

---

**Joanna Woźniak** | j.wozniak@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Katedra Systemów Zarządzania i Logistyki

ORCID ID: 0000-0002-3186-6347

**Grzegorz Budzik** | gbudzik@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Katedra Konstrukcji Maszyn

ORCID ID: 0000-0003-3598-2860

**Dominik Zimon** | zdomin@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Katedra Systemów Zarządzania i Logistyki

ORCID ID: 0000-0002-3097-5445

## **Industry 4.0 – identyfikacja technologii, które zmieniły przemysł oraz ich znaczenie w zarządzaniu logistycznym**

### **Industry 4.0 – Identification of Technologies that Have Changed the Industry and their Importance in Logistics Management**

**Abstract:** After the third industrial revolution, which was associated with the automation of production processes, the fourth came – resulting from the implementation of new technologies, as well as the dynamic development of areas of artificial intelligence or rapid prototyping. The changes are not limited to industry only. They affect every sphere of life. This publication presents the main assumptions of the Industry 4.0 concept (Industry 4.0, Industrie 4.0) with particular emphasis on its technological solutions. The challenges and benefits of the fourth industrial revolution are also highlighted and its relationship with the supply chain management has been emphasized.

**Key words:** Industry 4.0, logistics, industrial revolution, Smart Factory.

## Wstęp

Dynamiczny rozwój technologii powoduje, że obecnie jesteśmy świadkami bezprecedensowych zmian w zakresie rozwoju przemysłu. W związku z tym, ośrodki naukowo-badawcze największych potęg gospodarczych, niezależnie od siebie, podjęły prace, których głównym celem jest znalezienie sposobów na wykorzystanie nowych narzędzi technologicznych do budowy przewagi konkurencyjnej.

Digitalizacja procesu produkcyjnego i sztuczna inteligencja to potrzeby dzisiejszego przemysłu [Bieńkowski 2018, ss. 26–34]. Założenia te wpisują się w koncepcję Przemysł 4.0, którą często nazywa się „czwartą rewolucją przemysłową” [Zhong, Xu, Klotz i in. 2017, ss. 616–630]. Jej głównymi filarami jest rozwój teleinformatyki i Internetu, a także związanych z nią koncepcji, do których zalicza się: inteligentną fabrykę (ang. *Smart Factory*), Internet rzeczy, IoT (ang. *Internet of Things*), globalny dostęp do danych (tzw. Big Data), czy też systemy cyber-fizyczne [Nosalska, Mazurek 2018, ss. 1000–1003].

Czwarta rewolucja przemysłowa wraz z koncepcją Industry 4.0 daje ogromną szansę na rozwój zarówno całej UE, jak i poszczególnych krajów [Grabowska 2018, ss. 15–25]. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że jak wszystkie rewolucje, będzie to proces niezmiernie skomplikowany i wymagający wiedzy oraz determinacji. Krajem przodującym we wdrażaniu tej koncepcji są Niemcy [Stadnicka, Zielecki, Sęp 2017, ss. 472–483]. Warto podkreślić, że działania związane z wprowadzeniem Industry 4.0 są wspierane na szczeblu rządowym [Boyes, Hallaq, Cunningham i in. 2018, ss. 1–12]. Potwierdzeniem tego są chociażby rekomendacje dotyczące wdrażania [Kagermann 2015, ss. 23–45].

Silne powiązanie polskiej i niemieckiej gospodarki może mieć zasadniczy wpływ na implementację omawianej koncepcji w Polsce. Jak podaje GUS, w Polsce w 2016 r. głównymi kierunkami eksportu i importu były Niemcy [GUS 2017]. Ponadto, sektor produkcji przemysłowej napędza rozwój polskiej gospodarki. Według danych Eurostatu w 2017 r. 21% pracujących to osoby zatrudnione w produkcji, co daje nam trzecie miejsce, za Niemcami i Włochami, pod względem liczby osób zatrudnionych w sektorze przemysłowym [Eurostat 2018]. Należy zatem spodziewać się znaczącego wpływu wdrażania koncepcji Industry 4.0 na sytuację gospodarczą Polski.

