

AUTOREFERAT

Załącznik nr 3 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

dr inż. Maria Rosienkiewicz

Politechnika Wroclawska
Wydział Mechaniczny
Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji
ul. Łukasiewicza 5
50-371 Wrocław

Spis treści

1. Spis treści	
2. Dane wnioskodawcy.....	3
3. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
4. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
5. Omówienie osiągnięć naukowych.....	4
5.1. Wprowadzenie.....	4
5.2. Osiągnięcie naukowe nr 1: Monografia	13
5.2.1. Nazwa osiągnięcia naukowego nr 1	13
5.2.2. ON1: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych.....	13
5.2.3. ON1: Cel naukowy	16
5.2.4. ON1: Opis kluczowych wyników	21
5.2.5. ON1: Powiązane publikacje naukowe.....	54
5.3. Osiągnięcie naukowe nr 2: 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe	55
5.3.1. Nazwa osiągnięcia naukowego nr 2	55
5.3.2. ON2: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych.....	59
5.3.3. ON2: Cel naukowy	60
5.3.4. ON2: Opis kluczowych wyników	61
5.3.4.1. Projekt SYNERGY.....	62
5.3.4.2. Projekt IDEATION	65
5.3.4.3. Projekt SMERF	69
5.3.4.4. Projekt DEETECHTIVE	74
5.3.4.1. Podsumowanie wyników.....	78
5.3.5. ON2: Powiązane publikacje naukowe.....	92
5.4. Osiągnięcie nr 3: 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe.....	93
5.4.1. Nazwa osiągnięcia nr 3.....	93
5.4.2. ON3: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych.....	93
5.4.3. ON3: Cel naukowy	94
5.4.4. ON3: Opis kluczowych wyników	95
5.4.5. ON3: Powiązane publikacje naukowe.....	113
5.5. Osiągnięcie naukowe nr 4: 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe	114
5.5.1. Nazwa osiągnięcia naukowego nr 4	114
5.5.2. ON4: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych.....	114
5.5.3. ON4: Cel naukowy	115
5.5.4. ON4: Opis kluczowych wyników	115
5.5.5. ON4: Powiązane publikacje naukowe.....	135
5.6. Bibliografia.....	135
6. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej w szczególności zagranicznej.....	143
6.1. Istotna aktywność naukowa w Polsce	143
6.2. Istotna aktywność naukowa zagraniczna.....	144
7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.....	157
8. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.	159

2. Dane wnioskodawcy

Imię i nazwisko: Maria Rosienkiewicz
Stopień naukowy: doktor nauk technicznych
Dyscyplina: Budowa i Eksploatacja Maszyn
Miejsce i adres zatrudnienia:
Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny
Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji
ul. Łukasiewicza 5, 50-371 Wrocław
tel. +48 71 320 43 84 / tel. kom. +48 604 075 366

3. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 2010-2014 **POLITECHNIKA WROCLAWSKA**, Wydział Mechaniczny
Stacjonarne studia doktoranckie
Dyscyplina: **Budowa i Eksploatacja Maszyn**
Praca doktorska: „Opracowanie metody prognozowania zapotrzebowania na części zamienne w przemyśle wydobywczym”
Promotor: prof. dr hab. inż. Edward Chelbus
Recenzent 1: prof. dr hab. inż. Zbigniew Banaszak
Recenzent 2: prof. dr hab. inż. Herbert Wirth
Rozprawa doktorska została wyróżniona przez Radę Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej
- 2007-2009 **UNIwersytet Wroclawski**, Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii
Studia stacjonarne 2-letnie uzupełniające magisterskie
Kierunek: **Ekonomia**
Specjalizacja: **Ekonomia Menedżerska**
Praca magisterska: „Analiza efektywności metody Hellwiga w wyborze modelu dla szeregów czasowych”
Promotor: prof. dr hab. Tadeusz Bednarski
Zajęcie I miejsca w konkursie na najlepszą pracę magisterską na wydziale Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego
- 2006-2011 **POLITECHNIKA WROCLAWSKA**, Wydział Mechaniczny
Studia stacjonarne 5-letnie jednolite
Kierunek: **Zarządzanie i Inżynieria Produkcji**
Specjalizacja: **Organizacja Produkcji**
Praca magisterska: „Zastosowanie modelu symulacyjnego w rozwoju nowego produktu w Volvo Polska sp. z o.o.”
Promotor: prof. dr hab. inż. Edward Chelbus
- 2004-2007 **UNIwersytet Wroclawski**, Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii
Studia stacjonarne 3-letnie licencjackie
Kierunek: **Ekonomia**
Praca licencjacka: „Ekonometryczne modelowanie inflacji”
Promotor: dr Magdalena Homa

4. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

POLITECHNIKA WROCLAWSKA

od 07.2023 Stanowisko: ekspert
od 10.2014 Stanowisko: adiunkt naukowo-dydaktyczny
2013-2014 Stanowisko: asystent naukowo-dydaktyczny
2012-2013 Stanowisko: samodzielny technolog
2011 Stanowisko: starszy referent

LEGNICKA SPECJALNA STREFA EKONOMICZNA S.A. (LSSE S.A.)

2019-2020 Stanowisko: Menedżer merytoryczny projektu

LEGNICKI PARK TECHNOLOGICZNY LETIA S.A. (włączony w 2019 w LSSE S.A.)

2017-2019 Stanowisko: Menedżer merytoryczny projektu

DOLNOŚLĄSKI PARK INNOWACJI I NAUKI

2011-2014 Stanowisko: referent

UWAGA:

W okresie od kwietnia do sierpnia 2020 przebywałam na urlopie macierzyńskim

5. Omówienie osiągnięć naukowych

5.1. Wprowadzenie

Omówione poniżej osiągnięcia naukowe należą do **dyscypliny inżynieria mechaniczna**, a konkretny obszar, którego dotyczą to **inżynieria produkcji** (Rys. 1), która przed zmianą przepisów w roku 2018 (tzw. „stara ustawa”) stanowiła odrębną **dyscyplinę**.

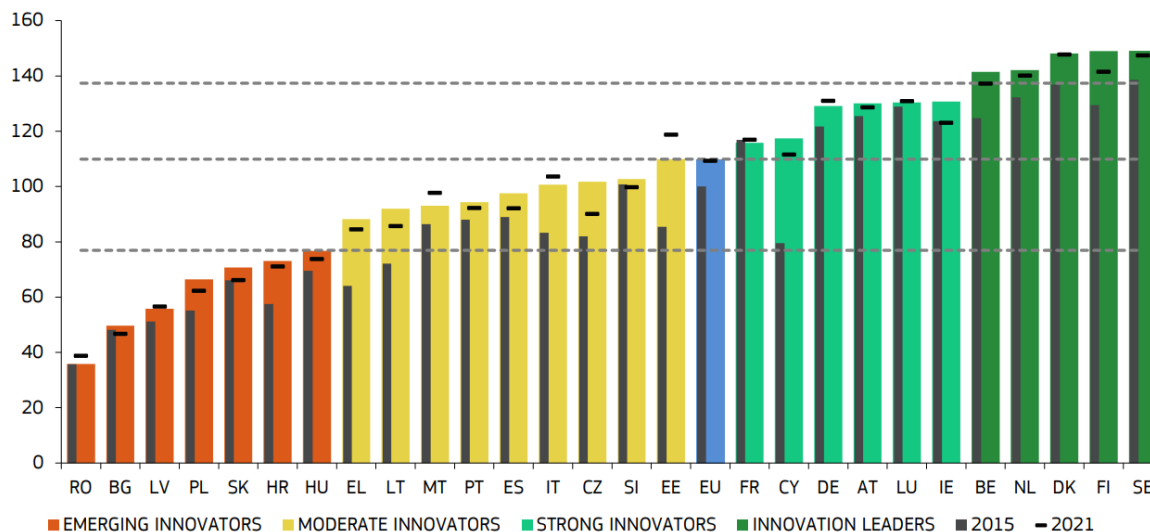


Rys. 1 Schematyczne ujęcie miejsca inżynierii produkcji w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

„Termin **inżynieria produkcji** został zdefiniowany przez Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk z wykorzystaniem definicji Amerykańskiego Instytutu Inżynierii Przemysłowej i obejmuje zagadnienia planowania, projektowania, implementowania i zarządzania systemami produkcyjnymi, systemami logistycznymi oraz zabezpieczania ich funkcjonowania. Systemy te rozumiane są jako układy socjotechniczne, integrujące

pracowników, informację, energię, materiały, narzędzia pracy i procesy w ramach całego cyklu życia produktów”[1]. W niniejszym wprowadzeniu wskazałam również obszary naukowe, których dotyczą osiągnięcia przedstawione w Autoreferacie.

Od wielu lat, bazując na publikowanym regularnie *European Innovation Scoreboard*, śledzę wydajność systemów innowacji państw członkowskich UE (Rys. 2). Niestety Polska wciąż jest przywoływana jako przykład kraju o stosunkowo niskich wskaźnikach innowacyjności. Pomimo pewnego postępu w ostatnich latach, polski system innowacji boryka się z wyzwaniami, które wpływają na jego efektywność.



Rys. 2 Wydajność systemów innowacji państw członkowskich UE [2]

Niska wydajność może być częściowo rezultatem ograniczonych inwestycji w badania i rozwój, ale również z pewnością braku skutecznych mechanizmów i modeli wspierających rozwój innowacji w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Dodatkowo, istnieje potrzeba skoncentrowanych działań mających na celu poprawę współpracy między sektorem publicznym, prywatnym a akademickim. Wspomniane wyzwania stanowią istotny punkt wyjścia do rozwinięcia polskiego systemu innowacji i zwiększenia jego wydajności w kontekście dynamicznie rozwijającej się europejskiej gospodarki opartej na wiedzy. Ostatni raport opublikowany w 2022 roku wskazuje, że wydajność polskiego systemu innowacji znajduje się na czwartym miejscu od końca w odniesieniu do całej Unii Europejskiej [2]. Dlatego właśnie większość prowadzonych przeze mnie badań ukierunkowana jest na opracowywanie i rozwijanie modeli i metod wspierających innowacyjność przedsiębiorstw produkcyjnych i transformację w kierunku przedsiębiorstw przyszłości. Stąd **tytuł scalający osiągnięcia naukowe** można zdefiniować następująco:

Modele i metody wspierające innowacyjność przedsiębiorstw produkcyjnych i transformację w kierunku przedsiębiorstw przyszłości.

Na tytuł scalający osiągnięcia naukowe składają się cztery osiągnięcia:

Osiągnięcie naukowe nr 1 (monografia)

Opracowanie nowych hybrydowych modeli prognozowania dedykowanych wybranym obszarom systemu produkcyjnego wraz z metodyką oceny ich efektywności

Osiągnięcie naukowe nr 2 (osiągnięcie projektowe)

Opracowanie, implementacja i weryfikacja nowych - bazujących na koncepcji otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia - modeli wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z wykorzystaniem meta platformy SYNERGY

Osiągnięcie naukowe nr 3 (osiągnięcie projektowe)

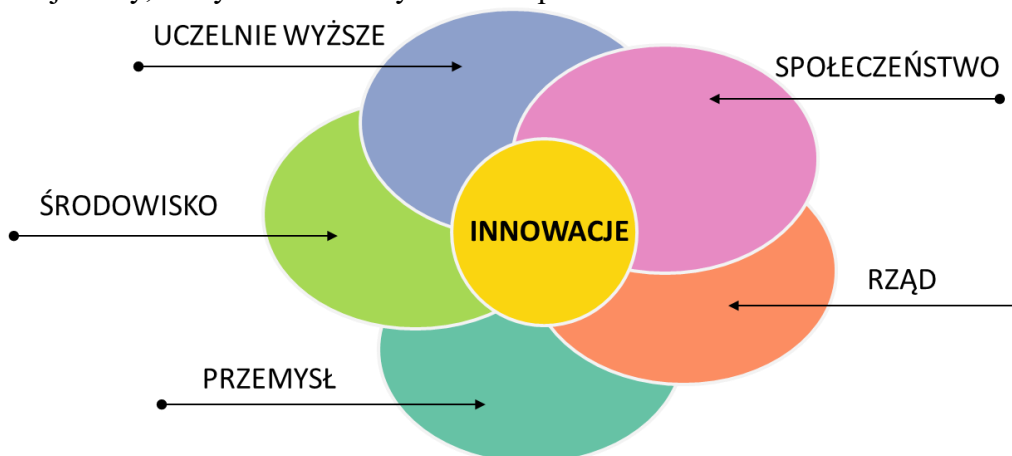
Opracowanie metodyki wyboru i oceny wskaźników „zieloności” w zarządzaniu cyklem życia produktu dla przemysłu motoryzacyjnego w celu transformacji w kierunku zrównoważonego rozwoju

Osiągnięcie naukowe nr 4 (osiągnięcie projektowe)

Opracowanie koncepcji i wdrożenie elementów metodyki *lean mining* dla przemysłu wydobywczego

Wpływ nowych technologii, uznawanych za filary Przemysłu 4.0, zmienia sposoby funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw. Jak zauważa Błasiak w raporcie *PricewaterhouseCoopers*, poświęconym Przemysłowi 4.0, „olbrzymie wolumeny danych generowane przez systemy sterowania, obecnie wykorzystywane głównie do monitorowania stanu procesów technologicznych, w przyszłości umożliwią przewidywanie ich zachowania, parametrów jakościowych produktów, a także umożliwią sterowanie produkcją w skali globalnej” [3]. Należy zatem oczekiwać, że procesy zarządzania produkcją będą ulegały znaczącej zmianie. Wiele przedsiębiorstw produkcyjnych stoi przed wyzwaniem transformacji w tzw. inteligentną fabrykę. Wykorzystanie kluczowych technologii Przemysłu 4.0 zmienia modele biznesowe przedsiębiorstw produkcyjnych. Od pewnego czasu można zaobserwować nowe zjawiska stające się częścią niektórych procesów zachodzących w przedsiębiorstwach i zmieniające sposób kreowania innowacji przez firmy. Do tych zjawisk zaliczyć można m.in. *crowdsourcing* – nazwa nawiązuje do czerpania z tłumu oraz jego cztery główne rodzaje, czyli: *crowdvoting* – wykorzystanie społeczności do głosowania (np. nad atrakcyjnością nowego produktu lub wybranej funkcjonalności), *crowdwisdom* – wykorzystanie wiedzy społeczności (np. do rozwiązywania problemów technicznych), *crowdcreating* – wykorzystanie pomysłowości i kreatywności społeczności (np. do projektowania nowych produktów) oraz *crowdfunding* – finansowanie społecznościowe (np. do wprowadzenia nowego produktu na rynek lub sfinansowanie nowego biznesu). *Crowdsourcing* dzięki rozwiniętym technologiom informatycznym i szerokiemu dostępowi do Internetu umożliwia przedsiębiorstwom zupełnie nowe sposoby rozwiązywania problemów (np. *microworking*) i nawiązywania relacji z klientami. Jak zauważa Radziszewska, zjawisko *crowdsourcingu* pozwala na realizację zadań tradycyjnie należących do przedsiębiorstwa niezdefiniowanej i bardzo licznej grupie ludzi stanowiących społeczność w Internecie [4]. W kontekście produkcji warto wspomnieć o Społecznościowym Rozwoju Produktu (ang. *Social Product Development*), który Rosienkiewicz i Helman definiują jako „wspólny rozwój nowego produktu przez daną grupę użytkowników w ramach konkretnego dedykowanego temu procesowi portalu społecznościowego”[5]. Ten zupełnie nowy sposób rozwoju produktów w ostatnich kilku latach doprowadził do powstania w samych tylko Stanach Zjednoczonych kilkuset tysięcy wynalazków – do firm, które go wykorzystują, można zaliczyć chociażby Local Motors, Quirky, General Electric, czy Mattel. Rozwój zaawansowanych technologii i pojawienie się wspomnianych zjawisk wpływa również na zupełnie nowe ukształtowanie ekosystemu

innowacji. Coraz więcej firm skłania się ku otwartym innowacjom (ang. *open innovation*) i otwartym innowacjom 2.0 (ang. *open innovation 2.0*), dzięki obowiązującym w nich zasadom otwierają się w firmach zupełnie nowe ścieżki rozwoju. Ten nowy model tworzenia innowacji jest również zbieżny z modelem poczwórnej helisy (ang. *Quadruple Helix Innovation Model*), który w porównaniu do modelu potrójnej helisy (ang. *Triple Helix Innovation Model*) jest rozszerzony o społeczeństwo obywatelskie i zaangażowanie jednostek [6], [7]. Jak podkreślają McAdam i Debackere, w ostatnich latach skuteczność modelu potrójnej helisy łączącego rząd, uczelnie i przemysł została zakwestionowana, ponieważ regiony nie osiągnęły oczekiwanych poziomów innowacji, rozwoju PKB i zatrudnienia [8]. Wprowadzono wówczas model poczwórnej helisy, który rozbudowany został o społeczeństwo.



Rys. 3 Model innowacji pięciokrotnej helisy (*quintuple helix innovation model*)

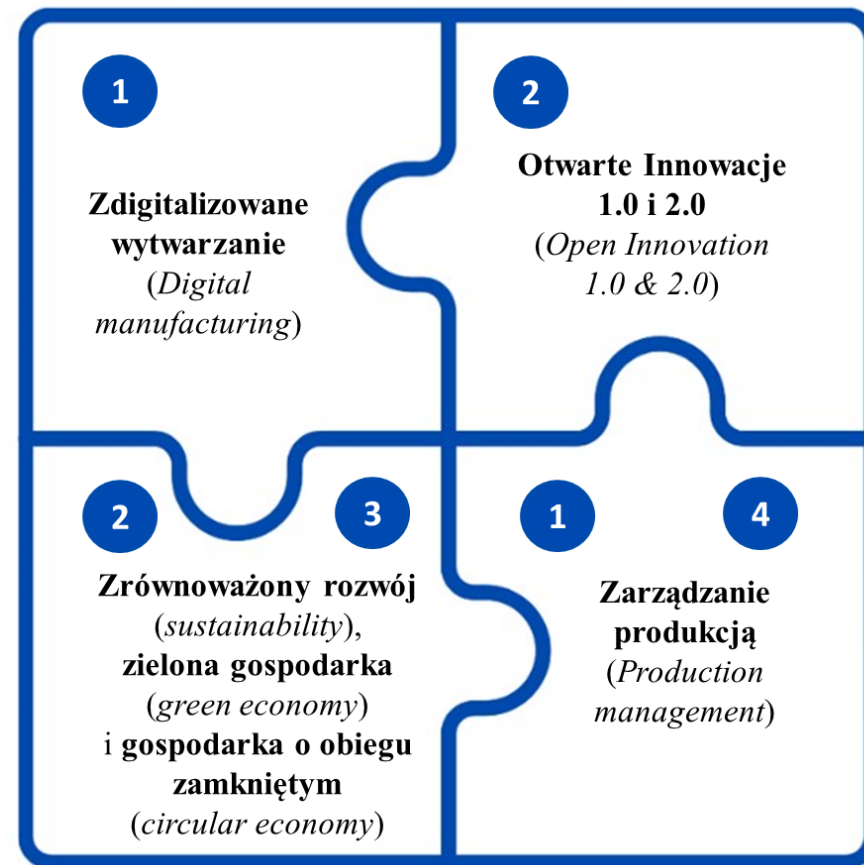
Niedawno zaś model ten uległ kolejnej zmianie – włączono piątą helisę reprezentującą środowisko aby podkreślić, że rozwój innowacji musi odbywać się w sposób proekologiczny. Warto jednak podkreślić, że model innowacji pięciokrotnej helisy (ang. *Quintuple Helix Innovation Model*) (Rys. 3), który ma stanowić wsparcie dla regionalnych ekosystemów innowacji, nie będzie mógł rozwijać się prawidłowo bez wykorzystania technologii stanowiących filary Przemysłu 4.0.

Faktyczne włączenie klientów do rozwoju nowych produktów i umożliwianie im wpływu na ostateczny jego kształt (nawet jeśli już rozpoczął się jego proces produkcji) będzie możliwe tylko wówczas, gdy fabryki przekształcą się w rzeczywiste *smart factories*. Jednak na podstawie statystyk obrazujących poziom transformacji przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce można wnioskować, że do tego etapu jest jeszcze daleko [9]. Polskie firmy w zdecydowanej większości znajdują się wciąż na etapie trzeciej rewolucji przemysłowej. Oznacza to, że istnieje potrzeba opracowywania nowych modeli, metod i narzędzi wspomagających transformację w stronę inteligentnej fabryki. Jedną ze ścieżek rozwoju w tym kierunku powinno być konstruowanie nowych, bardziej efektywnych, modeli prognozowania, których implementacja w przedsiębiorstwach umożliwi podejmowanie lepszych decyzji biznesowych. Konieczne jest także opracowywanie rozwiązań wspierających ochronę środowiska, które pozwolą przedsiębiorstwom produkcyjnym wkroczyć na ścieżkę zrównoważonego rozwoju.

Prowadzone przeze mnie badania naukowe koncentrują się na czterech głównych zagadnieniach, które zobrazowane zostały na Rys. 4. Są to:

- **Zdigitalizowane wytwarzanie** (*Digital manufacturing*),
- **Otwarte Innowacje 1.0 i 2.0** (*Open Innovation 1.0 & 2.0*),
- **Zrównoważony rozwój** (*Sustainability*), **zielona gospodarka** (*green economy*) i **gospodarka o obiegu zamkniętym** (*circular economy*),
- **Zarządzanie produkcją** (*Production management*).

- 1** Osiągnięcie nr 1
Opracowanie nowych hybrydowych modeli prognozowania dedykowanych wybranym obszarom systemu produkcyjnego wraz z metodyką oceny ich efektywności
- Osiągnięcie nr 2
Opracowanie, implementacja i weryfikacja nowych - bazujących na koncepcji otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia - modeli wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z wykorzystaniem meta platformy SYNERGY
- 3** Osiągnięcie nr 3
Opracowanie metodyki wyboru i oceny wskaźników „zieloności” w zarządzaniu cyklem życia produktu dla przemysłu motoryzacyjnego w celu transformacji w kierunku zrównoważonego rozwoju
- 4** Osiągnięcie nr 4
Opracowanie koncepcji i wdrożenie elementów metodyki *lean mining* dla przemysłu wydobywczego



Rys. 4 Przyporządkowanie osiągnięć do obszarów tematycznych

Według mnie obszary te przenikają się, zazębiają i *de facto* rozwój każdego z nich jest konieczny, aby zapewnić przedsiębiorstwom produkcyjnym transformację w kierunku przedsiębiorstwa przyszłości. Poniżej przedstawiam schematycznie przyporządkowanie osiągnięć naukowych do przedstawionych wyżej obszarów tematycznych (Rys. 4).

W poniższej tabeli (Tabela 1) z kolei przedstawiam **mapę osiągnięć naukowych** – zawiera ona kolejno: rodzaj osiągnięcia zgodnie z ustawą, tytuł osiągnięcia i cel naukowy, powiązane publikacje naukowe, powiązane projekty i powiązane wdrożenia oraz partnerów przemysłowych.

Tabela 1 Mapa osiągnięć naukowych

Rodzaj osiągnięcia	Tytuł osiągnięcia i cel naukowy	Powiązane publikacje	Powiązane projekty	Powiązane wdrożenia/partnerzy przemysłowi
<p>Osiągnięcie nr 1: Monografia</p>	<p>Tytuł osiągnięcia:</p> <p>Opracowanie nowych hybrydowych modeli prognozowania dedykowanych wybranym obszarom systemu produkcyjnego oraz metodyki oceny ich efektywności</p> <p>Cel naukowy:</p> <p>opracowanie nowych hybrydowych modeli prognozowania, które można by zastosować w różnych obszarach systemu produkcyjnego, oraz przedstawienie metodyki analizy i oceny ich efektywności w porównaniu do wybranych klasycznych metod predykcji</p>	<p>Hybrydowe modele prognozowania w produkcji i metodyka oceny ich efektywności. M. Rosienkiewicz, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2019</p>	<p>Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi, NCBiR, 2011-2013</p> <p>Opracowanie innowacyjnego, customizowanego systemu produkcji i magazynowania, sterowanego poprzez sieci neuronowe, 16.05.2016 - 15.07.2016 (nr projektu 4001/0061/16), Zamawiający: Belini Syntia Skowrońska</p>	<p>KGHM Polska Miedź S.A.</p> <p>Belini Syntia Skowrońska</p>
<p>Osiągnięcie nr 2: zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe</p>	<p>Tytuł osiągnięcia:</p> <p>Opracowanie, implementacja i weryfikacja nowych - bazujących na koncepcji otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia - modeli wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z wykorzystaniem meta platformy SYNERGY</p>	<p>Gamification-Based Crowdsourcing as a Tool for New Product Development in Manufacturing Companies. In: Burduk, A., Batako, A., Machado, J., Wyczółkowski, R., Antosz, K., Gola, A. (eds) Advances in Production. ISPEM 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 790. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45021-1_28 <u>M. Molasy, M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa</u></p> <p>Open innovation readiness assessment within students in Poland: investigating state-of-the-</p>	<p>SYNERGY: Synergic networking for innovativeness enhancement of Central European actors focused on high-tech industry, Central Europe Interreg, 2017-2020</p> <p>IDEATION: Innovation and entrepreneurship actions and trainings for higher education, KIC – EIT MANUFACTURING, 2022-2024</p>	<p>PROFACTOR GmbH CRIT s.r.l.</p>

	<p>Cel naukowy:</p> <p>w jaki sposób dokonać transformacji przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia?</p>	<p>art and challenges. Sustainability. 2022, vol. 14, nr 3; <u>M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa, M. Molasy</u></p> <p>Analysis of platforms supporting open innovation approach, Lecture Notes in Networks and Systems, ISSN vol. 335, Springer, 2022; Advances in Manufacturing Processes, Intelligent Methods and Systems in Production Engineering. Global Congress on Manufacturing and Management GCMM 2021. <u>M. Cholewa, M. Molasy, M. Rosienkiewicz, J. Helman</u></p> <p>Analysis and assessment of bottom-up models developed in Central Europe for enhancing open innovation and technology transfer in advanced manufacturing. Sustainable Design and Manufacturing 2020. Proceedings of the 7th International Conference on Sustainable Design and Manufacturing, Springer, 2021; <u>M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa, M. Molasy, G. Krause-Juettler</u></p> <p>Infrastructure sharing model as a support for sustainable manufacturing. Sustainable Design and Manufacturing 2020. Proceedings of the 7th International Conference on Sustainable Design and Manufacturing, Springer, 2021; <u>J. Helman, M. Rosienkiewicz, Mateusz M. Molasy, Mariusz Cholewa</u></p> <p>Identification of challenges to be overcome in the process of enhancing innovativeness based on implementation of Central European projects funded from Interreg programme. International Conference Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM</p>	<p>SMERF: SME Ready for Future, Central Europe Interreg, 2023-2026</p> <p>DEETECHTIVE: Deep Tech Talents - Innovation & Entrepreneurship Support, KIC – EIT RAW MATERIALS, 2023-2024</p>	
--	---	--	--	--

		<p>2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 835. Springer (2019) <u>M. Cholewa, J. Helman, M. Molasy, M. Rosienkiewicz</u></p> <p>SYNERGY project: Open innovation platform for advanced manufacturing in Central Europe. International Conference Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 835. Springer (2019) <u>M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa, M. Molasy</u></p>		
<p>Osiągnięcie nr 3: zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe</p>	<p>Tytuł osiągnięcia:</p> <p>Opracowanie metodyki wyboru i oceny wskaźników „zieloności” w zarządzaniu cyklem życia produktu dla przemysłu motoryzacyjnego</p> <p>Cel naukowy:</p> <p>opracowanie nowego podejścia do oceny ekologiczności („zieloności”) produktu, które opierałoby się na algorytmie zorientowanym na cele biznesowe i miałyby zastosowanie w fazie rozwoju nowego produktu dla branży motoryzacyjnej</p>	<p>Towards greenPLM – key sustainable indicators selection and assessment method development. Energies. 2023, vol. 16, nr 3, art. 1137, s. 1-25. IF 03.252 <u>J. Helman, M. Rosienkiewicz, M. Cholewa, M. Molasy, S. Oleszek</u></p> <p>Green PLM: business goals-oriented algorithm assessing the greenness of a product in the new product development phase for the automotive industry, w procesie recenzji w Annals of Operations Research (IF 4.8) <u>Rosienkiewicz, M., Helman, J., Cholewa, M., Molasy, M., Oleszek, S., Berselli G.</u></p> <p>Green PLM: The concept of sharing community knowledge for new green product development and process planning, w procesie recenzji w Annals of Operations Research (IF 4.8) <u>Cholewa, M., Helman, J. Rosienkiewicz, M., Molasy, M., Oleszek, S., Berselli G.</u></p>	<p>„GreenPLM: Green Product Lifecycle Management” dla Transition Technologies PSC S.A., 2022</p>	<p>Transition Technologies PSC S.A.</p>
<p>Osiągnięcie nr 4: zrealizowane oryginalne</p>	<p>Tytuł osiągnięcia:</p>	<p>A new approach on implementing TPM in a mine - case study. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2015, vol. 15, nr 4,</p>	<p>Adaptacja i implementacja metodologii Lean w</p>	<p>KGHM Polska Miedź S.A.</p>

osiągnięcie projektowe	<p>Opracowanie koncepcji i wdrożenie elementów metodyki lean mining dla przemysłu wydobywczego</p> <p>Cel naukowy:</p> <p>opracowanie koncepcji lean mining i metodyki wdrożenia zarządzania opartego na lean manufacturing w przemyśle wydobywczym</p>	<p><u>E. Chlebus, J. Helman, M. Olejarczyk, M. Rosienkiewicz</u></p> <p>Zastosowanie elementów Total Productive Maintenance w Komorze Maszyn Ciężkich w kopalni miedzi. Napędy i Sterowanie. 2014 <u>A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, A. Kowalski, M. Olejarczyk, M. Rosienkiewicz, Ł. Szwancyber, P. Stefaniak</u></p> <p>Adaptacja wybranych metod Lean Manufacturing do warunków przemysłu wydobywczego. Napędy i Sterowanie. 2014 <u>A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, A. Kowalski, M. Rosienkiewicz, Ł. Szwancyber, P. Stefaniak</u></p> <p>Analiza możliwości zastosowania wspomaganie komputerowego pracy sztygara zmianowego na oddziale górniczym Systems: Journal of Transdisciplinary Systems Science. 2012, vol. 16, nr 2, ISSN: 1427-275X; <u>A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, M. Rosienkiewicz, D. Teodorski</u></p> <p>Koncepcja mapowania procesu wydobywczego metodą VSM, Systems: Journal of Transdisciplinary Systems Science. 2012, vol. 16, nr 2, ISSN: 1427-275X; A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, M. Rosienkiewicz, D. Teodorski</p> <p>Idea of adaptation value stream mapping method to the conditions of the mining industry. AGH Journal of Mining and Geoen지니어ing. 2012, vol. 36, nr 3, ISSN: 1732-6702; <u>M. Rosienkiewicz</u></p>	kopalniach miedzi, NCBiR, 2011-2013	
------------------------	--	--	-------------------------------------	--

5.2. Osiągnięcie naukowe nr 1: Monografia

5.2.1. Nazwa osiągnięcia naukowego nr 1

Jako **pierwsze osiągnięcie naukowe (ON1)**, stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy **wskazuję monografię** pt. „Hybrydowe modele prognozowania w produkcji i metodyka oceny ich efektywności”, a nazwa osiągnięcia to:

„Opracowanie nowych hybrydowych modeli prognozowania dedykowanych wybranym obszarom systemu produkcyjnego oraz metodyki oceny ich efektywności”.

Tytuł monografii:

Hybrydowe modele prognozowania w produkcji i metodyka oceny ich efektywności.

Maria Rosienkiewicz,
Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2019



W niniejszej monografii przedstawiono nowe metody prognozowania - hybrydową metodę prognozowania opartą na modelowaniu ekonometrycznym (hybrydowy model ekonometryczny) oraz hybrydową metodę prognozowania opartą na sztucznej inteligencji (hybrydowy model sztucznych sieci neuronowych), które zastosowano w czterech obszarach systemu produkcyjnego - planowaniu produkcji, utrzymaniu ruchu, zarządzaniu jakością oraz w badaniach i rozwoju. Zaproponowano także autorską metodykę oceny efektywności metod prognozowania - analizom poddano łącznie 14 metod. **Wersję elektroniczną monografii przedstawiam w Załączniku nr 6.**

5.2.2. ON1: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych

Podjęcie trafnych decyzji biznesowych uzależnione jest często w przedsiębiorstwach od jakości prognoz dotyczących wielkości popytu na wytwarzane produkty. **Przewidywanie przyszłych wartości zapotrzebowania daje podstawę nie tylko prawidłowego planowania produkcji, ale także jest zazwyczaj kluczowym aspektem w sporządzeniu harmonogramu zapotrzebowania materiałowego, finansowego, a także zapotrzebowania na pracowników,** harmonogramując tym samym ich pracę [10]. Prawidłowe przewidzenie wielkości popytu na wytwarzane produkty umożliwia zmniejszenie zapasów magazynowych oraz poprawienie wskaźników zamówień [11]. **Prognozowanie niezwykle ważną rolę pełni w obszarze utrzymania ruchu (UR).** Jedną z kluczowych eksploatacyjnych strategii utrzymania ruchu

opiera się właśnie na efektywnym przewidywaniu. Kosicka et al. [12] wyróżniają trzy główne polityki eksploatacyjne: reakcyjne utrzymanie ruchu (ang. *reactive maintenance*), prewencyjne utrzymanie ruchu (ang. *preventive maintenance*) oraz predykcyjne utrzymanie ruchu (ang. *predictive maintenance*). „Predykcyjne utrzymanie ruchu polega na prognozowaniu możliwości wystąpienia awarii parku maszynowego przy wykorzystaniu zaimplementowanego modelu matematycznego. Na wdrożenie takiej strategii decydują się najczęściej przedsiębiorstwa, w których produkcja ma charakter masowy, a awarie niektórych z posiadanych maszyn stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa osób obsługujących, realizacji produkcji lub podwyższają koszty utrzymania ruchu” [12]. Warto zauważyć, że doświadczenia zdobyte w ramach wdrożeń realizowanych przez firmę *Deloitte* wskazują, że predyktywne utrzymanie ruchu pozwala skrócić czas potrzebny na planowaną konserwację maszyn od 20 do 50%, dostępność sprzętu może zostać zwiększona o 10 do 20%, ogólne koszty utrzymania ruchu mogą zostać obniżone od 5 do 10% [13]. **Z punktu widzenia utrzymania ruchu można stwierdzić, że kluczowe obszary zastosowania prognozowania to przewidywanie wystąpienia awarii i poziomu zapotrzebowania na części zamienne.**

Praktycznie w każdym obszarze działalności przedsiębiorstw produkcyjnych, dla którego możliwe jest zgromadzenie odpowiedniego zbioru danych i konieczne jest podejmowanie decyzji dotyczących przyszłych stanów, prognozowanie może znaleźć zastosowanie. W artykule *Artificial Intelligence Techniques Enhance Business Forecasts. Computer-based analysis increases accuracy* Hall przedstawia kilka przykładów, które pokazują wpływ usprawnień procesu prognozowania na rentowność w omawianych przedsiębiorstwach [14]. Otóż dzięki bardziej efektywnym prognozom *Hyundai Motors* skrócił czas dostaw o 20% i zwiększył rotacje zapasów z 3 do 3,4. W przedsiębiorstwie *Reynolds Aluminium* zmniejszenie błędów prognoz o 2% pozwoliło zredukować zapasy, co przełożyło się na oszczędności w wysokości 1 miliona funtów. Firmie *Unilever* udało się zmniejszyć błędy prognoz z 40% do 25%, co przyniosło wielomilionowe oszczędności. Firma *SCI Systems* dzięki bardziej efektywnym prognozom zmniejszyła poziom zapasów o 15%, co w efekcie dało roczne oszczędności w wysokości 180 milionów USD. Firma *Virgin Atlantic Cargo*, która jest jednym z największych przewoźników lotniczych na świecie, w ramach swojej strategii rozwoju umieściła dokładność prognozowania jako kluczową dla swojej efektywności operacyjnej. Decyzja ta była podyktowana faktem, że dokładna prognoza pozwala tej firmie dysponować odpowiednimi zasobami we właściwym miejscu i czasie [15]. Jednym z obszarów zastosowania prognozowania w przedsiębiorstwach produkcyjnych jest coraz częściej obszar związany z zarządzaniem częściami zamiennymi. Warto zauważyć, że rynek części zamiennych bywa często nazywany najbardziej dochodowym obszarem przedsiębiorstwa [16]. Świadczą o tym chociażby ostatnie badania, które wykazały, że usługi posprzedażowe, w tym sprzedaż części zamiennych, stanowią około 25% przychodów i nawet do 50% zysków przedsiębiorstw produkcyjnych [17]. Oznacza to, że usprawnianie procesów związanych z zarządzaniem częściami zamiennymi jest kwestią wielkiej wagi dla wielu firm. **W aspekcie zarządzania częściami zamiennymi bardzo istotne zagadnienie stanowi prognozowanie trudno przewidywalnego popytu. Można to zaobserwować w przypadku części zamiennych w lotnictwie, górnictwie, motoryzacji, zaawansowanych technologiach, elektronice, czy w przemyśle maszynowym.** O istocie zarządzania częściami zamiennymi świadczyć może chociażby skala tego obszaru – przykładowo szacuje się, że w USA w 2001 r. wydano 700 miliardów dolarów na części zamienne, a sama branża lotnicza wydaje na ten cel rocznie ponad 10 miliardów dolarów [18]. Znaczenie części zamiennych z ekonomicznego punktu widzenia potwierdza również fakt, że rynek części zamiennych i usług stanowi 8% rocznego produktu krajowego brutto USA [19]. Warto również dodać, że koszty utrzymania systemów technicznych w przemyśle wytwórczym mogą kształtować się na poziomie od 15 do

70% kosztów produkcji, a na zadania związane z utrzymaniem systemów technicznych w Unii Europejskiej wydaje się około 10% PKB (ok. 1,2 biliona euro) rocznie [20].

W efektywnym prognozowaniu klucza jest odpowiednio skonstruowana baza danych. Zebranie danych odpowiedniej jakości jest warunkiem brzegowym budowy skutecznych modeli. Obecnie dzięki wykorzystaniu zaawansowanych technologii informacyjnych i wytwórczych przedsiębiorstwa mają możliwość gromadzenia ogromnej ilości danych, które charakteryzują pracę maszyn, ich stan techniczny oraz procesy produkcyjne. Dane te są zbierane m.in. za pomocą sensorów zainstalowanych w maszynach i urządzeniach. **W dziedzinie zarówno eksploatacji maszyn, jak i zarządzania produkcją prognozowanie odgrywa ważną rolę. W literaturze przedmiotu dotyczącej różnych obszarów budowy i eksploatacji maszyn oraz inżynierii produkcji pojawia się wielokrotnie odwołanie do zagadnień związanych z predykcją. Nie tylko w obszarze planowania produkcji, zarządzania jakością, lecz także utrzymania ruchu prognozowanie ma swoje istotne zadanie.**

Analizując wyniki badań omówione w [9], [21] i [22] oraz badania realizowane w pracy dyplomowej, której promotorem była autorka niniejszego Autoreferatu [23], można zaryzykować stwierdzenie, że chociaż badane w Polsce przedsiębiorstwa znają i stosują technologie internetowe, to wykorzystują je praktycznie tylko do komunikacji (głównie e-mailowej). Jedynie nieliczne firmy wykorzystują w praktyce technologie Przemysłu 4.0, a znaczna większość firm posługuje się technologiami uznawanymi obecnie za tradycyjne. Otrzymane w pracy [23] wnioski potwierdzają tezy, które pochodzą z raportów dotyczących stopnia wdrażania technologii Przemysłu 4.0. Sprowadzają się one do tego, że większość przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce wciąż pozostaje na etapie tzw. trzeciej rewolucji przemysłowej. Dla tych firm eksperci *PricewaterhouseCoopers* opracowali model transformacji do Przemysłu 4.0 w sześciu krokach. Model ten został przedstawiony na Rys. 5 [3].



Rys. 5 Model transformacji do Przemysłu 4.0 w 6. krokach według PwC; oprac. własne na podstawie [3]

Warto zauważyć, że drugim krokiem transformacji według tego modelu jest uruchomienie projektów pilotażowych. Jest to bardzo istotny etap, gdyż tylko wprowadzanie zmian „krok po kroku” umożliwi przedsiębiorstwom wdrażanie nowych technologii, czy metod z sukcesem. Przy wdrażaniu zaawansowanych technologii, których zbiór określany jest właśnie przez pojęcie Przemysłu 4.0, konieczne jest zawsze najpierw wybranie obszarów pilotażowych, a następnie, stopniowe rozszerzanie wdrożeń na coraz większą liczbę procesów, produktów, czy działów. Studia przypadków zaprezentowane w niniejszej monografii są przykładem właśnie takich badań pilotażowych, których celem jest stopniowe wdrażanie zaawansowanej analizy danych w celach prognostycznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych, co stanowi wsparcie

w procesie transformacji w kierunku digitalizacji. Warto zatem pokreślić, że opracowana w niniejszej monografii metodyka oceny efektywności zastosowania wybranych metod prognozowania w zarządzaniu produkcją dedykowana jest właśnie przedsiębiorstwom, które zamierzają dokonywać transformacji do Przemysłu 4.0 i jest zgodna z modelem zaprezentowanym na Rys. 5.

5.2.3. ON1: Cel naukowy

Przedmiotem przeglądu literatury, którego podsumowanie przedstawiłam w monografii w rozdziałach 2.3.6 i 2.3.7 (s. 59-68) [24], były metody i modele prognozowania wykorzystywane w zagadnieniach związanych z produkcją. Szczegółowo przeanalizowano prace poświęcone budowie modeli służących to prognozowania trudno przewidywalnego popytu, który odgrywa kluczową rolę w systemach i często występuje w przypadku zapotrzebowania na części zamienne maszyn ciężkich, w przemyśle motoryzacyjnym, wydobywczym, lotniczym oraz charakteryzuje produkty o dużej wariantowości. W tabeli (Tabela 2) przedstawiono podsumowanie analizy literaturowej poświęconej trudno przewidywalnemu popytowi. Poszczególne litery od A do O oznaczają wykorzystywane w badaniach metody prognozowania, których lista wraz z przypisanym symbolem znajduje się poniżej:

- A – wygładzanie wykładnicze, modele Holta, Holta-Wintersa, BATS, TBATS i ich modyfikacje,
- B – Metoda Crostona i jej modyfikacje,
- C – Metoda Syntetosa-Boylana,
- D – Metoda średniej ruchomej,
- E – Metoda ważonej średniej ruchomej,
- F – Metody bootstrapowe,
- G – Modele ARIMA,
- H – Metoda Poissona,
- I – Metody binomial i beta-binomial
- J – Model predykcyjny Greya,
- K – Sztuczne sieci neuronowe,
- L – Maszyna wektorów nośnych SVM (ang. *support vector machine*),
- M – Drzewa decyzyjne,
- N – Metoda *Extreme Learning Machine* ELM,
- O – Algorytmy genetyczne,
- P – Modele regresyjne i modele regresji rozmytej.

Tabela 2 Podsumowanie analizy literaturowej poświęconej trudno przewidywalnemu popytowi; oprac. własne

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Rok	Autorzy	
	x															1972	Croston	[25]
	x															1973	Rao	[26]
	x															1986	Mckenzie	[27]
	x															1987	Schulz	[28]

	x	x		Prognozowanie poziomu cen	[84]
--	---	---	--	---------------------------	------

Przegląd przedstawionych wyżej badań nad wykorzystaniem różnych modeli stosowanych do prognozowania pozwala zauważyć, że niezwykle trudno jest porównywać efektywność otrzymanych prognoz między sobą. Poszczególni badacze korzystają z różnych metod oceny jakości prognoz, co praktycznie uniemożliwia jednoznaczne porównanie ich efektywności dla proponowanych modeli. Dodatkowym problemem jest korzystanie z bezwzględnych miar kalkulacji błędów (np. ME, MAE, RMSE), które pozwalają porównać między sobą tylko modele budowane dla tego samego zjawiska lub procesu. Jedynie stosowanie względnych miar oceny umożliwia porównanie różnych modeli między sobą. Przykładowo w [82] ocena modelu była dokonana na podstawie błędu RMSE, w [70] wykorzystany był średni błąd predykcji i względny miernik dokładności predykcji, w [80] wyznaczono błędy ME, MAE, RMSE, MPE i MAPE, a w [58] wykorzystano błędy A-MAPE, MASE, PB_m i GMAMAE do oceny efektywności modelu pod kątem prognozowania. W literaturze nie ma także również jednoznacznej odpowiedzi na pytanie jaki poziom dopasowania modelu, oparty na współczynniku determinacji R^2 jest zadawalający. Natomiast można wskazać na pewne typowe wartości R^2 – dla modeli, które oparte są na indywidualnych danych dotyczących przedsiębiorstw już $R^2 > 40\%$ oznacza zadawalające dopasowanie, a w przypadku modeli opartych na zagregowanych danych przekrojowych R^2 przyjmuje wartości od 30 do 70% [85], [86].

Od pewnego czasu coraz więcej budowanych jest modeli hybrydowych, od których oczekuje się większej dokładności niż w przypadku prognoz otrzymywanych poprzez zastosowanie pojedynczych modeli. Przegląd analizy literaturowej poświęconej budowie modeli hybrydowych pozwala zauważyć, że dość częstym podejściem jest łączenie tradycyjnych modeli prognozowania z modelami opartymi na sztucznej inteligencji (m.in. modele ANN, algorytmy genetyczne, drzewa decyzyjne, modele oparte na logice rozmytej, czy metody SVM i ELM). W opisanych w literaturze rozwiązaniach można znaleźć próby budowy modeli ANN, w których rolę zmiennych objaśniających pełniłyby metody tradycyjnego prognozowania. Jednak takie badania dotyczą wykorzystania tylko pojedynczych metod, w których przykładowo wejście do modelu ANN stanowi prognoza wyznaczona z modelu ARIMA lub modelu opartego na średniej ruchomej. Nie udało się znaleźć w literaturze przykładu modelu ANN, dla którego zbiór zmiennych objaśniających zbudowany by był ze zmiennych powstałych z zastosowania większej liczby metod prognozowania. Interesujący jest natomiast model zaproponowany w [58], który również łączy model ANN i model tradycyjny, ale odwrotnie – w tym przypadku wyjściem z sieci jest zmienna zerojedynkowa, która jeśli przyjmie wartość 1 pociąga za sobą wyznaczenie prognozy klasyczną metodą. Czyli w tym modelu metody tradycyjne wykorzystywane są na wyjściu modelu ANN, a nie jako jego wejście.

Przegląd literaturowy pozwala zauważyć, że modele wykorzystywane do prognozowania mają szeroki zakres aplikacji w obszarach związanych z produkcją. Warto jednak podkreślić, że z punktu widzenia przedsiębiorstw produkcyjnych, praktyczna aplikacja modeli prognostycznych nie jest zadaniem łatwym. Jak zostało wspomniane wyżej, większość firm w Polsce znajduje się na etapie tzw. trzeciej rewolucji przemysłowej i dopiero będzie przechodziła transformację w stronę Przemysłu 4.0. Oznacza to, że w większości firm pozyskanie odpowiednich danych do budowy skutecznych modeli prognostycznych może nadal stanowić spore wyzwanie. W szczególności pożądane są dane charakteryzujące zmienne objaśniające, które stanowią podstawę modeli ekonometrycznych i modeli sztucznych sieci neuronowych (SNN) poświęconych zależnościom regresyjnym. Brak dostępnych, wiarygodnych, i jednocześnie

kompletnych oraz porównywalnych danych statystycznych, które byłyby mierzone zgodnie ze stabilnymi regułami teorii pomiarów i zasad statystyki ekonomicznej, a zarazem pozbawionych błędów merytorycznych i formalnych powoduje, że trudno jest budować efektywne modele prognozowania. Stąd wynika potrzeba opracowania metod, które pozwalałyby konstruować zbiór potencjalnych zmiennych objaśniających, gdy dostęp do danych jest ograniczony lub w sytuacji nie można zidentyfikować zależności przyczynowo-skutkowych lub też gdy pojawia się problem odróżnienia ich od zależności symptomatycznych, które chociaż współwystępują wraz ze zjawiskiem prognozowanym, jednak bez zależności kauzalnych. Jest to częsta sytuacja w praktyce przemysłowej.

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury przedmiotu, którego podsumowanie przedstawiłam w monografii w rozdziałach 2.3.6 i 2.3.7 (s. 59-68) [24], zidentyfikowanych problemów oraz doświadczeń płynących z badań własnych, **zdefiniowałam cel naukowy, którym było:**

opracowanie nowych hybrydowych modeli prognozowania, które można by zastosować w różnych obszarach systemu produkcyjnego, oraz przedstawienie metodyki analizy i oceny ich efektywności w porównaniu do wybranych klasycznych metod predykcji.

W odpowiedzi na problemy zidentyfikowane w wyniku przeprowadzonych badań, które dotyczą m.in. wyboru przez przedsiębiorstwa produkcyjne odpowiedniej metody prognozowania, zaproponowałam algorytm pozwalający na automatyczną kalkulację prognoz wybranymi, najczęściej omawianymi w literaturze metodami, a następnie wyznaczenie miar oceny efektywności otrzymanych prognoz dla każdej z metod. W kolejnym kroku na podstawie współczynnika determinacji oraz pierwiastka kwadratowego ze współczynnika Theila będzie można dzięki algorytmowi wskazać najefektywniejszą metodę prognozowania dla zadanego zbioru danych.

Jednym z ważniejszych osiągnięć w monografii jest zaproponowanie hybrydowych metod prognozowania za pomocą modeli ekonometrycznych i z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Na podstawie analizy literatury przedmiotu opracowane zostały modele hybrydowe mające służyć uzyskaniu bardziej efektywnych prognoz, niż byłoby to możliwe w przypadku każdej z nich osobna, oraz będące szansą na rozwiązanie często występujących w praktyce gospodarczej problemów niedostatecznej ilości danych lub braku dostępnych danych.

W monografii zaproponowano dwie metody hybrydowe:

- **hybrydową metodę prognozowania opartą na modelowaniu ekonometrycznym,**
- **hybrydową metodę prognozowania opartą na modelu ANN.**

Te koncepcje są próbą rozwinięcia prac nad budową modeli hybrydowych zaproponowanych w [70], [58], [80], [78], [82], [83], [84], [154]. Nowe modele hybrydowe zostaną porównane z wybranymi tradycyjnymi metodami prognozowania oraz modelami ANN za pomocą zaproponowanej metodyki, którą zastosuje się do danych pochodzących z rzeczywistych zakładów produkcyjnych, w których autorka realizowała prace w postaci projektów naukowych, rozwojowych i wdrożeniowych, a także z danych pochodzących z laboratoriów Katedry Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji z Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. Na podstawie opisanych przykładów dokonana zostanie ocena efektywności wybranych metod prognozowania w produkcji – w tym nowych modeli hybrydowych – **zgodnie z przedstawioną metodyką, która jest kluczowym osiągnięciem naukowym w omawianej monografii.**

Badania przeprowadzone zostaną z wykorzystaniem studiów przypadków podzielonych na cztery obszary aplikacyjne: planowanie produkcji, utrzymanie ruchu, zarządzanie jakością, badania i rozwój.

Najczęstszym obszarem stosowania modeli prognostycznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych jest przewidywanie popytu. W szczególności trudno jest prognozować popyt, który charakteryzuje się brakiem powtarzalności, niestabilnością, częstym przyjmowaniem wartości zerowych oraz losowością. I chociaż w literaturze można znaleźć wiele modeli próbujących efektywnie prognozować tego typu zapotrzebowanie, to zazwyczaj dotyczą one konkretnych zagadnień, których nie można rozszerzyć na inne obszary aplikacji. **Dlatego w niniejszej monografii podjęto próbę zastosowania modeli prognostycznych do różnych obszarów systemu produkcyjnego. W odpowiedzi na problem braku dostępnych danych charakteryzujących zmienne objaśniające zaproponowano nową metodę prognozowania opartą na hybrydowym podejściu. Celem proponowanych w tej monografii modeli hybrydowych jest uzyskanie bardziej efektywnych prognoz, niż byłoby to możliwe do osiągnięcia pojedynczymi metodami. Proponowana metodyka oceny efektywności wybranych metod prognozowania przedstawiona w dalszej części monografii jest próbą odpowiedzi na problem wyboru odpowiedniego modelu prognozowania przy danym zbiorze danych.**

Podsumowując zdefiniowany wyżej cel naukowy, warto dodać, że wyniki badań przedstawionych jako osiągnięcie naukowe nr 1 stanowią próbę odpowiedzi na następujące pytania:

- Jak prognozować, gdy nie ma w przedsiębiorstwie danych dla zmiennych objaśniających (predyktorów)?
- W jaki sposób wdrażać algorytmy prognostyczne w przedsiębiorstwach produkcyjnych w zależności od typu danych? Brak jest uniwersalnej metody.
- Jak skutecznie wybrać najlepszą metodę prognozowania dla zadanego problemu produkcyjnego?
- Jak dokonać transformacji przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku digitalizacji poprzez prognozowanie?

5.2.4. ON1: Opis kluczowych wyników

Realizacja opisanego wyżej celu oznacza zatem:

1. **Opracowanie scenariuszy prognozowania** i dobrane dla każdego z nich odpowiednich metod prognozowania.
2. **Opracowanie hybrydowej metody prognozowania opartej na modelowaniu ekonometrycznym.**
3. **Opracowanie hybrydowej metody prognozowania opartej na modelu sztucznych sieci neuronowych.**
4. **Opracowanie koncepcji metodyki oceny efektywności wybranych metod prognozowania.**
5. **Opracowanie algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania** (w tym proponowanych modeli hybrydowych) dla każdego ze zdefiniowanych scenariuszy. Analizie i ocenie poddane zostaną metody prostej średniej ruchomej, wykładniczej średniej ruchomej, ważonej średniej ruchomej, wykładniczej średniej ruchomej bez opóźnień, metoda Syntetosa–Boylana, addytywny i multiplikatywny model Holta, metody prostego wygładzania wykładniczego i trygonometrycznego wygładzania wykładniczego (model TBATS),

model ARIMA, predykcja ekonometryczna, sztuczne sieci neuronowe, hybrydowy model ekonometryczny oraz hybrydowy model ANN.

6. Zastosowanie proponowanej metodyki oceny efektywności wybranych metod prognozowania i nowych modeli hybrydowych na przykładzie studiów przypadków pogrupowanych w obszarach:
 - a. **planowanie produkcji** – przedstawiony zostanie przykład prognozowania poziomu sprzedaży w pewnym przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży meblarskiej na wybranych pięciu produktach,
 - b. **utrzymanie ruchu** – przedstawiony zostanie przykład prognozowania zapotrzebowania na części zamienne w przedsiębiorstwie z branży wydobywczej wybranych: dwóch częściach zamiennych specjalnych (pompa, siłownik), materiale eksploatacyjnym (olej hydrauliczny), dodatkowo – oleju napędowym.
 - c. **zarządzanie jakością** – przedstawiony zostanie przykład prognozowania liczby braków w przedsiębiorstwie produkującym izolatory ceramiczne.
 - d. **badania i rozwój** – przedstawiony zostanie przykład dotyczący prognozowania czasu wytwarzania w technologiach przyrostowych oraz przykład dotyczący zastosowania metodyki planowania doświadczeń do przewidywania pewnych właściwości mechanicznych elementów wytwarzanych w technologiach przyrostowych.
7. Przeprowadzenie analizy i oceny efektywności badanych metod prognozowania na podstawie wymienionych studiów przypadków.
8. Podsumowanie możliwości zastosowania wybranych modeli prognozowania w różnych obszarach systemu produkcyjnego.

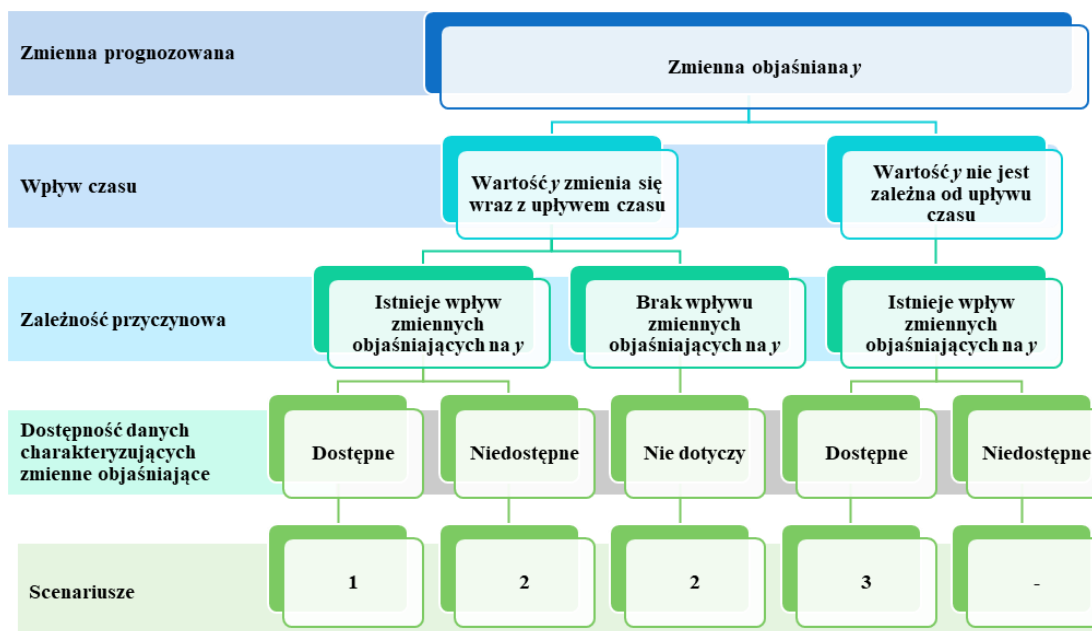
Poniżej przedstawiam fragmenty monografii opisujące kluczowe wyniki badań [24].

Prognozowanie oparte na modelach ekonometrycznych lub modelach ANN wiąże się nierozdzielnie ze zmiennymi objaśniającymi. Ich właściwy dobór zapewniają odpowiednie narzędzia statystyczne – tym samym staje się możliwe zbudowanie efektywnego i poprawnego modelu, co jest niezwykle istotne, ponieważ bezpośrednią konsekwencją będzie precyzyjność obliczonych prognoz.

Stosowanie hybrydowych podejść do prognozowania, o czym można wnioskować na podstawie przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu, może skutkować znaczną poprawą efektywności prognoz. Celem opracowanej koncepcji, zaprezentowanej w niniejszej monografii, jest rozwiązanie problemu dotyczącego niedostatecznej ilości danych, który występuje w praktyce gospodarczej w wielu przedsiębiorstwach zaczynających wdrażać metody prognozowania. Jak zostało wspomniane, w budowie zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających kształtujących badany proces często brak dostępnych danych charakteryzujących wybrany czynnik. Zdarzają się m.in. sytuacje, w których dostęp do potrzebnej bazy danych jest niemożliwy lub wielkości charakteryzujące daną determinantę nie są w ogóle rejestrowane i przechowywane. Wówczas albo nie można zbudować zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających (w takim przedsiębiorstwie nie można teoretycznie stosować metod opartych na wielu zmiennych objaśniających, np. modeli ekonometrycznych), albo zbiór ten jest bardzo ograniczony, co powoduje, że wyznaczone w konsekwencji prognozy obarczone są bardzo wysokimi błędami. Dlatego w dysertacji zaproponowano metodykę, w której funkcję zmiennych objaśniających pełnią prognozy wyznaczone innymi metodami. Szczegółowe omówienie tej koncepcji znajduje się w kolejnych podrozdziałach.

Rozważając różne możliwe sytuacje w przedsiębiorstwie zamierzającym wdrożyć prognozowanie wybranego procesu (reprezentowanego przez zmienną objaśnianą y), można

wyodrębnić główne jego charakterystyki, czyli zależność od upływu czasu, zależność od wpływu czynników zewnętrznych oraz dostępność danych. Na ich podstawie dokonuje się wyboru właściwego scenariusza prognozowania. Schematyczne ujęcie wyboru scenariuszy prezentuje Rys. 6.



Rys. 6 Schemat doboru scenariuszy; oprac. własne

Przy wyborze odpowiedniego scenariusza prognozowania trzeba w pierwszej kolejności ustalić m.in., czy zmienna objaśniana (prognozowana) y zmienia się z upływem czasu. Jeśli nie jest zależna od upływu czasu, można przyjąć, że istnieje przyczynowa zależność kształtująca przebieg tej zmiennej. Przyczynowość tę mogą reprezentować pewne niezależne zmienne objaśniające (np. w przypadku prognozowania wystąpienia awarii ich funkcję może pełnić poziom ciśnienia lub wartość temperatury) – w praktyce dane charakteryzujące te zmienne będą dostępne albo nie. Jeśli są dostępne, do prognozowania badanego zjawiska należy zgodnie z podejściem proponowanym w niniejszej monografii wykorzystać scenariusz 3. Jeśli dane nie są dostępne, prognozowanie jest niemożliwe.

Gdy zmienna prognozowana y zmienia się z upływem czasu, wówczas albo istnieje zależność przyczynowa i tym samym można wskazać zbiór potencjalnych zmiennych objaśniających, które na zmienną y wpływają, albo nie ma zależności przyczynowej i nie istnieje wpływ zmiennych niezależnych na y . W tym drugim przypadku prognozowanie należy oprzeć na scenariuszu 2. W pierwszym natomiast trzeba uwzględnić, że dane charakteryzujące zmienne objaśniające mogą być dostępne lub nie. Jeśli są, należy prognozować zgodnie ze scenariuszem 1, jeśli nie – ze scenariuszem 2. W każdym scenariuszu prognozowania wykorzystywany jest inny zestaw metod (por. Tabela 4).

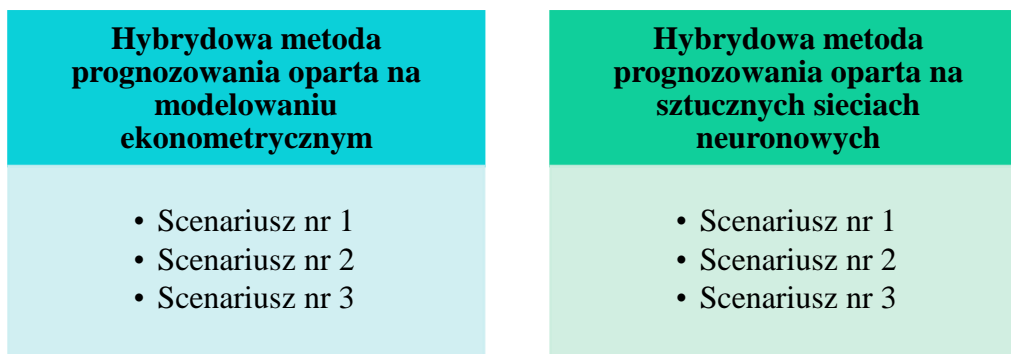
Tabela 4 Zestaw metod prognozowania w poszczególnych scenariuszach; oprac. własne

Nazwa metody	Oznaczenie metody	Scenariusz 1	Scenariusz 2	Scenariusz 3
Rolę potencjalnych zmiennych objaśniających pełnią prognozy wyznaczone wg metody:				

Sztuczne sieci neuronowe	ANN	x	-	x
Model ekonometryczny	ECO	x	-	x
Model ARIMA (p, d, q)	ARIMA	x	x	-
Proste wygładzanie wykładnicze	SES	x	x	-
Multiplikatywny model Holta	Holt_mult	x	x	-
Trygonometryczne wygładzanie wykładnicze (model TBATS)	TES	x	x	-
Addytywny model Holta	Holt_add	x	x	-
Prosta średnia ruchoma	SMA	x	x	-
Wygładnicza średnia ruchoma	EMA	x	x	-
Ważona średnia ruchoma	WMA	x	x	-
Wygładnicza średnia ruchoma bez opóźnień	ZLEMA	x	x	-
Metoda Syntetosa–Boylana	SBA	x	x	-

Przedstawiony wyżej zestaw metod nie jest przypadkowy – chodziło o uwzględnienie takich, które odpowiadałyby najczęściej występującym charakterystykom zmiennej prognozowanej. Zastosowanie hybrydowego podejścia oparte jest na koncepcji, by z każdej tradycyjnej metody prognozowania wykorzystać jak najlepsze jej cechy. Dlatego w celu identyfikacji możliwego trendu i sezonowości danych zdecydowano się wykorzystać metody wygładzania wykładniczego, do identyfikacji autokorelacji w danych – model ARIMA, popytu nieregularnego – metodę SBA, identyfikacji liniowych zależności między zmiennymi objaśniającymi a zmienną objaśnianą y – model ekonometryczny, a identyfikacji nieliniowych i złożonych zależności – sztuczne sieci neuronowe.

W omawianej monografii po uwzględnieniu wymienionych założeń zaproponowano dwa hybrydowe podejścia do prognozowania – hybrydową metodę prognozowania opartą na modelu ekonometrycznym i hybrydową metodę prognozowania opartą na sztucznych sieciach neuronowych, w obu uwzględnia się trzy scenariusze – (Rys. 7).

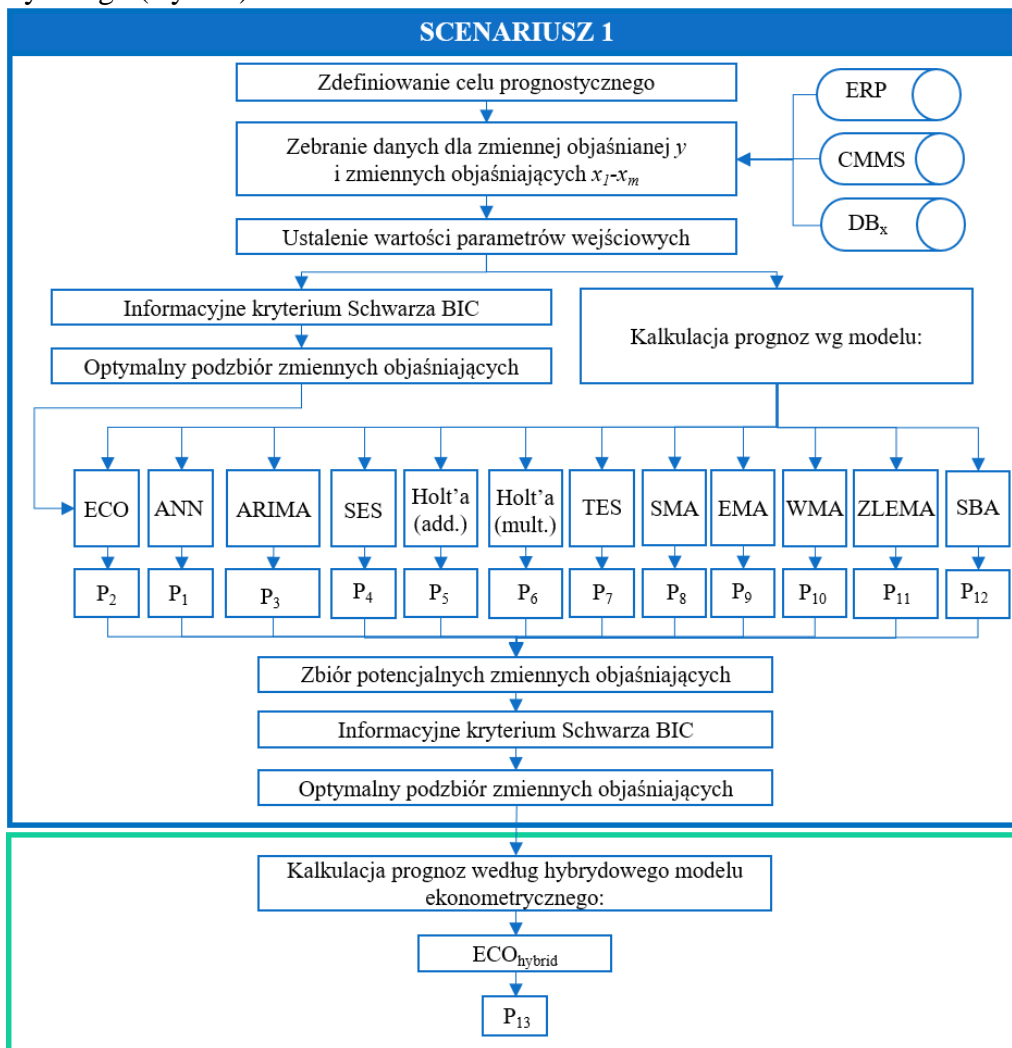


Rys. 7 Hybrydowe podejścia do prognozowania; oprac. własne

Hybrydowa metoda prognozowania oparta na modelowaniu ekonometrycznym

W proponowanej hybrydowej metodzie prognozowania opartej na modelowaniu ekonometrycznym zakłada się trzy możliwe scenariusze – dla każdego z nich opracowany został schemat obrazujący sposób wyznaczania prognoz. **Opisy wszystkich sześciu scenariuszy - dla hybrydowej metody prognozowania opartej na modelowaniu ekonometrycznym i hybrydowej metody prognozowania opartej na sztucznych sieciach neuronowych znajdują się w rozdziałach 4.3 i 4.4 monografii (s. 79-89) [24]. W niniejszym Autoreferacie dla przykładu przedstawiam omówienie scenariusza 1 i 2 pierwszej metody.**

W scenariuszu 1 konstrukcję prognozy należy rozpocząć od zdefiniowania celu prognostycznego (Rys. 8).



