

WARUNKI ROZWOJU SIECI PRODUKCYJNYCH POLSKICH MŚP W OBLICZU WYZWAŃ KONCEPCJI PRZEMYSŁ 4.0

Sebastian SANIUK^{1*}, Anna SANIUK²

^{1*}Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania; s.saniuk@wez.uz.zgora.pl

²Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny

* Korespondencja

Streszczenie: Rozwój koncepcji Przemysł 4.0, podyktowany potrzebą odwrócenia trendu spadku produkcji przemysłowej europejskich przedsiębiorstw, zmusza współczesne przedsiębiorstwa, szczególnie sektora MŚP, do szybkiego i elastycznego dostosowania się do zmieniających się warunków popytowych oraz redukcji kosztów wytwarzania oraz poszukiwania nowych rozwiązań biznesowych. W ramach proponowanej koncepcji Przemysł 4.0 następuje ścisłe połączenie obiektów fizycznych z siecią informacyjną. Powstają wyrafinowane sieci przedsiębiorstw, połączonych inteligentnymi zasobami, komunikującymi się za pośrednictwem Internetu. Funkcjonowanie małych i średnich przedsiębiorstw w sieciach produkcyjnych daje dziś wiele dodatkowych możliwości rozwoju, choć jednocześnie rodzi pewne obawy i wymaga rozwiązania wielu problemów. Celem artykułu jest analiza warunków rozwoju sieci produkcyjnych polskich małych i średnich przedsiębiorstw zdolnych do funkcjonowania w ramach koncepcji Przemysł 4.0 oraz zaproponowano model ich integracji.

Słowa kluczowe: przemysł 4.0, sieci produkcyjne, MŚP.

THE CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION NETWORKS OF POLISH SME'S IN THE CHALLENGES OF THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT

Abstract: Development of the concept Industry 4.0, dictated by the need to reverse the trend of decline in industrial production of European enterprises, forces modern enterprises, especially the SME sector, to adapt quickly and flexibly to changing demand conditions and to reduce production costs and search for new business solutions. As part of the proposed Industry 4.0 concept, there is a close connection between physical objects and the information network. Sophisticated enterprise networks are created, connected by intelligent resources, communicating over the Internet. The functioning of small and medium-sized enterprises in production networks today gives many additional development opportunities, although at the same time it raises some concerns and requires solving many problems. The main goal of the article is to analyze the conditions for the development of production networks of Polish small

and medium enterprises able to function as a part of the Industry 4.0 concept and a model for their integration has been proposed.

Keywords: Industry 4.0, Production networks, SME's.

1. Wprowadzenie

Postępujący proces globalizacji związany z napływem tanich produktów do Europy, swobodnym przepływem kapitału, a ponadto rosnące koszty pracy w Europie Zachodniej skutkują wzrostem udziału krajów rozwijających się kosztem marginalizacji gospodarek europejskich w światowej produkcji przemysłowej. Oznacza to potrzebę podjęcia kroków w celu poprawy konkurencyjności lokalnych przedsiębiorstw gospodarki Europy Zachodniej oraz odwrócenia trendu charakteryzującego się przenoszeniem przedsiębiorstw poza granicę Europy, co skutkuje dziś pogłębieniem spadku uprzemysłowienia krajów rozwiniętych takich jak: Niemcy, Francja, Włochy czy Szwajcaria. Z uwagi na silne powiązania gospodarek krajów unii europejskiej, polskie przedsiębiorstwa produkcyjne mogą również negatywnie odczuć skutki takiego trendu. Obawy marginalizacji Europy w światowej produkcji skłoniły zatem niemieckich ekspertów do opracowania nowego programu Przemysł 4.0 (ang. Industry 4.0), który pozwoli na odzyskanie statusu lidera industrializacji krajów wysoko rozwiniętych. Dotychczasowa, bliska współpraca polskich przedsiębiorstw z gospodarką niemiecką rodzi zatem potrzebę szybkiego dostosowania się do wymagań technologicznych naszych partnerów. W ramach zaproponowanej koncepcji, mającej stanowić podstawę czwartej rewolucji przemysłowej, planowane jest ścisłe połączenie obiektów fizycznych z siecią informacyjną. Idea Przemysłu 4.0 polega na tworzeniu wyrafinowanych sieci przedsiębiorstw, połączonych inteligentnymi zasobami komunikującymi się za pośrednictwem sieci Internet, wykorzystujących znane i stosowane już technologie m.in. Internet of Things (IoT), big data, cloud computing, etc. Oznacza to, że współczesne przedsiębiorstwa, szczególnie małe i średnie, chcąc utrzymać się na rynku muszą podjąć współpracę w ramach cyber-fizycznych systemów. Stąd potrzeba prowadzenia badań związanych z oceną warunków rozwoju polskich przedsiębiorstw do implementacji założeń koncepcji Przemysłu 4.0 i zwrócenia uwagi na obszary wymagające znaczących inwestycji. Celem artykułu jest identyfikacji i analiza kluczowych obszarów związanych z procesem dostosowawczym do funkcjonowania przedsiębiorstw w ramach nowoczesnych sieci przemysłowych w obliczu wyzwań koncepcji Przemysłu 4.0 oraz zaproponowano ogólny model integracji małych i średnich przedsiębiorstw zorientowanych na współpracę w ramach koncepcji Przemysł 4.0.