Z informacji zawartych w raporcie PwC wynika, że Polscy przedsiębiorcy optymistycznie odnoszą się do wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0 [PwC 2017]. Warto jednak zaznaczyć, iż większość firm znajduje się na etapie trzeciej rewolucji przemysłowej, polegającej na automatyzacji pojedynczych maszyn i procesów. Jest wiele powodów naszego opóźnienia technologicznego. Z raportu firmy ASTOR wynika, że jego przyczyny to m.in.: późne otwarcie się na zachodnie technologie (dopiero od 1989

r.), brak dostępu do odpowiedniego kapitału, czy też brak wyspecjalizowanej kadry inżynierskiej. Czwartą rewolucję przemysłową można przeprowadzić dopiero po pełnym wdrożeniu technologii z poprzedniego etapu. Nie dziwi więc, że Polska nie jest w pełni gotowa na zmiany wynikające z koncepcji Przemysł 4.0 [ASTOR 2016]

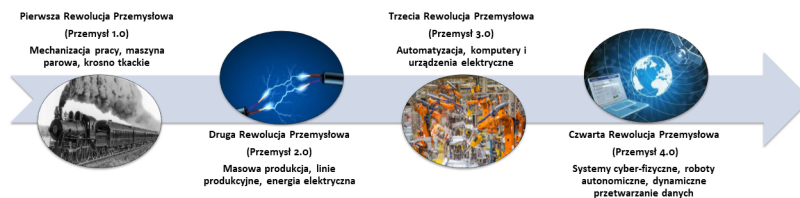
Industy 4.0 stawia wysokie wymagania, co do procesu edukacji, ponieważ rynek będzie wymagać wysoko wykwalifikowanych pracowników. Firmy muszą dążyć do zwiększenia wewnętrznych kompetencji, co wiąże się z budowaniem programów rozwoju kadry inżynierskiej. Nowoczesny inżynier staje przed zadaniem nadążania za postępem technologicznym, a także dbania o rozwój nie tylko w swojej dziedzinie, ale również w tych, które są ściśle z nią związane. Jak wynika z raportu firmy ASTOR, zaledwie 1/3 polskich firm buduje programy rozwoju dla kadry inżynierskiej [ASTOR 2016]. Implikuje to konieczność dostosowania procesu edukacyjnego do nowej sytuacji, gdyż przemysł wymaga obecnie od pracowników innych kompetencji niż miało to miejsce wcześniej.

W związku z powyższym, głównym celem publikacji jest przedstawienie koncepcji Industy 4.0, ze szczególnym uwzględnieniem jej rozwiązań technologicznych, oraz zasygnalizowanie ich wpływu na zarządzanie logistyką oraz łańcuchem dostaw. W artykule przedstawiono również wyzwania i korzyści, które niesie za sobą czwarta rewolucja przemysłowa.

## Historia rewolucji przemysłowej

Współczesna historia i ekonomia wyróżniają cztery duże skoki w rozwoju cywilizacyjnym, które spowodowały znaczące przemiany w strukturze i organizacji produkcji [Popkova, Ragulina, Bogoviz 2019].

### Rysunek 1. Rewolucje przemysłowe



Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Vaidyaa, Ambadb, Bhoslec 2018, ss. 233–238].

Pierwsza rewolucja przemysłowa zapoczątkowana została w Anglii w drugiej połowie XVIII w. i rozwijała się do początku XIX w. Związana była z wykorzystywaniem m.in. energii elektrycznej i silnika parowego. Napęd parowy umożliwił mechanizację produkcji i dzięki temu wpłynął na zwiększenie wydajności [Vaidyaa, Ambadb, Bhoslec 2018, ss. 233–238]. Miał również rewolucyjny wpływ na rozwój środków transportu – pojawiła się kolej i statki parowe.

Druga rewolucja rozpoczęła się na początku XX w. – zastąpiono wówczas maszyny parowe maszynami napędzanymi energią elektryczną, co umożliwiło produkcję na szeroką skalę. Gwałtowny wzrost produkcji przemysłowej obejmował głównie Europę Zachodnią i Amerykę Południową. Najbardziej znaną linią produkcyjną jest linia seryjna stworzona przez H. Forda w 1913 r. Nowa organizacja pracy wpłynęła znacząco na cenę, jakość, a także dostępność oferowanych na rynku produktów [Popkova, Ragulina, Bogoviz 2019].