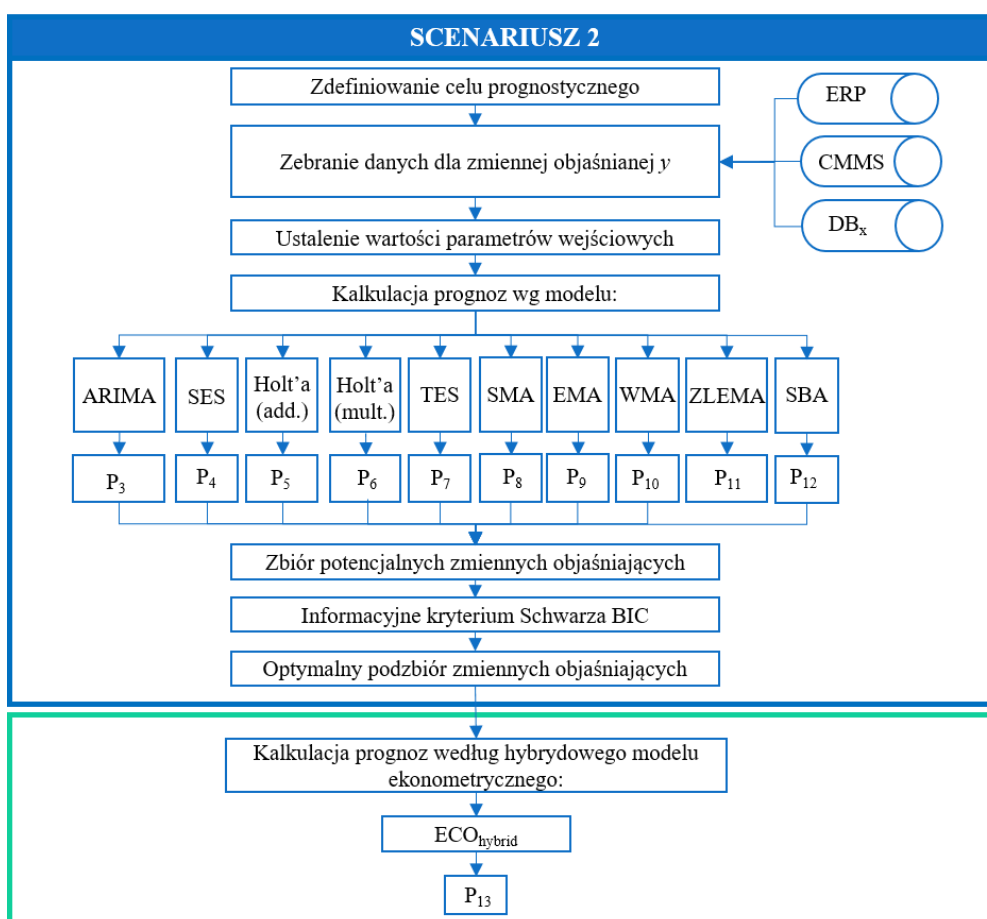
Rys. 8 Schemat hybrydowej metody prognozowania opartej na modelowaniu ekonometrycznym – scenariusz 1; oprac. własne

Następnie należy wyznaczyć zbiór potencjalnych zmiennych objaśniających ($x_1 - x_m$) i zebrać dane charakteryzujące zarówno zmienną objaśnianą y , jak i zmienne $x_1 - x_m$. Dane niezbędne do przeprowadzenia obliczeń mogą pochodzić z systemu klasy ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*), systemu CMMS (ang. *Computerised Maintenance Management Systems*), chodzi o wyspecjalizowany system informatyczny przeznaczony do wsparcia szeroko rozumianego utrzymania ruchu w firmach produkcyjnych, lub z dowolnej dostępnej bazy danych (ang. *database*), oznaczonej na schemacie skrótem DB_x , w której przechowywane są niezbędne dane (np. pochodzące z czujników lub innych źródeł). W kolejnym kroku, jeśli jest to niezbędne, należy ustalić parametry wejściowe dla wykorzystywanych metod prognozowania, czyli dla:

- modelu sztucznych sieci neuronowych (ozn. metody ANN, symbol prognozy P_1),
- modelu ekonometrycznego (ozn. metody ECO, symbol prognozy P_2),
- modelu ARIMA (ozn. metody ARIMA, symbol prognozy P_3),
- metody prostego wygładzania wykładniczego (ozn. metody SES, symbol prognozy P_4),
- addytywnego modelu Holta (ozn. metody Holt_add, symbol prognozy P_5),
- multiplikatywnego modelu Holta (ozn. metody Holt_mult, symbol prognozy P_6),

- metody trygonometrycznego wygładzania wykładniczego – model TBATS (ozn. metody TES, symbol prognozy P_7),
- metody prostej średniej ruchomej (ozn. metody SMA, symbol prognozy P_8),
- metody wykładniczej średniej ruchomej (ozn. metody EMA, symbol prognozy P_9),
- metody ważonej średniej ruchomej (ozn. metody WMA, symbol prognozy P_{10}),
- metody wykładniczej średniej ruchomej bez opóźnień (ozn. metody ZLEMA, symbol prognozy P_{11}),
- metody Syntetosa–Boylana (ozn. metody SBA, symbol prognozy P_{12}).

Dalej zgodnie z zaprezentowaną metodyką wyliczane są prognozy z zastosowaniem każdej z wymienionych metod. Dobór zmiennych objaśniających do modelu ekonometrycznego dokonywany jest na podstawie kryterium informacyjnego Schwarza. Wyznaczone prognozy są potem przekształcane w nowy zbiór zmiennych objaśniających P_1 – P_{12} . Z dwunastu nowych zmiennych ponownie za pomocą kryterium informacyjnego Schwarza wybierane są te, które tworzą optymalny zbiór zmiennych objaśniających i wchodzi do hybrydowego modelu ekonometrycznego. Po zbudowaniu modelu hybrydowego (oznaczenie ECO_{hybrid}) wyliczana jest prognoza P_{13} .



Rys. 9 Schemat hybrydowej metody prognozowania opartej na modelowaniu ekonometrycznym – scenariusz 2; oprac. własne

Ogólną postać hybrydowego modelu ekonometrycznego dla scenariusza 1 można opisać równaniem:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3 + \alpha_4 P_4 + \alpha_5 P_5 + \alpha_6 P_6 + \alpha_7 P_7 + \alpha_8 P_8 + \alpha_9 P_9 + \alpha_{10} P_{10} + \alpha_{11} P_{11} + \alpha_{12} P_{12} + \varepsilon, \quad (1)$$

gdzie: y – zmienna objaśniana (prognoza), P_i – zmienna stanowiąca wektor prognoz wyznaczonych przez i -tą metodę, α_i – i -ty parametr modelu, ε – składnik losowy.

Przebieg zaproponowanej metodyki według scenariusza 2 jest podobny jak w przypadku scenariusza 1 – z tą jednak różnicą, że w pierwszej fazie kalkulacji nie wykorzystuje się modelu ekonometrycznego ani modelu ANN (Rys. 9). Po ustaleniu celu prognostycznego zbierane są dane charakteryzujące zmienną prognozowaną y , a następnie ustalane są wartości parametrów wejściowych dla każdej z metod. Scenariusz 2 ma zastosowanie wówczas, gdy zmienna prognozowana y zmienia się z upływem czasu i jednocześnie gdy nie ma zależności przyczynowej i nie istnieje wpływ zmiennych niezależnych na y albo gdy istnieje wpływ zmiennych niezależnych, ale dane charakteryzujące te zmienne są niedostępne. W scenariuszu 2 do zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających wchodzi tylko metody przeznaczone do prognozowania szeregów czasowych, a zatem:

- model ARIMA (ozn. metody ARIMA, symbol prognozy P_3),
- metoda prostego wykładniczego (ozn. metody SES, symbol prognozy P_4),
- addytywny model Holta (ozn. metody Holt_add, symbol prognozy P_5),
- multiplikatywny model Holta (ozn. metody Holt_mult, symbol prognozy P_6),
- metoda trygonometrycznego wykładniczego – model TBATS (ozn. metody TES, symbol prognozy P_7),
- metoda prostej średniej ruchomej (ozn. metody SMA, symbol prognozy P_8),
- metoda wykładniczej średniej ruchomej (ozn. metody EMA, symbol prognozy P_9),
- metoda ważonej średniej ruchomej (ozn. metody WMA, symbol prognozy P_{10}),
- metoda wykładniczej średniej ruchomej bez opóźnień (ozn. metody ZLEMA, symbol prognozy P_{11}),
- metoda Syntetosa–Boylana (ozn. metody SBA, symbol prognozy P_{12}).

Po kalkulacji prognoz budowany jest zbiór dziesięciu zmiennych objaśniających P_3 – P_{12} . Ogólną postać hybrydowego modelu ekonometrycznego dla scenariusza 2 można opisać równaniem:

$$y = \alpha_0 + \alpha_3 P_3 + \alpha_4 P_4 + \alpha_5 P_5 + \alpha_6 P_6 + \alpha_7 P_7 + \alpha_8 P_8 + \alpha_9 P_9 + \alpha_{10} P_{10} + \alpha_{11} P_{11} + \alpha_{12} P_{12} + \varepsilon, \quad (2)$$

gdzie: y – zmienna objaśniana (prognoza), P_i – zmienna stanowiąca wektor prognoz wyznaczonych przez i -tą metodę, α_i – i -ty parametr modelu, ε – składnik losowy.

Następnie za pomocą kryterium informacyjnego Schwarza wybierane są zmienne, które wejdą do hybrydowego modelu ekonometrycznego. Po zbudowaniu modelu hybrydowego (oznaczenie ECO_{hybrid}) wyliczana jest prognoza P_{13} .

Algorytm badania efektywności wybranych metod prognozowania

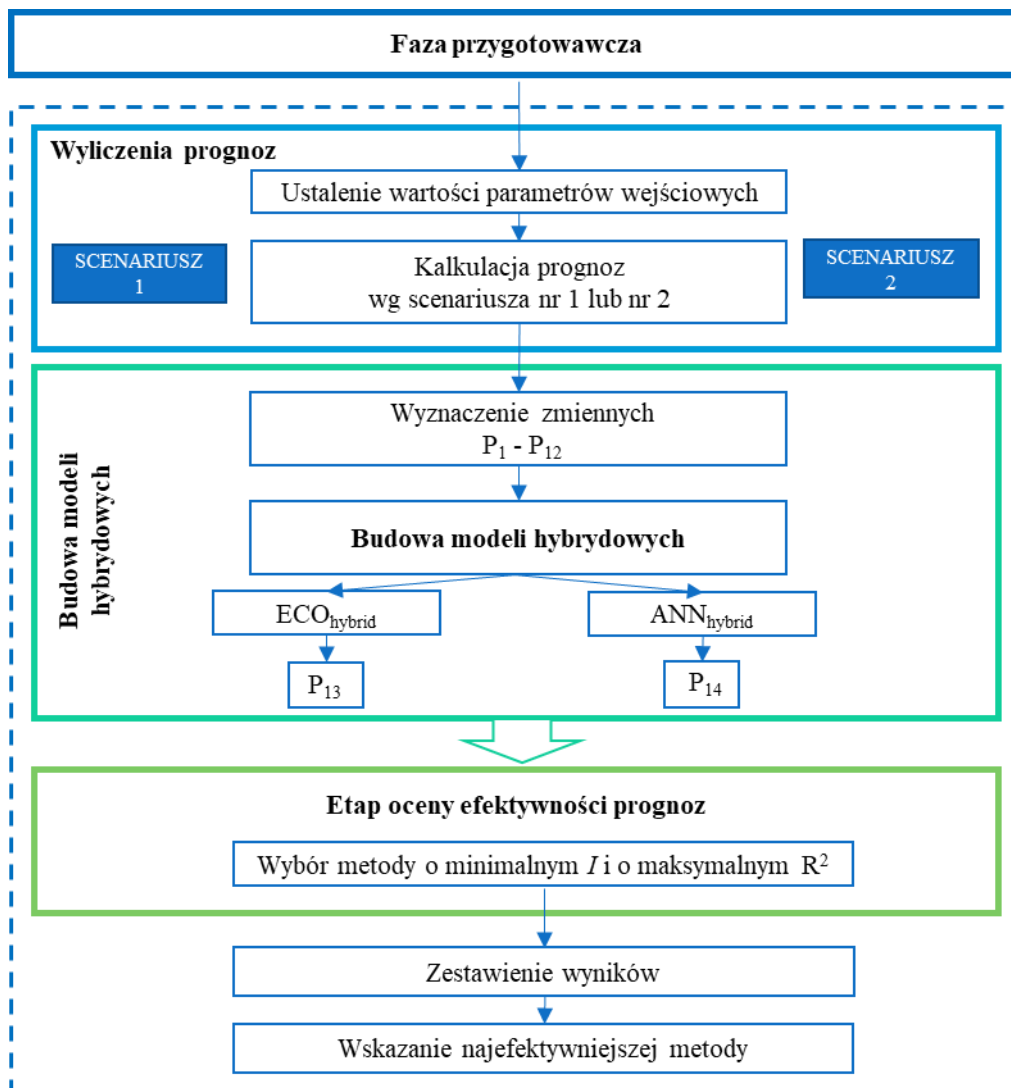
Omówione w monografii (rozdział 5.1 *Wprowadzenie do oceny efektywności prognoz – błędy prognoz*) miary efektywności prognoz różnią się przede wszystkim sposobem agregowania błędów. Jak zauważa Welfe, w porównaniu do innych omówionych miar, to właśnie współczynnik determinacji jest najczęściej stosowany przy ocenie wyników estymacji [43]. Dlatego też w proponowanej przez mnie metodyce, to właśnie współczynnik determinacji R^2 (obok pierwiastka kwadratowego ze współczynnika Theila I) będzie służył za podstawową miarę oceny efektywności prognoz. Pierwiastek kwadratowy ze współczynnika Theila został z kolei wybrany jako kluczowa miara efektywności prognoz ze względu na to, że umożliwi porównanie modeli między sobą w ujęciu względnym i jest jednocześnie łatwy w interpretacji.

Opracowana metodyka opiera się na porównaniu wybranych metod prognozowania, a następnie na kalkulacji dla każdej z nich wybranych miar oceny efektywności. W kolejnym kroku na podstawie współczynnika determinacji oraz pierwiastka kwadratowego ze

współczynnika Theila wskazywana będzie najefektywniejsza metoda prognozowania. Za najskuteczniejszą metodę uznawana jest ta, dla której pierwiastek kwadratowy ze współczynnika Theila przyjmuje najniższą wartość i jednocześnie współczynnik determinacji najwyższą. Zakłada się, że jeśli za najefektywniejszą metodę według kryterium R^2 wybrana zostanie inna metoda niż ta, dla której I osiągnie minimum, ta druga miara będzie miała decydujące znaczenie w wyborze najlepszej metody prognozowania.

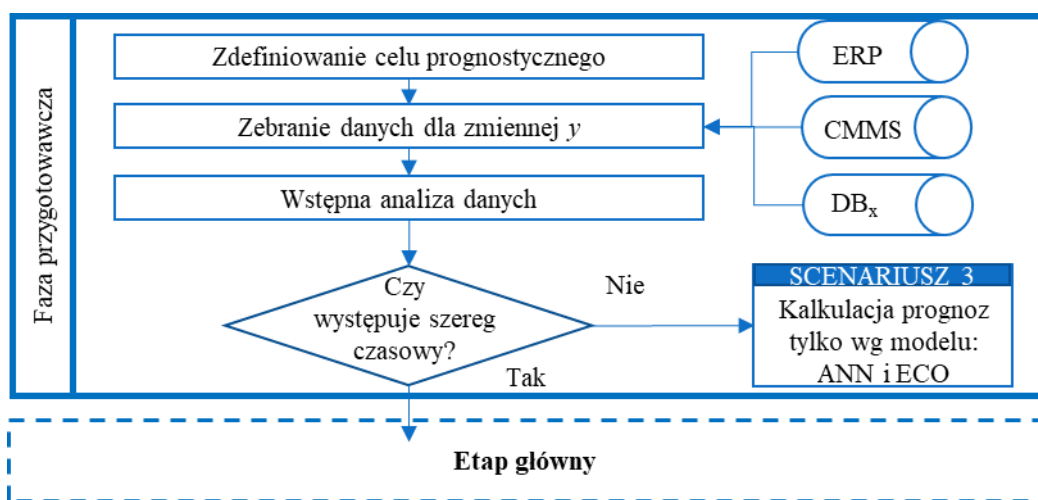
Opracowana metodyka obejmuje ocenę efektywności wybranych metod prognozowania według trzech scenariuszy. Dla każdego scenariusza został opracowany odpowiedni algorytm. W przypadku scenariusza 1 algorytm umożliwiający kalkulację oceny efektywności prognoz obejmuje porównanie 14 metod prognozowania (12 klasycznych i 2 hybrydowe). W przypadku scenariusza 2 następuje porównanie 12 metod prognozowania (10 klasycznych i 2 hybrydowych). Z kolei w przypadku scenariusza 3 porównane będą łącznie 4 metody prognozowania (2 klasyczne i 2 hybrydowe).

Na Rys. 10 zaprezentowano schematycznie Algorytm badania efektywności wybranych metod prognozowania. Algorytm służący do oceny efektywności omówionych metod prognozowania napisałam w języku programowania *R* (ang. *R language*) w wersji 3.4.



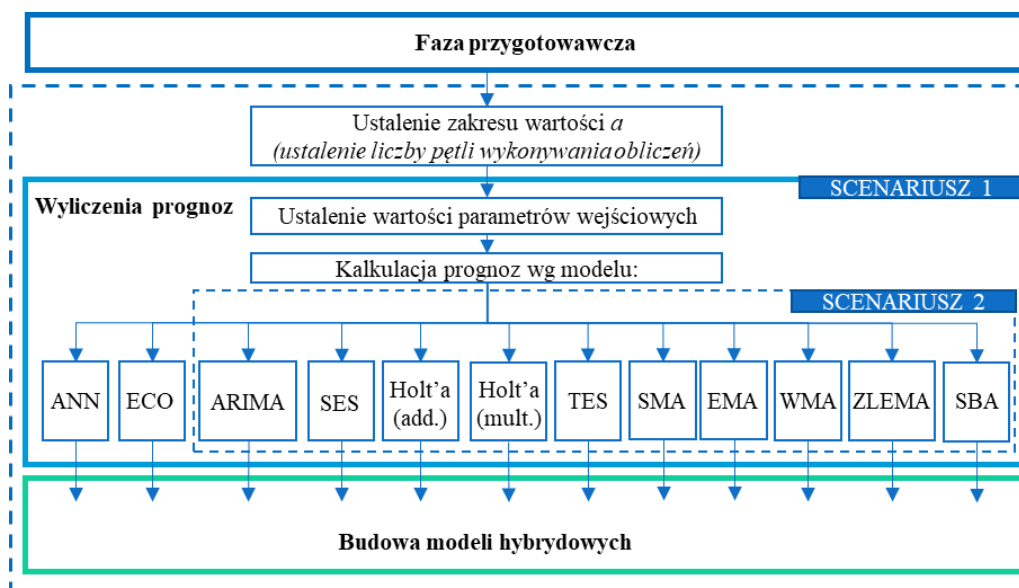
Rys. 10 Schemat Algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania; oprac.

Składa się on z trzech etapów – fazy przygotowawczej, etapu głównego, w skład którego wchodzi kalkulacja prognoz i budowa modeli hybrydowych, oraz z oceny prognoz. W fazie przygotowawczej następuje zdefiniowanie celu prognostycznego, zebranie danych dla zmiennej objaśnianej (prognozowanej) y oraz wstępna analiza danych (Rys. 11).



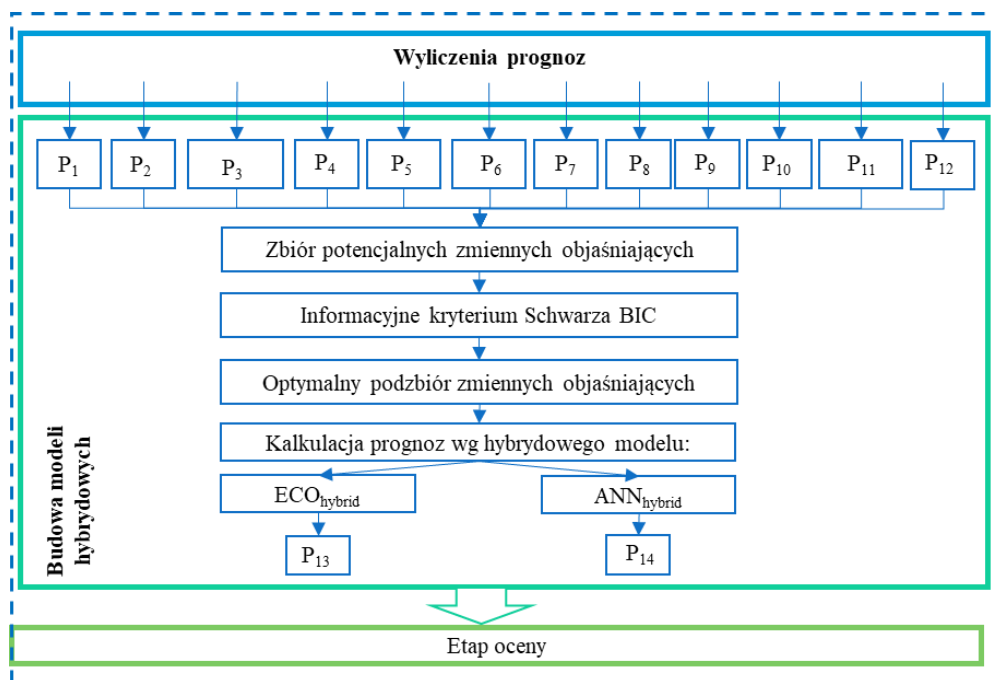
Rys. 11 Faza przygotowawcza algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania; oprac. własne

W dalszej kolejności po zakończeniu fazy przygotowawczej dokonywana jest ocena, czy dane charakteryzujące zmienną y spełniają kryterium szeregu czasowego. Jeśli nie, należy wykonywać obliczenia według scenariusza 3. Jeśli tak, następuje przejście do etapu głównego (wyliczenia prognoz) i wówczas należy określić zakres wartości parametru a (Rys. 12). Parametr a jest liczbą okresów, z których liczona jest średnia w metodach opartych na średniej ruchomej. Jest on liczbą całkowitą dodatnią. Wartość a definiuje równocześnie liczbę pętli wykonywania obliczeń. Przykładowo, jeśli a będzie przyjmować wartości 2–5 ($a = 2$, $a = 3$, $a = 4$, $a = 5$), to nie tylko oznacza, że kalkulowane będą prognozy m.in. w przypadku metody średniej ruchomej z dwóch okresów (później z trzech, czterech i pięciu), lecz także, że wykonane będą cztery pętle obliczeń. Trzeba podkreślić, co istotne, że w każdej pętli będzie zmieniać się rozmiar próby. Im wyższa będzie wartość parametru a , tym mniej obserwacji będzie wykorzystanych w kalkulacjach.



Rys. 12 Algorytm badania efektywności wybranych metod prognozowania – etap wyliczenia prognoz;
 oprac. własne

Po ustaleniu zakresu wartości a należy określić pozostałe parametry wejściowe wykorzystywanych metod prognozowania. Na Rys. 12 zaznaczone są dwa scenariusze. W scenariuszu 1 prognozy będą liczone według 12 metod, które następnie posłużą do budowy zbioru zmiennych objaśniających jako wejścia do modeli hybrydowych. W scenariuszu nr 2 nie będzie wykorzystany model ANN (ANN) ani model ekonometryczny (ECO). Na Rys. 13 przedstawiono etap budowy modeli hybrydowych. Procedura kalkulacji prognoz następuje zgodnie z zaproponowanymi w poprzednim rozdziale schematami.



Rys. 13 Algorytm badania efektywności wybranych metod prognozowania – etap budowy modeli hybrydowych; oprac. własne

Po etapie kalkulacji prognoz (w przypadku scenariusza 1 – według 14 metod prognozowania P_1 – P_{14} , scenariusza 2 – według 12 metod prognozowania P_3 – P_{14} , scenariusza 3 – według 4 metod prognozowania P_1 , P_2 , P_{13} , P_{14}) następuje faza oceny efektywności wyznaczonych prognoz (Rys. 14).

W celu oceny poszczególnych metod prognozowania dla każdej z nich liczone są miary dokładności prognozowania:

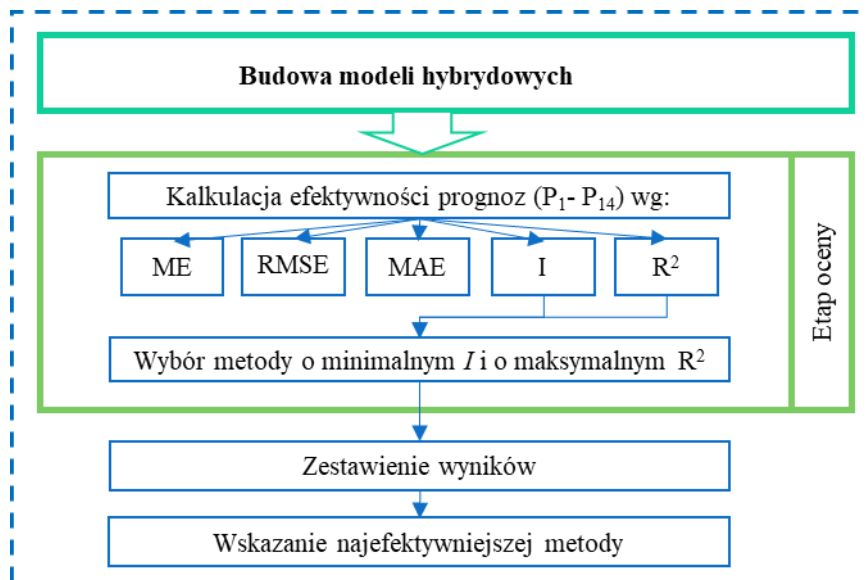
- pierwiastek kwadratowy ze współczynnika Theila I ,
- oraz współczynnik determinacji R^2 .

Na wypadek gdyby zasza konieczność pogłębionej analizy skuteczności danej metody prognozowania dodatkowo wyznacza się:

- średni błąd predykcji ME,
- pierwiastek błędu średniokwadratowego RMSE,
- średni błąd absolutny MAE.

Następnie konstruowane jest zestawienie wyników – wyznaczone miary dokładności prognoz dla każdej badanej metody. W kolejnym kroku wybiera się metodę o najniższym pierwiastku kwadratowym ze współczynnika Theila I , czyli o najniższym względnym błędzie prognozy *ex post* oraz o najwyższym współczynniku determinacji R^2 .

Wskazanie najefektywniejszej metody następuje w przypadku każdej pętli obliczeń. Po przeprowadzeniu kalkulacji dla wszystkich wartości parametru a wskazywana jest najefektywniejsza metoda prognozowania. Zakłada się ponadto, że po wybraniu najdokładniejszej metody prognozowania należy dokonać (jeśli to możliwe) optymalizacji jej parametrów. Kod przedstawianego algorytmu zamieszczono w Załączniku 2 monografii (s. 217).

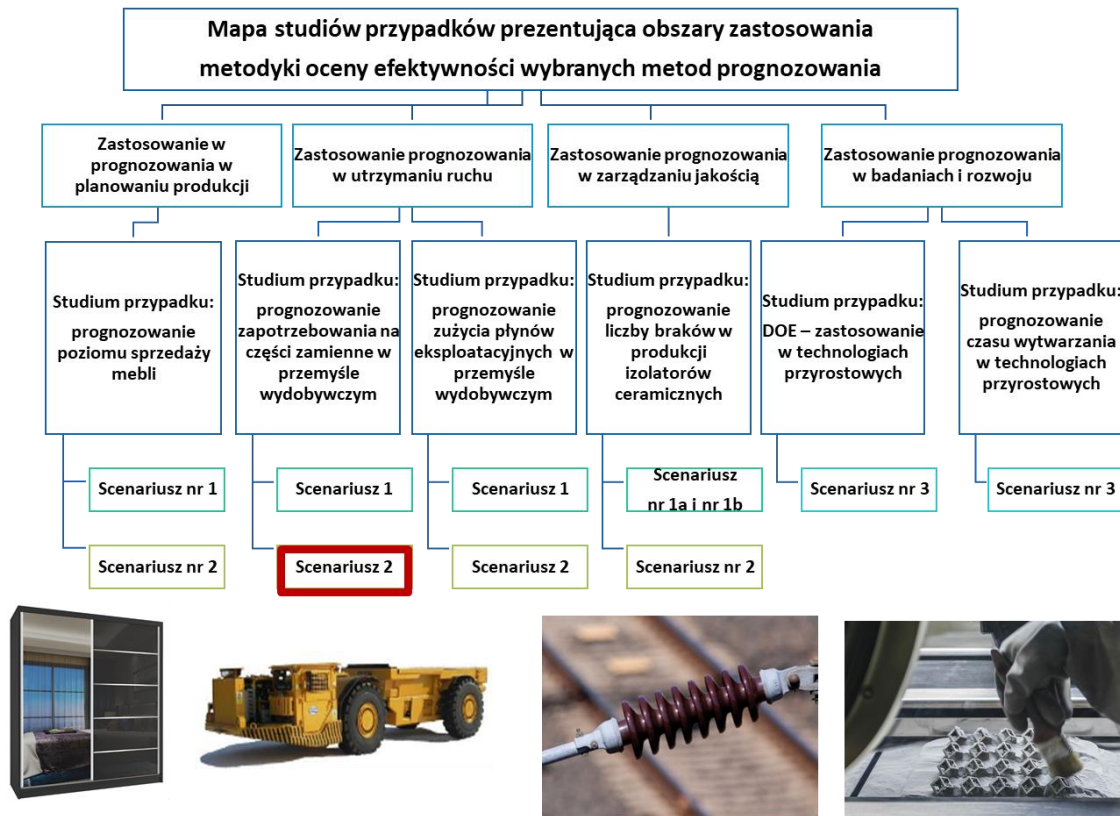


Rys. 14 Etap oceny algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania; oprac. własne

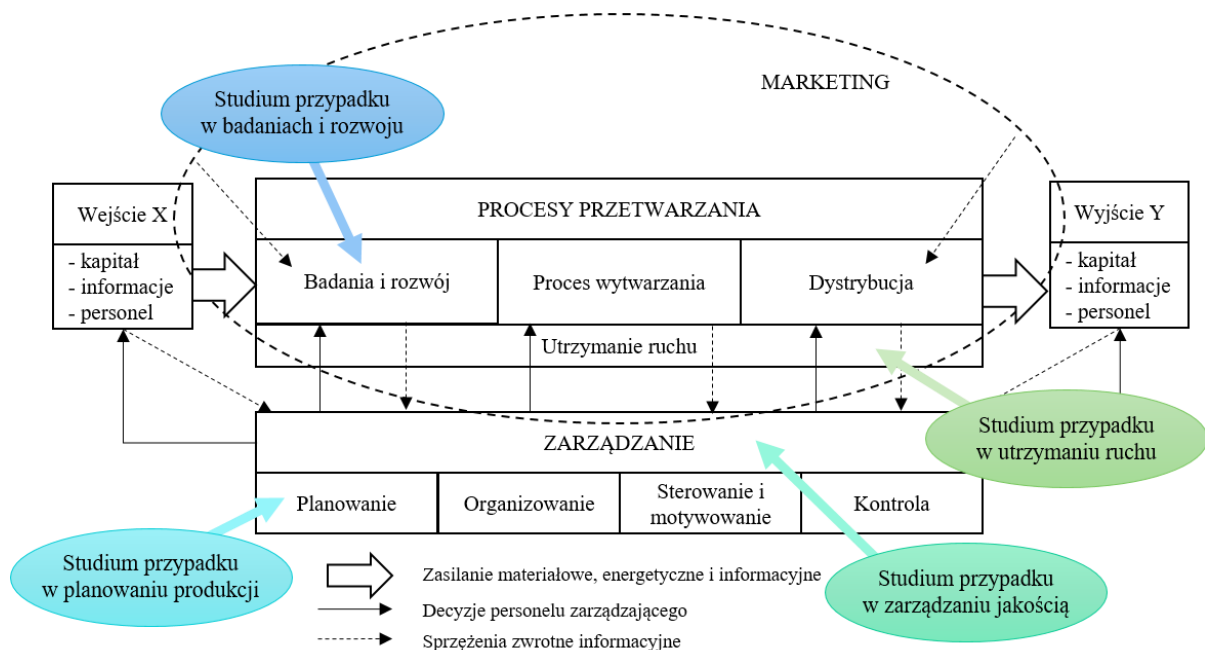
W omawianej monografii postawiono tezę, że nowe hybrydowe metody prognozowania (hybrydowa metoda prognozowania oparta na modelowaniu ekonometrycznym ECO_{hybrid} i hybrydowa metoda prognozowania oparta na sztucznych sieciach neuronowych ANN_{hybrid}) będą bardziej efektywne od metod klasycznych. Weryfikacja tej tezy zostanie przeprowadzona na podstawie analizy kilku studiów przypadków (są one przedstawione w rozdz. 6 monografii), których mapę przedstawiono na Rys. 15.

Omówiona wyżej metodyka oceny efektywności wybranych metod prognozowania wykorzystana zostanie w czterech obszarach systemu produkcyjnego – planowania produkcji, utrzymania ruchu, zarządzania jakością oraz w obszarze badań i rozwoju.

W obszarze planowania produkcji przedstawione zostanie studium przypadku prognozowania poziomu sprzedaży mebli (z wykorzystaniem scenariusza 1 i 2). W obszarze utrzymania ruchu – dwa przypadki z przemysłu wydobywczego: prognozowanie zapotrzebowania na części zamienne (scenariusz 1 i 2) oraz prognozowanie zużycia płynów eksploatacyjnych (scenariusz 1 i 2). W obszarze zarządzania jakością – studium przypadku dotyczące prognozowania liczby braków w produkcji izolatorów ceramicznych (z wykorzystaniem scenariusza 1a, 1b i 2). W obszarze badań i rozwoju – dwa studia przypadków: prognozowanie czasu wytwarzania w technologiach przyrostowych, zastosowanie planowania doświadczeń DOE (ang. *Design of Experiment*) w technologiach przyrostowych. Pierwszy z nich dotyczy prognozowania czasu wytwarzania elementów w procesie selektywnego spiekania laserowego SLS (ang. *Selective Laser Sintering*), a drugi – prognozowania porowatości przetopionego w procesie selektywnej laserowej mikrometalurgii SLM (ang. *Selective Laser Melting*) proszku stopu magnezu AZ31 oraz prognozowania wydłużenia względnego przy zerwaniu elementów wytworzonych w procesie selektywnego spiekania laserowego SLS z proszku poliamidowego PA2200.



W odniesieniu do modelu zaproponowanego przez Durlika można schematycznie przyporządkować wymienione studia przypadków do czterech obszarów systemu produkcyjnego (Rys. 31) [28].



Na podstawie przedstawionego modelu systemu produkcyjnego (Rys. 31) można zauważyć, że studia przypadków, jakie będą brane pod uwagę, mogą być zaliczone do procesów przetwarzania (przykłady poświęcone zastosowaniu prognozowania w utrzymaniu ruchu oraz badaniach i rozwoju), a także do zarządzania (przykłady poświęcone zastosowaniu prognozowania w planowaniu produkcji i zarządzaniu jakością).

Poniżej przedstawiono bardzo syntetyczne wprowadzenie do badanych studiów przypadków, do których zastosowano omówiony wyżej algorytm. Dla każdego z nich opracowano model w notacji BPMN¹.

Szczegółowe omówienie poszczególnych studiów przypadków znajduje się w monografii w następujących rozdziałach:

- rozdział 6.1 Zastosowanie prognozowania w planowaniu produkcji, s. 105-125,
- rozdział 6.2 Zastosowanie prognozowania w utrzymaniu ruchu, s. 125-140,
- rozdział 6.3 Zastosowanie prognozowania w zarządzaniu jakością, s. 140-152,
- rozdział 6.4 Zastosowanie prognozowania w badaniach i rozwoju, s. 152-168.

Zastosowanie prognozowania w planowaniu produkcji

Studium przypadku: prognozowanie poziomu sprzedaży

Przemysł drzewny jest branżą wymagającą dużych zasobów i jako taki nie ma wysokiego współczynnika wartości dodanej, mimo to jest dosyć ważny dla gospodarki krajowej [87]. Uwzględniając te uwarunkowania, w odniesieniu do firm meblarskich, a zwłaszcza małych i średnich przedsiębiorstw MŚP, kluczowe znaczenie ma inwestowanie w wiedzę, zarządzanie wiedzą i najnowsze technologie, aby zapewnić konkurencyjność na rynku. Dość powszechną praktyką jest, że wiele rozwiązań, metod i narzędzi opracowuje się najpierw w branży motoryzacyjnej i innych gałęziach zaawansowanych technologii, a następnie wdraża się w mniej zautomatyzowanych sektorach [88]. Podobnie jest w branży meblarskiej.

Pierwsze studium przypadku odnosi się do problemu prognozowania poziomu sprzedaży w przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży meblarskiej. Dane zostały pozyskane w ramach projektu, którego byłam głównym wykonawcą: *Opracowanie innowacyjnego, customizowanego systemu produkcji i magazynowania, sterowanego poprzez sieci neuronowe*, 16.05.2016 - 15.07.2016 (nr projektu 4001/0061/16), Zamawiający: Belini Syntia Skowrońska.

Celem prezentowanych badań było opracowanie koncepcji nowego systemu sterowania produkcją, który w sposób efektywny pozwalałby planować i realizować program produkcji maksymalizując wykorzystanie stanowisk roboczych przy zmiennym i trudno przewidywalnym popycie na zestawy meblowe. Wyniki niniejszych badań zostały opublikowane w artykule *Development of Lean Hybrid furniture production control system based on Glenday Sieve, artificial neural networks and simulation modeling* autorstwa Marii Rosienkiewicz, Arkadiusza Kowalskiego, Joanny Helman i Marcina Zbiecia w czasopiśmie *Drvna Industrija* [78]. Dane z powyższego studium przypadku wykorzystane zostaną do wyznaczenia prognoz badanymi w monografii - wskazanej jako pierwsze osiągnięcie naukowe - metodami, w tym nowymi modelami hybrydowymi, a następnie poddane zostaną ocenie

¹ Business Process Model and Notation

zgodnie z omówionym wyżej Algorytmem badania efektywności wybranych metod prognozowania.

Proces produkcyjny mebli skrzyniowych przebiega według następującego schematu: do cięcia pobierany jest pakiet płyt wiórowych, różniących się kolorem, gęstością i fakturą. Z płyt wycinane są na pile tarczowej CNC potrzebne elementy składowe korpusów, frontów oraz blaty. Elementy składowe korpusów to boki, wieńce, listwy, półki, cokoły, przegrody, podbitki oraz kapaki, których krawędzie podlegają następnie okleinowaniu. Kolejną operacją technologiczną jest wiercenie otworów pod elementy mocujące (różnego rodzaju wkręty, kołki czy zawiasy). Poszczególne typy elementów składających się na korpusy szafek są pakowane w kartony, dokładane są elementy zakupowe oraz instrukcje montażu. Tak przygotowane korpusy szafek, fronty oraz blaty przewożone są do magazynu i składowane w magazynie wysokiego składowania.

Aby sprostać przeciwnym wymaganiom (nieprzewidywalny popyt, czas produkcji dłuższy niż czas na realizację zlecenia, etc.) przedsiębiorstwo wytwarza i magazynuje osobno korpusy szafek i ich fronty. Korpusy występują najczęściej w kilku kolorach i rozmiarach, fronty w kilkunastu. Połączenie korpusów z właściwym frontem w zestaw do sprzedaży odbywa się w magazynie, po uzyskaniu zamówienia na konkretny zestaw mebli. Na tym etapie zamówienie uzupełnia się jeszcze o klamki do szafek i szuflad, zawiasy oraz inne elementy zakupowe. W omawianym przedsiębiorstwie, którego kluczowym kanałem dystrybucji jest kanał internetowy – co jest rzadkością w branży meblowej – postanowiono opracować nowy system produkcyjny, który umożliwiłby:

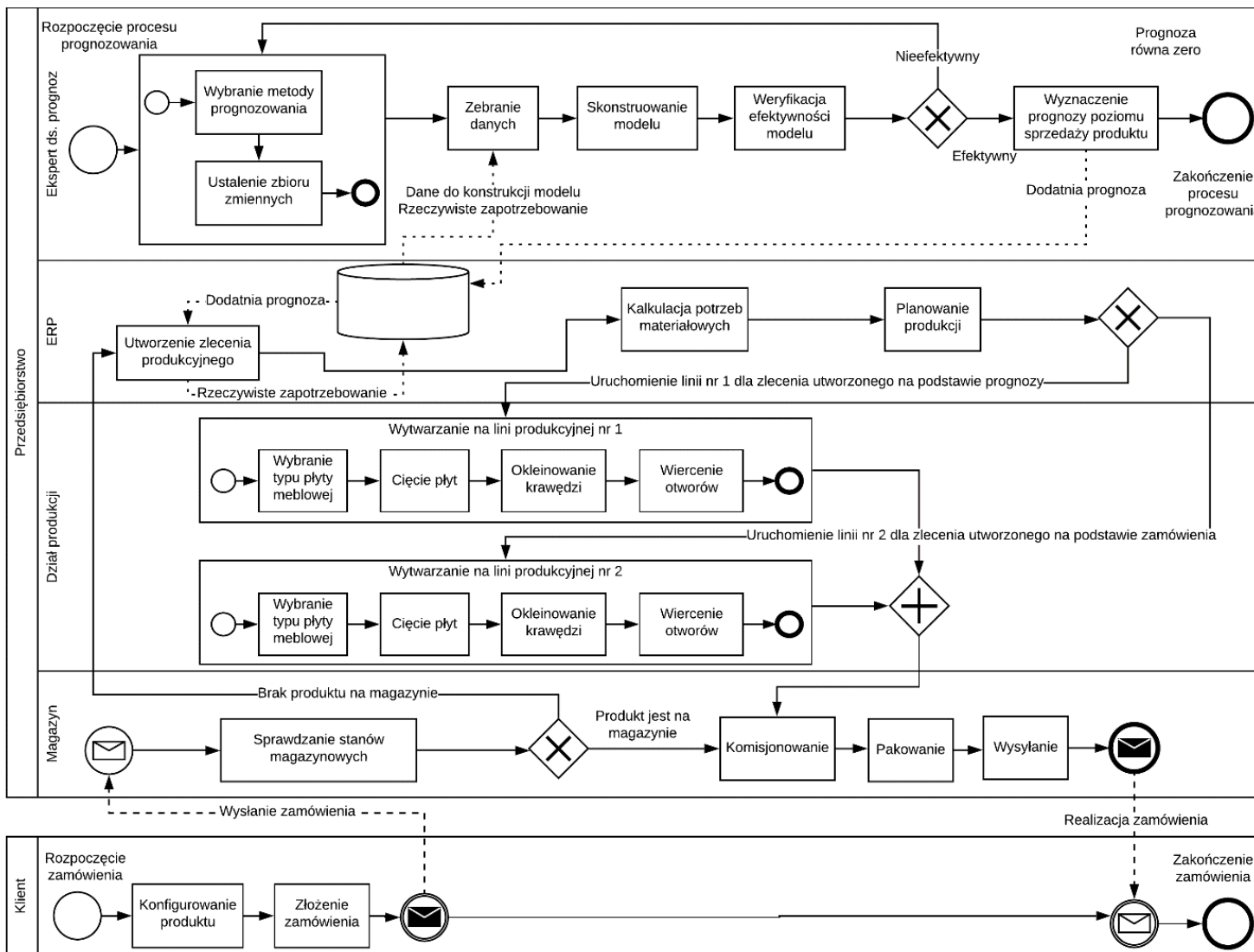
- zwiększenie efektywności i wolumenu produkcji,
- skrócenie czasu dostaw do 48h (w internetowym kanale sprzedaży),
- zwiększenie precyzji prognoz sprzedaży, co przełożyłoby się na usprawnienie planowania produkcji,
- optymalizację layoutu.

Opracowanie takiego systemu jest procesem złożonym i wieloetapowym. W trakcie prac nad rozwojem dedykowanego systemu powstało kilka pytań badawczych, na które należało znaleźć odpowiedzi:

- w jaki sposób efektywnie prognozować poziom sprzedaży, gdy przedsiębiorstwo nie posiada wystarczającej bazy dostępnych, wiarygodnie zebranych danych statystycznych? jak w takiej sytuacji skonstruować zbiór zmiennych objaśniających?
- w jaki sposób przy zróżnicowanym popycie (produkcja seryjna, i zamówienia jednostkowe, customizowane) sterować produkcją?
- w jaki sposób opracować strategię produkcji dla różnych typów produktów?
- jak zweryfikować, czy zaprojektowany system będzie odporny na zakłócenia?

W celu rozwiązania pierwszego problemu przeanalizowano dokładnie przeszłe wartości zapotrzebowania, tak aby móc scharakteryzować rzeczywisty popyt. Badanie rozpoczęto od analizy popytu i prób prognozowania w ujęciu dziennym. Wstępne wyniki pokazały, że popyt na meble ma charakter losowy, przerywany, często przyjmuje wartości zerowe.

Na Rys. 17 przedstawiono schematycznie w notacji BPMN (ang. *Business Process Modelling Notation*) w jaki sposób wyznaczone prognozy będą wykorzystywane w przedsiębiorstwie do planowania produkcji. Przedstawione procesy są znacząco uproszczone, a niektóre aspekty procesu produkcyjnego zostały pominięte, ze względu na fakt, że **celem opracowanego schematu jest przedstawienie roli prognoz w procesie produkcji mebli**, nie zaś szczegółowe modelowanie samego procesu produkcyjnego.



Rys. 17 Model BPMN procesu produkcji mebli z uwzględnieniem roli prognoz; oprac. własne

Zgodnie z Rys. 17, po wyborze odpowiedniej metody prognozowania i skonstruowaniu modelu prognostycznego, wyznaczone prognozy przekazywane będą do systemu ERP. Rolą systemu ERP będzie następnie odpowiednie uruchomienie zlecenia produkcyjnego na linię produkcyjną nr 1. Zaplanowane zostaną m.in. terminy realizacji, zaopatrzenie materiałowe oraz obciążenie stanowisk. Jeżeli po złożonym zamówieniu okaże się, że w magazynie nie ma odpowiedniego produktu, wówczas uruchamiane będzie zlecenie produkcyjne, które realizowane będzie na linii produkcyjnej nr 2. Warto także dodać, że dane służące do budowy modelu prognostycznego będą pochodziły z bazy systemu ERP. Na Rys. 17 przedstawiono także schematycznie etapy procesu wytwórczego obejmujące wybranie typu płyty meblowej, cięcie płyt, okleinowanie krawędzi oraz wiercenie otworów.

W celu dokonania obliczeń według proponowanej w omawianej monografii metodyki oceny efektywności zastosowania wybranych metod prognozowania do badań wybrano pięć typów mebli (produkty *H, I, J, K, L*), które charakteryzowały się największą próbą (największą liczbą obserwacji). **Zgodnie z przedstawioną wyżej Mapą studiów przypadków (Rys. 15), obliczenia przeprowadzone zostały według scenariusza nr 1 i scenariusza nr 2. Dla każdego z produktów (*H, I, J, K, L*) wykonano obliczenia za pomocą Algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania.** Kalkulacje przeprowadzone według scenariusza nr 1 zakładają, że istnieją zmienne objaśniające wpływające na poziom zmiennej zależnej *y*, czyli miesięcznej liczby zapotrzebowania [szt.]. Z kolei w scenariuszu nr 2 założono brak dostępu do danych charakteryzujących zmienne objaśniające. Dla każdego z pięciu badanych typów mebli opracowano zestaw wyników, na które składają cztery tabele i wykres. Wyniki te zawiera rozdział 6.1.2. Ocena efektywności prognoz popytu na meble s. 114.

Zastosowanie prognozowania w utrzymaniu ruchu

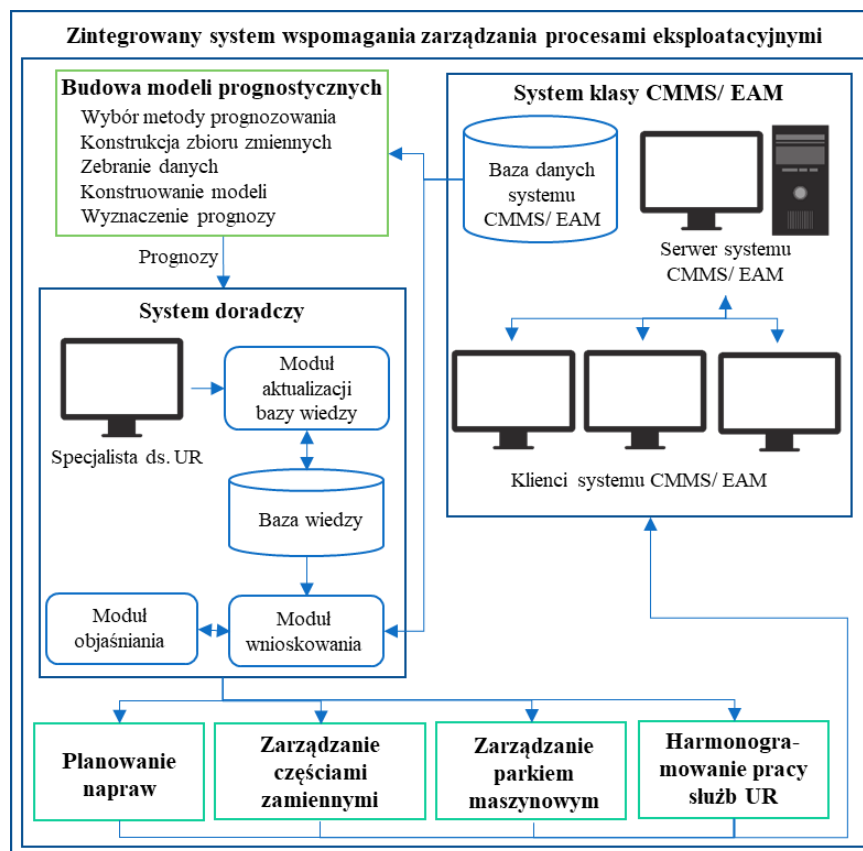
Studium przypadku: prognozowanie zapotrzebowania na części zamienne w przemyśle wydobywczym

Zarządzanie częściami zamiennymi uznaje się za jeden z najbardziej zaniedbywanych obszarów zarządzania, a należy podkreślić, że jego znaczenie jest niezwykle istotne [89]. Obejmuje ono szeroki zakres ważnych zagadnień badawczych, takich jak sterowanie zapasami, utrzymanie ruchu i niezawodność, zarządzanie łańcuchem dostaw i prognozowanie zapotrzebowania na części zamienne [90]. W wielu sektorach przemysłu niepokojąca kwestia powtarzających się awarii, która prowadzi do niskiego wykorzystania mocy produkcyjnych, powoduje konieczność, aby różne organizacje wzięły pod uwagę pilną potrzebę sformułowania dobrze przemyślanej polityki zarządzania częściami. Ważną częścią takiej polityki powinno być prognozowanie zapotrzebowania na części zamienne, które obarczone jest dużą dozą niepewności i charakteryzuje się często trudnymi do przewidzenia wahaniami.

Drugie studium przypadku odnosi się do problemu prognozowania zapotrzebowania na części zamienne w przemyśle wydobywczym. Omówione w monografii wyniki badań są kontynuacją prac opublikowanych w artykułach *A hybrid spares demand forecasting method dedicated to mining industry* autorstwa M. Rosienkiewicz, E. Chlebusa i J. Detyny w czasopiśmie *Applied Mathematical Modelling* [73] i *A new approach on implementing TPM in a mine – A case study* [88] autorstwa E. Chlebusa, J. Helman, M. Olejarczyka i M. Rosienkiewicz. Dane, które wykorzystano w badaniach zostały prze mnie zebrane w ramach projektu badawczo-rozwojowego „Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi” współfinansowanego

z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Liderem projektu była Politechnika Wroclawska, a partnerami KGHM Polska Miedź S.A. i Centrum badawczo-rozwojowe KGHM CUPRUM Sp. z o.o.

W ramach wspomnianego wyżej projektu badawczo-rozwojowego prowadzone były badania m.in. nad usprawnieniem procesu utrzymania ruchu w KGHM Polska Miedź S.A. w pilotażowym obszarze na terenie kopalni Z.G. Lubin. Wyniki tych badań można przeanalizować w [88], [91], [73], [92], [93]. Analiza awaryjności przeprowadzana w ramach projektu w komorze maszyn ciężkich (KMC) C2-B dotyczyła grupy wozów odstawczych ze względu na fakt, że stanowią one najliczniejszą grupę maszyn w KMC, wszystkie wozy odstawcze pochodzą od jednego producenta (DFM ZANAM-LEGMET Sp. z o.o.), wszystkie wozy są jednego typu (CB4 PCK), a ich praca wpływa bezpośrednio na realizację planu produkcyjnego (czyli na poziom wydobywania). Wozy odstawcze to kluczowe maszyny (obok ładowarko-koparek) biorące udział w procesie ładowania i odstawy, którego celem jest przewiezienie urobku miedzi z miejsc, w których znajduje się rozkruszona ruda miedzi (tzw. przodków) do punktów przesypanych (tzw. krat). Punkty te są bezpośrednio połączone z przenośnikami taśmowymi [94]. Analiza awaryjności wykazała, że w okresie od 07.2012 do 09.2012 r., w badanej grupie maszyn wystąpiły 572 awarie, każda z nich wymagała naprawy, a 93 z tych napraw zostało opóźnionych z powodu oczekiwania na części. Powyższe dane sygnalizują jak wielkim problem są w kopalni częste awarie. Wymienionych prawie 600 awarii wystąpiło w okresie zaledwie 3 miesięcy i to tylko dla wybranej grupy maszyn w jednej komorze maszyn ciężkich.



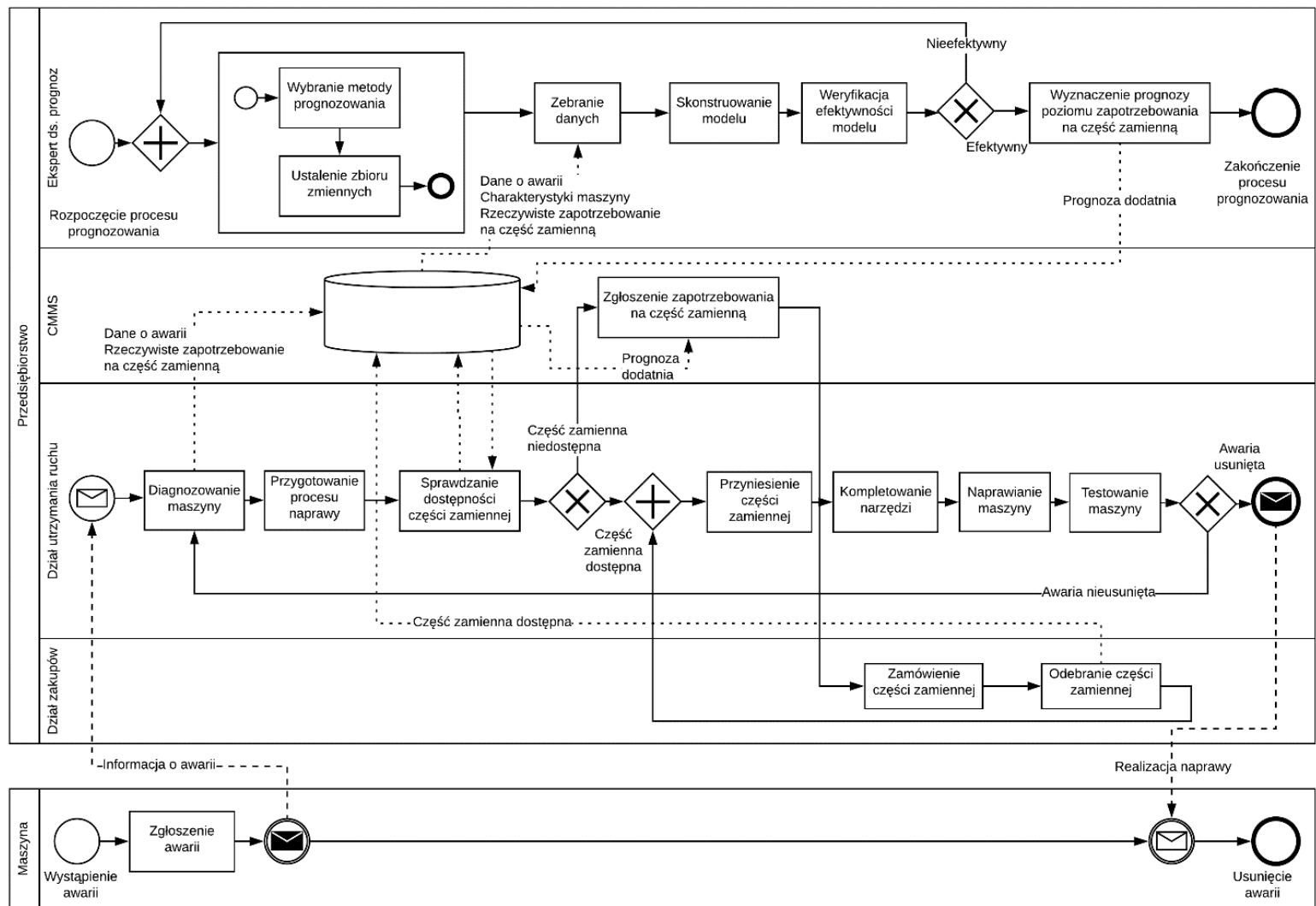
Rys. 18 Miejsce prognoz w strukturze zintegrowanego systemu wspomagania zarządzania procesami eksploatacyjnymi; oprac. własne na podstawie [95]

Uwzględniając liczbę komór, liczbę typów maszyn i zakres działalności całej kopalni, można łatwo wywnioskować, że kwestia zapewnienia odpowiednich części zamiennych jest ogromnej wagi i wpływa bezpośrednio na ciągłość procesów wydobywczych. Stosowanie efektywnej metody prognozowania zapotrzebowania na części zamienne umożliwi skrócenie czasu przeprowadzania napraw (przez eliminację oczekiwania na części), i tym samym przekłada się na zwiększenie dyspozycyjności maszyny do pracy oraz wyeliminowanie zagrożenia niewykonania planu produkcyjnego. Wpływa także na poprawę organizacji pracy mechaników i operatorów, a w sytuacji, gdy w przedsiębiorstwie utrzymywane są nadmierne zapasy części zamiennych, stosowanie skutecznej metody predykcji powinno przełożyć się na obniżenie kosztów tworzenia i utrzymania zapasów. Rozważając rolę prognoz w kontekście utrzymania ruchu, warto uwzględnić ich miejsce w strukturze zintegrowanego systemu wspomagania zarządzania procesami eksploatacyjnymi. Na Rys. 18 przedstawiono schematycznie w jaki sposób wyznaczone prognozy mogą być wykorzystywane przez przedsiębiorstwo w celu usprawniania procesów napraw, czy w procesie zarządzania częściami zamiennymi. Rozpatrując strukturę zintegrowanego systemu wspomagania zarządzania procesami eksploatacyjnymi zaproponowanego przez Loskę [95], można zauważyć, że prognozy wyznaczone z odpowiednich modeli prognostycznych mogłyby zasilać dedykowany system ekspertowy, który następnie wspierałby podejmowanie decyzji dotyczących procesu naprawy, czy zarządzania częściami zamiennymi. Dane wykorzystywane zarówno w samym systemie ekspertowym, jak i te konieczne do konstrukcji modeli prognostycznych pochodzą z systemu klasy CMMS, czy EAM. Warto także przeanalizować miejsce prognoz w utrzymaniu ruchu z procesowego punktu widzenia. Dlatego opracowano model BPMN przykładowego procesu naprawy z uwzględnieniem roli prognoz (Rys. 19).

Prezentowany model procesu naprawy jest dosyć uproszczony. Założono, że dotyczy on procesu, w którym naprawa wymaga wymiany części zamiennej. Zgodnie z Rys. 19, po wyznaczeniu prognozy następuje weryfikacja, czy prognoza jest dodatnia, czy nie. Jeśli nie jest dodatnia, oznacza to, że nie należy podejmować żadnych czynności. Jeśli natomiast jest dodatnia, wówczas następuje zgłoszenie zapotrzebowania na część zamienną do systemu klasy CMMS. Następnie część zamienna jest zamawiana. Efektywna prognoza umożliwi zamówienie części zamiennej zanim wystąpi awaria i tym samym usprawni i przyspieszy proces naprawy. W przypadku gdyby się okazało, że na stanie nie ma potrzebnej części, wówczas również wysyłane jest zgłoszenie zapotrzebowania na część zamienną, ale w tej sytuacji, proces jest znacznie wydłużony ze względu na fakt, że następuje oczekiwanie na zakup i dostarczenie części. Informacja o dostarczonej części jest przekazywana do systemu CMMS. System CMMS stanowi źródło danych umożliwiających skonstruowanie modelu prognostycznego.

Omawiane studium przypadku charakteryzuje się pewnymi specyficznymi cechami. Oprócz wymienionych wcześniej kwestii związanych w otoczeniem procesów wydobywczych, warto także zauważyć, że istnieje bardzo wiele typów części, które w kopalni ulegają awariom i materiałów, które są eksploatowane. Wykorzystując klasyfikację zaproponowaną przez Ligiera i Mazur można przyjąć, że jedno z kryteriów klasyfikacji części zamiennych pozwala wyróżnić [96]:

- części specjalne („stosowane w maszynach określonego typu i niewymienne z innymi maszynami. Części tej kategorii najczęściej produkowane są przez ograniczoną liczbę producentów, co sprawia, że części te są drogie i czas ich dostawy może być długi”),



Rys. 19 Model BPMN procesu naprawy z uwzględnieniem roli prognoz; oprac. własne

- części standardowe („części standardowe - są to części typowe, zgodne z normami, produkowane przez wielu niezależnych producentów, wymienne pomiędzy różnymi maszynami i producentami. Przykłady tego rodzaju części to łożyska toczne, pasy napędowe, uszczelnienia itp.”),
- oraz materiały eksploatacyjne („materiały jednorazowego użytku, o niskiej wartości jednostkowej i łatwo dostępne”).

Na potrzeby niniejszej badań wybrano cztery przykłady, które wykorzystane zostaną do wyznaczenia prognoz badanymi metodami, w tym zaproponowanymi podejściami hybrydowymi, a następnie poddane zostaną ocenie zgodnie z Algorytmem badania efektywności wybranych metod prognozowania. Opierając się na przytoczonej klasyfikacji założono, że za przykłady części specjalnych uznane będą pompa i siłownik, a przykładem materiału eksploatacyjnego będzie olej hydrauliczny. Dodatkowo kalkulacje przeprowadzone zostaną w celu oceny efektywności prognozowania zapotrzebowania na olej napędowy.

Zgodnie z przedstawioną wyżej Mapą studiów przypadków (Rys. 15), obliczenia przeprowadzone zostały według scenariusza nr 1 i scenariusza nr 2. Dla każdego z badanych przypadków (pompy, siłownika, oleju hydraulicznego, oleju napędowego) wykonano obliczenia za pomocą Algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania.. Kalkulacje przeprowadzone według scenariusza nr 1 zakładają, że istnieją zmienne objaśniające wpływające na poziom zmiennej zależnej y , czyli zapotrzebowania. Z kolei w scenariuszu nr 2 założono brak dostępu do danych charakteryzujących zmienne objaśniające. Dla każdego z czterech analizowanych przypadków opracowano zestaw wyników, na które składają cztery tabele i wykres. Wyniki te zawiera rozdział 6.2.2. Ocena efektywności prognoz popytu na części zamienne s. 129.

Zastosowanie prognozowania w zarządzaniu jakością

Studium przypadku: prognozowanie liczby braków w produkcji izolatorów ceramicznych

Trzecie studium przypadku odnosi się do problemu prognozowania liczby braków w przedsiębiorstwie wytwarzającym izolatory ceramiczne. Jest ono kontynuacją badań, których celem było opracowanie koncepcji nowego, opartego na sztucznych sieciach neuronowych, hybrydowego podejścia do wspomagania sterowania procesem wytwarzania izolatorów ceramicznych tak, aby zapewnić pożądaną jakość wyrobów. Zaproponowany algorytm pozwala na sterowanie dodawanymi frakcjami tlenku glinu w celu utrzymywania pożądanego ich składu w masie ceramicznej, co pozwala na przewidywanie liczby braków. Wyniki niniejszych badań zostały opublikowane w pracy *ANN-based hybrid algorithm supporting composition control of casting slip in manufacture of ceramic insulators* autorstwa Arkadiusza Kowalskiego i Marii Rosienkiewicz [97]. Dane z prezentowanego studium przypadku wykorzystane zostaną do wyznaczenia prognoz badanymi w monografii metodami, a następnie poddane zostaną ocenie zgodnie z Algorytmem badania efektywności wybranych metod prognozowania

Izolatory ceramiczne, będące materiałami zapobiegającymi lub regulującymi przepływ prądu w obwodach elektrycznych, odgrywają ważną rolę w izolowaniu elektrycznym przewodu od masztu i zapewniają mechaniczne wsparcie dla przewodów liniowych [98]. Izolatory muszą charakteryzować się odpowiednimi właściwościami – m.in. wysoką rezystancją, wysoką

wytrzymałością dielektryczną, niskim współczynnikiem strat dielektrycznych, dobrymi właściwościami mechanicznymi i ochroną przewodów przed trudnymi warunkami otoczenia, takimi jak wilgotność i korozyjność [99]. Wysokowytrzymałe izolatory ceramiczne wymagają nie tylko wyższej ilości tlenku glinu (trójtlenku diglinu), ale także m.in. drobnoziarnistych cząstek o równomiernym rozkładzie [100]. Analiza ostatnich wymagań dotyczących izolatorów porcelanowych wskazuje, że wysoce pożądana jest zwiększona wytrzymałość mechaniczna porównywalna z wytrzymałością ogniotrwałych cegieł i jednocześnie obniżona przewodność cieplna, podobna tej, która charakteryzuje izolatory włókniste [101]. Wytrzymałość mechaniczna porcelany nie zależy tylko od wpływu wad, ale może też być kształtowana w inny sposób. Otóż wyróżnia się trzy zasadnicze teorie, które opisują wpływ budowy fazowej czerepu na właściwości mechaniczne porcelany [102], [103] – są to: teoria mulitowa, teoria wzmocnienia matrycy i teoria wzmocnienia dyspersyjnego. Można także zauważyć, że od pewnego czasu standardową porcelaną elektrotechniczną zastępuje się zaawansowaną porcelaną, aby zapobiegać tak częstym pęknięciom izolatorów [104]. W celu polepszenia właściwości izolatorów współcześnie najczęściej stosuje się takie materiały ceramiczne jak wysokowytrzymała porcelana elektrotechniczna (porcelana z 50% tlenku glinu), czy porcelana o wysokiej zawartości tlenku glinu (porcelana z ponad 85% tlenku glinu) [105]. Warto dodać, że porcelana jest jedną z najbardziej złożonych ceramiek, która jest powstaje z mieszanki gliny, skalenia i kwarcu, które są spiekane w celu uzyskania kompozytu szklano-ceramicznego [102]. Izolatory ceramiczne, w celu osiągnięcia wysokiej ich jakości, produkowane są z porcelany typu C130. Materiał ten jest zbliżony swoim składem do klasycznej porcelany twardej, ale zamiast kwarcu wykorzystuje się tlenek glinu Al_2O_3 . Efektem jest zwiększenie zawartości mulitu w ceramice, jak również wzrost parametrów mechanicznych po wypaleniu. Istnieją publikacje w których określono wpływ uziarnienia mierzonego powierzchnią BET (m^2/g) na spiekalność, deformację piroplastyczną oraz mikrostrukturę i wytrzymałość mechaniczną na zginanie [106] [100]. Przeprowadzona powyżej wstępna analiza literaturowa z zakresu procesów wytwarzania izolatorów ceramicznych dotyczy głównie aspektów materiałowych. Niewiele jest publikacji, które rozważają problem zapewnienia odpowiedniej jakości izolatorów w aspekcie rozwiązań bazujących na analizie danych produkcyjnych.