W artykule zaprezentowano m.in. wyniki przeprowadzonych badań ankietowych pilotażowych na wybranej grupie specjalistycznych przedsiębiorstw produkcyjnych z regionu

województwa lubuskiego, należących do sektora metalowego. Przedsiębiorstwa z badanego regionu już dziś wskazują na silne powiązania z niemieckimi przedsiębiorstwami tej branży.

2. Rozwój koncepcji Przemysłu 4.0

Silna konkurencja i rosnące oczekiwania klientów na współczesnym rynku sprawiają, że wraz ze wzrostem efektywności produkcji, następuje kastomizacja produktu, czyli wytwarzanie produktów, w których klient decyduje o produkcji. Jednocześnie, cena produktu powinna być zbliżona do ceny produktów wytwarzanych w produkcji masowej. Właśnie takie możliwości gwarantuje koncepcja Przemysł 4.0, która zakłada stworzenie w pełni zintegrowanego systemu dostawców, producentów i klientów tworzących tzw. cyber-fizyczne systemy CPS (ang. Cyber-Physical Systems), które stanowią otwarte systemy socjotechniczne, zdolne do realizacji szeregu funkcji i działań narzuconych przez produkcję, logistykę czy zarządzanie.

Przemysł 4.0 to wykorzystanie mechatronicznych produktów CPS (maszyn, urządzeń, robotów, środków transportu, etc.) poczynając od stworzenia koncepcji nowego produktu, wirtualnej dokumentacji, drukowania modeli, ich badań symulacyjnych, laboratoryjnych i przemysłowych, decyzji o podjęciu produkcji, wirtualnej dokumentacji produkcyjnej, wytworzenia produktu w wirtualnym środowisku produkcyjnym, sprawdzenia jego poprawności, przejścia z wirtualnego środowiska produkcyjnego do środowiska realnego, opracowania wspomaganą programowo i dokumentowaną komputerowo dokumentacji produkcyjnej i montażowej, logistyki magazynowej, transportowej i sprzedażnej, kontroli poprawności eksploatacji, przestrzegania terminów przeglądów, napraw i remontów, wskazywania miejsca i wykonawcy tych czynności, wreszcie sterowanego recyklingu. Oznacza to możliwość spełnienia oczekiwań klienta przy zachowaniu wysokiej rentowności procesu produkcji dzięki dynamicznemu dopasowaniu autonomicznych modułów całego procesu przygotowania, wytwarzania i dostarczania produktu do klienta z wykorzystaniem IoT oraz informacji zapisanych w Big Data i Cloud Computing (Chui M, et al., 2010), (Graef, 2016). Koncepcja stanowi połączenie zalet produkcji na zamówienie z korzyściami, jakie dziś oferuje produkcja masowa lub wielkoseryjna. Ponadto, istnieje możliwość zdecydowanej poprawy efektywności produkcji poprzez wykorzystanie zasobów materiałowych, wytwórczych, pracowniczych współpracujących ze sobą partnerów sieciowych, dysponujących niewykorzystanymi zdolnościami produkcyjnymi, jak również wykorzystanie koncepcji lean 4.0, która może być wspierana przez koncepcję Przemysłu 4.0 (Mayr, et al., 2018). Intensyfikuje to potrzebę badań nad problemami rozwoju sieciowych form współpracy przedsiębiorstw funkcjonujących w dobie koncepcji Przemysłu 4.0.

Ważnym elementem rozwoju koncepcji Przemysłu 4.0 jest również proces legislacyjny, który wymaga opracowania szeregu przepisów prawnych co najmniej na poziomie UE, umożliwiających sieciową wymianę danych produkcyjnych, usługowych dotyczących całego łańcucha logistycznego. Dodatkowo wymagane jest opracowanie otwartych aplikacji umożliwiających sieciowe połączenie przedsiębiorstw zaangażowanych w proces produkcji wyrobu, dostarczania do klienta oraz użytkowników tego produktu oraz zapewnienia bezpieczeństwa gromadzonych i przetwarzanych danych (Olszewski, 2016). W sytuacji rozwoju koncepcji Przemysł 4.0 każde przedsiębiorstwo postrzegane jest jak oferujący pewne możliwości inteligentny moduł do wykorzystania w całym łańcuchu logistycznym, przestaje mieć znaczenie rozmiar przedsiębiorstwa. Znaczenia zaś nabiera poziom stosowanej technologii, poziom zatrudnionej wysoko wykwalifikowanej kadry oraz otwartość na nieograniczoną komunikację przy wykorzystaniu coraz powszechniej stosowanych technologii, m.in. Cloud Computing, Big Data oraz Internet of Things.