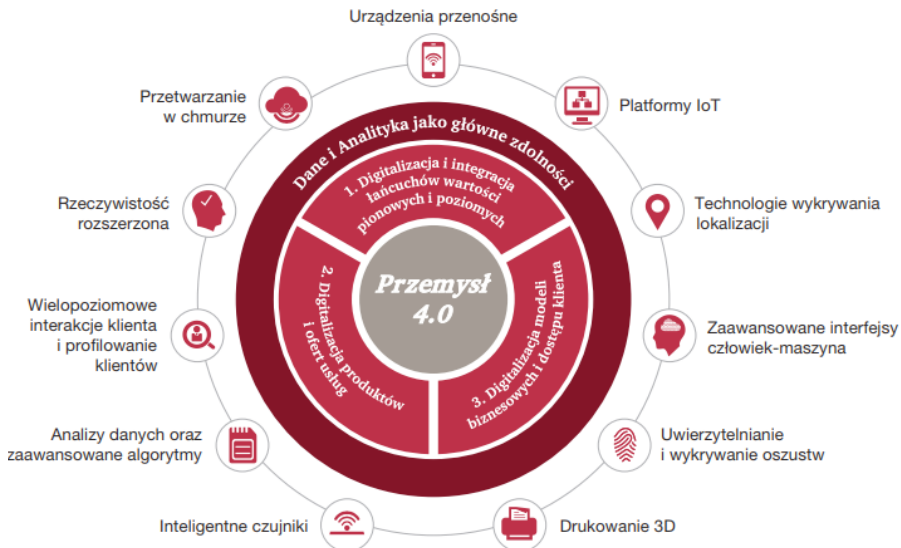
Trzecia rewolucja przemysłowa (zwana również „rewolucją naukowo-techniczną”) rozpoczęła się w latach 70. XX w. Była ona efektem wykorzystania systemów i technologii informatycznych, pozwalających na automatyzację procesów produkcyjnych [Stadnicka, Zielecki, Sęp 2017, ss. 472–483]. Najważniejsze elementy tej rewolucji to: komputeryzacja, wykorzystywanie energii ze źródeł odnawialnych, wykorzystanie technologii internetowej, przekształcenie środków transportowych w pojazdy na prąd lub baterie, a także rozwój produkcji materiałów syntetycznych.

Zdaniem wielu badaczy obecnie mamy do czynienia z czwartą rewolucją przemysłową [Kagermann 2015, ss. 23–45; Ibarra, Ganzarain, Igartua 2017, ss. 4–10]. Koncepcja ta została po raz pierwszy zaproponowana w 2011 r. w kontekście celu rozwoju niemieckiej gospodarki [Boyes, Hallaq, Cunningham 2018, ss. 1–12]. Jej podstawą jest *Smart Factory*, czyli koncepcja nowoczesnej fabryki opartej na tzw. systemach cyber-fizycznych, a także Internecie rzeczy. Głównymi czynnikami pozwalającymi na rozwój koncepcji Przemysł 4.0 są: duża liczba dostępnych danych i narzędzi do ich analizy, łączność mobilna, a także cyfrowe kanały dostępu do konsumenta.

## Przemysł 4.0

Każda zmiana oparta jest na pewnych podstawowych założeniach. Idea Przemysł 4.0, podobnie jak wszystkie inne dotychczasowe rewolucje, również ma swoje filary. Każdy z nich może funkcjonować i prosperować jedynie we współpracy z pozostałymi (zob. rysunek 2).

Rysunek 2. Przemysł 4.0 – założenia i rozwiązania technologiczne



Źródło: [PwC 2017].

