

KINGA NAWRACAJ-GRYGIEL  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Polska  
Cracow University of Economics, Poland

## Rozwiązania przemysłu 4.0 warunkiem dalszego rozwoju produkcji przemysłowej UE w świetle doświadczeń pandemii COVID-19

### Solutions of fourth industrial revolution as a condition for further development of industrial production in EU in the context of the COVID-19 pandemic

**Streszczenie:** Szybkie rozprzestrzenianie się wirusa SARS-CoV-2 wywołało w globalnej gospodarce negatywny skok popytowo-podażowy. Problemy, z którymi najczęściej borykały się przedsiębiorstwa, wynikały z niewielkiej elastyczności globalnych łańcuchów wartości w stosunku do zakłóceń popytu i podaży, ze znacznych opóźnień w realizacji zamówień eksportowych oraz z ograniczania aktywności gospodarczej. Pandemia uwypukliła słabości związane z geograficzną koncentracją produkcji niektórych dóbr oraz dywersyfikacją źródeł dostaw. Celem artykułu jest prezentacja głównych trudności towarzyszących produkcji przemysłowej gospodarek UE w krótkim okresie oraz związanych z nią wyzwań w dłuższej perspektywie, wraz z propozycją rozwiązań wynikających z czwartej rewolucji przemysłowej. W artykule przyjęto tezę, iż negatywne doświadczenia przedsiębiorstw przemysłowych będą stanowić motywację do wdrażania nowych technologii. Nie ma gwarancji powrotu do świata sprzed pandemii, dlatego transformacja cyfrowa jest nie tylko tymczasowym sposobem radzenia sobie z kryzysem, lecz także trwałym rozwiązaniem, pozwalającym na utrzymanie i budowanie konkurencyjności przemysłu UE.

**Abstract:** The spread of SARS-CoV-2 around the world has turned into an economic shock, affecting both the supply of goods and services, as well as the demand for consumption and investments. The challenges that enterprises most often faced were the low flexibility of global value chains to demand and supply disruptions, delays in completing exports orders and limitations in economic activity. The pandemic highlighted weaknesses related to the diversification of supply sources, as well as the concentration of production of certain goods. The aim of the paper is to present a summary of the main problems that affected the industrial production of European Union countries in short-term and the challenges for the European industry in long-term perspective, as well as solutions resulting from the fourth industrial revolution. The thesis adopted in this paper is that the experiences of enterprises related to the crisis caused by the pandemic will motivate them to implement new technologies. There is no guarantee that we will return to the pre-pandemic world. Therefore, transformation is not only a temporary means of coping with the crisis, but also a permanent solution for the development of EU industry.

**Słowa kluczowe:** COVID-19; digitalizacja; nowa normalność; przemysł 4.0; technologia  
**Keywords:** COVID-19; digitalisation; Industry 4.0; new normal; technology

Otrzymano: 18 grudnia 2021

Received: 18 December 2021

Zaakceptowano: 6 marca 2022

Accepted: 6 March 2022

**Sugerowana cytacja / Suggested citation:**

Nawracaj-Grygiel, K. (2022). Rozwiązania przemysłu 4.0 warunkiem dalszego rozwoju produkcji przemysłowej UE w świetle doświadczeń pandemii COVID-19. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 36(2), 66–77. doi: <https://doi.org/10.24917/20801653.362.4>

## WSTĘP

Kryzys wynikający z pandemii COVID-19 wywarł ogromny wpływ na gospodarkę Unii Europejskiej, wciąż jest jednak za wcześnie, by ocenić wszystkie jego skutki. Niemniej analiza danych statystycznych, raportów i komunikatów płynących ze strony Komisji Europejskiej czy Parlamentu Europejskiego, a także krytyczny przegląd literatury pozwalają stwierdzić, że pandemia trwale zmieni sposób funkcjonowania gospodarki światowej. Kryzys wypuklił szereg słabości dotyczących produkcji przemysłowej gospodarek UE, m.in. brak dywersyfikacji źródeł dostaw czy koncentrację geograficzną produkcji niektórych dóbr. Gospodarka światowa funkcjonuje jako system naczyń połączonych, wskutek czego pojawia się ryzyko problemów zaopatrzeniowych w przypadku trudności jakiegokolwiek globalnego ognia łańcuchów wartości. Naczynia te okazują się bowiem nie dość elastyczne w sytuacji zakłóceń podaży i popytu.

Na przełomie XX i XXI w. doszło do intensyfikacji rozwoju nowoczesnych technologii, której skala i tempo są tak znaczące, że badacze wskazują na początek kolejnej rewolucji przemysłowej. Jak pisze m.in. Kane, ważnym wyzwaniem czwartej rewolucji przemysłowej jest opracowanie jednej spójnej definicji tego zjawiska. W niniejszym artykule przyjęto, że przemysł 4.0 jest rozumiany jako czwarta rewolucja przemysłowa, czyli następny etap ewolucji społeczno-gospodarczej na świecie, który został wywołany przełomowymi osiągnięciami nauki i techniki (Nawracaj-Grygiel, Ulbrych, 2021). Zgodnie ze Światowym Forum Ekonomicznym istnieją trzy powody, dla których dzisiejsze przemiany stanowią nie tyle przedłużenie trzeciej rewolucji przemysłowej, ile nadejście czwartej. Są to: prędkość, zasięg i wpływ systemów cyberfizycznych. Prędkość dokonujących się zmian jest bezprecedensowa. W porównaniu z poprzednimi rewolucjami przemysłowymi mamy do czynienia ze zmianami zachodzącymi w tempie wykładniczym, a nie liniowym. Zakres i głębokość tych zmian zwiastują transformację całych systemów produkcji i zarządzania (Światowe Forum Ekonomiczne, 2016). Niespotykana wcześniej prędkość zmian wpływa nie tylko na organizację produkcji, lecz także na strukturę produkcji, zmiany popytu i zasady konkurencyjności firm (Dalenogare, Benitez, Ayala, Frank, 2018). Istotą przemysłu 4.0 jest tworzenie inteligentnych fabryk, czyli łańcuchów wartości opartych na systemach socjotechnicznych, które są dynamiczne, optymalizujące i samoorganizujące się. Bazują one na wirtualnych sieciach, które tworzą pracownicy, maszyny, urządzenia i systemy informatyczne. Zapewnia to wysoką elastyczność i efektywność produkcji, ponieważ sieć może zmieniać konfigurację w zależności od obranego celu i wpływających na nią czynników (Bendkowski, 2017).