3. Perspektywy rozwoju sieci produkcyjnych MŚP

Za potrzebą prowadzenia badań w zakresie organizacji i zarządzania sieciami przedsiębiorstw mogą świadczyć również liczne korzyści współpracy wskazywane w literaturze zarówno dla samych przedsiębiorstw, jak i dla klienta. Aktualnie uczestnictwo przedsiębiorstwa w sieci jest szczególnie atrakcyjne dla małych i średnich przedsiębiorstw, które w ten sposób mogą przezwyciężyć główną przewagę konkurencyjną dużych przedsiębiorstw w zakresie dostępu do wszelkiego rodzaju zasobów (kapitału, kompetencji, know-how, itd.) (Mahmood, et al., 2018). Już w poprzedniej dekadzie K. Perechuda zwrócił uwagę, że uczestnictwo przedsiębiorstwa w sieciach daje nowe możliwości i umożliwia wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań organizacyjnych mających istotny wpływ na wzrost efektywności ich funkcjonowania (Perechuda, 2002), przejawiające się orientacją na procesy, decentralizacją zarządzania, rozwój zawodowy pracowników, itd. Ponadto, możliwość występowania w wielu aliansach pozwala zwiększyć produktywność dysponowanych zasobów produkcyjnych oraz zasobów ludzkich przedsiębiorstwa. Funkcjonowanie w sieci wpływa również pozytywnie na proces uczenia się przez zdobywanie doświadczenia, know-how i wiedzy na podstawie wzajemnych relacji między współpracującymi przedsiębiorstwami (Urbaniak, 2001). W. Czakon zdefiniował sieci przedsiębiorstw jako „określoną przestrzeń współdziałania względnie niezależnych podmiotów, tworzoną ze względu na ich wspólne lub indywidualne cele, w której istnieją więzi gospodarcze i społeczne, a zarządzanie realizowane jest poprzez umowy oraz interpersonalne procesy decyzyjne” (Czakon, 2005). Koncentrując się w dalszej części pracy na sieciach przedsiębiorstw, będzie używane określenie sieć produkcyjna z uwagi na charakter badanych przedsiębiorstw sektora metalowego, dysponujących

określonymi zdolnościami wytwórczymi oraz potencjalnie zdolnych do realizacji wspólnych przedsięwzięć produkcyjnych.

Istotą każdej sieci produkcyjnej jest więc współpraca partnerów, która prowadzi często do uzyskanie efektu synergii, przy czym efekt ten osiąga się przez wykorzystanie swojego potencjału (know-how, zasobów, itd.) do realizacji wspólnego celu całej sieci. Na dużą rolę mechanizmów koordynacyjnych w osiągnięciu efektu synergii sieci zwracają uwagę S. Lachewicz oraz A. Zakrzewska-Bielawska, wskazując na kluczową rolę koordynatora sieci (jednostki flagowej, kreatora sieci, brokera sieci), który pełni funkcję organizatora transferu aktywów materialnych i niematerialnych w układzie sieci i jest odpowiedzialny za sprawność tej koordynacji (Lachewicz, i Zakrzewska, 2012). Głównym zadaniem koordynatora sieci jest zatem identyfikacja okazji biznesowych i pomoc w organizacji sieci przedsiębiorstw, złożonej z wybranych członków, zdolnej do zrealizowania wspólnych projektów produkcyjnych. Koordynator opracowuje dopuszczalne warianty sieci charakteryzujące się zbiorami wyselekcjonowanych firm na podstawie zgłoszonych kompetencji i zdolności produkcyjnych. Każdy z wariantów określa przydział zadań poszczególnym uczestnikom sieci i gwarantuje realizację wspólnego przedsięwzięcia zgodną z wymaganiami rynku. Niestety w praktyce ciągle brakuje odpowiednich procedur, narzędzi, w tym informatycznych, wspomagających proces powoływania i zarządzania taką organizacją.

