

Ekonomia

Total Logistic Management

Logistyka i łańcuchy dostaw 4.0

Maciej Bielecki



Total Logistic Management

Logistyka i łańcuchy dostaw 4.0



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

Ekonomia

Total Logistic Management

Logistyka i łańcuchy dostaw 4.0

Maciej Bielecki



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

Łódź 2022

Maciej Bielecki (ORCID: 0000-0001-6550-3512) – Uniwersytet Łódzki
Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Instytut Logistyki i Informatyki
Katedra Logistyki i Innowacji
90-214 Łódź, ul. Rewolucji 1905 r. nr 37

RECENZENCI

Joachim Fołtys, Andrzej Szymonik

REDAKTOR INICJUJĄCY

Beata Koźniewska

OPRACOWANIE REDAKCYJNE

Magdalena Czarnecka

SKŁAD I ŁAMANIE

AGENT PR

KOREKTA TECHNICZNA

Wojciech Grzegorzczak

PROJEKT OKŁADKI

Agencja Reklamowa efectoro.pl

Zdjęcie wykorzystane na okładce: © Depositphotos.com/welcomia

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND)

© Copyright by Maciej Bielecki, Łódź 2022

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2022

<https://doi.org/10.18778/8220-954-9>

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.10762.22.0.M

Ark. wyd. 10,0; ark. druk. 10,0

ISBN 978-83-8220-954-9

e-ISBN 978-83-8220-955-6

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-237 Łódź, ul. Matejki 34A

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl

tel. 42 635 55 77

Spis treści

Wykaz akronimów	7
Wstęp	11
Rozdział 1	
Wyzwania stojące przed logistyką i łańcuchami dostaw na początku XXI wieku	15
1.1. Zrównoważony rozwój i gospodarka cyrkularna	16
1.2. Przemysł 4.0 – <i>Industry 4.0</i>	25
1.3. Zakłócenia w logistyce i łańcuchach dostaw	36
1.4. Scenariusze rozwoju gospodarczego, logistyki i łańcuchów dostaw	49
Rozdział 2	
Wybrane koncepcje logistyczne na tle wyzwań stojących przed logistyką i łańcuchami dostaw	67
2.1. Szczupła, zwinna, szczupło-zwinna logistyka/łańcuchy dostaw	74
2.2. Zielona logistyka/łańcuchy dostaw	89
2.3. Sprężysta i odporna logistyka/łańcuchy dostaw	102
2.4. Kompleksowe zarządzanie logistyką – <i>Total Logistics Management</i>	117
2.5. Logistyka/łańcuchy dostaw 4.0 (L&SC 4.0)	124
Podsumowanie	145
Bibliografia	147
Spis rysunków	157
Spis tabel	159

Wykaz akronimów

3D-p	– <i>3D-Printing</i> – druk 3D
3PL	– <i>Third Party Logistics</i> – logistyka firm trzecich
4PL	– <i>Fourth Party Logistics</i> – logistyka firm czwartych
4R	– <i>Reduce, Reuse, Recycle, Recover</i> – redukować, ponownie używać, poddawać recyklingowi, odzyskać
5M	– <i>Man, Machine, Material, Method, Measurement</i> – człowiek, maszyna, materiał, metoda, pomiary
5PL	– <i>Fifth Party Logistics</i> – logistyka firm piątych
6LoWPAN	– <i>IPv6 Low-Power Wireless Personal Area Networks</i> – bezprzewodowe sieci osobiste małej mocy wykorzystujące protokoły IP wersja 6
10R	– <i>Recover, Recycle, Repurpose, Remanufacture, Refurbish, Repair, Reuse, Reduse, Rethink, Refuse</i> – odzyskać, poddawać recyklingowi, zmienić przeznaczenie, regenerować, odnawiać, naprawiać, ponownie wykorzystywać, redukować, przemyśleć, odrzucać
AI	– <i>Artificial Intelligence</i> – sztuczna inteligencja
AL/SC	– <i>Agile Logistics/Supply Chain</i> – zwinna logistyka/łańcuchy dostaw
API	– <i>Active Pharmaceutical Ingredients</i> – aktywne składniki farmaceutyczne
App	– <i>Application</i> – aplikacja komputerowa
AR	– <i>Augmented Reality</i> – rozszerzona rzeczywistość
ART	– <i>Absolute Response Time</i> – bezwzględny czas reakcji
At	– <i>Automation</i> – automatyzacja
ATO	– <i>Assembly to Order</i> – montaż na zamówienie
BDA	– <i>Big Data Analytics</i> – analiza dużego zbioru danych
BI	– <i>Business Intelligence</i> – analityka biznesowa
BOM	– <i>Bill of Materials</i> – zestawienie materiałowe
BTO	– <i>Buy to Order</i> – zakupy na zamówienie
CC	– <i>Cloud Computing</i> – chmura obliczeniowa
CE	– <i>Circular Economy</i> – ekonomia cyrkularna

CF	– <i>Carbon footprint</i> – ślad węglowy
CLM	– <i>Council of Logistics Management</i> – Rada Zarządzania Logistycznego
CPS	– <i>Cyber-Physical System</i> – system cyberfizyczny
CRP	– <i>Cluster Resource Planning</i> – planowanie zasobów klastra
CRPG	– <i>Cluster Resource Planning in the Global Zone</i> – globalne planowanie zasobów klastra
CRPM	– <i>Cluster Resource Planning in the Mezo Zone</i> – kontynentalne planowanie zasobów klastra
CSB	– <i>Cyber-Security & Blockchain</i> – cyberbezpieczeństwo i technologia łańcucha bloków
CSCMP	– <i>Council of Supply Chain Management Professional</i> – Rada Profesjonalistów Zarządzania Łłańcuchem Dostaw
CSR	– <i>Corporate Social Responsibility</i> – społeczna odpowiedzialność biznesu
CT	– <i>Cloud Technologies</i> – technologia chmury obliczeniowej
CZR	– cele zrównoważonego rozwoju
DDM	– <i>Direct Digital Manufacturing</i> – bezpośrednia produkcja cyfrowa
DfCE	– <i>Design for Circular Economy</i> – projektowanie wspomagające ekonomię cyrkularną
DFG	– <i>Deutsche Forschungsgemeinschaft</i> – <i>German Research Foundation</i> – Niemiecka Fundacja Badawcza
DfL	– <i>Design for Logistics</i> – projektowanie wspomagające logistykę
DfSC	– <i>Design for Supply Chain</i> – projektowanie wspomagające łańcuch dostaw
DfX	– <i>Design for Excellence</i> – projektowanie wspomagające doskonałość
DMAIC	– <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> – zdefiniuj, zmierz, przeanalizuj, udoskonal i skontroluj
DNS	– <i>Digital Supply Network</i> – cyfrowa sieć dostaw
DP	– <i>Decoupling Point</i> – punkt rozdziału
Dt	– <i>Digitalization</i> – dygitalizacja
E2E	– <i>End to End</i> – zintegrowany łańcuch dostaw obejmujący projektowanie wyrobów, zaopatrzenie, produkcję, dystrybucję, obsługę posprzedażną oraz logistykę zwrotną
EDI	– <i>Electronic Data Interchange</i> – elektroniczna wymiana danych
ERP	– <i>Enterprise Resources Planning</i> – planowanie zasobów przedsiębiorstwa
F&S	– <i>Forecasting and Symulation</i> – prognozowanie i symulacje
FMS	– <i>Flexible Manufacturing Systems</i> – elastyczne systemy produkcyjne
GD	– <i>Green Design</i> – zielone projektowanie
GL	– <i>Green Logistics</i> – zielona logistyka
GLM	– <i>Green Logistics Management</i> – zielone zarządzanie logistyką
GS	– <i>Green Supply</i> – zielone dostawy
GSC	– <i>Green Supply Chain</i> – zielony łańcuch dostaw
GSCM	– <i>Green Supply Chain Management</i> – zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw

I 4.0	– <i>Industry 4.0</i> – czwarta rewolucja przemysłowa, Przemysł 4.0
I 5.0	– <i>Industry 5.0</i> – piąta rewolucja przemysłowa, Przemysł 5.0
IGen	– <i>IGeneration</i> – iGeneracja – generacja Internetu, pokolenie smartfonów i mediów społecznościowych
IoE	– <i>Interenet of Everything</i> – Internet Wszystkiego
IoS	– <i>Internet of Services</i> – Internet Usług
IoT	– <i>Internet of Things</i> – Internet Rzeczy
ISO	– <i>International Organization for Standardization</i> – Międzynarodowa Organizacja Normalizacji
IT	– <i>Information Technology</i> – technologie informatyczne
JIS	– <i>Just in Sequence</i> – dokładnie według kolejności
JIT	– <i>Just in Time</i> – dokładnie na czas
KL	– klaster
KPI	– <i>Key Performance Indicators</i> – kluczowe wskaźniki efektywności
LAL/LSC	– <i>Leagile Supply Chain</i> – zwinno-szczupłe łańcuchy dostaw
LL	– <i>Lean Logistics</i> – szczupła logistyka
LM	– <i>Lean Management</i> – szczupłe zarządzanie
LMD	– <i>Last Mill Delivery</i> – ostatni etap doręczenia przesyłki do klienta
LMf	– <i>Lean Manufacturing</i> – szczupłe wytwarzanie
LSC	– <i>Lean Supply Chain</i> – szczupły łańcuch dostaw
LSSL	– <i>Lean Six Sigma Logistics</i>
LT	– <i>Lean Thinking</i> – szczupły sposób myślenia
M2M	– <i>Machine to Machine Communication</i> – system komunikacji maszyny z maszyną
MA	– <i>Mobile Apps</i> – aplikacje mobilne
MC	– <i>Mass Customization</i> – masowa personalizacja
MKL	– mikroklaster
MPS	– <i>Master Production Schedule</i> – główny harmonogram produkcji
MRP	– <i>Material Requirements Planning</i> – planowanie potrzeb materiałowych
MTO	– <i>Make to Order</i> – produkcja na zamówienie
MTS	– <i>Make to Stock</i> – produkcja na magazyn
NFC	– <i>Near Field Comunication</i> – komunikacja zbliżeniowa
NRBV	– <i>The Natural Resource Based View</i> – podejście oparte na zasobach naturalnych
Nt	– <i>Nanotechnology</i> – nanotechnologia
OC	– <i>Omni Channel</i> – wszechkanałowość
OEE	– <i>Overall Equipment Effectiveness</i> – całkowita efektywność wyposażenia
OEM	– <i>Original Equipment Manufacturer</i> – oryginalne części producenta
OS	– <i>Optimization Systems</i> – systemy optymalizacji
POS	– <i>Point of Sale</i> – punkt sprzedaży
R&D&I	– <i>Research & Development & Innovation</i> – badania, rozwój i innowacje

10 Wykaz akronimów

Rb	– <i>Robotics</i> – robotyka
RFID	– <i>Radio Frequency Identification</i> – komunikacja wykorzystująca technologię radiową
RRT	– <i>Relative Response Time</i> – względny czas reakcji
SARS	– <i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i> – zespół ostrej ciężkiej niewydolności oddechowej
SC	– <i>Supply Chain</i> – łańcuch dostaw
SC 5.0	– <i>Supply Chain 5.0</i> – łańcuchy dostaw współpracujące z Przemysłem 4.0, zapewniające zrównoważony rozwój
SC 4.0	– <i>Supply Chain 4.0</i> – łańcuchy dostaw współpracujące z Przemysłem 4.0
SC&L 4.0	– <i>Supply Chain & Logistics 4.0</i> – łańcuchy dostaw i Logistyka 4.0
SCM	– <i>Supply Chain Management</i> – zarządzanie łańcuchem dostaw
SCRES	– <i>Resilient Supply Chain</i> – sprężyste łańcuchy dostaw
SCRM	– <i>Supply Chain Risk Management</i> – zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw
SCV	– <i>Supply Chain Vulnerability</i> – wrażliwość łańcucha dostaw
SDGs	– <i>Sustainable Development Goals</i> – cele zrównoważonego rozwoju
SE	– <i>Sharing Economy</i> – ekonomia współdzielenia
SF	– <i>Smart Factory</i> – inteligentna fabryka
SKU	– <i>Stock Keeping Units</i> – liczba jednostek magazynowych
SM	– <i>Smart Machines</i> – inteligentne maszyny
SMAC	– <i>Social, Mobility, Analytics, Clouds</i> – społeczności, mobilność, analityka, chmura
SP	– <i>Smart Products</i> – inteligentne produkty
ST	– <i>Sensors Technologies</i> – technologie sensorów
STS	– <i>Ship to Stock</i> – wysyłka na magazyn
TLC	– <i>Total Logistics Concept</i> – kompleksowe zarządzanie logistyką
TLCst	– <i>Total Logistics Cost</i> – całkowite koszty logistyczne
TLM	– <i>Total Logistics Management</i> – kompleksowe zarządzanie logistyką
TOC	– <i>Theory of Constraints</i> – teoria ograniczeń
TPS	– <i>Toyota Production System</i> – system produkcyjny Toyoty
TQM	– <i>Total Quality Management</i> – kompleksowe zarządzanie jakością
UAM	– <i>The Urban Air Mobility</i> – miejska mobilność lotnicza
VMI	– <i>Vendor Managed Inventory</i> – zarządzanie zapasami przez dostawcę
VUCA	– <i>Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity</i> – zmienność, niepewność, złożoność, niejednoznaczność
Wi-Fi	– <i>Wireless Fidelity</i> – łączność bezprzewodowa

Wstęp

Rozwój logistyki nierozzerwalnie związany jest z rozwojem gospodarczym i społecznym. Trzecia dekada XXI wieku pokazuje, że słynne chińskie przysłowie (a w zasadzie przekleństwo) „Obyś żył w ciekawych czasach” nabiera uzasadnienia dla świata. I nie chodzi tu o rzeczy przewidywalne, które są cechami samych ludzi i oczywistą konsekwencją rozwoju ludzkości, z którymi w dalszym ciągu nie potrafimy sobie poradzić. Takie własności jak chciwość, egoizm, chęć posiadania władzy i pieniędzy, zapisanie się w historii świata itp., przy jednoczesnym „kapitalistycznym makiawelizmie” powodującym degradację natury, dewaluację wartości i zasad moralnych, od wieków generują problemy. Jeśli dodać do tego negatywne zjawiska nieprzewidywalne, takie jak pandemie, wojny, konsumpcjonizm, skutki globalizacji, a także wykorzystanie najnowszych technologii, tzn. wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, sztucznej inteligencji, inżynierii genetycznej, autonomii maszyn i robotów oraz innych zdobyczy *Industry 4.0* (I 4.0 – czwarta rewolucja przemysłowa), to okazuje się, że ludzkość trzeciej dekady XXI wieku żyje naprawdę w ciekawych czasach.