Termin przemysł 4.0 pochodzi od niemieckiego określenia *Industrie 4.0*, oznaczającego niemiecką politykę przemysłową będącą odpowiedzią na wyzwania związane z czwartą rewolucją przemysłową (Bajczuk, Popławski, 2019). Badacze wskazują, że

osiągnięto punkt, w którym czynniki *push* – postęp technologiczny – oraz *pull* – wymagania przemysłu – działają jako siła napędowa nowej rewolucji (Gu, Yang, 2021).

Kluczowymi cechami czwartej rewolucji przemysłowej są (Agencja Rozwoju Przemysłu, 2018):

- automatyka i robotyka,
- digitalizacja,
- sensory,
- komunikacja w czasie rzeczywistym,
- sztuczna inteligencja,
- cyberbezpieczeństwo,
- popyt na talenty w organizacji.

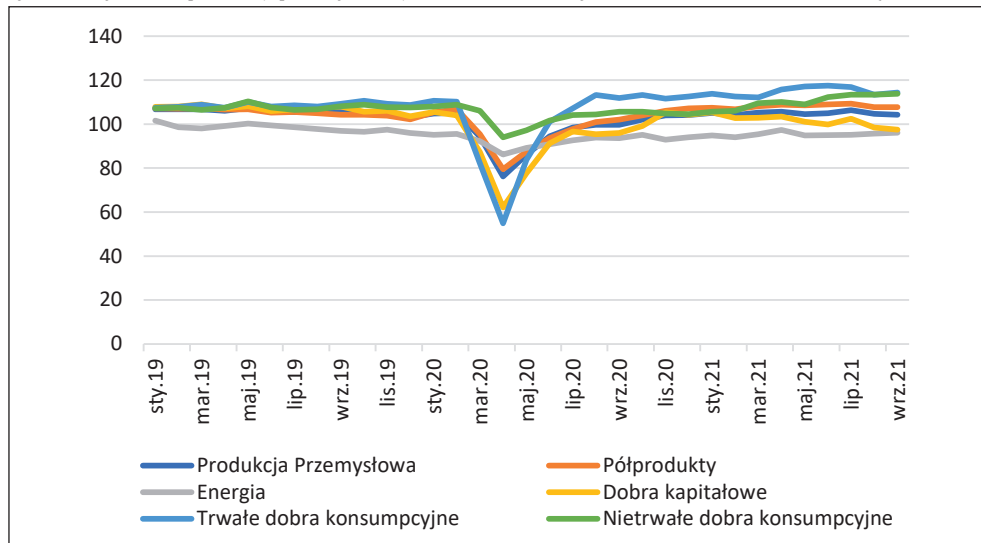
To właśnie rozwiązania, które niesie ze sobą przemysł 4.0, mogą stanowić odpowiedź na nowe wyzwania związane z rozprzestrzenianiem się wirusa SARS-CoV-2. Wskazuje się, że w kontekście rozwoju przemysłu pandemia może stanowić pozytywny bodziec i przyspieszyć reindustrializację, zwłaszcza w gospodarkach rozwiniętych.

Celem artykułu jest prezentacja głównych problemów towarzyszących produkcji przemysłowej gospodarek UE w krótkim czasie oraz identyfikacji wyzwań w dłuższej perspektywie, wraz z propozycją rozwiązań wynikających z czwartej rewolucji przemysłowej. W artykule przyjęto tezę, iż doświadczenia przedsiębiorstw związane z kryzysem spowodowanym przez pandemię będą stanowić motywację do wdrażania technologii przemysłu 4.0. W pracy wykorzystano metodę krytycznej analizy literatury przedmiotu oraz elementy statystyki opisowej. Część empiryczna opiera się na wynikach badań przeprowadzonych przez Komisję Europejską, Instytut Bergera, Polski Instytut Ekonomiczny, Agencję Rozwoju Przemysłu oraz na danych statystycznych pochodzących z Eurostatu i bazy UNCTAD.

## WPŁYW PANDEMII COVID-19 NA PRODUKCJĘ PRZEMYSŁOWĄ UE

Bezprecedensowe decyzje polityczne podejmowane w celu ograniczania pandemii wpłynęły negatywnie na produkcję przemysłową w krajach Unii Europejskiej. Bezpośrednie konsekwencje spowodowane wybuchem kryzysu sanitarno-medycznego można podzielić na dwa etapy. W początkowej fazie, głównie w lutym i marcu 2020 r., została zatrzymana produkcja w Chinach, co spowodowało problemy z podażą surowców i półproduktów, pojawiły się również znaczne opóźnienia w realizacji zamówień eksportowych. W drugiej fazie, od września 2020 r., podaż i popyt w globalnych łańcuchach wartości były silnie ograniczane przez szybkie rozprzestrzenianie się wirusa na całym świecie. COVID-19 spowodował zamknięcie zakładów w głównych krajach produkcyjnych, zatrzymanie ruchu powietrznego i ograniczenie działalności zewnętrznej. Łańcuch dostaw produkcyjnych niektórych produktów został przerwany, np. w przemyśle samochodowym, elektronicznym i farmaceutycznym. Popyt rynkowy wykazywał dużą niepewność, nie mógł być też zaspokojony z powodu komplikacji logistycznych. Na rycinie 1 przedstawiono, jak kształtował się poziom produkcji przemysłowej UE w okresie od stycznia 2019 r. do września 2021 r. (zgodnie z bazą danych Eurostatu rok 2015 uznano za rok bazowy). Na produkcję przemysłową – przy założeniach NACE – składa się pięć głównych kategorii: energia, trwałe dobra konsumpcyjne, nietrwałe dobra konsumpcyjne, dobra kapitałowe oraz półprodukty.