## Digitalizacja i integracja łańcuchów wartości pionowych i poziomych

W przemyśle digitalizacja procesów produkcyjnych związana jest przede wszystkim z pionowymi (wewnętrznymi) i poziomymi (zewnętrznymi) procesami wytwórczymi, odpowiadającymi za tworzenie finalnego produktu, czyli tzw. pionowymi i poziomymi łańcuchami wartości [Dalenogare, Benitez, Ayala 2018, ss. 383–394]. Truizmem jest stwierdzenie że, aby proces produkcyjny odbywał się w sposób właściwy, ludzie, maszyny i systemy IT muszą wymieniać między sobą informacje w trakcie produkcji. Przepływ informacji może odbywać się zarówno w obrębie fabryki, jak i wśród różnych systemów IT działających w przedsiębiorstwie. Przemysł 4.0 obejmuje swoim zasięgiem cały łańcuch wartości: począwszy od zakupu i opracowania produktu, przez produkcję, logistykę, a na usługach posprzedażowych skończywszy [Bujak 2017, ss. 1338–1344]. Środowisko Przemysłu 4.0 wspiera te procesy, gwarantując dostęp do praktycznie każdej informacji, w dowolnym czasie i z dowolnego miejsca. Wszelkie dane dotyczące planowania procesów, ich wydajności oraz zarządzania jakością są dostępne w czasie rzeczywistym. Dodatkowo mogą być one uzupełniane za

pomocą rozszerzonej rzeczywistości, AR (ang. *augmented reality*) i zoptymalizowane w zintegrowanej sieci IT przedsiębiorstwa [Bieńkowski 2018, ss. 26–34].

## Digitalizacja ofert produktów i usług

Digitalizacja wyrobu/ usługi polega na wzbogaceniu oferty o dodatkowe informacje, tak aby w jak najwyższym stopniu zaspokajała potrzeby nabywców [Druszcz 2017, ss. 237–250]. Proces transformacji cyfrowej produktów związany jest z rozszerzeniem istniejącego portfolio, np. w wyniku dodania dodatkowych elementów, takich jak inteligentne czujniki czy urządzenia do komunikacji, które można stosować jednocześnie z narzędziami do analizy danych. Wykorzystuje się przy tym technologie pozwalające na identyfikację i śledzenie produktu, a także zintegrowane planowanie i realizację zadań w czasie rzeczywistym [Bieńkowski 2018, ss. 26–34].

Wdrażanie nowoczesnych metod gromadzenia i analityki danych pozwala przedsiębiorstwom efektywniej pozyskiwać dane na temat wykorzystania produktu oraz udoskonalać go, by lepiej odpowiadał rosnącym wymaganiom klientów.

## Digitalizacja modeli biznesowych i dostępu klienta

Digitalizacja produkcji i procesów z nią związanych pozwala na wdrażanie nowych modeli biznesowych, np. modeli znanych z e-biznesu. Przykładem popularnego modelu jest model „produkt jako usługa” (ang. *product as a service*). Pozwala on na redukcję kosztów inwestycyjnych, zastępując je operacyjnymi – abonamentem, leasingiem itp. Mamy z nim do czynienia np. wtedy, gdy firmy zamiast kupować roboty przemysłowe czy maszyny wynajmują je, zaś zamiast inwestować w drukarki 3D – korzystają z coraz szerzej dostępnych usług druku addytywnego [Siemens 2017].

Czwarta rewolucja przemysłowa wpływa również na sposób, w jaki produkty trafiają na rynek. Następuje przejście ze strategii *push* (czyli wypychania produktów na rynek) do strategii *pull* (ciągnięcia), w której produkt (wyrób lub usługa) zostaje wyprodukowany dopiero po złożeniu zamówienia przez klienta [Masel 2015]. W tym modelu finalni odbiorcy są silniej związani z producentami. Nawiązanie głębszych relacji z klientami dokonuje się dzięki analizie danych pochodzących z rynku. W konsekwencji możliwe stanie się wytwarzanie produktów szytych na miarę, a więc takich, które w pełni będą spełniać oczekiwania klienta [ASTOR 2016]. Wyroby i usługi mogą być również doskonalone i rozwijane na podstawie informacji otrzymanych od klien-

tów. Jeśli firma nie jest w stanie sprostać oczekiwaniom, wskazane jest nawiązywanie współpracy z partnerami zewnętrznymi lub wykorzystanie stworzonych do tego celu platform. Pomimo że dzielenie się wiedzą z innymi firmami często bywa bardzo trudne, w związku z wdrażaniem koncepcji Industy 4.0, może okazać się nieuniknione [PwC 2017].