Rozwój sieciowych form współpracy, rozwiązanie szeregu problemów związanych z formowaniem i zarządzaniem sieciami stanowi dziś spore wyzwanie dla szybkiego wdrożenia koncepcji przemysłu 4.0, szczególnie na poziomie małych i średnich przedsiębiorstw. Niestety, poziom dostosowania polskiego sektora małych i średnich przedsiębiorstw znacząco odbiega od wymagań narzucanych przez koncepcję Przemysłu 4.0. Pełnienie roli zintegrowanego, inteligentnego modułu wysyłającego i odbierającego strumienie informacji za pośrednictwem sieci teleinformatycznych i realizującego zadania w obrębie łańcucha dostaw wymaga znaczących inwestycji zarówno w zakresie stosowanych technologii jak i poziomu wykształcenia zatrudnianych pracowników i kadry zarządzającej.

3.1. Kluczowe problemy funkcjonowania przedsiębiorstw w sieciach produkcyjnych

Niestety pomimo ewidentnych korzyści funkcjonowania w sieci, proces powołania sieci nie jest łatwy i rodzi wiele obaw w przedsiębiorstwach funkcjonujących w ich ramach. Już sam proces doboru partnerów jest bardzo trudny. Przy wyborze partnera należy wziąć pod uwagę szereg cech wymaganych przez organizację sieciową, jak np. możliwości wytwórcze, posiadaną technologię, poziom jakości oferowanych usług, kondycję finansową, doświadczenie, komunikatywność, itd. (Franke, 2001). Każdy z tych obszarów ma zasadniczy wpływ na rezultaty wspólnej realizacji zadań. Równie ważnym problemem jest zaufanie do partnerów oraz konieczność inwestowania w technologie informacyjną i problemy z jej wykorzystaniem. Szczególnie dotyka to małe i średnie przedsiębiorstwa, które z racji wysokich

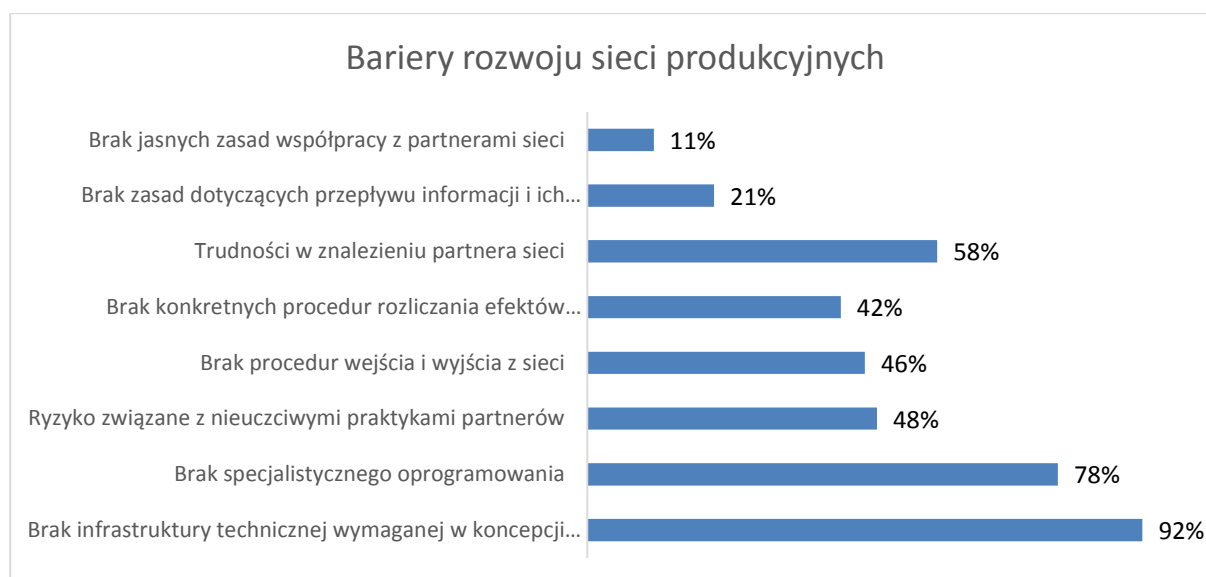
kosztów wdrożenia i serwisu w ograniczonym stopniu korzystają z zaawansowanych technologii informatycznych np. systemów ERP (ang. Enterprise Resource Planning).