Lata dwudzieste XXI wieku w jeszcze większym stopniu niż poprzednie dekady komplikują kwestie zarządzania przedsiębiorstwami. Globalizacja, masowa personalizacja, hiperkonkurencja, konsumpcjonizm, które już przed 2008 rokiem zostały nazwane przez Kotlera i Caslione chaosem¹, uzupełniły klęski żywiołowe spowodowane jeszcze bardziej zdegradowanym środowiskiem naturalnym, do czego należy dołączyć pandemie, konflikty zbrojne w państwach uprzemysłowionych czy też cyberataki. Oprócz wspomnianych czynników nie można zapomnieć o ciągłym rozwoju ludzkości, który szczególnie w sferze technologicznej dostarcza zadziwiających rozwiązań.

Wydaje się jednak, że w niektórych obszarach zarządzanie konkretnymi sferami operacyjnymi organizacji zatrzymało się w miejscu. Dla wielu przedsiębiorstw linia montażowa Forda – jako jedno z głównych osiągnięć drugiej rewolucji przemysłowej (ok. 1920 roku) – w dalszym ciągu stanowi podstawę funkcjonowania,

1 Ph. Kotler, J.A. Caslione, *Chaos. Zarządzanie i marketing w erze turbulencji*, MT Biznes, Warszawa 2009.

a kryterium techniczno-ekonomiczne napędza zyskowność przedsiębiorstw. Oczywiście całość wsparta jest tam, gdzie to konieczne, automatyzacją, robotyzacją lub jeszcze innymi rozwiązaniami pozwalającymi zastąpić pracę człowieka, ale sama idea działania nie zmienia się od lat – musi być szybciej, efektywniej, wydajniej, taniej itp.

Jakość, która była przez długie lata promowana przez azjatyckie szkoły zarządzania i koncepcję *Total Quality Management* (TQM – kompleksowe zarządzanie jakością) i stanowiła ważny czynnik konkurencyjny, napotkała pułapkę ekonomiczną (produkt dobry jakościowo jest na ogół bezawaryjny, o długim czasie użytkowania; produkt długo użytkowany nie napędza sprzedaży). Szybko zatem zmieniono podejście do jakości promowane przez TQM – „pełna satysfakcja klienta” – na rzecz podejścia „zadowolony klient”. W ten sposób początek XXI wieku stał się schyłkiem totalnej jakości, a globalizacja, wysoka personalizacja produktów i coraz bardziej wzrastający konsumpcjonizm wymusiły zmianę modeli biznesowych przedsiębiorstw produkcyjnych, napędzając równocześnie gwałtowny rozwój logistyki i łańcuchów dostaw.

Rozwój logistyki i zarządzania łańcuchami dostaw był zbieżny z rozwojem zarządzania produkcją. Tam, gdzie należało wytwarzać efektywniej, pojawiały się takie koncepcje jak *Lean Manufacturing* (LMf – szczupłe wytwarzanie) lub *Lean Logistics* (LL – szczupła logistyka), a tam, gdzie należało zachować elastyczność i zwinność, rozwijały się koncepcje *Flexible* lub *Agile*, z kolei tam, gdzie trzeba było zadbać o szeroko rozumiane środowisko, szerzyły się koncepcje *Green* czy też CSR (*Corporate Social Responsibility* – CSR)². Gdyby nie zmiany w środowisku naturalnym (postępujące wyniszczanie), pandemia Covid-19 i konflikt zbrojny na Ukrainie w 2022 roku, sztandary „Szybciej, efektywniej, wydajniej i taniej” w dalszym ciągu powiewałyby w zakładach produkcyjnych czy też halach magazynowych. Te trzy zdarzenia, wsparte zdobyczami rozwoju technologicznego, jaki przyniosła czwarta rewolucja przemysłowa, stają się jednak dobrym przyczynkiem do rozpoczęcia dyskusji i postawienia konkretnych pytań.

1. Czy nie przyszedł czas na zmianę dotychczasowego sposobu patrzenia na logistykę i łańcuchy dostaw?
2. Czy obecnie stosowane koncepcje logistyczne i te związane z łańcuchami dostaw będą wystarczające w dobie pojawiających się wyzwań oraz nowych technologii?
3. Jakie kierunki i trendy rozwoju powinny zostać uwzględnione przez świat logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw w przyszłości?

Autor udziela odpowiedzi na tak postawione pytania w prezentowanym opracowaniu, które w pierwszej części poświęcone jest wyzwaniom stojącym przed logistyką i łańcuchami dostaw ze szczególnym uwzględnieniem kwestii zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki cyrkularnej, pandemii Covid-19, zdobyczy *Industry 4.0*, a także scenariuszy rozwoju gospodarczego i logistyki do roku

2 M. Hopkins, *What is CSR All About?*, „Aspirare” 2014, vol. 1.

2050. W drugiej części przeprowadzono zaś analizę koncepcji logistycznych oraz tych związanych z łańcuchami dostaw pod kątem omówionych wyzwań, co podsumowano prezentacją autorskiego modelu logistyki i łańcuchów dostaw 4.0 (L&SC 4.0). Jednocześnie należy mieć świadomość, że prezentowany model nie wyczerpuje tematu, ale otwiera przestrzeń do dyskusji nad logistyką i łańcuchami dostaw w trzecim i kolejnych dziesięcioleciach XXI wieku.

Rozdział 1

Wyzwania stojące przed logistyką i łańcuchami dostaw na początku XXI wieku

Globalizacja sprawiła, że logistyka i łańcuchy dostaw stały się jednym z ważniejszych elementów konkurencyjności przedsiębiorstw. Poszukiwania dostawców, którzy są w stanie zaoferować surowce, materiały, części, podzespoły, a także wyroby gotowe, stały się dla wielu przedsiębiorstw nie lada wyzwaniem. Kwestie stref czasowych, różnorodności kultur, przyjętych stereotypów odnoszących się do danych państw czy regionów, biznesowej etyki (zasadne jest pytanie, czy takowa w ogóle istnieje), a także bardziej przyziemnych kosztów, jakości, czasu realizacji zamówienia, warunków współpracy to niejedyne uwarunkowania, które należy wziąć pod uwagę, dokonując wyboru źródeł zakupu. Dodatkowo pojawiają się problemy cywilizacyjne, ekonomiczne i społeczne, do których można zaliczyć:

- dynamiczne i niekorzystne zmiany środowiska naturalnego,
- rozwój technologii informatycznych (IT – *Information Technology*) znajdujących swoje zastosowanie w przemyśle,
- pandemie,
- wojny,
- kryzysy ekonomiczne,
- wpływ IT na społeczeństwo – iGeneracja (IGen – *IGeneration*) – pełnoletnie już pokolenie Internetu, smartfonów i mediów społecznościowych¹,
- wiele innych.

Z punktu widzenia logistyki i łańcuchów dostaw każde z wyżej wymienionych zagadnień powinno zostać dostrzeżone oraz przeanalizowane w kontekście możliwości ich wpływu na fizyczne procesy przepływu towarów, informacji oraz kapitału. Okazuje się także, że istnieją gotowe rozwiązania, założenia, koncepcje, które mogą (a w zasadzie powinny) zostać wykorzystane w celu modyfikacji dotychczasowych systemów logistycznych oraz łańcuchów dostaw. Niestety, dynamika implementacji tych kwestii wydaje się wysoce niewystarczająca.

Dzieje się tak dlatego, że turbulentne otoczenie oraz dynamika zmian przemysłowych, ekonomicznych i społecznych mocno zweryfikowały działalność

1 J.M. Twenge, *iGen*, Wydawnictwo Smak Słowa, Sopot 2019.

przedsiębiorstw, skracając horyzont czasowy planowania strategicznego do maksymalnie kilku lat. Organizacje koncentrują się tym samym na działalności operacyjnej, szczególnie w kontekście osiągania krótkookresowych celów sprzedaży i zysków, bez braku perspektywy „chwilowego zatrzymania się” i przeanalizowania swojej sytuacji pod kątem długofalowego rozwoju.

Może trzecia dekada XXI wieku to czas, aby zrewidować pewne dotychczasowe przyzwyczajenia, paradygmaty, modele biznesowe, zachowania konsumentów itd.? Może jest to moment, kiedy należałoby skutecznie zastosować pewne wytyczne w biznesie, które od lat formułują naukowcy, społecznicy czy też zwyczajni obywatele? Aby jednak można było to zrobić, warto dokonać przeglądu literatury dotyczącej wspomnianych zagadnień, starając się uchwycić w szczególności kontekst logistyki i łańcuchów dostaw.

1.1. Zrównoważony rozwój i gospodarka cyrkularna

Gwałtowne procesy globalizacji środowiska przyrodniczego i społeczeństwa powodują różne niepożądane konsekwencje, takie jak wzrost zanieczyszczenia środowiska, zmiany klimatyczne oraz wyczerpywanie się i niszczenie zasobów naturalnych. Procesy te pogarszają jakość życia, zagrażają ludzkiemu zdrowiu (a nawet istnieniu), a także ograniczają i naruszają prawa społeczne jednostek do funkcjonowania w czystym i zdrowym środowisku naturalnym. Wpływ tych procesów sprawia, że bardzo trudno jest zagwarantować obywatelom prawa do czystego środowiska. Jego ochrona i zapewnienie ludziom prawa do czystego i zdrowego środowiska powinny być jednym z priorytetowych obszarów prawa, ekonomii i polityki².

Zmiana klimatu jest zatem bezdyskusyjnie największym wyzwaniem tego stulecia i w nieunikniony sposób wpływa na społeczeństwo, środowisko i działalność gospodarczą. Naukowcy badający skutki zmian klimatycznych stwierdzili, że postępują one szybciej, niż przewidywano, przez co obecnie wymaga to natychmiastowego działania. Zmiany te objawiają się m.in. wyższymi temperaturami, zmienionymi wzorcami opadów oraz częstymi lub intensywnymi ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi, takimi jak fale upałów, susze, powodzie, okresy zimna czy też burze. Koszty zakłóceń spowodowanych ekstremalnymi warunkami pogodowymi znacznie wzrosły, stanowiąc dodatkowe wyzwanie dla współczesnych globalnych łańcuchów dostaw. Dotychczasowe badania nad zmianą klimatu w ramach logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw (SCM – *Supply Chain Management*) koncentrowały się na obliczaniu śladu węglowego i sposobach redukcji emisji gazów cieplarnianych.

2 D. Perkumene, R. Pranskuniene, M. Vienazindiene, J. Grgiene, *The Right to a Clean Environment: Considering Green Logistics and Sustainable Tourism*, „International Journal of Environmental Research and Public Health” 2020, vol. 17, no. 3254, s. 2.

Jednak niezależnie od istniejących rozwiązań regulacyjnych ryzyko związane ze zmianą klimatu rośnie i znacząco wpływa na wyniki biznesowe³.

Efektem zmian klimatycznych jest fakt, że istnieje coraz większa zgoda co do tego, że zielona transformacja gospodarki światowej staje się konieczna, aby uniknąć znacznego obniżenia dobrobytu ludzi, wynikającego z wielu niekorzystnych czynników środowiskowych, takich jak zanieczyszczenia, utrata różnorodności biologicznej czy też zmiany klimatu⁴.