Rycina 1. Dynamika produkcji przemysłowej UE-27 w okresie styczeń 2019 r. – wrzesień 2021 r. (2015 = 100)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu

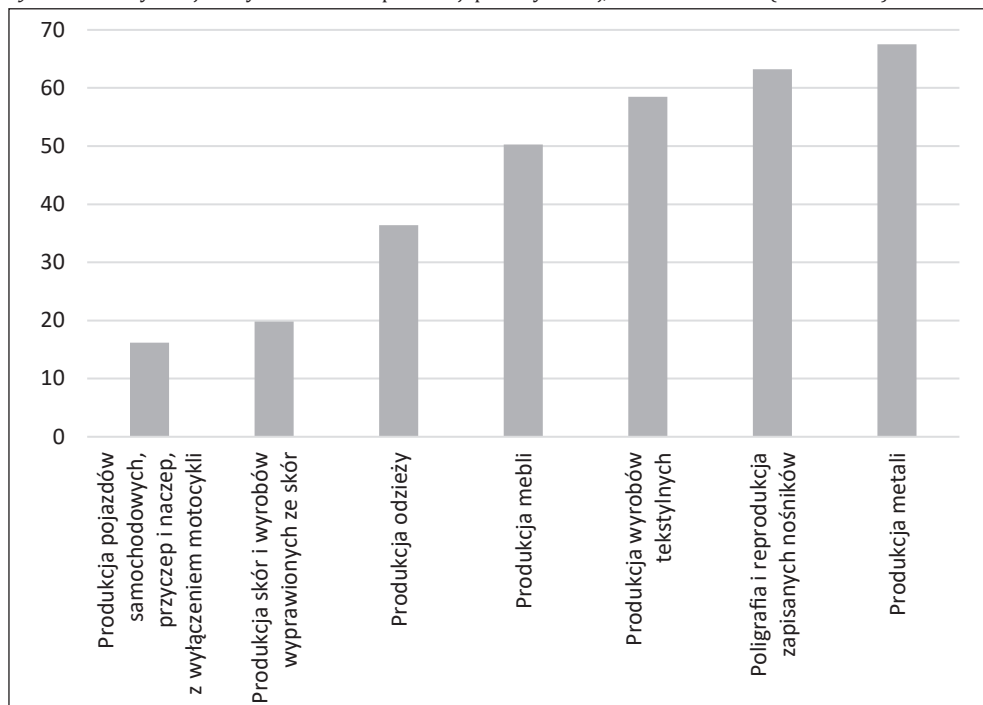
Dla krajów UE kulminacyjnym miesiącem był kwiecień 2020 r., kiedy to indeks produkcji przemysłowej zmniejszył się o ponad 20% w stosunku do wyniku z 2015 r. (Eurostat, 2021). Najbardziej drastyczny spadek odnotowano w kategorii trwałych dóbr konsumpcyjnych – wskaźnik produkcji wyniósł 54,9% w stosunku do roku 2015. Na drugim miejscu znalazły się dobra kapitałowe (62,1%). Kryzys był najmniej odczuwalny w kategorii nietrwałych dóbr konsumpcyjnych, gdzie spadek wskaźnika produkcji wyniósł tylko 6%. Parlament Europejski wskazuje, że po znacznym spadku realnego PKB w 2020 r. w roku 2021 nastąpił powolny wzrost, a w połowie kolejnego roku można spodziewać się powrotu do poziomu sprzed kryzysu. Jednakże istnieją znaczące różnice między wynikami poszczególnych gałęzi. Duża część przemysłu cyfrowego, związanego z wysokimi technologiami, była odporna na kryzys, podobnie jak produkcja związana z ochroną zdrowia (Parlament Europejski, 2021).

Na rycinach 2 i 3 przedstawiono działy produkcji przemysłowej, które zanotowały najniższy poziom wzrostu, oraz te, w których wskaźnik produkcji przemysłowej w kwietniu 2020 r. był najwyższy.

Dział, w którym odnotowano największe trudności związane z kryzysem, to produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep. Wynika to przede wszystkim z faktu, że pandemia rozpoczęła się w globalnym centrum produkcyjnym – Azji Wschodniej. Ponadto na opisywany spadek miały wpływ liczne zakłócenia w łańcuchach dostaw (Stojczew, 2021). Niski wskaźnik produkcji dotyczył także produkcji skór i wyrobów pochodnych – odzieży i tekstyliów. Podobnie jak w przypadku motoryzacji jest to związane z lokalizacją produkcji w Azji.