## Smart Factory i kluczowe technologie a zarządzanie logistyczne

W świetle założeń niemieckiego rządu końcowym etapem Industy 4.0 ma być *Smart Factory*, czyli nowoczesna fabryka, w której inteligentne sieci łączą ze sobą: maszyny, procesy, systemy, a także wyroby, klientów i dostawców [Stadnicka, Zielecki, Sęp 2017, ss. 472–483]. Założeniem tej koncepcji jest myśl, że my, jako konsumenci, będziemy w stanie, z upływem czasu, zamawiać coraz szerszą gamę spersonalizowanych na nasze życzenie produktów. Będzie to możliwe dzięki w pełni zautomatyzowanym liniom produkcyjnym, które w wielu pokrewnych zakładach będą mogły komunikować się bezpośrednio między sobą i koordynować produkcję w wielu miejscach (miastach czy krajach) jednocześnie. Realizacja tej idei (ang. *mass customization*) jest, co prawda, odległa w czasie, jednak w dużym stopniu możliwa [Bujak 2017, ss. 1338–1344].

Do technologii tworzących *Smart Factory* zalicza się m.in:

- Przemysłowy Internet rzeczy, IIoT (ang. *Industrial Internet of Things*) – rozumiany jako ogół technologii umożliwiających podłączenie niemal każdego urządzenia do Internetu oraz zdalny dostęp i możliwość zarządzania nim z dowolnego miejsca posiadającego dostęp do Internetu [Boye, Hallaq, Cunningham, ss. 1–12, Maciejewski, Morawski 2016, ss. 141–153]. Przykładem aplikacji technologii IIoT są zintegrowane sieci monitorowania, które składają się z setek bezprzewodowych czujników. Ich wdrożenie jest szybsze, prostsze i tańsze w porównaniu do wdrożenia ich przewodowych odpowiedników [Iwański 2017].
- Systemy cyber-fizyczne, CPS (ang. *Cyber-Physical Systems*) – czyli zintegrowane systemy informacyjno-techniczne. Są to inteligentne i kompletne struktury, obejmujące maszyny, które w sposób autonomiczny podejmują decyzje i mają możliwość globalnej komunikacji z zespołami z całego świata. Warunkiem wejścia maszyny w skład systemów cyber-fizycznych jest jej wysoki stopień automatyzacji i informatyzacji, a także stosowanie zaawansowanych algorytmów z dziedziny sztucznej inteligencji [Kolberg, Zühlke 2015, ss. 1870–1875, Garetti, Fumagalli, Negri 2015, ss. 26–32].

- Chmury danych i Big Data – czyli struktury obliczeniowe oraz dyski sieciowe, które pozwalają zarządzać danymi w dowolnym miejscu i czasie. Przechowywanie i analiza dużej liczby danych (cechujących się dużą różnorodnością i złożonością) wymaga odpowiedniej infrastruktury. Wprowadzenie i stosowanie Big Data nie tylko redukuje koszty przechowywania danych, ale również pozwala menedżerom na dostęp do kluczowych analiz łączących wiele obszarów [Tabakow, Korczak, Franczyk 2014, ss. 138–153].
- Technologie addytywne, czyli przyrostowe (ang. *Additive Manufacturing*) – to swego rodzaju nowa rewolucja technologiczna w drukowaniu przestrzennym obiektu rzeczywistego, która bazuje na wirtualnej geometrii 3D, opracowanej w systemie komputerowym. Druk przestrzenny, czyli kształtowanie za pomocą dodawania materiału, możliwy jest dzięki metodom przyrostowym. Techniki przyrostowe (inaczej: addytywne) polegają na nakładaniu materiału budulcowego lub też łączeniu przygotowanych wcześniej materiałów [Sęp, Budzik 2015, ss. 169–172, Budzik, Magniszewski, Przeszlowski 2018, ss. 830–832].
- Cyberbezpieczeństwo (ang. *Cybersecurity*) – czyli bezpieczeństwo teleinformatyczne. Dynamiczny rozwój urządzeń z dostępem do Internetu oraz rozpowszechnienie przetwarzania i przekazywania danych powoduje, że konieczne staje się zastosowanie systemów zabezpieczających dane. Wdrażanie środków bezpieczeństwa w celu minimalizacji zagrożeń cybernetycznych zewnętrznych oraz wewnętrznych organizacji może być związane np. z ich kodowaniem.
- Technologie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, AR (ang. *virtual reality/ augmented reality*) – to technologie, które wspierają inżynierów i techników podczas ich pracy. Techniki rozszerzonej rzeczywistości mogą znaleźć swoje zastosowanie np. w szkoleniach pracowników produkcji, w planowaniu layoutu hali produkcyjnej, czy też efektywniejszej prezentacji parametrów maszyn [Szulewski 2016, ss. 574–578].
- Roboty współpracujące i roboty mobilne, AGV (ang. *collaborative robots, cobots and automated guided vehicles*) – to nowa generacja robotów. Roboty współpracujące mają funkcję współpracy z ludźmi bez konieczności stosowania wygradzeń ochronnych. Maszyny są łatwe we wdrażaniu (nie wymagają obsługi specjalistów do ich programowania). Z kolei roboty mobilne to autonomiczne pojazdy do zastosowań w intralogistyce zakładowej, które umożliwiają zastąpienie tradycyjnych przenośników (transporterów). Są łatwe do przebrojenia i programowania [Stadnicka, Antonelli 2016].
- Sztuczna inteligencja, AI (ang. *artificial intelligence*) – to zbiór technologii pozwalających na uczenie się maszyn, a także rozwiązywanie przez nie złożonych problemów [Siemens 2017].