Jedną z odpowiedzi świata na zmiany klimatyczne jest realizacja celów zrównoważonego rozwoju, przejście z liniowego, obecnego modelu gospodarki na model gospodarki cyrkularnej (CE – *Circular Economy*) oraz pomiar i minimalizacja śladu węglowego (CF – *Carbon Footprint*). Stanowi to coraz częściej istotne wyzwanie nie tylko dla podmiotów gospodarczych, ale także dla wszystkich mieszkańców zielonej planety. Sama gospodarka cyrkularna to rozwiązanie systemowe, które ma na celu łagodzenie niekorzystnego wpływu produkcji i konsumpcji na środowisko, zwłaszcza w kontekście redukcji emisji gazów cieplarnianych i wytwarzania odpadów⁵. Staje się ona jednym z ważniejszych kroków w kierunku realizacji strategii zrównoważonego rozwoju. Podejmując zatem próbę przeanalizowania wybranych wyzwań, przed którymi stoją logistyka i łańcuchy dostaw, warto byłoby w pierwszej kolejności scharakteryzować ideę zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki cyrkularnej.

Pojęcie zrównoważonego rozwoju oficjalnie pojawiło się po raz pierwszy w dokumencie Komisji Środowiska i Rozwoju pracującej przy ONZ w 1987 roku, choć nieoficjalnie przyjmuje się, że używano go już w 1972 roku na konferencji ONZ w Sztokholmie, której tematem było środowisko człowieka. Następne konferencje ONZ, zajmujące się tą tematyką, formułowały kolejne cele na konkretne horyzonty czasowe. Obecnie Agenda Narodów Zjednoczonych na rzecz Zrównoważonego Rozwoju oraz sformułowane cele zrównoważonego rozwoju (SDGs – *Sustainable Development Goals*) odnoszą się do roku 2030⁶.

Aktualne cele zrównoważonego rozwoju (Agenda 2030) zostały ustalone podczas spotkania zorganizowanego we wrześniu 2015 roku przez Organizację Narodów Zjednoczonych. Przyjęte CZR, w które zaangażowane są wszystkie kraje członkowskie, składają się z 17 podstawowych celów, 169 celów szczegółowych i 232 wykresów obejmujących elementy ekonomiczne, środowiskowe, społeczne, takie jak zmiany klimatyczne, prawa człowieka, ochronę zdrowia, edukację itp.

3 A. Ghadge, H. Wurtmann, S. Seuring, *Managing Climate Change Risks in Global Supply Chains: A Review and Research Agenda*, „International Journal of Production Research” 2020, vol. 58, no. 1, s. 44.

4 T. Poulsen, R. Lema, *Is the Supply Chain Ready for the Green Transformation? The Case of Offshore Wind Logistics*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2017, vol. 73, s. 758.

5 O. Seroka-Stolka, A. Ociepa-Kubicka, *Green Logistics and Circular Economy*, „Transportation Research Procedia” 2019, vol. 39, s. 471.

6 M. Grechulski, J. Niemczyk, *Agenda narodów zjednoczonych na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 i cele zrównoważonego rozwoju – szanse realizacji celów*, „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego” 2016, vol. 1, s. 122.

Założono także, że do 2030 roku cele te mają być osiągnęte stopniowo. Poniżej za-prezentowano 17 podstawowych celów zrównoważonego rozwoju.

1. Zero ubóstwa (SDG1): likwidacja skrajnego ubóstwa, zapewnienie ludziom łatwego dostępu do podstawowych źródeł i usług oraz ochrona ludzi przed ubóstwem.
2. Zero głodu (SDG2): dostęp do bezpiecznej, odżywczej i wystarczającej ilości żywności przez cały rok oraz wyeliminowanie ubóstwa na ziemi.
3. Dobre zdrowie i dobre samopoczucie (SDG3): zapewnienie ludziom podstawowych potrzeb zdrowotnych, takich jak leczenie, diagnoza, opieka medyczna i medycyna ekonomiczna.
4. Jakość edukacji (SDG4): równa, trwająca przez całe życie i dostępna edukacja, która obejmuje wszystkich z każdej grupy wiekowej.
5. Równość płci (SDG5): zapewnienie równości płci w społecznościach i wzmocnienie pozycji kobiet oraz dziewcząt w społeczeństwie przez Organizację Narodów Zjednoczonych.
6. Czysta woda i warunki sanitarne (SDG6): woda jest jedną z najważniejszych substancji na świecie dla podtrzymania życia i dla wszystkich istot żywych. Należy podjąć nowe działania przy wykorzystaniu nowych środków, aby zapewnić ludziom dostęp do świeżej i zdatnej do picia wody oraz efektywnie wykorzystywać w tym celu technologie.
7. Przystępna cenowo i czysta energia (SDG7): wspieranie produkcji energii z zasobów takich jak energia geotermalna, wodna, słoneczna, wiatrowa i fale morskie, które nie powodują wzrostu emisji CO₂.
8. Godna praca i wzrost gospodarczy (SDG8): zapewnienie rozwoju gospodarczego i zatrudniania ludzi w modelu godnej pracy, który jest spójny, gwarantuje równość płci, wiąże się z niskim lub żadnym szeroko rozumianym ryzykiem oraz zakłada adekwatne do wysiłków ludzkich wynagrodzenie.
9. Przemysł, innowacje i infrastruktura (SDG9): zwiększenie dobrobytu ludzi poprzez tworzenie innowacji oraz wytwarzanie produktów zgodnych z potrzebami ludzkimi. Wykorzystanie także tych innowacji w przemyśle oraz przy budowie dróg, mostów, lotnisk, infrastruktury wodnej i kanalizacyjnej, które dzięki innowacjom powinny być wyższej jakości, bezpieczniejsze i trwalsze.
10. Zmniejszanie nierówności (SDG10): zmniejszenie nierówności między krajami i wewnątrz nich oraz zapobieganie narażaniu ludzi na dyskryminację ze względu na wiek, płeć, pochodzenie etniczne, religię, przekonania polityczne i niepełnosprawności.
11. Zrównoważone miasta i społeczności (SDG11): ponieważ ponad połowa światowej populacji żyje w miastach, to celem jest ograniczenie życia w slumsach, zwiększenie możliwości transportowych, infrastruktury kanalizacyjnej i innej infrastruktury wpływającej na zdrowie ludzi, a także ciągle aktualizowanie, planowanie nowych programów i praktyk ukierunkowane na tworzenie zrównoważonych miast.

12. Odpowiedzialna konsumpcja i produkcja (SDG12): korzystanie z żywności, wody, artykułów gospodarstwa domowego, urządzeń elektronicznych, energii i wszystkich paliw kopalnych w sposób zarówno ekonomiczny, jak i cykliczny oraz poszanowanie dla przyszłości, ponieważ skutki środowiskowe produktów, z których dziś korzystamy, mogą stanowić zagrożenie dla przyszłości.
13. Działania na rzecz klimatu (SDG13): zmniejszenie wykorzystania paliw kopalnych i zużycia energii zależnej od paliw kopalnych, tworzenie miast wolnych od dwutlenku węgla, aby móc ograniczyć zmiany klimatyczne; podejmowanie działań przeciwko katastrofom naturalnym wynikającym ze zmian klimatycznych oraz opracowanie środków zaradczych.
14. Życie pod wodą (SDG14): zapewnienie efektywnego i zrównoważonego wykorzystania oceanów, mórz, a także ich zasobów, zrekompensowanie zniszczeń oraz stworzenie nowej zdrowej struktury biologicznej wód.
15. Życie na lądzie (SDG15): ochrona ekosystemów i gatunków na ziemi oraz ich zrównoważone wykorzystanie.
16. Pokój, sprawiedliwość i silne instytucje (SDG16): ponieważ każdego roku wiele osób ginie w wyniku walk między krajami lub na skutek działań grup odłamowych, co uniemożliwia rozwój ludzkości, należy zmierzać do tworzenia bardziej rozsądnego, racjonalnego i pokojowego środowiska.
17. Partnerstwa na rzecz celów (SDG17): pomoc w rozwoju całego świata poprzez umożliwienie skutecznej współpracy i komunikacji między krajami⁷.

Z zaprezentowanych celów można wywnioskować, że nie wszystkie będą się bezpośrednio wiązać z logistyką i łańcuchem dostaw. Część z nich w sposób pośredni będzie się odnosić do wspomnianych pojęć, ale znajdziemy także takie, które trudno powiązać ze wspomnianą tematyką.

Do celów bezpośrednio związanych z logistyką i łańcuchami dostaw zaliczyć można cel 9: przemysł, innowacje i infrastruktura. Jest bowiem sprawą oczywistą, że infrastruktura państw, kreowanie innowacji czy też wytwarzanie produktów pozostają w sferze zainteresowań logistyki w kontekście jej możliwości rozwojowych. Jest to jedyny z priorytetów, którym logistyka i łańcuchy dostaw powinny się szczególnie zainteresować. Musi on jednak być korygowany o grupę celów pośrednich, które tworzą swoiste granice rozwoju logistyki i łańcuchów dostaw lub wskazują kierunki rozwoju, podkreślając jego zrównoważony charakter.

Do celów pośrednich, które logistyka bezwzględnie powinna uwzględniać w swoim rozwoju, zaliczyć można cel 6: czysta woda i warunki sanitarne, cel 7: przystępna cenowo i czysta energia, cel 8: godna praca i wzrost gospodarczy, cel 11: zrównoważone miasta i społeczności, a także cel 13: działania na rzecz klimatu. Rozwój logistyki powinien zatem uwzględniać:

7 Ośrodek Informacji ONZ w Warszawie, http://www.unic.un.org.pl/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf [dostęp: 30.03.2022]; Y. Zengin, S. Naktiyok, E. Kaygin, O. Kavak, E. Topcuoglu, *An Investigation upon Industry 4.0 and Society 5.0 within the Context of Sustainable Development Goals*, „Sustainability” 2021, vol. 13, s. 5–6.

- godność pracy oraz płacy,
- czystą energię,
- minimalizację wpływu procesów logistycznych na wodę poprzez jej ochronę i oszczędność,
- minimalizację negatywnego oddziaływania procesów logistycznych na rzecz klimatu.

Te cztery cele łączą zatem w sobie aspekty społeczne, ekonomiczne i środowiskowe, które powinny stanowić istotny wkład w rozwój logistyki i łańcuchów dostaw w kolejnych dekadach XXI wieku. Cel dotyczący zrównoważonych miast i społeczności wskazuje na znany już obszar logistyki (logistyka miejska), który może stanowić ważny fragment poszerzania się branży logistycznej w kontekście jej rozwoju.

Analizując cele szczegółowe rezolucji przyjętej przez Zgromadzenie Ogólne ONZ w dniu 25 września 2015 roku – „Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030”⁸ – w kontekście występowania w dokumencie słów nazywających podstawowe procesy logistyczne (transport, magazynowanie, pakowanie, zarządzanie zapasami i obsługa zamówień), można potwierdzić, że choć występują one nielicznie, to głównie w celach bezpośrednio związanych z logistyką i łańcuchem dostaw. I tak dla przykładu transport, który omawiany jest w kontekście zrównoważonych i łatwo dostępnych systemów oraz rozwoju jego aspektu publicznego, pojawia się przy celu 11. Zapasy odnoszą się wyłącznie do zapasów wody słodkiej, a kwestie magazynowania, opakowań i obsługi klienta ze względu na swą specyfikę wcale się nie pojawiają we wspomnianym dokumencie. Należy jednak pamiętać, że omawiana rezolucja stanowi tylko ogólny kierunek działań, który może być realizowany z wykorzystaniem różnych środków.

Koncepcją, która dla niektórych autorów miała stanowić odpowiedź na zrównoważony rozwój, jest gospodarka cyrkularna. Okazuje się, że sama definicja gospodarki cyrkularnej sprawia trudności w opisanii, ponieważ w literaturze przedmiotu można odnaleźć wiele opracowań poświęconych tej kwestii. Co więcej, krytycy tej koncepcji uważają, że gospodarka cyrkularna oznacza wiele różnych rzeczy dla poszczególnych ludzi. Kirchherr, Reike i Hekkert⁹ zebrali 114 definicji gospodarki cyrkularnej, które zostały następnie przebadane w kontekście 17 wymiarów. W ich skład wchodziły takie elementy jak chociażby model 4R (4R – *Reduce, Reuse, Recycle, Recover* – redukować, ponownie wykorzystać, poddawać recyklingowi, odzyskać).

Oczywiście w ramach każdego 4R wskazano odpowiadające temu elementowi lub zbieżne z nim działania. I tak w ramach redukcji wyróżniono odrzucenie dotychczasowego sposobu myślenia, ponowne przemyślenie, przeprojektowanie (w tym wydłużenie czasu życia produktów), minimalizację, redukcję, krążenie,

8 Ośrodek Informacji ONZ w Warszawie, http://www.unic.un.org.pl/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf [dostęp: 30.03.2022].

