

# Egzogenne czynniki wpływające na rozwój Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych Białostockiego Obszaru Funkcjonalnego

## Adrian Białobrodzki

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: a.bialobrodzki@student.pb.edu.pl

## Łukasz Nazarko

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: l.nazarko@pb.edu.pl

## Martyna Wilczewska

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: mwilczewska97@gmail.com

## Streszczenie

Celem artykułu jest identyfikacja i ocena czynników wpływających na możliwości rozwoju Przemysłu 4.0 w podlaskich przedsiębiorstwach na terenie Białostockiego Obszaru Funkcjonalnego (BOF). Na podstawie przeprowadzonych studiów literaturowych wyodrębniono 65 czynników przypisanych do siedmiu sfer: społecznej, technologicznej, ekonomicznej, ekologicznej, politycznej, wartości oraz prawnej (metoda STEEPVL). Pierwszy etap badań stanowił panel ekspercki, podczas którego 5 celowo dobranych przedstawicieli środowiska akademickiego i biznesu oceniło czynniki pod względem siły wpływu na rozwój Przemysłu 4.0. W drugim etapie badań przedsiębiorcy z rejonu BOF ocenili 34 wyselekcjonowane przez ekspertów czynniki pod względem ważności (siły wpływu) oraz stopnia przewidywalności stanu danego czynnika w przyszłości. Uzyskane wyniki pozwoliły na wstępne wyodrębnienie kluczowych czynników rozwoju Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych w regionie w perspektywie roku 2030.

## Słowa kluczowe

Przemysł 4.0, Białostocki Obszar Funkcjonalny, analiza STEEPVL, czynniki zewnętrzne, czynniki egzogenne

## **Wstęp**

Innowacje w przemyśle są z jednej strony „pchane” przez postęp nauki, a z drugiej „ciągnięte” przez zapotrzebowanie przedsiębiorstw na rozwiązania technologiczne pozwalające produkować coraz więcej w coraz krótszym czasie i po coraz niższych kosztach. Tzw. rewolucje przemysłowe odpowiadają przełomowym osiągnięciom technologicznym powodującym znaczące przemiany w strukturze i organizacji produkcji. Czwarta rewolucja przemysłowa – wraz z powiązaną koncepcją Przemysłu 4.0 – jest kontynuacją nazewnictwa trzech poprzednich rewolucji związanych z upowszechnieniem odpowiednio maszyny parowej, linii produkcyjnej oraz automatyzacji procesu produkcyjnego. Polega ona na wykorzystaniu w produkcji złożonych systemów cyber-fizycznych wraz zaawansowanymi technologiami informacyjnymi i telekomunikacyjnymi.

Rozwój współczesnego przemysłu to znacznie więcej niż udoskonalenie pojedynczych elementów składających się na proces produkcyjny i jego otoczenie [Gralewicz, 2015, s. 16]. Istnieją przesłanki do stwierdzenia, że efektywne wdrożenie rozwiązań Przemysłu 4.0 może pozwolić nadgonić zapóźnienia gospodarcze województwa podlaskiego poprzez zwiększenie innowacyjności i konkurencyjności regionalnych przedsiębiorstw. Przemysł 4.0 łączy w sobie aspekty nowoczesnej technologii i produkcji, ale także powiązane z nimi aspekty społeczne, ekonomiczne, polityczne, ekologiczne [Szum i Magruk, 2019, s. 73]. Próba ich zdiagnozowania i opisanie może ułatwić realizację koncepcji Przemysłu 4.0 w lokalnych przedsiębiorstwach.

Celem niniejszej pracy jest identyfikacja kluczowych czynników wpływających na realizację założeń czwartej rewolucji przemysłowej w Białostockim Obszarze Funkcjonalnym (BOF). W tym celu określono 65 czynników przypisanych zgodnie z założeniami metody STEEPVL do siedmiu sfer: społecznej, technologicznej, ekonomicznej, ekologicznej, politycznej, wartości oraz prawnej. Następnie, w dwuetapowym badaniu zespół ekspertów oraz grupa przedstawicieli przedsiębiorstw oceniły wybrane czynniki pod kątem ich siły wpływu oraz stopnia przewidywalności w przyszłości. Przeprowadzone badania pozwoliły wyselekcjonować sześć kluczowych czynników rozwoju Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych w regionie w perspektywie roku 2030.

## **1. Stan i perspektywy rozwoju Przemysłu 4.0 w Polsce i na świecie**

W gospodarkach wysokorozwiniętych przez wiele lat praktykowano model ciągłego obniżania kosztów produkcji, w dużej mierze przez przenoszenie aktywów na Bliski i Daleki Wschód oraz do Europy Środkowo-Wschodniej. Takie podejście

podlega jednak coraz mocniejszej krytyce, jako że trudno jest kreować długoterminowy rozwój gospodarki bez oparcia na sektorze wytwórczym. W odpowiedzi na to powstała Inicjatywa Przemysłu 4.0 (niem. Industrie 4.0). Termin ten został użyty po raz pierwszy w 2011 roku jako nazwa inicjatywy łączącej przedstawicieli środowisk akademickich, polityki i biznesu pod patronatem niemieckiego rządu federalnego. Inicjatywa ta miała zwiększać konkurencyjność europejskiego przemysłu na tle świata i powodować zmiany w myśleniu i działaniu sektorów przemysłowych gospodarek tak zwanej „starej Unii”, a więc stanowić motywację dla rządów państw takich jak Niemcy, Francja czy Wielka Brytania do inwestowania w nowoczesne fabryki [Szymczak i Zaraziński, 2019, s. 5].

Główne założenia czwartej rewolucji przemysłowej obejmują trzy elementy. Pierwszy to globalne sieci łączące zakłady produkcyjne, maszyny i systemy zarządzania magazynami organizacji. Drugi zakłada autonomiczną wymianę informacji w cyber-fizycznych systemach, w ramach których urządzenia i bazy danych mogą wspólnie działać i wzajemnie się kontrolować. Natomiast trzeci to identyfikowalne, lokalizowane w czasie rzeczywistym „inteligentne produkty”, znające swoją historię, status i ścieżki umożliwiające im dotarcie do miejsca docelowego [Wodnicka, 2019]. Wśród koncepcji związanych z czwartą rewolucją przemysłową wyróżnia się Internet rzeczy, druk 3D, Big Data, rzeczywistość rozszerzoną, sensory, chmury obliczeniowe czy roboty mobilne i współpracujące [Mychlewicz i Piątek, 2017, s. 18-19].

W raporcie firmy Roland Berger zatytułowanym „INDUSTRY 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed” przedstawiono wskaźnik RB Industry 4.0 Readiness Index, który dzielił europejskie kraje na 4 grupy: liderów, potencjalnych, wahających się oraz tradycjonalistów. Polska znalazła się w grupie państw wahających się, czyli tych o stosunkowo niskiej gotowości do wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0 [Roland Berger Strategy Consultants, 2014, s. 13]. Jednak należy zaznaczyć, że koncepcja ta jest już znana polskim inżynierom i menedżerom. Badania przeprowadzone wśród inżynierów pokazują, że około 80% polskich przedsiębiorstw jest obecnie w trakcie trzeciej rewolucji, a co za tym idzie – ciągle aktualne są dla nich wyzwania trzeciej rewolucji przemysłowej, związane z technologiami mikroelektrycznymi [Szymczak i Zaraziński, 2019, s. 10]. Wynika to m.in. z tego, że koszty dostępu do technologii (np. robotyzacji) znacząco spadły, ale główną motywacją do wdrażania takich innowacji jest chęć obniżenia kosztów produkcji i braki kadrowe. Jeżeli chodzi o automatyzację polskich fabryk, również pozostajemy w tyle za naszymi zachodnimi sąsiadami. Tylko 15% polskich fabryk jest w pełni zautomatyzowanych, a 76% wskazuje na częściową automatyzację. Koncepcję Przemysłu 4.0 wdraża natomiast tylko 6% z badanych przedsiębiorstw [Iwański i Gracel,

2016, s. 14]. Polska pozostaje również jedną z najslabiej zrobotyzowanych gospodarek, z liczbą 22 robotów przemysłowych przypadająca na 10 000 pracowników przemysłowych [Michałowski i in., 2016, s. 10].