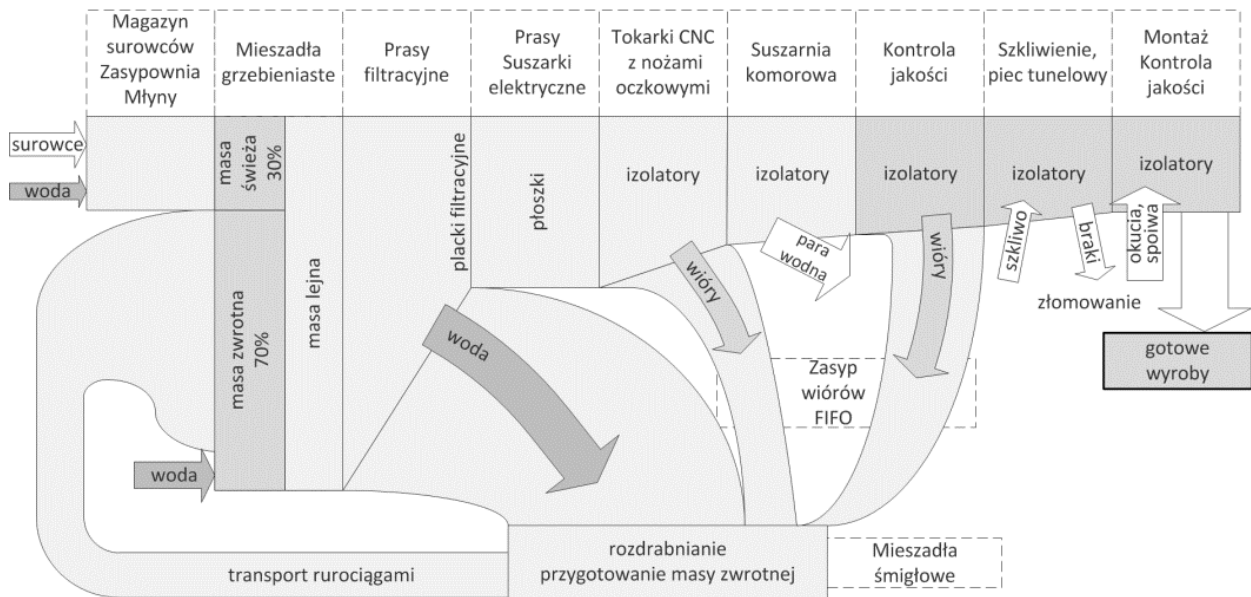
Dla producentów izolatorów ceramicznych zapewnienie wysokiej jakości produktów jest trudnym wyzwaniem. Brak możliwości prowadzenia ciągłej kontroli laboratoryjnej wytwarzanej masy ceramicznej powoduje, że skutki w poziomie braków są nieprzewidywalne. Dlatego też należy szukać rozwiązań wykorzystujących podejście oparte na analizie danych, by wspomagać proces zarządzania jakością w produkcji izolatorów ceramicznych w oparciu o budowanie prognoz bez konieczności przeprowadzania skomplikowanych i drogich badań materiałowych. Jednym z możliwych kierunków badań w tym zakresie jest wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych. Przegląd literatury związanej z zastosowaniem ANN jako narzędzia wspierającego kontrolę jakości, które umożliwiłoby prognozowanie poziomu braków w produkcji izolatorów ceramicznych, wykazał, że niewiele prac powstało w tym obszarze. Dlatego też koncepcję takiego rozwiązania zaproponowała autorka niniejszej monografii wraz z A. Kowalskim w pracy „*ANN-based hybrid algorithm supporting composition control of casting slip in manufacture of ceramic insulators*” [97].

W przedsiębiorstwie, w którym były prowadzone badania, proces wytwarzania izolatorów ceramicznych (w tym przypadku z ceramiki wysokoglinowej wg C130) rozpoczyna się od przygotowania masy ceramicznej. Należy odważyć przygotowane wcześniej składniki: tlenek glinu (Al_2O_3), skałen, kaoliny, glinę, bentonit. W celu uzyskania masy ceramicznej mieli się przygotowane surowce – we właściwych proporcjach – w zawieszynie wodnej w młynach.

Uzyskuje się w ten sposób masę „świeżą”. Analogicznie uzyskuje się również szkliwo ceramiczne, konieczne na dalszych etapach procesu. Do produkcji masy ceramicznej wykorzystuje się również wióry powstałe podczas odpadów przy toczeniu izolatorów oraz braki pojawiające się po suszeniu. Wióry i rozdrobnione braki miesza się z wodą w mieszalnikach, co doprowadza do powstania masy „zwrotnej”. Masę świeżą i zwrotną miesza się w proporcji 30 do 70% w kolejnych mieszalnikach i przelewa do mieszadeł. Po oczyszczeniu masy ceramicznej w celu usunięcia niepożądanych zanieczyszczeń (np. związków żelaza) następuje odfiltrowanie nadmiaru wody na prasach filtracyjnych. Otrzymana na tym etapie masa przybiera postać placków narzuconą przez kształt filtra oraz posiada wilgotność na poziomie 20%. Tak przygotowana masa podlega odpowietrzaniu na prasach – celem procesu jest usunięcie pęcherzyków powietrza pogarszających jej właściwości. Uformowana w kształt walca masa jest cięta na określoną długość. Walce masy poddawane są suszeniu, podczas którego następuje wzrost jej twardości umożliwiając obróbkę toczeniem. Toczenie izolatorów, z tak przygotowanej masy o wilgotności kilkunastu procent, wykonywane jest na różnego rodzaju tokarkach poziomych i pionowych, za pomocą noży oczkowych. Konstrukcja noża oczkowego uzależniona jest od kształtu kloszy izolatora. Na tym etapie powstaje najwięcej wiórów wykorzystywanych do przygotowania masy zwrotnej.

Oddziaływanie wysokiej temperatury (1300°C) powoduje w masie ceramicznej liczne przemiany fizykochemiczne, a krystalizacja ceramiki utrwala nadany izolatorom kształt oraz zapewnia odpowiednie własności mechaniczne i elektryczne (przenoszenie obciążeń zginających i rozciągających oraz odporność na przebicia napięciem znamionowym). Na kolejnych etapach izolatory poddaje się według potrzeb cięciu i szlifowaniu oraz montuje koniecznie okucia. Ostatnim etapem przed pakowaniem i wysyłką są badania kontrolno-odbiorcze, mające na celu sprawdzenie właściwości izolatora.

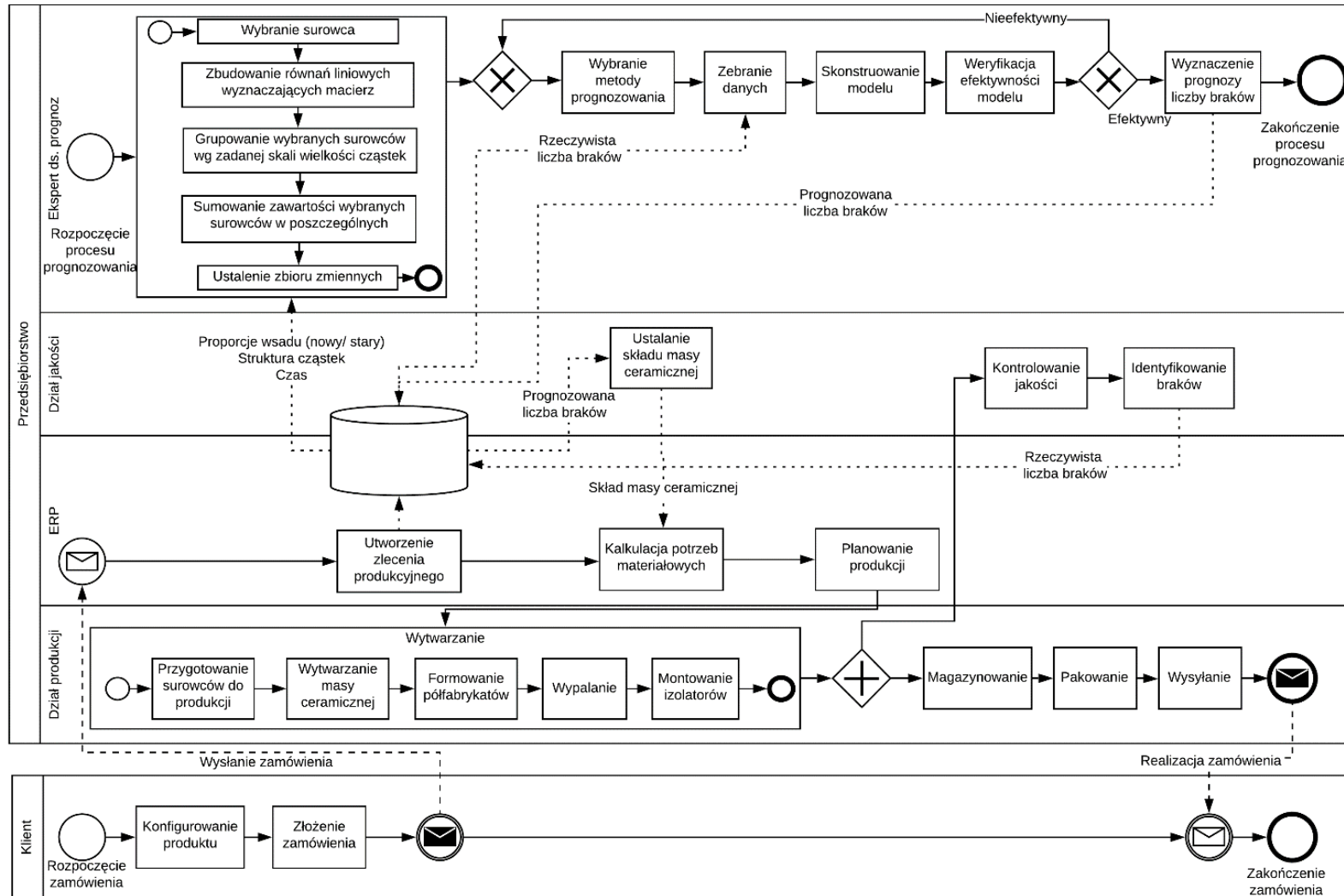
W badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym podczas procesu wytwarzania izolatorów ceramicznych, już na etapie suszenia stwierdzono niepokojący wzrost liczby wyrobów wadliwych. Ponieważ w tym czasie nie wprowadzano zmian w zawartości procentowej składników do przygotowania masy ceramicznej, parametry prowadzenia wypalania i innych etapów wytwarzania również pozostawały bez zmian, poszukiwanie przyczyn wzrostu liczby braków skierowano na badania frakcji (udziałów wielkości ziaren) tlenku glinu w masie ceramicznej. Specyfika wytwarzania masy ceramicznej, uwzględniająca 30% zawartość masy świeżej oraz 70% zawartość masy zwrotnej, sporządzanej z odpadów, utrudniała określenie frakcji tlenku glinu w masie przeznaczanej w danej chwili do produkcji izolatorów. Również wolne tempo wymiany składników (raz w tygodniu) w całości masy powodowało, że efekt ewentualnych korekt we frakcji uziarnienia tlenku glinu jest znacznie oddalony w czasie, a przez to trudny do uchwycenia. Na Rys. 20 przedstawiono wykres Sankeya w celu zobrazowania przepływu masy ceramicznej z uwzględnieniem masy zwrotnej przy produkcji izolatorów.



Rys. 20 Wykres Sankeya obrazujący przepływ masy ceramicznej z uwzględnieniem masy zwrotnej przy produkcji izolatorów; oprac. własne na podstawie [97]

Powyższy problem postanowiono rozważyć, nie w oparciu o eksperymentalne badania materiałowe, ale z wykorzystaniem podejścia bazującego na analizie danych uwzględniającej modelowanie regresyjne i ANN. Celem badań było opracowanie nowego hybrydowego podejścia opartego na ANN wspomagającego sterowanie procesem wytwarzania izolatorów ceramicznych w celu zapewnienia pożądanej jakości wyrobów. Istotą tej koncepcji nie jest zaproponowanie nowej teorii umacniania ceramiki a dostrzeżenie korelacji pomiędzy wielkością uziarnienia tlenek glinu Al_2O_3 a liczbą wad jakościowych w procesie produkcyjnym izolatorów ceramicznych. Założono, że możliwe jest takie sterowanie dodawanymi surowcami tlenku glinu (ich uziarnieniem), aby utrzymywać pożądany skład frakcji Al_2O_3 w masie ceramicznej, a tym samym ograniczać liczbę braków obejmujących rysy (na korpusie, na kloszach, na powierzchni czołowej, w otworze), skrzyty oraz zaburzoną strukturę do akceptowalnego poziomu. Celem tych badań było wspomaganie sterowania zawartością frakcji w masie lejnej ukierunkowane na minimalizację poziomu braków poprzez prognozowanie.

W celu zwizualizowania roli, jaką wyznaczone prognozy będą pełniły w przedsiębiorstwie opracowano model procesu produkcji izolatorów ceramicznych, który został wykonany w notacji BPMN (Rys. 21). Model ten, przedstawia schematycznie w jaki sposób wyznaczone prognozy mogą być wykorzystywane w przedsiębiorstwie w procesie zarządzania jakością. Otóż po wyborze odpowiedniej metody prognozowania i skonstruowaniu modelu prognostycznego, wyznaczone prognozy będą przekazywane za pośrednictwem bazy systemu ERP do działu jakości, którego zadaniem będzie odpowiednie ustalanie składu masy ceramicznej. Informacje o właściwym składzie masy będą następnie wprowadzane do systemu ERP, który odpowiedzialny jest m.in. za sterowanie procesami wytwórczymi, w tym realizację zleceń produkcyjnych. Na Rys. 21 przedstawiono także uproszczony proces wytwórczy izolatorów ceramicznych obejmujący przygotowanie surowców do produkcji, wytwarzanie masy ceramicznej, formowanie półfabrykatów, wypalanie oraz montowanie izolatorów.



Rys. 21 Model BPMN procesu produkcji izolatorów ceramicznych z uwzględnieniem roli; oprac. własne

Jak można odczytać z omawianego schematu, dział jakości dokonuje także kontroli jakości, w wyniku której następuje identyfikacja rzeczywistej liczby braków. Informacja o liczbie braków jest następnie przekazywana do systemu ERP. Z kolei dane zgromadzone w bazie systemu ERP umożliwiają konstrukcję modeli prognostycznych. Warto podkreślić, że przedstawiony model jest znacząco uproszczony, jednak celem jego było wskazanie miejsca prognoz z kontekście procesu zarządzania jakością w omawianym studium przypadku.

W celu implementacji Algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania uwzględniono dwa przypadki – prognozowanie poziomu braków w zależności rozmiaru ziaren tlenku glinu rodzaju A (oznaczono jako model A) oraz prognozowanie poziomu braków w zależności rozmiaru ziaren tlenku glinu rodzaju B (oznaczono jako model B). Kalkulacje były przeprowadzane według scenariusza nr 1a, nr 1b i scenariusza nr 2 (Zgodnie z Mapą studiów przypadków - Rys. 15). W scenariuszu nr 1a założono, że istnieją zmienne objaśniające wpływające na poziom liczby braków y . Analogiczne założenia przyjęto w scenariuszu nr 1b. Z kolei w scenariuszu nr 2 założono brak dostępu do danych charakteryzujących zmienne objaśniające, a zatem jedynymi dostępnymi danymi były historyczne wartości określające liczbę braków w danym miesiącu (zmienna prognozowana y). Wyniki obliczeń zawiera rozdział 6.3.2. Ocena efektywności prognozowania poziomu braków w produkcji izolatorów ceramicznych s. 149.

Zastosowanie prognozowania w badaniach i rozwoju

Studium przypadku: prognozowanie czasu wytwarzania w technologiach przyrostowych

Technologie przyrostowe są przedmiotem zainteresowania w wielu działach i centrach badawczo-rozwojowych. Coraz więcej przedsiębiorstw rozważa zmianę swojej technologii produkcji z wytwarzania metodami konwencjonalnymi (obróbka ubytkowa, obróbka kształtująca) na wytwarzanie technologiami przyrostowymi lub wdrożenie produkcji hybrydowej [107], w której technologie przyrostowe są tylko jednym z szeregu procesów wykorzystywanych do wytworzenia gotowego produktu. Technologie przyrostowe w połączeniu z metodami konwencjonalnymi umożliwiają wytwarzanie zarówno produktów spersonalizowanych takich jak implanty czy pomoce ortopedyczne, jak również całych serii produkcyjnych [108]. Rozwój technologii przyrostowych i coraz większy obszar ich zastosowania powoduje konieczność realizowania prac badawczych m.in. nad nowymi materiałami, udoskonalaniem procesów wytwórczych i wzrostem ich wydajności oraz optymalizacją parametrów wytwarzania.

Czwarte studium przypadku stanowi rozwinięcie badań poświęconych:

- analizie modeli kalkulacji kosztów w technologiach przyrostowych, które zostały opublikowane w artykule *Additive Manufacturing Technologies Cost Calculation as a Crucial Factor in Industry 4.0* autorstwa Marii Rosienkiewicz et al. [109],
- wykorzystania metodyki planowania doświadczeń DOE (ang. *Design of Experiments*) w badaniach porowatości elementów wytworzonych w technologii Selective Laser Melting (SLM), co opublikowano w pracy *Design of experiments approach in AZ31 powder selective laser melting process optimization* autorstwa Andrzeja Pawlaka, Marii Rosienkiewicz i Edwarda Chlebusa [110],
- oraz wykorzystania metodyki planowania doświadczeń DOE w badaniach nad wytrzymałością mechaniczną elementów wytworzonych w technologii Selective Laser Sintering (SLS). Wyniki niniejszych badań zostały opublikowane w pracy dyplomowej

Badanie i analiza wpływu parametrów wiązki lasera na wytrzymałość mechaniczną elementów wytwarzanych w procesie SLS z wykorzystaniem podejścia DOE autorstwa Franciszka Maroszka, której promotorem była Maria Rosienkiewicz.

Dane wykorzystane w prezentowanym studium przypadku pochodzą z laboratoriów Katedry Technologii Laserowych, Automatyzacji i Organizacji Produkcji z Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej.

Czwarte studium przypadku dotyczyło badań nad oceną efektywności wybranych metod prognozowania w zagadnieniach dotyczących technologii przyrostowych. Omówione zostały dwa obszary zastosowania i przeprowadzono obliczenia dla trzech studiów przypadków:

STUDIUM PRZYPADKU 1

Pierwszy z nich dotyczył prognozowania czasu wytwarzania elementów w technologii laserowego spiekania proszków LS (ang. *Laser Sintering*), określanego również mianem selektywnego laserowego spiekania SLS (ang. *Selective Laser Sintering*). Selektywne laserowe spiekanie można zdefiniować jako proces konsolidacji termicznej w łożu, służący do wytwarzania wyrobów z materiałów w postaci proszku, przy użyciu jednej lub kilku wiązek lasera, które pozwalają na konsolidację lub przetopienie cząstek na powierzchni łoża, warstwa po warstwie, w zamkniętej komorze procesowej [111]. W metodzie tej „materiał przechodzi od stanu stałego (proszek), przez stan płynny, ponownie do stanu stałego (spiek)” [112].

Celem prezentowanych badań było opracowanie modelu pozwalającego na prognozowanie czasu wytworzenia partii produkcyjnej elementów w technologii SLS. Prognozowanie czasu wytwarzania części w technologiach przyrostowych ma istotne znaczenie z kilku powodów. Z punktu widzenia zarządzania laboratorium najważniejsze są dwa aspekty – możliwość efektywnego planowania pracy maszyny oraz możliwość precyzyjnego wyznaczenia kosztów wytwarzanych elementów (np. w celu dokonania właściwej wyceny usługi budowy prototypu). Należy także dodać, że w przypadku stosowania technologii SLS szczególnie trudno przewidzieć jest czas wytwarzania, ponieważ należy uwzględnić czas budowy całego zasobnika a nie tylko pojedynczych elementów.

Drugi obszar z kolei dotyczył wykorzystania metodyki planowania doświadczeń DOE (ang. *Design of Experiments*) w technologiach przyrostowych. Obliczenia prowadzono dla dwóch przykładów.

STUDIUM PRZYPADKU 2A

W pierwszym z nich dokonano analizy szeregu parametrów (parametrów lasera i komory, parametrów geometrycznych, parametrów materiału) procesu wytwarzania w technologii SLS, które wpływają na właściwości fizyczno-mechaniczne wytwarzanych elementów. W wyniku przeprowadzonej analizy zostały wybrane trzy wielkości wejściowe do przeprowadzenia eksperymentu w oparciu o kompletny plan frakcyjny trójwartościowy 3^3 . Wartości mocy wiązki lasera, prędkości skanowania i odległości pomiędzy liniami skanowania na trzech poziomach (-1,0,1) zawiera Tabela 5.

Tabela 5 Wartości wejściowe badanych parametrów procesu SLS na trzech poziomach (-1,0,1)

Zmienna niezależna	Oznaczenie	-1	0	1
Moc wiązki lasera [W]	x ₁	14,40	16,00	17,60
Prędkość skanowania [mm/s]	x ₂	1100,00	1000,00	900,00
Odległość pomiędzy liniami skanowania [mm]	x ₃	0,22	0,20	0,18

Źródło: [113]

Zmienną zależną y w tym badaniu była wartość wydłużenia względnego [%]. Celem tego badania było zbudowanie modelu, który umożliwiłby przewidywanie wartości wydłużenia względnego [%] elementów wytworzonych w technologii SLS z proszku poliamidowego w zależności od wartości wymienionych w powyższej tabeli zmiennych niezależnych (objaśniających). Zastosowanie takiego modelu pozwoliłoby prognozować wydłużenie względne przy danych wartościach mocy wiązki lasera, prędkości skanowania i odległości pomiędzy liniami skanowania.

STUDIUM PRZYPADKU 2B

W drugim z prezentowanych przykładów badano wpływ parametrów procesu wytwarzania technologią selektywnej laserowej mikrometalurgii na porowatość w przetopionym materiale (analizie poddano stop magnezu AZ31) [110]. Technologia selektywnej laserowej mikrometalurgii SLM (ang. *Selective Laser Melting*) należy do grupy technologii PBF (ang. *Powder Bed Fusion*). Technologia ta opiera się na selektywnym przetapianiu kolejnych warstw proszku stopów metali z wykorzystaniem skupionej wiązki lasera. W procesie SLM wytwarzane elementy są zanurzone w proszku do wysokości ostatniego sanowanego przekroju (przez cały czas trwania procesu) [114]. Kolejne warstwy – za pomocą zgarniacza – nanoszone są na obniżoną o zdefiniowaną grubość platformę procesową. Powszechnie stosuje się stopy na bazie tytanu, niklu, aluminium oraz stale nierdzewne, czy stopy kobaltowo-chromowe [115], [110].

W omawianym przykładzie [110], w oparciu o kompletny plan frakcyjny trójwartościowy 3^3 , badano wpływ mocy wiązki lasera oraz składowych parametru prędkości skanowania (odległości pomiędzy punktami i czasu ekspozycji wiązki lasera w punkcie) na porowatość elementów wytworzonych w technologii SLM. Do przeprowadzenia eksperymentu w oparciu o kompletny plan frakcyjny trójwartościowy 3^3 dobrano po trzy wartości każdej z wielkości wejściowej (-1,0,1), co zostało przedstawione w kolejnej tabeli (Tabela 6).

Tabela 6 Wartości wejściowe badanych parametrów procesu SLM na trzech poziomach (-1,0,1)

Zmienna niezależna	Oznaczenie	-1	0	1
Moc wiązki lasera [W]	x ₁	60,00	75,00	90,00
Odległość pomiędzy punktami [μ m]	x ₂	10,00	15,00	20,00
Czas ekspozycji wiązki lasera w punkcie [μ s]	x ₃	40,00	80,00	120,00

Źródło: [110]

Na potrzeby niniejszej monografii wykorzystano wyniki z przeprowadzonych eksperymentów, które zostały szczegółowo opisane w [110].

Postępując według Mapy studiów przypadków (Rys. 15) prezentującej scenariusze prognozowania, w każdym z trzech opisanych wyżej przypadków należało kierować się scenariuszem nr 3. W omawianym zagadnieniu zmienna prognozowana y nie zmienia się z upływem czasu i można sądzić, że istnieje przyczynowa zależność, która kształtuje

przebieg zmiennej y . Wyniki implementacji Algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania zawiera rozdział 6.4.1. Studium przypadku: Prognozowanie czasu wytwarzania w technologiach przyrostowych s. 152 oraz 6.4.2. Studium przypadku: DOE – zastosowanie w technologiach przyrostowych s. 159.

Porównanie efektywności wybranych metod prognozowania i wnioski

Jak zostało wspomniane, proponowany w omawianej monografii algorytm został wdrożony dla trzech studiów przypadków, dla których obliczenia prowadzone były według scenariusza 1 i 2. Stanowiły one przykłady zastosowania prognozowania w planowaniu produkcji, utrzymaniu ruchu oraz zarządzaniu jakością. Zastosowanie prognozowania w badaniach i rozwoju z kolei przedstawiono na trzech przykładach, dla których obliczenia były prowadzone zgodnie ze scenariuszem 3. Poniżej przedstawiam zagregowane wyniki, które otrzymane zostały na podstawie obliczeń prowadzonych dla każdego przypadku osobno.

W celu podsumowania otrzymanych rezultatów opracowano poniższą tabelę (Tabela 7), w której zawarto średnie wartości względnego błędu prognozy *ex post* wyliczonego według scenariusza 1 (scenariusz 2 pominięto w tym zestawieniu ponieważ otrzymane prognozy z jego zastosowaniem charakteryzował wyższy błąd niż w przypadku scenariusza 1) dla badanych studiów przypadków z obszaru planowania produkcji, utrzymania ruchu, zarządzania jakością oraz według scenariusza 3 dla badań i rozwoju.

Tabela 7 Podsumowanie efektywności badanych metod w różnych obszarach systemu produkcyjnego na podstawie średnich wartości względnego błędu prognozy *ex post*; oprac. Własne

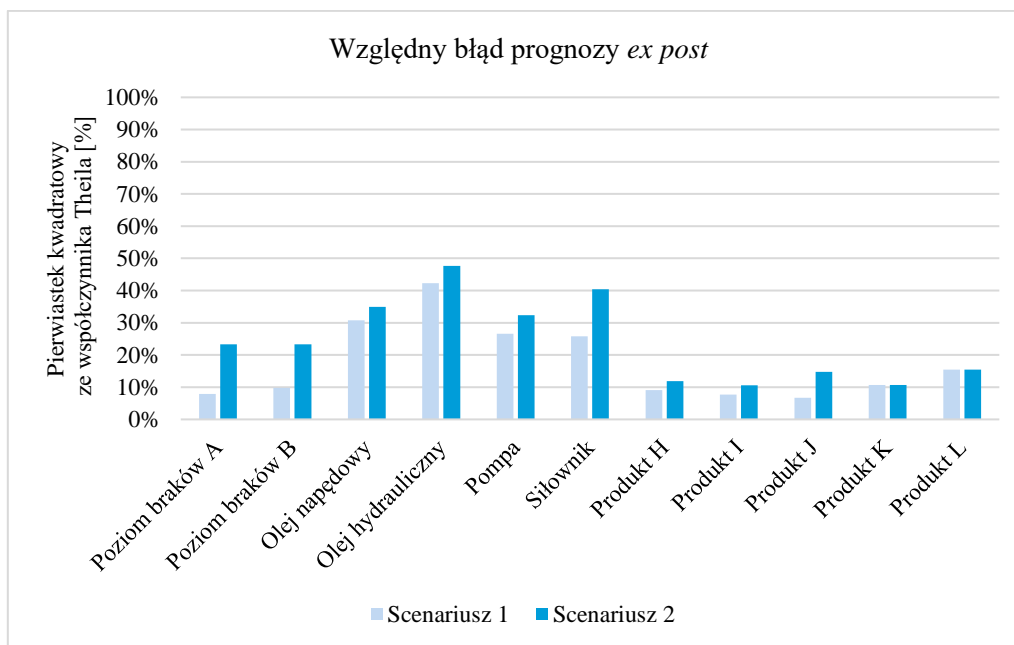
	Planowanie produkcji	Utrzymanie ruchu	Zarządzanie jakością	Badania i rozwój
ANN	28%	38%	10%	20%
ECO	30%	61%	16%	24%
ARIMA	41%	67%	30%	x
SES	45%	86%	32%	x
Holt_add	43%	81%	31%	x
Holt_mult	>100%	>100%	31%	x
TES	38%	66%	27%	x
SMA	48%	80%	33%	x
EMA	47%	78%	31%	x
WMA	45%	80%	31%	x
ZLEMA	45%	>100%	35%	x
SBA	63%	84%	43%	x
hybrid_ECO	10%	35%	10%	17%
hybrid_ANN	19%	31%	12%	15%

Kolorem zielonym oznaczono średnie wartości względnego błędu prognozy *ex post* niższe lub równe 20%, niebieskim – wyższe od 20% i niższe od 50%, a czerwonym – wyższe lub równe 50%.

Jak można zauważyć w obszarze planowania produkcji, zarządzania jakością oraz badań i rozwoju wysoką efektywnością charakteryzują się zaproponowane w niniejszej monografii metody hybrydowe, a w przypadku zarządzania jakością oraz badań i rozwoju również modele ANN i ekonometryczne. Najmniej efektywne okazało się prognozowanie w utrzymaniu ruchu, jednak i tu w przypadku zastosowania modeli hybrydowych i modelu ANN otrzymane rezultaty

można uznać za zadawalające. Klasyczne metody prognozowania w tym obszarze systemu produkcyjnego okazały się bardzo mało efektywne.

W celu przedstawienia na jednym wykresie wszystkich badanych przypadków w scenariuszu 1 i 2 na Rys. 22 zestawiono wartości pierwiastka kwadratowego ze współczynnika Theila I .



Rys. 22 Porównanie efektywności najskuteczniejszych metod prognozowania w zależności od badanego przypadku; oprac. własne

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że **najwyższą efektywność prognoz otrzymano w planowaniu produkcji dla pięciu badanych produktów H–L**. Świadczą o tym niskie wartości względnego błędności prognozy *ex post* (6,7–15,5%). **Można też zauważyć, że w każdym przypadku kalkulacje prognoz według scenariusza 1 okazały się bardziej skuteczne niż według scenariusza 2 – to jednak spodziewany rezultat, ponieważ modele oparte na zbiorach zawierających niezależne zmienne objaśniające stanowią lepsze narzędzie prognoz**. Obliczenia przeprowadzone dla zarządzania jakością świadczą o tym, że efektywność prognoz dla scenariusza 1 jest wysoka – względny błąd prognozy *ex post* nie przekroczył 10%. Rezultaty otrzymane z kolei dla utrzymania ruchu charakteryzują się nieco mniejszą efektywnością w porównaniu do pozostałych dwóch obszarów. Prognozy zapotrzebowania na specjalne części zamienne (pompa, siłownik) obarczone są błędem na poziomie 25% w scenariuszu 1, a prognozy zapotrzebowania na materiały eksploatacyjne na przykładzie oleju hydraulicznego – względnym błędem prognozy *ex post* równym 42%. Efektywność prognoz wyznaczonych dla oleju napędowego wyniosła ok. 30%, czyli okazała się niższa w stosunku do części specjalnych i wyższa w porównaniu do oleju hydraulicznego. **Warto jednak zauważyć, że popyt na części zamienne jest popytem trudno przewidywalnym (duża zmienność), więc uzyskane rezultaty można uznać za zadawalające**. W poniższej tabeli zestawiono najskuteczniejsze metody we wszystkich badanych przypadkach dla scenariusza 1 i 2 (Tabela 8).

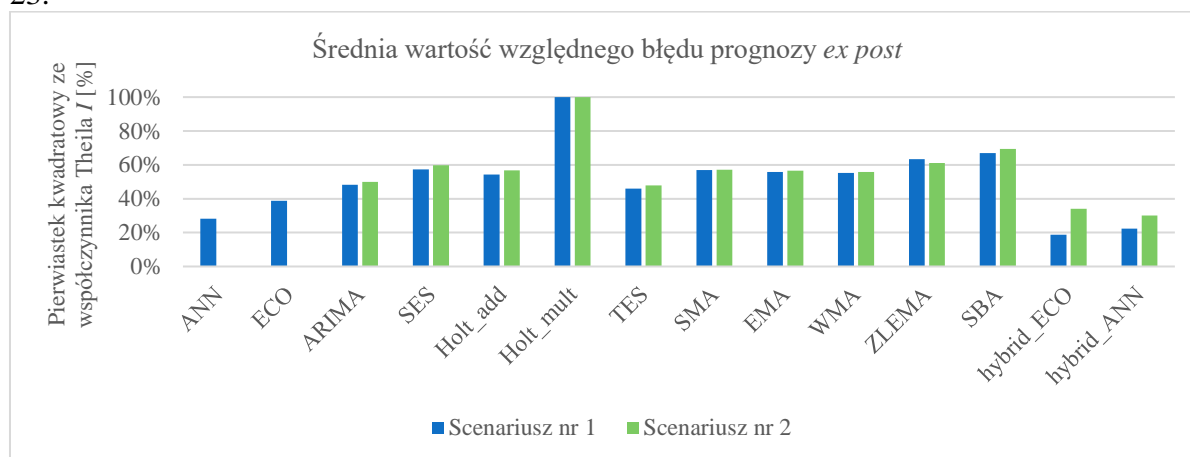
Tabela 8 Zestawienie najskuteczniejszych metod we wszystkich badanych przypadkach; oprac. własne

Studia przypadków	Scenariusz 1		Scenariusz 2	
	Metoda	I	Metoda	I
Poziom braków A	hybrid_ECO	0,079	hybrid_ANN	0,233
Poziom braków B	hybrid_ANN	0,098	hybrid_ANN	0,233

Olej napędowy	hybrid_ANN	0,307	hybrid_ANN	0,349
Olej hydrauliczny	hybrid_ANN	0,423	hybrid_ANN	0,476
Pompa	hybrid_ANN	0,266	hybrid_ANN	0,323
Siłownik	hybrid_ANN	0,258	hybrid_ANN	0,404
Produkt H	hybrid_ECO	0,091	hybrid_ECO	0,118
Produkt I	hybrid_ECO	0,077	hybrid_ECO	0,106
Produkt J	hybrid_ECO	0,067	hybrid_ANN	0,147
Produkt K	hybrid_ECO	0,107	hybrid_ECO	0,107
Produkt L	hybrid_ECO	0,155	hybrid_ECO	0,155

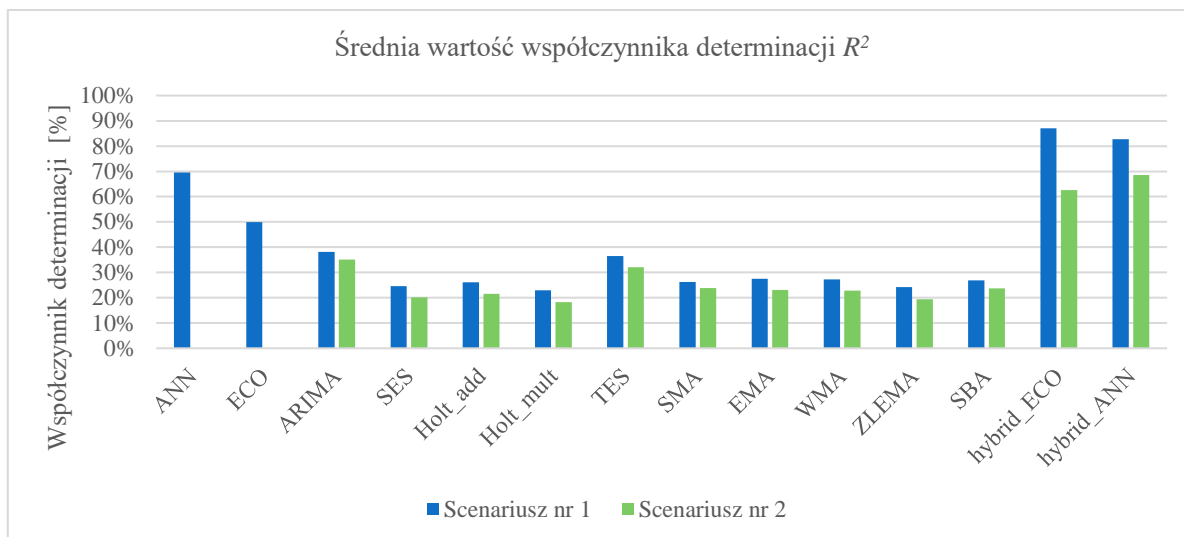
Otrzymane wyniki wskazują na zdecydowaną przewagę zaproponowanych w niniejszej monografii podejść hybrydowych. W scenariuszu 1 na jedenaście badanych przypadków w sześciu z nich najbardziej efektywną metodą prognozowania okazał się hybrydowy model ekonometryczny, w pozostałych pięciu – hybrydowy model ANN. W scenariuszu 2 na jedenaście badanych przypadków w siedmiu z nich najskuteczniejszą metodą prognozowania okazał się hybrydowy model ANN, w pozostałych czterech – hybrydowy model ekonometryczny.

Syntetyczne przedstawienie oceny efektywności badanych metod z uwzględnieniem średniej wartości względnego błędu prognozy *ex post* dla scenariusza 1 i 2 opracowano na Rys. 23.



Rys. 23 Ocena efektywności badanych metod z uwzględnieniem średniej wartości względnego błędu prognozy *ex post* (studia przypadków opisane w podrozdział. 6.1–6.3 monografii); oprac. własne

Analogiczną ocenę efektywności wszystkich czternastu badanych metod z uwzględnieniem średniej wartości współczynnika determinacji R^2 dla scenariusza 1 i 2 przedstawiono na Rys. 24.



Rys. 24 Ocena efektywności badanych metod z uwzględnieniem średniej wartości współczynnika determinacji R^2 (studia przypadków opisane w podrozdz. 6.1–6.3 monografii); oprac. własne

Na podstawie wyników zaprezentowanych na wykresach – Rys. 23 i Rys. 24, można założyć, że najwyższą efektywność charakteryzuje modele ANN i modele ekonometryczne, przy czym **największą skutecznością wykazały się proponowane w niniejszej monografii modele hybrydowe** – średnia wartość względnego błędu prognozy *ex post* dla hybrydowego modelu ekonometrycznego wyniosła 19%, a dla hybrydowego modelu ANN 22% w scenariuszu 1. W celu porównania: klasyczny model ekonometryczny charakteryzował się średnim względnym błędem prognozy *ex post* na poziomie 39%, a hybrydowy model ANN na poziomie 28%. Analogiczne rezultaty otrzymano w analizie średniej wartości współczynnika determinacji – w scenariuszu 1 dla hybrydowego modelu ekonometrycznego 87%, a dla hybrydowego modelu ANN 83%. Klasyczny model ekonometryczny natomiast charakteryzował się średnim R^2 wynoszącym 50%, a hybrydowy model ANN 70%. Klasyczne metody prognozowania: ARIMA, SES, modele Holta, TES, SMA, EMA, WMA, ZLEMA, SBA cechują się niską efektywnością prognozowania. Średnie wartości R^2 świadczą o słabym dopasowaniu otrzymanych modeli, a wartości I – o stosunkowo wysokich błędach prognoz. Najmniej efektywną metodą prognozowania w badanych przypadkach okazał się multiplikatywny model Holta, dla którego średnie R^2 wyniosło 18%, a średnie wartości I przekroczyły 100%. Porównując między sobą metody: ARIMA, SES, modele Holta, TES, SMA, EMA, WMA, ZLEMA, SBA można zauważyć, że stosunkowo lepszą skutecznością prognoz charakteryzują się modele ARIMA ($R^2 = 38\%$, $I = 48\%$ dla scenariusza 1) i TES ($R^2 = 36\%$, $I = 46\%$ dla scenariusza 1), w porównaniu jednak do modeli ekonometrycznych i ANN są znacznie mniej efektywne.

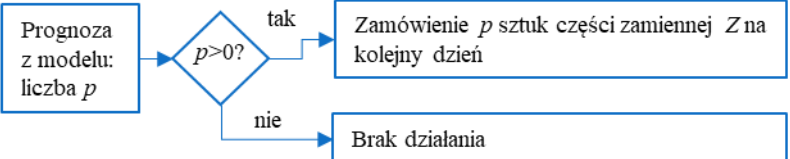
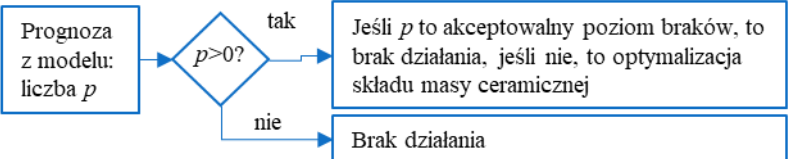
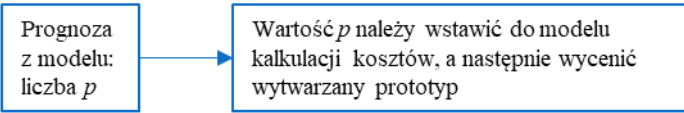
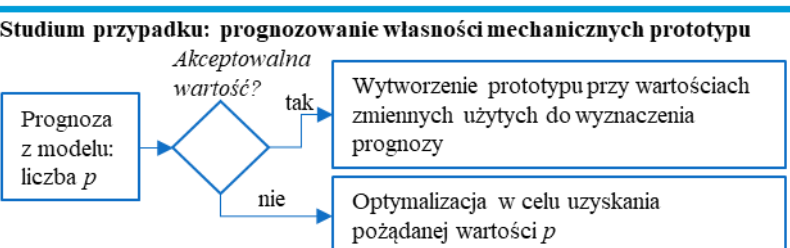
W wyniki analizy efektywności przeprowadzonej na podstawie średniej wartości R^2 oraz I dla scenariusza 3 przedstawiono w rozdziale 6.5 monografii na s 172. W scenariuszu 3 były wykorzystywane tylko cztery metody – klasyczne modele ekonometryczne i modele ANN oraz hybrydowe modele ekonometryczne i hybrydowe modele ANN. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na niewielką przewagę podejść hybrydowych. Średnia wartość R^2 dla modelu ekonometrycznego wyniosła 71%, a dla modelu ANN 81%, w przypadku modeli hybrydowych odpowiednio 85% i 91%. Również z analizy średnich wartości względnych błędów prognozy *ex post* wynika, że zastosowanie modeli hybrydowych skutkuje nieco wyższą efektywnością prognoz. Średnia wartość I dla modelu ekonometrycznego wyniosła 24%, a dla modelu ANN 20%, w przypadku modeli hybrydowych odpowiednio: 17% i 15%.

Jeśli zestawia się wyniki otrzymane zarówno dla analiz wykonywanych według scenariusza 1 i 2, jak i scenariusza 3, można stwierdzić, że zaproponowane w niniejszej monografii modele hybrydowe charakteryzują się dosyć wysoką efektywnością prognozowania i przewyższają skutecznością prognoz metody klasyczne.

Przeprowadzony przegląd literatury przedmiotu oraz badania przedstawione w ramach studiów przypadków umożliwiły opracowanie zestawienia korzyści stosowania efektywnych modeli prognozowania w wybranych obszarach systemu produkcyjnego – zestawiono je w poniższej tabeli (Tabela 9).

Tabela 9 Podsumowanie korzyści stosowania efektywnych modeli prognozowania w wybranych obszarach systemu produkcyjnego; oprac. własne

Obszar systemu produkcyjnego	Potencjalne korzyści z wdrożenia efektywnych modeli prognozowania	Rekomendowana wartość	
		I	R^2
Planowanie produkcji	<p>Redukcja zapasów. Krótszy czas dostaw. Wzrost rotacji zapasów. Obniżenie kosztów produkcji. Bardziej precyzyjne harmonogramowanie zapotrzebowania materiałowego i finansowego. Bardziej precyzyjne harmonogramowanie pracy pracowników. Bardziej efektywne wykorzystanie zasobów. Poprawienie wskaźników zamówień</p>	$\leq 20\%$	$\geq 80\%$
Przykład działania	<p>Studium przypadku: prognozowanie poziomu sprzedaży produktu</p> <pre> graph LR A[Prognoza z modelu: liczba p] --> B{p > 0?} B -- tak --> C[Opracowanie miesięcznego planu produkcji p sztuk dla produktu Q] B -- nie --> D[Brak działania] </pre>		
Utrzymanie ruchu	<p>Krótszy czas naprawy. Obniżenie kosztów tworzenia zapasów. Obniżenie kosztów utrzymania zapasów (kapitałowych, magazynowania, obsługi zapasów, ryzyka). Przedłużenie życia starzejących się maszyn i urządzeń. Wydłużenie czasu dostępności maszyny. Obniżenie ryzyka, które związane jest z bezpieczeństwem, zdrowiem, środowiskiem i jakością. Większa dyspozycyjność maszyny. Redukcja lub eliminacja zagrożenia niewykonania planu produkcyjnego z powodu niedostępności maszyny, która uległa awarii. Lepsza organizacja pracy służb utrzymania ruchu i operatorów. Wyższy poziom satysfakcji klientów.</p>	$\leq 30\%$	$\geq 70\%$

Przykład działania	<p>Studium przypadku: prognozowanie zapotrzebowania na części zamienne</p> 		
Zarządzanie jakością	<p>Mniejsza liczba braków. Wzrost jakości. Obniżenie kosztów jakości. Obniżenie kosztów produkcji. Większa stabilność procesu produkcyjnego. Poprawa produktywności. Wyższy poziom satysfakcji klientów.</p>	$\leq 20\%$	$\geq 80\%$
Przykład działania	<p>Studium przypadku: prognozowanie liczby braków izolatorów ceramicznych</p> 		
Badania i rozwój	<p>Bardziej efektywne zarządzanie pracą laboratoriów badawczych. Bardziej precyzyjna kalkulacja kosztów wytworzenia prototypów. Efektywne przewidywanie własności mechanicznych wytwarzanych elementów. Możliwość optymalizacji parametrów procesu wytwórczego. Wyższa jakość wyrobów. Niższe koszty prac badawczo-rozwojowych.</p>	$\leq 20\%$	$\geq 80\%$
Przykład działania	<p>Studium przypadku: prognozowanie czasu wytwarzania w technologii SLS</p>  <p>Studium przypadku: prognozowanie własności mechanicznych prototypu</p> 		

Oprócz korzyści wynikających ze stosowania efektywnych modeli prognozowania w powyższej tabeli zamieszczono także **rekomendowane wartości współczynnika determinacji R^2 i względnego błędu prognozy *ex post* I**. Są to wartości rekomendowane, ponieważ w rzeczywistości gospodarczej każdy użytkownik prognozy dla danego zagadnienia produkcyjnego powinien indywidualnie określić dopuszczalny poziom błędu oraz ustalić zadawalający poziom dopasowania. W tabeli zamieszczono ponadto symboliczne przykłady schematów działań, które należy podjąć po wyliczeniu prognozy dla każdego z przedstawionego w monografii studium przypadku.

Podsumowując, badania przedstawione w ramach omawianego osiągnięcia naukowego stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżyniera mechaniczna, a w szczególności w obszarze inżynierii produkcji, ponieważ:

- Przedstawiają kompleksową metodykę wdrażania algorytmów prognostycznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych, co stanowi wsparcie w procesie digitalizacji wytwarzania poprzez prognozowanie.
- Stanowią odpowiedź na pytanie jakie stosować podejście do prognozowania gdy nie ma w przedsiębiorstwie danych dla zmiennych objaśniających (predyktorów).
- Stanowią przewodnik dla przedsiębiorstw produkcyjnych w zakresie doboru optymalnej metody prognozowania w zależności od typu danych i jednocześnie sposób transformacji w kierunku digitalizacji.
- Stanowią jednocześnie zbiór najlepszych praktyk w zakresie wdrażania prognozowania w planowaniu produkcji, zarządzaniu jakością, utrzymaniu ruchu i badaniach rozwoju.
- Zawierają przykłady aplikacji opracowanego w monografii Algorytmu badania efektywności wybranych metod prognozowania w przemyśle wydobywczym i lotniczym, a także w branżach meblarskiej i elektrotechnicznej (produkcja izolatorów ceramicznych).

5.2.5. ON1: Powiązane publikacje naukowe

Poniżej załączam listę publikacji, które stanowią uzupełnienie i kontynuację badań przedstawionych w niniejszej monografii, mimo że zgodnie z ustawą nie są one oczywiście włączone jako część tego osiągnięcia.

1. Maria Rosienkiewicz, **Efficiency analysis of hybrid forecasting models supporting manufacturing companies in production planning, maintenance and quality management**, Advances in manufacturing processes, intelligent methods and systems in production engineering : progress in application of intelligent methods and systems in production engineering / Eds. Andre Batako [i in.]. Cham : Springer, cop. 2022. (Lecture Notes in Networks and Systems, ISSN vol. 335; 2367-3370).
2. Maria Rosienkiewicz, **Artificial intelligence-based hybrid forecasting models for manufacturing systems**, Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability. 2021, vol. 23, nr 2. **IF: 2.742**
3. Maria Rosienkiewicz, **Accuracy assessment of artificial intelligence based hybrid models for spare parts demand forecasting in mining industry**, Information Systems Architecture and Technology : Proceedings of 40th Anniversary International Conference on Information Systems Architecture and Technology, ISAT 2019. Pt. 3 / eds. Zofia Wilimowska, Leszek Borzemski, Jerzy Świątek. Cham : Springer, cop. 2020. (Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357; vol. 1052).
4. Maria Rosienkiewicz, Edward Chlebus, Jerzy Detyna, **A hybrid spares demand forecasting method dedicated to mining industry**, Applied Mathematical Modelling. 2017, vol. 49. **IF 2.617**

Poniżej z kolei prezentuję listę publikacji, z których pozyskałam dane do studiów przypadków omówionych w monografii:

5. Maria Rosienkiewicz, Arkadiusz Kowalski, Joanna Helman, Marcin Zbieć, **Development of Lean Hybrid furniture production control system based on Glenday Sieve, artificial neural**

networks and simulation modeling. Drvna Industrija. 2018, vol. 69, nr 2, s. 163-173, ISSN: 0012-6772, IF: **0.616**

6. Maria Rosienkiewicz, Joanna Gąbka, Joanna Z. Helman, Arkadiusz Kowalski, Sławomir Susz, **Additive manufacturing technologies cost calculation as a crucial factor in Industry 4.0.** W: **Advances in Manufacturing** / eds. Adam Hamrol [i in.]. Cham : Springer, cop. 2018. s. 171-183. (Lecture Notes in Mechanical Engineering), ISSN 2195-4356
7. Andrzej Pawlak, Maria Rosienkiewicz, Edward Chlebus, **Design of experiments approach in AZ31 powder selective laser melting process optimization.** Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2017, vol. 17, nr 1, s. 9-18, ISSN: 1644-9665, IF: **2.763**
8. Arkadiusz Kowalski, Maria Rosienkiewicz, **ANN-based hybrid algorithm supporting composition Control of casting slip in manufacture of ceramic insulators.** W: International Joint Conference SOCO'16-CISIS'16-ICEUTE'16, San Sebastián, Spain, October 19th – 21st, 2016 : proceedings / eds. Manuel Graña, José Manuel López-Guede, Oier Etxaniz, Álvaro Herrero, Hector Quintián, Emilio Corchado. [Cham] : Springer, cop. 2017. s. 357-365. (Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357; vol. 527)
9. Edward Chlebus, Joanna Helman, Michał Olejarczyk, Maria Rosienkiewicz²: **A new approach on implementing TPM in a mine - case study.** Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2015, vol. 15, nr 4, s. 873-884, 13 rys., 2 tab., bibliogr. 25 poz. ISSN: 1644-9665; IF: **2.194**

5.3. Osiągnięcie naukowe nr 2: 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe

5.3.1. Nazwa osiągnięcia naukowego nr 2

Jako **drugie** osiągnięcie naukowe (ON2), stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy **wskazują zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe**, a jego nazwa to:

„Opracowanie, implementacja i weryfikacja nowych - bazujących na koncepcji otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia - modeli wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z wykorzystaniem meta platformy SYNERGY”

Niniejsze osiągnięcie powstało w ramach następujących projektów:

SYNERGY

- **PROJEKT SYNERGY:** Synergic networking for innovativeness enhancement of Central European actors focused on high-tech industry, Central Europe Interreg, 2017-2020
 - **budżet projektu 1,8 mln EUR**
 - **Konsorcjum:**
 1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
 2. **Karlsruhe Institute of Technology KIT, Niemcy**

² Kolejność autorów publikacji jest alfabetyczna

3. Technical University Chemnitz, Cluster of Excellence MERGE, **Niemcy**
4. Jožef Stefan Institute JSI, **Słowenia**
5. STEP RI - Science and Technology Park of the University of Rijeka, **Chorwacja**
6. CRIT Centre of Research and Technological Innovation s.r.l., **Włochy**
7. PROFACTOR GmbH, **Austria**

Głównym celem projektu **SYNERGY**, którego byłam inicjatorem i głównym pomysłodawcą, było zwiększenie innowacyjności w wybranych regionach Europy Środkowej poprzez wzmocnienie powiązań i współpracy międzynarodowej oraz stworzenie synergii pomiędzy takimi podmiotami, jak: instytucje naukowo-badawcze, firmy przemysłowe oraz instytucje publiczne w paradygmacie otwartych innowacji (*open innovation*). Projekt miał na celu opracowanie nowych, proinnowacyjnych rozwiązań – dla przemysłu, dla instytucji otoczenia biznesu i uczelni wyższych, działających w ramach 3 obszarów kluczowych projektu obejmujących:

- **Technologie przyrostowe,**
- **Procesy i materiały związane z mikro- i nanotechnologiami,**
- **Przemysł 4.0.**

Do **kluczowych rezultatów** projektu można zaliczyć:

- Międzynarodową analizę istniejących platform wspierających rozwiązania bazujące na filarach otwartych innowacji (OI) i w szczególności OI 2.0 (open innovation 2.0), czyli opartych na m.in. crowdsourcingu, crowdfundingu, microworkingu,
- Opracowanie inteligentnego, bazującego na teorii grafów, narzędzia IT do klastrowania projektów badawczych,
- Opracowanie modeli procesów crowdfunding’u, crowdsourcing’u, microworking’u za pomocą notacji ISO 19510 (Business Process Model and Notation) na potrzeby rozwoju platformy SYNERGY,
- Zaprojektowanie, budowa i implementacja platformy internetowej Synergic Crowd Innovation Platform – SYNERGY (<https://synergyplatform.pwr.edu.pl/>),
- Opracowanie modeli, a następnie wdrożenie i przetestowanie prototypów nowych usług wspierających powstawanie innowacji w paradygmacie otwartych innowacji w przedsiębiorstwach wytwórczych:
 - Crowdsourcing (Społecznościowy rozwój produktu, Dzielenie się wiedzą w projektach badawczych i innowacyjnych),
 - Microworking (Wyzwania przemysłowe, Innowacje społecznościowe dla firm),
 - Crowdfunding (Crowdfunding na projekty badawcze),
 - Wymiana zasobów (Infrastructure sharing - Dzielenie się infrastrukturą, Wymiana kompetencji).
- Opracowanie Strategii Innowacji Społecznościowych.

IDEATION

- **PROJEKT IDEATION:** Innovation and entrepreneurship actions and trainings for higher education, KIC – EIT MANUFACTURING, 2022-2024
 - **budżet projektu 1,2 mln EUR**
 - **Konsorcjum:**
 1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
 2. **Holon Institute of Technology, Izrael**
 3. **Univeridad de La Laguna, Hiszpania**
 4. **CRIT Centre of Research and Technological Innovation, Włochy**

5. FIR at RWTH Aachen University, Niemcy

Nadrzędnym celem projektu było opracowanie **nowego modelu wsparcia innowacyjności IDEATION**, który bazował na 6 głównych działaniach³:

- 1) Digital access to infrastructure,
- 2) Knowledge Triangle Networks,
- 3) Crowd Innovation,
- 4) Testing crowdfunding opportunities,
- 5) Pre Incubation Program GROW-up TECH,
- 6) International Open Innovation Training IDEA-up.

Do **kluczowych rezultatów** projektu można zaliczyć:

- Opracowanie modelu dzielenia się infrastrukturą badawczą w międzynarodowym środowisku, który umożliwia zdalny dostęp do zaawansowanych technologicznie laboratoriów z dowolnego miejsca na świecie.
- Opracowanie nowego formatu wydarzeń „Tech Dates”, które pozwalają na nawiązywanie i wzmacnianie partnerstw w ramach trójkąta wiedzy poprzez tworzenie przestrzeni do nawiązania nowych sieci współpracy.
- Zwaldowanie opracowanego w projekcie SYNERGY modelu wspierania innowacyjności (opartego na otwartych innowacjach i ekonomii współdzielenia) poprzez opracowanie serii wyzwań innowacyjnych na zasadzie crowdsourcingu oraz kampanii crowdfundingowych.
- Opracowanie platformy i nowego modelu otwartego szkolenia, które poszerzyły istniejącą funkcjonalność meta platformy SYNERGY- zdalne szkolenie International Open Innovation Training IDEA-up.
- Opracowanie i wdrożenie modelu programu preinkubacyjnego „GROW-up TECH”, który bezpośrednio umożliwia generowanie innowacji poprzez zakładanie firm typu start-up w obszarach zaawansowanych technologicznie.

SMERF

- **PROJEKT SMERF:** SME Ready for Future, Central Europe Interreg, 2023-2026
 - **budżet projektu 2,5 mln EUR**
 - **Konsorcjum:**
 1. Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska
 2. Karlsruhe Institute of Technology KIT, Niemcy
 3. University of Genoa UNIGE, Włochy
 4. Technical University of Kosice TUKE, Słowacja
 5. Business Upper Austria Biz-Up, Austria
 6. Center of Research and Technologic Innovation s.r.l. CRIT, Włochy
 7. Pannon Business Network Association PBN, Węgry
 8. STEP RI Science and Technology Park of the University of Rijeka, Chorwacja.

Projekt SMERF: SME Ready for Future, czyli „Małe i średnie przedsiębiorstwa gotowe na przyszłość”, koncentruje się na opracowaniu modeli i narzędzi umożliwiających efektywne wspieranie transformacji MSP o niskim i średnim poziomie zaawansowania technologicznego w kierunku gotowości na wyzwania przyszłości. Ponadto projekt ma na celu opracowanie

³ Przedstawiam ich nazwy w oryginale traktując jako nazwy własne

nowych modeli usług dla uczelni wyższych i wspierających innowacyjność instytucji otoczenia biznesu (*innomediaries*), które pozwolą następnie zwiększyć ich kompetencje i jednocześnie będą wspierać MŚP na drodze transformacji.

Działania projektowe są prowadzone równolegle w czterech filarach badawczych projektu, to jest:

- 1) **Kultura innowacji,**
- 2) **Zdigitalizowane wytwarzanie,**
- 3) **Otwarte innowacje 2.0 i ekonomia współdzielenia,**
- 4) **Zielona gospodarka o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój.**

Do **kluczowych rezultatów** projektu można zaliczyć:

- Opracowanie koncepcji metodyki badań obejmujących:
 - przegląd literatury w czterech filarach projektu,
 - opracowanie definicji i charakterystyki MŚP gotowego na przyszłość (SME Ready for Future SMERF) w każdym filarze,
 - zdefiniowanie listy cech charakteryzujących MŚP gotowego na przyszłość w każdym filarze,
 - opracowanie listy pytań, która zostanie w budowana narzędzie badawcze SMERF Diagnosis Tool (SDT) i posłuży do oceny i zmierzenia zaawansowania MŚP w danej cesze,
- Opracowanie bazy wiedzy Inspiration Knowledge Base,
- Opracowanie modelu koncepcyjnego SMERF Diagnosis Tool, czyli narzędzia badawczego z wbudowaną innowacyjną metodyką prowadzenia audytu dla MŚP gotowych na wyzwania przyszłości, które umożliwi – na podstawie otrzymanych wyników badania – generowanie scenariuszy transformacji dla danego przedsiębiorstwa.

DEETECHTIVE

- **PROJEKT DEETECHTIVE:** Deep Tech Talents - Innovation & Entrepreneurship Support, KIC – EIT RAW MATERIALS, 2023-2024
 - **budżet projektu 0,75 mln EUR**
 - **Konsorcjum:**
 1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
 2. **Holon Institute of Technology, Izrael**
 3. **EPF School of Engineering, Francja**
 4. **Centria University of Applied Sciences, Finlandia**
 5. **University of Genova, Włochy**
 6. **Institute of Technology Transfer, Polska**

Model wspierania innowacyjności DEETECHTIVE prezentuje unikalne podejście oparte na trzech głównych filarach:

1. Technologie Deep Tech,
2. Otwarte Innowacje,
3. Społecznościowy Rozwój Produktu.

Model DEETECHTIVE koncentruje się na 7 kluczowych działaniach⁴:

- 1) Talent Hunter Space,
- 2) Deep Tech Dates,

⁴ Przedstawiam ich nazwy w oryginale traktując jako nazwy własne

- 3) International Open Innovation Training: IDEA-up DEEP TECH,
- 4) Deep Tech innovation challenges,
- 5) Pre Incubation Mentoring Program: GROW-up TECH,
- 6) Start-up booster,
- 7) Knowledge hotspot.

Do **kluczowych rezultatów** projektu można zaliczyć:

- Opracowanie Talent Hunter Space (THS) – paneuropejskiej platformy rozwoju talentów i umiejętności do identyfikacji ukrytych talentów w obszarze technologii Deep Tech wśród społeczności studenckiej.
- Testowanie i walidacja nowego modelu otwartego szkolenia (opracowanego w projekcie IDEATION), który poszerzył istniejącą funkcjonalność meta platformy SYNERGY: zdalne szkolenie IDEA-up DEEP TECH International Open Innovation Training.
- Zwaliowanie opracowanego w projektach SYNERGY i IDEATION modelu wspierania innowacyjności (opartego na otwartych innowacjach i ekonomii współdzielenia) poprzez opracowanie serii wyzwań innowacyjnych ukierunkowanych na technologie DEEP TECH na zasadzie crowdsourcingu (dla rozwoju nowego produktu).
- Uzupełnieniem szkolenia IDEA-up DEEP TECH jest program preinkubacyjny „GROW-up TECH”, który bezpośrednio umożliwia generowanie innowacji poprzez zakładanie firm typu start-up w obszarach technologii DEEP TECH’owych.
- Opracowanie nowego modelu Start-up Booster, który poprzez opracowanie dedykowanego planu transformacji i wyselekcjonowanego wachlarza usług stanowi wsparcie dla start-upów w technologiach Deep Tech.

Moja rola w powyższych projektach: pomysłodawca i współautor wniosków aplikacyjnych, kierownik zadań roboczych (*Work Package*), główny wykonawca. **Oświadczenia członków zespołów projektowych przedstawiam w Załączniku nr 5.**

5.3.2. ON2: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych

Innowacje produktowe i procesowe stanowią kluczowy element strategii rozwoju firm produkcyjnych, umożliwiając im skuteczne dostosowanie się do dynamicznie zmieniającego się otoczenia biznesowego. Innowacje produktowe odnoszą się do wprowadzenia nowych lub ulepszonych produktów na rynek, co zazwyczaj prowadzi do zwiększenia wartości oferowanych rozwiązań dla klientów. Z kolei innowacje procesowe koncentrują się na doskonaleniu metod produkcji, optymalizacji procesów oraz wykorzystaniu nowoczesnych technologii w celu efektywniejszego i bardziej zrównoważonego funkcjonowania przedsiębiorstwa, a także wdrażaniu nowych modeli biznesowych. Znaczenie innowacji produktowych przejawia się w zdolności firm do utrzymania konkurencyjności na rynku poprzez oferowanie unikalnych, atrakcyjnych dla klientów rozwiązań. Dążenie do ciągłego doskonalenia produktów sprzyja budowaniu lojalności klienta, zwiększa udział w rynku oraz stymuluje wzrost przychodów. Innowacje procesowe natomiast przyczyniają się do poprawy efektywności operacyjnej, redukcji kosztów produkcji oraz minimalizacji wpływu na środowisko, co jest istotne z perspektywy zrównoważonego rozwoju.

Współczesne przedsiębiorstwa produkcyjne, aby utrzymać się na rynku, muszą inwestować w badania i rozwój, tworzyć atmosferę sprzyjającą kreatywności oraz świadomie zarządzać procesem innowacji. Działania te umożliwiają firmom nie tylko sprostanie obecnym wymaganiom rynkowym, ale także antycypowanie przyszłych trendów i potrzeb klientów. W rezultacie innowacje produktowe i procesowe stanowią nieodłączny element strategii zrównoważonego wzrostu i pozostają kluczowym czynnikiem determinującym sukces w

konkurencyjnym środowisku biznesowym. W świecie gospodarki globalnej innowacje produktowe i tempo prac nad ich rozwojem nabierają coraz większego znaczenia. Doświadczenie firm dowodzi, że samo uwzględnianie i spełnianie potrzeb klienta nie wystarcza, aby nowy produkt odniósł sukces. Coraz częściej okazuje się, że krytycznym warunkiem sukcesu nowego produktu jest większa w stosunku do konkurencji sprawność firmy w obszarze wykorzystywania własnych kluczowych kompetencji [116]. Niezwykle istotnym elementem jest również jednoznaczne zdefiniowanie w firmie wewnętrznego procesu prac nad rozwojem produktu, czyli procesu rozwoju nowego produktu (New Product Development NPD). Najnowsze badania pokazują ponadto, że minęły czasy, gdy budżety marketingowe decydowały o sukcesie różnego rodzaju kampanii reklamowych [117]. Obserwacja zmian zachodzących obecnie na rynku pozwala na zidentyfikowanie nowego trendu wśród firm wprowadzających nowe produkty. Trend ten polega na coraz większym włączaniu klientów w proces rozwoju produktów m.in. poprzez zaangażowanie mediów społecznościowych.