Poziom stosowania najnowszych technologii w przedsiębiorstwach produkcyjnych jest bardzo niski. Jak wynika z najnowszego raportu Międzynarodowej Federacji Robotyki – IFR, przepaść między wdrożeniami z zakresu automatyki i robotyki w Polsce i w innych krajach jest bardzo widoczna. W 2016 roku na 10 000 pracowników zatrudnionych w światowym sektorze produkcji przypadało średnio 74 robotów przemysłowych w stosunku do 69 w 2015 roku. W Polsce gęstość robotyzacji wynosiła średnio 32 roboty w stosunku do 28 robotów w 2015 roku. W porównaniu do innych krajów regionu wciąż wypadamy najgorzej. Dla porównania w Czechach nastąpił wzrost do 101 robotów z poziomu 93 w 2015 roku, Słowacji do 135 z poziomu 79. W Niemczech gęstość robotyzacji w 2016 roku wynosiła aż 309 robotów. Dla porównania w najbardziej zautomatyzowanych krajach świata takich jak np. Korea Płd. wskaźnik gęstości robotyzacji w 2016 roku wyniósł aż 631 robotów (International Federation of Robotics, 2018). Niestety polski przemysł charakteryzuje się umiarkowanie słabym stanem automatyzacji i robotyzacji produkcji. Z badań prowadzonych przez Astor w 2015 roku wynika, że tylko około 15% przedsiębiorstw w Polsce jest w pełni zautomatyzowanych, co odpowiada etapowi rozwoju produkcji przemysłowej w technologii 2.0. Częściowym zautomatyzowaniem charakteryzuje się około 76% przedsiębiorstw. Natomiast etap robotyzacji i cyfryzacji produkcji 3.0, wykazuje niski stopień zaawansowania. Niestety polskie przedsiębiorstwa przemysłowe ciągle jeszcze są na etapie wczesnej trzeciej rewolucji przemysłowej (Gracel, 2016), co nie daje dobrych perspektyw dla szybkiego wdrożenia idei Przemysłu 4.0.

Istotną barierą ograniczającą szybką aplikację założeń Przemysłu 4.0 jest ciągły brak klimatu do współpracy polskich przedsiębiorstw, szczególnie jeśli mowa o małych i średnich przedsiębiorstwach przemysłowych. Z badań pilotażowych przeprowadzonych na 150 przedsiębiorstwach, działających w sektorze metalowym województwa lubuskiego wynika szereg barier związanych zarówno z doświadczeniami dotychczasowej współpracy, jak i trudnościami w tworzeniu różnych form sieciowej współpracy. Wybrane wyniki badań ankietowych przedstawiono na rysunku 1.

Najczęściej deklarowanymi problemami są:

- brak infrastruktury technicznej wymaganej w koncepcji Przemysłu 4.0,
- brak specjalistycznego oprogramowania,
- trudności w znalezieniu partnera sieci,
- ryzyko związane z nieuczciwymi praktykami partnerów, itd.



Rysunek 1. Deklarowane bariery rozwoju sieci produkcyjnych w zakresie koncepcji Przemysł 4.0. Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

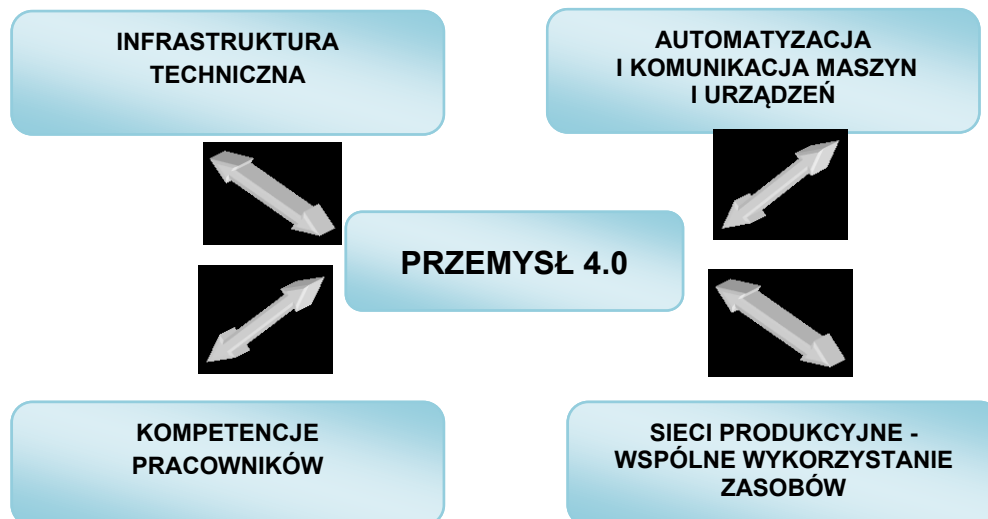
Powaznym problemem jest rowniez brak wsparcia systemow informatycznych pomocnych np. w okresleniu zdolnosci produkcyjnych oferowanych do sprzedazy w ramach sieci produkcyjnych. Istotna jest tutaj umiejtnosc szybkiej oceny dostepnosci zasobow oraz kosztow ich wykorzystania. Ponadto, znalezienie odpowiedniego partnera sieciowego czesto wiaze sie z potrzeba rozwiązania szeregu problemow zwiazanych zarowno z ryzykiem wspolpracy z nieznanym przedsiębiorca jak i sposobem poszukiwania kooperanta. Niestety moze stanowic to istotna bariere dla pozytywnego przyjecia koncepcji Przemyslu 4.0 przez polski sektor MŚP. Dodatkowo problemem jest bardzo niski poziom automatyzacji i informatyzacji polskich przedsiębiorstw w tym wykorzystania systemow IT do operacyjnego zarzadzania i sterowania produkcja MES (ang. Manufacturing Execution System). Do innych problemow mozna zaliczyc:

- brak klimatu do inwestycji w nowe technologie, szczegolnie ukierunkowane na budowanie przewagi konkurencyjnej na rynku,
- ciagle niski poziom zatrudnienia wykwalifikowanej kadry menadzarskiej i inzynierskiej, szczegolnie posiadajacej wiedze z zakresu najnowszych technologii i sposobow jej wykorzystania w zakresie koncepcji Przemysl 4.0,
- niskie place pracownikow, ktore zniechecaja przedsiębiorcow do inwestycji zwiazanych ze zmiana technik produkcji z pracochlonnych na bardziej kapitalochlonne.

3.2. Model integracji przedsiębiorstw zorientowanych na współpracę w ramach koncepcji Przemysł 4.0

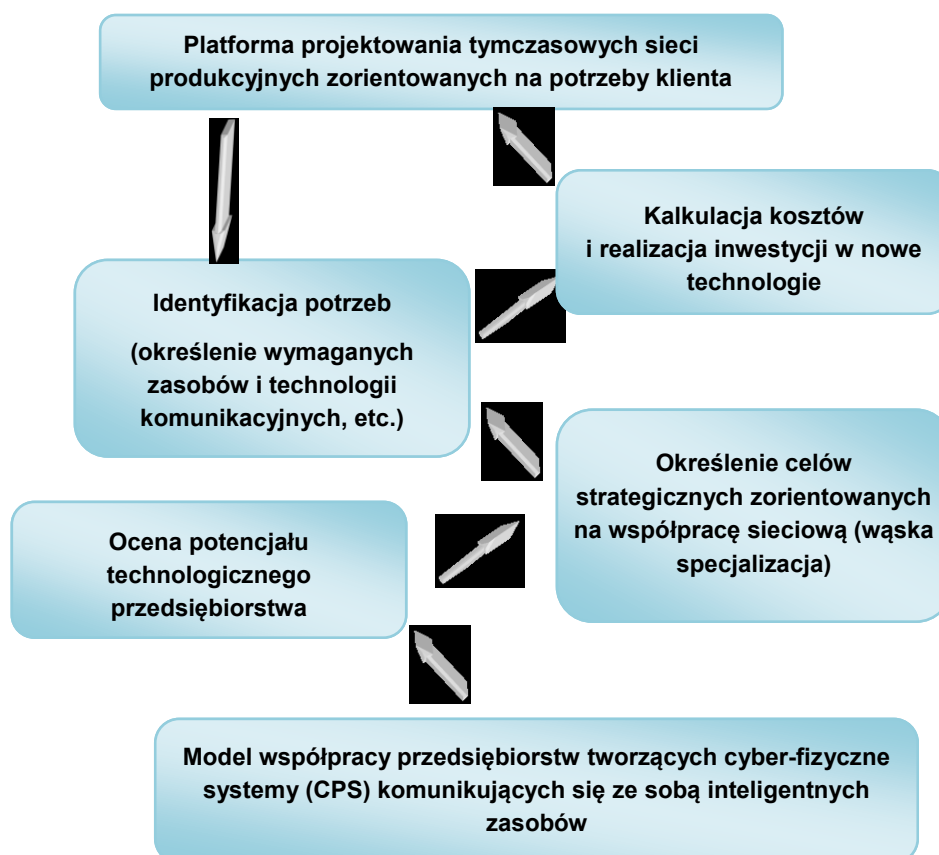
Przemysł 4.0 to duże wyzwanie szczególnie dla małych i średnich przedsiębiorstw, ale jednocześnie ogromne perspektywy rozwoju w przyszłości. Firmy muszą całkowicie zmienić swoją strategię i pokonać wiele barier. Wstępne badania wskazują, że najważniejsze bariery znajdują się w następujących czterech obszarach (rysunek 2):

- infrastruktura techniczna – popyt na maszyny i urządzenia,
- automatyzacja pracy maszyn i urządzeń oraz komunikacja między nimi,
- współpraca z innymi firmami – budowanie relacji i kompetencji z innymi firmami, które pozwolą na wspólne wytwarzanie produktów w sieci firm tworzących inteligentne fabryki przyszłości,
- kompetencje pracowników – umiejętności pracowników potrzebne do kontrolowania zautomatyzowanego systemu produkcyjnego.



Rysunek 2. Kluczowe obszary dostosowawcze sieciowych przedsiębiorstw w koncepcji Przemysł 4.0.
Źródło: Opracowanie własne.