Polska pozostaje w tyle za krajami wysoko uprzemysłowionymi z wielu powodów. Są to m.in. późne otwarcie na zachodnie technologie (dopiero po 1989 roku), niskie koszty pracy, brak dostępu do odpowiedniego kapitału, brak wyspecjalizowanej kadry inżynierskiej, a także koncentracja na marketingu i sprzedaży w celu budowania pozycji rynkowej [Iwański i Gracel, 2016, s. 15; Nazarko i in., 2017a]. Inny znaczący problem to brak odpowiedniej promocji rodzimej myśli inżynierskiej na arenie międzynarodowej i budowania silnych polskich marek w dziedzinie wysokich technologii. Istotnym jest więc, aby uczyć polskich inżynierów i pracowników operacyjnych myślenia biznesowego, czyli umiejętnego przekładania realizowanych projektów na wskaźniki biznesowe tak, aby zobaczyć, jaką wartość dla przedsiębiorstwa owe projekty są w stanie zagwarantować. Konieczne jest również zadbanie o odpowiednie wykształcenie menedżerów i inżynierów, żeby byli oni w stanie prowadzić pracowników przez kolejne etapy wdrażania innowacji [Szymczak i Zaraźński, 2019, s. 6-8].

Według prognoz, Fabryki 4.0 do 2022 roku wniosą do światowej gospodarki wartość dodaną na poziomie 500 miliardów dolarów. W ciągu najbliższych siedmiu lat rynek inteligentnej produkcji ma wzrosnąć o ponad 130%, do 400 miliardów dolarów. To ogromna szansa dla polskiej gospodarki, jako że właśnie produkcja jest głównym motorem jej wzrostu. Według przewidywań Siemens Finance, dzięki cyfrowej rewolucji w sektorze przemysłowym możemy wzbogacić się o blisko 5 miliardów dolarów [Dekier i Wyżykowski, 2018, s. 1]. Dlatego niezwykle istotnym jest zwiększanie świadomości przedsiębiorców w zakresie nowoczesnych rozwiązań, które mogą wspomagać i ulepszać procesy produkcyjne.

Niniejsza praca skupia się na przedsiębiorstwach prowadzących działalność produkcyjną na terenie Białostockiego Obszary Funkcjonalnego (BOF). BOF jest samorządowym stowarzyszeniem gmin powołanym w grudniu 2013 roku w celu wspierania idei samorządności lokalnej, ochrony wspólnych interesów, wymiany doświadczeń, promocji osiągnięć oraz koordynacji wspólnych przedsięwzięć i inwestycji. W skład Stowarzyszenia BOF wchodzi: stolica województwa podlaskiego – miasto Białystok oraz 9 gmin należących do powiatu białostockiego: Choroszcz, Czarna Białostocka, Łapy, Supraśl, Wasilków, Zabłudów, Dobrzyniewo Duże, Juchnowiec Kościelny i Turośń Kościelna. BOF zlokalizowany jest w centralnej części województwa podlaskiego i zajmuje obszar 8,6% powierzchni województwa. Według danych rejestru REGON na terenie BOF zarejestrowanych było 45,9 tys. podmiotów gospodarki narodowej (bez osób prowadzących gospodarstwa indywidualne

w rolnictwie) i stanowiły one 46,0% ogólnej liczby podmiotów w województwie podlaskim [<http://www.bof.org.pl/pl/o-stowarzyszeniu/statut>, 23.02.2020]. Z przedstawionych danych jednoznacznie wynika, jak duże znaczenie dla rozwoju gospodarczego województwa oraz realizowania jego potencjału wytwórczego ma omawiany obszar.

W województwie podlaskim istnieje wiele inicjatyw wspierających tworzenie środowiska dla rozwoju innowacyjności. Podlascy przedsiębiorcy ze strefy BOF mają możliwość działania na terenie Suwalskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej (SSSE). Inicjatywami działającymi w ramach Specjalnych Stref Ekonomicznych są klastry. Pozwalają one wspierać rozwój innowacyjności i przedsiębiorczości poprzez współpracę z instytucjami naukowymi i uczelniami. W rozwój koncepcji Przemysłu 4.0 zaangażowane są takie klastry jak Polski Klaster Budowlany, Klaster Obróbki Metali, czy Klaster Technologiczny InfoTECH, Przedsiębiorstwa z obszaru BOF korzystają z wsparcia w zakresie innowacji oferowanego również przez podmioty takie jak parki naukowo-technologiczne, parki przemysłowe, inkubatory przedsiębiorczości czy centra transferu technologii. Możliwość transferu technologii i wiedzy, współpracy oraz korzystania z profesjonalnego wsparcia znacząco ułatwiają działania na rzecz innowacyjności w sektorach, które mogą stać się inteligentnymi specjalizacjami gospodarczymi BOF, takich jak przemysł maszynowy (SAMASZ), produkcja alkoholi (Browar Dojlidy, Polmos Białystok) czy mebli (Forte) [Szum i Magruk, 2019, s. 80].

Przedsiębiorstwa działające na terenie BOF, dzięki uzyskiwanemu wsparciu mają szansę rozwijać swoją działalność i dopasowywać ją do nowych uwarunkowań światowego przemysłu, które są następstwem czwartej rewolucji przemysłowej. W tej sytuacji szczególnie istotnym jest, aby zwiększać świadomość przedsiębiorców w zakresie zarówno możliwości, jakie przynosi im postęp technologiczny, jak i zagrożeń, które z tego postępu wynikają. Badanie mające na celu identyfikację kluczowych czynników, które mogą mieć wpływ na rozwój Przemysłu 4.0 w województwie może pomóc przedsiębiorcom przygotować się na nadchodzące zmiany.