Moje badania dotyczące modeli wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z procesowego punktu widzenia koncentrują się na dwóch głównych obszarach: procesie rozwoju nowego produktu i rozwoju nowych modeli biznesowych modyfikujących - w rezultacie ich implementacji – procesy wytwórcze i zarządcze w firmach. Uwzględniając dominujące światowe trendy wynikające z rozwoju mediów społecznościowych i sposobów komunikacji, zmiany metod pracy i sposobu kreowania innowacji, a także dążeniu do zrównoważonego rozwoju, **moje badania ukierunkowałam na opracowanie nowych modeli rozwoju produktu i nowych modeli biznesowych, które oparte są na paradygmacie otwartych innowacji (w szczególności otwartych innowacji 2.0 – *crowdsourcing*, *crowdfunding*) i ekonomii współdzielenia. W obszarze zaawansowanych technologii wytwórczych jest nadal mało popularne i dość trudne.**

5.3.3. ON2: Cel naukowy

W dyscyplinie inżynierii mechanicznej można zauważyć lukę badawczą, która odnosi się **braku koncepcji i modeli implementacji rozwiązań opartych na podejściu otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia w zaawansowanych technologiach wytwórczych** [7]. Produkty i usługi bazujące na zasadach otwartych innowacji (w szczególności **crowdsourcingu** i jego czterech odmianach, tj. (1) **crowd wisdom**, w której zbiorowość dzieli się swoją wiedzą, (2) **crowd creation**, którą można zaobserwować, gdy firma zwraca się do klientów z prośbą o stworzenie lub współtworzenie produktu lub usługi, (3) **crowd voting**, która pozwala pozyskać informacje na podstawie ocen tłumu i (4) **crowdfunding**, czyli finansowanie społecznościowe) oraz na **ekonomii współdzielenia** (zasobów, wiedzy, etc.) są popularne w komercyjnych zastosowaniach, zaś w obszarze zaawansowanych technologii wytwórczych stanowią rzadkość. Dla zwiększenia innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych konieczne jest m.in. opracowanie sposobu wdrożenia procesu społecznościowego rozwoju produktu. Badania skoncentrowane na tym zagadnieniu mają na celu identyfikację i analizę kluczowych aspektów procesu społecznościowego zaangażowania w procesie projektowania i rozwoju nowych produktów, a także opracowanie praktycznych narzędzi, strategii i ram koncepcyjnych umożliwiających skuteczne wdrożenie tej koncepcji. Poprzez integrację społecznościowego podejścia w zaawansowanych technologiach wytwórczych, badania te dążą do zwiększenia innowacyjności i efektywności procesu projektowania i wytwarzania oraz zaspokojenia rzeczywistych potrzeb i oczekiwań użytkowników, przy jednoczesnym uwzględnieniu aspektów zrównoważonego rozwoju. **Luka badawcza w literaturze dotycząca rozwiązań opartych na podejściu otwartych innowacji oraz ekonomii współdzielenia w zaawansowanych technologiach wytwórczych obejmuje kilka istotnych obszarów.**

Po pierwsze, brak jest badań odnoszących się do wykorzystania crowdsourcingu opartego na grywalizacji w rozwoju nowych produktów [118]. Ten obszar, będący potencjalnym źródłem innowacji, wymaga szczegółowej analizy i zrozumienia, jak taka forma współpracy może być skutecznie wdrożona w kontekście zaawansowanych technologii wytwórczych. Warto również dodać, że przed 2016 r. moje badania literaturowe wskazały, że w polskiej literaturze przedmiotu brakuje definicji pojęcia społecznościowego rozwoju produktu, co zostało uzupełnione publikacją Rosienkiewicz i Helman „Społecznościowy rozwój produktu - studium przypadku” [5]. Po drugie, istnieje potrzeba identyfikacji wyzwań związanych z podnoszeniem innowacyjności przedsiębiorstw, a także analizy i oceny działań wspierających firmy w procesie transformacji. Brak badań nad implementacją ekonomii współdzielenia w zaawansowanych technologiach wytwórczych wskazuje na potrzebę dalszych analiz tego obszaru i opracowania nowych rozwiązań dla zwiększenia efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń produkcyjnych [119].

Dodatkowo, istnieje potrzeba badania procesu transformacji przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia, a tym samym przedsiębiorstwa przyszłości. W tym kontekście ważne jest zidentyfikowanie wyzwań oraz opracowanie strategii umożliwiającej tę transformację, zwłaszcza w obszarze zaawansowanych technologii wytwórczych. Warto również zauważyć, że badania realizowane przeze mnie w konsorcjum międzynarodowym (projekt SYNERGY) wskazują na brak meta platformy dedykowanej zaawansowanym technologiom wytwórczym, która jednocześnie wspierałaby kreowanie innowacji i nawiązywanie współpracy zgodnie z zasadami otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia, ze szczególnym uwzględnieniem dzielenia się infrastrukturą (*infrastructure sharing*).

Co więcej, istnieje potrzeba opracowania algorytmów wspierających przedsiębiorstwa kompleksowo w kilku obszarach jednocześnie, aby efektywnie realizować proces transformacji przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku przedsiębiorstwa przyszłości. Wszystkie te aspekty stanowią istotne wyzwania badawcze, których zrozumienie może przyczynić się do rozwinięcia skutecznych strategii dla przyszłości przedsiębiorstw w obszarze zaawansowanych technologii wytwórczych. Warto też zauważyć, że brakuje analizy sposobu, w jaki studenci, zwłaszcza z gospodarek wschodzących, postrzegają otwarte innowacje [120]. Ta grupa, będąca przyszłym kadrowym potencjałem dla przedsiębiorstw produkcyjnych, może znacząco wpłynąć na innowacyjność poprzez ukierunkowany na otwarte innowacje sposób myślenia i tworzenie start-upów. Konieczne jest zatem wprowadzanie w ich edukacji nowych modeli wspierania innowacyjności, aby w swojej karierze zawodowej przyczyniali się do poprawy innowacyjności w skali kraju. **Opisane w tej części wnioski prowadzą do zdefiniowania celu naukowego:**

w jaki sposób dokonać transformacji przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia?

Moje badania przedstawione w osiągnięciu nr 2 stanowią próbę odpowiedzi na to pytanie.

5.3.4. ON2: Opis kluczowych wyników

Osiągnięcie drugie, tj. „Opracowanie, implementacja i weryfikacja nowych - bazujących na koncepcji otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia - modeli wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z wykorzystaniem meta platformy SYNERGY”, zostało zrealizowane w ramach czterech projektów badawczych – SYNERGY, IDEATION, SMERF, DEETECHTIVE. Poniżej przedstawiam kluczowe rezultaty.

5.3.4.1. Projekt SYNERGY

PROJEKT SYNERGY: Synergic networking for innovativeness enhancement of Central European actors focused on high-tech industry, Central Europe Interreg, 2017-2020

Budżet projektu 1,8 mln EUR

7 partnerów z 6 krajów (Polska, Niemcy, Austria, Włochy, Chorwacja, Słowenia)

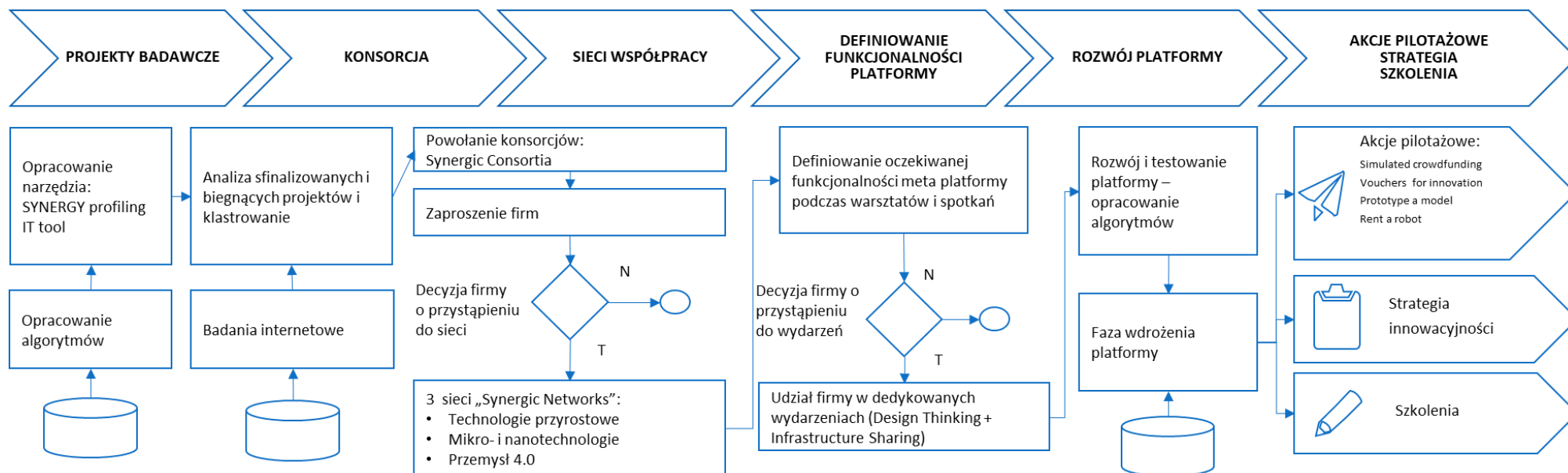
Konsorcjum:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. Karlsruhe Institute of Technology KIT, **Niemcy**
3. Technical University Chemnitz, Cluster of Excellence MERGE, **Niemcy**
4. Jožef Stefan Institute JSI, **Słowenia**
5. STEP RI - Science and Technology Park of the University of Rijeka, **Chorwacja**
6. CRIT Centre of Research and Technological Innovation s.r.l., **Włochy**
7. PROFACTOR GmbH, **Austria**

Głównym celem projektu **SYNERGY**, którego byłam inicjatorem i głównym pomysłodawcą, było zwiększenie innowacyjności w wybranych regionach Europy Środkowej poprzez wzmocnienie powiązań i współpracy międzynarodowej oraz stworzenie synergii pomiędzy takimi podmiotami, jak: instytucje naukowo-badawcze, firmy przemysłowe oraz instytucje publiczne w paradygmacie otwartych innowacji (*open innovation*). Projekt miał na celu opracowanie nowych, proinnowacyjnych rozwiązań – dla przemysłu, dla instytucji otoczenia biznesu i podmiotów regionalnych z sektora badań, działających w ramach 3 obszarów kluczowych projektu obejmujących:

- **TECHNOLOGIE PRZYROSTOWE** (w tym technologie laserowe, stereolitografia, SLM, SLS, FDM),
- **PROCESY I MATERIAŁY ZWIĄZANE Z MIKRO- I NANOTECHNOLOGIAMI** (w tym materiały wypełnione nanocząsteczkami, nowe nanomateriały, zarządzanie wiedzą i bazą danych dla mikro i nanotechnologii związane z procesami i materiałami, zagadnienia związane z bezpieczeństwem biologicznym i nanobezpieczeństwem),
- **PRZEMYSŁ 4.0** (w tym zdecentralizowana lub zindywidualizowana produkcja, digitalizacja, sztuczna inteligencja, systemy wspomagania produkcji, panele sterownicze HMI, produkty dostosowane do potrzeb klienta).

– umożliwiającą wymianę zasobów, nawiązywanie współpracy i wspierających innowacyjne inicjatywy w Europie Środkowej. Schemat obrazujący model wspierania transformacji przedsiębiorstw oparty na otwartych innowacjach i ekonomii współdzielenia opracowany i testowany w ramach projektu SYNERGY przedstawiono na Rys. 25.



Rys. 25 Model wspierania transformacji przedsiębiorstw oparty na otwartych innowacjach i ekonomii współdzielenia; oprac. własne

Byłam nie tylko głównym inicjatorem powstania tego projektu i współautorem wniosku aplikacyjnego, ale również kierownikiem zadania roboczego (*Work Package 3 „Synergic Crowd Innovation Platform”*) oraz głównym wykonawcą zaangażowanym w realizację wszystkich zadań projektowych. Do kluczowych rezultatów SYNERGY, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi można zaliczyć:

- Międzynarodową analizę istniejących platform wspierających rozwiązania bazujące na filarach otwartych innowacji (OI) i w szczególności OI 2.0 (open innovation 2.0), czyli opartych na m.in. crowdsourcingu, crowdfundingu, microworkingu. Przed rozpoczęciem badań opracowano metodykę ich prowadzenia oraz postawiono hipotezę, iż nie istnieją platformy kompleksowe, które w pełni zaspokajają potrzeby użytkowników zaangażowanych w działania podejmowane w ramach *open innovation 2.0*. W wyniku przeprowadzonych badań opracowano ekspertyzę zawierającą kluczowe charakterystyki poszczególnych platform, w szczególności ich mocne i słabe strony, grupy docelowe i typy przedsiębiorstw, dla których dedykowane są poszczególne platformy, etc. Postawiona hipoteza została potwierdzona.

- **Opracowanie inteligentnego, bazującego na teorii grafów, narzędzia IT do klastrowania projektów badawczych SYNPRO profiling tool (<https://synpro.e-science.pl>).** Pozwala ono danemu przedsiębiorstwu znaleźć partnera biznesowego (lub grupę partnerów), który będzie dopasowany pod kątem kompetencji zweryfikowanych na podstawie zrealizowanych projektów. Wspiera także budowanie klastrów i konsorcjów. Narzędzie to w pierwszym kroku mapuje projekty i organizacje, a na następnie za pomocą wbudowanych algorytmów generuje konsorcja na podstawie cech podobieństwa. Jednocześnie pozwala wyszukać partnera biznesowego za pomocą analizy szeregu cech.
- **Opracowanie modeli procesów crowdfunding'u, crowdsourcing'u, microworking'u za pomocą notacji ISO 19510 (Business Process Model and Notation) na potrzeby rozwoju platformy Synergic Crowd Innovation Platform w ramach projektu SYNERGY,** a następnie opracowanie całościowego modelu funkcjonalności platformy Synergic Crowd Innovation Platform – SYNERGY, co obejmowało prace koncepcyjne, definiowanie i modelowanie wybranych funkcji, weryfikację wersji testowej i wprowadzanie danych do systemu. W wyniku tych prac opracowano koncepcję międzynarodowej platformy internetowej, która swoją funkcjonalnością w założeniu miała obejmować kompleksowo obszary związane z OI 2.0, a tym samym kompleksowo wyczerpywać potrzeby użytkowników zaangażowanych w działania z nimi związane.
- **Opracowanie modeli, a następnie wdrożenie i przetestowanie prototypów nowych usług wspierających powstawanie innowacji w paradygmacie otwartych innowacji w przedsiębiorstwach wytwórczych,** a w szczególności innowacji społecznościowych. Koncepcja tych usług zakładała, iż będą one w pełni transferowalne oraz możliwe do zastosowania w różnych krajach. Z tego względu prace naukowe nad wdrażaniem i testowaniem nowych usług proinnowacyjnych miały ogromne znaczenie nie tylko dla innowacyjności Polski, ale także innych krajów, a tym samym przekładają się na wzmocnienie współpracy międzynarodowej w zakresie nauki i techniki. Proinnowacyjne nowe usługi podzielono na 4 kategorie:
 - 1 *Crowdsourcing* (Społecznościowy rozwój produktu, Dzielenie się wiedzą w projektach badawczych i innowacyjnych),
 - 2 *Microworking* (Wyzwania przemysłowe, Innowacje społecznościowe dla firm),
 - 3 *Crowdfunding* (Crowdfunding na projekty badawcze),
 - 4 Wymiana zasobów (Infrastructure sharing - Dzielenie się infrastrukturą, Wymiana kompetencji).

W szczególności należy podkreślić opracowanie innowacyjnego modelu dzielenia się infrastrukturą opartego na zasadach Ekonomii Współdzielenia, który dedykowany jest przede wszystkim przedsiębiorstwom produkcyjnym, ale także instytucjom badawczym i uczelniom oraz instytucjom otoczenia biznesu. W ramach prac badawczo-rozwojowych opracowano funkcjonalność *Infrastructure Sharing*, która została przetestowana w środowisku operacyjnym, a w kolejnych projektach (IDEATION, DEETECHTIVE) zwalidowana i jest aktualnie użytkowana przez różne instytucje międzynarodowe. Udostępnianie infrastruktury oferuje możliwość testowania infrastruktury / technologii oraz daje możliwość lepszego wykorzystania i komercjalizacji technologii. Do zalet opracowanego rozwiązania zaliczyć można m.in. promowanie posiadanych technologii i kompetencji w środowisku międzynarodowym, zwiększenie wykorzystania własnej infrastruktury, obniżenie kosztów poprzez współdzielenie infrastruktury, zwiększenie obrotów dzięki łatwiejszej decyzji

inwestycyjnej dla firm, pozyskiwaniu nowych partnerów i klientów, a także przetestowanie nowego modelu biznesowego wspierającego rozwój środowiska otwartych innowacji i zrównoważonej produkcji. Z kolei dla małych firm lub start-upów redukuje barierę wejścia na rynek wynikającą z braku zaawansowanej technologicznie infrastruktury (z reguły niezwykle kosztochłonnej).

- Dla każdego z prototypów proinnowacyjnych usług zdefiniowano grupy docelowe dla fazy walidacji oraz implementacji tych rozwiązań. Na podstawie zdefiniowanych prototypów nowych usług na poziomie regionalnym krajów partnerskich zaplanowano koncepcję ich transformacji do wymagań współpracy na poziomie międzynarodowym. Prototypy tych usług zostały wdrożone i przetestowane poprzez szereg akcji pilotażowych:
 - Symulowany *crowdfunding*,
 - Bony na projekty badawcze / innowacyjne,
 - Dzielenie się infrastrukturą: *Rent-A-Robot*,
 - *Crowd innovation* dla firm,
 - Bony na opracowanie rozwiązania dla wybranych projektów badawczych,
 - Zaprojektowanie i opracowanie prototypu modelu – *House of the future*.
- Na podstawie opracowanej koncepcji projektowej przystąpiono **do zaprojektowania, budowy i implementacji platformy internetowej Synergic Crowd Innovation Platform – SYNERGY** (<https://synergyplatform.pwr.edu.pl/>). Przeprowadzono testy i demonstrację technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego w otoczeniu regionalnym (TRL 5-6) a następnie przeprowadzono demonstrację prototypu systemu w otoczeniu operacyjnym (TRL 7). Następnie zakończono badania i demonstrację ostatecznej formy technologii przez wszystkich partnerów projektu w skali międzynarodowej (TRL 8).
- Do jednego z ważniejszych wyników projektu należy również **opracowanie Strategii Innowacji Społecznościowych**, która stanowi drogowskaz umożliwiający kształtowanie warunków budowania dobrze funkcjonującego systemu otwartych innowacji w międzynarodowym obszarze projektu oraz wynikającego z niej planu działań dla sieci współpracy podmiotów z różnych sfer – nauki, przemysłu, instytucji otoczenia biznesu. Opracowana w ramach projektu Strategia ma na celu zagwarantowanie rozwoju i rozpowszechnienia inicjatyw w zakresie innowacji społecznościowych, najlepszych praktyk i narzędzi, w tym platform, takich jak platforma SYNERGY, oraz działań pilotażowych wprowadzonych w ramach projektu SYNERGY. Wreszcie przyjęcie tej Strategii przez instytucje środkowoeuropejskie przyniesie korzyści wszystkim zainteresowanym podmiotom dzięki stworzonym przez nią ponadnarodowym sieciom i możliwościom współpracy. Przyczyni się to do wzmocnienia wspólnej europejskiej przestrzeni wiedzy i doskonałości przemysłowej oraz do zwiększenia konkurencyjności europejskiej i regionalnej. Ostatecznie ta Strategia na rzecz innowacji społecznościowych pozwala na znaczne rozpowszechnienie inicjatyw w zakresie otwartych innowacji na poziomie regionalnym oraz do wzmocnienia wspólnej europejskiej przestrzeni wiedzy i doskonałości przemysłowej, która charakteryzuje regiony Europy Środkowej.

5.3.4.2. Projekt IDEATION

W kolejnym etapie badań nad modelami i metodami wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych opartych na paradygmacie otwartych innowacji i ekonomii

współdzielenia należało zwalidować w pełni gotowy produkt jakim stała się platforma SYNERGY i przetestować go przez niezależnych użytkowników aby platforma osiągnęła pełną gotowość technologiczną (TRL 9). Dzięki dwóm stypendiom z programu Erasmus nawiązałam współpracę z uczelniami spoza Europy Środkowej. W 2017 r. odbyłam wizytę na zaproszenie profesora Jorge Martina Gutierrez do Univeridad de La Laguna (Hiszpania), a w 2019 r. na zaproszenie profesora Arriela Benisa do Holon Institute of Technology (Izrael). Nawiązana współpraca w ramach tych stypendiów zaowocowała złożeniem kolejnego wniosku aplikacyjnego na międzynarodowy projekt IDEATION. Otrzymanie finansowania z EIT MANUFACTURING na te badania pozwoliło mi kontynuować pracę nad walidacją opracowanego modelu wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych z wykorzystaniem meta platformy SYNERGY, a także nad opracowaniem nowych mechanizmów i algorytmów.

Byłam głównym inicjatorem powstania projektu IDEATION jak również współautorem wniosku aplikacyjnego i kierownikiem zadania roboczego (*Work Package 3 Crowdsourcing and Crowdfunding for development innovations and businesses*), a także głównym wykonawcą zaangażowanym w realizację wszystkich zadań projektowych.

PROJEKT IDEATION: Innovation and entrepreneurship actions and trainings for higher education, KIC – EIT MANUFACTURING, 2022-2024

Budżet projektu 1,2 mln EUR

5 partnerów z 5 krajów (Polska, Niemcy, Izrael, Hiszpania, Włochy)

Konsorcjum:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. **Holon Institute of Technology, Izrael**
3. **Univeridad de La Laguna, Hiszpania**
4. **CRIT Centre of Research and Technological Innovation, Włochy**
5. **FIR at RWTH Aachen University, Niemcy**

Nadrzędnym celem projektu było przede wszystkim opracowanie **głównego modelu wsparcia innowacyjności IDEATION**, który bazował na 6 głównych działaniach⁵:

- 7) **Digital access to infrastructure,**
- 8) **Knowledge Triangle Networks,**
- 9) **Crowd Innovation,**
- 10) **Testing crowdfunding opportunities,**
- 11) **Pre Incubation Program GROW-up TECH,**
- 12) **International Open Innovation Training IDEA-up.**

Poprzez realizację tych działań zaplanowano m.in.:

- wsparcie 9 start-upów/scale-upów,
- przeszkolenie z opracowanych w ramach projektu rozwiązań 1140 osób,
- mentorowanie w zakresie rozwoju nowego produktu lub usługi 98 osób,
- uruchomienie łącznie 62 kampanii crowdfundingowych, wyzwań innowacyjnych, współdzielenia infrastruktury,
- nawiązanie 3 nowych partnerstw,
- założenie 4 nowych firm zorientowanych technologicznie.

Do kluczowych rezultatów IDEATION, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi można zaliczyć:

⁵ Przedstawiam ich nazwy w oryginale traktując jako nazwy własne

Opracowanie modelu dzielenia się infrastrukturą badawczą w międzynarodowym środowisku, który umożliwia zdalny dostęp (np. w celu sterowania znajdującymi się tam robotami) do zaawansowanych technologicznie laboratoriów z dowolnego miejsca na świecie. Model ten, wsparty opracowaną w ramach projektu SYNERGY funkcjonalnością meta platformy SYNERGY, został wdrożony i przetestowany (Rys. 26). Jego stosowanie umożliwia cyfrowe otwieranie zasobów, podnoszenie świadomości, wspieranie dostępu do kompetencji i infrastruktury poprzez nowy format usług cyfrowych oraz wdrażanie modelu dzielenia się infrastrukturą zaawansowaną technologicznie wśród przedsiębiorstw i uczelni wyższych.

Opracowanie nowego formatu wydarzeń „Tech Dates”, które pozwalają na nawiązywanie i wzmacnianie partnerstw w ramach trójkąta wiedzy poprzez tworzenie przestrzeni do nawiązania nowych sieci współpracy. Ich organizacja jest wspierana przez opracowaną w ramach projektu SYNERGY funkcjonalnością meta platformy SYNERGY (SYNPRO profiling tool) (Rys. 26).

Zwalidowanie opracowanego w projekcie SYNERGY modelu wspierania innowacyjności (opartego na otwartych innowacjach i ekonomii współdzielenia) poprzez opracowanie serii wyzwań innowacyjnych na zasadzie crowdsourcingu oraz kampanii crowdfundingowych. Utworzone wyzwania i kampanie dotyczyły w większości opracowania nowych produktów zaawansowanych technologicznie i pokazują bezpośrednio jak można zgodnie z tym modelem przyspieszyć proces kreowania innowacji w przedsiębiorstwach, na uczelniach i otaczających ich ekosystemach.

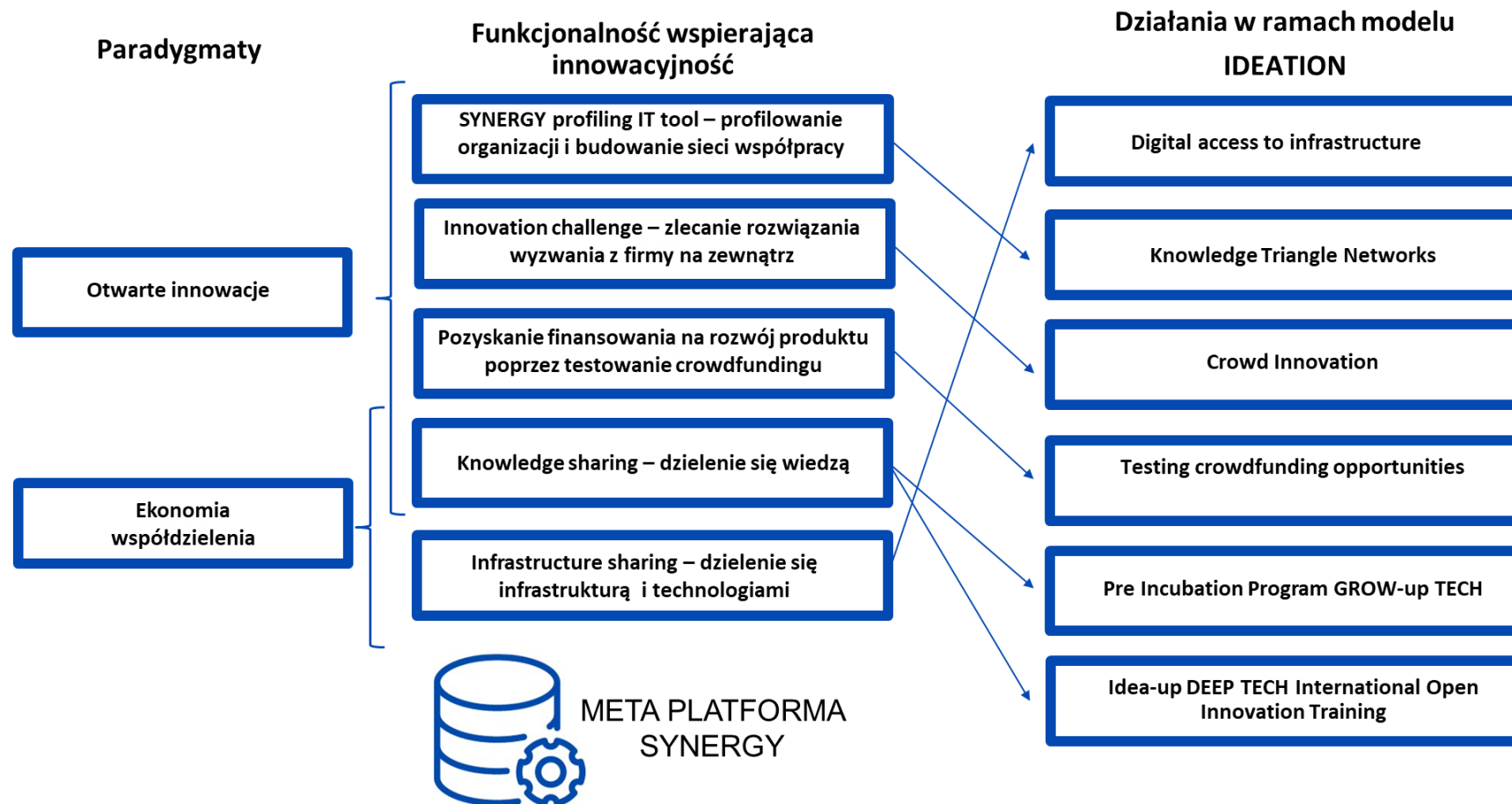
Opracowanie platformy i nowego modelu otwartego szkolenia, które poszerzyły istniejącą funkcjonalność meta platformy SYNERGY (Rys. 26). Zdalne szkolenie International Open Innovation Training IDEA-up, którego model został opracowany w projekcie IDEATION skoncentrowane jest na podnoszeniu kompetencji związanych z przedsiębiorczością, innowacyjnością (w szczególności otwarte innowacje) i społecznym rozwojem produktu w zaawansowanych technologiach wytwórczych. Składa się z 3 głównych modułów⁶:

- Moduł 1 – Innovation & Entrepreneurship (12 wykładów),
- Moduł 2 – Open Innovation (7 wykładów),
- Moduł 3 – Social Product Development (4 wykłady).

Jego uzupełnieniem było opracowanie i wdrożenie modelu programu preinkubacyjnego „GROW-up TECH”, który bezpośrednio umożliwia generowanie innowacji poprzez zakładanie firm typu start-up w obszarach zaawansowanych technologicznie.

Grow-up tech i Idea-up, będące urzeczywistnieniem koncepcji *knowledge sharing*, podnoszą jakość innowacji i wspierają edukację w zakresie przedsiębiorczości. Pokazują uczestnikom nową ścieżkę rozwoju, która jest alternatywą dla kariery w korporacji. Stwarzają bezpośrednie warunki do kreowania zaawansowanych technologicznie innowacji. Zależności pomiędzy wspierającą innowacyjność funkcjonalnością platformy SYNERGY a działaniami w ramach modelu IDEATION zobrazowano na (Rys. 26).

⁶ Przedstawiam ich nazwy w oryginale traktując jako nazwy własne



Rys. 26 Schemat prezentujący zależności pomiędzy wspierającą innowacyjność funkcjonalnością platformy SYNERGY a działaniami w ramach modelu IDEATION ; oprac. własne

5.3.4.3. Projekt SMERF

Badania nad modelami wspierania innowacyjności i transformacji przedsiębiorstw wytwórczych, które prowadziłam w ramach projektów SYNERGY i IDEATION, pozwoliły wskazać te najbardziej skuteczne rozwiązania oraz zidentyfikować obszary, które wymagają dalszych badań. Niniejsze rezultaty doprowadziły do złożenia dwóch kolejnych wniosków aplikacyjnych – SMERF i DEETECHTIVE, które uzyskały finansowanie. Tym samym otrzymałam możliwość kontynuacji prowadzenia badań w tym obszarze.

PROJEKT SMERF⁷: SME Ready for Future, Central Europe Interreg, 2023-2026

Budżet projektu 2,5 mln EUR

8 partnerów z 7 krajów (Polska, Niemcy, Austria, Włochy, Chorwacja, Węgry, Słowacja)

Konsorcjum:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. Karlsruhe Institute of Technology KIT, **Niemcy**
3. University of Genoa UNIGE, **Włochy**
4. Technical University of Kosice TUKE, **Słowacja**
5. Business Upper Austria Biz-Up, **Austria**
6. Center of Research and Technologic Innovation s.r.l. CRIT, **Włochy**
7. Pannon Business Network Association PBN, **Węgry**
8. STEP RI Science and Technology Park of the University of Rijeka, **Chorwacja**.

Projekt **SMERF: SME Ready for Future**, czyli „Małe i średnie przedsiębiorstwa gotowe na przyszłość”, koncentruje się na opracowaniu modeli i narzędzi umożliwiających efektywne wspieranie transformacji MŚP o niskim i średnim poziomie zaawansowania technologicznego w kierunku gotowości na wyzwania przyszłości. Ponadto projekt ma na celu opracowanie nowych modeli usług dla uczelni wyższych i wspierających innowacyjność instytucji otoczenia biznesu (*innomediaries*), które pozwolą następnie zwiększyć ich kompetencje i jednocześnie będą wspierać MŚP na drodze transformacji. **W tym projekcie byłam pomysłodawcą i współautorem wniosku aplikacyjnego, a także pełnię rolę kierownika zadania roboczego (Work Package 3 Innovation ecosystem development - support for SMEs), liderem Filaru II projektu (Zdigitalizowane wytwarzanie) oraz głównym wykonawcą zaangażowanym w realizację wszystkich zadań projektowych. Głównym celem projektu SMERF jest przeprowadzanie badań nad rozwojem modeli, narzędzi oraz usług wspierających transformację MŚP w czterech filarach, które przedstawiono na poniższym rysunku (Rys. 27). Projekt ten jest realizowany przez konsorcjum składające się z czterech uczelni wyższych z Polski, Niemiec, Włoch i Słowacji oraz czterech instytucji otoczenia biznesu - z Austrii, Węgier, Chorwacji i Włoch. Struktura projektu składa się z 3 głównych zadań (*work packages* WP):**

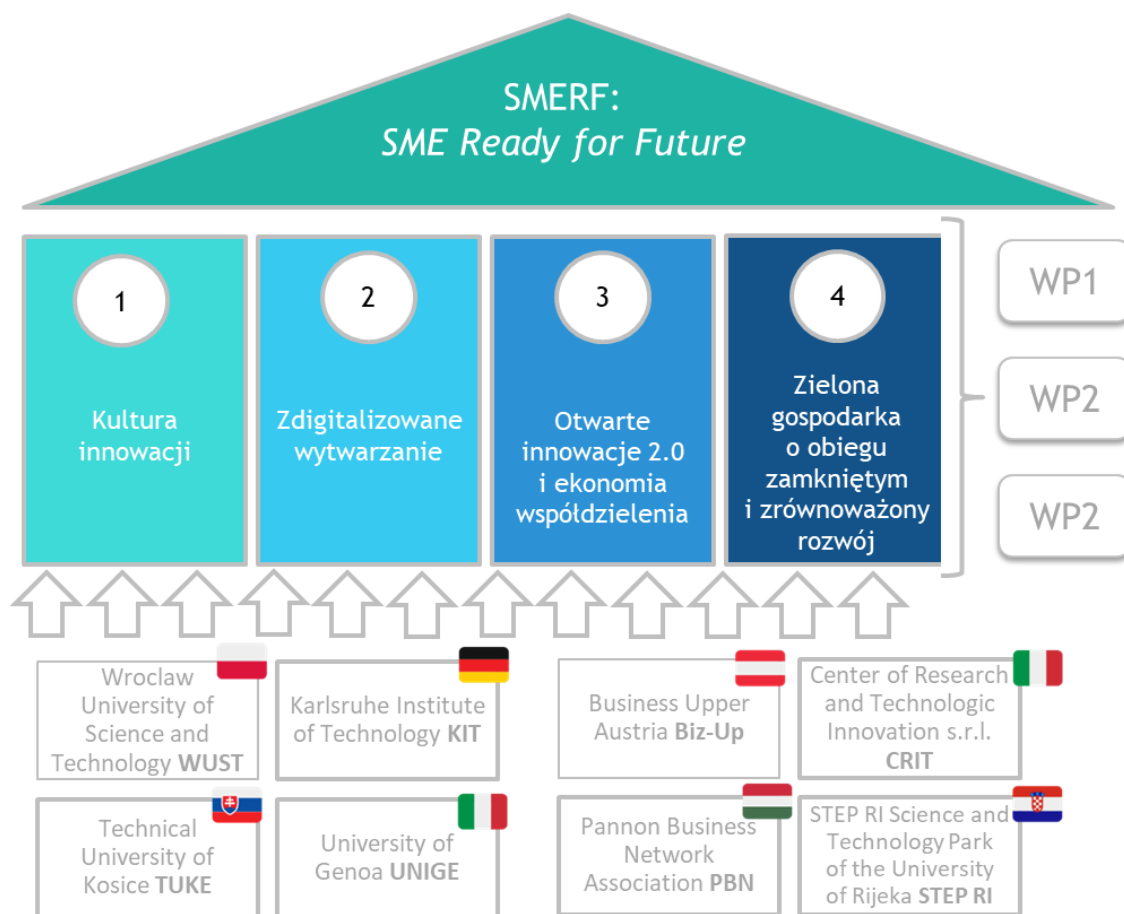
- WP1:** Opracowanie koncepcji procesu transformacji od MŚP (SME) do MŚP gotowych na wyzwania przyszłości (SMERF)
- WP2:** Badanie przedsiębiorstw według modelu SMERF: MŚP gotowe na wyzwania przyszłości,
- WP3:** Rozwój ekosystemu innowacji – wsparcie dla MŚP.

Każde z trzech wymienionych wyżej zadań będzie obejmowało badania i działania w **czterech filarach badawczych projektu**, to jest:

- 1) **Kultura innowacji,**
- 2) **Zdigitalizowane wytwarzanie,**

⁷ <https://pwr.edu.pl/uczelnia/aktualnosci/naukowcy-dla-msp--ruszyl-projekt--ktory-wesprze-firmy-we-wdrazaniu-innowacji-i-zrownowazonego-rozwoju-13067.html>

- 3) Otwarte innowacje 2.0 i ekonomia współdzielenia,
- 4) Zielona gospodarka o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój.



Rys. 27 Schemat struktury projektu SMERF; oprac. własne

Niniejsze filary zostały wskazane w wyniku dotychczasowych badań prowadzonych przez konsorcjantów jako kluczowe dla efektywnej transformacji MŚP w przedsiębiorstwo przyszłości.

Nadrzędne cele badawcze projektu obejmują:

- Opracowanie koncepcji procesu transformacji MŚP gotowych na wyzwania przyszłości,
- Badanie przedsiębiorstw według modelu SMERF: MŚP gotowe na wyzwania przyszłości,
- Rozwój ekosystemu innowacji – wsparcie dla MŚP w zakresie transformacji przyszłości.

Aby zrealizować wymienione wyżej cele badawcze projekt zakładał opracowanie:

- bazy wiedzy „Inspiration Knowledge Base”** dla czterech kluczowych filarów projektu, która pozwoli na zdefiniowanie czynników i najlepszych praktyk wpływających na transformację małych i średnich przedsiębiorstw w kierunku MŚP gotowych na wyzwania przyszłości (SMERF) oraz istniejących rozwiązań oraz przykładów implementacji elementów transformacji “gotowości na przyszłość”,
- strategii SMERF** i plan działań SMERF,
- innowacyjnej metodyki prowadzenia audytu dla MŚP** gotowych na wyzwania przyszłości – określi ona zakresu audytu, metodę i system pomiarowy definiujący stopień zaawansowania MŚP w 4 filarach,

- **narzędzia badawczego SMERF Diagnosis Tool** w celu generowania scenariuszy transformacji, które zostaną następnie przetestowane i zweryfikowane na podstawie badania **co najmniej 160 MŚP**,
- metodyki wyłonienia uczestników badania pilotażowego i użytkowników narzędzia badawczego SMERF Diagnosis Tool,
- **wzorca szkolenia** dla pracowników naukowych oraz instytucji otoczenia biznesu, które następnie zostaną przetestowane i zwalidowane w ramach badania, w którym weźmie udział **co najmniej 80 uczestników**.
- **indywidualnego programu wsparcia** dla przedsiębiorstw według modelu SMERF dla **co najmniej 24 MŚP** oparty na mentoringu i konsultacjach eksperckich oraz 20 rodzajach usług "new-in-region" – innowacyjnych na poziomie regionalnym,
- koncepcji **16 wizyt studyjnych** w ramach programu *InnoGreen market*,
- programu **4 webinarów, 16 szkoleń i warsztat** dla MŚP, uczelni, IOB i władz regionalnych,
- podręcznika SMERF.

Ponadto prowadzone będą badania eksploracyjne nad aktualnymi politykami dotyczącymi regionalnych systemów innowacji oraz nad możliwością transferu najlepszych praktyk i polityk z bardziej innowacyjnych regionów partnerskich do tych mniej innowacyjnych. Pozwoli to na opracowanie, a następnie empiryczną weryfikację metody transferu najlepszych praktyk z bardziej innowacyjnych regionów partnerskich do pozostałych.

Model SMERF, który zostanie opracowany i zweryfikowany w ramach niniejszego projektu w swoim założeniu ma pomóc przedsiębiorstwom w skutecznym przekształcaniu i przyjmowaniu innowacyjnych podejść. W ramach badań międzyregionalnych realizowanych w 7 krajach biorących udział w projekcie, będą prowadzone analizy nad:

- tworzeniem kultury organizacyjnej sprzyjającej innowacyjności (często niedocenianej w MŚP),
- przyspieszeniem lub wprowadzeniem cyfryzacji w produkcji,
- wzmacnianiem organizacji w celu otwierania się na zewnątrz i zachęcanie ich do korzystania z narzędzi i metod Open Innovation 2.0,
- wdrażaniem rozwiązań i najlepszych praktyk zgodnych z Europejskim Zielonym Ładem (*European Green Deal*) i GOZ.

Zaplanowane badania, które realizowane będą w ramach niniejszego projektu prowadzone będą w następujących regionach: na Dolnym Śląsku (PL), Górnej Austrii (AT), Emilii-Romanii (IT), Badenii-Wirtembergii (DE), Nyugat-Dunántúl (HU), Jadranska Hrvatska (HR), Ligurii (IT), Východné Slovensko (SK).

Do kluczowych rezultatów SMERF, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi pełniąc rolę kierownikiem zadania roboczego (Work Package 3 Innovation ecosystem development - support for SMEs) i lidera filaru II Zdigitalizowane wytwarzanie, można zaliczyć:

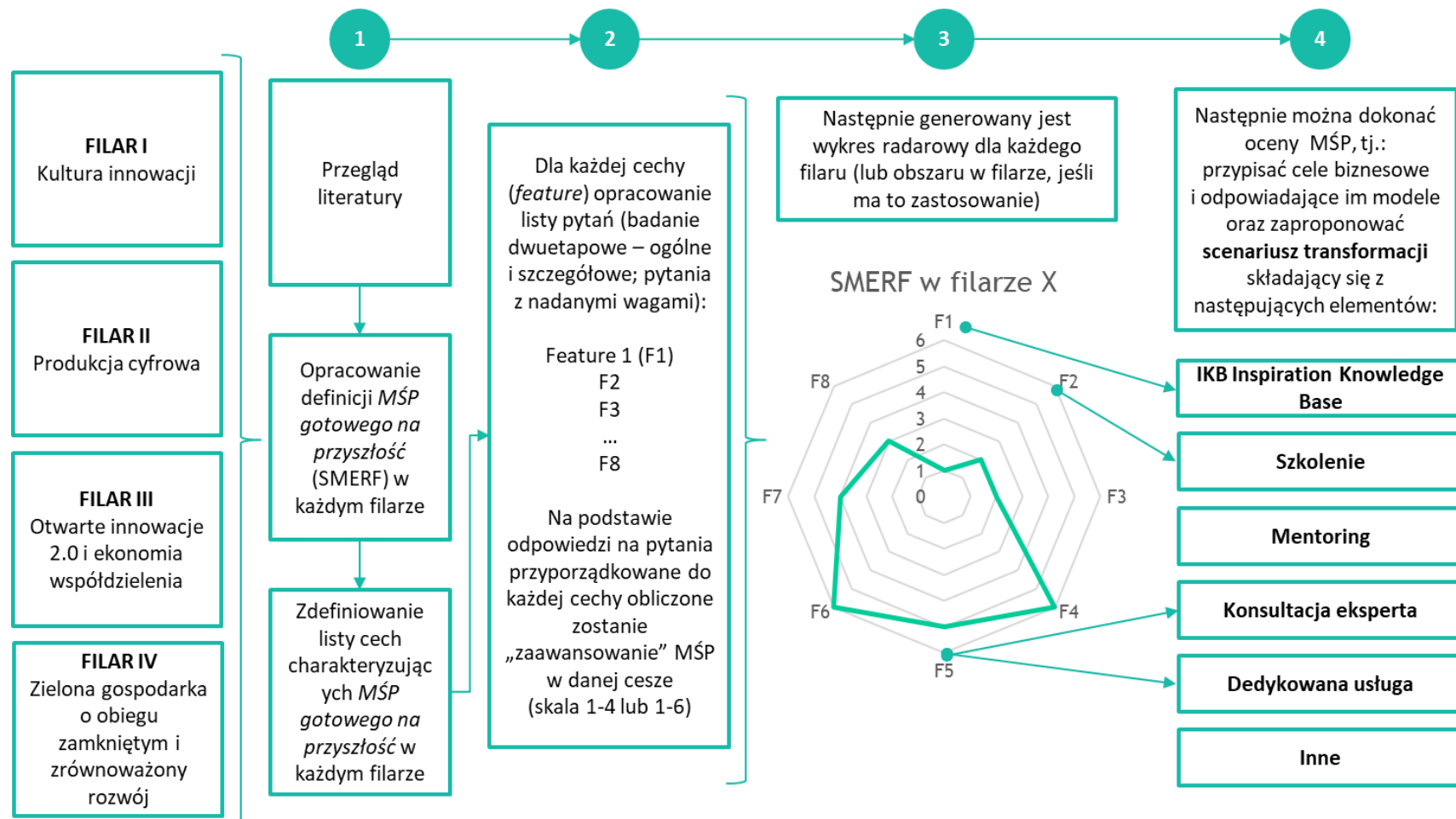
- **Opracowanie koncepcji metodyki badań** obejmujących:
 - **przegląd literatury** w 4 filarach projektu: (1) Kultura innowacji, (2) Produkcja cyfrowa, (3) Otwarte innowacje 2.0 i ekonomia współdzielenia, (4) Zielona gospodarka o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój,
 - **opracowanie definicji i charakterystyki MŚP gotowego na przyszłość (SME Ready for Future SMERF)** w każdym filarze,

- **zdefiniowanie listy cech charakteryzujących MŚP gotowego na przyszłość** w każdym filarze,
- **opracowanie listy pytań, która zostanie w budowana narzędzie badawcze SMERF Diagnosis Tool (SDT)** i posłuży do oceny i zmierzenia zaawansowania MŚP w danej cesze.

W ramach tego zadania zaproponowałam metodykę badawczą dla całego konsorcjum, a następnie objęłam stanowisko kierownika filaru II, w ramach którego zarządzałam pracami zespołu badawczego.

- **Opracowanie bazy wiedzy Inspiration Knowledge Base IKB** dla czterech kluczowych filarów projektu, która pozwoli na zdefiniowanie czynników i najlepszych praktyk wpływających na transformację małych i średnich przedsiębiorstw w kierunku MŚP gotowych na wyzwania przyszłości (SMERF) oraz istniejących rozwiązań oraz przykładów implementacji elementów transformacji „gotowości na przyszłość”. Następnie IKB zostanie włączona w SDT podczas generowania scenariuszy transformacji dla przedsiębiorstw produkcyjnych. Jednocześnie funkcjonalność IKB została włączona do meta platformy SYNERGY jako kolejne narzędzie wspierające innowacyjność przedsiębiorstw produkcyjnych.
- **Opracowanie modelu koncepcyjnego SMERF Diagnosis Tool:**

Na Rys. 28 przedstawiłam opracowany przeze mnie **schemat metodyki prowadzącej do rozwoju narzędzia badawczego SMERF Diagnosis Tool**. Stanowi on jednocześnie pierwszą wersję modelu koncepcyjnego SMERF Diagnosis Tool, który po dopracowaniu stanie się bazą do opracowania modelu funkcjonalnego. Zgodnie z opisaną wyżej metodyką badań, w każdym z czterech filarów projektu przeprowadzony został przegląd literatury w celu zdefiniowania MŚP gotowego na przyszłość (SME Ready for Future SMERF). W tym etapie badań byłam odpowiedzialna, jako lider filaru III, za prace międzynarodowego zespołu roboczego „Otwarte innowacje 2.0 i ekonomia współdzielenia”. Po opracowaniu czterech definicji MŚP gotowego na przyszłość (odpowiednio dla filaru I Kultura innowacji, II Produkcja cyfrowa, III Otwarte innowacje 2.0 i ekonomia współdzielenia, IV Zielona gospodarka o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój), zgodnie z koncepcją przedstawioną na Rys. 28 należy zdefiniować listę cech charakteryzujących MŚP gotowe na przyszłość w każdym filarze. Dla każdej cechy (*feature*) F1, F2, ...F8 opracowana będzie dedykowana lista pytań (założyłam badanie dwuetapowe – ogólne w pierwszym kroku badania i bardziej szczegółowe w drugim). Wszystkie pytania będą miały nadane stosowne wagi tak aby odpowiednio zmierzyć i ocenić stopień zaawansowania MŚP w danej cesze. Następnie zakłada się, że na podstawie odpowiedzi na pytania przyporządkowane do każdej cechy obliczone zostanie „zaawansowanie” MŚP w danej cesze (w skali 1-4 lub 1-6). W kolejnym kroku, w każdym filarze, dla którego przedsiębiorstwo udzieliło odpowiedzi, generowany będzie wykres radarowy (lub obszar w filarze, gdyż niektóre filary mają więcej niż jeden obszar). Rezultaty przedstawione na tym wykresie staną się podstawą dokonania oceny zaawansowania MŚP. W tym kroku przypisane zostaną – nadające kierunek transformacji przedsiębiorstwa – cele biznesowe zgodne z otrzymanym wynikiem. Wygenerowany zostanie także scenariusz transformacji, który będzie zawierał w sobie rekomendowane modele biznesowe (zgodne z określonymi wcześniej celami) oraz stosowne do wyniku wsparcie w procesie transformacji. Wsparcie to może składać się ze wskazania dedykowanych do sytuacji badanego przedsiębiorstwa studiów przypadków i najlepszych praktyk z Inspiration Knowledge Base, szkoleń, mentoringu i/lub konsultacji eksperckich, dedykowanych usług lub innych działań wspierających proces transformacji.



Rys. 28 Schemat metodyki prowadzącej do rozwoju narzędzia badawczego SMERF Diagnosis Tool; oprac. własne

Założono, że im mniej zaawansowane jest przedsiębiorstwo w danej cesze, tym mniej „zaawansowane” merytorycznie wsparcie jest konieczne. Przykładowo – jeśli dla danej cechy F1 wynik wyniesie 1 lub 2, wówczas proces transformacji powinien rozpocząć się od pozyskania stosownej wiedzy poprzez zapoznanie się z dedykowaną zawartością bazy wiedzy z Inspiration Knowledge Base oraz szkoleń. Z kolei jeśli wynik jest wyższy – na przykład 5, wówczas badana firma może otrzymać konsultację ekspercką lub dedykowaną usługę (finansowaną przez projekt SMERF).

5.3.4.4. Projekt DEETECHTIVE

Kolejny projekt umożliwiający mi kontynuację badań, których wyniki przedkładałam w ramach niniejszego osiągnięcia naukowego, to DEETECHTIVE. Jest on *de facto* kontynuacją projektu IDEATION. Wyjątkowo skuteczna współpraca z Holon Institute of Technology z Izraela zaowocowała pomysłem złożenia następnego wniosku aplikacyjnego z nieco zmienionym konsorcjum. Projekt ten uzyskał finansowanie z EIT RAW MATERIALS. W projekcie DEETECHTIVE założono, że wybrane rozwiązania, które zostały wypracowane w ramach IDEATION zostaną ulepszone i będą kontynuowane, a te mniej efektywne zastąpione zostaną nowymi. Główny nacisk tego projektu został położony na technologie Deep Tech, czyli [121]:

1. Advanced Computing / Quantum Computing
2. Advanced Manufacturing
3. Advanced Materials
4. Aerospace, Automotive and Remote Sensing
5. Artificial Intelligence and Machine Learning, including Big Data
6. Biotechnology and Life Sciences
7. Communications and Networks, including 5G
8. Cybersecurity and Data Protection
9. Electronics and Photonics
10. Internet of Things, W3C, Semantic Web
11. Robotics
12. Semiconductors (microchips)
13. Sustainable Energy and Clean Technologies
14. Virtual Reality, Augmented Reality, Metaverse
15. Web 3.0, including Blockchain, Distributed Ledgers, NFTs

W tym projekcie ponownie byłam głównym inicjatorem oraz współautorem wniosku aplikacyjnego i kierownikiem zadania roboczego (Work Package 3 Crowd Wisdom for Deep Tech), a także głównym wykonawcą zaangażowanym w realizację wszystkich zadań projektowych.

PROJEKT DEETECHTIVE: Deep Tech Talents - Innovation & Entrepreneurship Support, KIC – EIT RAW MATERIALS, 2023-2024

Budżet projektu 0,75 mln EUR

6 partnerów z 5 krajów (Polska, Izrael, Francja, Finlandia, Włochy)

Konsorcjum:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. **Holon Institute of Technology, Izrael**
3. **EPF School of Engineering, Francja**
4. **Centria University of Applied Sciences, Finlandia**
5. **University of Genova, Włochy**
6. **Institute of Technology Transfer, Polska**

Model wspierania innowacyjności DEETECHTIVE prezentuje unikalne podejście oparte na trzech głównych filarach:

1. Technologiach Deep Tech,
2. Otwartych Innowacjach,
3. Społecznościowym Rozwoju Produktu.

Wybór tych filarów nie jest przypadkowy, ale wynika z istotnych zmian w sposobie pracy, kreowania innowacji i nauki. Są one spowodowane nie tylko przez erę Przemysłu 4.0/5.0 i otaczającej nas rzeczywistości opartej na mediach społecznościowych, ale również ogromnym wpływem pandemii COVID-19 na sposób edukacji i codzienne podejście do pracy. Metodyka modelu wspierania innowacyjności jest zgodna z modelem innowacyjności pięciokrotnej helisy, który obejmuje uniwersytety, przemysł, rząd, społeczeństwo i środowisko. DEETECHTIVE widzi ścieżkę transformacji w kierunku przyszłości poprzez zwiększenie przedsiębiorczości i zdolności innowacyjnej poprzez otwartość (Open Innovation i Open Science) i ukierunkowanie się na technologie Deep Tech. Model DEETECHTIVE koncentruje się na 7 kluczowych działaniach⁸:

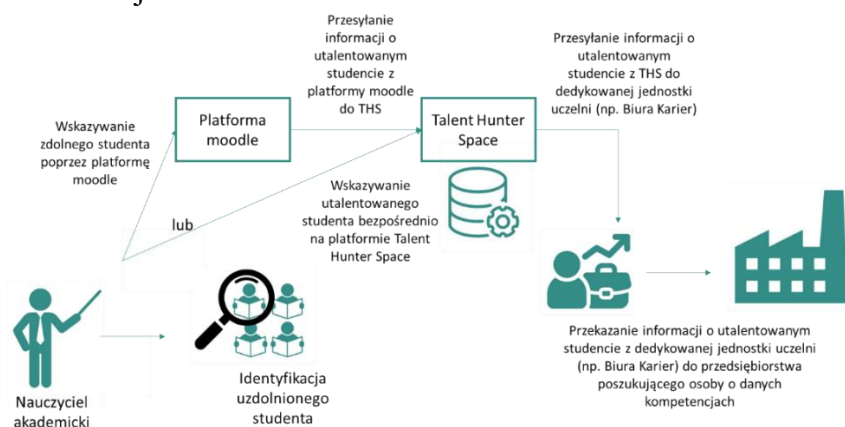
- 1) Talent Hunter Space,
- 2) Deep Tech Dates,
- 3) International Open Innovation Training: IDEA-up DEEP TECH,
- 4) Deep Tech innovation challenges,
- 5) Pre Incubation Mentoring Program: GROW-up TECH,
- 6) Start-up booster,
- 7) Knowledge hotspot.

Poprzez realizację tych działań zaplanowano m.in.:

- wsparcie 5 start-upów/scale-upów działających w technologiach Deep Tech,
- przeszkolenie z opracowanych w ramach projektu rozwiązań 989 osób,
- mentorowanie w zakresie technologii Deep Tech 153 osób,
- uruchomienie łącznie 16 wyzwań innowacyjnych nakierowanych na Deep Tech i uruchomienie platformy Talent Hunter Space,
- nawiązanie 3 nowych partnerstw,
- założenie 1 nowej firmy działającej w technologiach Deep Tech.

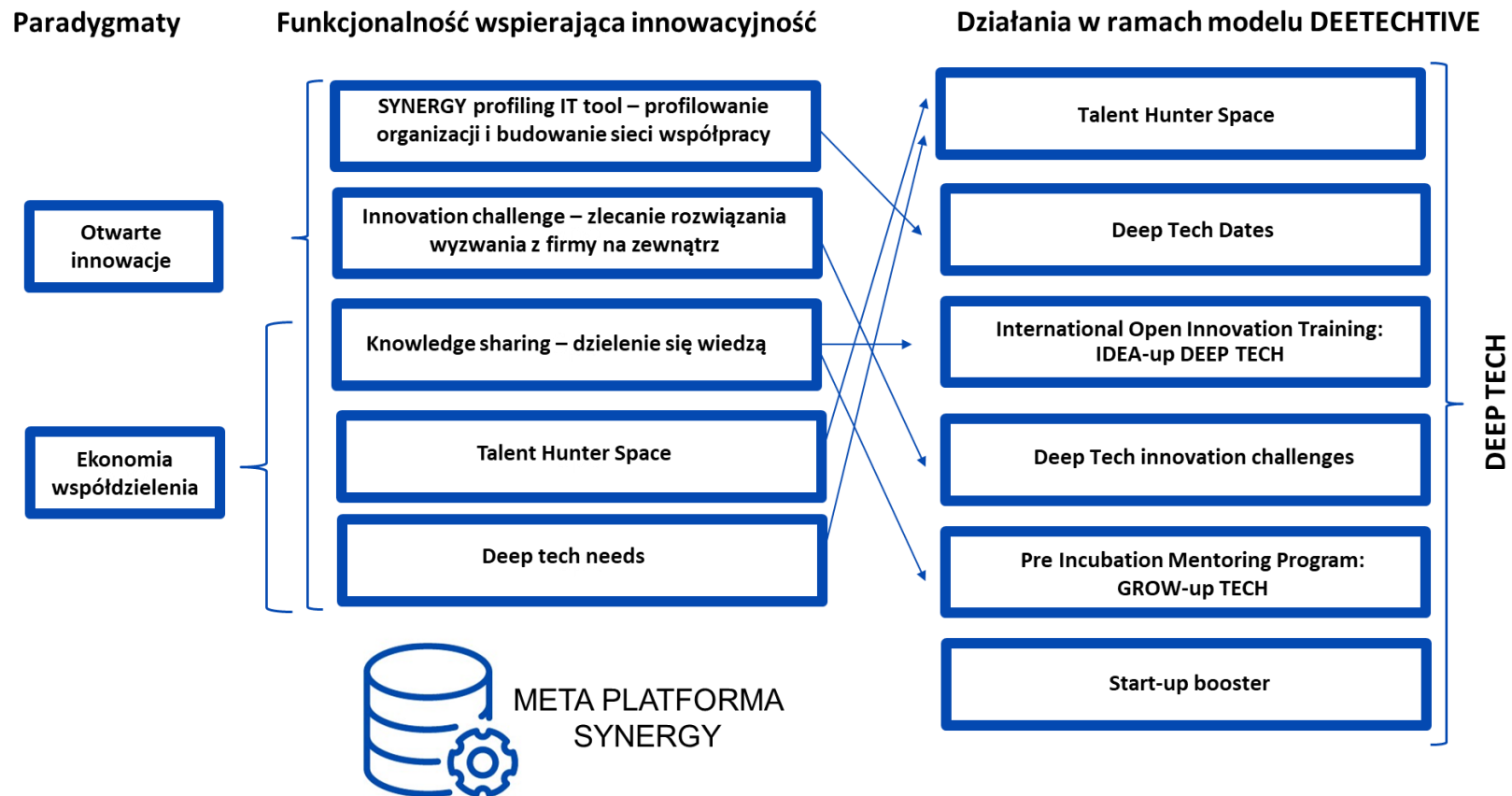
Do kluczowych rezultatów DEETECHTIVE, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi można zaliczyć:

Opracowanie Talent Hunter Space (THS) – paneuropejskiej platformy rozwoju talentów i umiejętności do identyfikacji ukrytych talentów w obszarze technologii Deep Tech wśród społeczności studenckiej.



Rys. 29 Schematyczne przedstawienie modelu identyfikacji talentu z wykorzystaniem Talent Hunter Space; oprac. własne

⁸ Przedstawiam ich nazwy w oryginale traktując jako nazwy własne



Rys. 30 Schemat prezentujący zależności między wspierającą innowacyjność funkcjonalnością platformy SYNERGY a działaniami w ramach modelu IDEATION ; oprac. własne

Koncepcja Talent Hunter Space zakłada dwie główne funkcjonalności (Rys. 29, Rys. 30). Po pierwsze możliwość rejestrowania przez przedsiębiorstwa Deep Tech Needs – czyli zapotrzebowania na kompetencje związane z technologiami Deep Tech. Po drugie obejmuje algorytm, który pozwala nauczycielowi akademickiemu zgłosić utalentowanego studenta do odpowiedniej komórki organizacyjnej uczelni, która w profesjonalny sposób pokieruje jego dalszą karierą – naukową lub zawodową. Algorytm ten (Rys. 29) zakłada dwie alternatywne ścieżki postępowania – może zostać wbudowany bezpośrednio w platformę moodle, z której informacje o zidentyfikowanym talencie są przesyłane bezpośrednio do platformy Talent Hunter Space, do której dostęp mają np. biuro karier uczelni lub akademicki inkubator przedsiębiorczości.

Alternatywnie nauczyciel akademicki może zgłosić utalentowanego studenta bezpośrednio w THS. Żeby informacje trafiły do właściwej komórki organizacyjnej należy podać informacje o rodzaju technologii Deep Tech, w której specjalizuje się student i o rodzaju jego „talentu” (czy np. ma pomysł na nowy innowacyjny produkt – wówczas informacja o nim trafi do inkubatora przedsiębiorczości, czy jest wybitnie uzdolniony wówczas informacja może trafić do biura karier). Zakłada się, że w kolejnym kroku, już poza platformą, dedykowaną jednostką uczelni (np. Biuro Karier) przekazuje informację o utalentowanym studencie do współpracującego z uczelnią przedsiębiorstwa, które poszukuje pracownika o danych kompetencjach.

Opracowanie nowego formatu wydarzeń „Deep Tech Dates”, które pozwalają na nawiązywanie i wzmacnianie partnerstw w ramach trójkąta wiedzy poprzez tworzenie przestrzeni do nawiązania nowych sieci współpracy ukierunkowanych na technologie Deep Tech. Ich organizacja jest wspierana przez opracowaną w ramach projektu SYNERGY funkcjonalnością meta platformy SYNERGY (SYNPRO profiling tool) (Rys. 30).

Testowanie i walidacja nowego modelu otwartego szkolenia (opracowanego w projekcie IDEATION), który poszerzył istniejącą funkcjonalność meta platformy SYNERGY (Rys. 30). Zdalne szkolenie International Open Innovation Training IDEA-up DEEP TECH, którego ramowy model został opracowany w projekcie IDEATION, skoncentrowane jest na podnoszeniu kompetencji związanych z przedsiębiorczością, innowacyjnością (w szczególności otwarte innowacje) i społecznościowym rozwojem produktu w technologiach Deep TECH. Składa się z 8 modułów⁹:

- Moduł 1 – ENTREPRENEURSHIP FROM THE DEEP TECH POINT OF VIEW (3 wykłady)
- Moduł 2 – INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP CAPACITY BUILDING (8 wykładów)
- Moduł 3 – BUSINESS MODELS (2 wykłady)
- Moduł 4 – START-UP PERSPECTIVE (4 wykłady)
- Moduł 5 – DEEP TECH: ARTIFICIAL INTELLIGENCE INSIGHTS (6 wykładów)
- Moduł 6 – DEEP TECH: ROBOTICS (9 wykładów)
- Moduł 7 – DEEP TECH: ADDITIVE MANUFACTURING (3 wykłady)
- Moduł 8 – DEEP TECH IN HIGHER EDUCATION (2 wykłady)

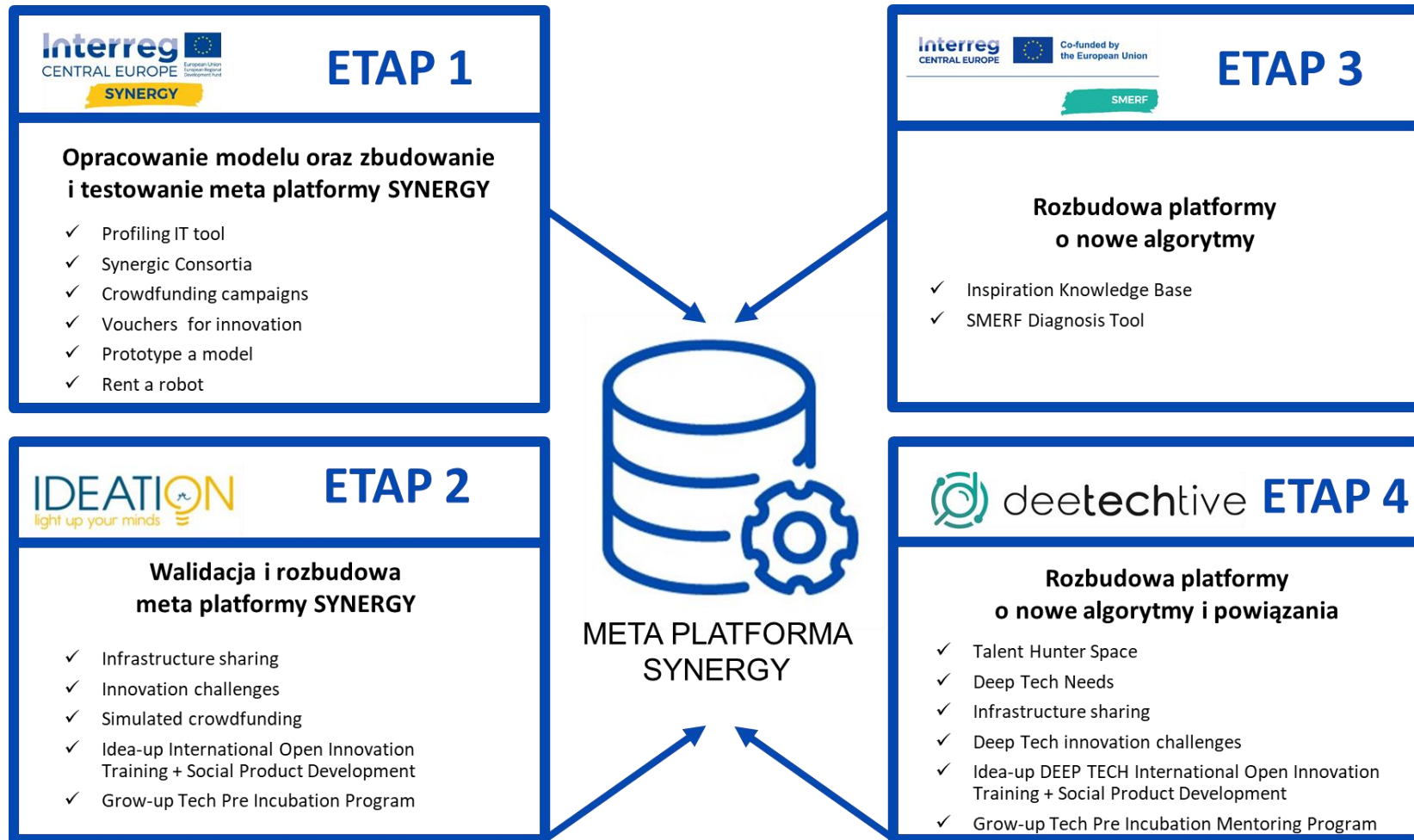
Uzupełnieniem szkolenia IDEA-up DEEP TECH jest program preinkubacyjny „GROW-up TECH”, który bezpośrednio umożliwia generowanie innowacji poprzez zakładanie firm typu start-up w obszarach technologii DEEP TECH’owych. GROW-up TECH i Idea-up DEEP TECH, będące urzeczywistnieniem koncepcji *knowledge sharing*, podnoszą jakość innowacji i wspierają edukację w zakresie przedsiębiorczości i technologii DEEP TECH. Pokazują uczestnikom nową ścieżkę rozwoju, która jest alternatywą dla kariery w korporacji i prowadzi do zakładania firm zorientowanych technologicznie.

Zwalidowanie opracowanego w projektach SYNERGY i IDEATION modelu wspierania innowacyjności (opartego na otwartych innowacjach i ekonomii współdzielenia) poprzez opracowanie serii wyzwań innowacyjnych ukierunkowanych na technologie DEEP TECH na zasadzie crowdsourcingu. Utworzone wyzwania i kampanie dotyczyły w większości opracowania nowych produktów zaawansowanych technologicznie i pokazują bezpośrednio jak można zgodnie z tym modelem przyspieszyć proces kreowania innowacji w przedsiębiorstwach, na uczelniach i otaczających ich ekosystemach. Opracowanie nowego **modelu Start-up Booster**, który poprzez opracowanie dedykowanego planu transformacji i wyselekcjonowanego wachlarza usług stanowi wsparcie dla start-upów w technologiach Deep Tech. Zależności pomiędzy wspierającą innowacyjnością funkcjonalnością platformy SYNERGY a działaniami w ramach modelu DEETECHTIVE zobrazowałam na (Rys. 30).

⁹ Przedstawiam ich nazwy w oryginale traktując jako nazwy własne

5.3.4.1. Podsumowanie wyników

Wkład omówionych wyżej projektów – w ramach których prowadziłam badania – na rozbudowę wspierającej innowacyjność przedsiębiorstw meta platformy SYNERGY przedstawiam na Rys. 31.



Rys. 31 Schemat obrazujący wkład omawianych projektów na rozbudowę wspierającej innowacyjność przedsiębiorstw meta platformy SYNERGY; oprac. własne

Na poniższych rysunkach przedstawiam z kolei dwa wycinki ekranów przedstawiające meta platformę SYNERGY - obszar SYNERGY INNOVATION HUB (Rys. 32) (<https://synpro.e-science.pl/10>) i Synergic Crowd Innovation Platform (Rys. 33) (<https://synergyplatform.pwr.edu.pl/>). Główne funkcjonalności platformy są dostępne z obydwu ścieżek dostępu. W swoim założeniu meta platforma SYNERGY jest pomyślana jako żywy mechanizm, który będzie ewoluował wraz z rozwojem nowych algorytmów i funkcjonalności wspierających innowacyjność i transformację przedsiębiorstw produkcyjnych.