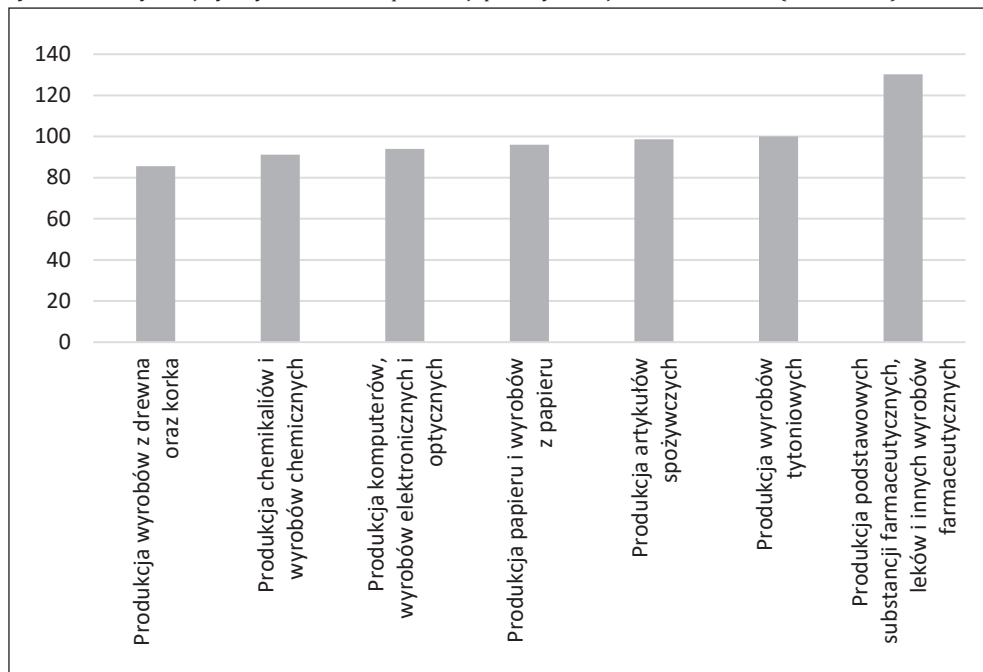
Wśród działów o najwyższym wskaźniku produkcji przemysłowej, które zaprezentowano na rycinie 3, tylko dwa nie odnotowały spadku w kwietniu 2020 r. Są to: produkcja podstawowych substancji farmaceutycznych, leków i innych wyrobów farmaceutycznych (30,3%), a także produkcja wyrobów tytoniowych (0,1%). W pozostałych działach wskaźnik produkcji był ujemny.

Rycina 2. Działy o najniższym wskaźniku produkcji przemysłowej, kwiecień 2020 r. (2015 = 100)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu

Rycina 3. Działy o najwyższym wskaźniku produkcji przemysłowej, kwiecień 2020 r. (2015 = 100)

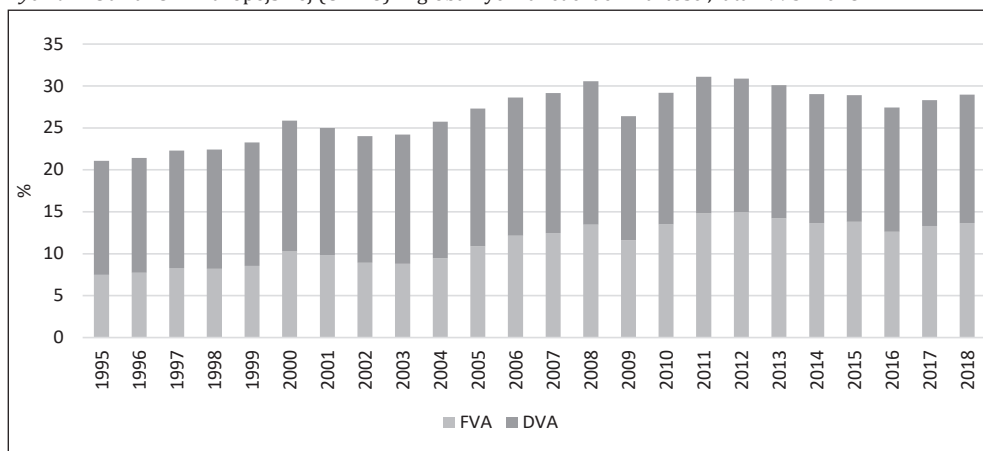


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu

Kraje UE są silnie powiązane w ramach rynku wewnętrznego, ale także w ramach gospodarki globalnej. Wskaźnik uczestnictwa UE w globalnych łańcuchach wartości oblicza się jako sumę indeksu partycypacji wstecznej (*foreign value added in exports*) i przedniej (*domestic value added in exports*), to jest odpowiednio udziału zagranicznej wartości dodanej w eksporcie brutto oraz udziału krajowej wartości dodanej w eksporcie brutto. Indeks udziału UE w globalnych łańcuchach wartości przedstawiono na rycinie 4.

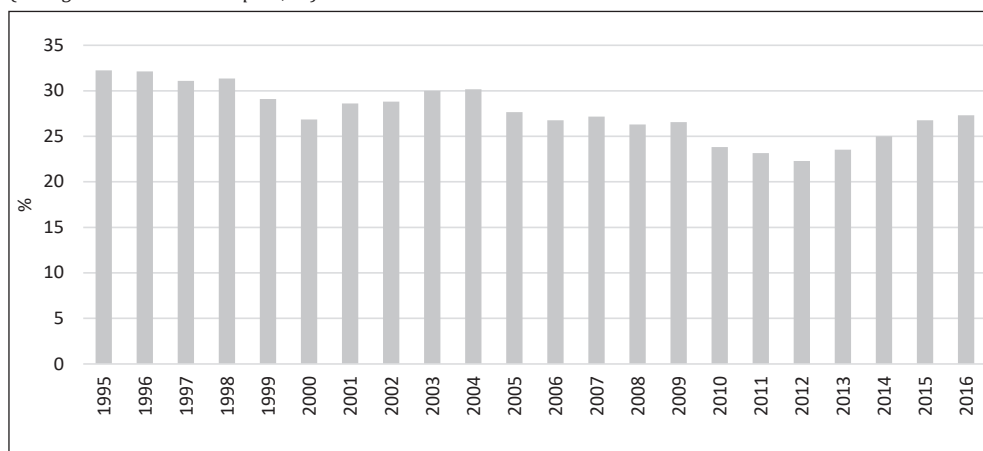
W badanym okresie można zauważyć rosnącą rolę partycypacji, zarówno wstecznej, (FVA), jak i przedniej (DVA). Im wyższy poziom wskaźnika FVA, tym wyższy poziom importochłonności przemysłu. Oznacza to rosnącą zależność realizacji eksportu krajów członkowskich Unii Europejskiej od dóbr pośrednich produkowanych poza UE. Znaczący poziom takiej zależności można zauważyć w stosunku do krajów Azji Wschodniej i Azji Południowo-Wschodniej (szczegółowo zaprezentowano to na rycinie 5).