W każdym z tych obszarów można zidentyfikować cele strategiczne, które muszą zostać zrealizowane w celu skutecznego wdrożenia założeń koncepcji Przemysłu 4.0. Na podstawie wstępnych badań pilotażowych i analizy literatury, można zbudować ogólny schemat wdrożenia proponowanej koncepcji, w przedsiębiorstwach zorientowanych na współpracę sieciową (rysunek 3).



Rysunek 3. Model integracji małych i średnich przedsiębiorstw zorientowanych na współpracę w ramach koncepcji Przemysł 4.0. Źródło: Opracowanie własne.

Warunkiem rozwoju sieciowych form współpracy jest opracowanie modelu współpracy przedsiębiorstw tworzących w przyszłości cyber-fizyczne systemy (CPS). Systemy CPS powinny zapewnić zbieranie danych, ich przetwarzanie i oddziaływanie na fizyczne procesy zachodzące w obrębie całej sieci produkcyjnej dzięki nieograniczonym połączeniom sieciowym komunikujących się ze sobą inteligentnych, mechatronicznych zasobów (maszyn, urządzeń, robotów, środków transportu, etc.), przy znikomym udziale człowieka pełniącego jedynie funkcje nadzoru i/lub koordynatora. Zbudowanie modelu wymaga zatem opracowania zbioru warunków związanych ze sposobem funkcjonowania przedsiębiorstwa w sieci produkcyjnej, powoływania tymczasowych sieci zorientowanych na wspólne przedsięwzięcie produkcyjne, planowania obciążenia rozproszonych geograficznie zasobów, sterowania produkcją czy też rozliczenia finansowego partnerów udostępniających zasoby do produkcji. Przystąpienie przedsiębiorstwa do takiego modelu sieci funkcjonującej w ramach koncepcji Przemysł 4.0 wymaga przede wszystkim wstępnej oceny: potencjału technologicznego przedsiębiorstwa, posiadanego know-how, kompetencji pracowników i zdolności do współpracy polegającej na udostępnianiu zasobów. Proces ten ma na celu również wytworzenie w przedsiębiorstwie (Soszyńska, 2012, s. 198):

- zdolności do zmniejszenia luki technologicznej, w tym także zapewnienia tzw. gotowości technologicznej,
- odpowiedniego potencjału społeczno-technologicznego,
- wewnętrznej zdolności do absorpcji oraz adaptacji innowacji.

W kolejnym etapie przedsiębiorstwo, szczególnie sektora MŚP, powinno zdecydować w celu ograniczenia bardzo wysokich kosztów infrastruktury, w jakim obszarze będzie się specjalizować na potrzeby sieciowej współpracy. Pozwoli to skoncentrować uwagę tylko na tych zasobach, które gwarantują wysoki poziom wykorzystania i zapewnią konkurencyjność przedsiębiorstwu. Przyjęcie celów strategicznych zorientowanych z wdrożeniem technologii wymaga przeprowadzenia kolejnego etapu związanego z identyfikacją potrzeb oraz określeniem wymaganych zasobów i technologii zdolnych do współpracy w ramach systemów CPS. Ostatnim etapem jest inwestycja w wymagane zasoby i przystąpienie do wspólnej platformy odpowiedzialnej za przyjmowanie zleceń od klienta i organizowanie tymczasowych sieci złożonych z przedsiębiorstw udostępniających mechatroniczne zasoby na potrzeby platformy. Proces tworzenia sieci wraz z prototypem komputerowej implementacji został szerzej opisany w pracy (Saniuk, i in., 2018).

Proponowana platforma jest narzędziem ułatwiającym wymianę informacji między brokerem, który jest odpowiedzialny za nadzór nad gromadzeniem danych o zleceniu produkcyjnym i ofertach (ofertach) od przedsiębiorstw. Dane z przedsiębiorstw zostaną automatycznie przeniesione na platformę z maszyn i urządzeń korzystających z technologii Internet of Things. Na podstawie informacji zgromadzonych w systemie generowany jest zestaw wariantów sieci zdolnych do terminowej realizacji zamówienia oraz harmonogram pokazujący obciążenie poszczególnych zasobów firm w wybranym wariantcie do realizacji nowego zamówienia. Każdy wariant charakteryzuje się zbiorem wybranych przedsiębiorstw ze wskazaniem wykorzystanych zasobów, kosztem wdrożenia oraz datą rozpoczęcia i zakończenia zlecenia produkcyjnego. Ostatecznie pozwala to na wybór najlepszego wariantu w systemie i dostępnych zasobów, które mają być zarezerwowane dla zrealizowania produkcji przez poszczególne firmy. Dane o zasobach firm są udostępniane tylko brokerowi. Oznacza to, że nie ma dostępu do poufnych danych innych firm, co zwiększa bezpieczeństwo przed nieuczciwą konkurencją. Każde z zarejestrowanych na platformie przedsiębiorstw ma dostęp do informacji o zamówieniach i planowanych zadaniach.