Rys. 32 Wycinek ekranu prezentujący część meta platformy SYNERGY - SYNERGY INNOVATION HUB; oprac. własne



Rys. 33 Wycinek ekranu prezentujący część meta platformy SYNERGY – Synergic Crowd Innovation Platform; oprac. własne

Aby podsumować omówione wyżej wyniki moich badań i syntetycznie pokazać wpływ opisanych wyżej rozwiązań na przedsiębiorstwo produkcyjne opracowałam macierz powiązań (Tabela 10). Przedstawia ona miejsca wykorzystania algorytmów wbudowanych w funkcjonalność meta platformy SYNERGY w procesach zarządczych w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

¹⁰ W planie jest zmiana domeny na innomanu.pwr.edu.pl

Tabela 10 Macierz powiązań wybranych procesów zarządczych w przedsiębiorstwie produkcyjnym z algorytmami wbudowanymi w funkcjonalność meta platformy SYNERGY

Wybrane procesy zarządcze w przedsiębiorstwie produkcyjnym	Algorytmy wbudowane w funkcjonalność meta platformy SYNERGY							
	SYNPRO profiling tool	Simulated crowdfunding	Innovation challenges	Infrastructure sharing	Idea-up	Inspiration Knowledge Base	Talent Hunter Space	Deep Tech Needs
Zarządzanie Łańcuchem Dostaw (Supply Chain Management):								
Planowanie zapotrzebowania na surowce i materiały.								
Monitorowanie i ocena wydajności dostawców oraz poszukiwanie dostawców.								
Zarządzanie magazynem i logistyką.								
Zarządzanie Produkcją:								
Planowanie i harmonogramowanie produkcji.								
Kontrola jakości procesów produkcyjnych.								
Optymalizacja wykorzystania zasobów produkcyjnych.								
Zarządzanie Jakością:								
Wdrażanie systemów zarządzania jakością (np. ISO 9001).								
Monitorowanie i kontrola jakości surowców, procesów i produktów.								

Doskonalenie procesów w celu eliminacji defektów.								
Zarządzanie Projektami:								
Planowanie i realizacja projektów związanych z rozwojem nowych produktów.								
Kontrola postępów projektów i dostosowywanie planów w razie potrzeby.								
Zarządzanie Kosztami:								
Kontrola kosztów produkcji.								
Analiza efektywności wykorzystania zasobów.								
Optymalizacja procesów w celu minimalizacji kosztów.								
Zarządzanie Ryzykiem:								
Identyfikacja i ocena potencjalnych zagrożeń dla produkcji.								
Wdrażanie strategii minimalizujących ryzyko.								
Monitorowanie i zarządzanie awariami.								
Zarządzanie Zasobami Ludzkimi:								

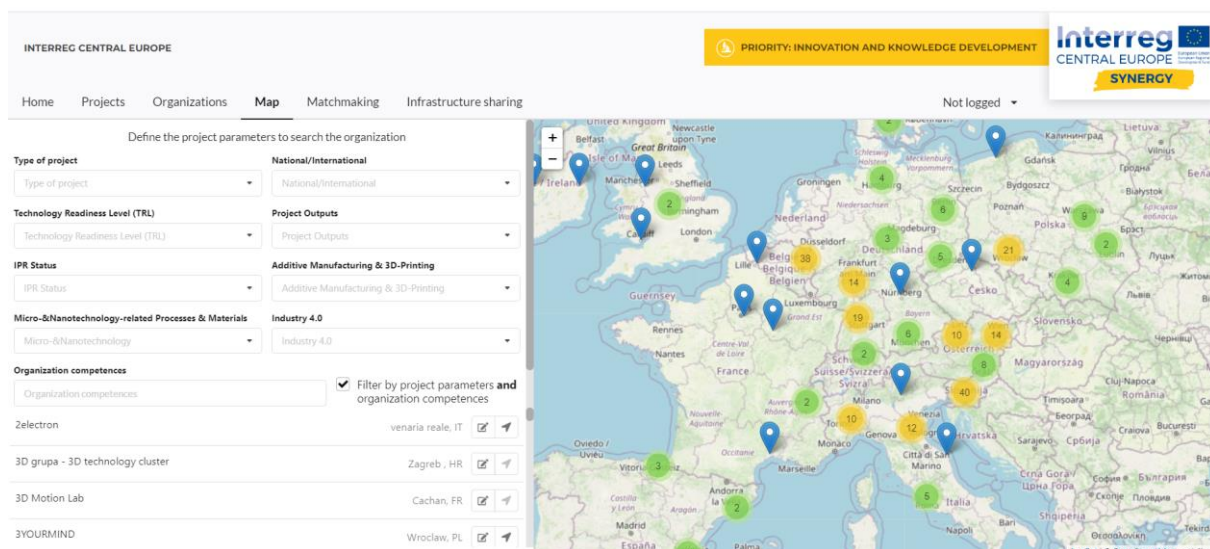
Rekrutacja, szkolenia i rozwój pracowników.								
Ocena wydajności i motywacja zespołu.								
Planowanie sukcesji i rozwój kariery pracowników.								
Zarządzanie Relacjami z Klientem (CRM):								
Monitorowanie potrzeb klientów i wyszukiwanie partnerów biznesowych.								
Zarządzanie relacjami z klientami i obsługa reklamacji.								
Doskonalenie produktów na podstawie opinii klientów.								
Zarządzanie Innowacjami:								
Wspieranie procesów badawczo-rozwojowych.								
Implementacja nowych technologii i rozwiązań.								
Monitorowanie trendów rynkowych i konkurencyjnych.								
Zarządzanie Informacją i Technologią:								

Optymalizacja systemów informatycznych.								
Zarządzanie danymi i analiza Big Data.								
Zapewnienie bezpieczeństwa informacji.								

Przedstawiona wyżej macierz powiązań prezentuje jednocześnie sposób dokonania transformacji wybranych procesów przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia. Na podstawie niniejszej macierzy można zauważyć, że:

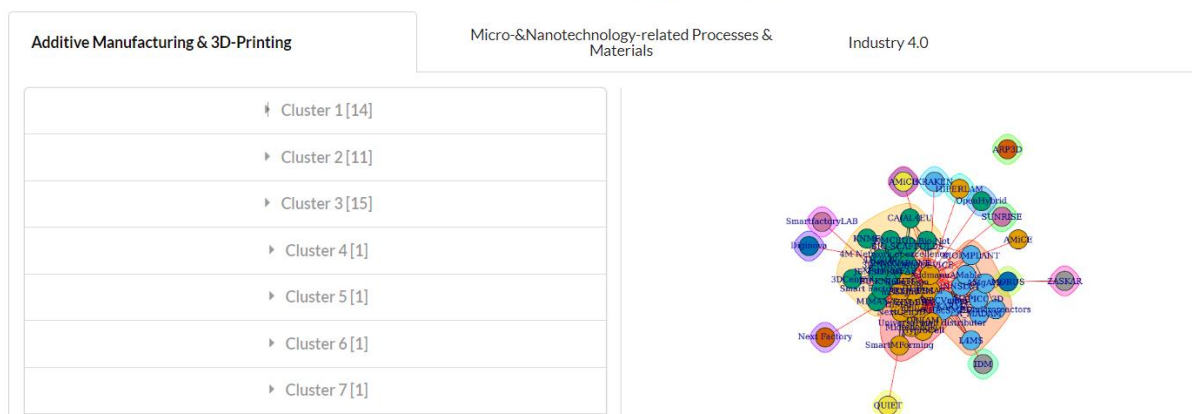
- **SYNPRO Profiling tool**

czyli inteligentne, bazujące na teorii grafów, narzędzie umożliwia mapowanie projektów i organizacji, a następnie - za pomocą wbudowanych algorytmów - generowanie konsorcjów na podstawie cech podobieństwa. Jednocześnie pozwala wyszukać partnera biznesowego za pomocą analizy szeregu cech. Dzięki tej funkcjonalności może wspierać przedsiębiorstwa produkcyjne w dwóch głównych obszarach - Zarządzaniu Łańcuchem Dostaw (*Supply Chain Management SCM*) i Zarządzaniu Relacjami z Klientem (*Customer Relationship Management CRM*). W obszarze SCM może stanowić narzędzie wsparcia w zakresie poszukiwania dostawców surowców, komponentów lub usług oraz poprzez tworzenie strategicznych partnerstw w celu optymalizacji procesów dostaw. Z kolei w obszarze CRM narzędzie SYNPRO pozwala na wyszukiwanie potencjalnych partnerów biznesowych (np. nowych klientów lub konsorcjantów). Ponadto poprzez wspieranie zorientowanych technologicznie sieci współpracy wspiera procesy badawczo-rozwojowe i procesy implementacji nowych technologii i rozwiązań. Na rysunkach Rys. 34 i Rys. 35 przedstawiono wycinki ekranu prezentujące wybrane funkcjonalności narzędzia SYNPRO.



Rys. 34 Wycinek ekranu przedstawiający mapę wyszukiwania partnerów biznesowych¹¹; oprac. własne

Results of grouping projects






Rys. 35 Wycinek ekranu przedstawiający propozycje klastrów zbudowanych na podstawie cech zrealizowanych projektów¹²; oprac. własne

• Simulated crowdfunding

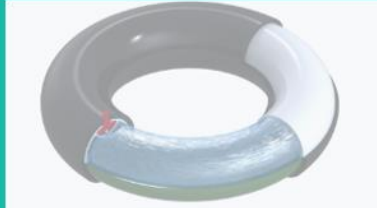

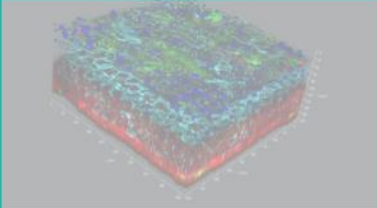
Finansowanie społecznościowe (crowdfunding) może stanowić znaczące wsparcie w procesie planowania i realizacji projektów związanych z rozwojem nowych produktów gdyż stanowi on efektywne narzędzie dla firm produkcyjnych w kontekście rozwoju nowych produktów, umożliwiając im pozyskiwanie środków finansowych od szerokiej społeczności inwestorów. Poprzez platformy crowdfundingowe, firmy te mogą nie tylko pozyskać kapitał na etapie wstępnego finansowania, ale także zaangażować potencjalnych klientów, zbierając cenne informacje zwrotne i tworząc zaangażowaną społeczność, co wspiera proces projektowy i zwiększa późniejszą akceptację rynkową nowych produktów. Kampania crowdfundingowa stanowi także narzędzie marketingowe o niespotykanej skuteczności. Efekt promocji, który wiąże się z – zarówno udaną jak i nieudaną – kampanią crowdfundingową bywa dla przedsiębiorstwa bezcenny. Niektóre firmy z premedytacją tworzą kampanie nie po to aby zbierać określone środki, ale właśnie po to by skorzystać z ubocznego efektu kampanii jakim jest promocja. Finansowanie społecznościowe w kontekście firm produkcyjnych sprzyja także optymalizacji procesów poprzez efektywne gromadzenie kapitału na projekty wytwórcze. Dzięki tej formie finansowania, firmy mogą redukować koszty tradycyjnego pozyskiwania kapitału, minimalizując ryzyko finansowe związanego z rozwijaniem nowych produktów czy procesów, co przyczynia się do zwiększenia efektywności operacyjnej i ostatecznie minimalizacji kosztów produkcji.

¹¹ <https://synpro.e-science.pl/map>

¹² https://synpro.e-science.pl/matchmaking_results

 <p>3D printer for decentralised printing of prostheses in countries of the global south</p> <p>CAMPAIGN IS FINISHED</p> <p>Enevra develops 3D-printed and customised prostheses for countries in the Global South. Modern 3D printing technology makes it possible to produce them for a fraction of the normal cost and time. A suitable 3D printer is required to produce the prostheses.</p> <p>Amount needed: 1 000 €</p>	 <p>Flexible Robotic - XROB System</p> <p>CAMPAIGN IS FINISHED</p> <p>The industry is dependent on robotic solutions that can not only cope with new variants of a task in a flexible manner, but can also fulfill a wide range of tasks. The flexible robot should tackle tasks such as handling, screwing and inspection – with minimal conversion and configuration effort.</p> <p>Amount needed: 500 000 €</p>	 <p>Preoperation planning tool for surgeons</p> <p>CAMPAIGN IS FINISHED</p> <p>The aim is to create a framework for automatic 3D printing of bones and joints for operation planning for surgeons which was proven, to rise the accuracy of surgeries even more.</p> <p>Amount needed: 700 000 €</p>
--	--	---

Rys. 36 Przykłady zorientowanych technologicznie kampanii crowdfundingowych powstałych w ramach realizowanych projektów cz. I; oprac. własne¹³

 <p>Novel toroidal composite pressure vessel for hydrogen storage</p> <p>CAMPAIGN IS FINISHED</p> <p>LSE GmbH development a novel toroidal type IV pressure vessel for the mobile storage of compressed hydrogen with 30% less weight and less material costs compared to market available solutions. Field of application are fuel cell powered cars, busses, trucks, airplanes and trains.</p> <p>Amount needed: 1 000 000 €</p>	 <p>Three-dimensional textile structures for load-capable reinforcement of injection molded components</p> <p>CAMPAIGN IS FINISHED</p> <p>The project includes the development of textile structures for load-capable reinforcement of thermoplastic injection molded components. Using an embroidery machine, hybrid yarns are embroidered on a textile substrate, which can be washed out after a preforming process.</p> <p>Amount needed: 500 000 €</p>	 <p>3D printing of scaffolds for tissue engineering</p> <p>CAMPAIGN IS FINISHED</p> <p>The main goal is to culture a bone and a vascular tissue on 3D printed scaffold. Such vascular tissue could replace a damaged blood vessel in human body. Printing an individual shaped scaffolds could be a next step in personalized healthcare.</p> <p>Amount needed: 60 000 €</p>
---	--	--

Rys. 37 Przykłady zorientowanych technologicznie kampanii crowdfundingowych powstałych w ramach realizowanych projektów cz. II; oprac. własne¹⁴

Platforma SYNERGY posiada wbudowaną funkcjonalność zakładania kampanii crowdfundingowych i przeprowadzania symulowanego zbierania środków, dzięki czemu stanowi innowacyjne narzędzie edukacyjne i promujące ten nowoczesny sposób finansowania nowych produktów. Wykorzystanie crowdfundingu w zaawansowanych technologiach wytwórczych nie jest popularne jednak jak pokazuje przykład polskiej firmy ZORTRAX¹⁵ - będącej producentem drukarek 3D i materiałów do druku służących do zaawansowanego prototypowania i światowym liderem w produkcji urządzeń typu plug&play - jest możliwe. Firma ta rozwinęła się dzięki zakończonej sukcesem kampanii crowdfundingowej na platformie www.kickstarter.com i w krótkim czasie przekształciła się w przedsiębiorstwo produkcyjne z kapitałem zakładowym wartym 7 462 500 zł. Mimo że crowdfundingowy (lub

¹³ <https://synergyplatform.pwr.edu.pl/campaigns>

¹⁴ <https://synergyplatform.pwr.edu.pl/campaigns>

¹⁵ <https://zortrax.com/pl/>

crowdfundingowy) model finansowania nie jest jeszcze popularny zaawansowanych technologicznie obszarach, to realizacja wymienionych wyżej projektów zmienia ten stan. Dla zobrazowania skuteczności wypracowanych w projektach SYNERGY i IDEATION modeli poniżej przedstawiam wycinki ekranów prezentujące przykłady zorientowanych technologicznie kampanii crowdfundingowych (Rys. 36, Rys. 37).

- **Innovation challenges**

Platforma SYNERGY posiada wbudowaną funkcjonalność bazujących na zasadzie crowdsourcingu wyzwań innowacyjnych, co stanowi innowacyjne narzędzie do rozwiązywania wyzwań przemysłowych. Wykorzystanie crowdsourcingu w zaawansowanych technologiach wytwórczych wciąż nie jest popularne, lecz możliwe, co z kolei pokazuje przykład firmy Local Motors¹⁶¹⁷¹⁸ będącej amerykańskim producentem przełomowych technologicznie samochodów i elektrycznych autobusów (ich flagowy pojazd to Olli, pierwszy na świecie zaprojektowany w procesie crowdsourcingu – konkretnie co-creation – autonomiczny elektryczny bus). Projekty pojazdów tej firmy powstawały właśnie na podstawie wyzwań crowdsourcingowych. Z punktu widzenia przedsiębiorstwa produkcyjnego zastosowanie innowacyjnych wyzwań crowdsourcingowych może wpłynąć pozytywnie na doskonalenie procesów, rozwój nowych produktów, doskonalenie produktów na podstawie opinii klientów, wspieranie procesów badawczo-rozwojowych i procesy implementacji nowych technologii i rozwiązań. Wykorzystywanie wyzwań crowdsourcingowych umożliwia firmom produkcyjnym pozyskiwanie różnorodnych perspektyw oraz ekspertów z zewnątrz, co może przyczynić się opracowania rozwiązań pozwalających na eliminację potencjalnych defektów w procesach produkcyjnych. Poprzez angażowanie społeczności w proces eliminacji błędów, firma może skutecznie wykorzystać wiedzę z różnych dziedzin, co sprzyja innowacyjnym rozwiązaniom i zwiększa efektywność eliminacji defektów. Wyzwania crowdsourcingowe dostarczają firmom produkcyjnym unikalnej możliwości pozyskiwania inspiracji i pomysłów od szerokiego grona ekspertów oraz potencjalnych użytkowników. Ta otwarta forma współpracy pozwala na zdobycie nowatorskich perspektyw, co skutkuje lepszym planowaniem i realizacją projektów związanych z rozwojem nowych produktów, zwiększając jednocześnie ich atrakcyjność na rynku. Crowdsourcing umożliwia firmom produkcyjnym zbieranie bezpośrednich opinii oraz pomysłów od klientów, co stanowi cenne źródło informacji zwrotnych (klien zostaje włączony w proces rozwoju produktu stając się prosumentem – czyli konsumentem zaangażowanym “we współtworzenie i promowanie produktów ulubionej marki albo w jednoczesną produkcję i konsumpcję dóbr lub usług”¹⁹). Integracja społeczności w proces doskonalenia produktów na podstawie opinii klientów przyczynia się do dostosowywania oferty do rzeczywistych potrzeb rynku, zwiększając tym samym innowacyjność produktów i zadowolenie klientów. Wykorzystywanie wyzwań crowdsourcingowych może także efektywnie wspierać procesy badawczo-rozwojowe, umożliwiając firmom produkcyjnym dostęp do różnorodnych ekspertów i środowisk badawczych. Ta otwarta forma współpracy przyspiesza proces innowacyjny poprzez zaangażowanie społeczności w rozwiązywanie problemów badawczych, co skutkuje szybszym wprowadzaniem nowych technologii i rozwiązań do produkcji.

Co więcej, wyzwania crowdsourcingowe dostarczają firmom produkcyjnym możliwości eksploracji najnowszych osiągnięć technologicznych poprzez współpracę z ekspertami i entuzjastami z różnych branż. Dzięki temu proces implementacji nowych technologii staje się bardziej wszechstronny i zróżnicowany, co sprzyja innowacyjności i umożliwia szybsze wdrażanie nowoczesnych rozwiązań. Dla zobrazowania skuteczności wypracowanych w projektach SYNERGY, IDEATION i DEETECHTIVE modeli poniżej przedstawiam wycinki ekranów prezentujące przykłady zorientowanych technologicznie bazujących na zasadzie crowdsourcingu wyzwań innowacyjnych (Rys. 38) oraz zgłaszanych przez użytkowników platformy rozwiązań (Rys. 39). Ponadto, na Rys. 39, przedstawiam wycinki ekranów prezentujące rozwiązania zgłaszane przez użytkowników meta

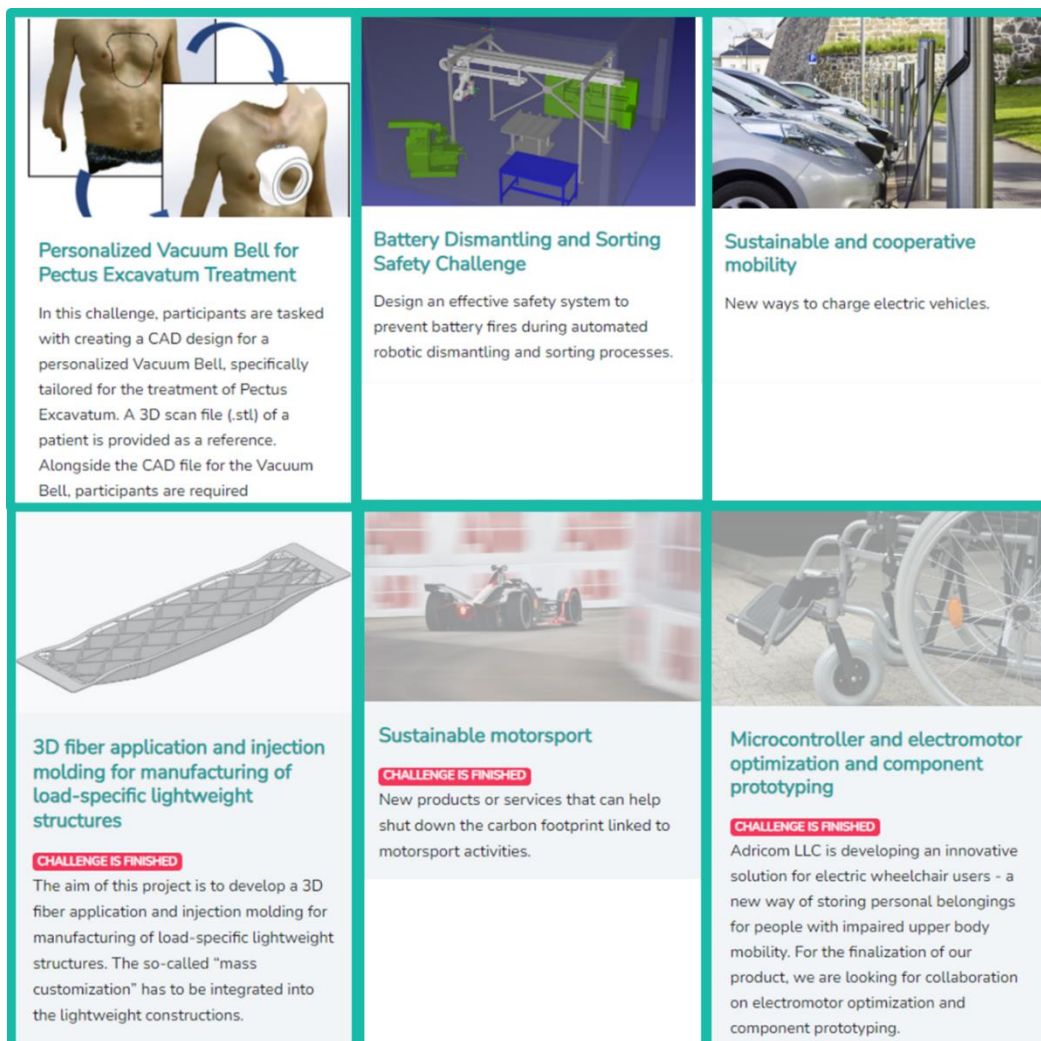
¹⁶ <https://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2016/06/29/471599187/a-24-year-old-designed-a-self-driving-minibus-maker-built-it-in-weeks>

¹⁷ <https://www.prnewswire.com/news-releases/local-motors-brings-autonomous-vehicle-fleet-challenge-to-the-pacific-northwest-300878186.html>

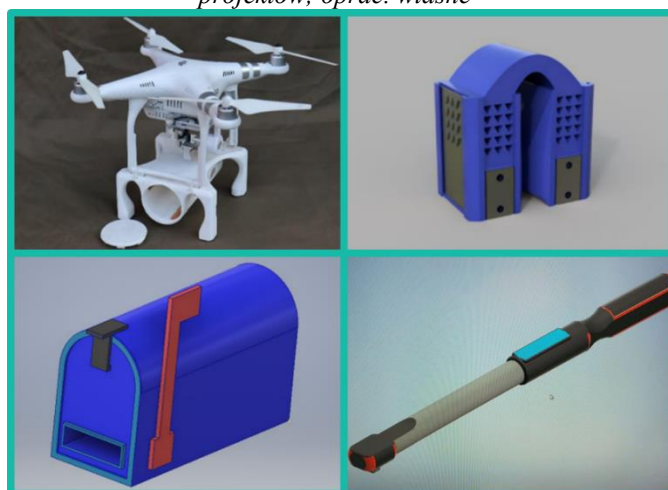
¹⁸ <https://www.komputerswiat.pl/aktualnosci/nauka-i-technika/local-motors-umozliwi-wymiane-auta-na-nowe-dzieki-drukarkom-3d/9nflf0>

¹⁹ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Prosument>

platformy SYNERGY. Stanowią one odpowiedź na wyzwanie crowdsourcingowe powstałe w wyniku działania „Zaprojektowanie i opracowanie prototypu modelu – *House of the future*”, które zostało przeprowadzone zgodnie z założeniami **społecznościowego rozwoju produktu**.



Rys. 38 Przykłady zorientowanych technologicznie wyzwań innowacyjnych powstałych w ramach realizowanych projektów; oprac. własne²⁰



Rys. 39 Przykłady zaprojektowanych prototypów w wyzwaniu *House of the future*²¹; oprac. własne

²⁰ <https://synergyplatform.pwr.edu.pl/challenges>

²¹ <https://synergyplatform.pwr.edu.pl/challenges/15>

W jego wyniku powstało 18 prototypów nowych, inteligentnych produktów, które mogą znaleźć swoje zastosowanie w domu przyszłości. Zostały one zaprojektowane przez 18 zespołów międzynarodowych.

- **Infrastructure sharing**

Platforma SYNERGY posiada również wbudowaną funkcjonalność pozwalającą na rejestrowanie i dzielenie się infrastrukturą (przede wszystkim technologiczną). W momencie powstawania tego rozwiązania w ramach projektu SYNERGY (2017-2020), badania literaturowe wskazywały, że nie istnieje rozwiązanie o takiej funkcjonalności. Poniższe wycinki ekranów przedstawiają przykłady infrastruktury badawczej zarejestrowanej na meta platformie SYNERGY podczas realizacji wymienionych wyżej projektów SYNERGY i IDEATION (Rys. 40, Rys. 41).

Name	Description	Organization	Possibilities of use	Updated
2D gel cutter for proteomics sample preparation	equipment for biology and biochemistry	B1 - Biochemistry and molecular biology at Jozef Stefan Institute	Research performed by owner	2021-10-06 10:07
3500 Series Genetic Analyzers	Based on one of the most widely used, widely trusted sequencing methodologies available—Sanger sequencing—the 3500 Series Genetic Analyzer is designed to deliver the accuracy you demand.	SEGAI (University of La Laguna)	Rental Research performed by owner Usage according to agreement	2022-11-24 16:17
3D Efficiency Lab	3D Metal Printing (SLM 125 HL, SLM 250 HL) Heat treatment and machining by CNC lathe and CNC milling	Chemnitz University of Technology	Usage according to agreement	2022-12-28 13:40
3D Printer	Creality Ender 3 V2 Neo	Novac s.r.l.	Rental Usage according to agreement	2022-12-05 17:43

Rys. 40 Przykłady infrastruktury badawczej zarejestrowanej na meta platformie SYNERGY podczas realizacji wymienionych wyżej projektów cz. I; oprac. własne²²

Name	Description	Organization	Possibilities of use	Updated
3D Printer	Creality Ender 3 V2 Neo	Novac s.r.l.	Rental Usage according to agreement	2022-12-05 17:43
3D printer (Hightech industrial FDM)	We create our own 3D printers and need real world use cases	isepos GmbH	Usage according to agreement	2022-12-28 13:53
3D printer Ultimaker S5 – Industrial FDM 3D printer	Ultimaker S5 is industry quality desktop FDM 3D printer with a large building volume and can additive manufacture components precisely and in industrial quality. The main product features: - building space: 330 x 240 x 300 mm...	FabLab, association for promoting digital fabrication	Research performed by owner	2020-04-29 07:51
3D printing farm	10 small and big FDM/FFF machines that can produce small batches in a very short time	Microfactory ltd.	Research performed by owner	2019-12-11 23:23
Arcam A1 EBM	A1 Electron Beam Melting from Arcam Ge company		Workshop for	

Rys. 41 Przykłady infrastruktury badawczej zarejestrowanej na meta platformie SYNERGY podczas realizacji wymienionych wyżej projektów cz. II; oprac. własne²³

Z punktu widzenia przedsiębiorstw produkcyjnych, wykorzystanie modelu dzielenia się infrastrukturą (na zasadzie ekonomii współdzielenia) – przede wszystkim w odniesieniu do mniejszych firm wytwórczych – może wpłynąć pozytywnie na procesy związane z zarządzaniem i wykorzystaniem zasobów produkcyjnych i implementacją nowych technologii i rozwiązań. Wykorzystywanie maszyn i urządzeń na zasadzie ekonomii współdzielenia pozwala firmom produkcyjnym efektywnie dzielić się infrastrukturą, umożliwiając elastyczne dostosowanie się do zmiennej skali produkcji. Ten model

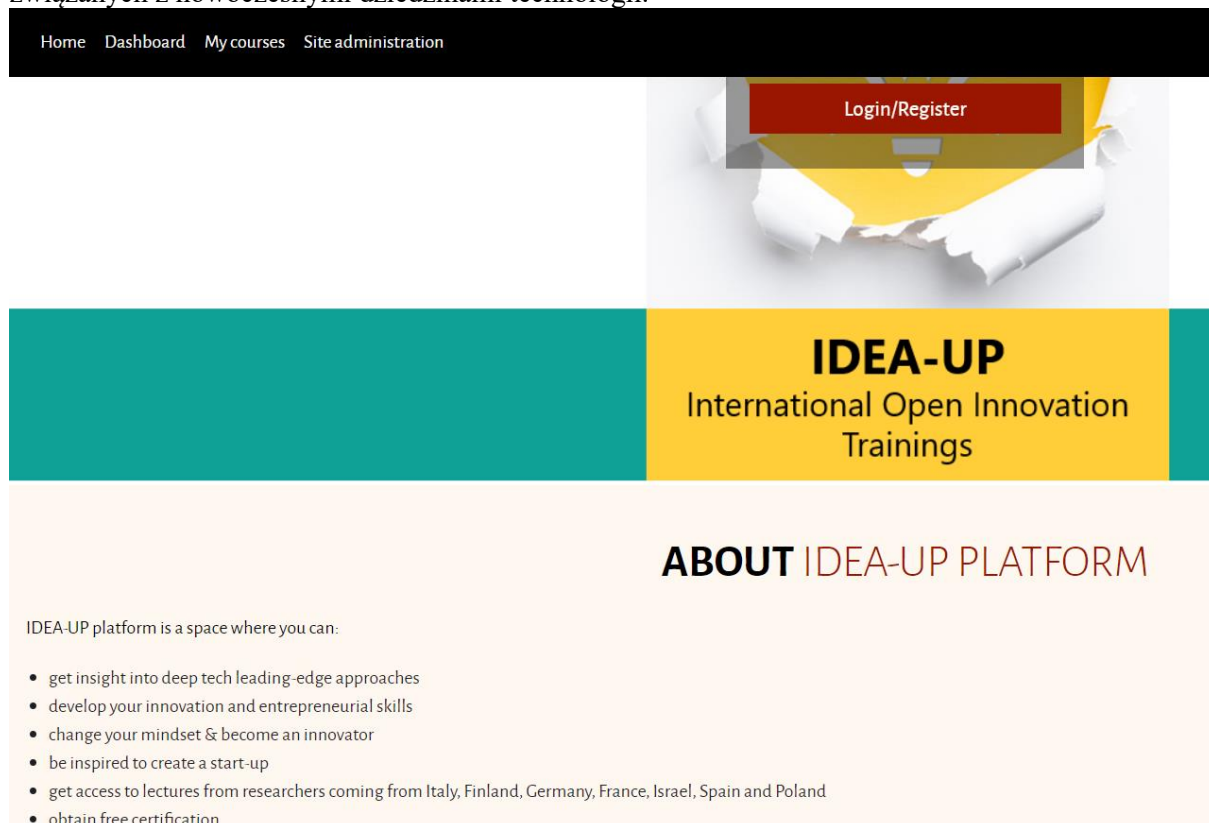
²² <https://synpro.e-science.pl/infrastructures>

²³ <https://synpro.e-science.pl/infrastructures>

sprzyja innowacyjności, ponieważ firmy mogą dostosowywać wykorzystanie zasobów do bieżących potrzeb, minimalizując jednocześnie koszty i zwiększając efektywność produkcji. Dzielenie się infrastrukturą technologiczną umożliwia także firmom dokładną analizę i monitorowanie efektywności wykorzystania zasobów produkcyjnych. Poprzez zbieranie danych na temat współdzielonych zasobów, firmy mogą uzyskać lepsze zrozumienie ich wykorzystania, co prowadzi do optymalizacji procesów, redukcji marnotrawstwa i zwiększenia innowacyjności poprzez bardziej efektywne zarządzanie zasobami. Model ekonomii współdzielenia wspomaga innowacyjność firm produkcyjnych poprzez umożliwienie łatwiejszego dostępu do najnowszych technologii i rozwiązań. Dzięki współdzieleniu infrastruktury, firmy mogą korzystać z bardziej zaawansowanych technologii, które mogłyby być finansowo nieosiągalne przy indywidualnym podejściu (w szczególności w przypadku małych firm i start-upów). To sprzyja szybszej implementacji innowacji, co stanowi kluczowy element wzrostu konkurencyjności i adaptacji do zmian na rynku.

- **Platforma otwartych szkoleń Idea-up**

Opracowana w ramach projektów IDEATION i DEETECHTIVE platforma <https://ideaup.pwr.edu.pl/>, której byłem inicjatorem, (również włączona jako nowa funkcjonalność meta platformy SYNERGY) została utworzona w duchu otwartej nauki (*open science*) i dzielenia się wiedzą (*knowledge sharing*), które są zgodne z paradygmatami otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia. Obecnie są na niej dostępne dwa nowoczesne formaty szkoleń międzynarodowych: szkolenie International Open Innovation Training IDEA-up i International Open Innovation Training IDEA-up DEEP TECH. Wykorzystanie takich właśnie otwartych szkoleń może pozytywnie wpłynąć na innowacyjność firm produkcyjnych w obszarze Zarządzania Zasobami Ludzkimi, zwłaszcza w procesach rekrutacji, szkoleń i rozwoju pracowników. Ten nowy model szkoleniowy skupiony na przedsiębiorczości, innowacyjności i społecznym rozwoju produktu dostarcza pracownikom narzędzi do podnoszenia kompetencji, co wspiera wewnętrzne procesy rekrutacyjne poprzez dostarczanie kandydatom umiejętności związanych z nowoczesnymi dziedzinami technologii.



Rys. 42 Wycinek ekranu przedstawiający platformę ideaup²⁴; oprac. własne

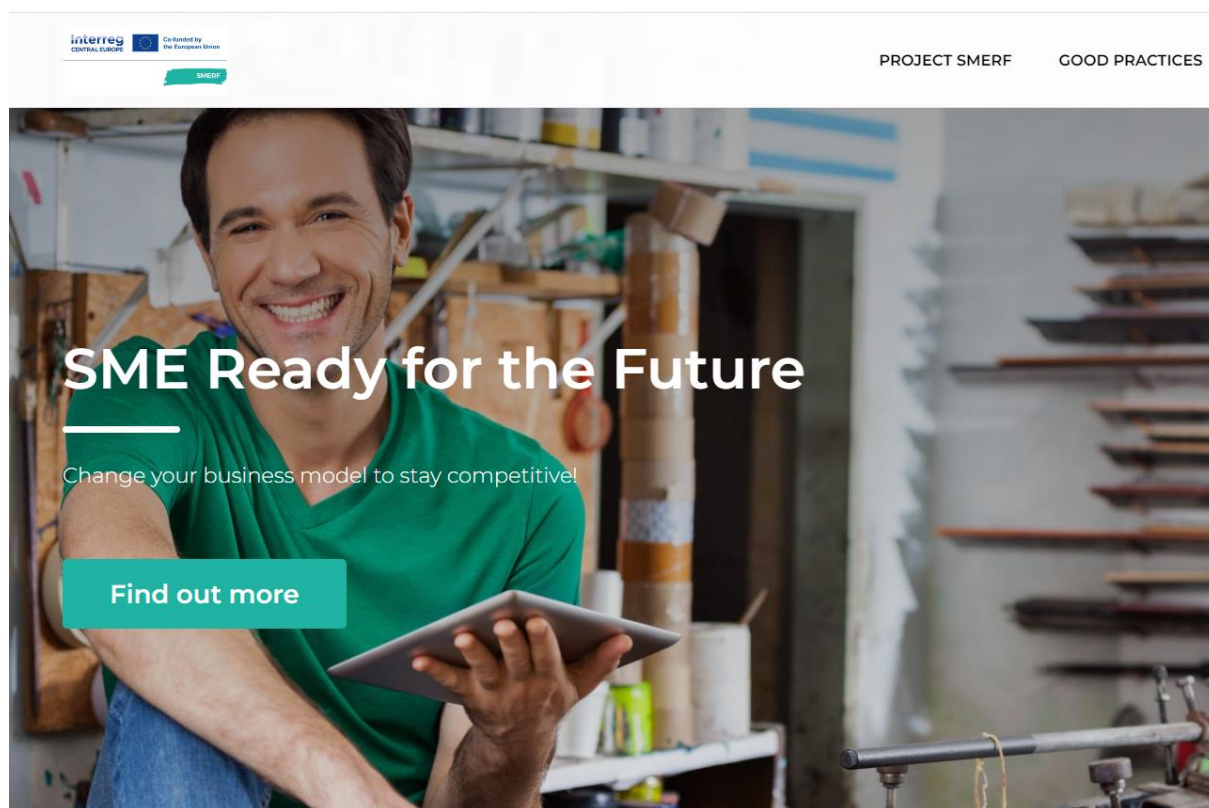
Ponadto, szkolenia te mogą również wpływać na doskonalenie procesów planowania sukcesji i rozwoju kariery pracowników. Dodatkowo, moduły dotyczące perspektywy start-upowej i technologii Deep Tech dostarczają praktycznej wiedzy, która wspiera rozwój kariery pracowników w dynamicznym

²⁴ <https://ideaup.pwr.edu.pl/>

otoczeniu biznesowym. Otwarte szkolenia tego rodzaju, wraz z zaawansowanymi treściami modułów, stwarzają dogodne warunki dla firm produkcyjnych w celu podnoszenia kwalifikacji i adaptacji do nowoczesnych wyzwań rynkowych. Co więcej, mogą oddziaływać na innowacyjność firm produkcyjnych w procesach zarządzania innowacjami, ze szczególnym uwzględnieniem monitorowania trendów rynkowych i konkurencyjnych. Szkolenia Idea-up dostarczają praktycznej wiedzy z zakresu innowacyjnych modeli biznesowych oraz nowoczesnych technologii, umożliwiając firmom produkcyjnym śledzenie aktualnych trendów rynkowych i konkurowanie w dynamicznym otoczeniu. Dodatkowo, moduły szkoleniowe poświęcone przedsiębiorczości, innowacyjności i społecznościowemu rozwojowi produktu dostarczają uczestnikom umiejętności analizy i monitorowania otoczenia innowacyjnego. W kontekście zarządzania innowacjami, takie szkolenia ułatwiają przedsiębiorstwom produkcyjnym identyfikację nowatorskich rozwiązań oraz skuteczne dostosowanie się do zmieniających się trendów, co w konsekwencji przyczynia się do zwiększenia ich innowacyjności. Wycinek ekranu prezentujący platformę <https://ideaup.pwr.edu.pl/> przedstawiony został na Rys. 42.

- **Inspiration Knowledge Base**

Baza wiedzy Inspiration Knowledge Base, skoncentrowana na czterech filarach: (1) Kultura innowacji, (2) Zdigitalizowane wytwarzanie, (3) Otwarte innowacje 2.0 i ekonomia współdzielenia, oraz (4) Zielona gospodarka o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój, stanowi istotne narzędzie umożliwiające zdefiniowanie kluczowych czynników i najlepszych praktyk wpływających na transformację małych i średnich przedsiębiorstw w kierunku MŚP gotowych na wyzwania przyszłości. Wykorzystanie tej bazy wiedzy oraz przedstawionych w niej rozwiązań i przykładów implementacji elementów transformacji "gotowości na przyszłość" może istotnie wpłynąć na innowacyjność przedsiębiorstw produkcyjnych, szczególnie w obszarach wspierania procesów badawczo-rozwojowych oraz monitorowania trendów rynkowych i konkurencyjnych.



Rys. 43 Wycinek ekranu przedstawiający bazę wiedzy Inspiration Knowledge Base²⁵; oprac. własne

Zastosowanie tej bazy wiedzy umożliwia identyfikację kluczowych elementów kultury innowacji, przyspieszenie adopcji produkcji cyfrowej, efektywną implementację otwartych innowacji 2.0 i ekonomii współdzielenia, oraz dostosowanie praktyk związanych z zieloną gospodarką o obiegu

²⁵ <https://readyforfuture.eu/>

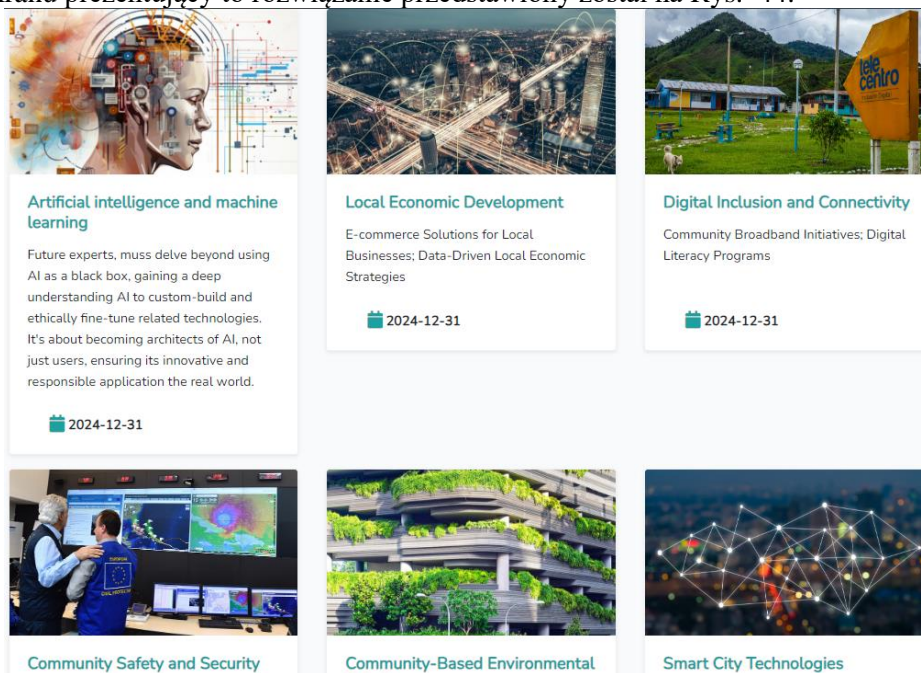
zamkniętym i zrównoważonym rozwojem. Wykorzystanie modelu SMERF w kontekście transformacji przedsiębiorstw produkcyjnych pozwala na dostosowanie się do przyszłych wyzwań, zwiększenie zdolności do kreowania innowacji poprzez wdrożenie nowoczesnych rozwiązań i skuteczne monitorowanie trendów rynkowych, co z kolei wpływa na ich konkurencyjność i trwały rozwój. Wycinek ekranu prezentujący bazę wiedzy Inspiration Knowledge Base przedstawiony został na Rys. 43. Inspiration Knowledge Base również została włączona jako nowa funkcjonalność meta platformy SYNERGY.

- **Talent Hunter Space**

Platforma Talent Hunter Space (włączona jako kolejna nowa funkcjonalność meta platformy SYNERGY), oparta jest na algorytmie umożliwiającym nauczycielowi akademickiemu skierowanie utalentowanego studenta do odpowiedniej komórki organizacyjnej uczelni i na założeniu, że kolejnym kroku, już poza platformą, dedykowana jednostka uczelni (np. Biuro Karier) przekaze informację o utalentowanym studencie do współpracującego z uczelnią przedsiębiorstwa, które poszukuje pracownika o danych kompetencjach. Wykorzystanie tego rozwiązania przez przedsiębiorstwa produkcyjne może istotnie wpłynąć poprawę procesu rekrutacji pracowników oraz monitorowania trendów rynkowych i konkurencyjnych. Przez skupienie się na identyfikacji i kierowaniu utalentowanych studentów do dziedzin naukowych lub zawodowych zgodnych z ich predyspozycjami, platforma ta sprzyja efektywnej rekrutacji pracowników o specjalistycznych umiejętnościach, co z kolei może wpłynąć na podniesienie innowacyjności przedsiębiorstw poprzez zatrudnienie pracowników posiadających potencjał do przynoszenia nowatorskich rozwiązań. Dodatkowo, dedykowana jednostka uczelni współpracująca z przedsiębiorstwem, przekazując informacje o utalentowanym studencie, tworzy efektywny most pomiędzy edukacją a biznesem. To podejście może zrewolucjonizować procesy monitorowania trendów rynkowych i konkurencyjnych, umożliwiając przedsiębiorstwom produkcyjnym dostęp do utalentowanych studentów. Jednocześnie ten model powoduje otwieranie się uczelni na aktualne potrzeby rynku. W rezultacie, platforma Talent Hunter Space może pełnić kluczową rolę w zwiększeniu innowacyjności przedsiębiorstw produkcyjnych poprzez precyzyjne dopasowywanie kandydatów do wymagań rynkowych.

- **Deep Tech Needs**

Ostatnim algorytmem wbudowanym w funkcjonalność meta platformy SYNERGY, który został opracowany w ramach badań opisanych w osiągnięciu naukowym nr 2 jest Deep Tech Needs (DTN). Wycinek ekranu prezentujący to rozwiązanie przedstawiony został na Rys. 44.



Rys. 44 Wycinek ekranu przedstawiający funkcjonalność Deep Tech Needs²⁶; oprac. własne

²⁶ <https://synergyplatform.pwr.edu.pl/needs>

Algorytm Deep Tech Needs, umożliwia przedsiębiorstwom produkcyjnym rejestrowanie potrzeb dotyczących nowych kompetencji, szczególnie związanych z technologiami Deep Tech, jakich oczekują od nowych pracowników. Ta informacja trafia do uczelni, która analizując określone przez przedsiębiorstwa potrzeby dostosowuje odpowiednio zawartość merytoryczną programów studiów kierunków powiązanych z tymi potrzebami. Z punktu widzenia przedsiębiorstw produkcyjnych to rozwiązanie może znacząco usprawnić procesy rekrutacji i rozwoju nowych pracowników – poprzez precyzyjne zidentyfikowanie wymaganych kompetencji z obszaru technologii Deep Tech, funkcjonalność Deep Tech Needs wspomaga proces rekrutacji, umożliwiając przedsiębiorstwom efektywne pozyskiwanie kandydatów o specjalistycznych umiejętnościach, co w rezultacie może prowadzić do zatrudniania pracowników o potencjale innowacyjnym. Przejście na zatrudnianie osób o specjalistycznych kompetencjach z obszaru optymalizacji systemów informatycznych, zarządzania danymi i analizy Big Data, wynikające z identyfikacji tych potrzeb przez DTN, przekłada się na zwiększoną zdolność przedsiębiorstw do efektywnego zarządzania informacjami i analizy danych. To z kolei sprzyja innowacyjności, umożliwiając firmom produkcyjnym bardziej zaawansowane wykorzystanie danych w procesie podejmowania decyzji oraz skuteczniejszą optymalizację systemów informatycznych. Funkcjonalność Deep Tech Needs może również pełnić kluczową rolę w zwiększeniu innowacyjności przedsiębiorstw produkcyjnych poprzez precyzyjne dopasowywanie umiejętności kandydatów do wymagań rynkowych oraz sprawną identyfikację trendów i kompetencji przyszłości. Podsumowując opisane rezultaty w liczbach, w ramach projektów SYNERGY, IDEATION, SMERF i DEETECHTIVE, udało się zachęcić uczestników ekosystemu innowacji (czyli przedsiębiorstwa przemysłowe, uczelnie wyższe i instytucje otoczenia biznesu) do:

- zarejestrowania na meta platformie SYNERGY 193 infrastruktur,
- zarejestrowania na meta platformie SYNERGY 253 projektów,
- zarejestrowania na meta platformie SYNERGY 425 organizacji,
- założenia 58 kampanii crowdfundingowych,
- założenia 61 wyzwań innowacyjnych,
- zgłoszenia 238 rozwiązań do wyzwań innowacyjnych.

5.3.5. ON2: Powiązane publikacje naukowe

Częściowo niniejsze osiągnięcie zostało opisane w ramach następujących publikacji:

1. **Gamification-based crowdsourcing as a tool for new product development in manufacturing companies**, In: Burduk, A., Batako, A., Machado, J., Wyczółkowski, R., Antosz, K., Gola, A. (eds) *Advances in Production. ISPEM 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 790. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45021-1_28
M. Molasy, M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa
2. **Open innovation readiness assessment within students in Poland: investigating state-of-the-art and challenges**. *Sustainability*. 2022, vol. 14, nr 3;
M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa, M. Molasy
3. **Analysis of platforms supporting open innovation approach**, *Lecture Notes in Networks and Systems*, ISSN vol. 335, Springer, 2022;
M. Cholewa, M. Molasy, M. Rosienkiewicz, J. Helman
4. **Analysis and assessment of bottom-up models developed in Central Europe for enhancing open innovation and technology transfer in advanced manufacturing**. *Sustainable Design and Manufacturing 2020. Proceedings of the 7th International Conference on Sustainable Design and Manufacturing*, Springer, 2021;
M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa, M. Molasy, G. Krause-Juettler
5. **Infrastructure sharing model as a support for sustainable manufacturing**. *Sustainable Design and Manufacturing 2020. Proceedings of the 7th International Conference on Sustainable Design and Manufacturing*, Springer, 2021;
J. Helman, M. Rosienkiewicz, Mateusz M. Molasy, Mariusz Cholewa

6. **Identification of challenges to be overcome in the process of enhancing innovativeness based on implementation of Central European projects funded from Interreg programme.** Intelligent systems in production engineering and maintenance Springer, cop. 2019.
M. Cholewa, J. Helman, M. Molasy, M. Rosienkiewicz
7. **SYNERGY project: Open innovation platform for advanced manufacturing in Central Europe.** Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357; vol. 835. Springer, 2019;
M. Rosienkiewicz, J. Helman, M. Cholewa, M. Molasy

5.4. Osiągnięcie nr 3: 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe

5.4.1. Nazwa osiągnięcia nr 3

Jako **trzecie** osiągnięcie naukowe (ON3), stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy **wskazują zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe**, a jego nazwa to:

„Opracowanie metodyki wyboru i oceny wskaźników „zieloności” w zarządzaniu cyklem życia produktu dla przemysłu motoryzacyjnego”.

Niniejsze osiągnięcie powstało w ramach projektu:

GreenPLM: Green Product Lifecycle Management, 2022, na zlecenie Transition Technologies PSC S.A.

Rola w projekcie: Główny wykonawca

Oświadczenia członków zespołów projektowych przedstawiam w Załączniku nr 5.

5.4.2. ON3: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych

Proces rozwoju nowych produktów (new product development NPD) zorientowany na zrównoważony rozwój nabiera kluczowego znaczenia w wielu sektorach przemysłu. Szczególnie w przemyśle motoryzacyjnym odgrywa on znaczącą rolę, gdyż sektor ten jest historycznie kojarzony z zasobochłonną produkcją i zużyciem paliw kopalnych, a co za tym idzie, musi wdrażać rozwiązania, które przyczynią się do powstrzymania zmian klimatycznych. Uwzględnienie zrównoważonego rozwoju w procesie opracowywania nowych produktów jest w rzeczywistości strategiczną koniecznością dla długoterminowej rentowności przemysłu motoryzacyjnego. Praktyki oparte na zielonej gospodarce, gospodarce o obiegu zamkniętym i zrównoważonym rozwoju nie tylko prowadzą do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, ale także zwiększają ogólną odpowiedzialność biznesu. Projektując nowy produkt, firma staje przed wyborem setek, jeśli nie tysięcy możliwych wariantów, poczynając od wykorzystania materiałów przyjaznych środowisku, po integrację energooszczędnych technologii produkcyjnych. Wybór optymalnego wariantu produktu końcowego jest obecnie niezwykle trudny – często jest to kompromis pomiędzy kosztem wytworzenia, czasem i wpływem na środowisko. Dlatego z naukowego punktu widzenia bardzo ważne jest wspieranie przedsiębiorstw przemysłowych rozwiązaniami umożliwiającymi dokonanie właściwego wyboru w tym kontekście. Co więcej, proces projektowania nowych produktów zorientowany na zrównoważony rozwój jest zgodny z rosnącym zapotrzebowaniem konsumentów na świadome ekologicznie wybory, wspierając w ten sposób lojalność wobec marki i konkurencyjność na rynku. Ponieważ świat zмага się z pilną potrzebą przejścia na bardziej

ekologiczną gospodarkę, zaangażowanie przemysłu motoryzacyjnego w zrównoważony rozwój nie tylko łagodzi skutki środowiskowe, gospodarcze i społeczne, ale także stawia go jako proaktywnego uczestnika globalnych wysiłków na rzecz osiągnięcia bardziej zrównoważonej przyszłości. Bez wątpienia przedsiębiorstwa działające w branży motoryzacyjnej są i będą – zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio – zmuszone do zmiany procesów produkcyjnych w celu dostosowania się do przepisów dotyczących ochrony środowiska. W Europie szereg dokumentów wskazuje kierunek, w jakim powinny zmierzać przedsiębiorstwa produkcyjne – np.: (1) European Green Deal, (2) Fit for 55 package, (3) Circular Economy Action Plan, (4) Ecodesign Directive, (5) EU Ecolabel, (6) EU Green Public Procurement (GPP), (7) Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). Mając na uwadze powyższe zagadnienia, można stwierdzić, że istotne znaczenie ma rozwój rozwiązań wspierających przedsiębiorstwa z branży motoryzacyjnej w procesie rozwoju nowego produktu.

5.4.3. ON3: Cel naukowy

W dzisiejszych czasach wysoko rozwinięta gospodarka i silna konkurencyjność rynku wymuszają na przedsiębiorstwach nie tylko ciągle zwiększanie efektywności w każdym obszarze, ale także – jak nigdy dotąd – uwzględnianie aspektów środowiskowych. Przedsiębiorstwa produkcyjne stoją obecnie przed wyzwaniem dostosowania swoich modeli biznesowych do zmieniających się oczekiwań rynku i wymagań wynikających ze ścieżki zrównoważonego rozwoju.

Przegląd literatury poświęcony:

- zorientowanym na zrównoważony rozwój modelom biznesowym,
- obecnym wyzwaniom stojącym przed zarządzaniem cyklem życia produktu
- i konieczności zmiany sposobu funkcjonowania przemysłu motoryzacyjnego

prowadzi do pewnych ważnych wniosków. Przede wszystkim opracowano do tej pory wiele modeli biznesowych na rzecz zrównoważonego rozwoju. Firmy, w zależności od swoich celów biznesowych, mogą właściwie wybrać odpowiedni model biznesowy, aby rozpocząć proces przejścia w kierunku zrównoważonego rozwoju i zielonej gospodarki. Co więcej, przejście w kierunku zdigitalizowane wytwarzania oraz presja legislacyjna powodują konieczność modyfikacji obecnych systemów klasy PLM (Product Lifecycle Management). Muszą one wspierać przedsiębiorstwa w zakresie wspólnych przepływów pracy i procesów, aby ulepszyć procesy zorientowane na zrównoważony rozwój i ekologię. Koncepcja zielonego zarządzania cyklem życia produktu (Green PLM) jest wciąż w fazie rozwoju. Można również zauważyć, że faza rozwoju nowego produktu (NPD) jest kluczowa z punktu widzenia dalszego oddziaływania na środowisko. Generalnie istnieją pewne metody dedykowane tym zagadnieniom – z których większość opiera się na podejściu Lifecycle Assessment (LCA), jednak brakuje dedykowanego rozwiązania opartego na modelach biznesowych zorientowanych na zrównoważony rozwój. Ponadto warto podkreślić, że szczególnie branża motoryzacyjna – ze względu na swój ogromny wpływ na środowisko – wymaga radykalnej zmiany sposobu prowadzenia zwyczajowych praktyk biznesowych. Na podstawie tych wniosków wyprowadzono główny cel badań, których realizacja zostaje wskazana jako osiągnięcie trzecie. Mając na uwadze szereg istniejących modeli biznesowych zorientowanych na zrównoważony rozwój oraz potrzebę rozwoju systemów klasy PLM w kierunku ekologiczności i zieloności (szczególnie w procesie rozwoju nowego produktu) oraz istotne zmiany w branży motoryzacyjnej, **głównym celem naukowym niniejszych badań było:**

opracowanie nowego podejścia do oceny ekologiczności („zieloności”) produktu, które opierałoby się na algorytmie zorientowanym na cele

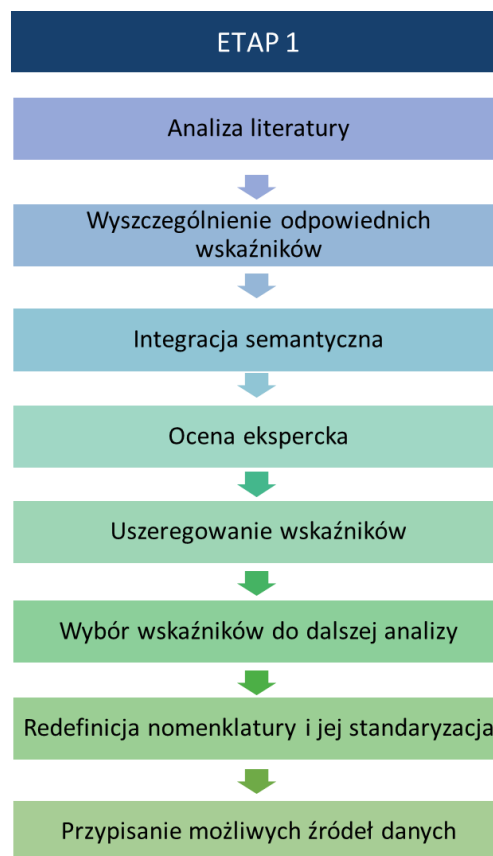
biznesowe i miałyby zastosowanie w fazie rozwoju nowego produktu dla branży motoryzacyjnej.

Cel ten odnosi się do zidentyfikowanej luki badawczej, którą jest brak kompleksowej metodyki wyboru wskaźników „zieloności” produktu dla zastosowań w zarządzaniu cyklem życia produktu (w szczególności w początkowej fazie rozwoju produktu) w przemyśle motoryzacyjnym. Ponadto realizacja tego celu pozwala znaleźć odpowiedź na pytanie: jak dokonać transformacji przedsiębiorstwa produkcyjnego w kierunku zrównoważonego rozwoju?

5.4.4. ON3: Opis kluczowych wyników

Aby osiągnąć powyższy cel, zaproponowana została czteroetapowa metodyka badań, która składa się z następujących części:

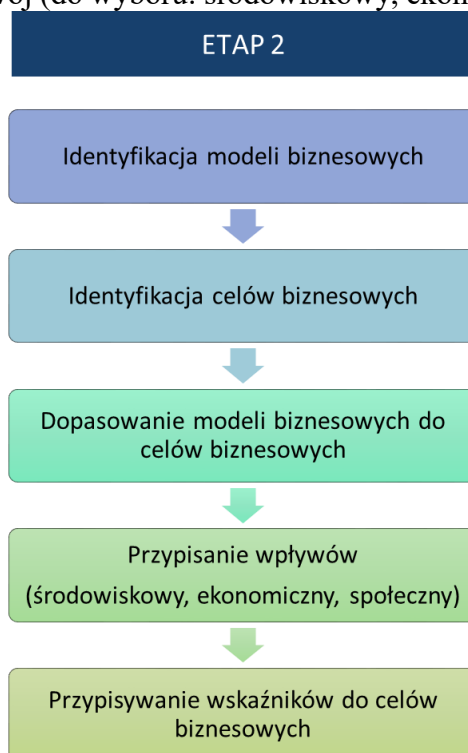
- **Etap 1: wstępna ocena i preselekcja kluczowych zielonych wskaźników dla branży motoryzacyjnej – Rys. 45 (wyniki badań przeprowadzonych w ramach tego etapu opublikowano w [122]),**
- **Etap 2: ocena znaczenia wskaźników dla zrównoważonych celów biznesowych i modeli biznesowych,**
- **Etap 3: ocena wskaźników i ich znaczenia w branży motoryzacyjnej,**
- **Etap 4: ocena „zieloności” produktu.**



Rys. 45 Algorytm wstępnej oceny i preselekcji kluczowych zielonych wskaźników dla branży motoryzacyjnej

Etap 1 zakładał wstępną ocenę i preselekcję 20 kluczowych wskaźników zieloności dla branży motoryzacyjnej, które w etapie 3 poddane zostaną dalszej analizie. Aby ocenić 20

wskaźników pod kątem ich znaczenia dla zrównoważonych celów biznesowych i modeli biznesowych, opracowano etap 2 metodyki badań – przedstawiony na Rys. 46. W pierwszym kroku etapu 2 cele biznesowe należy przeanalizować pod kątem aspektów związanych ze zrównoważonym rozwojem. Równolegle należy przeanalizować modele biznesowe skupione na kwestiach zrównoważonego rozwoju. Następnie dla każdego ze zdefiniowanych celów biznesowych należy zidentyfikować odpowiadające mu modele biznesowe i wskazać ich wpływ na zrównoważony rozwój (do wyboru: środowiskowy, ekonomiczny i/lub społeczny).



Rys. 46 Algorytm powiązania zidentyfikowanych wskaźników do celów biznesowych

Ostatnim krokiem tej metodyki jest przypisanie wskaźników, które można wykorzystać do osiągnięcia określonych celów biznesowych i odpowiadających im modeli biznesowych. Po dokonaniu oceny – wyselekcjonowanych w etapie 1 – 20 wskaźników pod kątem ich znaczenia dla zrównoważonych celów biznesowych i modeli biznesowych, zgodnie z etapem 2, zastosowana zostanie zaproponowana przeze mnie metodyka oceny wskaźników i ich znaczenia w branży motoryzacyjnej (etap 3). Schemat proponowanej przeze mnie metodyki przedstawiono na poniższym rysunku (Rys. 47). Na początek zdefiniowanych jest pięć nadrzędnych kryteriów oceny, a mianowicie:

1. Cechy wskaźnika,
2. Znaczenie dla firmy,
3. Znaczenie zrównoważonych celów biznesowych,
4. Znaczenie w ujęciu podsektorów,
5. Wpływ na środowisko, ekonomię i społeczeństwo.

Niektóre z nadrzędnych kryteriów zostały uszczegółowione, aby móc dokładniej ocenić wskaźniki:

1. Cechy wskaźnika:

- a) dostępność danych,
- b) trwałość = niska zmienność w czasie,
- c) potrzeba monitorowania - koszt zbierania danych,
- d) precyzja/jakość/poziom ufności,

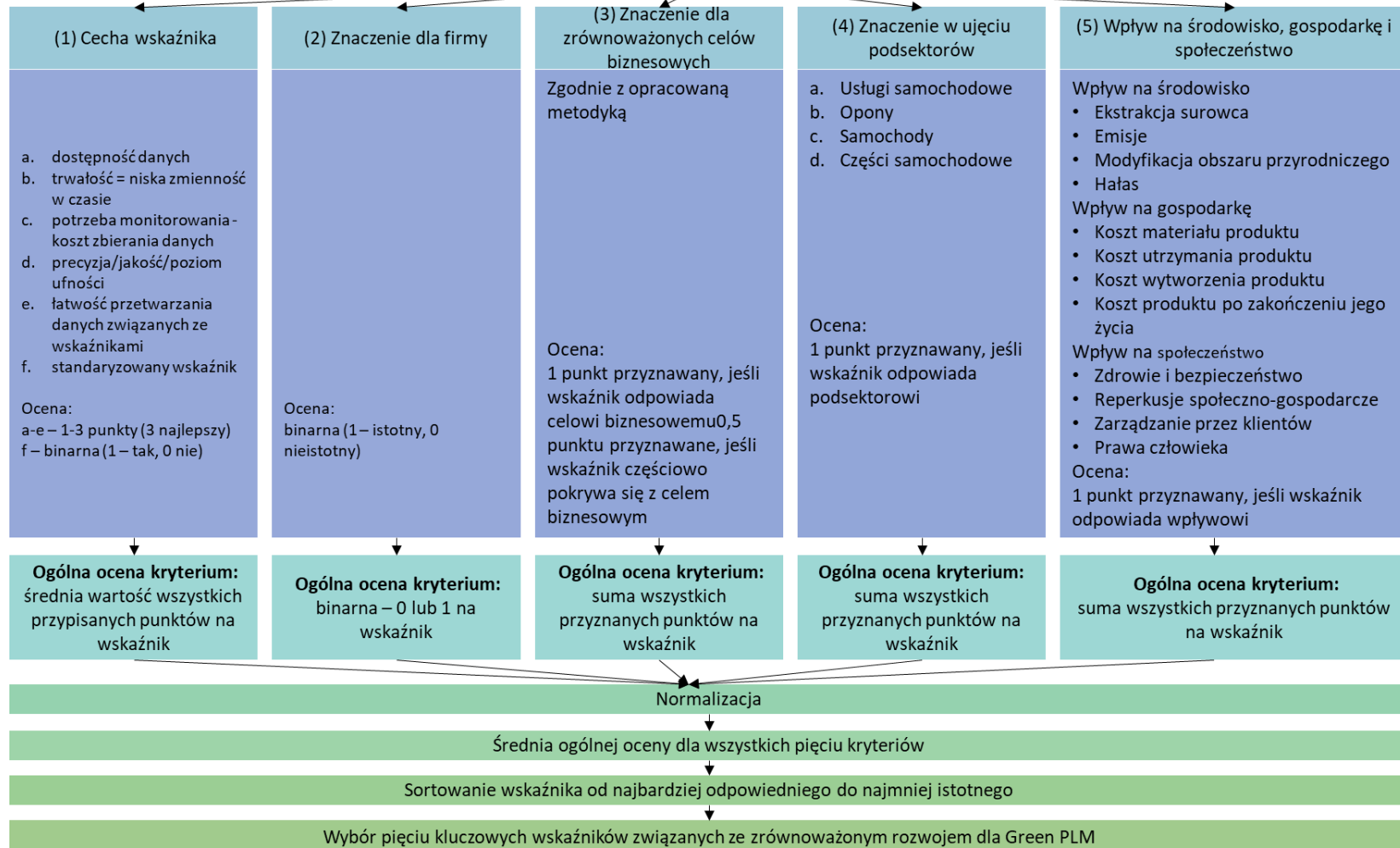
- e) łatwość przetwarzania danych związanych ze wskaźnikami,
 - f) standaryzowany wskaźnik,
- 2. Znaczenie dla firmy,**
- 3. Znaczenie dla zrównoważonych celów biznesowych,**
- 4. Znaczenie w ujęciu podsektorów:**
- a) Usługi samochodowe,
 - b) Opony,
 - c) Samochody,
 - d) Części samochodowe,
- 5. Wpływ na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo:**
- Wpływ na środowisko:
 - Ekstrakcja surowca,
 - Emisje,
 - Modyfikacja obszaru przyrodniczego,
 - Hałas,
 - Wpływ na gospodarkę:
 - Koszt materiału produktu,
 - Koszt utrzymania produktu,
 - Koszt wytworzenia produktu,
 - Koszt produktu po zakończeniu jego życia,
 - Wpływ na społeczeństwo:
 - Zdrowie i bezpieczeństwo,
 - Reperkusje społeczno-gospodarcze,
 - Zarządzanie przez klientów,
 - Prawa człowieka.

