedstawiono w załączniku 4.

Ponadto autor był współwykonawcą w 4 osobowym zespole naukowców ekspertyzy (wykonanej na zamówienie Swiss Krono). Szczegóły zostały przedstawione w załączniku 4.

5.4. Nagrody naukowe

Za działalność naukową autor otrzymał łącznie 4 nagrody Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, w tym 2 nagrody indywidualne i 2 zespołowe:

1. Nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie - indywidualna pierwszego stopnia za osiągnięcia naukowe, przyznana za 2022 rok.
2. Nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie - indywidualna pierwszego stopnia za osiągnięcia naukowe, przyznana za 2021 rok.
3. Nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie - zespołowa trzeciego stopnia za osiągnięcia dydaktyczne, przyznana za 2019 rok.
4. Nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie - zespołowa trzeciego stopnia za osiągnięcia dydaktyczne, przyznana za 2017 rok.

5.5. Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni

1. Staż naukowo – przemysłowy – Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Projektowe INMET sp. z o o. w Mikołowie w dniach 30. VII – 9. IX. 2012 r.

   Staż miał charakter naukowy. Jego celem było przeprowadzenie badań naukowych we współpracy z pracownikami naukowymi i technologami produkcji oraz wzajemna wymiana doświadczeń związanych z prowadzeniem badań naukowych. Ponadto, nabycie praktycznej wiedzy z zakresu projektowania i wytwarzania maszyn i urządzeń dla szerokiej bazy przemysłu maszynowego i hutniczego oraz optymalizacja zużycia energii przez te maszyny i współpracujące narzędzia.

2. Staż naukowo – dydaktyczny – Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki w Krakowie w dniach 1.X.2017 – 30.XI.2017 r.

   Staż miał charakter naukowo-dydaktyczny. W ramach stażu aktywnie uczestniczyłem w międzynarodowym projekcie naukowym BESPOKE – BusinESs PresentatiOn sKills for Employability In The Europen Labour Market. Opracowywałem metodykę badań w projekcie naukowo-badawczym pt. Entrepreneurship Mentoring for Young Graduate Women. Aktywnie uczestniczyłem w radach programowych Uczelni i posiedzeniach Komitetu Naukowego cyklu konferencji naukowych pt „Smart city i Smart Velagges". Ponadto od 2022 roku zostałem członkiem Rady Programowej w Wydawnictwie Zeszytów Naukowych WSEI w Krakowie.

3. Staż naukowo – badawczy – Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie w dniach 4.V.2022 – 30.VI.2022 r.

   Staż miał na celu umożliwienie współpracy interdyscyplinarnej między ośrodkami naukowymi i podniesienie kompetencji zawodowych z zakresu realizacji badań naukowych przy wykorzystaniu najnowszej aparatury badawczej. W ramach stażu wygłosiłem wykład plenarny na posiedzeniu katedralnym na temat dorobku habilitacyjnego pt. „*Determinaty rozwoju jakości życia społeczeństwa w transformacji energetycznej lokalnych sektorów gospodarki niskoemisyjnej*". Wzajemna współpraca przyniosła wymierne obopólne korzyści i została potwierdzona publikacjami naukowymi.

- **Współpraca naukowa z Wojskową Akademią Techniczną w Warszawie**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było przeprowadzenie badań naukowych we współpracy z pracownikami naukowymi Uczelni oraz wzajemna wymiana doświadczeń związanych z prowadzeniem badań naukowych. Efektem tej współpracy są wspólne publikacje naukowe, w których przedstawiono wyniki badań:

1. Wróblewski P., Niekurzak M., Kachel S. (2023). Experimental studies of welded joints in structures subject to high impact vibrations using destructive and non-destructive methods.

*Materials,*16(5):1886. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, IF 3,748**; punktacja MEiN: 140)

2. Wróblewski P., Niekurzak M. (2022). Assessment of the possibility of using various types of renewable energy sources installations in single-family buildings as part of saving final energy consumption in Polish conditions. *Energies,*15,1329. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,252**; punktacja MEiN: 140)

- **Współpraca naukowa z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było doskonalenie warsztatu badawczego, wymiana doświadczeń naukowych oraz ustalenie potencjalnych obszarów współpracy. Efektem tej współpracy są wspólne publikacje naukowe, w których przedstawiono wyniki badań:

1. Niekurzak M. Lewicki W., Coban H.H., Bera M. (2023). Proposal of an innovative model to shorten machine changeover times and improve production efficiency in the automotive industry as way to a circular economy. *Sustainability,* 15(8). (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,889**; punktacja MEiN: 100)