Rycina 4. Udział Unii Europejskiej (UE-28) w globalnych łańcuchach wartości, lata 1995–2018



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych UNCTAD-Eora Global Value Chain Database

Rycina 5. Udział wartości dodanej krajów Azji Wschodniej i Azji Południowo-Wschodniej w eksporcie UE-28 (*Foreign value added in export, %*)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych UNCTAD-Eora Global Value Chain Database

Od roku 2007 można zaobserwować rosnący trend dotyczący udziału wartości dodanej pochodzącej z krajów Azji Wschodniej i Azji Południowo-Wschodniej w eksporcie krajów UE-28, który załamał się w okresie globalnego kryzysu finansowego. Ryzyko płynące z tej zależności oraz trudności związane z organizacją transportu, w szczególności morskiego, wpłynęły na znaczne opóźnienia w realizacji produkcji, a także oddziaływały negatywnie na wskaźniki produkcji przemysłowej w UE oraz na wartość podstawowych wskaźników makroekonomicznych, takich jak PKB.

## WYZWANIA DLA PRODUKCJI PRZEMYSŁOWEJ UE W KONTEKŚCIE PANDEMII COVID-19

Trudności, które dotknęły i wciąż dotyczą produkcję przemysłową, doprowadziły do rozpoczęcia debaty na temat długofalowych wyzwań dla europejskiego przemysłu.

Wybuch pandemii COVID-19 uwypuklił słabości globalnych łańcuchów wartości – duży wpływ miała na nie geograficzna dywersyfikacja zakładów produkcyjnych i dostawców. Globalne łańcuchy wartości okazały się nieelastyczne w obliczu zakłóceń popytu i podaży oraz narastających problemów z transportem morskim (Polski Instytut Ekonomiczny, 2021). Wobec tego podkreśla się pilną potrzebę ustanowienia przez wiodące firmy skutecznych systemów monitorowania i należytej staranności w odniesieniu do łańcuchów dostaw oraz zwiększenie zapasów w celu złagodzenia krótkoterminowych przerw w dostawach. Obecnie terminowa produkcja krytycznych produktów jest ważniejsza niż kiedykolwiek (UNCTAD, 2021).

Analiza raportów dotyczących wpływu pandemii COVID-19 na produkcję przemysłową, opublikowanych przez UNCTAD oraz Komisję Europejską, pozwala na wskazanie obszarów, które będą stanowiły największe wyzwanie dla przemysłu w kontekście uczestnictwa w globalnych łańcuchach wartości. Pierwszym z nich jest regionalizacja łańcuchów wartości – wzmocnienie regionalnych łańcuchów powinno stanowić priorytet, aby zdywersyfikować ryzyko, zmniejszyć podatność, zwiększyć odporność i wspierać rozwój przemysłu. Poprzez identyfikowanie i utrzymywanie powiązań poziomych i pionowych porozumienia regionalne mogą zapewnić współpracę małych firm, co z kolei zmniejszy koszty transakcji i umożliwi czerpanie korzyści z ekonomii skali.

Ponadto wskazuje się na konieczność dywersyfikacji, a także na powrót części produkcji do Europy – zachowanie konkurencyjności międzynarodowej będzie nadal powiązane z poleganiem na globalnych łańcuchach wartości, których słabości ujawnił kryzys. Należy je wzmacniać poprzez dywersyfikację, która jest bardziej efektywna niż trendy *reshoringu* czy *onshoringu*. Należy bowiem wziąć pod uwagę ograniczoną stabilność klimatu inwestycyjnego w krajach sąsiadujących z UE oraz niechęć do lokowania strategicznych inwestycji w tych krajach.

Trzeci obszar to wzmacnianie strategicznych łańcuchów wartości – wybuch pandemii skłonił UE do zidentyfikowania słabych punktów europejskiego systemu przemysłowego, a w szczególności jego zależności od państw trzecich w zakresie niektórych strategicznych produktów. W konsekwencji przywódcy UE podkreślają potrzebę zapewnienia otwartej autonomii strategicznej, rozumianej jako potrzeba produkcji towarów o znaczeniu krytycznym w UE, inwestowania w strategiczne łańcuchy wartości oraz zmniejszenia nadmiernej zależności od państw trzecich (Parlament Europejski, 2021).

The Strategic Forum on Important Projects of Common European Interest (IP-CEI) wskazało na trzy cechy charakterystyczne strategicznych łańcuchów wartości:

innowacyjność technologiczna, potencjał gospodarczy, rynkowy i społeczny oraz znaczenie polityczne. Dla UE są to (IPCEI, 2021):

- pojazdy ekologiczne, połączone i autonomiczne,
- przemysł o niskiej emisji CO<sub>2</sub>,
- inteligentne zdrowie,
- technologie i systemy wodorowe,
- przemysłowy internet rzeczy (IoT),
- bezpieczeństwo cybernetyczne,
- baterie,
- mikroelektronika,
- obliczenia o wysokiej wydajności.

Istotną rolę w pokonywaniu wyzwań odgrywa aktywna polityka przemysłowa o silnym wymiarze społecznym. Rządy potrzebują firm, które będą wdrażały w społeczeństwie ich decyzje inwestycyjne. Aby im to ułatwić, należy wprowadzić wyraźne ramy regulacyjne i zarządcze – nie można więc polegać wyłącznie na społecznej odpowiedzialności biznesu. Poza tym regulacje i pakiety pomocowe są szczególnie ważne w dobie kryzysu. W perspektywie długofalowej mają one zwiększać konkurencyjność przemysłu UE poprzez inwestycje w badania i rozwój, cyfrowe umiejętności, a także wspieranie strategicznych łańcuchów wartości.