## **2. Metodyka badania**

### **2.1. Opis procedury badawczej**

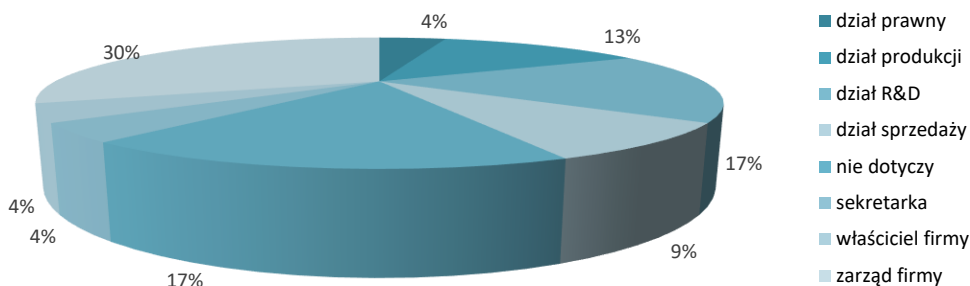
Metoda STEEPLV wykorzystana przy realizacji badania pozwala na identyfikację wybranych czynników pod kątem ważności (siły wpływu) i stopnia przewidywalności stanu danego czynnika w przyszłości [Nazarko i in., 2017b; Nazarko,

2013], a także na ich analizę w kontekście rozwoju Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych BOF w perspektywie roku 2030. Badanie podzielono na dwa etapy. Pierwszym z nich był panel ekspercki, w którym dokonano analizy i selekcji 65 czynników pod względem siły wpływu na rozwój Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych w regionie. Przy użyciu techniki CAWI skierowano kwestionariusz ankiety do 5 ekspertów (celowo dobranych pracowników akademickich i przedstawicieli przedsiębiorstw), którzy dokonali oceny czynników pod kątem ich siły wpływu za pomocą 7-stopniowej skali Likerta. Zastosowano skalę oceny od 1 do 7, gdzie dla wpływu: ocena 1 oznaczała, że wpływ ten będzie „bardzo mały”, a ocena 7, że będzie on „bardzo duży”. Uzyskane w ten sposób informacje pozwoliły wyznaczyć średni poziom oceny siły wpływu poszczególnych czynników, co umożliwiło wyodrębnienie do następnego etapu badań czynników o ocenie ważności wyższej lub równej średniej w danej grupie czynników. Panel ekspercki w zakresie Przemysłu 4.0 pozwolił skrócić listę czynników do 34 pozycji.

Drugi etap badania to ocena 34 wyselekcjonowanych czynników przy pomocy metody STEEPVL. W tym celu również wykorzystano technikę CAWI. Wysłano kwestionariusze do przedsiębiorców z rejonu BOF (dobór celowy przedsiębiorstw produkcyjnych z regionu) z prośbą o dokonanie oceny czynników pod względem ważności (siły wpływu) dla rozwoju Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych w regionie w perspektywie roku 2030, a także stopnia przewidywalności stanu danego czynnika w przyszłości. W badaniu zastosowano 7-stopniową skalę ocen Likerta, gdzie dla ważności: 1 oznaczała, że będzie ona „bardzo mała”, a 7, że będzie ona „bardzo duża”, a w przypadku przewidywalności: 1 – „bardzo niska”, a 7 – „bardzo wysoka”. Ze względu na konstrukcję ankiet, w której badani wskazywali oceny danego czynnika na tle innych z danej grupy, wyznaczono zarówno klasyczne miary statystyczne, to jest średnie arytmetyczne ocen (uwzględniające liczbę odpowiedzi), odchylenie standardowe tych ocen, współczynniki zmienności, a także miary pozycyjne. Wyniki badań oraz ekspercka ocena siły wpływu czynników na rozwój Przemysłu 4.0 wśród przedsiębiorstw produkcyjnych BOF w perspektywie 2030 roku pozwoliły na wstępne wyodrębnienie kluczowych czynników rozwoju.

## **2.2. Charakterystyka respondentów**

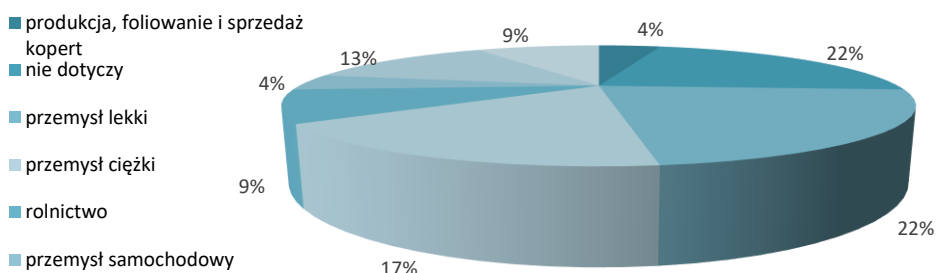
Kwestionariusz ankiety drugiego etapu badań wypełniło 23 respondentów. Byli to przedstawiciele przedsiębiorstw zatrudnieni na różnych stanowiskach i w różnych działach. Najwięcej (7) wypełnień uzyskano od osób będących w zarządzie przedsiębiorstw, co daje 30,4% uzyskanych odpowiedzi. Strukturę miejsc pracy respondentów przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Miejsca praca (działy przedsiębiorstw) respondentów

Źródło: opracowanie własne.

Następnym elementem badanym w kwestionariuszu była specyfika sektora (branża) przedsiębiorstwa. Uzyskane od respondentów dane przedstawiono na rys. 2.



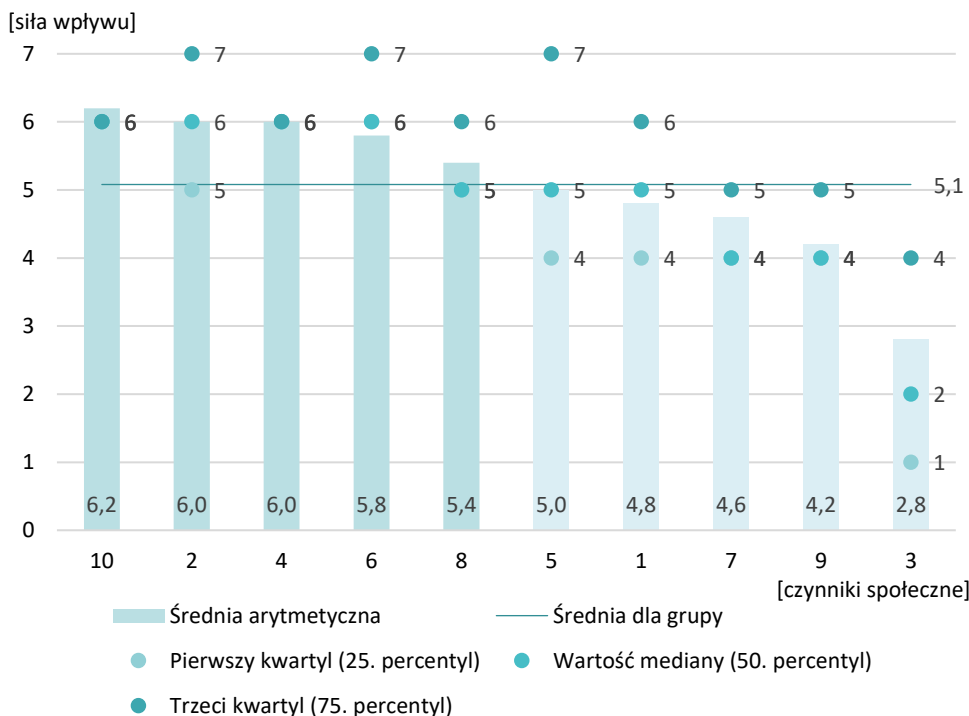
Rys. 2. Specyfika sektorów (branże) przedsiębiorstw

Źródło: opracowanie własne.

Inne informacje uzyskane w ankietach dotyczyły miejsca lokalizacji przedsiębiorstw oraz ich wielkości. 52,2% wypełnionych kwestionariuszy pochodziło z przedsiębiorstw zlokalizowanych w Białymstoku. Pozostałe ankiety zostały wypełnione przez przedstawicieli przedsiębiorstw w Łapach, Choroszczu, Juchnowcu Kościelnym i Zabłudowie. Uzyskano także kwestionariusze od przedstawicieli firm spoza obszaru BOF – z gmin Narew oraz Gołdap. Kwestionariusze wypełnili przedstawiciele firm różnej wielkości – zarówno mikro, małych, średnich jak i dużych firm. Jak można zauważyć, przekrój respondentów jest dosyć zróżnicowany. Problemem może być niewielka liczba wypełnionych kwestionariuszy oraz wypełnienia ankiet przez przedsiębiorstwa spoza BOF. Jednak były to firmy z regionu województwa podlaskiego, także potencjalne różnice mogą być znikome.