9 J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert, *Conceptualizing The Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions, Resources*, „Conservation and Recycling” 2017, vol. 127, s. 221–223.

zapobieganie i odnawianie zasobów. Ponowne wykorzystanie koncentrowało się na powtórnym używaniu zasobów (z wyłączeniem odpadów), zamykaniu pętli, naprawianiu i/lub odnawianiu zasobów. Recykling, podobnie jak ponowne wykorzystanie, koncentrował się na regeneracji, zamykaniu pętli, krążeniu i/lub ponownym użyciu. Ostatni z elementów, czyli odzysk, wiązał się ze spalaniem materiałów z odzyskiem energii.

W ramach prowadzonych badań autorzy stwierdzili, że gospodarka cyrkularna jest najczęściej przedstawiana jako połączenie redukcji, ponownego użycia i recyklingu. Zauważyli także, że często pomija się w literaturze fakt, że gospodarka ta wymaga zmiany systemowej. Stwierdzili również, że definicje wykazują niewiele wyraźnych powiązań koncepcji gospodarki cyrkulacyjnej ze zrównoważonym rozwojem, a sama koncepcja CE wymaga nadania jej spójności oraz określenia ram, aby nie została rozproszona na skutek nadinterpretacji i pomysłów różnych autorów.

Nie dziwi zatem fakt, że analizując literaturę, można spotkać rozwinięcie modelu 4R w najbardziej skrajnym przypadku do dziesięciu kolejnych elementów R. Model 10R (*Recover, Recycle, Repurpose, Remanufacture, Refurbish, Repair, Reuse, Reduce, Rethink, Refuse* – odzyskać, poddawać recyklingowi, zmienić przeznaczenie, regenerować, odnawiać, naprawiać, ponownie wykorzystywać, redukować, przemysleć, odrzucać) został zaprezentowany przez Pottinga, Hekkerta, Worrella i Hanemaaijera¹⁰ (tabela 1).

Zaprezentowane działania cyrkularne (choć w oryginale nazywane są strategiami) ukazują ideę gospodarki cyrkularnej w kontekście i w kolejności możliwych do podjęcia inicjatyw. Kluczowym elementem całego modelu jest świadomość zarówno producentów, jak i konsumentów w kwestii racjonalności oraz konieczności zastosowania kolejnych działań związanych z gospodarką cyrkularną. Owa świadomość przejawia się poprzez „inteligentne” użytkowanie i wytwarzanie produktów, czyli zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Autorzy wspomnianego opracowania zauważyli także, że przejście na gospodarkę cyrkularną będzie prawdopodobnie wymagać innowacji i zmian społeczno-instytucjonalnych. Te pierwsze mogą dotyczyć technologii, projektowania produktów i modeli dochodów. Zmiany społeczno-instytucjonalne obejmuje przegląd pisanych i niepisanych zasad, zwyczajów, przekonań. W odniesieniu do wykorzystania technologii w łańcuchach produktowych wyróżnili oni trzy rodzaje przemian w zakresie gospodarki cyrkularnej:

- **typ 1 – nowe technologie** – przemiany w gospodarce cyrkularnej, w których połączenie specyficznych, radykalnie nowych technologii ma kluczowe znaczenie i kształtuje przemianę; oznacza to radykalną innowację w zakresie technologii podstawowej, tj. konkretnej technologii, wokół której koncentruje się dany produkt; aby nowa technologia znalazła swoje miejsce w społeczeństwie, konieczne są zmiany społeczno-instytucjonalne – typowym

10 J. Potting, M. Hekkert, E. Worrell, A. Hanemaaijer, *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague 2017, s. 5.

przykładem jest niedawne pojawienie się bioplastiku, który już zapewnił sobie miejsce,

- **typ 2 – zmiany społeczno-instytucjonalne** – przemiany w gospodarce cyrkularnej, w których główną rolę odgrywają zmiany społeczno-instytucjonalne, a innowacje technologiczne odgrywają drugorzędną rolę (innowacje addytywne – przyrostowe – w technologii podstawowej; dobrym, choć być może nieco ekstremalnym przykładem są sklepy bez opakowań),
- **typ 3 – zmiany społeczno-instytucjonalne wsparte dostępnymi technologiami** – przemiany w gospodarce cyrkularnej, w których zmiana społeczno-instytucjonalna ma kluczowe znaczenie, ale ułatwia ją technologia wspomagająca; przykładem jest przejście do tzw. ekonomii współdzielenia (SE – *Sharing Economy*), czyli przejście od posiadania produktu do zakupu jego usług wiąże się przede wszystkim ze zmianami społeczno-instytucjonalnymi, ale nie jest możliwe bez technologii informatycznych łączących usługodawców i użytkowników.

Tabela 1. Działania cyrkularne w ramach łańcucha produkcyjnego według hierarchii ważności

Cyrkularny model gospodarki	Inteligentne użytkowanie i wytwarzanie produktów	R0 – odrzucać	Sprawić, aby produkt był zbędny, rezygnując z jego funkcji lub odnajdując tę samą funkcję z radykalnie innym produktem, którego się używa
		R1 – przemysleć	Zwiększać intensywność użytkowania produktu (np. poprzez udostępnianie go innym)
		R2 – redukować	Zwiększać wydajność wytwarzania produktów oraz zmniejszyć zużycie surowców i materiałów naturalnych
	Wydłużenie czasu życia produktu i jego części	R3 – ponownie wykorzystać	Ponowne użycie przez innego konsumenta odrzuconego produktu, który jest nadal w dobrym stanie i spełnia swoją pierwotną funkcję
		R4 – naprawiać	Naprawiać i konserwować zużyte produkty w taki sposób, aby można było je przywrócić do ich pierwotnych funkcji
		R5 – odnawiać	Przywrócić stary produkt i go zaktualizować
		R6 – regenerować	Wykorzystać wyrzucane produkty lub ich części w nowych produktach, spełniając te same funkcje
		R7 – zmienić przeznaczenie	Wykorzystać wyrzucane produkty lub ich części w nowych produktach, ale w taki sposób, by spełniały inne funkcje
	Racjonalne wykorzystanie materiałów	R8 – poddawać recyklingowi	Przetwarzać materiały w celu uzyskania takiej samej (wysokiej klasy) lub niższej (niskiej klasy) jakości
Liniowy model gospodarki		R9 – odzyskać	Spalać materiały z odzyskiem energii

Źródło: J. Potting, M. Hekkert, E. Worrell, A. Hanemaaijer, *Circular Economy: Measuring...*, s. 5.

Istnieje zasadnicza różnica między przemianami typu 3 z jednej strony a typami 1 i 2 z drugiej. W przeciwieństwie do typów 1 i 2 osiągnięcie przemiany typu 3 wymaga zastosowania technologii wspomagających o charakterze ogólnym, takich jak technologie informatyczne lub nowe materiały. Przejścia typu 3 są promowane przez rozwój technologii w innych obszarach wiedzy niż te specyficzne dla danego łańcucha dostaw. Podczas monitorowania postępu w kierunku gospodarki cyrkulacyjnej ważne się stają, jaki typ przejścia CE jest przewidywany i jaką rolę odgrywają zmiany społeczno-instytucjonalne i innowacje. W opisywanej pracy poza innowacjami w zakresie technologii wspierających trzy rodzaje przemian w gospodarce ekologicznej omówiono także innowacje w zakresie projektowania produktów i modeli przychodów¹¹.

Trafne podsumowanie kwestii gospodarki cyrkularnej zaprezentowali Korhonen, Nuur, Feldmann i Birkie. Zdaniem tych autorów, koncepcja tej gospodarki jest obecnie dominująca w debacie na temat zrównoważonego rozwoju produkcji przemysłowej, prowadzonej w ramach polityki i rozwoju biznesu. Agencje rozwoju polityki i stowarzyszenia biznesowe postrzegają gospodarkę cyrkularną jako ważny mechanizm promowania zrównoważonej produkcji i postrzegają ją jako możliwą lub potencjalną przyszłą zmianę paradygmatu, która w konsekwencji doprowadzi do przekształceń w przemyśle. Oczekuje się, że przyjęcie koncepcji zrównoważonego rozwoju spowoduje zasadniczą zmianę w działalności gospodarczej, polegającą na odejściu od wykorzystywania nieodnawialnych i wysokoemisyjnych strumieni węgla w kierunku bardziej zrównoważonej produkcji i konsumpcji. Można zatem oczekiwać, że gdy idea CE wejdzie w życie, z punktu widzenia biznesu pojawią się nowe przedsięwzięcia i modele biznesowe. Transformacja ta będzie miała charakter holistyczny, w którym wszystkie łańcuchy wartości systemu przemysłowego będą miały wpływ na omawianą problematykę, ale na różnych poziomach. Ponadto innowacje, przedsiębiorczość i rozwój technologiczny staną się kluczowymi obszarami odgrywającymi ważną rolę. Logika przejścia od liniowych i pełnych marnotrawstwa struktur przepływu fizycznego do cyklicznych, restytucyjnych, reprodukcyjnych i inteligentnych przekracza w swoim przekazie granice sektorowe, organizacyjne, administracyjne i narodowe¹².

Wspomniani już Kirchher i współautorzy, podsumowując swoją analizę definicji gospodarki cyrkularnej, opisali ją jako system gospodarczy, który zastępuje liniową koncepcję „końca życia produktów”, a przy tym jest alternatywny, bazujący na ponownym wykorzystaniu, recyklingu i odzyskiwaniu materiałów w procesach produkcji/dystrybucji i konsumpcji. Działa ona na poziomach mikro (produkty, organizacje, konsumenci), mezo (parki ekoprzemysłowe) i makro (miasto, region, naród itp.) w celu osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju, a tym samym

11 *Ibidem*, s. 6.

12 J. Korhonen, C. Nuur, A. Feldmann, S.E. Birkie, *Circular Economy as an Essentially Contested Concept*, „Journal of Cleaner Production” 2018, vol. 175, s. 551.

jednoczesnego tworzenia jakości środowiska, dobrobytu gospodarczego i sprawiedliwości społecznej, z korzyścią dla obecnych i przyszłych pokoleń. Jest to możliwe dzięki nowym modelom biznesowym i odpowiedzialnym konsumentom¹³.

Krótko charakteryzując kwestie zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki cyrkularnej, nie sposób nie wspomnieć o problemie śladu węglowego. Na podstawie przeglądu literatury Wiedmann zdefiniował ślad węglowy jako miarę wyłącznej całkowitej ilości emisji dwutlenku węgla, która jest bezpośrednio i pośrednio spowodowana przez daną działalność lub skumulowaną wartość powstającą w ciągu całego cyklu życia produktu lub usługi. Obejmuje to działania jednostek, społeczeństw, rządów, organizacji, procesów, sektorów przemysłu itp. W każdym przypadku należy wziąć pod uwagę wszystkie emisje bezpośrednie (na miejscu, wewnętrzne) i pośrednie (poza miejscem powstania, zewnętrzne, posadowione w górę i w dół łańcucha dostaw). Definicja śladu węglowego wskazuje, że sam miernik uwzględnia tylko dwutlenek węgla. Należy jednak pamiętać, że istnieją także inne substancje powodujące efekt cieplarniany, np. metan, jednakże pojawia się dość duży problem z uzyskaniem danych pozwalających obliczyć te mierniki. W przypadku posiadania kompleksowych informacji dotyczących emisji wszystkich gazów cieplarnianych można byłoby stworzyć miarę nazwaną „śladem klimatycznym”. W przypadku śladu węglowego wybrane zostało najbardziej praktyczne i przejrzyste rozwiązanie uwzględniające tylko CO₂¹⁴. Pojęcie śladu obejmuje zatem różne rodzaje pomiarów środowiskowych. Ślad węglowy materiałowy lub ślad wodny mogą być rozpatrywane oddzielnie lub połączone w jeden ogólny wskaźnik. Ślady można obliczać na poziomie krajowym, organizacyjnym lub na poziomie łańcucha dostaw¹⁵. Trudno zatem się dziwić coraz częściej pojawiającym się publikacjom dotyczącym śladu węglowego w logistyce i łańcuchach dostaw¹⁶.

Gospodarka cyrkularna, podobnie jak zrównoważony rozwój, pozwala postawić przed logistyką i łańcuchami dostaw nowe wyzwania. Nie ma jednoznacznej odpowiedzi na to, czy powinny one uwzględniać model 4R czy też 10R. Trudno także powiedzieć, na której ze znajdujących się w literaturze definicji należałoby się oprzeć, przewidując przyszłość logistyki i łańcuchów dostaw. Wydaje się jednak, że z punktu widzenia niniejszego opracowania propozycja Pottinga oraz definicja Kirchherra wraz ze współautorami najlepiej odzwierciedlają możliwe kierunki zmian w logistyce. Chociaż definicja ta bazuje na modelu 4R, to

13 J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert, *Conceptualizing the Circular Economy...*, s. 229.

14 T. Wiedmann, J. Minx, *A Definition of 'Carbon Footprint'*, [w:] C.C. Pertsova (red.), *Ecological Economics Research Trends*, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, USA 2008, s. 4–5.