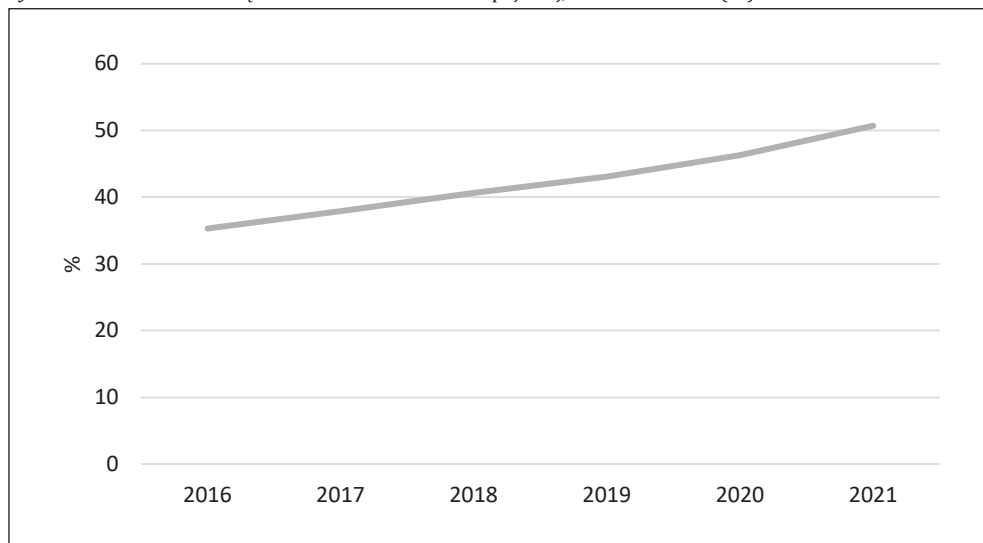
## ROZWIĄZANIA PRZEMYSŁU 4.0 DLA ROZWOJU PRODUKCJI PRZEMYSŁOWEJ UE

W 2020 r. cyfryzacja przemysłu przeszła największy do tej pory test. Duże znaczenie rozwiązań płynących z czwartej rewolucji przemysłowej zostało dostrzeżone przez sektor zarówno prywatny, jak i publiczny. Zielona i Cyfrowa Transformacja stanowi bowiem myśl przewodnią Nowej Strategii Przemysłowej (Komisja Europejska, 2020). Strategii, która kładzie podwaliny pod politykę przemysłową, ukierunkowaną na zwiększanie konkurencyjności przemysłu UE na świecie i wzmacnianie strategicznej autonomii Europy. Wdrażane w krajach członkowskich Krajowe Plany Odbudowy, mające na celu wsparcie gospodarek w wyniku negatywnego wpływu pandemii, są oparte na rozwiązaniach wpisujących się w czwartą rewolucję przemysłową. Co najmniej 37% pozyskanych z w ten sposób środków będzie musiało być przeznaczone na inwestycje ekologiczne, a 20% – na inwestycje cyfrowe. Korzyści płynące z wdrożenia rozwiązań przemysłu 4.0 są poniekąd odpowiedzią na zidentyfikowane, długoterminowe wyzwania stojące przed europejskim przemysłem. Wpływają one bowiem na wzrost elastyczności produkcji, wzrost efektywności produkcji, zapewnienie wysokiego poziomu widoczności na wszystkich poziomach organizacji, a także spadek znaczenia przewag kosztowych (Adamik, 2019).

Transformacja cyfrowa to jeden ze strategicznych celów UE, który został zdefiniowany m.in. w nowej strategii przemysłowej na rzecz zielonej i cyfrowej Europy. Poziom zaawansowania cyfrowego państw Unii Europejskiej jest cyklicznie badany przez Komisję Europejską. W tym celu opracowano syntetyczny Indeks Gospodarki Cyfrowej i Społeczeństwa Cyfrowego – DESI. Obejmuje on 34 wskaźniki odnoszące się do pięciu głównych obszarów: łączności, kapitału ludzkiego, korzystania z usług internetowych, integracji technologii cyfrowej, cyfrowych usług publicznych. Każdemu z nich przyznaje się od 1 do 10 punktów, a na podstawie wyników dla poszczególnych wskaźników obliczany jest ostateczny wynik.



Rycina 6. Kształtowanie się indeksu DESI w Unii Europejskiej, lata 2016–2021 (%)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych DESI Index

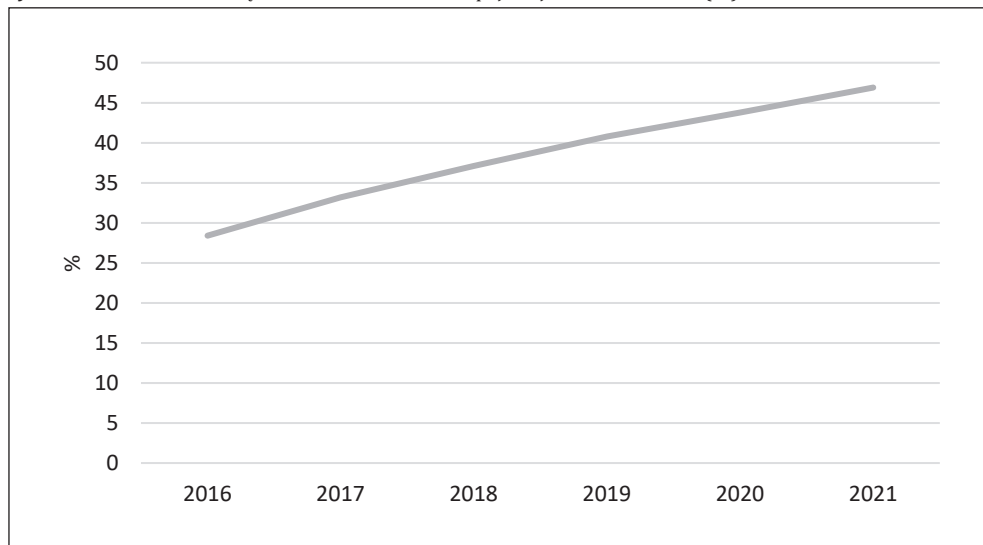
Na rycinie 6 zaprezentowano kształtowanie się poziomu zaawansowania cyfrowego Unii Europejskiej, który od 2016 r. sukcesywnie wzrasta. W 2021 r. osiągnął wynik 50,2%, co stanowiło największy do tej pory wzrost (o 9 punktów procentowych w stosunku do roku poprzedniego).