- RFID (ang. *radio-frequency identification*) – są to systemy, które można uznać za część inteligentnej logistyki. Umożliwiają bezprzewodową identyfikację i lokalizację wszystkich materiałów w łańcuchu wartości [Stock, Seliger 2016, ss. 536–541].
- Interfejsy mobilne – to urządzenia przenośne, które zapewniają możliwość wglądu w informacje produkcyjne, sterowanie maszynami oraz systemami. Wykorzystywane są w nowoczesnym utrzymaniu ruchu [Siemens 2017].
- Geolokalizacja – czyli określanie położenia geograficznego z wykorzystaniem np. GPS lub adresu IP.

Wdrożenie oraz utrzymanie koncepcji i technologii związanych z Indusy 4.0 będzie wyzwaniem dla nowoczesnych inżynierów. Potrzebne im będą zarówno kompetencje z zakresu automatyki, jak i informatyki, gdyż w dzisiejszych czasach te dwie dziedziny w znacznym stopniu się przenikają [Oleksy, Budzik, Sanocka-Zajdel 2018, ss. 531–535]. W związku z powyższym, za konieczne należy uznać kształcenie wszechstronnych inżynierów – **ITmatyków** – którzy będą w stanie sprostać zadaniom powierzonym im w nowoczesnych fabrykach. Niezbędny jest zatem ciągły rozwój kompetencji, a także budowanie programów rozwoju kadry inżynierskiej [PwC 2017].

## Wnioski

Pomimo iż termin „Przemysł 4.0” funkcjonuje już od niemal siedmiu lat, jest on nadal dla wielu osób niejasny i istnieje wiele sposobów jego interpretacji. Koncepcji Indusy 4.0 nie można bowiem przypisać do jednej zmiany czy technologii w sposobach zarządzania produkcją. Jest to ogół zmian i technologii wpływających na każdą sferę życia.

Opisane powyżej zjawiska pozwalają obecnie na zmianę sposobu wytwarzania. Dają one możliwość produkcji elastycznej i wysoce spersonalizowanej, jednocześnie efektywnej pod względem ponoszonych kosztów. Przemysł 4.0 jest swego rodzaju elementem większego megatrendu, obejmującego nie tylko przemysł, ale wiele innych branż, w tym sektor finansowy czy logistyczny. Przedsiębiorstwa powoli przechodzą od fazy planowania, by skupić się na realizacji konkretnych projektów i inwestycji.

Raport koncernu Siemens wskazuje, że czynnikami, które w największym stopniu ograniczają wdrożenie innowacji w Polsce są: biurokracja, trudności z pozyskaniem kompetentnych pracowników, brak wsparcia ze strony organów publicznych, a także niekorzystne rozwiązania podatkowe i przepisy prawa [Siemens 2018].

Z kolei raport PwC, jako główne zagrożenia tej koncepcji, wymienia: pozyskanie właściwej technologii oraz konieczność zmiany kultury organizacyjnej i zdobycia nowych kompetencji. W koncepcji Indusy 4.0 rola człowieka zmienia się diametralnie.