15 H. Krikke, *Impact of Closed-Loop Network Configurations on Carbon Footprints: A Case Study in Copiers*, „Resources, Conservation and Recycling” 2011, vol. 55, s. 1197.

16 B. Sarkar, R. Guchhait, M. Sarkar, L. Cardenas-Barrona, *How Does an Industry Manage the Optimum Cash Flow within a Smart Production System with the Carbon Footprint and Carbon Emission under Logistics Framework?*, „International Journal of Production Economics” 2019, vol. 213, s. 243–257; D. Kannana, A. Diabat, M. Alrefaei, K. Govindand, G. Yonge, *A Carbon Footprint Based Reverse Logistics Network Design Model*, „Resources, Conservation and Recycling” 2012, vol. 67, s. 75–79.

wyduje się, że uzupełnienie jej o model 10R uczyni całość założeń nieco bardziej wyczerpującymi. Pomiar śladu węglowego stanowi ważne uzupełnienie obydwu koncepcji i powinien być także uwzględniany w szeroko pojętym obszarze logistyki i łańcucha dostaw.

Przyszłość procesów logistycznych to zatem jak najmniej odzyskiwania i poddawania recyklingowi poprzez lepsze wykorzystywanie zmienności przeznaczenia, regeneracji, odnawialności, naprawialności i ponownego wykorzystywania przy jednoczesnej maksymalizacji redukcowania, myślenia i kontestowania rzeczywistości na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Zrównoważony rozwój i gospodarka cyrkularna (o ile ta druga nie ulegnie defragmentacji na skutek pojęciowego bałaganu) staną się motorem napędowym zmian i innowacji w logistyce i łańcuchach dostaw. Wymagać to będzie modyfikacji sposobu myślenia zarówno przedsiębiorców, jak i konsumentów oraz redefinicji modeli biznesowych. Należy jednak zauważyć, że kwestia zrównoważonego rozwoju to niejedyne wskazówki nadchodzących zmian w zarządzaniu logistycznym. Wiele ciekawych przemysłów niesie ze sobą koncepcja Przemysłu 4.0, która zostanie omówiona w kolejnym rozdziale.

1.2. Przemysł 4.0 – Industry 4.0

Koncepcja *Industry 4.0* (Przemysł 4.0) po raz pierwszy została zaprezentowana w 2011 roku w Niemczech. Wtedy to tamtejszy rząd federalny ogłosił *Industry 4.0* jako jedną z kluczowych inicjatyw strategicznego rozwoju w sferze wysokich technologii (*high-tech*)¹⁷ i industrializacji. Koncepcja ta ma stanowić odpowiedź na wyzwania zarządzania przedsiębiorstwami przemysłowymi, w których to skomplikowane procesy realizowane są w skali globalnej przez różnorodnych partnerów, a całość integrowana jest poprzez technologie informacyjno-komunikacyjne ICT.

O ile pierwsze trzy rewolucje przemysłowe, tzn. wykorzystanie maszyny parowej do napędu urządzeń w procesach produkcyjnych, linia produkcyjna zapoczątkowana przez Forda oraz całkowita automatyzacja procesów produkcyjnych, były rezultatem wykorzystania mechanizacji, elektryczności oraz technologii informatycznych, to założenia czwartej rewolucji przemysłowej opierają się na wizji przemysłu globalnego, bazującego na światowej sieci, do której włączone zostaną maszyny, systemy produkcyjne oraz wszystkie elementy łańcucha logistycznego tworzącego cyberfizyczny system (CPS – *Cyber-Physical System*)¹⁸.

17 H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig (red.), *Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendation for implementing the strategic initiative Industry 4.0. Final report of the Industrie 4.0. Working Group*, German Academy of Science and Engineering, Frankfurt/Main 2013, s. 13–15.

18 *Ibidem*, s. 5.

Kagermann, Wahlster i Helbig sformułowali osiem kluczowych obszarów, które zdaniem twórców koncepcji powinny być uwzględnione w procesie wdrażania I 4.0, i zaliczyli do nich:

- **standaryzację oraz architekturę referencyjną** – I 4.0 będzie integrował działalność wielu przedsiębiorstw w ramach łańcucha wartości, w czym ma mu pomagać standaryzacja, z kolei architektura referencyjna będzie ją wspierać w zakresie opisu technicznego tych standardów i ich wdrażania,
- **zarządzanie złożonymi systemami** – złożoność produktów i systemów wytwórczych wymusza poszukiwania rozwiązań wspomagających zarządzanie tak złożonymi systemami,
- **szerokopasmową infrastrukturę komunikacyjną** – wysokiej jakości szerokopasmowe sieci komunikacyjne stają się warunkiem koniecznym funkcjonowania koncepcji I 4.0,
- **zapewnienie szeroko rozumianego bezpieczeństwa (*Safety and Security*)** – zarówno przed zagrożeniami wynikającymi z rozwoju cywilizacyjnego, które mogą mieć wpływ na działanie przedsiębiorstw produkcyjnych, jak i wpływu ich samych np. na środowisko,
- **organizacja pracy i sam proces projektowania** – diametralnie zmieni się organizacja pracy, a także sam proces projektowania, który stanie się bardziej partycypacyjny,
- **dokształcanie się i ciągły rozwój zawodowy** – wiążące się z koniecznością zmiany kompetencji kadr i uczeniem się przez całe życie,
- **redefinicja ram prawnych funkcjonowania organizacji** – globalny charakter współpracy oraz innowacyjność wymusi konieczność tworzenia prawa, które będzie musiało uwzględniać specyfikę I 4.0,
- **kontrolowanie efektywności zasobów** – wiążące się głównie z gospodarką opartą na recyrkulacji¹⁹.

Wszystkie z zaprezentowanych obszarów odzwierciedlają w zasadzie nieograniczone możliwości realizacji założeń koncepcji I 4.0, jednocześnie obrazując skalę wyzwań związanych z tym zagadnieniem.

Przy tak zarysowanej koncepcji Przemysł 4.0. powinien bazować na najnowszych osiągnięciach naukowych i technologicznych. Ich wykaz zaprezentowali Stadnicka, Zielecki i Sęp, zaliczając do nich:

- autonomiczne roboty,
- techniki symulacyjne i prognostyczne,
- integrację pionową i poziomą oprogramowania,
- przemysłowy Internet Rzeczy,
- wykorzystanie chmury obliczeniowej dla dużej liczby zebranych danych,
- wykorzystanie technologii addytywnych,
- wykorzystanie technologii rozszerzonej rzeczywistości lub wirtualnej rzeczywistości,

¹⁹ *Ibidem*, s. 6–7.

- systemy cyberfizyczne bazujące na sztucznej inteligencji i sieciach neuronowych,
- masową indywidualizację,
- cyberbezpieczeństwo²⁰.

Zaprezentowane elementy można podzielić na trzy konkretne grupy:

- technologiczne,
- informatyczne,
- systemowo-organizacyjne.

Do grupy elementów technologicznych zalicza się autonomiczne roboty, technologię rozszerzonej rzeczywistości i wykorzystywanie technologii addytywnej. W grupie elementów informatycznych wskazuje się: Internet Rzeczy, symulacje i prognozowanie, wykorzystywanie chmury obliczeniowej, wirtualną rzeczywistość i cyberbezpieczeństwo. Trzecia grupa elementów – systemowo-organizacyjna – zawiera w sobie systemy cyberfizyczne wraz z masową indywidualizacją (*mass customization*).

Rojko, dokonując badań literatury związanych z koncepcją *Industry 4.0.*, wyróżniła cztery podstawowe pojęcia, pojawiające się najczęściej w literaturze przedmiotu, tzn.:

- systemy cyberfizyczne (*Cyber-Physical Systems* – CPS),
- Internet Rzeczy (*Internet of Things* – IoT),
- Internet Usług (*Internet of Services* – IoS),
- inteligentna fabryka (SF – *Smart Factory*)²¹.

Systemy cyberfizyczne powstały na bazie rozwoju informatyki i technologii informatycznych w końcu XX wieku. W roku 2008 pojęcie systemów cyberfizycznych zaproponował Lee. Określił on CPS jako zintegrowane systemy obliczeń i fizycznych procesów, w których zainstalowane w procesach fizycznych komputery i sieci monitorują i kontrolują procesy fizyczne, a pętla sprzężenia zwrotnego pozwala komputerom wpływać na procesy i odwrotnie²². CPS są zatem połączeniem fizycznego i wirtualnego świata²³.

Jak podaje Bauernhansl, rozwój systemów cyberfizycznych charakteryzowały trzy podstawowe fazy:

- bazująca na systemach RFID (*Radio Frequency Identification* – identyfikacja wykorzystująca częstotliwości radiowe), pozwalająca dokonywać jednoznacznej identyfikacji,

20 D. Stadnicka, W. Zielecki, J. Sęp, *Koncepcja Przemysł 4.0 – ocena możliwości wdrożenia na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s. 472–483.

21 A. Rojko, *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*, „International Journal of Interactive Mobile Technologies” 2017, vol. 11, no. 5, s. 77–90.

22 E.A. Lee, *Cyber Physical Systems: Design Challenges*, 11th IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (IORC), s. 363.

23 H. Kagermann, *Chancen von Industrie 4.0 nutzen*, [w:] B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, M. ten Hompel (red.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4*, Springer Reference Technik. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg 2017, s. 235.

- bazująca na generacji systemów CPS, przez co wzbogaciła się o sensory i siłowniki z ograniczonym zakresem funkcji,
- wykorzystująca magazynowanie i analizowanie danych wspierające zwielokrotnione czujniki i siłowniki w ramach kompatybilnej sieci²⁴.

Drugi z kluczowych składników I 4.0 to Internet Rzeczy. Giusto, Iera, Morabito, Atzori stwierdzili, że IoT pozwala różnorodnym obiektom fizycznym wchodzić w interakcje z otoczeniem. Oczywiście obiekty te poprzez unikalne schematy adresowania wykorzystują do tego celu technologię RFID, czujniki, siłowniki, a także technologię urządzeń mobilnych (np. telefonów), ale ich nadrzędnym kierunkiem działań jest współpraca zmierzająca do osiągnięcia konkretnego celu²⁵.

Trzeci z omawianych komponentów to Internet Usług. Według Buxmanna, Hessa i Ruggabera, IoS umożliwia dostawcy usług świadczenie jego oferty poprzez Internet. W zależności od posiadanego przez dostawcę poziomu digitalizacji usługi mogą być oferowane globalnie, przy czym są regulowane światowym zapotrzebowaniem na nie. Zdaniem wspomnianych autorów, IoS składa się z uczestników, infrastruktury usługowej, modeli biznesowych, a także samych usług, które są oferowane i łączone w ramach wartości dodanej usług przez różnorodnych dostawców. W ramach IoS zarówno klient, jak i użytkownik poprzez różnorodne kanały komunikacji mają możliwość korzystania z usług. Koncepcja ta pozwala przewidywać, że IoS doprowadzi do sytuacji, kiedy fizyczne przepływy materiałów, surowców i informacji o nich pochodzące z pojedynczych fabryk będzie się włączać w globalną sieć wartości dodanej końcowego wyrobu. Może się okazać, że fabryki zaczną odchodzić od produkcji konkretnych wyrobów na rzecz oferowania konkretnych usług procesów technologicznych w ramach globalnej gospodarki. Oczywiście platformą umożliwiającą komunikację przedsiębiorstw stanie się właśnie IoS²⁶.

Systemy cyberfizyczne, Internet Rzeczy oraz Internet Usług tworzą kluczową cechę koncepcji I 4.0 – inteligentną fabrykę. Lucke, Constantinescu, Westkämper definiują za Niemiecką Fundacją Badawczą (*German Research Foundation – Deutsche Forschungsgemeinschaft – DFG*) SF jako fabrykę oferującą kontekstową pomoc ludziom i maszynom w realizacji ich zadań²⁷. Już w latach dziewięćdziesiątych

24 T. Bauernhansl, *Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigm*, [w:] T. Bauernhansl, M. Ten Hompel, B. Vogel-Heuser (red.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*, Springer Vieweg, Wiesbaden 2014, s. 16–17, [za:] M. Hermann, T. Pentek, B. Otto, *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, Proceeding of 49th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, Koloa, USA 2016, s. 8–9.

25 D. Giusto, A. Iera, G. Morabito, L. Atzori (red.), *The Internet of Things. 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications*, Springer-Verlag, New York 2010, s. V (Preface).

26 P. Buxmann, T. Hess, R. Ruggaber, *Internet of Services*, „Business & Information Systems Engineering” 2009, vol. 5, s. 341–342.