W wymiarze monitorowania transformacji cyfrowej przedsiębiorstw został opracowany Digital Intensity Indeks (DII) – wskaźnik pozwalający na zmierzenie wykorzystania różnych technologii cyfrowych przez przedsiębiorstwa. Jego wynik jest określany na podstawie tego, ile spośród 12 zidentyfikowanych technologii cyfrowych wykorzystują przedsiębiorstwa. Im wyższy wynik, tym wyższa intensywność cyfrowa. DII wyróżnia cztery poziomy intensywności cyfrowej przedsiębiorstw: 0–3 punkty oznaczają bardzo niski poziom intensywności cyfrowej, 4–6 punktów – niski, 7–9 punktów – wysoki, 10–12 punktów – bardzo wysoki. Determinanty DII to (Eurostat, 2021):

- ponad 50% zatrudnionych osób mających dostęp do internetu w celach biznesowych,
- zatrudnienie specjalistów ICT,
- szybkie łącze szerokopasmowe (30 mb/s lub więcej),
- zaopatrzenie ponad 20% zatrudnionych osób w urządzenie przenośne, umożliwiające mobilny dostęp do internetu,
- posiadanie strony internetowej,
- strona internetowa wyposażona w zaawansowane funkcjonalności (przynajmniej jedną z następujących: opis towarów lub usług, cenniki, możliwość dostosowania lub projektowania towarów lub usług online przez odwiedzających, śledzenie lub status złożonych zamówień, spersonalizowane treści na stronie dla stałych/powracających użytkowników),
- wykorzystanie druku 3D,
- kupowanie średniowysokich usług przetwarzania w chmurze,
- wysyłanie faktur nadających się do automatycznego przetwarzania,
- wykorzystanie robotów przemysłowych lub usługowych,

- sprzedaż e-commerce stanowiąca co najmniej 1% całkowitego obrotu,
- analizowanie dużych zbiorów danych wewnątrznie (z dowolnego źródła danych) lub zewnątrznie.

Rycina 7. Kształtowanie się indeksu DII w Unii Europejskiej, lata 2016–2021 (%)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych DESI Index

Zgodnie z Eurostatem tylko 9% dużych przedsiębiorstw w UE miało bardzo wysoki wskaźnik DII, a 42% z nich wykazało wysoki poziom intensywności cyfrowej. W przypadku średnich i małych przedsiębiorstw odpowiednio 57% i 46% z nich zanotowało niski poziom intensywności cyfrowej. Dane te pozwalają na wysnucie wniosku, że rosnący poziom zaawansowania cyfrowego europejskiego sektora prywatnego – 46,9% w 2021 r. – wynika głównie z transformacji dużych przedsiębiorstw (Komisja Europejska, 2021).

Rola przemysłu 4.0 w kształtowaniu popandemicznej rzeczywistości została zauważona także przez sektor prywatny. Z badania przeprowadzonego przez Instytut Bergera w 2020 r., którego przedmiotem były małe i średnie przedsiębiorstwa Niemiec, wynika, że 70% respondentów zamierza zwiększyć inwestycje w obszarze cyfryzacji w ciągu najbliższych dwóch lat i przeznaczyć średnio 20–30% całkowitego budżetu inwestycyjnego właśnie na cyfryzację. Główne powody stosowania nowych technologii to chęć usprawnienia procesów (64%) oraz redukcji kosztów (44%; Roland Berger, 2020).

Wydaje się, że doświadczenia pandemii wywołają trwałe zmiany w organizacji globalnych łańcuchów wartości. Nie ma bowiem gwarancji powrotu do świata sprzed pandemii. Transformacja cyfrowa jest więc nie tylko tymczasowym sposobem radzenia sobie z kryzysem, lecz także trwałym rozwiązaniem pozwalającym na rozwój przemysłu UE. Liderzy branży wykorzystują technologie charakterystyczne dla przemysłu 4.0, aby zwiększyć poziom widoczności na wszystkich etapach łańcucha dostaw, a także programy do szybkiej automatyzacji, które mają zapobiegać powstawaniu niedoborów pracowników (LemagIT, 2021).

Rozwiązania związane z czwartą rewolucją przemysłową umożliwiają firmom prowadzenie elastycznych procesów produkcyjnych i analizowanie dużych ilości danych

w czasie rzeczywistym, poprawiając tym samym strategiczne i operacyjne podejmowanie decyzji. Wpływają one pozytywnie na integrację pionową, poziomą oraz inżynierię *end-to-end* (Dalenogare i in., 2018). Integracja pionowa odnosi się do integracji systemów teleinformatycznych na różnych poziomach hierarchicznych organizacji. Z kolei integracja pozioma polega na współpracy między przedsiębiorstwami w łańcuchu dostaw, z wymianą zasobów i informacji w czasie rzeczywistym. Inżynieria *end-to-end* to integracja inżynierii w całym łańcuchu wartości produktu, począwszy od jego rozwoju aż po obsługę posprzedażową (Kagermann i in., 2013, Brettel i in., 2014). Technologie opracowane w ramach przemysłu 4.0 mogą stanowić niejako odpowiedź na strategiczne cele operacyjne przedsiębiorstw w kontekście obecnego kryzysu. Ponadto pozwalają one na uzyskanie kluczowej przewagi, niezwykle istotnej w turbulentnym i dynamicznym otoczeniu, w jakim funkcjonują przedsiębiorstwa. Z obserwacji obecnego kryzysu wynika, że jednym z głównych mankamentów jest brak widoczności w czasie rzeczywistym (Pisz, 2021).