Pracownicy, którzy dotychczas podejmowali kluczowe decyzje, będą jedynie nadzorować procesy. Ponadto, będą musieli zdobyć nowe umiejętności z zakresu zaprogramowania procesu, zdefiniowania procedur, by następnie przekazać całość inicjatywy maszynom. Zmiana ta może okazać się trudna z powodu różnic pokoleniowych osób w niej uczestniczących [PwC 2017].

Na zakończenie warto zaznaczyć, że obecnie uwaga najwyższego kierownictwa skupia się na wdrażaniu koncepcji zarządzania całym łańcuchami dostaw. Zakłada się bowiem, że zintegrowany oraz odpowiednio ukształtowany i zarządzany łańcuch dostaw jest silną bronią strategiczną, trudną do skopiowania i tym samym umożliwiającą uzyskanie długookresowej przewagi konkurencyjnej. Szczególnie istotne wydaje się doskonalenie takich obszarów zarządzania łańcuchem dostaw, jak: integracja i współpraca pomiędzy poszczególnymi ogniwami, wypracowanie optymalnych standardów zarządzania, zrównoważony rozwój, zarządzanie technologią oraz kompleksowa obsługa klienta [Zimon 2017, ss. 9–10]. Zdaniem autorów niniejszej publikacji stosowanie scharakteryzowanych w publikacji technologii oraz instrumentów może znacząco przyczynić się do doskonalenia zasygnalizowanych obszarów oraz realizacji przyjętych celów, nie tylko w podsystemie logistyki produkcji, ale również w całym łańcuchu dostaw. Pogląd ten jest coraz popularniejszy w literaturze przedmiotu i wielu autorów, np. M. Frankowska i K. Nowicka, E. Hofmann i M. Rüscher czy D. Zimon, sygnalizuje, że zarządzanie łańcuchem dostaw w celu osiągnięcia efektów synergicznych powinno być wspierane nowoczesnymi technologiami [Frankowska, Nowicka 2018, ss. 2–12, Hofmann, Rüscher 2017, ss. 23–34, Zimon 2013, ss. 20–30].

## Bibliografia

ASTOR (2016), *Przemysł 4.0. Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz? Raport ASTOR Whitepaper*, [online] [http://www.astor.com.pl/images/Industry\\_4-0\\_Przemysl\\_4-0/ASTOR\\_przemysl4\\_whitepaper.pdf](http://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_4-0/ASTOR_przemysl4_whitepaper.pdf), dostęp: 10.11.2018.

**Bieńkowski M.** (2018), *Innowacyjne rozwiązania dla Przemysłu 4.0*, „Automatyka”, nr 5. Boyes H., Hallaq B., Cunningham J. i in. (2018), *The Industrial Internet of Things (IIoT): An Analysis Framework*, „Computers in Industry”, Vol. 101.

**Budzik G., Magniszewski M., Przeszlowski Ł. i in.** (2018), *Torsional Strength Testing of Machine Elements Manufacture by Incremental Technology from Polymeric Materials*, „Polimery”, Vol. 63, No. 11–12.

**Bujak A.** (2017), *Rewolucja przemysłowa – 4.0 i jej wpływ na logistykę XXI wieku*, „Autobusy”, nr 6.

**Dalenogare L.S., Benitez G.B., Ayala N.F. i in.** (2018), *The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance*, „International Journal of Production Economics”, Vol. 204.

**Druszcz P.** (2017), *Digitalizacja produktów bankowych jako cel strategiczny uczestników polskiego sektora bankowego*, „Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny”, z. 1.

Eurostat (2018), *Employment by Sex, Age and Economic Activity*, [online] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lfs/data/database>, dostęp: 10.11.2018.

**Frankowska M., Nowicka K.** (2018), *Zarządzanie łańcuchem dostaw w dobie Smart Industry*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 3.

**Garetti M., Fumagalli L., Negri E.** (2015), *Role of Ontologies for CPS Implementation in Manufacturing*, „Management and Production Engineering Review”, Vol. 6, No. 4.

**Grabowska M.** (2018), *Innowacyjność w porządku prawnym Unii Europejskiej* [w:] K. Opolski, J. Górski (red.), *Innowacyjność polskiej gospodarki: wybrane aspekty*, Wydział Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

GUS (2017), *Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2016*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

**Hofmann E., Rüsç M.** (2017), *Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics*, „Computers in Industry”, No. 89.