### 3. Wyniki I etapu badań

Wyniki badań pierwszego etapu (panelu eksperckiego) przeanalizowano z podziałem na poszczególne grupy czynników, za pomocą miar takich jak średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe oraz klasyczny współczynnik zmienności. Uzyskane rezultaty pozwoliły na wyselekcjonowanie do drugiego etapu badań czynników, których oceny przewyższyły średnią ocen dla całej grupy. Wyniki dla grupy czynników społecznych przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Średnie ocen siły wpływu czynników społecznych

Źródło: opracowanie własne.

Zebrane wyniki oscylują wokół średniej na poziomie 5,1, z wyjątkiem czynnika numer 3. Zmienność wyników jest mała (poniżej 25%), przeciętna dla czynnika numer 6 ( $25\% \div 45\%$ ) i silna dla czynnika numer 3 ( $45\% \div 100\%$ ). Takie współczynniki zmienności wskazują na dużą jednorodność uzyskanych rezultatów. Pięć czynników



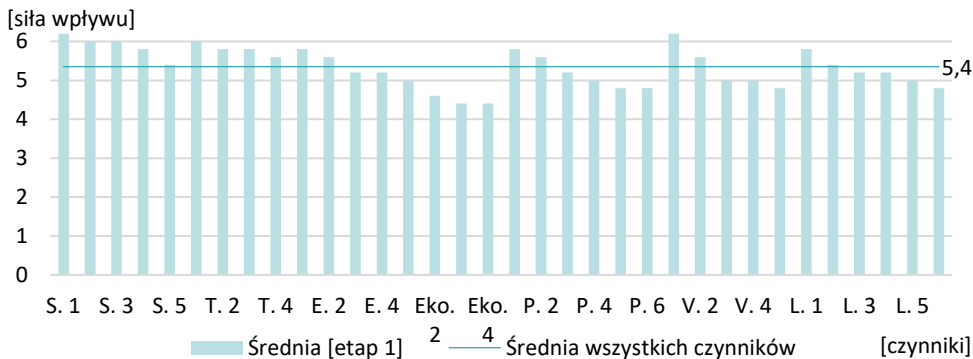
uzyskało oceny powyżej średniej dla grupy czynników. Ostateczną klasyfikację czynników wybranych do drugiego etapu i odrzuconych przedstawiono w tab. 1.

**Tab. 1.** Miary ocen siły wpływu czynników społecznych

L.p.	Czynnik społeczny	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe z próby	Klasyczny współczynnik zmienności
10	Dostępność siły roboczej	6,2	0,4	7%
2	Świadomość korzyści z nowych rozwiązań technologicznych	6,0	1,0	17%
4	Poziom kwalifikacji kadr	6,0	0,0	0%
6	Inicjatywa ze strony managementu	5,8	1,6	28%
8	Oczekiwania klientów i partnerów	5,4	1,1	21%
5	Potencjał kadrowy B+R	5,0	2,1	42%
1	Stan regionalnego systemu edukacji	4,8	1,9	40%
7	Zmiana wzorców konsumpcji	4,6	1,5	33%
9	Atrakcyjność regionu dla specjalistów i kadr B+R	4,2	0,8	20%
3	Zagrożenie dla prywatności	2,8	2,2	77%

Źródło: opracowanie własne.

Analogicznej analizie dokonano dla pozostałych sześciu grup czynników i na podstawie uzyskanych wyników wybrano 34 czynniki, które według grupy ekspertów mogą mieć największą siłę wpływu na rozwój koncepcji Przemysłu 4.0 w BOF w perspektywie 2030 roku (rys. 4). Ocena ekspercka na tym etapie badania jest dość zgodna i charakteryzuje się umiarkowaną zmiennością uzyskanych odpowiedzi. Jak można zauważyć, średnia ocena siły wpływu jest zbliżona, z wyjątkiem grupy czynników ekologicznych, których siła wpływu została oceniona znacznie poniżej średniej.



Rys. 4. Ocena siły wpływu czynników dla pierwszego etapu badań

Źródło: opracowanie własne.

Pozostałe 31 czynników zostało odrzuconych po pierwszym etapie badań. Klasyfikację czynników zakwalifikowanych do drugiego etapu oraz odrzuconych przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Wykaz czynników zakwalifikowanych i odrzuconych po I etapie badań

Grupa czynników	Czynniki zakwalifikowane	Czynniki odrzucone
Społeczne	<p><b>S.1</b> Dostępność siły roboczej (10)</p> <p><b>S.2</b> Świadomość korzyści z nowych rozwiązań technologicznych (2)</p> <p><b>S.3</b> Poziom kwalifikacji kadr (4)</p> <p><b>S.4</b> Inicjatywa ze strony managementu (6)</p> <p><b>S.5</b> Oczekiwania klientów i partnerów (8)</p>	<p>Potencjał kadrowy B+R (5)</p> <p>Stan regionalnego systemu edukacji (1)</p> <p>Zmiana wzorców konsumpcji (7)</p> <p>Atrakcyjność regionu dla specjalistów i kadr B+R (9)</p> <p>Zagrożenie dla prywatności (3)</p>
Technologiczne	<p><b>T.1</b> Poziom cyfryzacji gospodarki i przedsiębiorstw (7)</p> <p><b>T.2</b> Możliwość pozyskiwania światowych technologii (4)</p> <p><b>T.3</b> Integracja nowych oraz starych systemów i urządzeń IT (6)</p> <p><b>T.4</b> Infrastruktura teleinformatyczna w regionie (1)</p>	<p>Infrastruktura techniczna w regionie (2)</p> <p>Dostępność szkoleń w zakresie nowych technologii (5)</p> <p>Infrastruktura badawczo-rozwojowa w regionie (3)</p>
Ekonomiczne	<p><b>E.1</b> Nakłady na innowacje i działalność B+R (3)</p> <p><b>E.2</b> Siła kapitałowa przedsiębiorstw w regionie (2)</p>	<p>Poziom złożoności i dynamizm otoczenia Przemysłu 4.0 (4)</p> <p>Instytucje otoczenia biznesu (6)</p>