2. Niekurzak M. Lewicki W., Coban H.H., Brelik A. (2023). Conceptual design of a semi-automatic process line for recycling photovoltaic panels as a way to ecological sustainable production. *Sustainability,* 15, 2822. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,889**; punktacja MEiN: 100)

3. Niekurzak M., Lewicki W., Drożdż W., Miązek P. (2022). Measures for assessing the effectiveness of investments for electricity and heat generation from the hybrid cooperation of a photovoltaic installation with a heat pump on the example of a household. *Energies,* 16,6089. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,252**; punktacja MEiN: 140)

4. Niekurzak M., Lewicki W., Brelik A. (2022). The challenges for social and economic policy related to the energy transformation - analysis of profitability and minimizing the risk of deciding to invest in a home micro-installation. *European Research Studies Journal,* vol. XXV, 4, pp. 144-159. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2021, Impact Factor 1,57** punktacja MEiN:100)

5. Niekurzak M., Lewicki W., Brelik A. (2022). An innovative approach to sustainable development on the example of assessing the energy standard of office buildings using simulation modeling. *Business Success and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development During Global Crisis*. International Business Information Management Association, Seville, ISBN: 979-8-9867719-0-8, pp. 2364-2374. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022**, punktacja MEiN:70)

- **Współpraca naukowa z Uniwersytetem Szczecińskim**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było doskonalenie warsztatu badawczego, wymiana doświadczeń naukowych, transfer wiedzy oraz ustalenie potencjalnych obszarów współpracy. Efektem tej współpracy jest wspólna publikacja naukowa, w której przedstawiono wyniki badań:

1. Niekurzak M., Lewicki W., Drożdż W., Miązek P. (2022). Measures for assessing the effectiveness of investments for electricity and heat generation from the hybrid cooperation of a photovoltaic installation with a heat pump on the example of a household. *Energies*, 16,6089. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,252**; punktacja MEiN: 140)

- **Współpraca naukowo-dydaktyczna z Wyższą Szkołą Ekonomii i Informatyki w Krakowie**

Współpraca miała charakter naukowo-dydaktyczny. Jej celem oprócz przeprowadzenia zajęć dydaktycznych była wymiana doświadczeń naukowych z nauczycielami akademickimi Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki oraz naukowcami będącymi na wizytacji w Polsce z Capitol Technology University South Laurel, Maryland United States. Efektem tej współpracy w ramach zespołu doradczego została opublikowana praca:

1. Niekurzak M. (2022). Forecasting wind capacity using gauss regression models based on nuclear functions. *Rynek energii*, no. 4, pp. 61-71.

- **Współpraca naukowa z Uczelnią Techniczno-Handlową w Warszawie**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było przeprowadzenie badań naukowych we współpracy z pracownikami naukowymi Uczelni oraz wzajemna wymiana doświadczeń związanych z prowadzeniem badań naukowych. Efektem tej współpracy są wspólne publikacje naukowe, w których przedstawiono wyniki badań:

1. Wróblewski P., Niekurzak M., Kachel S. (2023). Experimental studies of welded joints in structures subject to high impact vibrations using destructive and non-destructive methods. *Materials*,16(5):1886. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,748**; punktacja MEiN: 140)

2. Wróblewski P., Niekurzak M. (2022). Assessment of the possibility of using various types of renewable energy sources installations in single-family buildings as part of saving final energy consumption in Polish conditions. *Energies*,15,1329. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,252**; punktacja MEiN: 140)

- **Współpraca naukowa z Uniwersytetem Jagiellońskim w Krakowie**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było doskonalenie warsztatu badawczego, wymiana doświadczeń naukowych, transfer wiedzy oraz ustalenie potencjalnych obszarów współpracy. Efektem tej współpracy są wspólne publikacje naukowe, w których przedstawiono wyniki badań:

1. Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M., Paliś B. (2022). Możliwość zastosowania algorytmu do monitorowania i zarządzania ryzykiem ekologicznym na przykładzie spalarni odpadów komunalnych. *Przedsiębiorczość i ryzyko w działalności gospodarczej*. Wydawnictwa AGH, Kraków, s. 75-95. ISBN: 978-83-67427-02-9. (punktacja MEiN: 120)

2. Paliś B., Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2022). Analiza współczesnych trendów w przemyśle spotkań na świecie. *Marketing i Rynek*, t. 29 nr 7, s. 23-38. ISSN 1231-7853. (punktacja MEiN: 40)