27 D. Lucke, C. Constantinescu, E. Westkämper, *Smart Factory – A Step towards the Next Generation of Manufacturing*, [w:] M. Mitsuishi, K. Ueda, F. Kimura (red.), *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, Springer, London 2008, s. 115–116.

ubiegłego wieku Weiser²⁸ zaprezentował wizję inteligentnej fabryki jako fizycznego świata ściśle i niewidocznie łączącego się z czujnikami, siłownikami, wyświetlaczami i komputerami połączonymi siecią oraz płynnie osadzonymi w codziennym życiu zakładu. Przy takim założeniu koncepcja inteligentnych fabryk umożliwia odbiór, dystrybucję i dostęp do informacji związanych z procesami wytwarzania w dowolnym czasie i miejscu. SF to kontekstowe środowisko produkcji będące w stanie poradzić sobie z różnorodnymi problemami podczas procesów wytwarzania, używając w tym celu zcentralizowanych informacji i struktur komunikacyjnych służących optymalnemu zarządzaniu procesem produkcyjnym²⁹. Zaprezentowana koncepcja *Smart Factory* wykorzystuje do swojej działalności wspomniane już wcześniej grupy osiągnięć naukowych i technologicznych w obszarze technologicznym, informatycznym i systemowo-organizacyjnym.

Wraz z pojawieniem się koncepcji *Industry 4.0*, która w zasadzie daje nieograniczone możliwości w kontekście wytwarzania, pojawiają się także wyzwania związane ze sferą kapitału ludzkiego. Firma konsultingowa Deloitte opublikowała w 2018 roku raport³⁰ pokazujący, jak zmieniają się sami pracownicy i ich kompetencje wskutek wdrażania koncepcji *Industry 4.0*. Stanowiska te zostały opisane z punktu widzenia samych pracowników, z uwzględnieniem tego, jak zmieniła się ich praca, jakie posiadają umiejętności i jakie ścieżki kariery realizują, jakie narzędzia cyfrowe pomagają im w pracy oraz jak wygląda ich zwykły dzień pracy. Te przyszłe zawody odzwierciedlają wyniki badań firmy Deloitte nad luką w umiejętnościach w przemyśle wytwórczym i odzwierciedlają kilka ważnych zagadnień:

- włączanie ludzi do pętli (układów cyberfizycznych),
- rozszerzenie umiejętności cyfrowych i „miękkich”,
- wykorzystanie zestawu narzędzi cyfrowych.

Wśród przyszłych zawodów firma Deloitte wskazała:

- **inżynierów ds. bliźniaków cyfrowych** – ich zadaniem jest tworzenie wirtualnego odwzorowania elementów fizycznych, dynamiki działania i interakcji produktu połączonego z Internetem Rzeczy w jego otoczeniu, w całym cyklu jego życia; umożliwiają oni wirtualny wgląd w jakikolwiek zasób fizyczny, system lub strukturę, które mogą znajdować się w dowolnym miejscu, a w ten sposób pomagają zoptymalizować dany projekt, monitorować wydajność jego poszczególnych elementów czy też przewidywać czynności konserwacyjno-naprawcze,
- **analityków sieci dostaw predyktywnych** – pracownicy ci stanowią połączoną i zintegrowaną część szerszej cyfrowej sieci dostaw (DSN – *Digital Supply Network*) w swojej organizacji; poprzez wykorzystanie narzędzi cyfrowych,

28 M. Weiser, *The Computer for the Twenty-First Century*, „Scientific American” 1991, vol. 9, s. 102–104.

29 D. Lucke, C. Constantinescu, E. Westkämper, *Smart Factory...*, s. 116.

30 Deloitte, *The skills gap in US manufacturing 2015–2025 outlook*, 2018, <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/boiling-point-the-skills-gap-in-us-manufacturing.html> [dostęp: 23.03.2022].

uczenie maszynowe oraz obliczenia kognitywne doprowadzają do zoptymalizowanego przepływu materiałów i wyrobów gotowych (w ramach DSN) w celu realizacji dostaw w systemie *Just in Time* (JiT – dokładnie na czas) w oparciu o takie wskaźniki jak zadowolenie klienta, produktywność i marża,

- **koordynatorów zespołów robotów** – zadaniem tych pracowników jest szkolenie ludzi i robotów do wspólnej pracy; stanowią oni rozwinięcie typowych inżynierów procesów i ekspertów ds. zarządzania zmianą w przedsiębiorstwach produkcyjnych; zazwyczaj projektują procesy biznesowe, które integrują robotykę z operacjami produkcyjnymi i dystrybucyjnymi, uwzględniając jednocześnie trwałe umiejętności ludzkie, które pracownicy wnoszą do strumienia wartości,
- **kierowników oferty cyfrowej** – ponieważ przewiduje się, że *Big Data* stanie się dość szybko nową normą rosnącą w tempie wykładniczym, do dyspozycji przedsiębiorstw będzie ogromna ilość danych o klientach, co przedsiębiorstwa będą wykorzystywać, tworząc zindywidualizowane oferty; doprowadzi to do powstania zapotrzebowania na specjalistów nazywanych menedżerami oferty cyfrowej; będą to osoby wywodzące się ze ścieżki kariery menedżera produktu, koncentrujące się na identyfikowaniu i tworzeniu nowych ofert produktowych dla organizacji, które będą całkowicie cyfrowe (zbudowane z danych, kodu, analiz i dostarczane wirtualnie), a tym samym całkowicie różne od produktów fizycznych wytwarzanych tradycyjnie przez organizacje,
- **koordynatorów ds. danych z dronów** – ponieważ zakłada się, że autonomiczne drony, dźwigi, roboty i inne zautomatyzowane urządzenia wykonywać będą powtarzalne, ciężkie i niebezpieczne zadania, konieczne okaże się stanowisko koordynatora, który będzie wykorzystywał dane z flot dronów; rolą tych pracowników będzie także koordynacja z dostawcami usług świadczonych przez te maszyny oraz odpowiedzialność za cykl życia pozyskanych przez nie danych,
- **menedżerów inteligentnej fabryki** – tego typu menadżerowie mają znacznie szerszy zakres swojej odpowiedzialności, który zawiera zarządzanie operacjami produkcyjnymi, jakością, projektowaniem i inżynierią produktu, oraz rozszerzone obowiązki w zakresie technologii informatycznych i cyberbezpieczeństwa; ich zadaniem jest integracja zaawansowanej produkcji, bezpiecznej łączności oraz analityki danych w celu osiągnięcia nowego poziomu całkowitej efektywności wyposażenia (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*),
- **inteligentnych planistów** – mają za zadanie wykorzystanie inteligentnych i połączonych technologii do opracowywania i utrzymywania harmonogramów prac; ponieważ wiele zadań związanych z harmonogramowaniem jest zautomatyzowanych, śledzenie pracy, sprzętu i surowców staje się zdigitalizowane, a wydajność da się rejestrować w czasie rzeczywistym; inteligentny planista tworzy z tych działań cyfrowy wątek, korzystając z niestandardowych aplikacji lub gotowych narzędzi cyfrowych od mapowania postępów prac po zapewnianie dostępności materiałów, siły roboczej i sprzętu dokładnie na czas,

- **inteligentnych inspektorów bezpieczeństwa** – rola tej grupy pracowników dotyczy zarządzania aspektami bezpieczeństwa, zdrowia i ochrony środowiska w dobie wykorzystania autonomicznego sprzętu, bezzałogowych dronów i zaawansowanych materiałów; biegła znajomość zaawansowanych technologii, stanowiąca swoisty kanał wiążący je jak okulary rzeczywistości rozszerzonej (AR – *Augmented Reality*), inteligentne kaski lub odzież itp. połączone z przypadkami użycia w celu stworzenia bezpiecznego i wydajnego miejsca pracy, powinny stanowić sens ich działań,
- **kontrolerów lotów miejskiej mobilności powietrznej (*The Urban Air Mobility* – UAM)** – Deloitte przewiduje, że w ekosystemie miejskiej mobilności powietrznej może dojść do komercyjnego sukcesu zdalnie zarządzanych taksówek powietrznych, które utworzą drogę pojazdom autonomicznym; chociaż autonomiczne taksówki powietrzne wyeliminowałyby potrzebę obecności pilota w pojeździe, to jednak niezbędne byłoby posiadanie kontrolera, znajdującego się w centrach operacyjnych, który mógłby zdalnie zarządzać i monitorować pojazdy do przewozu pasażerów i ładunków,
- **„inteligentnych” kierowników ds. zapewnienia jakości** – kontrola jakości, która opierała się na kontroli i interwencji człowieka, w przypadku *Industry 4.0* będzie zautomatyzowanym, inteligentnym procesem obsługiwanym przez systemy wizyjne i analitykę w czasie rzeczywistym; przewiduje się, że zarządzanie jakością produktów będzie w pełni wykorzystywać technologie cyfrowe, co z kolei będzie wymagać nadzoru nad ekosystemem czujników maszyn i centrów roboczych, pulpitów analitycznych opartych na sztucznej inteligencji (AI – *Artificial Intelligence*), nad uczeniem maszynowym oraz technologiami wspierającymi rzeczywistość wirtualną³¹.

Zaprezentowane zawody pozwalają jeszcze dobitniej uwypuklić wpływ czwartej rewolucji przemysłowej na zmiany nie tylko w sferze gospodarczej, ale także społecznej. Nietrudno zatem się dziwić, że niemniej istotnym pojęciem pojawiającym się w ramach Przemysłu 4.0 jest Społeczeństwo 5.0 (*Society 5.0* – S 5.0).

Pereira, Lima i Charrua-Santos³² definiują Społeczeństwo 5.0 jako nurt aktywności społecznych koncentrujący się na umieszczeniu człowieka w centrum zmian technologicznych i innowacyjnych, które są realizowane dla dobra ludzkości. S 5.0 jest uważane za cichą rewolucję społeczną zapoczątkowaną w Japonii i nazwaną Społeczeństwem 5.0 przez Japońską Federację Biznesu – Keisanren – w 2018 roku³³. Główny cel Społeczeństwa 5.0 stanowi podniesienie jakości życia ludzi z wykorzystaniem potencjału zdobytego przez Przemysł 4.0. Koncepcja ta zakłada konieczność zmian społecznych, które będą wymuszone poprzez wykorzystywanie zaawansowanych technologii *Industry 4.0*, takich jak: big data, robotyka,

31 *Ibidem*.

32 A.G. Pereira, T. Lima, F. Charrua-Santos, *Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats*, „International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)” 2020, January, vol. 8, issue 5.

33 <https://www.keidanrendgs-world.com/> [dostęp: 22.03.2022].

sztuczna inteligencja, dostawy dronami i autonomiczne ciężarówki. Rozwój społeczny obejmuje także szkolenia służące osiągnięciu celów zrównoważonego rozwoju oraz stworzenie superinteligentnego społeczeństwa.

Społeczeństwo 5.0 łączy transformację cyfrową z kreatywnością różnych ludzi na rzecz zrównoważonego rozwoju poprzez rozwiązywanie problemów i tworzenie wartości, a także umożliwia osiągnięcie celów zaproponowanych przez Organizację Narodów Zjednoczonych w zakresie zrównoważonego rozwoju. Społeczeństwo 5.0 koncentruje się na zastosowaniu technologii w ciągłym rozwoju i innowacji stymulowanych przez Przemysł 4.0, aby rozwiązywać problemy ludzkości, takie jak starzenie się populacji, klęski żywiołowe, katastrofy naturalne, nierówności społeczne, bezpieczeństwo i poprawa jakości życia ludzi. Integracja technologii ze społeczeństwem będzie miała kluczowe znaczenie w najbliższej przyszłości z korzyścią dla ludzkości³⁴.

Obraz, który wyłania się z tego przeglądu literatury, pokazuje, że rzeczywistość *Industry 4.0* nie jest do końca określona. W chwili obecnej nie ma zgody co do tego, jak będzie wyglądał Przemysł 4.0, ale wiadomo już, że konieczna jest zmiana obecnych norm i paradygmatów napędzana przez cyfrowe technologie informacyjne. Doyle-Kent i Kopacek³⁵ wskazali siedem kluczowych obszarów, którymi trzeba będzie się zająć, aby czwarta rewolucja przemysłowa nie przyniosła negatywnych skutków wpływających na przyszłość ludzkości. Zaliczyli do nich:

- **edukację i umiejętności** – na ile obecne systemy edukacyjne są w stanie przygotować absolwentów do wyzwań wysoce zautomatyzowanego i zrobotyzowanego cyfrowego przemysłu,
- **środowisko pracy** – bezpieczeństwo i ergonomia miejsca pracy podczas użytkowania nowych technologii, a także satysfakcja z wykonywanej pracy i motywacja do niej,
- **zależność pomiędzy wydajnością a pracą** – przeciwdziałanie nierównościom w miejscu pracy oraz znalezienie swoistego optimum pomiędzy wydajnością a płacą,
- **zapewnienie wykorzystania najlepszych technologii przy utrzymaniu obecnego zatrudnienia** – podejmowanie optymalnych decyzji w sferze wytwarzania wykorzystujących najnowsze technologie przy jednoczesnym utrzymaniu zatrudnienia,
- **optymalną charakterystykę produktu** – spersonalizowane, przyjazne środowisku, a jednocześnie optymalne w układzie czasu jakość, koszty, architektura produktu,
- **ochronę środowiska** – realizacja celów zrównoważonego rozwoju oraz minimalizacja śladu węglowego,

34 A.G. Pereira, T. Lima, F. Charrua-Santos, *Industry 4.0 and Society 5.0...*, s. 3305–3307.

35 M. Doyle-Kent, P. Kopacek, *Industry 5.0: Is the Manufacturing Industry on the Cusp of a New Revolution?*, Proceedings of the International Symposium for Production Research 2019, Vienna, Austria 2019, s. 438.