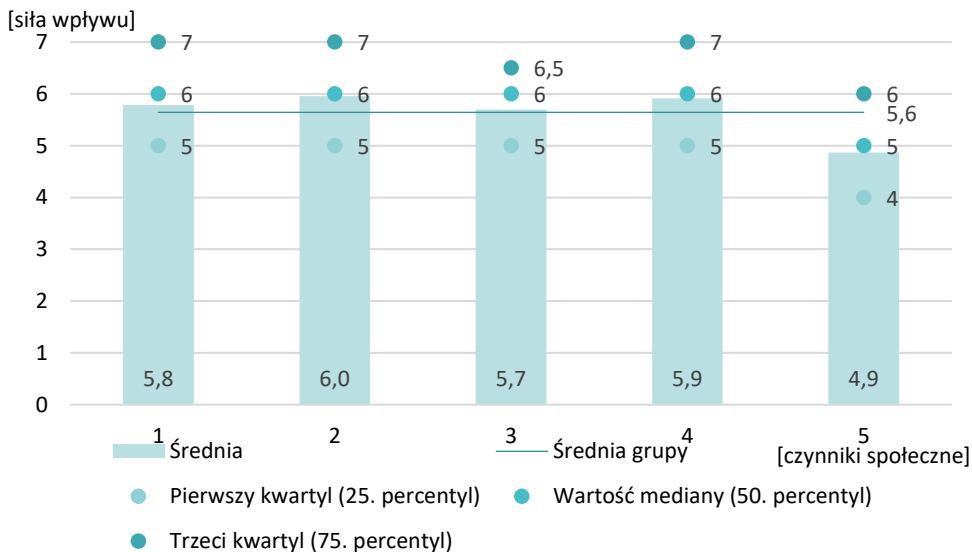
Grupa czynników	Czynniki zakwalifikowane	Czynniki odrzucone
	<p><b>E.3</b> Zmiany cen urządzeń technologicznych wykorzystywanych w Przemysle 4.0 (5)</p> <p><b>E.4</b> Struktura branżowa regionalnej gospodarki (7)</p>	<p>Zewnętrzne wsparcie finansowe rozwoju innowacyjności (1)</p> <p>Koszty działalności gospodarczej (10)</p> <p>Stan gospodarki i poziom rozwoju gospodarczego regionu (9)</p> <p>Dostępność terenów inwestycyjnych w regionie (8)</p>
Ekologiczne	<p><b>Eko.1</b> Wymagania dotyczące zużycia prądu przez urządzenia (energooszczędność) (4)</p> <p><b>Eko.2</b> Oddziaływanie technologii Przemysłu 4.0 na człowieka i środowisko naturalne (2)</p> <p><b>Eko.3</b> Wykorzystanie nowoczesnych materiałów (3)</p> <p><b>Eko.4</b> Świadomość ekologiczna (7)</p>	<p>Dostępność „czystej” energii na potrzeby Przemysłu 4.0 (5)</p> <p>Działalność organizacji ekologicznych (6)</p> <p>Stan środowiska przyrodniczego (1)</p>
Polityczne	<p><b>P.1</b> Odejście od polityki przewagi dzięki taniej sile roboczej (3)</p> <p><b>P.2</b> Polityka proinnowacyjna państwa (10)</p> <p><b>P.3</b> Sytuacja geopolityczna regionu (9)</p> <p><b>P.4</b> Polityka UE wspierania innowacyjności (1)</p> <p><b>P.5</b> Wpływ zewnętrznych grup interesu (6)</p> <p><b>P.6</b> Warunki polityczne dla prowadzenia biznesu (8)</p>	<p>Działalność instytucji zrzeszających interesariuszy wokół Przemysłu 4.0 (2)</p> <p>Światowe trendy (7)</p> <p>Strategia rozwoju regionu (4)</p> <p>Wpływ politycznych grup interesu (5)</p>
Odnoszące się do wartości	<p><b>V.1</b> Otwartość przedsiębiorców na nowe technologie (6)</p> <p><b>V.2</b> Przedsiębiorczość (1)</p> <p><b>V.3</b> Tworzenie nieznanych do tej pory relacji człowiek-maszyna (2)</p> <p><b>V.4</b> Postrzeganie regionu jako miejsce na inwestycje i rozwój nowych technologii (4)</p> <p><b>V.5</b> Otwartość społeczeństwa na nowe technologie (5)</p>	<p>Przywiązanie do tradycyjnych wartości/technologii/rozwiązań (3)</p> <p>Poczucie przynależności do regionu (patriotyzm lokalny) (7)</p> <p>Środowisko naturalne (10)</p> <p>Zaangażowanie mieszkańców regionu w życie zawodowe (9)</p> <p>Równowaga między życiem zawodowym a prywatnym (8)</p>
Prawne	<p><b>L.1</b> Otwarte standardy w obszarach komunikacji i oprogramowania (2)</p> <p><b>L.2</b> Atrakcyjność rozwiązań prawnych (3)</p> <p><b>L.3</b> Regulacje w zakresie dofinansowania unijnego obejmującego B+R (6)</p>	<p>Regulacje dotyczące przepisów RODO (5)</p> <p>Regulacje w zakresie opracowywania i wdrażania nowych technologii (4)</p> <p>Regulacje w zakresie prawa podatkowego (7)</p>

Grupa czynników	Czynniki zakwalifikowane	Czynniki odrzucone
	<b>L.4</b> Prawne instrumenty ubiegania się o wsparcie publiczne przedsiębiorstw (9) <b>L.5</b> Procedury komercjalizacji wiedzy i technologii (1) <b>L.6</b> Regulacje dotyczące ochrony środowiska (11)	Regulacje związane z rynkiem pracy (10) Regulacje celne i wysokość ceł (8)

Źródło: opracowanie własne.

## 4. Wyniki II etapu badań

Wyniki badań drugiego etapu przeanalizowano z podziałem na poszczególne grupy czynników, za pomocą miar takich jak średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe oraz klasyczny i pozycyjny współczynnik zmienności. Uzyskane rezultaty pozwoliły na wyselekcjonowanie grupy czynników o największym stopniu przewidywalności oraz sile wpływu na rozwój koncepcji Przemysłu 4.0 w BOF w perspektywie 2030 roku. Wyniki dla grupy czynników społecznych pod kątem siły ich wpływu przedstawiono na rys. 5.



**Rys. 5.** Średnie ocen siły wpływu czynników społecznych

Źródło: opracowanie własne.

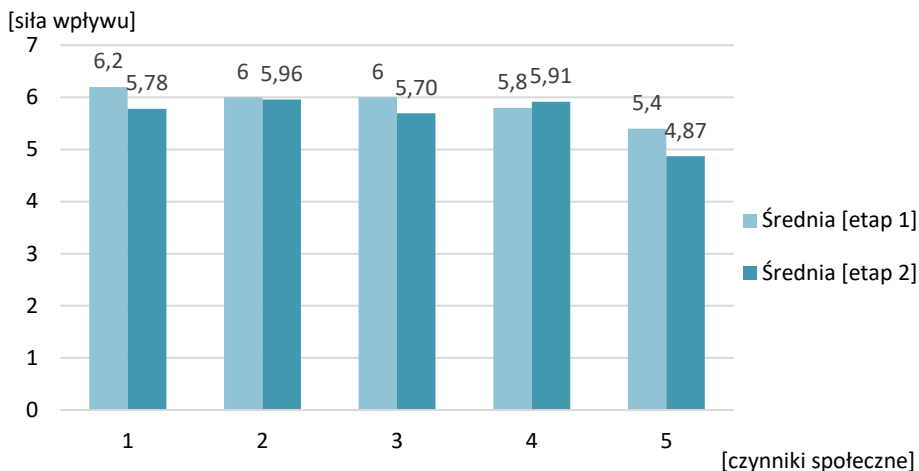
Jak można zauważyć, wszystkie czynniki tej grupy, z wyjątkiem czynnika piątego, charakteryzują się podobną oceną siły wpływu (czynnik piąty znalazł się poniżej średniej). Oceny grupy czynników społecznych są w miarę jednorodne, charakteryzują się one małą zmiennością wyników na poziomie poniżej 25% (tab. 3). Pozwala to stwierdzić, że respondenci byli zgodni co do oceny tej grupy czynników.