## PODSUMOWANIE

Kryzys wywołany przez pandemię COVID-19 ujawnił liczne słabości w organizacji produkcji przemysłowej UE. Konsekwencje związane z ograniczeniem, a nawet częściowym zatrzymaniem produkcji na kontynencie azjatyckim, a następnie, wraz z rozprzestrzenieniem się wirusa w pozostałych częściach świata, bezprecedensowy lockdown i ograniczenia w funkcjonowaniu przedsiębiorstw rozpoczęły debatę na temat tego, jak zmniejszać ryzyko drastycznego spadku produkcji i zapewnić stabilny rozwój przetwórstwa krajów członkowskich UE. Podkreśla się więc konieczność dywersyfikacji źródeł dostaw, budowania strategicznych łańcuchów wartości, łańcuchów o bardziej regionalnym charakterze, a także powrót części produkcji przemysłowej do Europy.

Analizując badania dotyczące pierwszej reakcji na kryzys przez przedsiębiorstwa, a także komunikaty płynące z instytucji europejskich oraz opracowywane raporty, można zauważyć, że wdrażanie rozwiązań płynących z czwartej rewolucji przemysłowej jest zadaniem niezwykle istotnym. Rozwiązania te postrzegane są bowiem jako kluczowe dla wsparcia efektywności i odporności produkcji przez sektor prywatny. Zauważyć można również strategiczną rolę digitalizacji w założeniach Nowej Strategii Przemysłowej UE, co potwierdzają rosnące wartości indeksu DESI dla UE.

## Literatura

### References

- Adamik, A. (2019). Creating a Competitive Advantage in the Age of Industry 4.0. *Problemy Zarządzania*, 17, 2, 13–31. doi: <https://doi.org/10.7172/1644-9584.82.1>
- Bajczak, R., Popławski, K. (2019). *Industry 4.0, Germany's New Industrial Policy*. Warszawa: Ośrodek Studiów Wschodnich
- Bendkowski, J. (2017). Zmiany w pracy produkcyjnej w perspektywie koncepcji „Przemysł 4.0”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Organizacja i Zarządzanie*, 112, 21–33.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8, 37–44.
- Dalenogare, L., Ayala, N.F., Benitez, G.B., Frank, A.G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>

- Eurostat, (2021, 14 listopada). Production in industry – monthly data. Pozyskano z [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=sts\\_inpr\\_m&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=sts_inpr_m&lang=en)
- Gu, S., Yang F. (2021). Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, 7, 1331–1325.
- Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*.
- Kane, G.C., Palmer, D., Phillips, A., Kiron D., Buckley, N. (2018). Coming of Age Digitally. *MIT Sloan Management Review and Deloitte Insights*, 59, 1–10.
- Komisja Europejska. (2021, 19 listopada). DESI Index. Pozyskano z <https://digital-agenda-data.eu/datasets/desi/visualizations>
- Komisja Europejska. (2020). *A New Industrial Strategy for Europe*. Bruksela
- Komisja Europejska. (2021, 5 marca). *How digitalized are EU's enterprises?* Pozyskano z <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20211029-1>
- Delévacque, G. (2021, 20 listopada). Covid-19 les solutions de l'industrie 40 pour mieux rebondir. Pozyskano z <https://www.lemagit.fr/tribune/Covid-19-les-solutions-de-lindustrie-40-pour-mieux-rebondir>
- Michałowski, B., Jerzynowski, M., Pacek, P. (2018). *Szanse i Wyzwania polskiego Przemysłu 4.0*. Warszawa: Agencja Rozwoju Przemysłu.
- Montanino, A., Del Giovane, C., Carriero, A. (2021). *Strategic Value Chains Towards a Resilient and Sustainable Post-Pandemic Recovery*. Brussels: Centre for European Policy Studies.
- Nawracaj-Grygiel, K., Ulbrych, M. (2021). Gotowość polskiego sektora przemysłowego do wdrożenia Przemysłu 4.0. W: J. Bukowska, M. Lament (red.), *Gospodarka XXI wieku. Wyzwania sektorowe*. Warszawa: CeDeWu, 309–325.
- Pisz, I. (2021). Impact COVID-19 pandemic on implementation Industry 4.0 in enterprises and supply chains. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 150, 183–198. doi: <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2021.150.14>
- Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies, (2021). *Impacts of COVID-19 pandemic on EU industries*. Parlament Europejski.
- Policy Department for External Relations. (2021). *Post Covid-19 value chains: options for reshoring production back to Europe in a globalised economy*. Parlament Europejski.
- Polski Instytut Ekonomiczny. (2021). *Globalizacja w czasie pandemii*. Warszawa.
- Roland Berger Institute. (2021, 19 listopada). Industry 4.0 The-importance of an overarching digitalization strategy. Pozyskano z <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Industry-4.0-The-importance-of-an-overarching-digitalization-strategy.html>
- Światowe Forum Ekonomiczne. (2022, 5 marca). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Pozyskano z <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

**Kinga Nawracaj-Grygiel**, mgr, doktorantka na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie, w Katedrze Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych. Jej zainteresowania naukowe skupiają się wokół polityki przemysłowej i konkurencyjności gospodarek.

**Kinga Nawracaj-Grygiel**, MSc, PhD student, Cracow University of Economics, Department of International Economics. The author's research interests focus on the industrial policy and competitiveness of economies.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6547-6101>

#### Adres/Address:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie  
ul. Rakowicka 27  
31-510 Kraków  
e-mail: [kinga.nawracaj@gmail.com](mailto:kinga.nawracaj@gmail.com)