Zgodnie z krokiem 3 omawianej metodyki badań przedstawionym na Rys. 47 każde kryterium wymaga pogłębionej analizy i oceny, na podstawie której przypisywane są punkty. Następnie, po przyznaniu punktów, należy obliczyć ogólną ocenę kryterium – dla każdego kryterium nadrzędnego osobno. W kolejnym kroku wszystkie obliczone wartości należy znormalizować, aby umożliwić wzajemne porównanie i dalszą analizę. W ten sposób można oszacować średnią ogólną znormalizowanej oceny dla wszystkich pięciu kryteriów. Wreszcie, wskaźniki należy posortować od najbardziej do najmniej istotnych i tym samym można zidentyfikować kluczowe wskaźniki zorientowane na zrównoważony rozwój dla koncepcji Green PLM.

Po wybraniu kluczowych wskaźników zgodnie z etapem 3 omawianej metodyki, można je poddać dalszej analizie w celu wskazania sposobu ich wykorzystania pod kątem oceny „zieloności” produktu. Opracowany przeze mnie algorytm przedstawiony na kolejnym rysunku (Rys. 48) może służyć jako narzędzie pomagające firmie ocenić, w jakim stopniu jej produkt można określić jako „zielony”.

ETAP 3

Zdefiniowanie pięciu nadrzędnych kryteriów oceny



Rys. 47 Algorytm wyboru kluczowych wskaźników związanych ze zrównoważonym rozwojem dla Green PLM w przemyśle motoryzacyjnym

Reprezentuje on jednocześnie schemat etapu 4 metodyki badań, który składa się z 10 kroków.



Rys. 48 Algorytm oceniający „zieloność” projektowanego produktu

Aby uruchomić algorytm oceniający „zieloność” produktu, firma musi najpierw określić swoje cele biznesowe. Następnie na tej podstawie – zgodnie z zaproponowaną metodyką – należy dobrać odpowiednie wskaźniki. W kolejnym kroku należy określić wartości wskaźników i (w razie potrzeby) zagregować wyniki. Następnie należy określić odpowiadające im wartości produktu finalnego oraz wartość krytyczną wskaźników pod kątem „zieloności” produktu. W kolejnym kroku należy obliczyć wyniki dla wszystkich analizowanych wskaźników. Jeżeli wyniki spełniają wcześniej określone kryterium, za każdy wskaźnik przyznawany jest 1 punkt. W kolejnym kroku należy określić wagę każdego z kryteriów, a następnie zsumować (wartość X). Dalej dla każdego wskaźnika należy pomnożyć wartość punktową przez wagę kryterium i zsumować wyniki (wartość Y). Na koniec należy podzielić Y przez X. Uzyskana wartość określa procentowo stopień „zieloności” produktu.

Poniżej przedstawię fragmentarycznie wyniki opisanej wyżej czteroetapowej metodyki. Wyniki badań przeprowadzonych w ramach Etapu 1, jak było wspomniane wyżej, zostały opublikowane w czasopiśmie Energies w formule open access [122]), zatem nie będę ich przytaczać.

Etap 2: ocena znaczenia wskaźników dla zrównoważonych celów biznesowych i modeli biznesowych

Zgodnie z etapem 2 metodyki badawczej należy najpierw zidentyfikować cele biznesowe i modele biznesowe. Przegląd literaturowy poświęcony identyfikacji wielu modeli biznesowych zorientowanych na zrównoważony rozwój został przedstawiony pozwolił na zdefiniowanie ostatecznej listy modeli biznesowych wykorzystanych w dalszej analizie. Najbardziej odpowiednie modele biznesowe, które odpowiadają zrównoważonym celom biznesowym, zostały opisane w:

- British norm BS 8001:2025 [123],
- Lewandowski [124],
- IMSA [125],
- Clinton and Whisnart [126],
- Ellen MacArthur Foundation [127].

Są to²⁷:

- Produce On Demand / Made To Order,
- Remanufacture, Product Transformation,
- Recycling, Recycling 2.0, Resource Recovery,
- Closed Loop Production,
- Upcycle/ Upcycling,
- Digitalization,
- Dematerialized Services,
- Physical To Virtual,
- Product Life-Extension,
- Rental,
- Product As A Service,
- Circular Supplies,
- Repair,
- Facilitated Reuse,
- Product Modular Design,
- Upgrading,
- Next Life Sales,
- Resale,
- Refurbish And Resell,
- Refurbish, Repair, Remanufacture And Recondition,
- Recovery Of Secondary Materials/By-Products (Including Recycling),
- Recycling (Waste Handling & Repurpose),
- Remaking,
- Incentivized Return/Extended Producer Responsibility,
- Take Back Management,
- Asset Management,
- Incentivized Return And Reuse Or Next Life Sales,
- Lease Agreement,
- Innovative Product Financing,
- Pss: Product Lease,
- Sharing Economy,
- Collaborative Consumption, Sharing Platforms, Pss: Product Renting, Sharing Or Pooling,
- Collaborative Production,
- Shared Resource,
- Sharing Platforms/Resources (Collaborative Consumption),
- Sharing Platforms,
- Pay Per Use,
- Rematerialization,
- Buy One, Give One,
- Inclusive Sourcing,
- Maintenance And Repair,
- Freemium,
- Behavior Change,
- Energy Recover,
- Waste Reduction, Good Housekeeping, Lean Thinking, Fit Thinking,
- Chemical Leasing.

Cele biznesowe skupione na wdrażaniu zasad zielonej gospodarki definiuje się następująco:

1. minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię,
2. unikanie nadmiernych zapasów (overstocking),
3. zastąpienie infrastruktury fizycznej i aktywów usługami cyfrowymi/wirtualnymi,

²⁷ Przedstawiam modele biznesowe w języku angielskim zgodnie ze źródłem

4. projektować nowe produkty tak, aby były trwałe przez długi czas (durability),
5. ponowne używanie części/komponentów z naprawą/modernizacją lub bez niej,
6. zachęcanie do opłacalnych napraw produktów i ograniczanie konieczności wymiany zintegrowanych komponentów, zmniejszając w ten sposób zużycie zasobów,
7. ponowne wprowadzenie produktu na rynek w celu uzyskania drugiego lub kolejnego przychodu,
8. projektowanie produktów z surowców wtórnych/produktów ubocznych i recyklingu,
9. odzyskiwanie używanych/niechcianych produktów i ponowna ich sprzedaż,
10. zwiększanie ogólnej rentowności produktu w okresie najmu,
11. wzmocnienie relacji społecznych,
12. redukcja kosztów w stosunku do bezpośredniego pozyskiwania produktów/usług,
13. zwiększenie stopnia wykorzystania produktów i usług,
14. rozwijanie zupełnie nowych produktów z materiału źródłowego (odpadu),
15. przyciągnięcie konsumentów do sprawy (przekazanie części zysków potrzebującym),
16. tworzyć bardziej „etyczne” produkty poprzez ustalanie standardów dostawców lub przeprowadzanie audytów (w kierunku zrównoważonego pozyskiwania),
17. wydłużanie cyklu życia produktu,
18. zwiększenie „przywiązania” do klienta, co sprawi, że będzie on mniej skłonny do zakupu u innego dostawcy towaru/usługi,
19. przekształcenie odpadów nienadających się do ponownego wykorzystania w użyteczną energię cieplną, energię elektryczną lub paliwo,
20. ograniczenie ilości odpadów w procesie produkcyjnym i przed nim,
21. współpracowanie w łańcuchu dostaw prowadzącym do zamknięcia pętli materiałowych,
22. ograniczenie wpływu na środowisko i stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych.

Poniżej dla trzech wybranych celów biznesowych zaprezentowano przykładowe wyniki przeprowadzonej analizy. Każdy ze zrównoważonych celów biznesowych został powiązany z odpowiednimi modelami biznesowymi i ich wpływem (na środowisko, gospodarkę, społeczeństwo), wraz z typologią (źródło) i przypisano odpowiadające im zielone wskaźniki.

Cel biznesowy: **minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię**

Tabela 11 Cel biznesowy: minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię

Model biznesowy	Wpływ na	Typologia
Produce on demand / made to order	Środowisko, Gospodarkę	British norm BS 8001:2017
Produce on demand	Środowisko, Gospodarkę	Lewandowski
Remanufacture, Product Transformation	Środowisko, Gospodarkę	Lewandowski
Recycling, Recycling 2.0, Resource Recovery	Środowisko, Gospodarkę	Lewandowski
Closed Loop Production	Środowisko, Gospodarkę	Clinton and Whisnart
Upcycle	Środowisko, Gospodarkę	IMSA
Produce on Demand	Środowisko, Gospodarkę	Clinton and Whisnart

Powiązane zielone wskaźniki:

- materiał lekki (lightweight material)

- materiał zrównoważony (sustainable material)
- liczba części odnawialnych (number of renewable parts)
- liczba ponownie użytych części (number of reused parts assembled)
- zużycie energii (energy usage)
- zużycie wody (water usage)
- ilość odpadów (amount of waste)
- rozmiar produktu (product size) - częściowo
- waga produktu (product weight) - częściowo
- ilość złomu (amount of scrap) - częściowo

Cel biznesowy: ponowne używanie części/komponentów z naprawą/modernizacją lub bez niej

Tabela 12 Cel biznesowy: ponowne używanie części/komponentów z naprawą/modernizacją lub bez niej

Model biznesowy	Wpływ na	Typologia
Product as a Service	Środowisko, Gospodarkę, Społeczeństwo	Clinton and Whisnart
Recycling, Recycling 2.0, Resource Recovery	Środowisko	Lewandowski
Circular supplies	Środowisko, Gospodarkę	Lewandowski
Repair	Środowisko, Gospodarkę	Ellen MacArthur Foundation
Upcycling	Środowisko, Gospodarkę	Lewandowski
Upcycling	Środowisko, Gospodarkę	IMSA
facilitated reuse	Środowisko	British norm BS 8001:2019

Powiązane zielone wskaźniki:

- liczba części odnawialnych number of renewable parts
- number of reused parts assembled
- liczba ponownie użytych części
- zużycie energii (energy usage)
- zużycie wody (water usage)
- odpady poddane recyklingowi/ponownie wykorzystane (waste recycled/reused)

Cel biznesowy: wydłużanie cyklu życia produktu

Tabela 13 Cel biznesowy: wydłużanie cyklu życia produktu

Model biznesowy	Wpływ na	Typologia
Product as a Service	Środowisko, Gospodarkę, Społeczeństwo	Clinton and Whisnart
Rental	Środowisko, Gospodarkę, Społeczeństwo	Ellen MacArthur Foundation
Maintenance and Repair	Środowisko, Gospodarkę, Społeczeństwo	Lewandowski
Repair	Środowisko, Gospodarkę, Soci Społeczeństwo	IMSA
Freemium	Środowisko, Gospodarkę, Społeczeństwo	Clinton and Whisnart

Powiązane zielone wskaźniki:

- liczba części odnawialnych (number of renewable parts)
- liczba ponownie użytych części (number of reused parts assembled) - częściowo

Analogicznie do powyższych trzech przykładów przeprowadzono analizę dla wszystkich 22 zidentyfikowanych celów biznesowych. W kolejnym kroku wszystkie wskaźniki zostały przeanalizowane pod kątem ich przydatności do osiągnięcia zrównoważonych celów biznesowych. Wskaźniki przypisano jako odpowiadające (kolor niebieski - Tabela 14) lub częściowo odpowiadające (kolor jasnoniebieski - Tabela 14) określonym celom biznesowym (Tabela 14).

Tabela 14 Cele biznesowe zorientowane na zrównoważony rozwój powiązane z wskaźnikami Green PLM

Cele biznesowe zorientowane na zrównoważony rozwój	Zielone wskaźniki																			
	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	I.8	I.9	I.10	I.11	I.12	I.13	I.14	I.15	I.16	I.17	I.18	I.19	I.20
	materiał niezanieczyszczający	materiał niebezpieczny	materiał lekki	materiał zrównoważony	ślad węglowy materiału	ślad wodny materiału	liczba części odnawialnych	liczba ponownie użytych części	zmniejszone zużycie wody przez	rozmiar produktu	waga produktu	zużycie paliwa	ślad węglowy produktu	zużycie energii	zużycie wody	ilość odpadów	odpady poddane	woda zanieczyszczona	korzystanie z transportu	ilość złomu
Suma wpływu	2	2	1	5	2	2	7	7,5	1	0,5	0,5	2	2	2	2	4	4	0,5	2,5	5,5
minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię			1	1			1	1		0,5	0,5			1	1	1				0,5
unikanie nadmiernych zapasów (overstocking)																				
zastąpienie infrastruktury fizycznej i aktywów usługami cyfrowymi/wirtualnymi																				
projektować nowe produkty tak, aby były trwałe przez długi czas (durability)				1					0,5			1								
ponowne używanie części/komponentów z naprawą/modernizacją lub bez niej							1	1					1	1			1			
zachęcanie do opłacalnych napraw produktów i ograniczanie konieczności wymiany zintegrowanych komponentów, zmniejszając w ten sposób zużycie zasobów							1	1												1
ponowne wprowadzenie produktu na rynek w celu uzyskania drugiego lub kolejnego przychodu							1	1												
projektowanie produktów z surowców wtórnych/produktów ubocznych i recyklingu				1			1	1												1
odzyskiwanie używanych/niechcianych produktów i ponowna ich sprzedaż							1	1												
zwiększanie ogólnej rentowności produktu w okresie najmu									0,5			1								

Tabela 15 Ocena kryterium nadrzędnego nr 1: Cechy wskaźnika

Nr wskaźnika	dostępność danych	trwałość = niska zmienność w czasie	potrzeba monitorowania - koszt zbierania	precyzja/jakość/poziom ufności	łatwość przetwarzania danych	standaryzowany wskaźnik	Ocena cech wskaźnika
	1-3 punkty	1-3 punkty	1-3 punkty	1-3 punkty	1-3 punkty	0-1	średnia
I.1	3	3	3	3	2	1	2,5
I.2	3	3	3	3	2	1	2,5
I.3	2	3	2	2	2	0	1,8
I.4	3	3	3	3	2	0	2,3
I.5	1	2	1	2	2	1	1,5
...
I.16	2	3	3	2	2	0	2
I.17	2	3	1	2	1	0	1,5
I.18	1	1	1	1	1	0	0,8
I.19	3	1	3	3	3	0	2,2
I.20	3	1	3	3	3	0	2,2

Tabela 16 Ocena kryterium nadrzędnego nr 2: Znaczenie dla firmy

Nr wskaźnika	Znaczenie dla firmy (0-1)
I.1	1
I.2	1
I.3	1
I.4	1
I.5	1
...	...
I.16	1
I.17	1
I.18	0
I.19	0
I.20	0

Tabela 17 Ocena kryterium nadrzędnego nr 3: Znaczenie dla zrównoważonych celów biznesowych

Wskaźnik	Istotność (pełna)	Istotność (częściowa)
liczba części odnawialnych	7	
liczba ponownie użytych części	7	1
materiał zrównoważony	5	
ilość złomu	5	1
ilość odpadów	4	
odpady poddane recyklingowi/ponownie wykorzystane	4	
materiał niezanieczyszczający	2	

materiał niebezpieczny	2	
ślad węglowy materiału	2	
ślad wodny materiału	2	
zużycie paliwa	2	
ślad węglowy produktu końcowego	2	
zużycie energii	2	
zużycie wody	2	
korzystanie z transportu niskoemisyjnego	2	1
materiał lekki	1	
zmniejszone zużycie wody przez produkt	0	2
rozmiar produktu	0	1
waga produktu	0	1
woda zanieczyszczona	0	1

Tabela 18 Ocena kryterium nadrzędnego nr 4: Znaczenie w ujęciu podsektorów

Nr wskaźnika	Podsektory				Istotność we wszystkich podsektorach
	Usługi samochodowe	Opony	Samochody	Części samochodowe	
I.1	1	1	1	1	4
I.2	1	1	1	1	4
I.3	0	1	1	1	3
I.4	1	1	1	1	4
I.5	0	1	1	1	3
...
I.16	0	1	1	1	3
I.17	0	1	1	1	3
I.18	0	1	1	1	3
I.19	1	1	1	1	4
I.20	0	1	1	1	3

Tabela 19 Ocena kryterium nadrzędnego nr 5: *Wpływ na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo*

Nr wskaźnika	Wpływ na środowisko				Wpływ na gospodarkę				Wpływ na społeczeństwo				suma
	Ekstrakcja surowca	Emisje	Modyfikacja obszaru przyrodniczego	Hałas	Koszt materiału produktu	Koszt utrzymania produktu	Koszt wytworzenia produktu	Koszt produktu po zakończeniu jego życia	Zdrowie i bezpieczeństwo	Reperkusje społeczno-gospodarcze	Zarządzanie przez klientów	Prawa człowieka	
I.1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	7
I.2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	9
I.3	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	6
I.4	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10
I.5	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	5
...
I.16	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	8
I.17	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
I.18	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	7
I.19	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	6
I.20	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	7

Na podstawie przedstawionej powyżej analizy zastosowano ostatnie kroki etapu 3 metodyki badawczej. Uzyskane w rezultacie wyniki podsumowują ocenę w pięciu nadrzędnych kryteriach:

- Kryterium 1: Cechy wskaźnika - średnia wartość wszystkich przyznanych punktów na wskaźnik,
- Kryterium 2: Znaczenie dla firmy - wartość binarna na wskaźnik,
- Kryterium 3: Znaczenie dla zrównoważonych celów biznesowych - suma wszystkich przyznanych punktów na wskaźnik,
- Kryterium 4: Znaczenie w ujęciu podsektorów - suma wszystkich przyznanych punktów na wskaźnik,
- Kryterium 5: Wpływ na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo - suma wszystkich przyznanych punktów na.

Wyniki te znormalizowano i dla każdego wskaźnika (I.1-I.20) obliczono wartość średnią – otrzymane rezultaty zawiera Tabela 20.

Tabela 20 Normalizacja i obliczenie średniej dla wszystkich pięciu kryteriów

Nr wskaźnika	Kryterium1	Kryterium2	Kryterium3	Kryterium4	Kryterium5	Średnia
	Ocena cech wskaźnika	Znaczenie dla firmy	Znaczenie dla zrównoważonych celów biznesowych	Znaczenie w ujęciu podsektorów	Wpływ na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo	
I.1	0,91	1	0,21	1	0,43	0,71
I.2	0,91	1	0,21	1	0,71	0,77
I.3	0,55	1	0,07	0,75	0,29	0,53
I.4	0,82	1	0,64	1	0,86	0,86
I.5	0,36	1	0,21	0,75	0,14	0,49
...
I.16	0,64	1	0,5	0,75	0,57	0,69
I.17	0,36	1	0,5	0,75	0,57	0,64
I.18	0	0	0	0,75	0,43	0,24
I.19	0,73	0	0,29	1	0,29	0,46
I.20	0,73	0	0,71	0,75	0,43	0,52

Na podstawie powyższych obliczeń uszeregowano kluczowe wskaźniki Green PLM pod kątem ich znaczenia dla branży motoryzacyjnej z punktu widzenia zrównoważonego (Rys. 49).



Rys. 49 Ostateczny ranking kluczowych wskaźników związanych ze zrównoważonym rozwojem dla Green PLM

Wdrożenie trzech etapów czteroetapowej metodyki umożliwiło wyselekcjonowanie kluczowych wskaźników pod kątem ich znaczenia w branży motoryzacyjnej, a jednocześnie wskaźników, które można wykorzystać jako kluczowe wskaźniki związane ze zrównoważonym rozwojem dla rozwoju koncepcji Green PLM. Pięć kluczowych wskaźników to:

- I.8 liczba ponownie użytych części użytych,
- I.4 materiał zrównoważony,
- I.7 liczba części odnawialnych,
- I.2 materiał niebezpieczny,
- I.1 materiał niezanieczyszczający.

Zostały one wskazane jako najważniejsze i wszechstronne ze względu na to, że jednocześnie pozwalają:

- osiągnąć największą liczbę celów biznesowych związanych ze zrównoważonym rozwojem,
- są istotne dla największej liczby oddziaływań środowiskowych, gospodarczych i społecznych,
- odpowiadają największej liczbie podsektorów motoryzacyjnych,
- uzyskały najwyższe wyniki w zakresie pożądanych cech wskaźnika,
- są istotne dla firmy.

Etap 4: ocena „zieloności” produktu

Zgodnie z etapem 4 omawianej metodyki zastosowany został zaproponowany przeze mnie algorytm oceniający „zieloność” produktu. Należy zaznaczyć, że zastosowanie proponowanego algorytmu może różnić się w zależności od potrzeb (np. aspektów promocyjnych/komunikacyjnych), wydaje się jednak, że powinien być on stosowany przede wszystkim jako narzędzie umożliwiające użytkownikowi porównanie produktu na swojej drodze w kierunku „zieloności”. Można założyć hipotetyczną sytuację, że firma opracowuje produkt „A” i przypisuje szereg wskaźników i odpowiadających im wartości w celu oceny jego „zieloności”. Następnie po pewnym czasie powstaje kolejny produkt – produkt „B” (np. może to być kolejna generacja produktu „A”). Firma ponownie przypisuje szereg wskaźników o odpowiednich wartościach, aby ocenić poziom „zieloności” produktu „B”. Tym samym produkty „A” i „B” można porównywać pod kątem ich „zieloności”. Jeżeli poziom „zieloności” wzrósł, można stwierdzić, że firma prawidłowo realizuje cel zrównoważonego rozwoju i skutecznie realizuje swoje cele biznesowe. Zaprezentowany poniżej algorytm został opracowany dla pięciu wskaźników wybranych w poprzedniej części analizy. Niemniej jednak należy podkreślić, że algorytm można łatwo dostosować do innego zestawu wskaźników. Aby zademonstrować zastosowanie zaproponowanego algorytmu, jako przykład opracowałam poniższe tabele (Tabela 21, Tabela 22).

Tabela 21 Algorytm definiujący „zieloność” produktu – egzemplifikacja – część 1

Cele biznesowe, do których odnosi się każdy wskaźnik	Relacja	Nr wskaźnika	Wskaźnik
<ul style="list-style-type: none"> - tworzyć bardziej „etyczne” produkty poprzez ustalanie standardów dostawców lub przeprowadzanie audytów (w kierunku zrównoważonego pozyskiwania) - ograniczenie wpływu na środowisko i stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych 	Związany z materiałem	I.1	materiał niezanieczyszczający
<ul style="list-style-type: none"> - tworzyć bardziej „etyczne” produkty poprzez ustalanie standardów dostawców lub przeprowadzanie audytów (w kierunku zrównoważonego pozyskiwania) - ograniczenie wpływu na środowisko i stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych 		I.2	materiał niebezpieczny
<ul style="list-style-type: none"> - minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię - projektować nowe produkty tak, aby były trwałe przez długi czas (durability) - projektowanie produktów z surowców wtórnych/produktów ubocznych i recyklingu - przyciągnięcie konsumentów do sprawy (przekazanie części zysków potrzebującym) - tworzyć bardziej „etyczne” produkty poprzez ustalanie standardów dostawców lub przeprowadzanie audytów (w kierunku zrównoważonego pozyskiwania) 		I.4	materiał zrównoważony
<ul style="list-style-type: none"> - minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię - ponowne używanie części/komponentów z naprawą/modernizacją lub bez niej - zachęcanie do opłacalnych napraw produktów i ograniczanie konieczności wymiany zintegrowanych komponentów, zmniejszając w ten sposób zużycie zasobów - ponowne wprowadzenie produktu na rynek w celu uzyskania drugiego lub kolejnego przychodu - projektowanie produktów z surowców wtórnych/produktów ubocznych i recyklingu - odzyskiwanie używanych/niechcianych produktów i ponowna ich sprzedaż - wydłużanie cyklu życia produktu 		I.7	liczba części odnawialnych
<ul style="list-style-type: none"> - minimalizowanie zapotrzebowania na surowce i/lub energię - ponowne używanie części/komponentów z naprawą/modernizacją lub bez niej - zachęcanie do opłacalnych napraw produktów i ograniczanie konieczności wymiany zintegrowanych komponentów, zmniejszając w ten sposób zużycie zasobów, - ponowne wprowadzenie produktu na rynek w celu uzyskania drugiego lub kolejnego przychodu, - projektowanie produktów z surowców wtórnych/produktów ubocznych i recyklingu - odzyskiwanie używanych/niechcianych produktów i ponowna ich sprzedaż, - to increase utilization rate of products and services - wydłużanie cyklu życia produktu 	Związany z produktem	I.8	liczba ponownie użytych części użytych

Tabela 22 Algorytm definiujący „zieloność” produktu – egzemplifikacja – część 2

Wskaźnik	„Zieloność” części, jeżeli kryterium wynosi:	Procent	Wyjaśnienie	Waga [kg]	Np.	Waga [kg]	Np.	Procent	“Greenness” threshold	Uwagi	Jeśli spełnia kryterium - 1 punkt	Waga kryterium *	Punkt x waga kryterium	Status „zieloności” produktu *
material niezanieczyszczający	tak	100%	Udział wagi materiałów niezanieczyszczających [kg] do całkowitej wagi produktu [kg] w ujęciu procentowym	waga wszystkich niezanieczyszczających materiałów w produkcie	1438	całkowita waga produktu	1500	95,87%	90%	Wartość krytyczna – ustalona przez przedsiębiorstwo	1	0,9	0,9	86,00%
material niebezpieczny	nie	100%	Udział wagi materiałów niebezpiecznych [kg] do całkowitej wagi produktu [kg] w ujęciu procentowym	waga wszystkich innych niż niebezpieczne materiałów w produkcie	1476	całkowita waga produktu	1500	98,40%	95%	Wartość krytyczna – ustalona przez przedsiębiorstwo	1	1,5	1,5	
material zrównoważony	tak	100%	Udział wagi materiałów zrównoważonych [kg] do całkowitej wagi produktu [kg] w ujęciu procentowym	waga wszystkich zrównoważonych materiałów w produkcie	523	całkowita waga produktu	1500	34,87%	30%	Wartość krytyczna – ustalona przez przedsiębiorstwo	1	1,2	1,2	
liczba części odnawialnych	n/a	n/a	Proportion of the weight of all renewable parts [kg] to the total weight of the product [kg] in percentage terms	waga wszystkich części odnawialnych w produkcie	350	całkowita waga produktu	1500	23,33%	20%	Wartość krytyczna – ustalona przez przedsiębiorstwo	1	0,7	0,7	
liczba ponownie użytych części	n/a	n/a	Proportion of the weight of all reused parts assembled [kg] to the total weight of the product [kg] in percentage terms	waga wszystkich ponownie użytych części użytych w produkcie	290	całkowita waga produktu	1500	19,33%	20%	Wartość krytyczna – ustalona przez przedsiębiorstwo	0	0,7	0	

* waga – ustalona przez przedsiębiorstwo

Zgodnie z powyższym przykładem, po wyszczególnieniu celów biznesowych można dobrać odpowiednie wskaźniki (zgodnie z etapem 3 metodyki). Następnie można sprawdzić, czy wskaźnik jest powiązany z pojedynczą częścią (i dzięki temu można bezpośrednio ocenić, czy dana część jest „zielona” czy nie), czy też jest powiązany ze złożeniem. I tak - przykładowo - we wskaźniku I.1 materiał niezanieczyszczający można stwierdzić, że jeśli część jest zbudowana z materiału niezanieczyszczającego, można ją ocenić jako w 100% ekologiczną. W przypadku wskaźnika I.2 materiał niebezpieczny, jeśli materiał jest niebezpieczny, jest to sytuacja negatywna. Zatem, aby ocenić część jako w 100% ekologiczną, oczekuje się, że wartość wskaźnika I.2 będzie wynosić „nie” – co oznacza, że część jest zbudowana z materiału bezpiecznego. Z drugiej strony, jeśli weźmiemy pod uwagę wskaźnik I.8 liczba ponownie wykorzystanych części, który nie odnosi się do części (ale do złożenia), status wynosi n/a. Tego typu wskaźnik można rozpatrywać i analizować jedynie na poziomie produktu (czyli złożenia). Aby ocenić, czy produkt końcowy jest „zielony”, czy też nie i w jakim stopniu jest on „zielony”, należy przeprowadzić pewne agregacje i obliczenia. Zatem początkowo, wzorując się na przykładzie wskaźnika I.1 materiał niezanieczyszczający, należy zidentyfikować wszystkie części produktu końcowego zbudowanego z materiałów niezanieczyszczających. Następnie należy zsumować ich wagi. Następnie należy określić całkowitą masę produktu końcowego. Mając wagę wszystkich niezanieczyszczających materiałów w produkcie i wagę produktu końcowego, można obliczyć proporcję tych dwóch. Otrzymuje się wówczas rzeczywistą wartość procentową (np. 95,87% dla I.1). Wartość tę należy porównać z progiem „zieloności”, który firma powinna określić. Jeżeli rzeczywista wartość procentowa obliczona dla danego wskaźnika jest większa od progu „zieloności” (a więc kryterium jest spełnione) można przyznać 1 punkt. Dla każdego wskaźnika firma powinna ustalić wagi dla każdego kryterium (wartości stałe), tak aby było jasne, jak ważny jest dany wskaźnik dla „zieloności” całego produktu. I tak na przykład firma może założyć, że wskaźnik I.2 materiał bezpieczny (kryterium = 1,5) jest ważniejszy niż wskaźnik I.4 materiał zrównoważony (kryterium = 1,2). Kierując się algorytmem określającym „zieloność” produktu, po ustaleniu wszystkich wag kryteriów można je zsumować. Następnie dla każdego wskaźnika należy pomnożyć wartość punktową wynikającą ze spełnienia progu „zieloności” (1 pkt) lub jego braku (0 pkt) przez wagę kryterium. Wartości tych produktów należy zsumować. W ostatnim kroku można obliczyć status „zieloności” produktu, dzieląc te dwie wartości. W rezultacie zostanie określona wartość procentowa. Tutaj także firma powinna określić wartość krytyczną – kiedy produkt można uznać za „zielony” (np. kiedy stan „zieloności” produktu przekracza 75%).

Niniejsze osiągnięcie naukowe odnosi się do zidentyfikowanej luki badawczej, którą jest brak kompleksowej metodyki wyboru wskaźników „zieloności” produktu dla zastosowań w zarządzaniu cyklem życia produktu (w szczególności w początkowej fazie rozwoju produktu) w przemyśle motoryzacyjnym. Przedstawione w tym podrozdziale wyniki badań stanowią wypełnienie tej luki. Jednocześnie zaproponowana metodyka stanowi wsparcie dla przedsiębiorstw produkcyjnych w procesie transformacji w kierunku zrównoważonego rozwoju. Podsumowując krótko uzyskane wyniki:

W wyniku przeprowadzonej analizy literatury skupiającej się na (1) identyfikacji modeli biznesowych odpowiadających zrównoważonemu rozwojowi, (2) wskazaniu obecnych trendów i potrzeb w zakresie zielonego Zarządzania Cyklem Życia Produktu (Green PLM) i zdefiniowaniu bieżących wyzwań w przemyśle motoryzacyjnym określono, że konieczne jest opracowanie nowego podejścia do oceny zieloności produktu, które opierałoby się na algorytmie zorientowanym na cele biznesowe i możliwym do wdrożenia w fazie rozwoju nowego produktu w przemyśle motoryzacyjnym. Cel ten został osiągnięty. **Czterostopniowa metodyka badań pozwoliła:**

- **dokonać wstępnej oceny i preselekcji kluczowych zielonych wskaźników dla branży motoryzacyjnej (Etap 1),**
- **ocenić znaczenie wskaźników dla zrównoważonych celów biznesowych i modeli biznesowych (Etap 2),**
- **dokonać oceny wskaźników i ich znaczenia w branży motoryzacyjnej (Etap 3)**
- **i ostatecznie ocenić „zieloność” produktu (Etap 4).**

To kompleksowe podejście jest innowacyjne, gdyż opiera się na perspektywie biznesowej. Wybór odpowiednich celów biznesowych i odpowiadających im modeli biznesowych prowadzi do wyboru odpowiedniego podzbioru wskaźników. W tej całościowej analizie uwzględnianych jest jeszcze kilka aspektów, a mianowicie cechy wskaźnika, znaczenie dla przedsiębiorstwa produkcyjnego, znaczenie dla zrównoważonych celów biznesowych, znaczenie z punktu widzenia podsektorów przemysłu motoryzacyjnego oraz wpływu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo. **Przykład zastosowania proponowanej metodyki doprowadził do wyboru pięciu kluczowych, zorientowanych na zrównoważony rozwój, zielonych wskaźników zarządzania cyklem życia produktu i najważniejszych dla branży motoryzacyjnej:**

I.8 liczba ponownie użytych części użytych

I.4 materiał zrównoważony

I.7 liczba części odnawialnych

I.2 materiał niebezpieczny

I.1 materiał niezanieczyszczający

Zgodnie z Etapem 4 metodyki badań zastosowano algorytm oceniający „zieloność” produktu. Umożliwia on obliczenie wartości „zieloności” produktu w odniesieniu do kluczowych zielonych wskaźników PLM (wybranych zgodnie z Etapami 1-3). Próg „zieloności” powinien być określony przez firmę zgodnie z jej wewnętrzną polityką i być zgodny z celami firmy i bieżącymi potrzebami. Dokładne wartości tych progów mogą wynikać na przykład z oczekiwań klientów. Mogą być również narzucone przez wartości krytyczne ustalone przez centralę. Ponadto ustalając progi „zieloności”, firma powinna monitorować obowiązujące przepisy prawa i regulacje – zarówno krajowe, jak i międzynarodowe.

5.4.5. ON3: Powiązane publikacje naukowe

1. Helman, J., **Rosienkiewicz, M.**, Cholewa, M., Molasy, M., Oleszek, S. (2023). **Towards GreenPLM—Key Sustainable Indicators Selection and Assessment Method Development.** *Energies*, 16(3), 1137 (IF 3.2)
<https://doi.org/10.3390/en16031137>
2. **Rosienkiewicz, M.**, Helman, J., Cholewa, M., Molasy, M., Oleszek, S., Berselli G., **Green PLM: business goals-oriented algorithm assessing the greenness of a product in the new product development phase for the automotive industry,**
w procesie recenzji w *Annals of Operations Research* (IF 4.8)
3. Cholewa, M., Helman, J. **Rosienkiewicz, M.**, Molasy, M., Oleszek, S., Berselli G., **GreenPLM: The concept of sharing community knowledge for new green product development and process planning,**
w procesie recenzji w *Annals of Operations Research* (IF 4.8)

Powyższe dwa artykuły przedstawiam do wglądu na końcu **Załącznika nr 7.**

5.5. Osiągnięcie naukowe nr 4: 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe

5.5.1. Nazwa osiągnięcia naukowego nr 4

Jako **czwarte** osiągnięcie naukowe (ON4), stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy **wskazuję zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe**, a jego nazwa to:

„Opracowanie koncepcji i wdrożenie elementów metodyki *lean mining* dla przemysłu wydobywczego”.

Niniejsze osiągnięcie powstało w ramach projektu „Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi”, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Numer umowy: NR09-0011-10/2011

Budżet projektu 5, 47 mln PLN

Konsorcjum:

1. Politechnika Wroclawska, lider projektu
2. KGHM Cuprum Centrum Badawczo-Rozwojowe sp. z o.o.
3. KGHM Polska Miedź S.A.

Oświadczenia członków zespołów projektowych przedstawiam w Załączniku nr 5.

5.5.2. ON4: Wprowadzenie – motywacja do podjętych działań naukowych

W obliczu dynamicznych zmian i ciągłego poszukiwania efektywnych rozwiązań operacyjnych, metodyka lean manufacturing stanowi nieodłączny element transformacji wielu gałęzi przemysłu na całym świecie. Wywodzące się z przemysłu samochodowego, szczególnie z systemu produkcyjnego Toyoty (Toyota Production System - TPS), podejście to zyskuje uznanie za skuteczność w usprawnianiu procesów produkcyjnych i biznesowych. Jednakże, adaptacja metodyki lean manufacturing do przemysłu wydobywczego jest wyzwaniem, które wymaga szczególnej uwagi badawczej. Metodyka lean manufacturing, rozwinięta pierwotnie w kontekście produkcji seryjnej w przemyśle samochodowym, odnosi sukcesy w różnych sektorach gospodarki, przynosząc rezultaty w postaci efektywności operacyjnej i konkurencyjności. W przypadku przemysłu wydobywczego, który odgrywa kluczową rolę w zapewnianiu surowców dla wielu gałęzi przemysłu, adaptacja zasad lean staje się istotnym wyzwaniem i równocześnie szansą na zwiększenie efektywności operacyjnej. Przemysł wydobywczy, mimo że podlega ogólnym zasadom rynkowym, ekonomicznym i zarządczym, charakteryzuje się wyjątkową specyfiką, która wymaga indywidualnego podejścia do procesów zarządzania. Ekstrakcja, transport i przetwarzanie surowców mineralnych sprawiają, że tradycyjne podejście lean może wymagać adaptacji, a nawet rewizji, aby dostosować się do unikalnych wyzwań tego sektora – przede wszystkim wynikających z bardzo trudnych warunków pracy. Badania nad adaptacją lean manufacturing do przemysłu wydobywczego nabierają zatem szczególnego znaczenia. Skuteczne dostosowanie zasad lean do specyfiki procesów wydobywczych może przyczynić się do zwiększenia efektywności operacyjnej, redukcji kosztów, zminimalizowania marnotrawstwa oraz zwiększenia elastyczności procesów produkcyjnych. W rezultacie, przemysł wydobywczy może skorzystać nie tylko z optymalizacji operacyjnej, ale także z poprawy konkurencyjności na rynku globalnym. W obliczu powyższych faktów, istotne staje się przeprowadzenie interdyscyplinarnych badań nad

adaptacją zasad lean manufacturing do przemysłu wydobywczego. Analiza skuteczności wdrażania zasad, metod i narzędzi lean w różnych obszarach procesów wydobywczych pozwoli na wypracowanie najlepszych praktyk, uwzględniając specyfikę surowców mineralnych. Badania te nie tylko poszerzą wiedzę na temat zastosowania lean w przemyśle wydobywczym, lecz także otworzą nowe horyzonty dla zrównoważonego i efektywnego rozwoju tego kluczowego sektora gospodarki. W momencie kiedy rozpoczynał się projekt „Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi, czyli nieco ponad 10 lat temu, w literaturze nie można było znaleźć konkretnych wyników badań poświęconych implementacji metod i narzędzi lean w przemyśle wydobywczym. Istniały wtedy pojedyncze publikacje poświęcone temu problemowi (głównie dotyczyły kopalni Rio Tinto²⁸), a w Polsce badania nad możliwością adaptacji i wdrożenia metodyki lean manufacturing w przemyśle wydobywczym (czyli *lean mining*) nie istniały. Nasz zespół jako pierwszy w Polsce i jeden z pierwszych na świecie podjął się prowadzenia badań w tym zakresie.

5.5.3. ON4: Cel naukowy

Cel naukowy związany z osiągnięciem nr 4 można zdefiniować bardzo krótko. W momencie rozpoczęcia moich badań **brak było w literaturze i praktyce przemysłowej kompleksowej metodyki wdrożenia zarządzania opartego na lean manufacturing w przemyśle wydobywczym** (czyli brak metodyki *lean mining*, co można przetłumaczyć jako szczupłe wydobywanie). **Zatem celem naukowym było:**

opracowanie koncepcji lean mining i metodyki wdrożenia zarządzania opartego na lean manufacturing w przemyśle wydobywczym.

Jednocześnie luka badawcza w tym obszarze pozwoliła zdefiniować pytanie **jak dokonać transformacji przedsiębiorstwa w kierunku szczupłej produkcji?** Moje badania przedstawione w osiągnięciu nr 4 stanowią próbę odpowiedzi na to właśnie pytanie.

5.5.4. ON4: Opis kluczowych wyników

W ramach badań realizowanych w projekcie „Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi” byłam odpowiedzialna, jako główny wykonawca projektu, za opracowanie koncepcji i wdrożenia elementów metodyki *lean mining* dla przemysłu wydobywczego. Zakres moich badań obejmował:

- opracowanie oraz wdrożenie koncepcji adaptacji metody Mapowania strumienia wartości (*Value Stream Mapping*) do warunków przemysłu wydobywczego,
- opracowanie oraz wdrożenie koncepcji funkcjonowania systemu Kaizen do warunków przemysłu wydobywczego,
- opracowanie oraz wdrożenie koncepcji adaptacji metodyki TPM (Total Productive Maintenance) dla wozów odstawczych w wybranej komorze maszyn ciężkich.

W wyniku tych prac wdrożono w KGHM Polska Miedź S.A. m.in.²⁹:

1. Elementy metodyki Totalnego Utrzymania Ruchu (Total Productive Maintenance TPM), na które składały się m.in.:
 - Metoda przeprowadzania standaryzacji napraw;

²⁸ Brytyjsko-australijskie przedsiębiorstwo, trzeci pod względem wielkości koncern wydobywczy na świecie i największy pod względem wydobywania węgla.

²⁹ Potwierdzenie wdrożenia przedstawiam w Załączniku nr 7.

- Opracowany zgodnie z zasadami 5S, ergonomii i BHP projekt wnętrza w Komorze Maszyn Ciężkich dla mechaników maszyn dołowych;
2. Pilotaż koncepcji systemu ssącego do zarządzania częściami zamiennymi wozów odstawczych;
 3. Koncepcję realizacji „pomysłów pracowniczych” Kaizen, której celem była aktywizacja pracowników (przede wszystkim dołowych) do dzielenia się wiedzą oraz zwiększenie innowacyjności przedsiębiorstwa.

Poniżej przedstawię krótko wybrane wyniki składające się osiągnięcie naukowe nr 4, czyli „Opracowanie koncepcji i wdrożenie elementów metodyki *lean mining* dla przemysłu wydobywczego”.

W metodyce lean manufacturing kluczową pozycję zajmuje wartość. Może być ona zdefiniowana tylko przez końcowego użytkownika. Określenie wartości ma sens tylko wtedy kiedy jest wyrażona odniesieniu do konkretnego produktu lub usługi (lub obydwu jednocześnie), które zaspokajają potrzeby klienta przy określonej cenie i w określonym czasie. Aby możliwe było wykorzystanie metody mapowania strumienia wartości do warunków przemysłu wydobywczego należy w pierwszej kolejności ustalić definicję wartości. Specyfika tego przemysłu wymaga odpowiedniego rozumienia pojęcia wartości. Jej zdefiniowanie jest kluczowe aby można było określić strumień wartości, dokonać mapowania strumienia, a także rozważyć możliwość zastosowania systemu ssącego (*pull*). Przez strumień wartości należy rozumieć wszystkie czynności – dodające i nie dodające wartości, które konieczne są przeprowadzenia produktu przez główne przepływy wartości. Istotą mapowania strumienia wartości jest dostrzeżenie przepływu oraz marnotrawstwa, a także jego źródeł w strumieniu wartości [128]. Poniższa tabela zawiera zestawienie przykładów występowania marnotrawstwa w kopalni z siedmioma podstawowymi typami marnotrawstwa występującymi w przemyśle motoryzacyjnym [129].

Tabela 23 Przykład marnotrawstwa mogącego wystąpić w kopalni w odniesieniu do typów marnotrawstwa w przemyśle motoryzacyjnym; oprac.własne

Typ marnotrawstwa zdefiniowany dla przemysłu motoryzacyjnego	Przykład marnotrawstwa mogącego wystąpić w kopalni
nadprodukcja (<i>overproduction wastes</i>)	wydajność kopalni może przewyższać wydajność przetwarzania rudy przez ZWR lub hutę
zbędny ruch (<i>motion wastes</i>)	operatorzy muszą daleko chodzić żeby przekazać maszynę lub pójść na przerwę; przejazdy maszyn po nieoptymalnych trasach
oczekiwanie (<i>waiting wastes</i>)	wozy odstawcze oczekujące w miejscu wydobycia (przodek) lub w miejscu zrzutu (krata); ładowarki oczekujące na powrót wozów odstawczych
zbędny transport (<i>transportation wastes</i>)	transportowanie rudy wiele razy zanim dotrze do miejsca przeznaczenia; transport materiałów w niewłaściwe miejsce
zapasy (<i>inventory wastes</i>)	utrzymanie nadmiaru lub zbyt małej wielkości zapasów, części zamiennych, materiałów
wady, naprawy lub powtórzenie prac (<i>defective production wastes</i>)	zanieczyszczony urobek; konieczność obrywki ręcznej; zawodniony urobek; naprawa pojazdów po wlewniu zbyt dużej ilości oleju

nadmierna obróbka <i>(processing wastes)</i>	ruda przetwarzana do wyższej jakości niż klient tego wymaga i tym samym jest skłonny zapłacić; wywiercenie zbyt wielu otworów
--	--

Metoda Mapowania Strumienia wartości (*Value Stream Mapping*) VSM była dotychczas powszechnie stosowana głównie w przedsiębiorstwach *stricte* produkcyjnych. Sposób prawidłowego wykonania mapowania strumienia wartości jest w literaturze opisywany głównie w odniesieniu do specyfiki produkcji powtarzalnej i stabilnej. Literatura przedmiotu nie dostarcza wskazówek do wykonania mapy strumienia wartości dla procesów zachodzących w kopalni. Warunki te są bardzo specyficzne i różnią się znacząco od sytuacji typowych dla przedsiębiorstw produkcyjnych. Dlatego też w celu możliwie najlepszego zweryfikowania przydatności metody do warunków przemysłu wydobywczego, opracowano dwie koncepcje wykonania mapowania strumienia wartości w kopalni. W trakcie prac nad koncepcją adaptacji metody VSM zaproponowano dwie alternatywne definicje wartości. Według pierwszej definicji wartością w kopalni jest ruda o konkretnej charakterystyce. Określono wszystkie cechy, które powinna ona posiadać, aby spełniać wymagania klienta. W drugim podejściu wartość stanowi usługa dostarczenia maszyn z Komory Maszyn Dołowych (KMD) (lub zamiennie Komory Maszyn Ciężkich KMC) do obszaru prac wydobywczych. Przyjęcie dwóch odrębnych definicji wartości skutkuje koniecznością wykonania dwóch różnych map strumienia wartości.

Koncepcje mapowania procesu wydobywczego metodą VSM

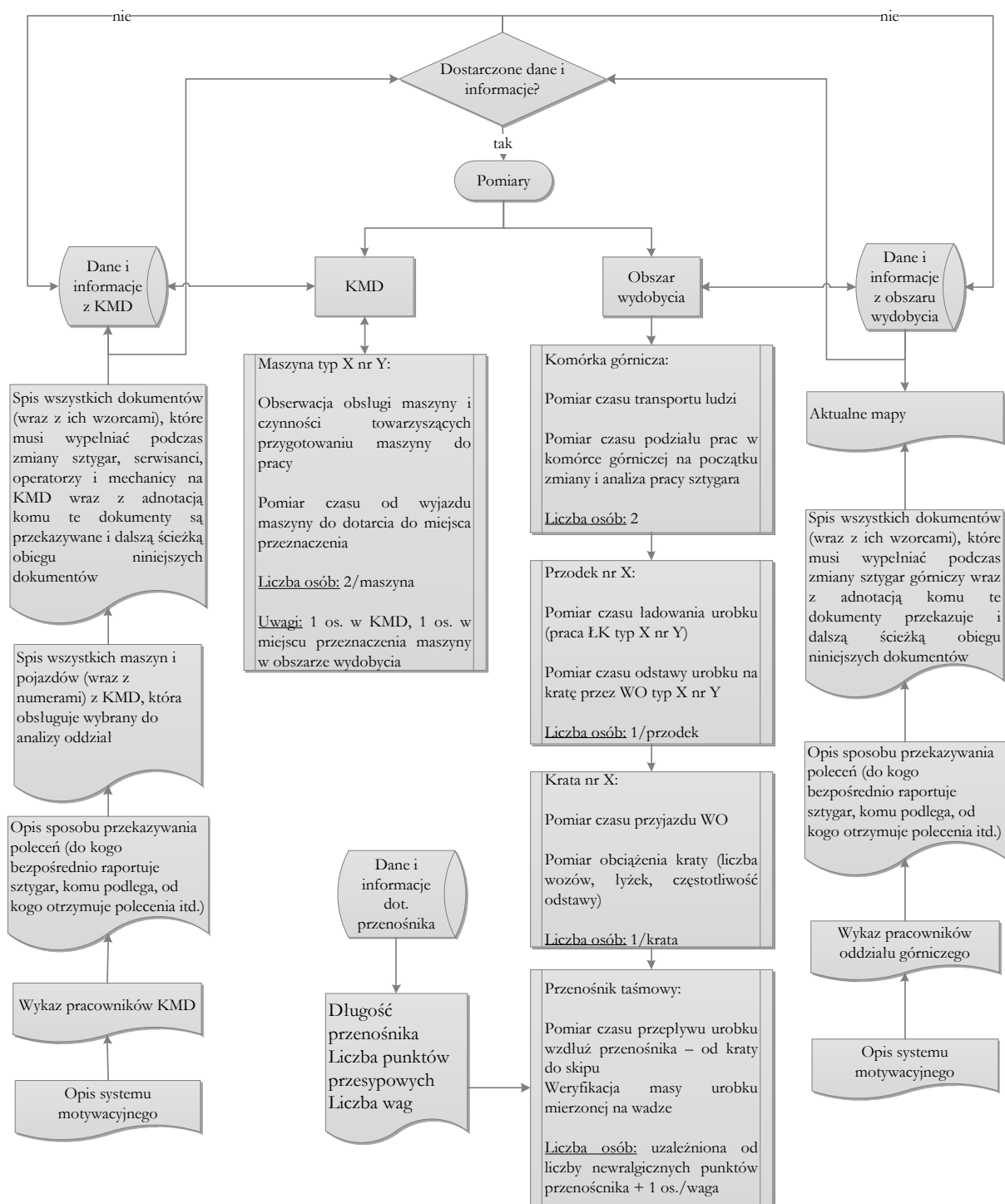
Koncepcja odpowiadająca pierwszej definicji wartości pozwala na opracowanie mapy stanu obecnego, która umożliwi:

- zobrazowanie procesu przepływu materiału i informacji towarzyszącemu odstawie urobku,
- zaobserwowanie relacji między przepływami fizycznymi, a przepływami informacji,
- wskaże problemy występujące w przepływie informacji i przepływach fizycznych,
- zobrazuje, ile czasu potrzeba na przeprowadzenie urobku przez proces odstawy,
- ile z tego czasu urobek jest faktycznie przetwarzany, a ile to czas przeznaczony na operacje i zabiegi nie dodające wartości.

W obecnym systemie organizacyjnym panującym w kopalni maszyny z Komory Maszyn Dołowych są dostarczane do prac wydobywczych na zasadach systemu pchającego (*push*). Celem badania opartego na koncepcji będącej pochodną drugiej definicji wartości jest dokonanie analizy możliwości przekształcenia tego systemu w system ssący (*pull*). Mapowanie strumienia wartości miałooby na celu opracowanie mapy stanu obecnego opisującej przepływ maszyn (wraz z dedykowanymi częściami i materiałami) i informacji dla usługi dostarczenia maszyn z KMD do przodków bądź innego miejsca ich przeznaczenia.

Algorytm pomiarów i obserwacji procesu

Warunki panujące w kopalni są bardzo specyficzne i z tego powodu proces obserwacji i pomiarów towarzyszący wykonywaniu mapy stanu obecnego musi zostać odpowiednio dostosowany. W kopalni funkcjonują bardzo rygorystyczne reguły dotyczące bezpieczeństwa i z tego powodu dokonanie niektórych pomiarów przez obserwatora procesu nie jest możliwe.



Rys. 50 Algorytm zbierania danych i dokonywania pomiarów; oprac.własne

Uwzględniając te ograniczenia opracowałam algorytm zbierania danych, informacji i pomiarów umożliwiających wykonanie mapy stanu obecnego. Algorytm przedstawiono na rysunku (Rys. 50).

Mapowanie stanu obecnego

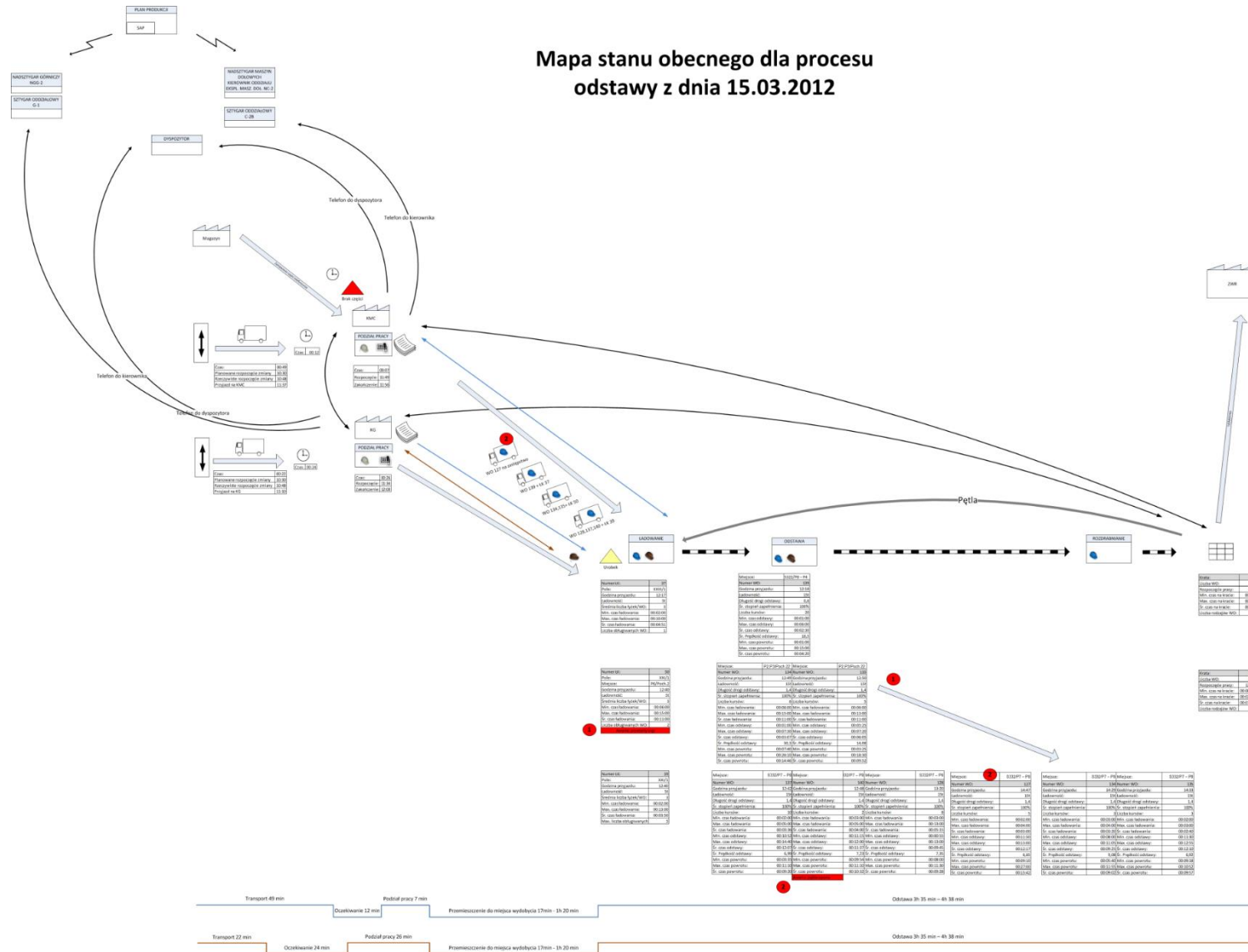
Kolejny etap badań nad możliwością stosowania metody mapowania strumienia wartości w przemyśle wydobywczym obejmował dokonanie pomiarów na reprezentatywnym oddziale w kopalni zgodnie z przedstawionym algorytmem, a następnie wykonanie map stanu obecnego. Pomiary i obserwacje prowadzono przez cztery dni w kopalni miedzi Z.G. Lubin. Dwa dni zostały poświęcone na zebranie danych umożliwiających wykonanie mapy dla procesu odstawy i dwa dni na zebranie danych dla mapowania usługi dostarczenia maszyn z KMD do miejsca

ich przeznaczenia. **Aby możliwe było wykonanie map stanu obecnego dla procesów istniejących w kopalni, konieczne było opracowanie nowych symboli i zmiana interpretacji niektórych z typowych oznaczeń stosowanych w metodzie VSM.** Wykonałam dwie mapy stanu obecnego prezentujące proces odstawy urobku i dwie prezentujące proces dostarczenia maszyn (wozów wiertniczych i wozów kotwiących) z komory maszyn dołowych do miejsca ich przeznaczenia w obszarze wydobycia. Przykład mapy stanu obecnego urobku przedstawiono na Rys. 51. Narysowanie mapy procesu odstawy urobku pozwoliło na wskazanie obszarów marnotrawstwa oraz problemów, z którymi borykają się operatorzy, mechanicy i górnicy. Przeprowadzone pomiary wykazały, jaka część całej zmiany przeznaczona jest na efektywną pracę, a jaka na czynności pomocnicze, transport, podział pracy i oczekiwanie. Obserwacje potwierdziły także tezę o bardzo wysokiej awaryjności maszyn i pozwoliły na wskazanie niektórych przyczyn źródłowych.

Po wstępnej analizie otrzymanych wyników jednej z map procesu odstawy urobku można zauważyć, że średni czas procesu odstawy (średnia dla 5 wozów odstawy) wynosi nieco ponad połowę (51%) czasu trwania jednej zmiany, wynoszącej 7,5 h. Z kolei pozostałe czynności, takie jak transport (pracowników odpowiednio do komory maszyn i komórki górniczej; maszyn do miejsca wydobycia), podział pracy, oczekiwanie, w tym oczekiwanie wynikające z występujących awarii, wynosi prawie połowę zmiany (49%) (Rys. 52). Tak wysoki udział nieefektywnego czasu w czasie trwania zmiany pozwala wnioskować, że konieczne jest wprowadzenie nowych rozwiązań organizacyjnych, które umożliwią zwiększenie udziału efektywnego czasu pracy.

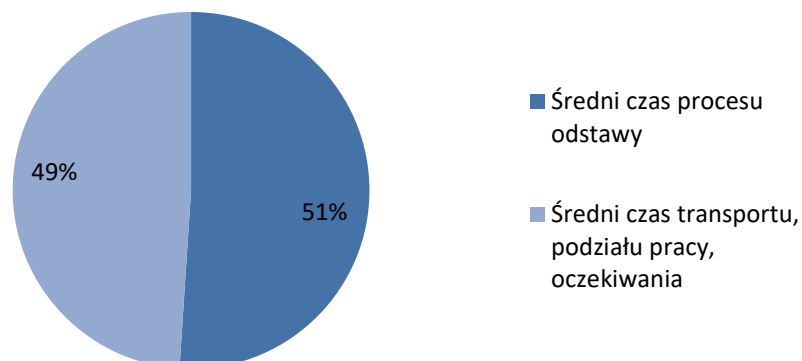
Wstępna analiza pomiarów przedstawionych na jednej z map procesu dostarczenia maszyn pozwala zauważyć, że w czasie jednej zmiany (7,5h) średni efektywny czas pracy stanowi zaledwie 27%, średni czas przeznaczony na czynności pomocnicze (przy procesie wiercenia i kotwienia) 16%, natomiast pozostały czas – 57% całej zmiany – stanowi czas transportu, podziału pracy, oczekiwania (Rys. 53). Powyższe pomiary zostały przeprowadzone dla pięciu maszyn – dwóch wozów wiertniczych i trzech wozów kotwiących. Ponownie można zauważyć, że udział efektywnego czasu pracy w czasie trwania jednej zmiany jest bardzo niski. Pomiary i obserwacje odzwierciedlone na pozostałych mapach stanu obecnego przedstawiają podobny stosunek efektywnego czasu pracy. Można więc wnioskować, że w procesach wydobywczych występuje marnotrawstwo, które należy wyeliminować.

Mapa stanu obecnego dla procesu odstawy z dnia 15.03.2012



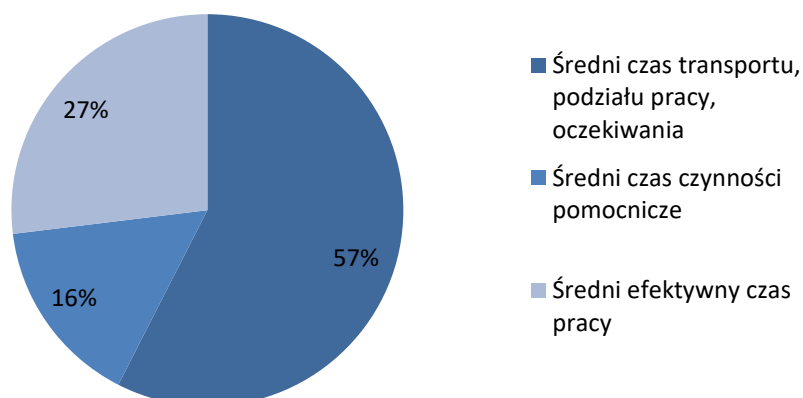
Rys. 51 Przykład mapy stanu obecnego urobku; oprac. własne

Średni udział czasu trwania procesu odstawy w czasie jednej zmiany



Rys. 52 Średni udział czasu trwania procesu odstawy w czasie jednej zmiany

Średni udział czasu trwania poszczególnych czynności w czasie jednej zmiany



Rys. 53 Średni udział czasu trwania procesu odstawy w czasie jednej zmiany

Opracowanie map stanu obecnego pozwoliło na zaobserwowanie relacji między przepływami fizycznymi (maszyny, części zamienne, urobek), a przepływami informacji oraz na ukierunkowanie i szczegółowe zaplanowanie dalszych badań.

Wstępna analiza opracowanych map umożliwiła wypracowanie potencjalnych rozwiązań wybranych problemów. Do zobrazowania planu reorganizacji procesu i wprowadzenia usprawnień opracowano mapę stanu przyszłego (MSP), która będzie stanowiła podstawę planu wdrożeniowego (Rys. 54).

Zakres prac wynikający z MSP obejmuje:

- Opracowanie koncepcji wdrożenia elementów systemu ssącego (systemu kanban) dla szybko rotujących części zamiennych w komorze maszyn dołowych,
- Opracowanie koncepcji wdrożenia elementów Totalnego Produktywnego Utrzymania Ruchu TPM (*Total Productive Maintenance*), 5S oraz SMED (*Single Minute Exchange of Die*),
- Opracowanie koncepcji wdrożenia systemu zgłaszania pomysłów kaizen,
- Opracowanie koncepcji „odchudzenia” dokumentacji i optymalizacji przepływu informacji,
- Opracowanie koncepcji przekształcenia systemu dostarczania maszyn z pchającego (*push*) na ssący (*pull*).

Podsumowując, w ramach powyżej opisanych badań, opracowałam sposób adaptacji metody VSM do warunków przemysłu wydobywczego, na co składało się:

- **Opracowanie nowych symboli,**
- **Nowa interpretacja niektórych oznaczeń,**
- **Zdefiniowanie parametrów charakteryzujących procesy wydobywcze,**
- **Zdefiniowanie wartości,**
- **Opracowanie koncepcji dostosowania procesu obserwacji i pomiarów,**
- **Uwzględnienie warunku brzegowego, że dokonanie niektórych pomiarów jest niemożliwe (ze względów bezpieczeństwa),**
- **Opracowanie algorytmu zbierania danych, informacji i pomiarów umożliwiając mapowanie stanu obecnego,**
- **Przeprowadzenie mapowania w kopalni miedzi Z.G. Lubin,**
- **Zebranie i analiza wyników,**
- **Opracowanie map stanu obecnego i mapy stanu przyszłego.**

W wyniku wniosków płynących z opracowanej mapy stanu przyszłego rozpoczęłam prace nad **opracowaniem koncepcji adaptacji systemu ssącego do warunków przemysłu wydobywczego.**

Koncepcja lean manufacturing ukierunkowuje rozwój przedsiębiorstwa produkcyjnego w stronę racjonalnej gospodarki zasobami. Jedną z charakterystycznych dla niej metod sterowania produkcją jest system ssący (*pull system*). Różni się on od tradycyjnych metod w kilku istotnych aspektach. W przedsiębiorstwie zarządzanym w tradycyjny sposób wszystkie procesy produkują zgodnie z dostarczonym harmonogramem produkcyjnym. Jednak zazwyczaj nie zapewnia on zsynchronizowanego w czasie sprzężenia zwrotnego pomiędzy procesami zachodzącymi w dole strumienia wartości z informacjami o dokładnych potrzebach. Zastosowanie systemu ssącego z kolei pozwala na połączenie i synchronizację działalności produkcyjnej procesów zachodzących w górze i w dole strumienia wartości – czyli procesów dostarczających (dostawca) i odbierających (klient). Dodatkowo należy zauważyć, że w klasycznym wytwarzaniu przemieszczanie materiałów pomiędzy procesami zachodzi wówczas, gdy dostawca zakończy przetwarzanie wyrobu. W efekcie materiał jest pchany (*push*) do kolejnego stanowiska, bez względu na rzeczywiste potrzeby klienta (proces odbierający). W przeciwieństwie do tego rozwiązania, system ssący umożliwia sterowanie przemieszczaniem materiału przy uwzględnieniu zarówno czasu, jak i ilości, w zależności od sygnałów pochodzących z procesu klienta.

Ogólnie można stwierdzić, że system ssący stanowi metodę sterowania produkcji, w której czynności z dołu strumienia wartości sygnalizują swoje potrzeby czynnościom w górze strumienia wartości. Produkcja w systemie ssącym ma na celu eliminację nadprodukcji i jest

jednym z trzech głównych komponentów kompletnego systemu produkcyjnego just-in-time JIT (dokładnie na czas). Głównym celem stosowania systemu ssącego pomiędzy dwoma procesami jest zagwarantowanie sterowania produkcją procesowi dostawcy, bez potrzeby harmonogramowania i przewidywania zapotrzebowania.

Nieodłącznym elementem systemu ssącego jest koncepcja (system) Kanban, która opiera się na ciągłym uzupełnianiu potrzeb materiałowych na stanowisku produkcyjnym, do ustalonego i bezpiecznego poziomu [112]. Założenia tej koncepcji opracowano w Japonii w latach 50 XX wieku. W języku japońskim słowo Kanban w wolnym tłumaczeniu oznacza „widoczny opis” (z jęz. jap. Kan - widoczny, Ban - kartka papieru). Metoda ta zakłada wykorzystanie poszczególnych kart wyrobów, ich cyrkulację i analizę. Obecnie dzięki ciągłym usprawnieniom Kanban może także oznaczać system informacyjny, system planowania, rozdziału oraz kontroli czynności i zadań produkcyjnych. Jego istotą jest takie organizowanie procesu wytwórczego, aby każda komórka organizacyjna produkowała dokładnie tyle, ile wynosi aktualne zapotrzebowanie. W metodzie tej, za czynnik krytyczny zarządzania materiałami uznano sterowanie zapasami.

W typowym przedsiębiorstwie produkcyjnym zastosowanie systemu Kanban pozwala na prawie całkowitą eliminację magazynów, zarówno przedprodukcyjnych, poprodukcyjnych jak i międzyoperacyjnych. Dzieje się tak ponieważ dostawy materiałów od dostawców realizowane są dokładnie na czas, a dzięki odpowiednim rezerwom zdolności produkcyjnych, uniwersalnych maszyn i urządzeń, problem zapasów międzyoperacyjnych jest znikomy. Zlecenia produkcyjne są ściśle zsynchronizowane z zamówieniami klientów, co eliminuje konieczność posiadania magazynów produktów gotowych.

Warunki charakteryzujące przedsiębiorstwa z przemysłu wydobywczego odbiegają znacząco od warunków istniejących w typowych przedsiębiorstwach produkcyjnych (np. z branży motoryzacyjnej). Specyfika procesu wydobywczego realizowanego w kopalni różni się zdecydowanie od typowego procesu wytwórczego. Zwiększenie koncentracji wydobycia poprzez schodzenie z eksploatacją złóż na znacznie większe głębokości i towarzyszące temu trudniejsze warunki klimatyczne powodują, że poziom niezawodności maszyn dołowych często odbiega znacznie od zakładanego przez producenta. Warunki klimatyczne w praktyce górniczej kształtowane są procesami fizycznymi, które związane są ze wzrostem energii powietrza w skutek kompresji w szybach wdechowych, wymianą ciepła i wilgoci pomiędzy górotworem i powietrzem, a także wymianą ciepła i wilgoci z maszyn i urządzeń górniczych. Ponadto powietrze kopalniane zawiera frakcje stałe (pyły), które powstają jako rezultat prowadzonych procesów technologicznych podczas eksploatacji złoża. Mikronowe fragmenty pyłu mogą przedostać się do obiegu układu hydraulicznego – na przykład poprzez zużyte tłocznice – i zanieczyszczając w ten sposób ciecz roboczą doprowadzić do zintensyfikowanych procesów zużycia jego części [130]. Maszyny niezbędne do realizacji procesu wydobywczego są niestacjonarne, znajdują się praktycznie w ciągłym ruchu. Warunki eksploatacji są bardzo trudne – towarzyszy im duża wilgotność, zawodnienie, wysoka temperatura, nierówne drogi. W efekcie maszyny ulegają bardzo częstym awariom. Pociąga to za sobą konieczność prowadzenia efektywnej gospodarki materiałowej. Jedynie skuteczny system sterowania zapasami części zamiennych jest gwarantem sprawnego przeprowadzania napraw i tym samym realizacji założonego planu produkcyjnego poprzez zapewnienie sprawności maszyn.