**Tab. 3.** Miary ocen siły wpływu czynników społecznych

I.p.	Czynnik społeczny	Średnia	Odchylenie standardowe z próby	Klasyczny współczynnik zmienności	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Pozycyjny współczynnik zmienności
1	Dostępność siły roboczej	5,8	1,2	21%	2	7	17%
2	Świadomość korzyści z nowych rozwiązań technologicznych	6,0	1,1	19%	4	7	17%
3	Poziom kwalifikacji kadr	5,7	1,1	20%	3	7	13%
4	Inicjatywa ze strony managementu	5,9	1,1	18%	3	7	17%
5	Oczekiwania klientów i partnerów	4,9	1,3	26%	3	7	20%

Źródło: opracowanie własne.

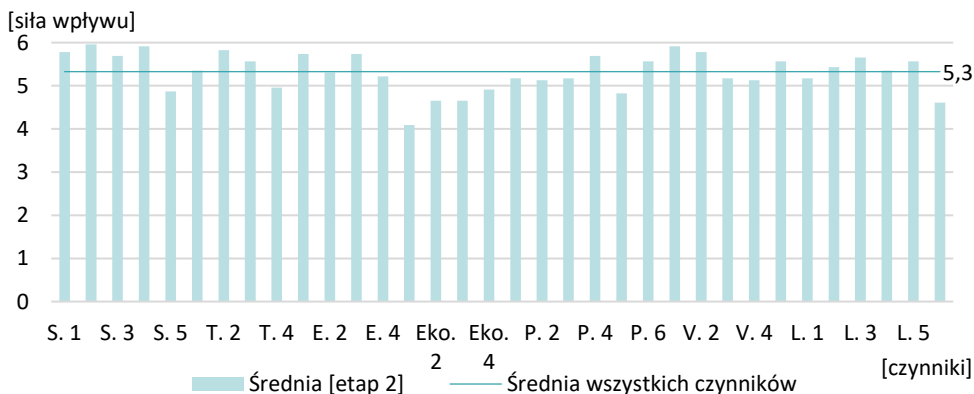
Wyniki uzyskane w drugim etapie badań porównano z etapem pierwszym (rys. 6). W przypadku czynników społecznych rola czynników pierwszego, trzeciego i piątego uległa osłabieniu. Czynnik drugi pozostał bez zmian, a czynnik czwarty nieznacznie zyskał.



**Rys. 6.** Średnie ocen siły wpływu czynników społecznych w dwóch etapach badania

Źródło: opracowanie własne.

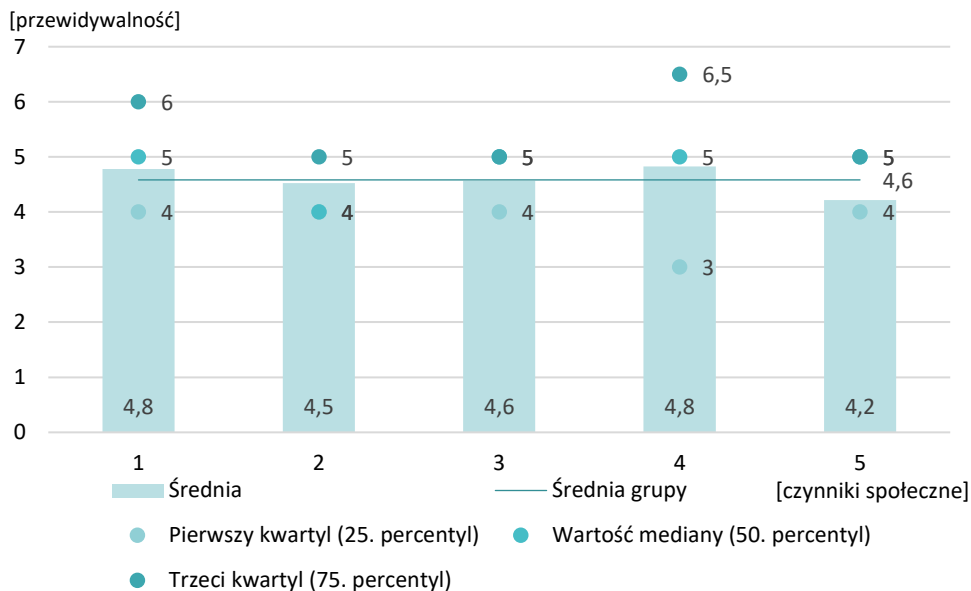
Analogicznej analizie dokonano dla pozostałych sześciu grup czynników (rys. 7). Wyniki uzyskane w drugim etapie wskazują na pewną zbieżność z etapem pierwszym. Ponownie grupa czynników ekologicznych została oceniona poniżej średniej. Oceny siły wpływu pozostałych grup czynników są dość zróżnicowane, ale większość z nich jest zbliżona do średniego poziomu. Na uwagę zasługuje fakt oceny czynników społecznych znacznie powyżej średniej.



**Rys. 7.** Ocena siły wpływu czynników dla drugiego etapu badań

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki dla grupy czynników społecznych pod kątem drugiej analizowanej cechy, czyli przewidywalności ich stanu w przyszłości, przedstawiono na rys. 8. Jak można zauważyć, oceny przewidywalności czynników są dość jednorodne i oscylują wokół średniej.



**Rys. 8.** Miary ocen przewidywalności czynników społecznych

Źródło: opracowanie własne.

Uzyskane rezultaty charakteryzują się zmiennością małą (poniżej 25%) lub przeciętną (25%÷45%) (tab. 4). Można zatem stwierdzić, że respondenci byli dość zgodni w ocenie przewidywalności tej grupy czynników. Jedynie ocena czynnika czwartego charakteryzuje się umiarkowaną zmiennością, co świadczy o tym, że respondenci mieli problem ze zgodną oceną tego czynnika.

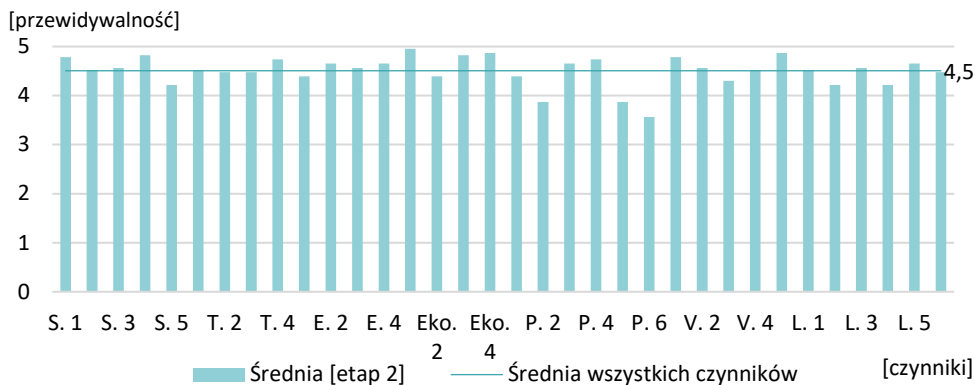
Tab. 4. Miary przewidywalności czynników

I.p.	Czynnik społeczny	Średnia	Odchylenie standardowe z próby	Klasyczny współczynnik zmienności	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Pozycyjny współczynnik zmienności
1	Dostępność siły roboczej	4,8	1,5	31%	1	7	20%
2	Świadomość korzyści z nowych rozwiązań technologicznych	4,5	1,3	28%	2	7	11%
3	Poziom kwalifikacji kadr	4,6	1,2	26%	2	7	11%
4	Inicjatywa ze strony managementu	4,8	1,9	38%	1	7	37%
5	Oczekiwania klientów i partnerów	4,2	1,3	31%	1	7	11%

Źródło: opracowanie własne.