4. Zakończenie

Po trzech rewolucjach przemysłowych, nadchodzi czwarta, która przenosi produkcję do wyrafinowanych sieci firm wyposażonych w inteligentne urządzenia, maszyny, środki transportu komunikujące się ze sobą za pomocą nowych technologii, takich jak Cloud

Computing, Big Data i Internet of Things (IoT). Stwarza to nowe wyzwania dla polskich przedsiębiorstw przemysłowych i wymaga znacznych inwestycji w automatyzację, robotykę i cyfryzację, które pozwolą w przyszłości na stosowanie inteligentniejszych technologii komunikacyjnych, szczególnie tych związanych z koncepcją Industry 4.0.

W artykule przedstawiono wybrane problemy polskich przedsiębiorstw z branży metalowej związane z procesem adaptacji do wyzwań Przemysłu 4.0 i nowej idei tworzenia sieci produkcyjnych oraz zaproponowano najważniejsze etapy rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw zorientowanych na współpracę w ramach koncepcji Przemysł 4.0. Idea tworzenia sieci produkcyjnych przewiduje wykorzystanie platformy obsługiwanej przez brokera. To rozwiązanie dedykowane jest szczególnie grupie małych i średnich przedsiębiorstw, które w ramach platformy będą udostępniały inteligentne zasoby komunikujące się bezpośrednio z platformą oraz pomiędzy innymi zasobami w powoływanej każdorazowo na potrzeby produktu sieci przedsiębiorstw.

Idea koncentracji przedsiębiorstw wokół platformy może być doskonałym wprowadzeniem do procesu dostosowywania potencjału przedsiębiorstw do warunków Przemysłu 4.0. Ponadto, proponowana koncepcja platformy pozwala na integrację współpracujących przedsiębiorstw, wykorzystanie wolnych mocy produkcyjnych przedsiębiorstw oraz możliwość realizacji zleceń produkcyjnych znacznie przekraczających możliwości produkcyjne pojedynczego przedsiębiorstwa.

Bibliografia

1. Chui, M., Löffler, M., and Roberts, R. (2010). The Internet of Things. *The McKinsey Quarterly*, 2(47), 1-9.
2. Czakon, W. (2005). Istota relacji sieciowych przedsiębiorstwa. *Przegląd Organizacji*, 9, 10-13.
3. Franke, U. (2001). The Concept of Virtual Web Organizations and its implications on changing market conditions. *Electronic Journal of Organizational Virtualness*, 3. Available online www.virtual-organization.net.
4. Gracel, J. (2016). Industry 4.0 – kluczowe pytania i odpowiedzi. *Automatyka, Podzespoły, Aplikacje*, 6(10), 36-39.
5. Graef, N. (2016). Industrie 4.0 – Gesamtkonzept: Zusammenspiel von intelligenten Infrastrukturen, Paradigmen und technologischen Komponenten. In A. Roth (ed.), *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis*. Berlin-Heidelberg, Germany: Springer Gabler, 73-82.
6. International Federation of Robotics, (07.02.2018). *Robot density rises globally*. Frankfurt. Available online <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>.

7. Lachiewicz, S., i Zakrzewska-Bielawska, A. (2012). Sieć przedsiębiorstw jako skuteczna forma organizacyjna w warunkach kryzysu gospodarczego. *Management and Business Administration. Central Europe*, 4(117).
8. Mahmood, K., Lanz, M., Toivonen, V., and Otto, T. (2018). A Performance Evaluation Concept for Production Systems in an SME Network. *Procedia CIRP*, 72, 603-608.
9. Mayr, A., Weigelt, M., Kühl, A., Grimm S., Erll, A., Potzel, M., and Franke, J. (2018). Lean 4.0 – A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622-628.
10. Olszewki, M. (2016). Mechatronizacja produktu i produkcji – przemysł 4.0. *Pomiary Automatyka Robotyka*, 3, 13-28.
11. Perechuda, K. (2002). *Zarządzanie przedsiębiorstwem przyszłości. Koncepcje, modele, metody*. Warszawa: Agencja Wydawnicza Placet.
12. Saniuk, S., and Saniuk, A. (2018). Decision support system for rapid production order planning in production network. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 637. Springer International Publishing, 217-226.
13. Soszyńska, E. (2012). Konwergencja technologiczna a potencjał społeczno-technologiczny krajów Unii Europejskiej. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, XIII/3, 191-201.
14. Urbaniak, M. (2001). *Wybrane elementy gospodarczych organizacji wirtualnych*. Poznań: Akademia Ekonomiczna, 36.