3. Paliś B., Kubińska-Jabcoń E., Niekurzak M. (2023). Zmiana w zarządzaniu przemysłem spotkań na świecie w obliczu wirusa SARS-CoV-2 w opinii ekspertów. *Marketing i Rynek*, t. 30 nr 2, s. 9-23. ISSN 1231-7853. (punktacja MEiN: 40)

- **Współpraca naukowa z Politechniką Krakowską w Krakowie**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było doskonalenie warsztatu badawczego, wymiana doświadczeń naukowych, transfer wiedzy oraz ustalenie potencjalnych obszarów współpracy. Efektem tej współpracy jest wystąpienie konferencyjne i wspólna publikacja naukowa, w której przedstawiono wyniki badań:

1. Niekurzak M., Kubińska-Jabcoń E., Gajewska T. (2014). Development directions of the integrated production processes of flat products. *METAL 2014: 23rd International Conference on Metallurgy and Materials*, Brno, Czech Republic, 2928.pdf. ISBN 978-80-87294-52-9. (punktacja MEiN: 5)

- **Współpraca naukowa z Politechniką Śląską w Katowicach**

Współpraca miała charakter naukowy. Jej celem było przeprowadzenie badań naukowych we współpracy z pracownikami naukowymi Uczelni oraz wzajemna wymiana doświadczeń związanych z prowadzeniem badań naukowych. Efektem tej współpracy jest wystąpienie konferencyjne i wspólna publikacja naukowa, w której przedstawiono wyniki badań:

1. Kubińska-Jabcoń E., Łukowski J., Niekurzak M. T. (2014). Risk control techniques in the enterprise on example of steel mill *METAL 2014: 23rd International Conference on Metallurgy and Materials*, Brno, Czech Republic, 2928.pdf. ISBN 978-80-87294-52-9. (punktacja MEiN: 5)

- **Współpraca naukowa z pracownikami zagranicznych uczelni:**

  ✓ Department of Electrical Engineering University of Ardahan, 75002, Turkey.

Współpraca naukowa z pracownikami zagranicznych ośrodków naukowych miała charakter nieformalny i polegała na przygotowaniu wspólnych publikacji. Efektem tej współpracy są publikacje naukowe, w których przedstawiono wyniki badań:

1. Niekurzak M. Lewicki W., Coban H.H., Brelik A. (2023). Conceptual design of a semi-automatic process line for recycling photovoltaic panels as a way to ecological sustainable production. *Sustainability,* 15, 2822. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,889**; punktacja MEiN: 100)

2. Niekurzak M. Lewicki W., Coban H.H., Bera M. (2023). Proposal of an innovative model to shorten machine changeover times and improve production efficiency in the automotive industry as way to a circular economy. *Sustainability,* 15(8). (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,889**; punktacja MEiN: 100)

- **Współpraca naukowa z pracownikami zagranicznych uczelni:**

  ✓ Department of Civil Engineering, CECOS University of IT and Emerging Sciences, Peshawar 25000, Pakistan,

  ✓ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, International Islamic University Malaysia, Jalan Gombak, Selangor 50728, Malaysia,

  ✓ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 195251 St. Petersburg, Russia.

Współpraca miała charakter naukowy jak również charakter niesformalizowany i polegała na prowadzeniu dyskusji naukowych dotyczących wspólnych zainteresowań badawczych oraz opracowaniu w wyniku tych dyskusji publikacji. Efektem tej współpracy jest wspólna publikacja naukowa, w której przedstawiono wyniki badań:

1. Khan, B.J.; Ahmad, M.; Sabri, M.M.S.; Ahmad, I.; Zamin, B.; Niekurzak, M. (2022). Experimental and Numerical Evaluation of Mechanically Stabilized Earth Wall with Deformed Steel Bars Embedded in Tire Shred-Sand Mixture. *Buildings,* 12, 548. doi: 10.3390/buildings12050548. (**indeksacja w bazie Web of Science, 2022, Impact Factor 3,324**; punktacja MEiN:70).

6. Informacja o osiągnieciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczno-organizacyjne

- W ramach pracy dydaktycznej autor prowadzi zajęcia z trzech obszarów badawczych na studiach I i II stopnia na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Zarządzanie oraz Informatyka i Ekonometria m.in. z następujących przedmiotów: Maszynoznawstwo, Materiałoznawstwo, Projektowanie inżynierskie, Ekologiczne źródła pozyskiwania energii, Ekologia i ekologistyka, Towaroznawstwo, Zarządzanie transportem i spedycją.