Analogicznej analizie dokonano dla pozostałych sześciu grup czynników. Oceny przewidywalności czynników są w miarę jednorodne (rys. 9), poziom zmienności uzyskanych odpowiedzi jest umiarkowany, a w większości nie odbiegały od siebie. Większość czynników uzyskała oceny zbliżone do średniej, jednak grupa politycznych czynników wypadła najslabiej, a więc to te czynniki zostały uznane za najmniej przewidywalne.

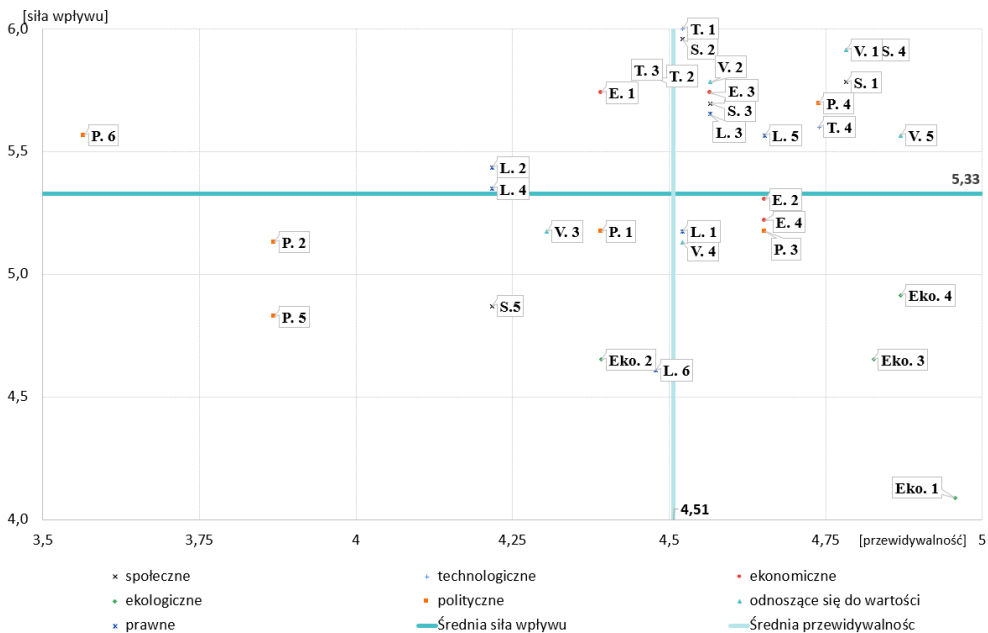




**Rys. 9.** Ocena przewidywalności czynników dla drugiego etapu badań

Źródło: opracowanie własne.

Klasyfikację wszystkich czynników analizowanych w drugim etapie badań pod kątem ich przewidywalności oraz siły wpływu przedstawiono na rys. 10. Na podstawie wyników uzyskanych w dwóch etapach badań wybrano 6 czynników, które według grupy ekspertów i przedstawicieli przedsiębiorstw mogą mieć najniższy stopień przewidywalności oraz największy wpływ na rozwój koncepcji Przemysłu 4.0 w BOF w perspektywie 2030 roku.



Rys. 10. Wybrane czynniki po drugim etapie

Źródło: opracowanie własne.

- Możliwość pozyskiwania światowych technologii (T. 2) Dotyczy dostępu podmiotów gospodarczych z regionu do najnowszych i najbardziej zaawansowanych światowych technologii. Obejmuje pozyskiwanie technologii poprzez wspólne przedsięwzięcia biznesowe, cesję pełni praw albo inne formy licencjonowania, oraz możliwość pozyskania materiałów na potrzeby nowych technologii [Nazarko i Kędzior, 2010, s. 17].
- Integracja nowych oraz starych systemów i urządzeń IT (T. 3) Dotyczy możliwości dostosowania już istniejących elementów infrastruktury przedsiębiorstw do nowoczesnych rozwiązań Smart Factory takich jak np. IOT, analityka danych i optymalizacja produkcji, cyberbezpieczeństwo, sztuczna inteligencja, druk 3D, cyfrowy bliźniak i digitalizacja produkcji, chmura obliczeniowa, big data, wirtualna i rozszerzona rzeczywistość, RFID itd.
- Nakłady na innowacje i działalność B+R (E. 1) Dotyczy poziomu przychodów, jaki przedsiębiorstwa przeznaczają na wdrożenie nowoczesnych technologii. Poziom ten jest odwrotnie proporcjonalny do wielkości firmy (najmniej inwestujących w innowacje z obszaru nowoczesnych technologii jest

w gronie mikroprzedsiębiorstw) [MPiT, Siemens, 2018, s. 46]. Niestety polskie przedsiębiorstwa przemysłowe ciągle jeszcze są na etapie wczesnej trzeciej rewolucji przemysłowej, co nie daje dobrych perspektyw dla szybkiego wzrostu innowacyjności.

- Warunki polityczne dla prowadzenia biznesu (P. 6) Dotyczy stopnia, w jakim władza ustawodawcza i wykonawcza na wszystkich stopniach chce i może angażować się w tworzenie ustawodawstwa w zakresie wsparcia działalności gospodarczej, zwłaszcza nowych inicjatyw gospodarczych, a także komercjalizacji nowoczesnej produkcji i powszechnego stosowania innowacji technologicznych.
- Atrakcyjność rozwiązań prawnych (L. 2) Dotyczy regulacji prawnych określających zasady współpracy władz publicznych, nauki i przedsiębiorstw, ułatwień w prowadzeniu działalności czy wdrażaniu innowacji np.: łatwość założenia działalności, ulgi podatkowe dla nowych firm lub startupów, dostępność inkubatorów przedsiębiorczości, specjalne strefy ekonomiczne, dotacje i dofinansowania inwestycji [Nazarko i Kędzior, 2010, s. 24].
- Prawne instrumenty ubiegania się o wsparcie publiczne przedsiębiorstw (L. 4). Dotyczy poziomu regulacji, procedur i skomplikowania prawa oraz ograniczeń w zakresie uzyskiwania dotacji z budżetu państwa czy Unii Europejskiej. Jest to istotny czynnik finansowania w przypadku, gdy przedsiębiorstwo nie dysponuje własnymi środkami, jednak musi ono liczyć się z tym, że będzie rozliczane z wydatków i postępu prac.

Dzięki odpowiedziom uzyskanym w dwóch etapach badań udało się wyselekcjonować z 65 czynników 6 czynników kluczowych dla rozwoju koncepcji Przemysłu 4.0 w BOF. Uzyskane rezultaty mogą stanowić podstawę do dalszych rozważań i dokładniejsze zgłębianie zagadnień, które w przyszłości mogą stanowić o sile gospodarczej regionu.