W wyniku prowadzonych obserwacji jednego z oddziałów w kopalni miedzi zdiagnozowano problem polegający na tym, że długie czasy napraw maszyn dołowych wynikają w dużej mierze z braku dostępnych części zamiennych lub z powodu długich okresów oczekiwania na te części. Zaistniała więc konieczność opracowania koncepcji usprawnienia sposobu prowadzenia gospodarki materiałowej w komorze maszyn ciężkich (KMC). Zaobserwowano, iż brak płynności w dostarczaniu części i nie realizowanie zamówień składanych przez mechaników skutkuje przestojami pracy, brakiem możliwości naprawy maszyny, dopuszczeniem do pracy

urządzeń nie w pełni sprawnych. Stwierdzono, że należy usprawnić system zamawiania i dostarczania części, określić zapasy bezpieczeństwa dla wybranych części umożliwiające zapewnienie ciągłości prac i dokonywanie napraw bez zbędnej zwłoki.

Należy również zaznaczyć, że w kopalni dostarczenie części do miejsca jej przeznaczenia jest bardzo skomplikowanym procesem, na który składa się transport poziomy naziemny, transport pionowy, a następnie poziomy podziemny. W związku z tym jeśli wystąpi awaria i nastąpi konieczność wymiany części, a część ta nie znajduje się w danym momencie w KMC, wówczas maszyna może zostać wyłączona z pracy na długi okres. Również dostarczenie części z magazynu do KMC jest dość czasochłonne i wymaga zaangażowania środka transportu (najczęściej landrowera). Często dostarczenie części zajmuje całą zmianę, przez co naprawa może odbyć się dopiero na kolejnej zmianie. Gospodarka zapasami jest jednym z podstawowych elementów zarządzania przedsiębiorstwem [131]. Obecnie przedsiębiorstwa dążą do tego, aby ilość zapasów materiałowych w przedsiębiorstwie była jak najniższa, ponieważ obniża to koszty magazynowania. Jednak należy zwrócić uwagę, że taka polityka firmy może prowadzić do wystąpienia innych problemów (strat), które mogą wystąpić jeśli poziom zapasów jest zbyt niski. W poniższej tabeli (Tabela 24) zaprezentowano zestawienie potencjalnych strat jakie wywoływane są przez brak części zamiennych lub utrzymywania ich nadmiernych zapasów [132].

Tabela 24 Potencjalne straty wynikające z niedoboru lub nadmiaru części zamiennych

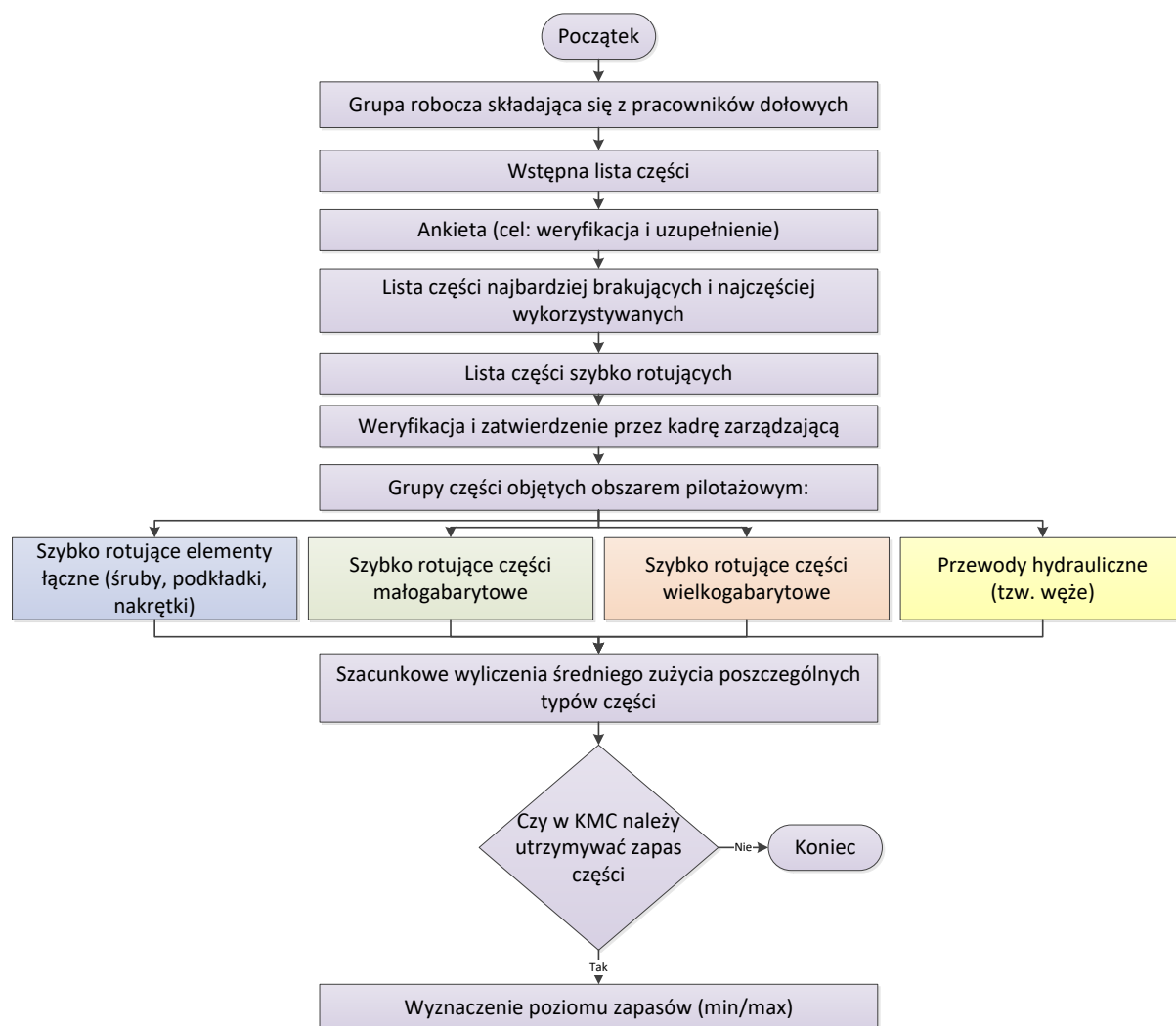
Potencjalne straty wynikające z braku części zamiennych	Potencjalne straty wynikające z utrzymywania nadmiernych zapasów części
Wydłużenie czasu naprawy	Koszty tworzenia zapasów
Brak dyspozycyjności maszyny do pracy	Koszty utrzymania zapasów - kapitałowe (zamrożenie kapitału)
Zagrożenie niewykonania planu produkcyjnego z powodu niedostępności maszyny znajdującej się w awarii	Koszty utrzymania zapasów - magazynowania (koszty powierzchni magazynowej: rzeczowe i osobowe związane z przeciętnym składowaniem i wydawaniem towaru)
Dezorganizacja pracy mechaników	Koszty utrzymania zapasów - obsługi zapasów (wydatki związane z ubezpieczeniem zapasów)
Dezorganizacja pracy operatora	Koszty utrzymania zapasów - ryzyka (np. uszkodzenia zapasu podczas magazynowania)

W przedsiębiorstwie z branży wydobywczej, które charakteryzuje tradycyjne podejście do sterowania poziomem zapasów przedstawione straty będą występować. Dlatego też zastosowanie elementów systemu ssącego dla części zamiennych powinno wpłynąć na skrócenie czasu napraw (poprzez eliminację oczekiwania na części), zwiększenie tym samym dyspozycyjności maszyny do pracy, wyeliminowania zagrożenia niewykonania planu produkcyjnego, a także na poprawę organizacji pracy mechaników i operatorów. Z kolei w przypadku gdy w firmie utrzymywane są nadmierne zapasy części zamiennych, wprowadzenie elementów systemu ssącego powinno obniżyć koszty tworzenia i utrzymania zapasów.

Implementacja wprost systemu ssącego na grunt kopalni jest niemożliwa do zrealizowania ze względu na wiele czynników, nie tylko tych wynikających z charakteru produkcji, ale także wywodzących się z aspektów organizacyjnych i technicznych. A zatem próby zastosowania tego systemu w procesach *stricte* wydobywczych nie mają merytorycznego uzasadnienia. Mimo to elementy systemu ssącego można wdrożyć w tych obszarach kopalni, w których występuje przepływ różnego typu materiałów. Do miejsc, które w szczególności mogą zostać wsparte działaniem systemu ssącego są magazyny i komory maszyn ciężkich. Jak zostało

wspomniane, procesem, który w szczególności wymaga wprowadzenia usprawnień jest proces zarządzania częściami zmiennymi w KMC.

Do opracowania szczegółowej koncepcji modyfikacji systemu zarządzania częściami zamiennymi i materiałami w KMC konieczna była realizacja pewnych zadań wstępnych. Należy podkreślić, że implementacja nowych rozwiązań powinna następować stopniowo – początkowo dla wybranych części, następnie powinna zostać rozszerzona dla wszystkich części szybko rotujących. Opisany niżej algorytm postępowania wyznaczania poziomu zapasów zobrazowano na Rys. 55.



Rys. 55 Algorytm postępowania wyznaczania poziomu zapasów

Zgodnie z powyższym algorytmem, w celu ustalenia listy części, które należałoby objąć systemem ssącym powołano specjalną grupę, w skład której weszli wybrani pracownicy dołowi. Po spotkaniu tej grupy wyselekcjonowana została wstępna lista części. Następnie w oparciu tę listę opracowano ankietę, aby uszczegółwić i zweryfikować podane informacje. Celem przeprowadzenia ankiety było wytypowanie listy części, których najbardziej brakuje w KMC oraz tych, które są najczęściej wykorzystywane. Zdecydowano, że na podstawie wskazanych części, które są najczęściej stosowane wytypowana zostanie lista części szybko rotujących.

Warto zauważyć, że zapasy - niezależnie od postaci i lokalizacji - różnią się między sobą tzw. rotacją, inaczej szybkością obrotu. Utrzymywane w zapasie dobra mogą rotować szybko, wolno lub mogą nie rotować wcale. Trudno wskazać uniwersalne kryterium pozwalające na

jednoznaczne odróżnienie pozycji wolno rotujących od szybko rotujących, jednak na potrzeby realizacji przedsięwzięcia należy pewne kryterium przyjąć. Ze względu na brak szczegółowych danych dotyczących rotacji części w komorze, którą objęto obszarem pilotażowym przyjęto, że w początkowej fazie za części szybko rotujące uznane będą te, z których pracownicy korzystają najczęściej. W toku dalszych prac definicja części szybko rotujących zostanie uszczegółowiona i zostanie przyjęte kryterium pozwalające na selekcję części rotujących wolno i szybko. Do ustalenia takiego kryterium konieczne będzie zebranie danych w oparciu o szczegółowy monitoring obrotu częściami w tej komorze.

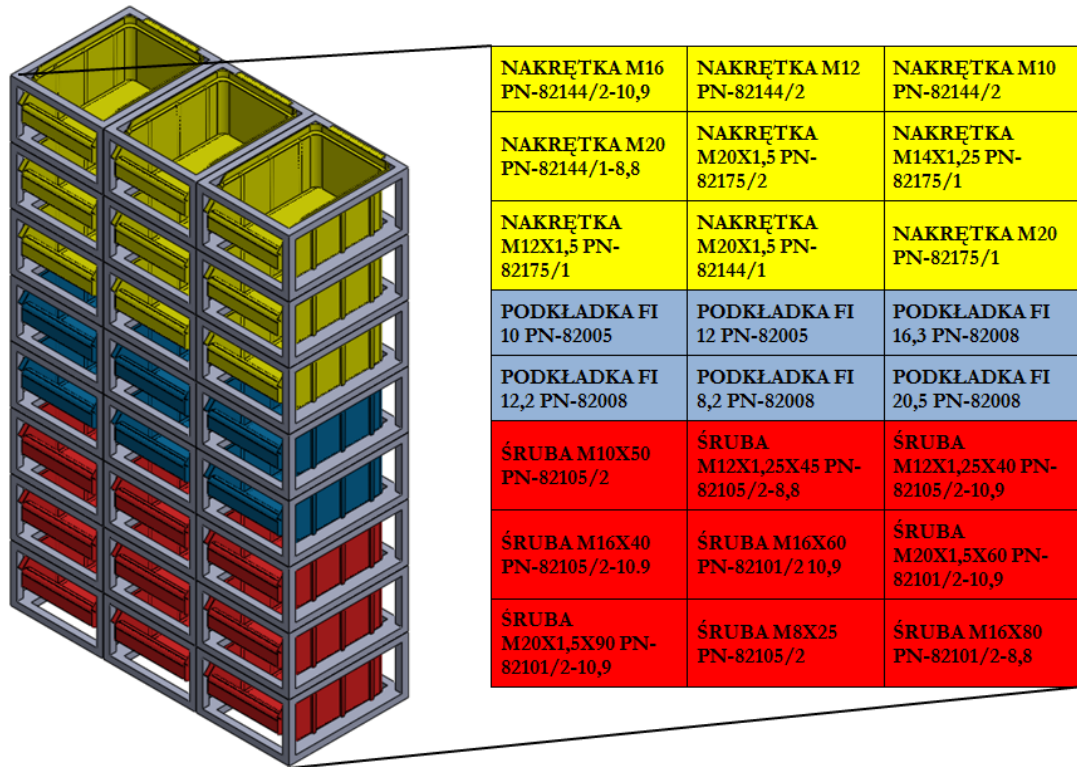
Po przeprowadzeniu ankiety opracowanej na podstawie części wskazanych przez grupę pracowników, ostateczna lista została zweryfikowana i zatwierdzona przez kadrę zarządzającą. Następnie, w oparciu o dane historyczne, dokonano szacunkowych wyliczeń średniego zużycia poszczególnych typów części. Wyróżniono cztery grupy części, które zostały objęte obszarem pilotażowym – szybko rotujące elementy łączne (śruby, podkładki, nakrętki), szybko rotujące części małogabarytowe, szybko rotujące części wielkogabarytowe, tzw. węże, czyli przewody hydrauliczne. Kryterium podziału na te grupy części stanowił sposób przechowywania. Założono, że elementy łączne i części małogabarytowe będą przechowywane w pojemnikach, części wielkogabarytowe bez pojemników na regale, z kolei dla przechowywania przewodów hydraulicznych zostanie zaprojektowany specjalny regał.

Na podstawie wyliczonych wartości średniego zużycia poszczególnych typów części dokonano oceny, czy w komorze maszyn ciężkich należy utrzymywać zapas danego typu elementu, a także wyznaczono poziomy minimalne i maksymalne w odniesieniu do dobranego pojemnika. Opracowano dwa alternatywne podejścia. W pierwszym zaprojektowano system przechowywania elementów łącznych kompleksowo dla całej komory (dla wszystkich typów wykorzystywanych maszyn dołowych). W drugim podejściu przygotowano koncepcję przechowywania tylko elementów łącznych dedykowanych jednemu typowi maszyn. Wybór podejścia pozostawiono kadrze zarządzającej kopalni.

Pierwsze podejście zakładało, że części znormalizowane (śruby, nakrętki, podkładki) będą przechowywane w pojemnikach o dużej standardowej pojemności, umieszczone na tablicach, po dwa pojemniki dla każdego typu części. Podczas gdy z pierwszego z nich pracownicy pobierają części, drugi stanowi rezerwę. Oznacza to, że minimalny poziom zapasów na tablicy wynosić będzie jeden pojemnik (który nie musi być pełny) a maksymalny dwa pojemniki. Masa przechowywanych elementów w jednym pojemniku nie może przekraczać 3 kg. Zaproponowano czerwone pojemniki dla śrub, niebieskie dla podkładek i pomarańczowe dla nakrętek. Do wizualizacji opracowanych koncepcji wykorzystano oprogramowanie do modelowania 3D. Drugie podejście przewiduje, że dla elementów łącznych konieczny będzie zakup 9 pojemników do przechowywania nakrętek (żółte pojemniki), 6 pojemników do przechowywania podkładek (niebieskie pojemniki) i 9 pojemników do przechowywania śrub (czerwone pojemniki).

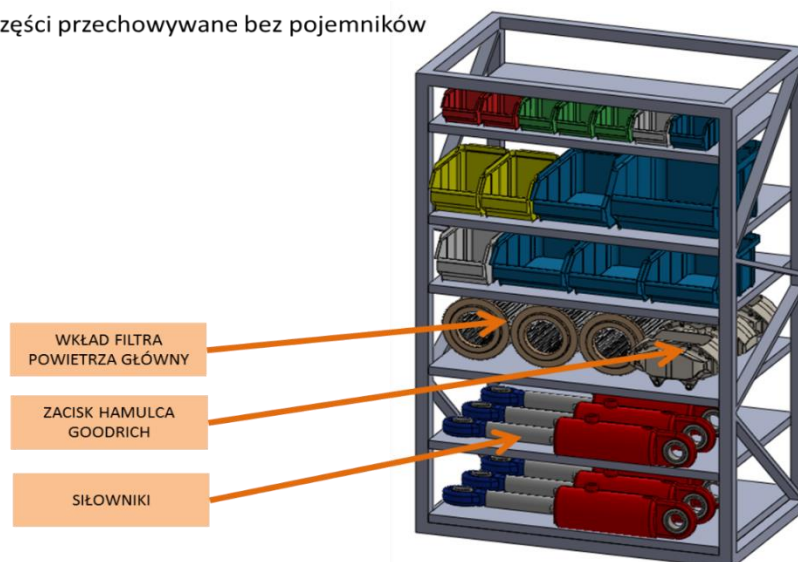
Analogiczne działania wykonano dla pozostałych części. Wyznaczono poziomy minimalne i maksymalne zapasów poszczególnych części. Określono siedem typów części zamiennych – śruby (duże), zaciski, siłowniki, sworznie, tuleje, filtry oraz wkłady. Dla odpowiednich rodzajów części dobrano pojemniki. Zarówno dla elementów łącznych, jak i pozostałych części dobrano odpowiednie regały, na których części będą przechowywane. Zarówno pojemniki, jak i regały oraz tablice, muszą być wykonane z odpowiednich materiałów, dostosowanych do warunków panujących w komorze maszyn ciężkich. Materiały te powinny być m.in. odporne na wilgoć, zapylenie oraz wysokie temperatury, a także wytrzymałe. Po wykonaniu obliczeń zalecono zakup 2 pojemników do przechowywania śrub (czerwone pojemniki), 3 pojemników do przechowywania tulei (zielone pojemniki), 2 pojemników do przechowywania filtrów (szare pojemniki), 2 pojemników do przechowywania sworzni (żółte pojemniki) oraz 6 pojemników do przechowywania wkładów (niebieskie pojemniki). Ustalono ponadto, że półki, na których

przechowywane będą siłowniki zostaną odpowiednio zabezpieczone tak, aby uniemożliwić ich stoczenie się. Wszystkie pojemniki i półki zostaną odpowiednio oznaczone zgodnie z zasadami 5S. Wizualizację sposobu przechowywania elementów łącznych i rozmieszczenia części zamiennych zamieszczono na poniższych rysunkach (Rys. 56, Rys. 57, Rys. 58).



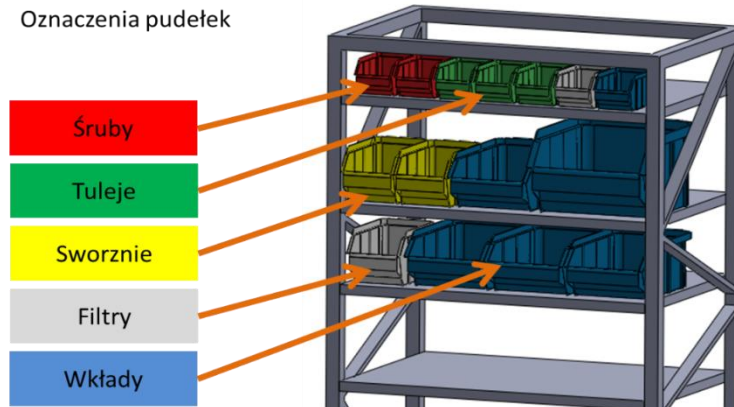
Rys. 56 Wizualizacja sposobu przechowywania elementów łącznych; oprac. własne

Części przechowywane bez pojemników



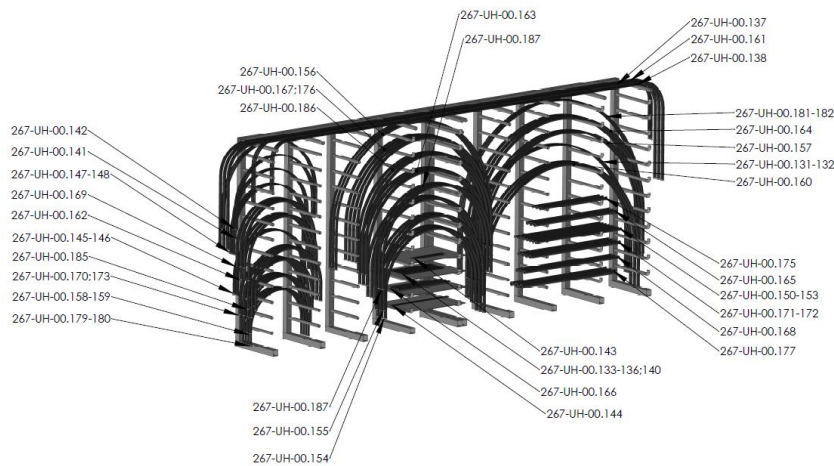
Rys. 57 Wizualizacja rozmieszczenia części zamiennych na regale; oprac. własne

Oznaczenia pudełek



Rys. 58 Rozłożenie pojemników na części zamienne na regale; oprac. własne

Na powyższym rysunku przedstawiono symbolicznie sposób rozłożenia pojemników na części zamienne.



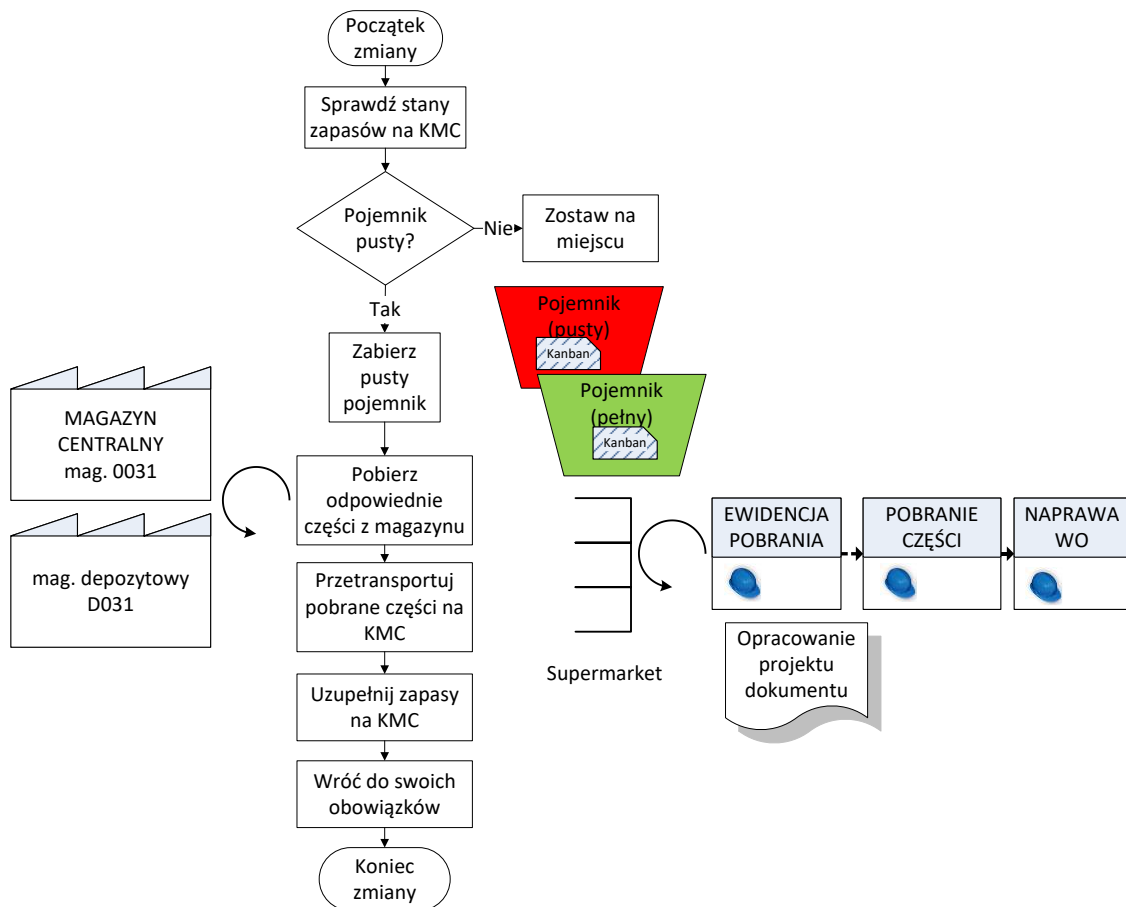
Rys. 59 Wizualizacja rozmieszczenia przewodów hydraulicznych

Analogiczne działania przeprowadzono dla przewodów hydraulicznych. Wyznaczono minimalne i maksymalne poziomy zapasów, a także zaprojektowano specjalny system do przechowywania węży oraz opracowano sposób ich rozmieszczenia. Wizualizację zamieszczono na powyższym rysunku (Rys. 59). W ramach postępu prac nad przygotowaniem koncepcji wdrożenia elementów systemu ssącego opracowany został szczegółowy kosztorys tego przedsięwzięcia obejmujący zarówno koszty wszystkich pojemników, jak i regałów oraz wykonywanego na zamówienie systemu przechowywania przewodów hydraulicznych.

W ostatnim kroku budowania koncepcji funkcjonowania elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich opracowano procedurę uzupełniania zapasów. Została on schematycznie zaprezentowana na Rys. 60.

Zgodnie z opracowanym schematem, dedykowany temu zadaniu pracownik (tzw. Mleczarz, ang. *milkrunner*) na początku zmiany sprawdza stany zapasów części w KMC. Jeśli widzi, że poziom zapasów osiągnął poziom minimum, wówczas zabiera pusty pojemnik (lub kartę Kanban – w zależności od typu części) i udaje się z nim do magazynu. Po pobraniu odpowiednich części z magazynu transportuje je do KMC. Tam uzupełnia zapasy, a następnie wraca do swoich innych obowiązków. Ponadto należy wyznaczyć osobę odpowiedzialną za dostosowywanie poziomów minimalnych i maksymalnych. Początkowe poziomy należy uznać za poziomy szacunkowe. Następnie należy ponownie wyznaczyć poziom min/max po dwóch tygodniach od wdrożenia. Kolejna korekta poziomów min/max powinna mieć miejsce po miesiącu od pierwszej aktualizacji, następnie po kolejnym miesiącu i docelowo po dwóch miesiącach od ostatniej korekty. Należy zweryfikować czy częstotliwość pracy mleczarza

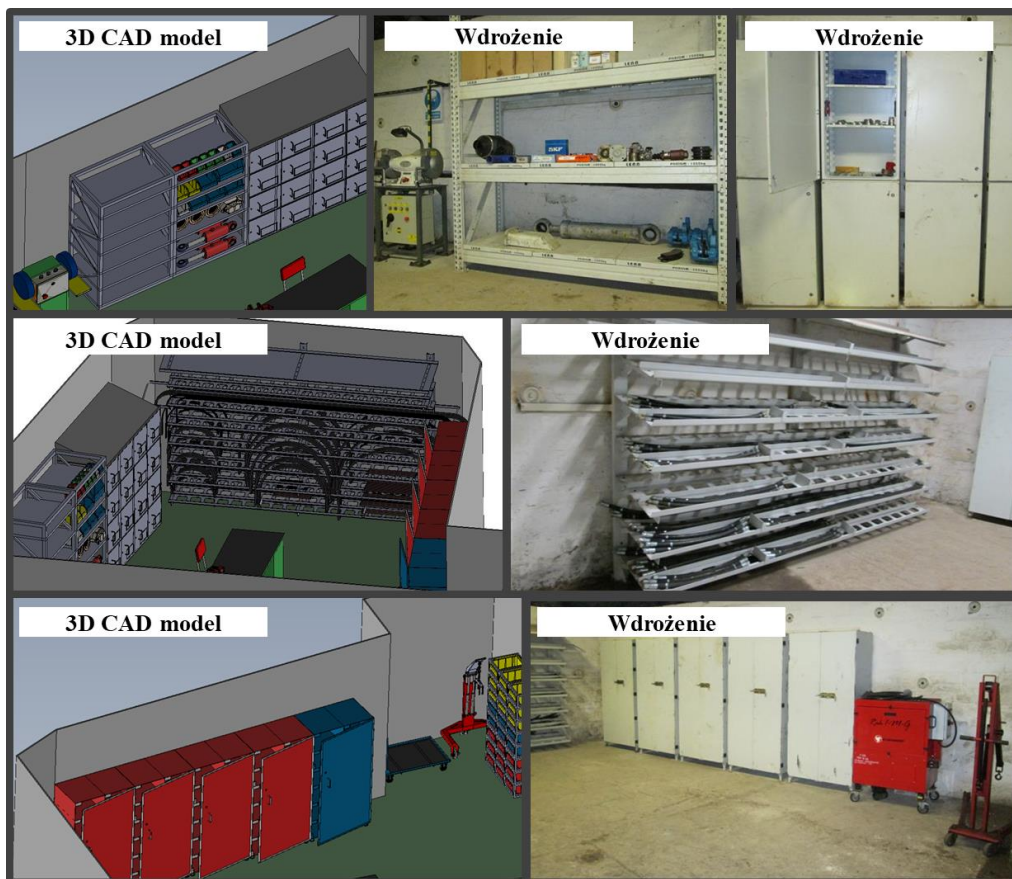
powinna odbywać się raz na zmianę czy też raz na dobę. Wówczas zapas części powinien wystarczyć odpowiednio na całą zmianę lub cztery zmiany.



Rys. 60 Schemat przedstawiający procedurę uzupełniania zapasów; oprac. własne

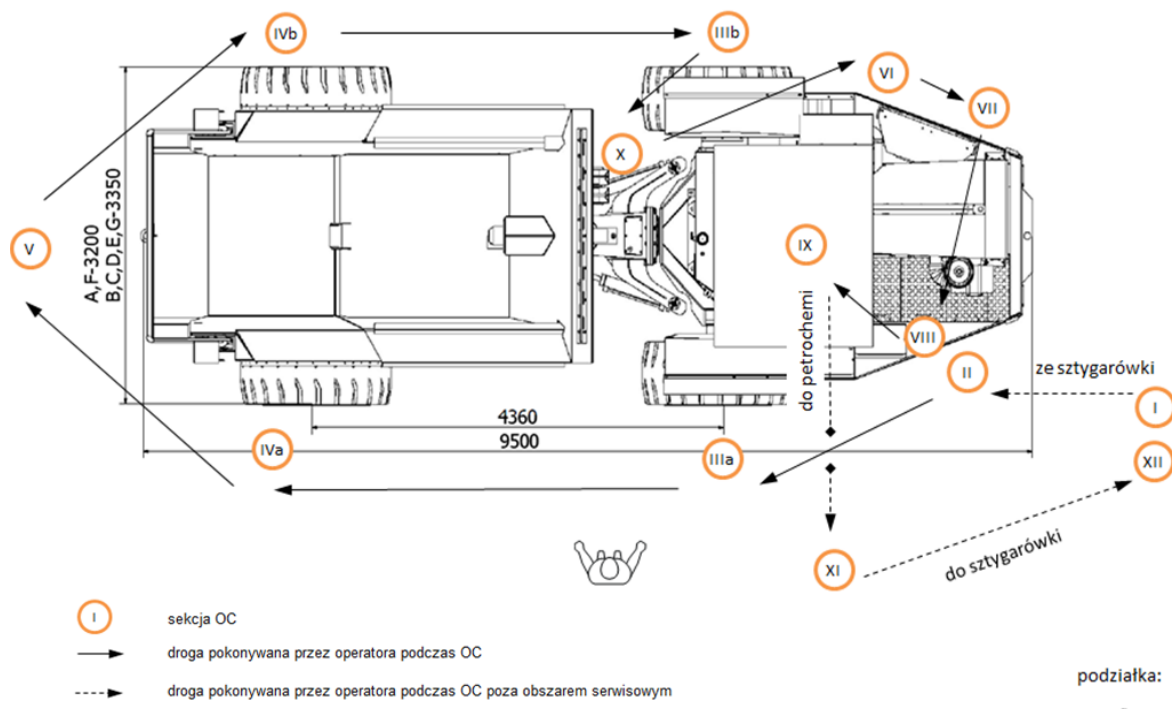
Wdrożenie koncepcji elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich wymaga ponadto powołania zespołu pracowników, opracowania i przyznania budżetu, przyporządkowania nowych funkcji, zadań, zakresów odpowiedzialności, przygotowania wzorów odpowiednich dokumentów lub modyfikacji istniejących, a także przygotowania ścieżki obiegu dokumentów.

Zaprezentowany wyżej model zarządzania zapasami i wynikające z niego systemy przechowywania części zostały włączone w projekt wnętrza dla wozów odstawczych w komorze maszyn ciężkich. We wnęce tej należało zapewnić niezbędne wyposażenie i środki pracy, które umożliwiają realizację zadań przez mechaników wozów odstawczych w systemie czterobrygadowym. Wyposażenie to zostało wpisane w dostępne wyrobisko, przedstawiono wizualizację rozmieszczenia wyposażenia wnętrza, a także sporządzono kosztorys tego przedsięwzięcia. Ważne było, żeby już na etapie projektowania zorganizować miejsce pracy zgodnie z regułami 5S, tak aby zachowanie reguł było same w sobie intuicyjne. Na poniższym rysunku przedstawiam porównanie opracowanych modeli CAD 3D ze zdjęciami wykonanymi po wdrożeniu zaprojektowanej, modelowej wnętrza dla wozów odstawczych w komorze maszyn ciężkich. Projekt adaptacyjny wnętrza polegał na: doborze szafki narzędziowej dla mechaników wozów odstawczych wraz z pełnym wyposażeniem, wykonaniu projektu szaf brygadowych i pracowniczych, zaprojektowaniu regału na węże hydrauliczne i opracowaniu sposobu przechowywania elementów łącznych. Przedstawiono także propozycję rozmieszczenia wyposażenia oraz sposobu przechowywania narzędzi, elementów łącznych, części zamiennych i węży wraz z podaniem maksymalnych i minimalnych poziomów zapasów.



Rys. 61 Wnęka dla wozów odstawczych w KMC – modele CAD 3D i wdrożenie; oprac. własne

Opracowany zgodnie z zasadami 5S, ergonomii i BHP **projekt modelowej wnęki w komorze maszyn ciężkich dla mechaników maszyn dołowych** został zaproponowany jako jeden z elementów metodyki Totalnego Utrzymania Ruchu (Total Productive Maintenance TPM). Równocześnie opracowano wytyczne dotyczące oznakowania poziomego i pionowego na Komorze Maszyn Ciężkich zgodnego z zasadami 5S oraz przepisami BHP, normą dot. transportu wewnątrzzakładowego oraz technicznym wymaganiami dla dróg ewakuacyjnych. Kolejnym przykładem rozwiązania zgodnego z zasadami 5S (jednego z podstawowych narzędzi lean manufacturing, gdzie 5S symbolizuje Sortowanie (jap. Seiri), Systematykę (jap. Seiton), Sprzątanie (jap. Seiso), Standaryzację (jap. Seiketsu) i S – Samodyscyplinę (jap. Shitsuke) było **opracowanie standardu wykonania obsługi codziennej wozu odstawczego** [133]. Obsługa codzienna (OC) jest to zespół czynności, które wykonuje operator każdorazowo, przed rozpoczęciem każdej zmiany. Jest to istotny element w procesie eksploatacji wozów ponieważ kontrola pozwala jeszcze na etapie oddania wozu do prac eksploatacyjnych, wykryć i wyeliminować usterki, a to z kolei przekłada się na późniejsze podwyższenie współczynnika czasu między awariami, a także poprawie bezpieczeństwa środowiska pracy. Ramy obsługi cozmianowej obejmują czynności od zapoznaniem się z książką pracy maszyny poprzez sprawdzenie poziomu oleju i płynów eksploatacyjnych w podstawowych układach maszyny czy stanu filtrów powietrza aż po przekazanie maszyny do eksploatacji. Sama informacja z dokumentacji techniczno-ruchowej maszyny sygnalizuje jedynie o punktach kontrolnych bez podania odpowiedzi na pytanie w jaki sposób. Dlatego tak ważne było ustalenie standardu weryfikacji stanu wozu wraz z opracowaniem listy kontrolnej dla zachowania procedury. W tym celu posłużono się analizą MTM (Methods-Time Measurement), która dodatkowo pozwoliła na ustalenie normy czasowej dla tych czynności. Pomiar czasu pracy w MTM opiera się na analizie ruchów wykonywanych podczas danego zadania.



Rys. 62 Przykład standardu wykonania obsługi codziennej wozu odstawczego przez mechanika [133]
Tabela 25 Sekcje Oceny Codziennej [133]

L.p.	Nazwa sekcji OC
I	Zapoznanie się z książką pracy maszyny w sztygarówce i rozmowa ze sztygarem
II	Oględziny dachu i pokrywy akumulatora
III	Oględziny koła ciągnika 1/2
IV	Oględziny koła wozu 1/2
V	Oględziny skrzyni ładunkowej
VI	Oględziny układu dolotowego powietrza
VII	Oględziny układu chłodzenia i układu smarowania silnika
VIII	Oględziny układu gaśniczego i wyposażenia BHP
IX	Oględziny w kabinie operatora
X	Oględziny układu hydraulicznego
XI	Uzupełnianie płynów eksploatacyjnych
XII	Wpis do książki pracy maszyny i rozmowa ze sztygarem

Wykonana analiza z wykorzystaniem MTM pozwoliła na wyznaczenie optymalnego przebiegu OC przez operatora począwszy od zapoznania się z książką pracy maszyny, poprzez dokonanie oględzin różnych podzespołów wozu, aż po dokonanie wpisu do Książki Pracy Maszyn. Przykład standardu wykonania obsługi codziennej wozu odstawczego przez mechanika przedstawiono na Rys. 62, z kolei poszczególne sekcje OC zawarto w poniższej tabeli (Tabela 25).

Kolejnym krokiem prowadzącym do opracowania oraz wdrożenia koncepcji adaptacji metodyki TPM było opracowanie **metody przeprowadzania standaryzacji napraw** w KMC [134]. Z uwagi na zróżnicowanie maszyn pracujących w procesie eksploatacji oraz duży zakres prac, w obszarze badawczo-rozwojowym w zakresie TPM zdecydowano się do prac pilotażowych wybrać jedną grupę maszyn. Analiza danych wykazała, że najbardziej awaryjne są wozy odstawcze, dlatego też zdecydowano, że dalsze prace pilotażowe będą prowadzone właśnie na nich. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za wyborem tej grupy maszyn był

fakt, że w przypadku badanej komory występował tylko jeden typ i producent wozów odstawczych oraz fakt, że wozy odstawcze stanowią najliczniejszą grupę maszyn. Konieczność ustandaryzowania nazewnictwa awarii była warunkiem niezbędnym do prawidłowego rozpoznania przyczyn źródłowych awarii grupy maszyn objętych analizą. Prace nad tym zadaniem postanowiono realizować dwutorowo – poprzez wyniki prac grupy roboczej oraz poprzez dedykowany arkusz zbierania danych. W ramach prac nad standaryzacją TPM odbyła się obserwacja usuwania awarii piasty, wymiany łożysk, uszczelnień, tarczy hamulcowej i zbloczy hamulcowych jednego z wozów odstawczych. Przebieg wykonywania naprawy został udokumentowany za pomocą filmu, dokumentacji zdjęciowej oraz opisu słownego wszystkich wykonywanych przez mechaników czynności. Następnie przeprowadzono wstępną analizę danych zebranych podczas wykonywania naprawy oraz przygotowano schemat procedury opisu standardu. W dalszej kolejności opracowano zakres oraz wygląd szablonu, w którym zapisany został standard przeprowadzania naprawy. Całość analizy podzielono na dziewięć etapów, a każdy etap składał się z szeregu różnych czynności. Opis wszystkich operacji występujących podczas usuwania awarii piasty zawiera informacje o:

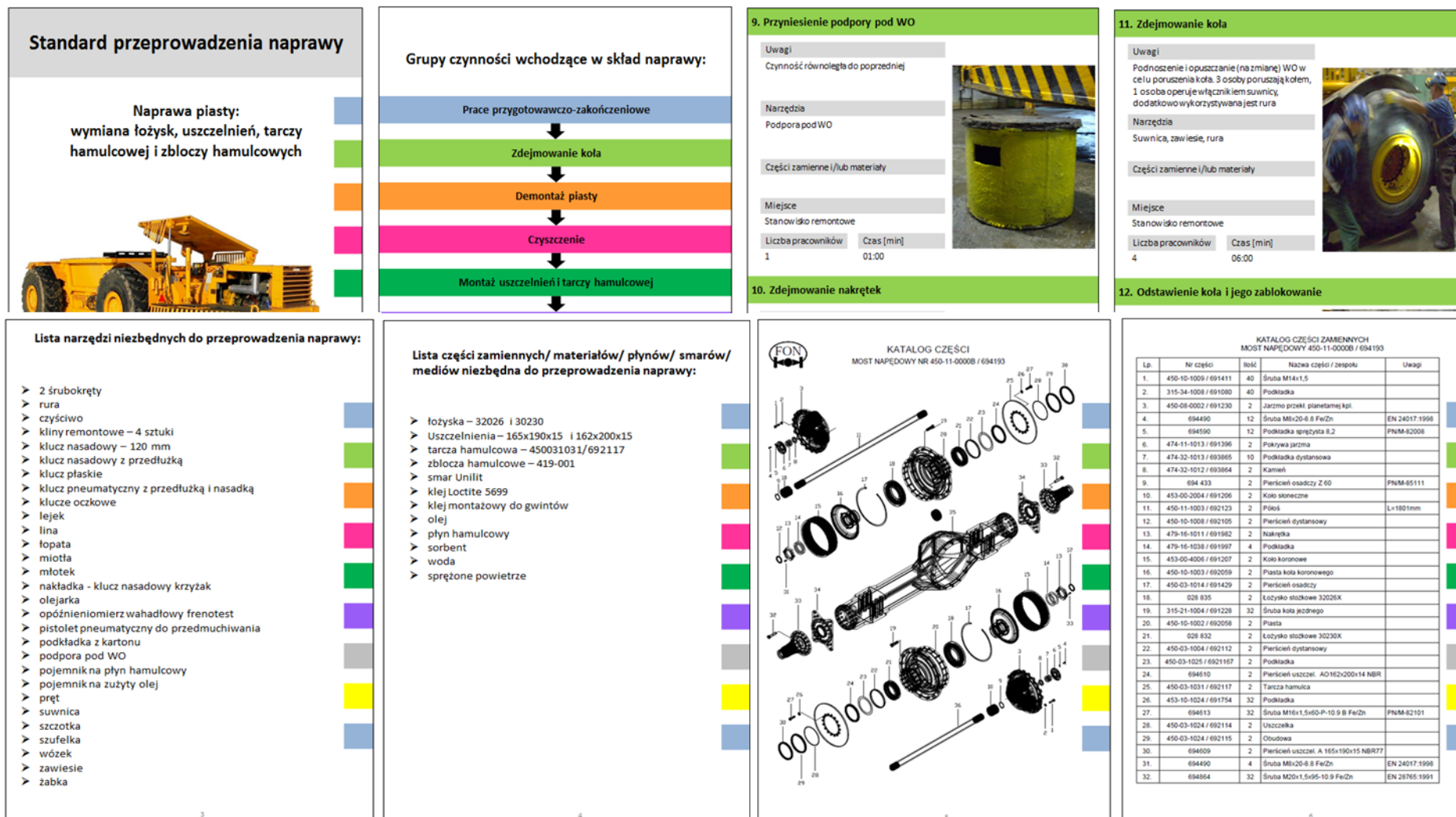
- miejscu wykonywania pracy,
- liczbie wymaganych osób,
- czasie potrzebnym na realizację zadania,
- wymaganych częściach zamiennych i narzędziach.

Dodatkowo w celu zobrazowania opisu dodano stosowną ilustrację. Całość opracowania zawiera wykaz wszystkich niezbędnych narzędzi, części zamiennych, materiałów, płynów i smarów oraz mediów niezbędnych do przeprowadzenia naprawy. Podczas przygotowywania dokumentu opisującego standard przeprowadzania naprawy opracowana została procedura przygotowywania standardu naprawy. Opracowany schemat formularza został opracowany na tyle uniwersalnie, że można z powodzeniem stosować do go opisy innych napraw oraz czynności związanych z remontami i przeglądami maszyn dołowych w kopalni.

Opis wszystkich operacji występujących podczas usuwania awarii piasty zawiera informacje o:

- miejscu wykonywania pracy,
- liczbie wymaganych osób,
- czasie potrzebnym na realizację zadania,
- wymaganych częściach zamiennych i narzędziach.

Dodatkowo w celu zobrazowania opisu dodano stosowną ilustrację. Całość opracowania zawiera wykaz wszystkich niezbędnych narzędzi, części zamiennych, materiałów, płynów i smarów oraz mediów niezbędnych do przeprowadzenia naprawy (Rys. 63). Podczas przygotowywania dokumentu opisującego standard przeprowadzania naprawy opracowana została procedura przygotowywania standardu naprawy.



Rys. 63 Fragmenty dokumentu opisującego standard przeprowadzania naprawy; oprac. własne

Opracowany schemat formularza został zaprojektowany na tyle uniwersalnie, że można z powodzeniem stosować do go opisu innych napraw oraz czynności związanych z remontami i przeglądami maszyn dołowych w kopalni.

5.5.5. ON4: Powiązane publikacje naukowe

1. **A new approach on implementing TPM in a mine - case study.** Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2015, vol. 15, nr 4, **IF: 2.194**
E. Chlebus, J. Helman, M. Olejarczyk, M. Rosienkiewicz³⁰
2. **Zastosowanie elementów Total Productive Maintenance w Komorze Maszyn Ciężkich w kopalni miedzi.** Napędy i Sterowanie. 2014
A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, A. Kowalski, M. Olejarczyk, M. Rosienkiewicz, Ł. Szwancyber, P. Stefaniak³¹
3. **Adaptacja wybranych metod Lean Manufacturing do warunków przemysłu wydobywczego.** Napędy i Sterowanie. 2014
Burduk, T. Chlebus, J. Helman, A. Kowalski, M. Rosienkiewicz, Ł. Szwancyber, P. Stefaniak³²
4. **Implementacja narzędzia 5S w warunkach przemysłu wydobywczego.** W: Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. T. 1 / pod red. Ryszarda Knosali. Opole : Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2014. s. 614-623.
M. Olejarczyk, M. Rosienkiewicz
5. **Standaryzacja przeprowadzania napraw jako etap wdrożenia Total Productive Maintenance w przemyśle wydobywczym.** W: Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. T. 2 / pod red. Ryszarda Knosali. Opole : Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2014. s. 667-677.
E. Chlebus, J. Helman, M. Rosienkiewicz, P. Stefaniak³³
6. **Analiza możliwości zastosowania wspomaganie komputerowego pracy sztygara zmianowego na oddziale górniczym**
Systems: Journal of Transdisciplinary Systems Science. 2012, vol. 16, nr 2, ISSN: 1427-275X;
A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, M. Rosienkiewicz, D. Teodorski³⁴
7. **Koncepcja mapowania procesu wydobywczego metodą VSM,** Systems: Journal of Transdisciplinary Systems Science. 2012, vol. 16, nr 2, ISSN: 1427-275X;
A. Burduk, T. Chlebus, J. Helman, **M. Rosienkiewicz, D. Teodorski**³⁵
8. **Idea of adaptation value stream mapping method to the conditions of the mining industry.** AGH Journal of Mining and Geoen지니어ing. 2012, vol. 36, nr 3, ISSN: 1732-6702;
M. Rosienkiewicz

5.6. Bibliografia

1. Knosala, R., Kuboń, M., Lorencowicz, E., Saniuk, S., Skołod, B., Stadnicka, D.: Wsparcie naukowo-dydaktyczne z zakresu inżynierii produkcji – przegląd obszarów i kierunków badań. (2023). <https://doi.org/10.25961/ENT.MANAG.26.02.05>.
2. Directorate-General for Research and Innovation (European Commission): European Innovation Scoreboard 2022: executive summary. Publications Office of the European Union, LU (2022).
3. Przemysł 4.0 czyli wyzwania współczesnej produkcji. PricewaterhouseCoopers (2017).

³⁰ Kolejność występowania autorów alfabetyczna

³¹ Kolejność występowania autorów alfabetyczna

³² Kolejność występowania autorów alfabetyczna

³³ Kolejność występowania autorów alfabetyczna

³⁴ Kolejność występowania autorów alfabetyczna

³⁵ Kolejność występowania autorów alfabetyczna

4. Radziszewska, A.: Crowdsourcing jako forma wykorzystania innowacyjności wirtualnych społeczności. *WSPÓŁCZESNE ZARZĄDZANIE*. 2, 10 (2013).
5. Rosienkiewicz, M., Helman, J.: Społecznościowy rozwój produktu - studium przypadku. In: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją (2016).
6. Carayannis, E.G., Campbell, D.F.: Editorial preface to the first volume of *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 1, 1 (2012). <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-1>.
7. Rosienkiewicz, M., Helman, J., Cholewa, M., Molasy, M.: SYNERGY Project: Open Innovation Platform for Advanced Manufacturing in Central Europe. In: Burduk, A., Chlebus, E., Nowakowski, T., and Tubis, A. (eds.) *Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. pp. 306–315. Springer International Publishing, Cham (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-319-97490-3_30.
8. McAdam, M., Debackere, K.: Beyond ‘triple helix’ toward ‘quadruple helix’ models in regional innovation systems: implications for theory and practice: Beyond ‘triple helix’ toward ‘quadruple helix’ models. *R&D Management*. 48, 3–6 (2018). <https://doi.org/10.1111/radm.12309>.
9. Gracel, J., Stoch, M., Biegańska, A.: *Inżynierowie Przemysłu 4.0: [nie]gotowi do zmian?* Astor Whitepaper, Kraków (2017).
10. Dittmann, P., Szabela-Pasierbińska, E., Dittmann, I., Szpulak, A.: *Prognozowanie w zarządzaniu sprzedażą i finansami przedsiębiorstwa*. Oficyna Wolters Kluwer, Warszawa (2011).
11. Maciąg, A., Pietroń, R., Kukła, S.: *Prognozowanie i symulacja w przedsiębiorstwie*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne (2013).
12. Kosicka, E., Mazurkiewicz, D., Gola, A.: Problemy wspomaganie decyzji w systemach utrzymania ruchu. *Informatics Control Measurement in Economy and Environment Protection*. 6, 49–52 (2016). <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.5189>.
13. Coleman, C., Damodaran, S., Chandramouli, M., Deuel, E.: *Making maintenance smarter. Predictive maintenance and the digital supply network*. Deloitte University Press. (2017).
14. Hall, O.P.: Artificial Intelligence Techniques Enhance Business Forecasts. *Computer-based analysis increases accuracy. The Graziadio Business Review*. 5, (2002).
15. Klindokmai, S., Neech, P., Wu, Y., Ojiako, U., Chipulu, M., Marshall, A.: Evaluation of forecasting models for air cargo. *The International Journal of Logistics Management*. 25, 635–655 (2014). <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2013-0049>.
16. Suomala, P., Sievanen, M., Paranko, J.: The effects of customization on spare part business: A case study in the metal industry. *International Journal of Production Economics*. 79, 57–66 (2002).
17. Wagner, S.M., Jönke, R., Eisingerich, A.B.: A Strategic Framework for Spare Parts Logistics. *California Management Review*. 54, 69–92 (2012). <https://doi.org/10.1525/cmr.2012.54.4.69>.
18. Altay, N., Rudisill, F., Litteral, L.A.: Adapting Wright’s modification of Holt’s method to forecasting intermittent demand. *International Journal of Production Economics*. 111, 389–408 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.01.009>.
19. Wagner, S.M., Lindemann, E.: A case study-based analysis of spare parts management in the engineering industry. *Production Planning & Control*. 19, 397–407 (2008). <https://doi.org/10.1080/09537280802034554>.
20. Werbińska-Wojciechowska, S.E., Politechnika Wroclawska, Oficyna Wydawnicza: *Modele utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, Wrocław (2018).

21. Źródło elektroniczne: www.mpit.gov.pl/strony/aktualnosci/ksztaltowanie-potencjalu-rynku-dla-przemyslu-40-w-polsce [dostęp: 20.10.2018].
22. Zieliński, M.: Przemysł 4.0 w polskich fabrykach. ASTOR (2016).
23. Zatorska, P.: Analiza zależności pomiędzy Lean manufacturing, a koncepcją Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych, (2017).
24. Rosienkiewicz, M.: Hybrydowe Modele Prognozowania W Produkcji I Metodyka Oceny Ich Efektywności. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław (2019).
25. Croston, J.D.: Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. *Journal of the Operational Research Society*. 23, 289–303 (1972). <https://doi.org/10.1057/jors.1972.50>.
26. Rao, A.V.: A Comment on: Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. *Operational Research Quarterly*. 24, 639–640 (1973).
27. McKenzie, Ed.: Error analysis for winters' additive seasonal forecasting system. *International Journal of Forecasting*. 2, 373–382 (1986). [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(86\)90055-5](https://doi.org/10.1016/0169-2070(86)90055-5).
28. Schultz, C.R.: Forecasting and Inventory Control for Sporadic Demand Under Periodic Review. *Journal of the Operational Research Society*. 38, 453–458 (1987). <https://doi.org/10.1057/jors.1987.74>.
29. Bookbinder, J.H., Lordahl, A.E.: Estimation of Inventory Re-Order Levels Using the Bootstrap Statistical Procedure. *IIE Transactions*. 21, 302–312 (1989). <https://doi.org/10.1080/07408178908966236>.
30. Yar, M., Chatfield, C.: Prediction intervals for the Holt-Winters forecasting procedure. *International Journal of Forecasting*. 6, 127–137 (1990). [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(90\)90103-I](https://doi.org/10.1016/0169-2070(90)90103-I).
31. Wang, M.-C., Subba Rao, S.: Estimating reorder points and other management science applications by bootstrap procedure. *European Journal of Operational Research*. 56, 332–342 (1992). [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90316-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90316-2).
32. Willemain, T.R., Smart, C.N., Shockor, J.H., DeSautels, P.A.: Forecasting intermittent demand in manufacturing: a comparative evaluation of Croston's method. *International Journal of Forecasting*. 10, 529–538 (1994). [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(94\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0169-2070(94)90021-3).
33. Hill, T., O'Connor, M., Remus, W.: Neural Network Models for Time Series Forecasts. *Management Science*. 42, 1082–1092 (1996).
34. Johnston, F.R., Boylan, J.E.: Forecasting for Items with Intermittent Demand. *The Journal of the Operational Research Society*. 47, 113 (1996). <https://doi.org/10.2307/2584256>.
35. Sani, B., Kingsman, B.G.: Selecting the best periodic inventory control and demand forecasting methods for low demand items. *Journal of the Operational Research Society*. 48, 700–713 (1997). <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600418>.
36. Ho, S.L., Xie, M.: The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis. *Computers & Industrial Engineering*. 35, 213–216 (1998). [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(98\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(98)00066-7).
37. Lawton, R.: How should additive Holt–Winters estimates be corrected? *International Journal of Forecasting*. 14, 393–403 (1998). [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(98\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(98)00040-5).
38. Chen, T., Wang, M.-J.J.: Forecasting methods using fuzzy concepts. *Fuzzy Sets and Systems*. 105, 339–352 (1999). [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00265-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00265-0).
39. Koehler, A.B., Snyder, R.D., Ord, J.K.: Forecasting models and prediction intervals for the multiplicative Holt–Winters method. *International Journal of Forecasting*. 17, 269–286 (2001). [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(01\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(01)00081-4).

40. Syntetos, A.A., Boylan, J.E.: On the bias of intermittent demand estimates. *International Journal of Production Economics*. 71, 457–466 (2001). [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00143-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00143-2).
41. Ho, S.L., Xie, M., Goh, T.N.: A comparative study of neural network and Box-Jenkins ARIMA modeling in time series prediction. *Computers & Industrial Engineering*. 42, 371–375 (2002). [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(02\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(02)00036-0).
42. Chodak, G., Kwaśnicki, W.: Zastosowanie algorytmów genetycznych w prognozowaniu popytu. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*. 4, 2–7 (2002).
43. Ramjee, R., Crato, N., Ray, B.K.: A note on moving average forecasts of long memory processes with an application to quality control. *International Journal of Forecasting*. 291–297 (2002).
44. Snyder, R.: Forecasting sales of slow and fast moving inventories. *European Journal of Operational Research*. 140, 684–699 (2002). [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00231-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00231-4).
45. Tseng, F.-M., Yu, H.-C., Tzeng, G.-H.: Combining neural network model with seasonal time series ARIMA model. *Technological Forecasting and Social Change*. 69, 71–87 (2002). [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(00\)00113-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(00)00113-X).
46. Archibald, B.C., Koehler, A.B.: Normalization of seasonal factors in Winters' methods. *International Journal of Forecasting*. 19, 143–148 (2003). [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(01\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(01)00117-0).
47. BuHamra, S., Smaoui, N., Gabr, M.: The Box–Jenkins analysis and neural networks: prediction and time series modelling. *Applied Mathematical Modelling*. 27, 805–815 (2003). [https://doi.org/10.1016/S0307-904X\(03\)00079-9](https://doi.org/10.1016/S0307-904X(03)00079-9).
48. Ghobbar, A.A., Friend, C.H.: Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model. *Computers & Operations Research*. 30, 2097–2114 (2003). [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(02\)00125-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(02)00125-9).
49. Xu, K., Xie, M., Tang, L.C., Ho, S.L.: Application of neural networks in forecasting engine systems reliability. *Applied Soft Computing*. 2, 255–268 (2003). [https://doi.org/10.1016/S1568-4946\(02\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S1568-4946(02)00059-5).
50. Levén, E., Segerstedt, A.: Inventory control with a modified Croston procedure and Erlang distribution. *International Journal of Production Economics*. 90, 361–367 (2004). [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00053-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00053-7).
51. Chiou, H.-K., Tzeng, G.-H., Cheng, C.-K.: GREY PREDICTION GM(1,1) MODEL FOR FORECASTING DEMAND OF PLANNED SPARE PARTS IN NAVY OF TAIWAN. 8.
52. Willemain, T.R., Smart, C.N., Schwarz, H.F.: A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of Forecasting*. 20, 375–387 (2004). [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(03\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(03)00013-X).
53. Syntetos, A.A., Boylan, J.E.: The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Forecasting*. 21, 303–314 (2005). <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2004.10.001>.
54. Syntetos, A.A., Boylan, J.E., Croston, J.D.: On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*. 56, 495–503 (2005). <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601841>.
55. Bermúdez, J.D., Segura, J.V., Vercher, E.: Improving demand forecasting accuracy using nonlinear programming software. *Journal of the Operational Research Society*. 57, 94–100 (2006). <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601941>.
56. Hu, H.-Y., Li, Z.-C.: Collocation methods for Poisson's equation. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 195, 4139–4160 (2006). <https://doi.org/10.1016/j.cma.2005.07.019>.

57. Hua, Z., Zhang, B.: A hybrid support vector machines and logistic regression approach for forecasting intermittent demand of spare parts. *Applied Mathematics and Computation*. 181, 1035–1048 (2006). <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.01.064>.
58. Amin-Naseri, M.R., Tabar, B.R.: Neural network approach to lumpy demand forecasting for spare parts in process industries. In: *2008 International Conference on Computer and Communication Engineering*. pp. 1378–1382. IEEE, Kuala Lumpur, Malaysia (2008). <https://doi.org/10.1109/ICCCE.2008.4580831>.
59. Dolgui, A., Pashkevich, M.: Demand forecasting for multiple slow-moving items with short requests history and unequal demand variance. *International Journal of Production Economics*. 112, 885–894 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.07.008>.
60. Gutierrez, R.S., Solis, A.O., Mukhopadhyay, S.: Lumpy demand forecasting using neural networks. *International Journal of Production Economics*. 111, 409–420 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.01.007>.
61. Chen, F.L., Chen, Y.C.: An investigation of forecasting critical spare parts requirement. Presented at the World congress on computer science and information engineering (2009).
62. Sheu, S.-H., Tai, S.-H., Hsieh, Y.-T., Lin, T.-C.: Monitoring process mean and variability with generally weighted moving average control charts. *Computers & Industrial Engineering*. 57, 401–407 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.12.010>.
63. Teunter, R., Sani, B.: On the bias of Croston's forecasting method. *European Journal of Operational Research*. 194, 177–183 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.12.001>.
64. Chen, F.-L., Chen, Y.-C., Kuo, J.-Y.: Applying moving back-propagation neural network and moving fuzzy neuron network to predict the requirement of critical spare parts. *Expert Systems with Applications*. 37, 4358–4367 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.11.092>.
65. Teunter, R.H., Syntetos, A.A., Babai, M.Z.: Determining order-up-to levels under periodic review for compound binomial (intermittent) demand. *European Journal of Operational Research*. 203, 619–624 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.09.013>.
66. Kazemi, A., A, A., Foroughi., Hosseinzadeh, M.: A Multi-Level Fuzzy Linear Regression Model for Forecasting Industry Energy Demand of Iran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 41, 342–348 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.04.039>.
67. Kozik, P., Sęp, J.: Aircraft engine overhaul demand forecasting using ANN. *Management and Production Engineering Review*. 3, 21–26 (2012).
68. Wan, C., Xu, Z., Wang, Y., Dong, Z.Y., Wong, K.P.: A Hybrid Approach for Probabilistic Forecasting of Electricity Price. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 5, 463–470 (2014). <https://doi.org/10.1109/TSG.2013.2274465>.
69. Jurczyk, K., Kutyba, A.: Prognozowanie wielkości sprzedaży z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych na przykładzie przedsiębiorstwa branży kwiatowej. *Logistyka*. 2, 323–333 (2015).
70. Więcek, P.: Hybrydowa metoda predykcji popytu w logistyce. *Logistyka*. 4, 9 (2015).
71. Vasumathi, B., Saradha, A.: Enhancement of Intermittent Demands in Forecasting for Spare Parts Industry. *Indian Journal of Science and Technology*. 8, (2015). <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i25/53374>.
72. Dyr, T., Misiurski, P.: Forecasting of costs of maintenance and use of a bus fleet. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Problemy Transportu i Logistyki*. 35, 19–28 (2016). <https://doi.org/10.18276/ptl.2016.35-02>.
73. Rosienkiewicz, M., Chlebus, E., Detyna, J.: A hybrid spares demand forecasting method dedicated to mining industry. *Applied Mathematical Modelling*. 49, 87–107 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.04.027>.

74. Bounou, O., El Barkany, A., El Biyaali, A.: Parametric Approaches for Spare Parts Demand. *International Journal of Supply Chain Management*. 7, 432–439 (2018).
75. Hasni, M., Babai, M.Z., Aguir, M.S., Jemai, Z.: An investigation on bootstrapping forecasting methods for intermittent demands. *International Journal of Production Economics*. (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.001>.
76. KAYA, G.O., TURKYILMAZ, A.: Intermittent Demand Forecasting Using Data Mining Techniques. *Applied Computer Science*. 38–47 (2018). <https://doi.org/10.23743/acs-2018-11>.
77. Naim, I., Mahara, T., Idrisi, A.R.: Effective Short-Term Forecasting for Daily Time Series with Complex Seasonal Patterns. *Procedia Computer Science*. 132, 1832–1841 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.136>.
78. Rosienkiewicz, M., Kowalski, A., Helman, J., Zbieć, M.: Development of Lean Hybrid Furniture Production Control System based on Glenday Sieve, Artificial Neural Networks and Simulation Modeling. *Drvna industrija*. 69, 163–173 (2018). <https://doi.org/10.5552/drind.2018.1747>.
79. Grzeszczyk, T.A.: Zintegrowana metoda prognozowania w zarządzaniu przedsiębiorstwem. *Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych II*. 8 (2003).
80. Jurczyk, K., Kutyba, A.: Prognozowanie wielkości sprzedaży z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych na przykładzie przedsiębiorstwa branży kwiatowej. *Logistyka*. 323–333 (2015).
81. Hua, Z.S., Zhang, B., Yang, J., Tan, D.S.: A new approach of forecasting intermittent demand for spare parts inventories in the process industries. *Journal of the Operational Research Society*. 58, 52–61 (2007). <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602119>.
82. Omar, H., Hoang, V.H., Liu, D.-R.: A Hybrid Neural Network Model for Sales Forecasting Based on ARIMA and Search Popularity of Article Titles. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2016, 1–9 (2016). <https://doi.org/10.1155/2016/9656453>.
83. Marques, N.C., Gomes, C.: Implementing an Intelligent Moving Average with a Neural Network. 2.
84. Areekul, P., Senjyu, T., Toyama, H., Yona, A.: Notice of Violation of IEEE Publication Principles - A Hybrid ARIMA and Neural Network Model for Short-Term Price Forecasting in Deregulated Market. *IEEE Transactions on Power Systems*. 25, 524–530 (2010). <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2009.2036488>.
85. Murray, M.P.: *Econometrics: a modern introduction*. Pearson Addison Wesley, Boston (2006).
86. Gruszczyński, M., Kuszewski, T., Podgórska, M.: *Ekonometria i badania operacyjne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2009).
87. Perić, I., Debelić, A., Grladinović, T.: Enterprise Resource Planning: Case Study of Croatian Wood Processing Companies. Presented at the 10th International Scientific Conference WoodEMA 2017: More Wood, Better Management, Increasing Effectiveness: Starting Points and Perspective (2017).
88. Chlebus, E., Helman, J., Olejarczyk, M., Rosienkiewicz, M.: A new approach on implementing TPM in a mine – A case study. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 15, 873–884 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.07.002>.
89. Gopalakrishnan, P., Banerji, A.K.: *Maintenance and spare parts management*. PHI Learning - Private Limited, New Delhi (2011).
90. Molenaers, A., Baets, H., Pintelon, L., Waeyenbergh, G.: Criticality classification of spare parts: A case study. *International Journal of Production Economics*. 140, 570–578 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.08.013>.