- **rządzenie i etykę** – zarządzanie nowymi technologiami w kierunku sprawiedliwości społecznej oraz wyznaczenie standardów moralnych i etycznych wykorzystywanych w podejmowaniu decyzji.

Niektórzy autorzy upatrują w połączeniu zagadnień Społeczeństwa 5.0 oraz Przemysłu 4.0 kolejnego, piątego już etapu rewolucji przemysłowej – Industry 5.0, czyli od cyfrowej produkcji do cyfrowego społeczeństwa³⁶.

Bharati zdefiniował Przemysł 5.0. jako zbiór technologii, których przedsiębiorstwa potrzebują, aby rozwijać swoje inicjatywy innowacyjne i szybko reagować na zmieniające się rynki. Skupia się on przede wszystkim na analityce predykcyjnej, wzajemnej łączności, uczeniu maszynowym i technologii cyfrowej, a jego celem jest zrewolucjonizowanie sposobu funkcjonowania i rozwoju przedsiębiorstw. Przemysł 5.0 ma umożliwiać użytkownikom – od dostawców po konsumentów – gromadzenie, analizowanie i wykorzystywanie informacji w czasie rzeczywistym w celu usprawnienia i udoskonalenia działania, projektów i produktów dzięki natychmiastowym informacjom zwrotnym, co zwiększy wydajność produkcji³⁷.

Wraz z *Industry 5.0* pojawia się także pojęcie *Business Intelligence* (BI – analityka biznesowa). Definiuje się ją jako proces podejmowania decyzji wspierany przez integrację i analizę zasobów danych organizacji. W rzeczywistości BI odgrywa coraz bardziej krytyczną rolę w wielu rodzajach organizacji, ponieważ – jako że informacja została uznana za najcenniejszy składnik majątku organizacji – analityka biznesowa jest podstawowym zasobem dla rozwoju danych. Obecnie stanowią one nową klasę aktywów ekonomicznych, podobną do waluty czy złota. BI stało się więc wyzwaniem dla technologii informacyjnych (Przemysłu 4.0), a także bardzo ważnym zagadnieniem z zakresu zarządzania. Znaczenie *Business Intelligence* zostało szczególnie docenione przy rozwijaniu możliwości podejmowania decyzji opartych na analityce, odzwierciedlonych w oprogramowaniu i systemach komputerowych. Środowiska biznesowe stają się coraz bardziej złożone w kontekście Przemysłu 4.0. Dlatego też, aby szybko reagować na tych dynamicznych rynkach, organizacje potrzebują innowacji i zaawansowanych technologii. W tym kontekście narzędzia technologiczne, takie jak *Business Intelligence*, są potrzebne zarówno do przetwarzania informacji, jak i do podejmowania właściwych decyzji na poziomie przedsiębiorstwa. Jeśli to narzędzie technologiczne zostanie wdrożone w organizacji, może przynieść szereg korzyści, takich jak architektura, efektywne zarządzanie informacjami i danymi klientów. Dzięki takiemu podejściu przedsiębiorstwa mają szansę uzyskać jaśniejszy obraz tego, jak ważna staje się BI w różnych środowiskach³⁸.

36 P.O. Skobelev, S. Borovik, *On the Way From Industry 4.0 to Industry 5.0: From Digital Manufacturing to Digital Society*, „International Scientific Journal Industry 4.0” 2017, Year II, issue 6, s. 307–311.

37 S. Bharati, *Business Intelligence and Industry 5.0*, „Journal of the International Academy for Case Studies” 2021, vol. 27, special issue 3, s. 1–2.

38 C.A. Tavera Romero, J.H. Ortiz, O.I. Khalaf, A. Ríos Prado, *Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0*, „Sustainability” 2021, vol. 13(18), s. 1–2.

Industry 5.0, zdaniem Doyle-Kenta i Kopaceka, przyniesie nowe wyzwania dla ludzkości. Niszczenie naszego środowiska naturalnego, jak również rosnące nierówności w dochodach staną się w przyszłości ogólnoswiatowym kryzysem. Nieliczni będą posiadać większość światowego bogactwa i kontroli. Automatyzacja w coraz większym stopniu będzie zmieniać dynamikę siły roboczej. Praca zostanie sklasyfikowana jako „wysoce narażona na automatyzację” lub „mniej narażona na automatyzację” z zamiarem wprowadzenia robotyki wszędzie tam, gdzie jest to możliwe. Nowy rodzaj pracy, powstający w zautomatyzowanym środowisku, będzie wymagał wysokich umiejętności, które w przypadku większości ludzi pozostaną poza ich zasięgiem. Obecne techniki bezpieczeństwa w sieci staną się przestarzałe. Międzynarodowe prawo, regulacje i zarządzanie będą musiały zostać na nowo opracowane, aby były elastyczne i adekwatne do pojawiających się wyzwań. Piąta rewolucja przemysłowa jeszcze się nie urzeczywistniła i obecnie jest to tylko ćwiczenie polegające na przewidywaniu tego, co ma nastąpić, w oparciu o przyszłe technologie i trendy³⁹.

Swoistą zbieżność nauki i technologii w Społeczeństwie 5.0 zaprezentowali Skobelev i Borovik⁴⁰. Wyróżnili oni konwencjonalną „piramidę nauk i technologii”, składającą się z siedmiu warstw, których konwergencja, zdaniem autorów, może zapewnić przejście do Społeczeństwa 5.0. Rozkład warstw w piramidzie następuje od dołu w procesie abstrahowania od świata rzeczywistych obiektów (może zawierać elementy AI) do koncepcji Społeczeństwa 5.0, które może obejmować evergetykę (*Evergetics* – dobrostan), czyli nową teorię intersubiektywnych procesów zarządzania w życiu codziennym, oraz sztuczną inteligencję emergentną. Do kolejnych warstw piramidy autorzy zaliczyli:

- **nowe typy komputerów rozproszonych i „rój robotów”** – technologie te stanowią bazę sprzętową do tworzenia intelektualnych systemów samoorganizujących się różnych typów; rozproszone sieci komputerowe mają złożoną topologię oraz budowę i umożliwiają wielowątkowe obliczenia równoległe i asynchroniczne; z kolei „roje robotów” reprezentują samoorganizujące się grupy nie tylko robotów, ale także rozproszonych, inteligentnych systemów technicznych,
- **Internet Rzeczy i Ludzi – Internet Wszystkiego (IoE – *Internet of Everything*)** – intensywnie rozwijająca się technologia, która uzupełnia tradycyjny i powszechny Internet Ludzi, a także stanowi podstawę automatyzacji w Przemśle 4.0; wykorzystuje i wymaga rozwoju wielu perspektywicznych technologii, m.in. czujników (czujniki intelektualne, inteligentny pył itp.) czy też elementów telekomunikacji (RFID, NFC – *Near Field Communication* – komunikacji zbliżeniowa, Wi-Fi – *Wireless Fidelity* – łączność bezprzewodowa, 6LoWPAN – IPv6 Low-Power Wireless Personal Area Networks – bezprzewodowe sieci osobiste małej mocy wykorzystujące protokoły IP wersja 6);

39 M. Doyle-Kent, P. Kopacek, *Industry 5.0: Is the Manufacturing...*, s. 432.

40 P.O. Skobelev, S. Borovik, *On The Way From Industry 4.0 to Industry 5.0...*, s. 308–309.

technologie te nie powinny być technologiami dla samych technologii, ale muszą zostać ukierunkowane na poprawę jakości życia ludzi,

- **systemy i technologie wieloagentowe** – sieć słabo połączonych rozwiązujących prywatne problemy agentów, którzy istnieją w ogólnym środowisku i współdziałają między sobą dla osiągnięcia różnorodnych celów systemu; ponieważ wdrażanie technologii IoE zakłada przeniesienie obliczeń do świata wirtualnego (chmury obliczeniowej), gdzie każdy wirtualny bliźniak obiektów świata rzeczywistego działa zgodnie z wybranym algorytmem i regułami, do komunikacji między światem rzeczywistym i wirtualnym wykorzystuje się agentów intelektualnych; mogą oni odbierać informacje ze świata rzeczywistego, podejmować decyzje i koordynować je z innymi obiektami lub użytkownikami w czasie rzeczywistym,
- **ontologia i bazy wiedzy** – ontologia rozumiana przez pewien ogólny słownik pojęć używanych jako elementy konstrukcyjne w systemach obsługi informacji; podejście ontologiczne zostało szeroko przyjęte w systemach wieloagentowych, gdzie ontologie są w istocie bazami wiedzy agentów intelektualnych, zawierającymi wiedzę zarówno o konkretnej dziedzinie danych, jak i należąca do metod podejmowania decyzji; na podstawie ontologii agenci mają możliwość wyszukiwania informacji w bazach wiedzy i stosowania ich do wymiany komunikatów,
- **teoria złożonych systemów adaptacyjnych** – nieregularne kształty systemów żywych powstają w wyniku adaptacyjnych zachowań prostych, a te z kolei można sprowadzić do sekwencji mikrointerakcji z otoczeniem, z których składa się dynamika bardziej złożonych struktur (np. mrowisko, rój pszczół, stado ptaków itp.); złożony system adaptacyjny posiada właściwości agregacji (hierarchia elementów, gdy proste elementy niższego poziomu tworzą elementy wyższego poziomu – agregaty), nieliniowości, przepływu zasobów (stała wymiana z otoczeniem i utrzymywanie wewnętrznego poziomu konwersji napływających zasobów), różnorodności (brak stanu równowagi),
- **inteligencja emergentna** – zjawisko o nieoczekiwanych właściwościach, polegające na tym, że większe jednostki powstają w wyniku interakcji pomiędzy mniejszymi lub prostszymi podmiotami w taki sposób, że większe jednostki wykazują właściwości, których nie da się zauważyć u mniejszych/prostszymi bytów; innymi słowy jest to globalne zachowanie systemu złożonego wyłaniające się z interakcji agentów i ograniczające ich zachowanie; zachowania te są nieprzewidywalne, ale nie przypadkowe; na ogół zazwyczaj zgadzają się z dostrzegalnymi wzorcami,
- **dobrostan (evergetyka)** – definiowany jest jako proces zarządzania organizacją w rozwijającym się społeczeństwie, którego każdy członek jest zainteresowany powiększaniem wytwarzanego przez siebie dziedzictwa kulturowego, co pociąga za sobą wzrost potencjału kulturowego społeczeństwa jako całości, a w konsekwencji wzrost udziału moralnych i etycznych decyzji menedżerskich oraz odpowiadających im działań dobroczynnych w życiu publicznym;

interdyscyplinarność evergetyki opiera się zarówno na naukach humanistycznych i społecznych, jak i na teorii sterowania, informatyce i innych dyscyplinach związanych z kategorią nauk ścisłych; taka multidyscyplinarność wynika z faktu, że człowiek w evergetyce jest traktowany z jednej strony jako podmiot, uzbrojony w metody i środki do badania sytuacji i podejmowania decyzji, a z drugiej strony jako przedmiot wychowania, kształcenia, kształtowania światopoglądu i umiejętności komunikowania się z innymi ludźmi⁴¹.

Do rozwiązań proponowanych przez *Industry 4.0*, które wpłyną (lub już wpływają) na logistykę i łańcuchy dostaw, zaliczyć można:

- systemy cyberfizyczne,
- wirtualną i rozszerzoną rzeczywistość,
- Internet Rzeczy, Usług, Wszystkiego,
- big data i chmurę obliczeniową,
- cyberbezpieczeństwo,
- evergetykę,
- uwarunkowania funkcjonowania Społeczeństwa 5.0.

Jak widać, zaprezentowane obszary rozwoju naukowego i społecznego wymagają wielodyscyplinarnej wiedzy. Będą one rozbudowywane w najbliższej przyszłości, stanowiąc swoistą odpowiedź na duże możliwości nowych technologii i faktu dostosowywania się do nich społeczeństw. Zmiany, które mogą zachodzić w logistyce i łańcuchach dostaw, wydają się dość trudne do przewidzenia, ponieważ technologie wykorzystywane w ramach czwartej rewolucji przemysłowej cały czas się rozwijają, znajdując nowe obszary zastosowań. Niemniej evergetyka oraz S 5.0 pokazują konieczność zmiany dotychczasowego podejścia do biznesu, co z kolei umożliwia tworzenie nowych modeli logistyki i łańcucha dostaw.

1.3. Zakłócenia w logistyce i łańcuchach dostaw

Proces globalizacji sprawił, że łańcuchy dostaw stały się nieco bardziej skomplikowane. Rosnąca liczba ogniw łańcucha dostaw, większe odległości pomiędzy współpracującymi organizacjami, sięgające często tysiące kilometrów, multikulturowość i inne uwarunkowania sprawiają, że realizacja logistycznej zasady 7R (właściwy produkt, o właściwej jakości i ilości, we właściwym stanie i miejscu, dostarczony do właściwego klienta o właściwym czasie i we właściwej cenie) – według Shapiro i Hesketta⁴² – staje się coraz bardziej skomplikowana.