## **Podsumowanie**

Czwarta fala rewolucji przemysłowej na pierwszy plan wysuwa konieczność umiejętnego zarządzania wiedzą [Pawluczuk, 2004] i stawia wyzwania przed wszystkimi grupami interesariuszy procesów rozwojowych w regionie. Z jednej strony, zrodziła się potrzeba rzetelnego monitorowania i ilościowego ujęcia takich aspektów jak wykorzystanie zaawansowanych technologii, zakres realizacji nowych koncepcji związanych z Przemysłem 4.0, zmiany w strukturze zatrudnienia, wymierne korzyści z wprowadzonych rozwiązań [Główny Urząd Statystyczny, 2020;

Himang i in., 2020]. Z drugiej strony, konieczne wydaje się wzmocnienie kompetencji interesariuszy związanych z rozpoznawaniem wyłaniających się trendów i budowaniem złożonych alternatywnych wizji przyszłości [Glińska i in., 2008; Ejdys i Nazarko, 2014; Nazarko, 2020; Szpilko i in., 2020], aby umożliwić przedsiębiorstwom podjęcie świadomych strategicznych decyzji w zakresie ich transformacji technologicznej w warunkach czwartej rewolucji przemysłowej.

Niniejszy artykuł ukazał, w jaki sposób metoda analizy środowiska może wspomóc decydentów regionalnych i przedsiębiorców w zrozumieniu uwarunkowań rozwoju Przemysłu 4.0 w województwie podlaskim. Uzyskane wyniki są bardzo dobrym punktem wyjścia do dalszych studiów o charakterze foresightowym przy wykorzystaniu metod takich jak analiza scenariuszowa czy skanowanie horyzontu. Przedstawione w pracy rezultaty mogą być też wartościowym materiałem porównawczym dla badań zakrojonych na szerszą skalę pod względem ilościowym i terytorialnym.

## ORCID iD

Łukasz Nazarko: <https://orcid.org/0000-0002-3596-3670>

## Literatura

1. Dekier Ł., Wyżykowski M. (2018), *Wyzwania polskich przedsiębiorstw w erze Industry 4.0*, ASD Consulting, <https://przemysl-40.pl/wp-content/uploads/2018-Raport-ASD-2018.pdf> [20.02.2020]
2. Ejdys, J., Nazarko Ł. (2014), *Foresight gospodarczy - instrumentem orientacji na przyszłość*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 14, s. 651-664
3. Glińska, U., Kononiuk, A., Nazarko Ł. (2008), Przegląd projektów foresightu branżowego w Polsce, *Nauka i Szkolnictwo Wyższe* 32(2), s. 60-73
4. Główny Urząd Statystyczny (2020), *Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej*, Warszawa
5. Gralewicz G. (2015), *Inteligentne rozwiązania techniczne w przemyśle. Cz. 1, Bezpieczeństwo Pracy: Nauka i Praktyka* nr 7

6. Himang, C., Ocampo, L., Obiso, J.-J., Bongo, M., Caballes, S.A., Abellana, D.P., Decaris, C., Ancheta Jr., R. (2020), *Defining stages of the Industry 4.0 adoption via indicator sets*, *Engineering Management in Production and Services* 12(2), s. 32-55, doi: 10.2478/emj-2020-0010
7. Iwański T., Gracel J. (2016), *Przemysł 4.0 Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz?*, [https://www.astor.com.pl/images/Industry\\_4-0\\_Przemysl\\_40/ASTOR\\_przemysl4\\_whitepaper.pdf](https://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_40/ASTOR_przemysl4_whitepaper.pdf) [20.02.2020]
8. Michałowski B., Jarzynowski M., Pacek P. (2016), *Szanse i wyzwania polskiego Przemysłu 4.0*, ARP, <https://przemysl-40.pl/wp-content/uploads/2019-Raport-ARP.pdf> [20.02.2020]
9. Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii/Siemens (2018), *Smart Industry Polska 2018. Innowacyjność w sektorze mikro oraz małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce*. Raport z badań, Warszawa
10. Mychlewicz C., Piątek Z. (2017), *Od Industry 4.0 do Smart Factory. Poradnik menedżera i inżyniera*, Siemens, <https://przemysl-40.pl/wp-content/uploads/2018-Od-Industry-4.0-do-Smart-Factory.pdf> [20.02.2020]
11. Nazarko J. (2013), *Regionalny foresight gospodarczy. Scenariusze rozwoju innowacyjności mazowieckich przedsiębiorstw*, ZPWiM, Warszawa
12. Nazarko J., Czerewacz-Filipowicz K., Kuźmich K.A. (2017a), *Comparative analysis of the Eastern European countries as participants of the new silk road*, *Journal of Business Economics and Management* 18(6), pp. 1212-1227, doi: 10.3846/16111699.2017.1404488
13. Nazarko J., Ejds J., Halicka K., Nazarko Ł., Kononiuk A., Olszewska A. (2017b), *Factor Analysis as a Tool Supporting STEEPVL Approach to the Identification of Driving Forces of Technological Innovation*, *Procedia Engineering* 182, s. 491-496, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.142
14. Nazarko J., Kędzior Z. (2010), Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT, *Foresight NT Podlaskie 2020*, Białystok
15. Nazarko J., Kuźmich K.A. (2017), *Introduction to the STEEPVL Analysis of the New Silk Road Initiative*, *Procedia Engineering* 182, pp. 497-503, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.143.
16. Nazarko, Ł. (2020), *Future Preparedness and Futures Literacy Needs in Large Enterprises: A Regional Pilot Study*, *MATEC Web of Conferences* 312, 07002, doi: 10.1051/mateconf/202031207002
17. Pawluczuk, A. (2004) *Istota zarządzania wiedzą* [w:] A. Błaszczuk, J.J. Brdulak, M. Guzik, A. Pawluczuk (red.), *Zarządzanie wiedzą w polskich przedsiębiorstwach*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa

18. Roland Berger Strategy Consultants (2014), *INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution. How Europe will succeed*, Think:Act Industry 4.0, pp. 13
19. Stowarzyszenie BOF, <http://www.bof.org.pl/pl/o-stowarzyszeniu/statut> [23.02.2020]
20. Szpilko D., Glińska E., Szydło J. (2020), *STEEPVL and Structural Analysis as a Tools Supporting Identification of the Driving Forces of City Development*, *European Research Studies Journal* 23(3), s. 340-363
21. Szum K., Magruk A. (2019), *Analiza uwarunkowań rozwoju Przemysłu 4.0 w województwie podlaskim*, *Akademia Zarządzania* 3(2), s. 73-91
22. Szymczak P., Zaraziński D. (2019), *W stronę Przemysłu 4.0. Praktyczny przewodnik*, [https://www.astor.com.pl/industry4/HBRP\\_ASTOR\\_w\\_strone\\_przemyslu\\_4\\_0.pdf](https://www.astor.com.pl/industry4/HBRP_ASTOR_w_strone_przemyslu_4_0.pdf) [09.09.2019]
23. Wodnicka M. (2019), *Technologie blockchain przyszłością logistyki*, *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie* 41(1), s. 43-54, doi: 10.25944/znmwse.2019.01.4354

## **Exogenous factors affecting the Industry 4.0 development in manufacturing enterprises of the Białystok Functional Area**

### **Abstract**

The aims of this paper are to diagnose factors affecting the development of Industry 4.0 in enterprises operating in Białystok Functional Area. Based on the review of related literature, 65 factors have been determined and assigned to seven groups: social, technological, economical, ecological, political, values and legal (STEEPVL method). Expert panel was the first stage of research. In this stage, a group of 5 intentionally selected academics and business representatives assessed the factors in terms of their impact on Industry 4.0's development. In the second stage of the research, entrepreneurs from Białystok Functional Area assessed 34 selected factors in terms of their impact and predictability in the future. The results allowed to identify crucial factors of Industry 4.0 development in manufacturing companies in the perspective of 2030.

### **Keywords**

Industry 4.0, Białystok Functional Area, STEEPVL analysis, exogenous factors, external factors