91. Rosienkiewicz, M.: Opracowanie metody prognozowania zapotrzebowania na części zamienne w przemyśle wydobywczym, (2014).
92. Burduk, A., Chlebus, T., Helman, J., Kowalski, A., Olejarczyk, M., Rosienkiewicz, M., Szwancyber, Ł., Stefaniak, P.: Adaptacja wybranych metod Lean Manufacturing do warunków przemysłu wydobywczego. *Napędy i Sterowanie*. 16, 106–112 (2014).
93. Burduk, A., Chlebus, T., Helman, J., Kowalski, A., Olejarczyk, M., Rosienkiewicz, M., Szwancyber, Ł., Stefaniak, P.: Zastosowanie elementów Total Productive Maintenance w Komorze Maszyn Ciężkich w kopalni miedzi. *Napędy i Sterowanie*. 16, 100–105 (2014).
94. Burduk, A.: Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław (2013).
95. Loska, A.: Wybrane aspekty komputerowego wspomaganie zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu systemów technicznych: monografia. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Zabrze; Opole (2012).
96. Ligier, K., Mazur, A.: Wspomaganie podejmowania decyzji w zarządzaniu częściami zamiennymi dla potrzeb służb utrzymania maszyn. *Logistyka*. 4, (2014).
97. Kowalski, A., Rosienkiewicz, M.: ANN-Based Hybrid Algorithm Supporting Composition Control of Casting Slip in Manufacture of Ceramic Insulators. In: Graña, M., López-Guede, J.M., Etxaniz, O., Herrero, Á., Quintián, H., and Corchado, E. (eds.) *International Joint Conference SOCO'16-CISIS'16-ICEUTE'16*. pp. 357–365. Springer International Publishing, Cham (2017). https://doi.org/10.1007/978-3-319-47364-2_34.
98. Subba Reddy, B., Verma, A.R.: Novel technique for electric stress reduction across ceramic disc insulators used in UHV AC and DC transmission systems. *Applied Energy*. 185, 1724–1731 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.078>.
99. Islam, R.A., Chan, Y.C., Islam, Md.F.: Structure–property relationship in high-tension ceramic insulator fired at high temperature. *Materials Science and Engineering: B*. 106, 132–140 (2004). <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2003.09.005>.
100. Partyka, J., Gajek, M., Gasek, K., Lis, J.: Wpływ uziarnienia tlenku glinu na właściwości mechaniczne i mikrostrukturę tworzywa porcelanowego typu 130. *Materiały Ceramiczne*. 65, 283–289 (2013).
101. Fukushima, M., Yoshizawa, Y.: Fabrication and morphology control of highly porous mullite thermal insulators prepared by gelation freezing route. *Journal of the European Ceramic Society*. 36, 2947–2953 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.09.041>.
102. Carbajal, L., Rubio-Marcos, F., Bengochea, M.A., Fernandez, J.F.: Properties related phase evolution in porcelain ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*. 27, 4065–4069 (2007). <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2007.02.096>.
103. Carty, W.M., Senapati, U.: Porcelain-Raw Materials, Processing, Phase Evolution, and Mechanical Behavior. *Journal of the American Ceramic Society*. 81, 3–20 (1998). <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1998.tb02290.x>.
104. Menéndez, F., Gómez, A., Voces, F., García, V.: Porcelain insulators in electrostatic precipitator. *Journal of Electrostatics*. 76, 188–193 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2015.05.023>.
105. Tao, L., Baoshan, Z.: Technical and economical comparisons between different kinds of materials and different geometries for electrostatic precipitator insulators. *International Society for Electrostatic Precipitation ICESP*. (2006).
106. Tenorio Cavalcante, P.M., Dondi, M., Ercolani, G., Guarini, G., Melandri, C., Raimondo, M., Rocha e Almendra, E.: The influence of microstructure on the performance of white porcelain stoneware. *Ceramics International*. 30, 953–963 (2004). <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2003.11.002>.

107. Strong, D., Kay, M., Conner, B., Wakefield, T., Manogharan, G.: Hybrid manufacturing – integrating traditional manufacturers with additive manufacturing (AM) supply chain. *Additive Manufacturing*. 21, 159–173 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.03.010>.
108. Królikowski, M.A., Krawczyk, M.B.: Metal cutting and additive manufacturing as an integral stages of metals hybrid manufacturing in Industry 4.0. *Mechanik*. 769–771 (2018). <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.8-9.129>.
109. Rosienkiewicz, M., Gabka, J., Helman, J., Kowalski, A., Susz, S.: Additive Manufacturing Technologies Cost Calculation as a Crucial Factor in Industry 4.0. In: Hamrol, A., Ciszak, O., Legutko, S., and Jurczyk, M. (eds.) *Advances in Manufacturing*. pp. 171–183. Springer International Publishing, Cham (2018). https://doi.org/10.1007/978-3-319-68619-6_17.
110. Pawlak, A., Rosienkiewicz, M., Chlebus, E.: Design of experiments approach in AZ31 powder selective laser melting process optimization. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 17, 9–18 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.acme.2016.07.007>.
111. Norma ASTM F2792 – 12a, Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies.
112. Chlebus, E.: *Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa (2000).
113. Maroszek, F.: *Badanie i analiza wpływu parametrów wiązki lasera na wytrzymałość mechaniczną elementów wytwarzanych w procesie SLS z wykorzystaniem podejścia DOE*, (2017).
114. Gruber, K., Stopyra, W.: *Technologie przyrostowe w zastosowaniach lotniczych. Interdyscyplinarność badań naukowych*. 7 (2017).
115. Averyanova, M., Cicala, E., Bertrand, Ph., Grevey, D.: Experimental design approach to optimize selective laser melting of martensitic 17-4 PH powder: part I – single laser tracks and first layer. *Rapid Prototyping Journal*. 18, 28–37 (2012). <https://doi.org/10.1108/13552541211193476>.
116. Gorchels, L.: *Zarządzanie produktem: od badań i rozwoju do budżetowania reklamy*. Wydawnictwo Helion (2007).
117. Kasprzycki-Rosikoń, J., Piątkowski, J.: *Crowdsourcing. Jak angażować konsumentów w świat marek*. Wydawnictwo HELION, Gliwice (2013).
118. Molasy, M., Rosienkiewicz, M., Helman, J., Cholewa, M.: Gamification-Based Crowdsourcing as a Tool for New Product Development in Manufacturing Companies. In: Burduk, A., Batako, A., Machado, J., Wyczółkowski, R., Antosz, K., and Gola, A. (eds.) *Advances in Production*. pp. 368–379. Springer Nature Switzerland, Cham (2023). https://doi.org/10.1007/978-3-031-45021-1_28.
119. Helman, J., Rosienkiewicz, M., Molasy, M., Cholewa, M.: Infrastructure Sharing Model as a Support for Sustainable Manufacturing. In: Scholz, S.G., Howlett, R.J., and Setchi, R. (eds.) *Sustainable Design and Manufacturing 2020*. pp. 71–80. Springer Singapore, Singapore (2021). https://doi.org/10.1007/978-981-15-8131-1_7.
120. Rosienkiewicz, M., Helman, J., Cholewa, M., Molasy, M.: Open Innovation Readiness Assessment within Students in Poland: Investigating State-of-the-Art and Challenges. *Sustainability*. 14, 1213 (2022). <https://doi.org/10.3390/su14031213>.
121. What is Deep Tech, <https://www.eitdeeptechtalent.eu/the-initiative/what-is-deep-tech/>, last accessed 2023/11/29.
122. Helman, J., Rosienkiewicz, M., Cholewa, M., Molasy, M., Oleszek, S.: Towards GreenPLM—Key Sustainable Indicators Selection and Assessment Method Development. *Energies*. 16, 1137 (2023). <https://doi.org/10.3390/en16031137>.

123. BS 8001:2017 BSI Knowledge, <https://knowledge.bsigroup.com/products/framework-for-implementing-the-principles-of-the-circular-economy-in-organizations-guide/standard>, last accessed 2022/10/04.
124. Lewandowski, M.: Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*. 8, 43 (2016). <https://doi.org/10.3390/su8010043>.
125. Circular Future - Public Affairs and consultancy about Circular Economy, <http://circular-future.eu>, last accessed 2022/10/04.
126. Clinton, L., Whisnant, R.: Business Model Innovations for Sustainability. In: Lenssen, G.G. and Smith, N.C. (eds.) *Managing Sustainable Business*. pp. 463–503. Springer Netherlands, Dordrecht (2019). https://doi.org/10.1007/978-94-024-1144-7_22.
127. Ellen MacArthur Foundation: *Circularbusinessmodels:redefininggrowthforathrivingfashionindustry*, <https://ellenmacarthurfoundation.org/publications>, last accessed 2022/10/04.
128. Rother, M., Harris, R., Jones, D.T., Koch, T., Sobczyk, T., Womack, J.P.: *Naucz się widzieć: eliminacja marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości*. The Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław (2009).
129. Dunstan, K., Lavin, B., Sanford, R.: *The Application of Lean Manufacturing in a Mining Environment*. (2006).
130. Król, R., Zimroz, R., Stolarczyk, Ł.: Analiza awaryjności układów hydraulicznych samojezdnych maszyn roboczych stosowanych w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*. 128, 127–139 (2009).
131. Kardas, E.: Prognozowanie produkcji jako czynnik kształtujący poziom zapasów w przedsiębiorstwie hutniczym. *Logistyka*. 61–63 (2010).
132. Kozik, P., Sęp, J.: Planowanie zapotrzebowania części zamiennych silnika lotniczego w prototypie informatycznego systemu DEL. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem / Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją*. 33–38 (2012).
133. Olejarczyk, M., Rosienkiewicz, M.: Implementacja narzędzia 5S w warunkach przemysłu wydobywczego. In: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T. 1 / pod red. Ryszarda Knosali. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole (2014).
134. Chlebus, E., Helman, J., Rosienkiewicz, M., Stefaniak, P.: Standaryzacja przeprowadzania napraw jako etap wdrożenia Total Productive Maintenance w przemyśle wydobywczym. In: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T. 2 / pod red. Ryszarda Knosali. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole (2014).

6. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej w szczególności zagranicznej

6.1. Istotna aktywność naukowa w Polsce

INSTYTUT TRANSFERU TECHNOLOGII SP. Z O.O.

2023 Umowa o dzieło na realizację projektu Green PLM.

Publikacja:

Towards greenPLM – key sustainable indicators selection and assessment method development.

Joanna Helman, Maria Rosienkiewicz, Mariusz Cholewa, Mateusz Molasy, Sylwester Oleszek

LEGNICKA SPECJALNA STREFA EKONOMICZNA S.A. (LSSE S.A.)

2019-2020 Umowa o pracę; Stanowisko: Menedżer merytoryczny projektu

Realizacja międzynarodowego projektu AMICE jako kierownik merytoryczny projektu.

LEGNICKI PARK TECHNOLOGICZNY LETIA S.A. (włączony w 2019 w LSSE S.A.)

2017-2019 Umowa o pracę; Stanowisko: Menedżer merytoryczny projektu

Realizacja międzynarodowego projektu AMICE jako kierownik merytoryczny projektu.

DOLNOŚLĄSKI PARK INNOWACJI I NAUKI

2011-2014 Umowa o pracę; Stanowisko: referent

Realizacja międzynarodowego projektu SMART FRAME jako główny wykonawca.

Publikacje:

Smart framework for SME's focused on modern industrial technologies.

Mariusz Cholewa, Maria Rosienkiewicz

Processes and project management / ed. Marek Wirkus. Gdańsk : Gdańsk University of Technology Publishers, 2015.

Wewnętrzne procedury instytucji macierzystych podstawą sukcesu w zakładaniu firm typu spin-of

Maria Rosienkiewicz

Interdyscyplinarność badań naukowych 2014 : praca zbiorowa / pod red. Jarosława Szreka. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2014 ISBN: 978-83-7493-863-1

6.2. Istotna aktywność naukowa zagraniczna

W ramach projektów międzynarodowych, w których brałam udział, współpracowałam z wieloma uczelniami i instytucjami naukowymi oraz odbyłam liczne podróże zagraniczne w celu prowadzenia badań, które skupiały się na opracowaniu narzędzi, metod, modeli i strategii wspierających innowacyjność i transfer technologii przede wszystkim dedykowanych małym i średnim przedsiębiorstwom w z sektora zaawansowanych technologii wytwórczych w Europie Środkowej. Poniżej załączam listę wybranych projektów – w ramach których prowadziłam badania – wraz z listą konsorcjantów i kluczowych rezultatów:

Tytuł projektu:

DEETECTIVE: Deep Tech Talents - Innovation & Entrepreneurship Support

KIC – EIT RAW MATERIALS

Budżet projektu: 0,75 mln EUR

Czas trwania: 2023-2024

Rola w projekcie: Kierownik zadania roboczego (*Work Package 3 Crowd Wisdom for Deep Tech*), główny wykonawca, główny autor wniosku aplikacyjnego

Konsorcjum projektowe:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. **Holon Institute of Technology, Izrael**
3. **EPF School of Engineering, Francja**

4. Centria University of Applied Sciences, **Finlandia**
5. University of Genova, **Włochy**
6. Institute of Technology Transfer, **Polska**

Kluczowe rezultaty przedstawiłam w rozdziale 5.3.4.4. niniejszego autoreferatu.

Tytuł projektu:

SMERF: SME Ready for Future

Central Europe Interreg,

Budżet projektu: 2,5 mln EUR

Czas trwania: 2023-2026

Rola w projekcie: Kierownik zadania roboczego (*Work Package 3 Innovation ecosystem development - support for SMEs*), główny wykonawca, główny autor wniosku aplikacyjnego, lider badawczego filaru II Zdigitalizowane wytwarzanie.

Konsorcjum projektowe:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. Karlsruhe Institute of Technology KIT, **Niemcy**
3. University of Genoa UNIGE, **Włochy**
4. Technical University of Kosice TUKE, **Słowacja**
5. Business Upper Austria Biz-Up, **Austria**
6. Center of Research and Technologic Innovation s.r.l. CRIT, **Włochy**
7. Pannon Business Network Association PBN, **Węgry**
8. STEP RI Science and Technology Park of the University of Rijeka, **Chorwacja.**

Kluczowe rezultaty przedstawiłam w rozdziale 5.3.4.3. niniejszego autoreferatu.

Tytuł projektu:

IDEATION: Innovation and entrepreneurship actions and trainings for higher education

KIC – EIT MANUFACTURING

Budżet projektu: 1,2 mln EUR

Czas trwania: 2022-2024

Rola w projekcie: Kierownik zadania roboczego (*Work Package 3 Crowdsourcing and Crowdfunding for development innovations and businesses*), główny wykonawca, główny autor wniosku aplikacyjnego

Konsorcjum projektowe:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. Holon Institute of Technology, **Izrael**
3. Univeridad de La Laguna, **Hiszpania**
4. CRIT Centre of Research and Technological Innovation, **Włochy**
5. FIR at RWTH Aachen University, **Niemcy**

Kluczowe rezultaty przedstawiłam w rozdziale 5.3.4.2. niniejszego autoreferatu.

Tytuł projektu:

SYNERGY: Synergic networking for innovativeness enhancement of Central European actors focused on high-tech industry, Central Europe Interreg, nr projektu CE1171

Budżet projektu: 1,8 mln euro;

Czas trwania: 2017-2020;

Rola w projekcie: Kierownik zadania roboczego (*Work Package 3 Synergic Crowd Innovation Platform*), główny wykonawca, główny autor wniosku aplikacyjnego

Konsorcjum projektowe:

1. **Politechnika Wroclawska, lider projektu, Polska**
2. Karlsruhe Institute of Technology KIT, Niemcy
3. Technical University Chemnitz, Cluster of Excellence MERGE, Niemcy
4. Jožef Stefan Institute JSI, Słowenia
5. STEP RI - Science and Technology Park of the University of Rijeka, Chorwacja
6. CRIT Centre of Research and Technological Innovation s.r.l., Włochy
7. PROFACTOR GmbH, Austria

Kluczowe rezultaty przedstawiłam w rozdziale 5.3.4.1. niniejszego autoreferatu.

Tytuł projektu:

TRANS³Net: Increased effectiveness of transnational knowledge and technology transfer through a tri-lateral cooperation network of transfer promoters, Central Europe Interreg, nr projektu CE318

Budżet projektu: 1,8 mln euro;

Czas trwania: 2016-2019;

Rola w projekcie: Kierownik ds. komunikacji, kierownik zadania roboczego (*Work Package 4*), główny wykonawca

Konsorcjum projektowe:

1. Technische Universität Dresden, **lider projektu**, Niemcy
2. Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, Polska
3. **Politechnika Wroclawska, Polska**
4. Wroclawska Agencja Rozwoju Regionalnego, Polska
5. Technologie - und Gründerzentrum Bautzen GmbH, Niemcy
6. Wirtschaftsförderung Erzgebirge GmbH, Niemcy
7. Hospodářská a sociální rada Ústeckého kraje, Czechy
8. Okresní hospodářská komora Děčín, Czechy
9. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Czechy

Kluczowe rezultaty:

Głównym celem projektu Trans3Net było zwiększenie efektywności ponadnarodowego transferu wiedzy i technologii poprzez budowę trójstronnej sieci współpracy „promotorów transferu”.

Do kluczowych rezultatów Trans3Net, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi można zaliczyć:

- opracowanie ponad granicznego referencyjnego modelu transferu wiedzy i technologii. W ramach tego zagadnienia najpierw wraz z partnerami zagranicznymi opracowana została wspólna definicja „promotora transferu”. Następnie opracowana została metodyka służąca do budowy katalogu kategorii, które pozwolą scharakteryzować promotorów transferu. W kolejnym kroku dokonano analizy i weryfikacji opracowanego katalogu kategorii. Następnie opracowano narzędzie do identyfikacji promotorów transferu w trzech regionach. W fazie pilotażowej przeprowadzony został test opracowanego narzędzia z udziałem wybranych promotorów transferu. Następnie narzędzie zostało skorygowane i zwalidowane. Po jego zatwierdzeniu rozpoczęto proces identyfikacji potencjalnych regionalnych promotorów transferu. Wzięto także udział w międzynarodowych warsztatach w Dreźnie dotyczących ponad granicznego referencyjnego modelu transferu wiedzy i technologii. W ramach dalszych badań opracowano koncepcję budowy internetowej platformy zawierającej „mapę promotorów transferu”, którą oparto na wynikach analiz dotyczących sposobu implementacji internetowej narzędzia w kontekście aspektów technicznych, użyteczności i designu.
- Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie analizy SWOT dotyczącej sytuacji transferu technologii na Dolnym Śląsku. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz zostały wykorzystane do opracowania strategii dotyczącej budowania ponad granicznej sieci współpracy w sąsiadujących regionach. Strategia ponad granicznej sieci współpracy „STRATEGY for a

transnational NETWORK of transfer promoters” stanowi drogowskaz umożliwiający kształtowanie warunków budowania dobrze funkcjonującego systemu innowacji w transgranicznym obszarze projektu oraz wynikającego z niej planu działań dla ponad granicznej sieci współpracy.

- Następnie, w ramach kompilacji i testowania portfolio ponad granicznej sieci współpracy”, opracowano koncepcję wdrożenia prototypów wydarzeń dedykowanych podniesieniu efektywności procesu transferu wiedzy i technologii w regionach partnerów biorących udział w projekcie. W ramach projektu przewidziano pilotaż obejmujący cztery prototypy: TRANS3Net.Visit, TRANS3Net.Show, TRANS3Net.Training oraz TRANS3Net.Dialogue.
- W ramach projektu byłam zaangażowana nie tylko w proces opracowania koncepcji modelu każdego z tych wydarzeń ale także w proces ich implementacji m.in. poprzez uczestnictwo w planowanie organizacji wydarzenia, konsultacje agendy oraz proces zapraszania i rekrutacji uczestników. Organizacja tych wydarzeń umożliwiła bezpośrednie ustanowienie silnych więzi i samowystarczalnej współpracy pomiędzy "promotorami transferu" oraz dalszymi aktorami sfery naukowej, ekonomicznej i publicznej. Dzięki zaangażowaniu wszystkich kluczowych graczy istotnych dla transferu wiedzy i technologii, wydarzenia organizowane w ramach projektu pozwalają przezwyciężyć wielorakie przeszkody dotyczące ponadnarodowej współpracy nauki i przemysłu. Przyczynia się to z jednej strony do sukcesu pojedynczych podmiotów gospodarczych i badawczych, a także do poprawy dobrobytu gospodarczego i społecznego w regionach uczestniczących w projekcie, a w konsekwencji do poprawy jakości życia w tych regionach. Ponadto zakończono prace nad identyfikacją biznesowo-zorientowanych rezultatów badań naukowych z Politechniki Wrocławskiej, co znacząco podnosi szansę na ich wdrożenie w przemyśle i na rozwój innowacyjności w regionach objętych działaniami projektu.
- Następnie prowadzono badania nad budową internetowej platformy dedykowanej innowacjom (*Innovation web platform*). Ponadto opracowano metodykę identyfikacji i biznesowo-zorientowanej prezentacji możliwych do wdrożenia wyników badań naukowych. Następnie opracowano model opisu wyniku i dokument służący do identyfikacji istotnych ekonomicznie wyników badań naukowych. W kolejnym kroku realizowane były prace nad poszukiwaniem właściwych rezultatów badań naukowych. Następnie dokonano ich selekcji i wyłoniono wyniki możliwe do wdrożenia oraz przeprowadzono ich charakterystykę i dokonano opisu zgodnie z opracowaną wcześniej metodyką i szablonem.
- Następnie prowadzone były badania opracowaniem modelu współpracy sieci (*cooperation network model CNM*). W ramach prac nad modelem CNM definiowano prawa i obowiązki członków sieci oraz definiowano usługi, które sieć będzie świadczyła dla swoich członków w celu eliminacji lub redukcji barier ponad granicznej współpracy i transferu technologii. Analizowano również model finansowania sieci oraz aspekty prawne. Powstały model ten zawiera wewnętrzne i zewnętrzne procesy i procedury opisujące funkcjonowanie sieci, które m.in. pozwalają na zapewnienie długookresowego rozwoju sieci, ciągłe uaktualnienia zbudowanego wcześniej portfolio, definicję relacji pomiędzy interesariuszami, integrację nowych członków.

Tytuł projektu:

NUCLEI: Network of Technology Transfer Nodes for Enhanced open Innovation in the Central Europe advanced manufacturing and processing industry

Central Europe Interreg, nr projektu CE258

Budżet projektu: 2,4 mln euro; Czas trwania: 2016-2019;

Rola w projekcie: kierownik zadania roboczego (*Work Package 3*), główny wykonawca

Konsorcjum projektowe:

1. CRIT Centre of Research and Technological Innovation s.r.l., **lider projektu**, Włochy
2. **Politechnika Wroclawska, Polska**
3. BIZ-UP - OÖ Wirtschaftsagentur GmbH, Austria
4. Czech Technical University in Prague, Czechy
5. Cluster AT+R z.p.o., Słowacja,

6. ITQ GmbH, Niemcy
7. Cluster Mechatronics & Automation Management gGmbH, Niemcy
8. Steinbeis Innovation gGmbH Niemcy
9. T2I - TECHNOLOGY TRANSFER AND INNOVATION S.C.A R.L, Włochy
10. ASTER S. Cons. p. A. , Włochy

Kluczowe rezultaty:

Głównym celem projektu NUCLEI było opracowanie ponadnarodowego modelu zarządzania innowacjami w regionach Europy Środkowej oraz zbudowanie transregionalnej puli wiedzy, która pozwalałaby na wspieranie zaawansowanych innowacji produkcyjnych poza granicami regionalnymi. Ponadto celem NUCLEI była ocena dystansu pomiędzy rzeczywistymi potrzebami i interesami technologicznymi zaawansowanych przemysłowych przedsiębiorstw produkcyjnych a usługami transferu technologii obecnie świadczonymi przez wybrane węzły doskonałości, które obejmował objęte projektem. Projekt skupiał się na zaawansowanych technologiach wytwarzania, a przede wszystkim na przemyśle motoryzacyjnym, automatyce i robotyce, branży elektronicznej, mechatronice oraz technologiach IT. W wyniku działań projektowych zmierzano do zmiany podejścia firm działających w tych branżach z „lokalnego wsparcia” na stosowanie ponadnarodowej bazy wiedzy wspierającej innowacje w przedsiębiorstwach poza granicami ich regionu. Celem zatem było zbudowanie jednego dużego środowiska współpracy – początkowo testowanego przez sto firm z sześciu regionów partnerskich, co w efekcie miało przyczynić się do zwiększenia więzi pomiędzy innowatorami poza ich regionami, skrócenia czasu wprowadzania wyników prac badawczo-rozwojowych na rynek i zwiększenia wydatków na badania i rozwój oraz patenty.

Do kluczowych rezultatów NUCLEI, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi należy zaliczyć transnarodowy internetowy ATLAS i Technology Digital Periscope. ATLAS jest narzędziem opartym na mapie składającej się z wybranych instytucji badawczych, MŚP, dużych przedsiębiorstw oraz instytucji otoczenia biznesu. W ramach projektu dokonano klasyfikacji i identyfikacji wizualnej poszczególnych obszarów biznesowych i dziedzin technologicznych. Narzędzie zostało stworzone w oparciu o bazę wiedzy *Pool of Excellence*. Technology Digital Periscope (TDP) jest z kolei narzędziem wspierającym i przyspieszającym dostęp do istniejących, najnowocześniejszych wyników i produktów B+R poprzez ich usystematyzowanie i eksportowanie. Wyniki zawarte w TDP pochodzą z dziedziny zaawansowanej produkcji i przemysłu przetwórczego. Wyniki te obejmują bardzo ważne technologie zakwalifikowane jako KET (*Key Enable Technologies*), takie jak roboty, procesy produkcyjne, ICT, elektronikę, modelowanie i wizualizację. Analizując wszystkie rodzaje informacji, które zostały zidentyfikowane, zebrane i sklasyfikowane, a następnie wprowadzone do ww. narzędzi, można je pogrupować na 4 główne kategorie: organizacje, projekty, wyniki badań i infrastrukturę.

Tytuł projektu:

AMiCE: Alliance for Advanced Manufacturing in Central Europe

Interreg Central Europe, nr projektu CE1064,

Budżet projektu: 2,5 mln euro;

Czas trwania: 2017-2020;

Rola w projekcie: Kierownik merytoryczny projektu z ramienia Legnickiego Parku Technologicznego LETIA S.A.

Konsorcjum projektowe:

1. Chemnitz University of Technology, **lider projektu**, Niemcy
2. **Legnicki Park Technologiczny LETIA S.A.**, Polska
3. University of Applied Science Zittau/Görlitz, Niemcy
4. Instytut Transferu Technologii, Polska
5. Regional Development Agency of Usti Region, Czechy
6. Technical University of Liberec, Czechy
7. Liguria Regional Chamber of Commerce, Włochy
8. University of Genoa- Polytechnic School, Włochy
9. University of Zilina (Słowacja)

10. BIC Bratislava (Słowacja)

11. LEITAT (Hiszpania)

Kluczowe rezultaty:

Projekt AMiCE koncentrował się na usuwaniu barier, przed jakimi stają MŚP podczas wdrażania zaawansowanych technologii wytwórczych, czyli: dostępu do wiedzy i najlepszych praktyk, promocji inwestycji i konkurencyjności. AMiCE skoncentrowało działania na wytwarzaniu przyrostowym. Projekt połączył pięć ośrodków innowacji, które w swoich strategiach regionalnych nadały priorytet zaawansowanej produkcji. Każde centrum innowacji reprezentował tandem partnerów, w tym instytucja wspierająca biznes i wiodąca uczelnia. W ramach projektu AMiCE opracowano platformę wiedzy, sieć współdzielonych demonstratorów i linii pilotażowych, podkreślając sprawdzone zalety technologii przyrostowych dla nowych użytkowników końcowych. Sieć linii pilotażowych i demonstratorów to usługa, która jest częścią złożonego mechanizmu wspierania innowacji transnarodowych dla MŚP produkcyjnych. Uzupełnia usługi zarządzania informacją i innowacjami, zajmuje się problematyką niedostępności obiektów badawczych, testowych i produkcyjnych dla MŚP i zespołów innowacyjnych w dziedzinie zaawansowanej produkcji. Jednocześnie ułatwia dostęp do laboratoriów i specjalistycznej wiedzy, których MŚP potrzebują do podejmowania dobrze uzasadnionych decyzji inwestycyjnych dotyczących nowego sprzętu produkcyjnego. Sieć składa się z infrastruktur badawczych i innowacyjnych, które są otwarte na dzielenie się swoimi obiektami, sprzętem i know-how z partnerami z zaangażowanych regionów oraz na przyłączanie się do międzynarodowych projektów innowacyjnych.

Do kluczowych rezultatów AMICE, nad którymi prowadziłam badania i w opracowanie których byłam bezpośrednio zaangażowana wraz z partnerami zagranicznymi należą opracowanie foresight'u poświęconego rozwojowi technologii przyrostowych i gospodarce o obiegu zamkniętym w Europie Środkowej oraz opracowanie strategii wsparcia wytwarzania 4.0 dla Europy Środkowej. Ponadto brałam udział w budowaniu platformy *Innovation Hotspot* i identyfikacji, opisie oraz ocenie wyników badań lub potencjalnych pomysłów biznesowych z obszaru technologii przyrostowych i gospodarki o obiegu zamkniętym, dla autorów których zorganizowaliśmy następnie obozy innowacji (*Innovation Camps*).

Tytuł projektu:

WCE: Wrocław Centre of Excellence

H2020-WIDESPREAD-2014-1, Horyzont 2020, Teaming of Excellence, nr projektu 664508

Budżet projektu: 495 100 euro euro;

Czas trwania: 2015-2016;

Rola w projekcie: kierownik zadania roboczego (*Work Package 2*), wykonawca, współautor wniosku aplikacyjnego

Konsorcjum projektowe:

1. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, **lider projektu**, Polska
2. **Politechnika Wroclawska**Polska
3. Universität Würzburg, Niemcy
4. Fraunhofer IWS, Niemcy

Kluczowe rezultaty:

Głównym celem i jednocześnie rezultatem tego projektu, nad realizacją którego prowadziłam badania wraz z zespołem i partnerami niemieckimi - uniwersytetem w Würzburgu i Fraunhofer IWS, było opracowanie innowacyjnego modelu biznesowego dla nowej jednostki badawczo-rozwojowej, której działalność będzie skupiać się na prowadzeniu badań w zakresie technologii przyrostowych oraz fotonice. Jednostka ta miała skoncentrować się na obszarach badawczych, które można bezpośrednio przekształcić w zastosowania, a następnie skomercjalizować. Model biznesowy miał też zapewnić, że wszystkie działania tej jednostki będą realizowane w wyniku wspólnych wysiłków zaangażowanych partnerów polskich i niemieckich z Uniwersytetu w Würzburgu i Fraunhofer IWS w Dreźnie, co oferuje unikalne w skali światowej połączenie wiedzy fachowej z zakresu fotoniki i technologii przyrostowych,

która zostanie wykorzystana do opracowania nowych klas elementów, urządzeń i rozwiązań w procesach produkcyjnych, wykraczających poza najnowocześniejsze technologie, o ogromnym potencjale aplikacyjnym i związanych z nimi potrzeb rynkowych, a także duże znaczenie dla nowoczesnego społeczeństwa. W ten sposób WCE-LST zwiększy możliwości naukowe regionalnych i krajowych środowisk badawczych i przemysłowych oraz umożliwi im wejście na strategiczną ścieżkę rozwoju.

Ponadto od wielu lat współpracuję z naukowcami, instytucjami naukowymi i uczelniami w ramach projektów narodowych. Do kluczowych osób, z którymi współpracowałam i nadal współpracuję zaliczyć można:

Karlsruhe Institute of Technology KIT, Niemcy

Dr Steffen G. Scholz

Opisane wyżej projekty: SMART FRAME, SYNERGY, SMERF

Potwierdzenie współpracy przedstawiam w załączniku nr 7.

Dr Clarissa Marquardt

Opisane wyżej projekty: SYNERGY, SMERF

University of Genoa- Polytechnic School (UNIGE), Włochy

Prof. Giovanni Berselli

Opisane wyżej projekty: AMICE, SMERF, DEETECHTIVE

Potwierdzenie współpracy przedstawiam w załączniku nr 7.

Holon Institute of Technology, Izrael

Prof. Arriel Benis

Dr Michael Winokur

Opisane wyżej projekty: IDEATION, DEETECHTIVE

Potwierdzenie współpracy przedstawiam w załączniku nr 7.

Technische Universität Dresden

Dr Grit Krause-Juettler

Opisane wyżej projekty: TRANS3NET

Potwierdzenie współpracy przedstawiam w załączniku nr 7.

Publikacje:

Analysis and assessment of bottom-up models developed in central Europe for enhancing open innovation and technology transfer in advanced manufacturing.

Maria Rosienkiewicz, Joanna Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz Molasy, Grit Krause-Juettler

Sustainable Design and Manufacturing 2020. Proceedings of the 7th International Conference on Sustainable Design and Manufacturing (KES-SDM 2020) / eds. Steffen G. Scholz, Robert J. Howlett, Rossi Setchi. Singapore : Springer, cop. 2021. s.

(Smart Innovation, Systems and Technologies, ISSN 2190-3018; vol. 200)

Promotion of transnational cooperation between science and industry through the establishment of TRANS³Net.network for transfer-supporting organisations.

Grit Krause-Juettler, Gritt Ott, Joanna Helman, Maria Rosienkiewicz, Mariusz Cholewa

Practitioner Proceedings of the 2020 University-Industry Interaction Conference: Challenges and solutions for fostering entrepreneurial universities and collaborative innovation: June 8-11,

2020 / University Industry Innovation Network. [Amsterdam : University Industry Innovation Network, 2020].

Technical University Chemnitz, Niemcy

Dr Katharina Shoeps

Opisane wyżej projekty: AMICE, SYNERGY

Univesidad de la Laguna, Hiszpania

Prof. Jorge Martin Gutierrez

Prof. José Francisco Gómez González

Opisane wyżej projekty: IDEATION, DEETECHTIVE

CRIT Centre of Research and Technological Innovation s.r.l., / Università degli Studi di Ferrara

Dr Nicola Raule

Opisane wyżej projekty: NUCLEI, SYNERGY

Potwierdzenie współpracy przedstawiam w załączniku nr 7.

Poniżej załączam listę wybranych wyjazdów studyjnych, w ramach których realizowałam powyższe prace z uczelniami i instytucjami zagranicznymi:

Nr	Instytucja	Kraj	Termin	
1	Fraunhofer IWS	Niemcy	26.11.2015	27.11.2015
2	Universität Würzburg	Niemcy	23.09.2015	25.09.2015
3	Business Upper Austria	Austria	12.12.2016	14.12.2016
4	Technische Universität Dresden	Niemcy	07.08.2016	12.08.2016
5	Fraunhofer IWS	Niemcy	25.11.2015	27.11.2015
6	Technologie und Grunderzentrum Bautzen	Niemcy	28.10.2015	28.10.2015
7	Universität Würzburg	Niemcy	23.09.2015	25.09.2015
8	Technologie und Grunderzentrum Bautzen	Niemcy	04.04.2017	06.04.2017
9	Cluster Mechatronik & Automation Management GmbH	Niemcy	26.06.2017	28.06.2017
10	Technische Universität Dresden	Niemcy	25.10.2017	26.10.2017
11	Technische Universität Chemnitz	Niemcy	26.10.2017	27.10.2017
12	Czech Technical University in Prague	Czechy	04.12.2017	06.12.2017
13	J.E.Purkyne University	Czechy	12.12.2017	13.12.2017
14	Centre of Research and Technological Innovation CRIT	Włochy	30.01.2018	01.02.2018
15	Technische Universität Dresden	Niemcy	10.01.2018	10.01.2018
16	t2i - trasferimento tecnologico e innovazione s.c.a.r.l	Włochy	09.04.2018	12.04.2018
17	Research Executive Agency	Belgia	16.04.2018	19.04.2018
18	Technische Universität Dresden	Niemcy	05.04.2018	05.04.2018
19	Technická Univerzita v Liberci	Czechy	05.06.2018	06.06.2018
20	ITQ GmbH: Kompetenz in Mechatronik	Niemcy	20.06.2018	22.06.2018
21	Technische Universität Dresden	Niemcy	07.08.2018	08.08.2018
22	Karlsruhe Institute of Technology	Niemcy	24.09.2018	26.09.2018
23	Parco Scientifico e Tecnologico di Genova	Włochy	10.10.2018	11.10.2018
24	Technische Universität Dresden	Niemcy	29.11.2018	30.11.2018
25	Jozef Stefan Institute	Słowenia	26.02.2019	01.03.2019
26	Business and Innovation Centre Bratislava	Słowacja	28.03.2019	29.03.2019

27	Technische Universität Dresden	Niemcy	13.06.2019	13.06.2019
28	J.E Purkiniego Uniwersytet Usti nad Łabą / Technische Universität Dresden	Czechy/ Niemcy	17.06.2019	18.06.2019
29	Technische Universität Dresden	Niemcy	19.09.2019	20.09.2019
30	Technická Univerzita v Liberci	Czechy	13.10.2019	15.10.2019
31	STEP RI Ltd. Science and Technology Park of the University of Rijeka. Ltd.	Chorwacja	24.09.2019	27.09.2019
32	Holon Institute of Technology	Izrael	21.03.2023	25.03.2023
33	University of Genoa	Włochy	26.07.2023	20.08.2023
34	University of Genoa	Włochy	3.10.2023	6.10.2023
35	EPF School of Engineering	Francja	6.11.2023	8.11.2023
36	FIR RWTH Aachen	Niemcy	4.12.2023	5.12.2023

W wyniku opisanej wyżej współpracy międzynarodowej powstał szereg raportów, których listę załączam poniżej:

1. **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, Nicola Raule, Giulia Di Bari, Steffen G. Scholz, Clarissa Marquardt, Janin Fauth, Christian Wögerer, Jana Blazevic-Marcelja, Mario Vukelić, Katharina Schöps, Matej Mark
New tools and services developed for strengthening regional innovation capacity in Central European companies focused on high-tech industry. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2021, Ser. SPR nr 27, [31] s.
2. Mateusz M. Molasy, Mariusz Cholewa, Joanna Z. Helman, **Maria Rosienkiewicz**, Christian Wögerer
Report on grouping of CE-special project's key factors, analyses of gathered projects and creation of the competence map. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 113, 53 s.
3. Mateusz M. Molasy, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, **Maria Rosienkiewicz**
Catalogue on best practices and success stories of crowd innovation approaches. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 116, 72 s.
4. Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Nicola Raule, Giulia Di Bari
Report on methodology and implementation of the trainings on crowd innovation strategy. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 114, 84 s.
5. Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Nicola Raule, Giulia Di Bari
Report on Pilot action : crowd innovation for companies. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 115, 37 s.
6. Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa, Nicola Raule, Giulia Di Bari
Report on Pilot action "Design and prototype model". Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 117, 17 s.
7. Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa
Method of designing and implementing pilot actions for launching and testing the Synergy Platform : rules and regulations of voucher system; guidebook for potential Synergic Crowd Innovation Platform users. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 118, 92 s.
8. Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa, Christian Wögerer
Report on Pilot action Vouchers for research innovation projects. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 119, 29 s.
9. Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa, Clarissa Marquardt, Janin Fauth, Steffen G. Scholz

- The approach for creation, extending and growing of the innovative Synergic Networks, and methods of dissemination among members. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 120, 70 s.
10. **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, Mariusz Cholewa, Nicola Raule, Giulia Di Bari
Report on Crowd Innovation Strategy. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 126, 80 s.
 11. **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, Mariusz Cholewa, Christian Wögerer
Report on pilot action Rent-a-Robot. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 127, 43 s.
 12. Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Christian Wögerer
Methodology of development IT tool for infrastructure sharing and projects clustering. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 128, 5 s.
 13. Mariusz Cholewa, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy
Report on development of the Synergic Crowd Innovation Platform including described SCIP model. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 129, 37 s.
 14. Mariusz Cholewa, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, Christian Wögerer
Report on Pilot action Simulated crowdfunding. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 130, 66 s.
 15. Mariusz Cholewa, Joanna Z. Helman, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Nicola Raule, Giulia Di Bari: Report on Pilot action Vouchers for developed solutions of the research projects. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2020, Ser. SPR nr 131, 14 s.
 16. Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman:
Methodology of tailored Synergic Consortia creation and profiling IT tool development / Mariusz Cholewa [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 40, 6 s. : tab.
 17. **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, Clarissa Marquardt: Report on acquisition methodology of potential synergic consortia members / Maria Rosienkiewicz [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 39, 13 s. : tab.
 18. Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Verena Muskar: Report on benchmark of complied projects related to innovation issues / Joanna Helman [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 38, 168 s. : tab.
 19. Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Levin Pal:
Methodology of projects assessment and innovation actors profiling / Mateusz Molasy [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 37, 14 s. : tab.
 20. Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, **Maria Rosienkiewicz**, Elmar Paireder:
Business intelligence service to assess industrial needs in NUCLEI area / Joanna Helman [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 36, 14 s. : tab.
 21. Mariusz Cholewa, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Grit Krause-Juettler, Zbigniew Mogiła: Strategy for the intended transnational cooperation network / Mariusz Cholewa [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 35, 14 s. : rys., tab.
 22. **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa:
Set of Key Performance Indicators to evaluate changes triggered by genetic modification of business services / Maria Rosienkiewicz, Joanna Helman, Mariusz Cholewa. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 50, 13 s. : tab.
 23. Joanna Z. Helman, **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa, Enrico Segantin:

- Big data & data security standardization for manufacturing players : case study / Joanna Helman [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 256, 16 s.
24. **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa, Joanna Z. Helman, Chomenotwska-Piechota Aleksandra: Detected research results for each participating university / Maria Rosienkiewicz [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR 242, 27 s. : rys.
 25. Clarissa Marquardt, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy: Raport on common methodology on Synergic Networks creation based on Competence Map / Clarissa Marquardt [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 243, 10 s. : rys.
 26. Katerina Raskova, Grit Krause-Juettler, Mariusz Cholewa, Joanna Z. Helman, **Maria Rosienkiewicz**: Sensitization strategy and approach for adressing scientists / Katerina Raskova [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 244, 19 s. : rys., tab.
 27. Mateusz M. Molasy, Joanna Z. Helman, **Maria Rosienkiewicz**, Mariusz Cholewa: Methodology on research on best practices and success stories of crowd innovation approaches / Mateusz Molasy [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 245, 10 s.
 28. Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Ana Rużić: Report on international design thinking idea meeting / Joanna Helman [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 246, 13 s.
 29. Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Clarissa Marquardt, Janin Fauth: Report on 6 regional Simulated Sharing Networking Workshops / Mateusz Molasy [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 247, 17 s. : rys., tab.
 30. **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, Clarissa Marquardt, Janin Fauth: Report on 6 regional Design Thinking Idea Meetings / Maria Rosienkiewicz [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 248, 41 s.
 31. Mariusz Cholewa, Mateusz M. Molasy, **Maria Rosienkiewicz**, Joanna Z. Helman, Ana Rużić: Report on Simulated Sharing networking workshop / Mariusz Cholewa [i in.]. Raporty Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. 2018, Ser. SPR nr 249, 12 s.

W ramach grantów i stypendiów, które otrzymałam odbyłam szereg wyjazdów do różnych uczelni zagranicznych w celu nawiązania współpracy międzynarodowej, wygłoszenia wykładów i realizacji badań. Poniżej przedstawiam listę uczelni, które odwiedziłam i kluczowych rezultatów z tych wyjazdów:

UNIVERSITA DEGLI STUDI DI GENOVA, Włochy

termin: 24.07.2023-20.08.2023

Stanowisko: Stażysta

Cel stażu: realizacja badań prowadzonych w ramach projektu SMERF oraz przygotowanie dwóch publikacji naukowych poświęconych zagadnieniu koncepcji zielonego Zarządzania Cyklem Życia Produktu (Green PLM). W wyniku tego stażu powstały dwie publikacje, które aktualnie znajdują się w procesie recenzji.

1. **Rosienkiewicz, M.**, Helman, J., Cholewa, M., Molasy, M., Oleszek, S., Berselli G., **Green PLM: business goals-oriented algorithm assessing the greenness of a product in the new product development phase for the automotive industry**, w procesie recenzji w Annals of Operations Research (IF 4.8)
2. Cholewa, M., Helman, J. **Rosienkiewicz, M.**, Molasy, M., Oleszek, S., Berselli G., **GreenPLM: The concept of sharing community knowledge for new green product development and process planning**, w procesie recenzji w Annals of Operations Research (IF 4.8)

Te artykuły przedstawiam do wglądu na końcu Załącznika nr 7.

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA, Hiszpania

termin: 12-16.12.2022

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu kontynuacji badań nad modelami i metodami wspierania innowacyjności przedsiębiorstw wytwórczych opartych na paradygmacie otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia (realizowanych w ramach projektu IDEATION) oraz w celu przeprowadzenia serii prelekcji i wykładów.

Universitat Politecnica de Valencia, Hiszpania

termin: 15.11.2021-19.11.2021

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta, wykładowca

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu nawiązania współpracy w obszarze otwartych innowacji i ekonomii współdzielenia w zaawansowanych technologiach wytwórczych. W ramach stażu przeprowadzono również serię wykładów i zajęć dla studentów uczelni obejmujących m.in. seminarium „Open Innovation 2.0” – oparte na prezentacji studiów przypadków i nowych zjawisk z zakresu społecznościowego rozwoju produktu, crowdsourcingu i crowdfundingu ze szczególnym uwzględnieniem zaawansowanej produkcji oraz „Factory Layout Planning” – wykład na temat wprowadzenia i aktualnych trendów w planowanie layoutu fabryki.

UNIVERSITA DEGLI STUDI DI GENOVA, Włochy

termin: 25.10.2021-29.10.2021

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta

Cel stażu:

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu podsumowania współpracy naukowej, którą rozpoczęłam z prof. Giovannim Bersellim jeszcze w ramach projektu AMICE, który realizowałam z ramienia Legnickiego Parku Technologicznego LETIA S.A. W ramach tego stażu odbyłam również szkolenie w tematyce „cyfrowego bliźniaka” (*digital twin*). Obejmowało ono m.in. zapoznanie się ze strukturą programu Plant Simulation (objekty: Przepływ materiałów, Zasoby, Przepływ informacji: Interfejs użytkownika, Narzędzia, tworzenie i wykorzystywanie metod programowania, tworzenie symulacji w środowisku wirtualnym). Odbyłam wizytę studyjną w firmie Ansaldo Energia żeby zobaczyć ich postęp wdrożeń w zakresie wykorzystywania *digital twin*. Odwiedziłam także laboratoria DIME - Department of mechanics, energetics, management and transportation at the University of Genova. W ramach tego stażu omówiliśmy dokładnie cele badawcze i podjęliśmy decyzję o złożeniu dwóch wspólnych projektów, które uzyskały finansowanie (SMERF 202302026 i DEETECHTIVE 2023-2024).

HOLON INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Izrael

termin: 21.06.2019-30.06.2019

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta, wykładowca

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu nawiązania współpracy i ustalenia ramowej koncepcji przyszłego wspólnego projektu, który ze względu na wybuch pandemii został złożony dopiero w 2021 roku w ramach konkursu HEI Initiative: Innovation Capacity Building for Higher Education organizowanym przez EIT Raw Materials KIT i HEInnovate. Celem projektu „IDEATION - Innovation and entrepreneurship actions and trainings for higher education” było opracowanie nowego modelu podniesienia innowacyjności i przedsiębiorczości zaawansowanych technologicznie uczelni i ich ekosystemów innowacji. Ponadto przeprowadzono serię prelekcji i wykładów. Następnie, po owocnej współpracy w projekcie IDEATION, złożony został z sukcesem kolejny projekt „DEETECHTIVE”, który został ukierunkowany na technologie DEEP TECH.

UNIVERSITY OF THE WESTERN CAPE, Republika Południowej Afryki

termin: 21.04.2018-29.04.2018

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta, wykładowca

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu nawiązania współpracy w obszarze otwartych innowacji, ze szczególnym uwzględnieniem tematów dotyczących społecznościowego rozwoju produktu i realizacji makethone'ów, na które rząd RPA przewidział specjalne dofinansowanie. Ponadto przeprowadzono serię wykładów i zajęć dla studentów uczelni.

ROYAL UNIVERSITY OF BHUTAN, Butan

termin: 15.09.2017-29.09.2017

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta, wykładowca

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu nawiązania współpracy i wymiany najlepszych praktyk w zakresie prowadzenia zajęć dydaktycznych z zakresu inżynierii mechanicznej. Ze względu na wdrażany na tamtejszej uczelni nowy program kształcenia, część spotkań poświęcona była na jego konsultowanie.

UNIVERIDAD DE LA LAGUNA, Hiszpania

termin: 13.05.2017-22.05.2017

Stypendium: Program

Stanowisko: Stypendysta, wykładowca

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu nawiązania współpracy w obszarze szeroko pojętych technologii Przemysłu 4.0 ze szczególnym uwzględnieniem tematów dotyczących projektowania layoutów fabryki na podstawie zaawansowanych algorytmów obliczeniowych. W ramach stażu przeprowadzono również serię wykładów i zajęć dla studentów uczelni. W wyniku tego stażu i nawiązanej podczas niego współpracy, w 2021 r. został złożony wspólny projekt „IDEATION” w ramach konkursu HEI Initiative: Innovation Capacity Building for Higher Education, który organizowany był przez EIT Raw Materials KIT i HEInnovate.

PARUL UNIVERSITY, Indie

termin: 05.02.2017-15.02.2017

Grant: ERASMUS+ KA107

Stanowisko: Stypendysta, wykładowca

Cel stażu: wyjazd odbył się w celu nawiązania współpracy i przeprowadzenia zajęć dydaktycznych (wykładów i warsztatów) z obszaru lean manufacturing i metod optymalizacji produkcji, w tym optymalizacji rozmieszczenia stanowisk roboczych. W wyniku tego stażu został zgłoszony artykuł pt. „Comparative analysis of selected approaches to innovation enhancement based on Central European projects funded from Interreg Programme” autorstwa Marii Rosienkiewicz i Joanny Helman na konferencję organizowaną w 2018 r. przez Parul University – 1st International Conference PiCET "Parul University International Conference on Engineering and Technology: Smart Engineering".

DRESDEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Niemcy

termin: 07.08.2016-12.08.2016

Stypendium: Program DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst)

Stanowisko: Stypendysta

Cel stażu: opracowanie planu badawczego związanego z efektywnością kosztową wytwarzania technologiami przyrostowymi (*additive manufacturing* AM) uwzględniającego problem efektywności kosztowej AM w łańcuchu dostaw części zamiennych. Na niniejszym stażu rozpoczęliśmy współpracę z profesorem Udo Buscherem mającą na celu zbadanie zależności pomiędzy lean manufacturing i Przemysłem 4.0, w wyniku tej współpracy moja dyplomantka napisała pracę pt. „Analiza zależności pomiędzy lean manufacturing a koncepcją Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych”, która zwyciężyła w konkursie na Najlepsze Prace Dyplomowe Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją w roku 2017/2018.

7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych:

- Członek Komitetu międzynarodowej konferencji The Fourth International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2023 13-15.09.2023 Wrocław
- Członek Komitetu programowego oraz przewodnicząca międzynarodowej konferencji ISPEM2020/21: The 3rd International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance;
- Organizacja sesji specjalnej na międzynarodowej konferencji International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2018, 17 – 18.09.2018, Wrocław;
- Członek Komitetu programowego międzynarodowej konferencji ICTERI 2019 (15th International Conference ICTERI 2019 ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer, June 12-15, 2019, Kherson – Ukraine);
- Organizacja i prowadzenie panelu dyskusyjnego i warsztatów "Implementacja Technologii innowacyjnych w przemyśle" na konferencji międzynarodowej: Additive Manufacturing Meeting 2017, 28.06.2018, Wrocław;
- Członek komitetu organizacyjnego konferencji międzynarodowej: Additive Manufacturing Meeting 2018, 28-29.06.2018, Wrocław;
- Członek Komitetu programowego międzynarodowej konferencji ISAT 2017 38th International Conference Information Systems Architecture and Technology

Organizacja konferencji tematycznych i warsztatów dla nauki i przemysłu

Byłam głównym organizatorem lub członkiem komitetu organizującego następujących wydarzeń:

1. „Technology Innovation and Impact- December Collide! ”, Wrocław 7.12.2023
2. „Wrocław Tech Date – TechSHERoes: Woman in innovative and high-growth entrepreneurship”, Wrocław 7.12.2023
3. „Wrocław Tech date #3: Scenariusz przyszłości dla MEDTECH” Wrocław, 5.10.2023
4. „Demo Day programu preinkubacyjnego Politechniki Wrocławskiej GROW UP TECH”, Wrocław 20.06.2023
5. „Wrocław Tech date #2” Wrocław, 9.02.2023
6. „Wrocław Tech date” Wrocław, 13.10.2022
7. „Crowdfunding - narzędzie do finansowania projektów. Jak zrobić to skutecznie?” Wrocław, 20.10.2022
8. „Finalna międzynarodowa konferencja projektu SYNERGY”, online, 21.10.2020
9. Szkolenie z Regionalnej Strategii Innowacji Społecznościowych: „Dzień Innowacji Społecznościowych”, Wrocław, 15.20.2020
10. Warsztaty crowdfunding na badania: “Simulated crowdfunding for research”, Wrocław, 05.02.2020
11. Spotkanie poświęcone nowym modelom współpracy biznes-nauka w dobie Przemysłu 4.0: „AMiCE Open innovation info market”, Wrocław, 24.01.2020
12. Spotkanie poświęcone technologiom przyrostowym i współpracy biznes-nauka: „AMiCE Open innovation info market : Zastosowanie druku 3D”, Legnica, 12.06.2019
13. Spotkanie dla polsko-niemiecko-czeskich władz regionalnych „TRANS³Net.dialogue”, Wrocław, 22.03.2019
14. Otwarte seminarium „Big data and digitalization in the era of Industry 4.0”, Wrocław, 22.11.2018
15. Spotkanie dla przemysłu „TRANS³Net.visit on additive manufacturing”, Wrocław, 29.06.2018

16. Warsztaty dla przemysłu i instytucji otoczenia biznesu: „**Simulated sharing**” i „**Design Thinking**”, Wrocław, 23.05.2018
17. Tydzień otwartych innowacji – wydarzenia dla władz regionalnych, przemysłu i środowisk naukowych: **Open Innovation Week**, Wrocław, 21-24.05.2018
18. Spotkanie dla przemysłu "**4.0 Tech Meetup**", Warszawa 28.03.2018
19. Otwarte seminarium "**Open Innovation**", Wrocław 15.12.2017
20. Spotkanie dla przemysłu "**Transnational working tables around innovation management: Strategy for Additive Manufacturing Technologies**", Wrocław 8.12.2017

Przed doktorem

- Organizacja międzynarodowej konferencji 7th International Conference Production Engineering, Wrocław, 30.06.2011
- Organizacja międzynarodowej konferencji Manufuture 2011, Wrocław, 24-25.10.2011

Dorobek w zakresie dydaktyki

Poniżej załączam listę osiągnięć w zakresie dydaktyki:

1. Wystąpienie podczas Hackathonu 2020 i otwarcie współpracy z BEST Hacks.
2. Członek jury konkursu inżynierskiego European BEST Engineering Competition EBEC 2022.
3. Opracowanie sylabusu, programu i materiałów oraz prowadzenie kursów „Narzędzia LEAN w praktyce” i „Social Product Development” w ramach projektu „Kompetentny Absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej”, POWER, POWR.03.01.00-00-K232/16-00.
4. Promotorstwo 13 prac inżynierskich i 40 prac magisterskich – **łącznie promotorstwo 53 prac dyplomowych**
 - 2022/23: mgr: 6
 - 2021/22: mgr: 5 inż.:2
 - 2020/21: mgr: 5
 - 2019/20: inż.:2
 - 2018/19: mgr: 3 inż.:3
 - 2017/18: mgr: 3 inż.:3
 - 2016/17: mgr: 3 inż.:1
 - 2015/16: mgr: 9 inż.:2
 - 2014/15: mgr: 6
5. Organizacja i prowadzenie warsztatów „Mapowanie strumienia wartości” dla studentów w firmach produkcyjnych:
 - 2023 BOSCH
 - 2022 BOSCH, WABCO
 - 2019/2020 WABCO
 - 2018/2019 BOSCH, WABCO
 - 2017/2018 BOSCH,
 - 2016/2017 VOLVO,
 - 2015/2016 ITALMETAL, STELWELD,
 - 2014/2015 ARCHIMEDES, CHASSIS BRAKES.
6. Organizacja wyjazdu studentów na międzynarodowe zawody Makethon, organizowane podczas targów Automatica, Niemcy (Monachium), 21.06.2018.
7. Prowadzenie kursu „Zarządzanie kosztami we współczesnym przedsiębiorstwie – wybrane aspekty” w Polsko-Amerykańskiej Szkole Biznesu - Program Executive MBA.
8. Promotorstwo pracy dyplomowej pt. „Analiza zależności pomiędzy lean manufacturing a koncepcją Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych”, która zwyciężyła w konkursie na Najlepsze Prace Dyplomowe Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją w roku 2017/2018.

9. **Prowadzone zajęcia dydaktyczne dla studentów:**
1. Lean Management (ćwiczenia, zajęcia **autorskie**)
 2. Selected methods of Advanced Data Analysis (wykład i projekt, j. polski, zajęcia **autorskie**),
 3. Wybrane metody zaawansowane analizy danych (wykład i projekt, j. polski, zajęcia **autorskie**),
 4. Social Product Development (wykład, j. angielski, zajęcia **autorskie**),
 5. Społecznościowy Rozwój Produktu (wykład, j. polski, zajęcia **autorskie**),
 6. Ekonometria (wykład i projekt, j. polski, zajęcia **autorskie**),
 7. Optymalizacja rozmieszczenia stanowisk roboczych (projekt, j. polski, zajęcia **autorskie**),
 8. Factory Layout Planning and Optimization (wykład i projekt, j. angielski, zajęcia **autorskie**),
 9. Szczupły Rozwój Wyrobów (seminarium, j. polski),
 10. Zastosowanie Open Innovation 2.0 w produkcji (seminarium, j. polski, zajęcia **autorskie**),
 11. Studium Wyrobu (projekt, j. polski).
 12. Zintegrowane Systemy Zarządzania (projekt j. polski/ j. angielski)

8. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Nagrody i osiągnięcia

1. Laureatka Nagrody Rektora, 2021
2. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, 2022
3. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, 2021
4. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Training Assignment Programme, 2021
5. Laureatka programu SECUNDUS w Dyscyplinie Naukowej Inżynieria Mechaniczna, 2020
https://pwr.edu.pl/fcp/4GBUKOQtTKIQhbX08SIkTUhZeUTgtCgg9ACFDC0RFTm9PFRYqC15tDXdAGHoV/1/public/news_team/pdf/lista_laureatow_programu_secundus_25_11-2020.pdf
6. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, 2019
7. Laureatka Nagrody Rektora, 2018
8. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, 2018
9. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Training Assignment Programme, 2017
10. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, 2017
11. Laureatka grantu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, 2017
12. Laureatka Stypendium DAAD, 2016
13. Laureatka Nagrody Rektora w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni, 2014
14. Obrona pracy doktorskiej z wyróżnieniem, Wrocław, 2014 r.
15. Laureatka Stypendium „GRANT PLUS” POKL, Działanie 8.2, Poddziałanie 8.2.2, 10.2012-09.2013 r.
16. Laureatka Nagrody Rektora za uznane osiągnięcia naukowe, 2012
17. Laureatka Stypendium naukowego „Rozwój potencjału dydaktyczno-naukowego młodej kadry akademickiej Politechniki Wrocławskiej”, Poddziałanie 4.1.1: Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni, POKL, 6. edycja konkursu (Umowa stypendialna nr MK/SN/333/VI/2012/U).
18. Laureatka Stypendium naukowego „Rozwój potencjału dydaktyczno-naukowego młodej kadry akademickiej Politechniki Wrocławskiej”, Poddziałanie 4.1.1: Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni, POKL, 5. edycja konkursu (Umowa stypendialna nr MK/SN/273/V/2011/U).
19. Laureatka Stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej, 2013/2014
20. Laureatka Stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej, 2012/2013

21. Laureatka Stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej, 2011/2012
22. Laureatka Stypendium z dotacji podmiotowej na dofinansowanie zadań projakościowych, 2014
23. Laureatka Stypendium z dotacji podmiotowej na dofinansowanie zadań projakościowych, 2013
24. Laureatka Stypendium z dotacji podmiotowej na dofinansowanie zadań projakościowych, 2012
25. Laureatka Wyróżnienia Dziekana Wydziału Mechanicznego za działalność na rzecz środowiska doktoranckiego, 2011
26. Laureatka Dyplomu Honorowego Rektora za zaangażowanie na rzecz Uczelni, 2011
27. Zajęcie I miejsca w konkursie na najlepszą pracę magisterską na wydziale Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego p.t.: „Analiza efektywności metody Hellwiga w wyborze modelu dla szeregów czasowych”, Wrocław 2009

Ukończone szkolenia

- 2023 **Holon Institute of Technology, EPF School of Engineering, Centria University of Applied Sciences, University of Genova, Politechnika Wroclawska, IDEA-up DEEP TECH International Open Innovation Training, szkolenie zdalne**
- 2022 **Holon Institute of Technology, University of La Laguna, FIR -Institute for Industrial Management, Politechnika Wroclawska, International Open Innovation Training IDEA-up, szkolenie zdalne**
- 2021 **KS Industry Solutions Sp. z o.o., Wrocław, Plant Simulation**
- 2020 **Absolvent.pl sp. z o.o., szkolenie zdalne, Data Science w programie R**
- 2019 **StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków, Data mining - metody bez nauczyciela**
- 2019 **StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków, Data mining - metody predykcyjne**
- 2017 **Politechnika Wroclawska, Kurs Dydaktyczny Szkoły Wyższej**
- 2016 **StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków, DOE – komputerowe wspomaganie planowania i analizy statystycznej badań innowacyjnych**
- 2015 **SIMS, NCBiR, Warszawa, Strategia - budowanie strategii zespołu badawczego i samych badań**
- 2014 **Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław, Szkolenie Mapowanie Strumienia Wartości**
- 2013 **Akademia Białego Kruka, Wrocław, Szkolenie Six Sigma Yellow Belt**
- 2012 **AMC Advanced Manufacturing Consulting & Training, Wrocław, Szkolenie z oprogramowania do modelowania i symulacji Witness**
- 2011 **Wroclawskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, Szkolenie Lean Manufacturing Simulation**
- 2010 **Autodesk ATC, Wrocław, Kurs Inventor – poziom zaawansowany**
- 2009 **English Language Centre, Wrocław, Kurs językowy przygotowujący do egzaminu CAE**
- 2002 **British Council, Wrocław, Certyfikat FCE**
- 2002 **Scanbrit School of English, Bournemouth, Wielka Brytania, Kurs językowy – poziom zaawansowany**

Pozostała działalność po doktoracie

- Opiekun specjalności “Organizacja produkcji” na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji od 2021-2023 - rola analiza, ocena i zatwierdzanie tematów prac magisterskich.
- Członek Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej w 2016 roku.
- Jako ekspert Komisji Europejskiej zrecenzowałam dotychczas łącznie 17 międzynarodowych projektów złożonych w ramach konkursów Horyzont 2020:
 - **2020.09 - zrecenzowałam 3 wnioski**
Horyzont 2020, MARIE SKŁODOWSKA CURIE ACTIONS INDIVIDUAL FELLOWSHIPS: Call H2020-MSCA-IF-2020
 - **2019.02 - zrecenzowałam 7 wniosków**
DT-NMBP-19-2019 ADVANCED MATERIALS FOR ADDITIVE MANUFACTURING

- **2018.12 - zrecenzowałam 1 wniosek**
Horyzont 2020, WIDESPREAD, Twinning: Call H2020-WIDESPREAD-2018-2020
- **2018.03 - zrecenzowałam 6 wniosków**
Horyzont 2020, Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing, Factories of the Future: Call H2020-NMBP-FOF-2018 Panel DT-FOF-01-2018
- Jako ekspert zaproszony przez Radę ds. Badań i Innowacji Mauritiusa (Mauritius Research and Innovation Council) recenzowałam wniosek o dofinansowanie projektu pt. *An innovative digital platform to enable the transformation of industry for a circular economy through synergy and materials data sharing.*

Aktywność w pozyskiwaniu grantów badawczych i z przemysłu:

- **Poniżej (Tabela 26) przedstawiam listę złożonych wniosków aplikacyjnych o projekty w konkursach międzynarodowych i krajowych, których byłam współautorem (jako lider konsorcjum lub partner).**
 - W latach 2015-2023 **złożyłam 26 wniosków aplikacyjnych** o projekty jako współautor lub autor główny.
 - Finansowanie otrzymało 11 z nich. Tym samym **współczynnik sukcesu** składanych przeze mnie wniosków **oceniam na 42%**.
 - **21 z 26 stanowią wnioski o projekty międzynarodowe**, a 5 projekty krajowe.
 - Wraz z zespołem liczącym cztery osoby **pozyskaliśmy łącznie 13,5 mln EUR**, na realizację 8 projektów: DEETECHTIVE, SMERF, IDEATION, SYNERGY, AMiCE, TRANS³Net, Nuclei, WCE, w tym **6,8 mln EUR jako lider konsorcjum międzynarodowego** (DEETECHTIVE, SMERF, IDEATION, SYNERGY)

Tabela 26 Lista złożonych wniosków aplikacyjnych o projekty; oprac. własne

Rok	L.p.	Finansowanie?	PL?	Projekt
2015	1	tak		WCE-LST - "Wroclaw Center for Excellence- Laser and Sensor Technologies"; H2020-WIDESPREAD-2018-01 Teaming Phase I
	2	nie		SYNERGY - "SYnergic Networking for innovativeness Enhancement of euRopean SME's focused on hiGh-tech IndustrY", INTERREG CENTRAL EUROPE,
	3	tak		TRANS ³ Net: Increased effectiveness of transnational knowledge and technology transfer through a tri-lateral cooperation network of transfer promoters, Central Europe Interreg,
	4	tak		NUCLEI: Network of Technology Transfer Nodes for Enhanced open Innovation in the Central Europe advanced manufacturing and processing industry
2016	5	nie		WCE-LST - "Wroclaw Center for Excellence- Laser and Sensor Technologies"; H2020-WIDESPREAD-2018-01 Teaming Phase II
	6	tak		SYNERGY - "SYnergic Networking for innovativeness Enhancement of euRopean SME's focused on hiGh-tech IndustrY", INTERREG CENTRAL EUROPE

	7	tak		InnoPeer AVM: „PEER-to-peer network of INNOVation agencies and business schools developing a novel transnational qualification programme on AdVanced Manufacturing for the needs of Central European SME”; INTERREG CENTRAL EUROPE
	8	tak		AMICE - “Alliance for Advanced Manufacturing in Central Europe“; INTERREG CENTRAL EUROPE
	9	nie	PL	Wrocławskie Centrum Doskonałości - MAB Międzynarodowe Agendy Badawcze IRA 2016
2017	10	nie		ICEMTA “International Centre of Excellence in Manufacturing Technologies and Applications ” – Infrastructure funding from the Lower Silesia regional government and the Wrocław University of Science and Technology
2018	11	nie		WCE-LST - Wrocław Centre of Excellence – Laser and Sensor Technologies; H2020-WIDESPREAD-2018-01 Teaming Phase II
	12	nie		Tools4You Lab - Open schooling and collaboration on science education in the frame of extra-curriculum learning venues for increasing interested in technologies and scientific careers; H2020-SwafS-2020-2-two-stage, Stage I
2019	13	nie		DIGITALRACE - Using 3D prIntInG to teach engIneering aT primAry schoolS: 3D-pRinted cAr rAcE; H2020-SwafS-2020-2-two-stage, Stage II
	14	nie		ENGINE - Joining forces for ENhancing the Genuine Innovation and Networking in central Europe; INTERREG Central Europe
	15	tak	PL	DIH - Level 4.0 Digital Innovation Hub Wrocław; Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii, 2019-2021 „Przemysł 4.0”
2020	16	nie		Trans4Green - Transnational Knowledge and Technology Transfer Platform Boosting NMBP Talents For A Greener Europe; H2020-NMBP-TO-IND-2020-singlestage
	17	nie		AMAT4SME - Advanced manufacturing made easy for SME’s; H2020-INNOSUP-2018-2020
	18	nie	PL	Intelligent Systems in Production and Maintenance (ISPEM2022), Doskonała nauka – Wsparcie konferencji naukowych, MEiN
	19	tak	PL	EDIH - Europejskie Huby Innowacji Cyfrowych; Ministerstwo Rozwoju i Technologii
2021	20	tak		IDEATION - Innovation and Entrepreneurship Actions and Trainings for hIgher education; HEI Initiative Pilot Call, KIC Raw Materials
	21	nie	PL	PoWeR-UP - Zwiększenie innowacyjności i przedsiębiorczości Politechniki Wrocławskiej; Nauka dla Społeczeństwa, MEiN
	22	nie		WCE-AMedE - Wrocław Centre of Excellence – Additive manufacturing AND Medical ENGINEERING; HORIZON-WIDERA-2022-ACCESS-01-01-two-stage: Teaming for Excellence (wsparcie i konsultowanie zespołu piszącego wnioski)
2022	23	tak		SMERF: SME Ready for Future, Central Europe Interreg, 2023-2026

	24	nie		DIGIMED: Digital processing of medical data in Central Europe, Central Europe Interreg, 2022
2023	25	tak		DEETECHTIVE: Deep Tech Talents - Innovation & Entrepreneurship Support, KIC – EIT RAW MATERIALS
	26	?*		CREDIT: Carbon Reduction & Innovative Transformation, Central Europe Interreg, 2023

*w trakcie oceny

Kopie wybranych dokumentów odnoszących się do wymienionych w *Autoreferacie* aktywności przedstawiam w Załączniku nr 7.

.....
(podpis wnioskodawcy)