- Autor jest współautorem 4 podręczników z Towaroznawstwa dla studentów uczelni wyższej oraz pracowników zatrudnionych w działach kontroli jakości i działach handlowych.

- Autor aktywnie uczestniczył w przygotowaniu programu studiów inżynierskich na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji na Wydziale Zarządzania AGH. W ramach tej aktywności opracowano programy i sylabusy przedmiotów: Towaroznawstwo, Ekologiczne źródła pozyskiwania energii, Ekologia i ekologistka.

- Dążąc do podnoszenia kwalifikacji zawodowych w zakresie dydaktyki autor brał udział w konferencjach dydaktycznych i szkoleniach, mających na celu poprawę jakości nauczania, jak również wprowadzania nowych metod nauczania.

  Autor posiada certyfikat z zakresu prowadzenia zajęć z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość, zorganizowany przez Centrum e-Learningu AGH.

  Ponadto uczestniczy w szkoleniach dodatkowych oferowanych przez Centrum e-learningu AGH: kreatywna praca w grupach, testy na platformie Moodle, wykorzystanie materiałów do prowadzenia zajęć, szkolenie pedagogiczne dla pracowników szkół wyższych.

  Dodatkowo posiada certyfikat przedstawiciela kierownictwa ds. systemu zarządzania jakością. TUVPOL TUV Thuringen Gruppe. Nr 1614/ISO/2005.

- W latach 2012-2017 był członkiem komisji oceniającej Studenckie Sesje Kół Naukowych Pionu Hutniczego na Wydziale Zarządzania AGH.

- Od 2018 roku autor jest opiekunem koła naukowego „Menadżer Produkcji" i Przewodniczącym komisji oceniającej Studenckie Sesje Kół Naukowych Pionu Górniczego na Wydziale Zarządzania AGH.

- Aktywność autora na Wydziale Zarządzania AGH nie ograniczała się wyłącznie do sfery dydaktycznej i naukowej:

  ✓ Lata 2012-2016 członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej.

  ✓ Lata 2018-2020 członek komisji ds. Jakości Kształcenia na Wydziale Zarządzania AGH.

  ✓ Lata 2020-2024 członek Rady ds. kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji na Wydziale Zarządzania.

- Od początku pracy w Akademii Górniczo-Hutniczej autor aktywnie uczestniczy w opiece naukowej nad studentami pełniąc rolę promotora prac dyplomowych. Dotychczas autor był

promotorem ponad 30 prac magisterskich i 90 prac inżynierskich oraz recenzentem łącznie ponad 100 prac inżynierskich i magisterskich.

6.2. Osiągniecia organizacyjne i popularyzujące naukę

W ramach działalności popularyzującej naukę:

- Wspólnie z kołem naukowym Menadżer Produkcji autor organizuje coroczne spotkania z cyklu „Szkolenie z Przemysłem" oraz wyjazdy naukowe do zakładów produkcyjnych na całym terenie Polski.

  Aktywność ta ma zaznajomić studentów z wiedzą praktyczną realizowaną w ramach zajęć dydaktycznych oraz ułatwić przyszłym abiturientom uczelni wyższej skuteczne poruszanie się po rynku pracy.

- W ramach działalności koła naukowego studenci występują na co rocznych konferencjach i wygłaszają referaty na sesjach plenarnych zarówno w macierzystej Uczelni jak również w innych ośrodkach naukowych.

  W latach 2018-2022 studenci z koła naukowego nad którym autor przewodniczy zostawali laureatami corocznych konferencji w ramach sesji zarządzanie i jakość. Wynikiem tej współpracy są publikacje wychowanków w: 60, 61 i 62 zeszytach naukowych AGH.

  Ponadto, koło naukowe Menadżer Produkcji:

- Pozyskuje granty naukowe na realizację badań i rozpowszechnianie wyników w szerokim gronie odbiorców m.in. na konferencjach, w biuletynie AGH, materiałach konferencyjnych i zeszytach naukowych.
- Czynnie uczestniczy w konferencjach naukowych poza murami Uczelni.
- Aktywnie włącza się w działalność promocyjną wydziału w ramach „Sympozjum Kół Naukowych" i „Noc młodych naukowców".
- Angażuje się regionalnie w kwestie społeczno-kulturowe m.in. w organizację wydarzenia „Szlachetna Paczka".

PODPIS ZAUFANY
MARIUSZ
NIEKURZAK
25.05.2023 19:17:51 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie podpisem zaufanym

……..…….
(podpis wnioskodawcy)