**Ibarra D., Ganzarain J., Igartua J.I.** (2018), *Business Model Innovation through Industry 4.0: A Review*, „Procedia Manufacturing”, Vol. 22.

**Iwański T.** (2017), *Przemysł 4.0 i wszystko jasne*, [online] <https://www.astor.com.pl/industry4/>, dostęp: 15.11.2018.

**Kagermann H.** (2015), *Change through Digitization-Value Creation in the Age of the Industry 4.0* [in:] H. Albach et al. (eds.), *Management of Permanent Change*, Springer International Publishing, Berlin.

**Kolberg D., Zühlke D.** (2015), *Lean Automation Enabled by Industry 4.0 Technologies*, „IFAC- PapersOnLine”, Vol. 48, No. 3.

**Maciejewski M., Morawski P.** (2016), *Wykorzystanie koncepcji Internetu rzeczy w społeczeństwie informacyjnym*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. 17, z. 11, cz. 1.

**Masel M.** (2015), *System produkcji – PUSH czy PULL*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. 16, z. 3, cz. 2.

**Nosalska K., Mazurek G.** (2018), *Przemysł 4.0 a sektor chemiczny gospodarki*, „Przemysł Chemiczny”, nr 5(97).

**Oleksy M., Budzik G., Sanocka-Zajdel A. i in.** (2018), *Industry 4.0 Part I. Selected Applications in Processing of Polymer Materials*, „Polimery”, Vol. 63, No. 7–8.

**Olszewski M.** (2016), *Mechatronizacja produktu i produkcji – przemysł 4.0*, „Pomiary Automatyka Robotyka”, nr 3.

**Popkova E.G., Ragulina Y.V., Bogoviz A.V.** (2019), *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*, Springer International Publishing, Berlin.

PwC (2017), *Przemysł 4.0 czyli wyzwania współczesnej produkcji. Raport PwC*, [online] <https://www.pwc.pl/pl/pdf/przemysl-4-0-raport.pdf>, dostęp: 10.11.2018.

**Sęp J., Budzik G.** (2015), *Możliwości aplikacyjne technologii Rapid Manufacturing w przemyśle lotniczym*, „Mechanik”, nr 12.

Siemens (2017), *Od Industry 4.0 do Smart Factory. Poradnik menedżera i inżyniera*, Siemens, [online] <https://publikacje.siemens-info.com/pdf/76/Od%20Industry%204.0%20do%20Smart%20Factory.pdf>, dostęp: 10.11.2018.

Siemens (2018), *Smart Industry Polska 2018. Raport*, Siemens, [online] <https://publikacje.siemens-info.com/pdf/169/Raport%20Smart%20Industry%20Polska%202018.pdf>, dostęp: 10.11.2018.

**Stadnicka D., Antonelli D.** (2016), *Discussion on Lean Approach Implementation in a Collaborative Man-Robot Workstation*, Sixth International Conference on Business Sustainability Management, Technology and Learning for Individuals, Organisations and Society in Turbulent Environment, November 16–18, 2016, Povoá de Varzim, Portugal.

**Stadnicka D., Zielecki W., Sęp J.** (2017), *Koncepcja Przemysł 4.0 – ocena możliwości wdrożenia na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa* [w:] R. Knosali (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole.

**Stock T., Seliger G.** (2016), *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*, „Procedia CIRP”, Vol. 40.

**Szulewski P.** (2016), *Koncepcje automatyki przemysłowej w środowisku Industry 4.0*, „Mechanik”, nr 7.

**Tabakow M., Korczak J., Franczyk B.** (2014), *BIG DATA – definicje, wyzwania i technologie informatyczne*, „Informatyka Ekonomiczna”, nr 1(31).

**Vaidyaa S., Ambadb P., Bhoslec S.** (2018), *Industry 4.0 – A Glimpse*, „Procedia Manufacturing”, Vol. 20.

**Zhong R.Y., Xu X. Klotz E. i in.** (2017), *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*, „Engineering”, Vol. 3, No. 5.

**Zimon D.** (2013), *Zarządzanie jakością w logistyce*, CeDeWu, Warszawa.

**Zimon D.** (2017), *Znormalizowane systemy zarządzania a funkcjonowanie łańcuchów dostaw*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.