41 *Ibidem*, s. 308–309.

42 R. Shapiro, J. Heskett, *Logistics Strategy – Cases and Concepts*, West Pub. Co., Minnesota 1986, s. 6.

Do roku 2019 świat logistyki i łańcuchów dostaw wykazywał wysoki poziom odporności na liczne zakłócenia. Należy jednak zauważyć, że obecna rzeczywistość pokazuje coraz większą niepewność. Między rokiem 1996 a 2022 ludzkość była świadkiem wielu rodzajów nieprzewidywalnych katastrof, takich jak:

- ataki terrorystyczne (np. World Trade Center i Pentagon 2001 rok),
- wojny (np. w Syrii od 2011 roku, Ukrainie od 2014 roku),
- trzęsienia ziemi i tsunami (np. Sumatra 2012 rok, Japonia 2011 rok, Chile 2010 rok),
- kryzysy gospodarcze (np. USA 2009 rok),
- pandemic (świńskiej grypy 2009–2010, SARS-CoV-2 2020 rok),
- strajki (zbyt wiele przykładów, aby je przytaczać),
- cyberprzestępczość (atak na British i Delta Airlines 2004 rok, atak na niemiecką hutę stali 2014 rok),
- błędy ludzi (kontenerowiec Ever Given 2021 rok),
- inne.

Tang podaje, że według dwóch niezależnych badań – jednego przeprowadzonego przez *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (www.cred.be) i drugiego wykonanego przez największego na świecie reasekuratora Munich Re (www.munichre.com) – dane historyczne wskazują, że łączna liczba klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka w latach 1996–2006 dramatycznie wzrosła, a średni ich koszt wzrósł dziesięciokrotnie od lat sześćdziesiątych⁴³.

W 2004 roku Chopra i Sodhi dokonali kategoryzacji rodzajów ryzyka związanych z łańcuchem dostaw oraz ich przyczyn (tabela 2).

Tabela 2. Kategorie ryzyka związane z łańcuchem dostaw i czynniki je powodujące

Kategoria ryzyka	Czynniki ryzyka
Zakłócenia	Klęska żywiołowa Spór pracowniczy Bankructwo dostawcy Wojna i terroryzm Uzależnienie się od jednego źródła dostaw oraz od możliwości i szybkości reakcji dostawców alternatywnych
Opóźnienia	Wysokie wykorzystanie mocy produkcyjnych u źródła dostaw Nieelastyczność źródła zaopatrzenia Niska jakość lub wydajność w źródle zaopatrzenia Nadmierna obsługa związana z przekraczaniem granic lub zmianą środka transportu
Systemy	Awaria infrastruktury informacyjnej Integracja systemów lub rozległe sieci systemów Handel elektroniczny

43 Ch.S. Tang, *Robust Strategies for Mitigating Supply Chain Disruptions*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2006, March, vol. 9, no. 1, s. 33.

Tabela 2 (cd.)

Kategoria ryzyka	Czynniki ryzyka
Prognozy	Niedokładne prognozy z powodu długich terminów realizacji, sezonowości Różnorodność produktów, krótkie cykle życia, mała baza klientów „Efekt byka” lub zniekształcenie informacji z powodu promocji sprzedaży, zachęt, braku widoczności łańcucha dostaw oraz wyolbrzymianie popytu w okresach niedoboru produktów
Własność intelektualna	Pionowa integracja łańcucha dostaw Globalny outsourcing i rynki Zamówienia publiczne Ryzyko kursowe Procentowy udział kluczowych komponentów lub surowców pozyskiwanych z jednego źródła Wykorzystanie mocy produkcyjnych w całej branży Kontrakty długoterminowe i krótkoterminowe
Należności	Liczba klientów Siła nabywcza klientów
Zapasy	Stopień przestarzałości produktów Koszt utrzymania zapasów Wartość produktów Niepewność popytu i podaży
Zdolności produkcyjne	Koszt zdolności produkcyjnej Elastyczność zdolności produkcyjnych

Źródło: S. Chopra, M.S. Sodhi, *Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown*, „MIT Sloan Management Review” 2004, vol. 46, s. 54.

Na podstawie tabeli 2 wyraźnie widać, że ryzyko związane z zaburzeniami łańcuchów dostaw może mieć różne oblicza: naturalne, ekonomiczne, społeczne, kulturowe, infrastrukturalne itp. Daghfous, Qazi i Khan wyodrębnili pięć podstawowych typów i zaliczyli do nich ryzyko:

- naturalne (powódzie, sztormy, pożary, epidemie),
- stworzone przez człowieka (wynikające z błędów, pomyłek, wypadków, umyślnego działania czy też sporów pracowniczych),
- systemów informacyjnych (hakerstwo, wirusy, włamania do systemów IT, odmowyostępów, uszkodzenia lub zniszczenia systemów IT),
- wynikające ze specyfiki organizacji (uzależnienie się od jednego dostawcy, niedokładność w realizacji zamówień, niepewność popytu, różnorodność produktów),
- międzyorganizacyjne (niepewność dostaw, brak elastyczności źródeł zaopatrzenia, kondycja finansowa członków łańcucha dostaw)⁴⁴.

44 A. Daghfous, A. Qazi, M. Khan, *Incorporating the Risk of Knowledge Loss in Supply Chain Risk Management*, „The International Journal of Logistics Management” 2021, vol. 32, no. 4, s. 1387.

Z kolei Christopher i Peck dokonali podziału ryzyka w zarządzaniu łańcuchem dostaw według następującego klucza:

- ryzyko wewnętrzne organizacji:
 - procesowe (odnoszące się do zakłóceń procesów wewnątrz organizacji wchodzących w skład subprocesów łańcucha dostaw),
 - kontroli (wynikające z błędnie przyjętych zasad kontroli wewnętrznej lub braku jej stosowania);
- ryzyko zewnętrzne organizacji, ale wewnętrzne, jeśli chodzi o sieć łańcucha dostaw:
 - popytowe (odnosi się do potencjalnych lub rzeczywistych zakłóceń w przepływie produktów, informacji, a także środków pieniężnych pochodzących z sieci, pomiędzy przedsiębiorstwem kluczowym a rynkiem),
 - dostaw (odpowiednik ryzyka popytowego, odnosi się do potencjalnych lub rzeczywistych zakłóceń w przepływie produktów lub informacji pochodzących z sieci, na wcześniejszym etapie łańcucha dostaw w stosunku do organizacji kluczowej);
- ryzyko zewnętrzne sieci łańcucha dostaw:
 - środowiskowe (zdarzenia mogące mieć bezpośredni wpływ na organizację lub na podmioty działające na wcześniejszym lub późniejszym etapie łańcucha dostaw, a nawet na sam rynek; dotyczące konkretnego strumienia wartości czy też dowolnego ogniw, przez które przechodzi łańcuch dostaw, np. ekstremalnych warunków pogodowych, klęsk żywiołowych, będące wynikiem wydarzeń społeczno-politycznych, gospodarczych lub technologicznych oddalonych od organizacji lub łańcucha dostaw, ale wywierających skutki uboczne)⁴⁵.

Należy zauważyć, że analizując zarówno kategorie ryzyka w łańcuchach dostaw, jak i ich przyczyny, żaden z przykładów zakłóceń łańcuchów dostaw nie wywarł tak dużego wpływu na nie i na logistykę jak pandemia SARS-CoV-2 (Covid 19) z 2020 roku.

Koronawirus SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome*) powoduje zespół ostrej ciężkiej niewydolności oddechowej. Wywołuje chorobę Covid-19, która jest ciężką chorobą układu oddechowego. Po raz pierwszy zidentyfikowano ją pod koniec lutego 2020 r. podczas epidemii, która wybuchła w Chinach i rozprzestrzeniła się na cztery inne kraje. SARS jest wirusem przenoszonym drogą powietrzną i może rozprzestrzeniać się przez małe kropelki śliny w sposób podobny do przeziębienia i grypy. Jest to pierwsza ciężka i łatwo przenosząca się nowa choroba, która pojawiła się w XXI wieku i wykazała wyraźną zdolność do rozprzestrzeniania się na trasach międzynarodowych podróży lotniczych⁴⁶.

45 M. Christopher, H. Peck, *Building the Resilient Supply Chain*, „International Journal of Logistics Management” 2004, vol. 15, no. 2, s. 9–12.

46 https://www.who.int/health-topics/severe-acute-respiratory-syndrome#tab=tab_1 [dostęp: 1.04.2022].

Pandemia SARS-CoV-2 rozpoczęła się w mieście Wuhan w prowincji Hubei w Chinach w grudniu 2019 roku. U chorych występują objawy grypopodobne z suchym kaszlem, bólem gardła, wysoką gorączką i problemy z oddychaniem. Od początku pandemii do dnia 31 marca 2022 roku zarażonych zostało 485 243 022 (potwierdzonych zakażeń), zmarło zaś 6 137 553 osób, a pandemia rozprzestrzeniła się praktycznie na całym świecie (w zasadzie nieliczne państwa, takie jak Korea Północna czy Turkmenistan, nie przekazywały informacji na temat zakażeń do Światowej Organizacji Zdrowia – WHO, co oczywiście nie wykluczało, że dochodziło tam do zachorowań)⁴⁷.

Poparcie tezy mówiącej o tym, że pandemia Covid-19 jest jednym z większych wyzwań dla logistyki i łańcuchów dostaw można odnaleźć w raporcie Deloitte pod tytułem *Governments' response to COVID-19. From Pandemic Crisis to a Better Future*⁴⁸. Autorzy raportu wskazali trzy podstawowe czynniki, które różnią pandemię SARS-CoV-2 od zwykłych katastrof:

- fakt rozwijania się kryzysu w długim horyzoncie czasowym, co stanowi przeciwieństwo w stosunku do katastrof naturalnych, które trwają czasami sekundy, minuty lub godziny; Covid-19 jest katastrofą „spowolnionego tempa” (*slow motion*) rozwijającą się tygodniami i miesiącami,
- Covid-19 to katastrofa globalna, zakażony jest każdy region świata, co uniemożliwia przenoszenie różnorodnych zasobów z miejsc nienaruszonych pandemią do tych, w których już ona występuje (na szczęście doświadczenia zdobyte w jednym regionie mogą być wykorzystywane w tych, w których wirus pojawił się później),
- nowy wirus RNA (Covid-19)⁴⁹ ma wysoki stopień niepewności co do czasu wystąpienia, rozprzestrzeniania się i ostatecznych skutków; wiele jeszcze nie wiadomo, a oficjalne szacunki dotyczące wpływu wirusa, czasu jego trwania i możliwości ponownego wystąpienia różnią się od siebie⁵⁰.

Autorzy opracowania wskazali trzy podstawowe fazy przeciwdziałania pandemii:

- **odpowiedzi** na pandemię – charakteryzują się tym, że rządy mają do czynienia z natychmiastowym kryzysem, działają szybko, omijając wiele typowych procedur: nakaz zamykania przedsiębiorstw, ograniczanie podróży, realokacja zdolności produkcyjnych w celu zaspokojenia pilnych potrzeb medycznych oraz udzielanie natychmiastowej pomocy finansowej; w tym czasie

47 <https://covid19.who.int/> [dostęp: 1.04.2022]; I. Ali, O. Alharbi, *COVID-19: Disease, Management, Treatment, and Social Impact*, „Science of the Total Environment” 2020, vol. 728, s. 138861.

48 W. Eggers, M. Flynn, J. O’Leary, B. Chew, *Governments’ Response to COVID-19. From Pandemic Crisis To a Better Future*, Deloitte Insights 2020.

49 Choroba COVID-19 jest wywoływana przez SARS-CoV-2, betakoronawirusa, którego genom stanowi pojedyncza bardzo długa cząsteczka RNA, kodująca białka wirusowe, <https://www.iimcb.gov.pl/pl/aktualnosci/aktualne-informacje/1205-struktura-rna-genomu-koronawirusa-sars-cov-2-szczegolowo-zbadana> [dostęp: 6.04.2022].

50 W. Eggers, M. Flynn, J. O’Leary, B. Chew, *Governments’ Response to COVID-19...*, s. 7.

rządy powinny się skoncentrować na promocji bezpieczeństwa i ciągłości działania w każdej z aktywności państwa poprzez skupienie się na podstawowych kwestiach, a także na maksymalizacji elastyczności oraz szybkości działania,

- **naprawy po pandemii** – słabnące zagrożenie pozwala rządowi wejść w fazę naprawy, skupiając się na spłaszczaniu krzywej ożywienia gospodarczego i łagodzeniu szerszych skutków kryzysu, instytucje publiczne zaczną wracać do normy, rządy nadal będą działać szybko, prawdopodobnie skracając niektóre tradycyjne kontrole, ale z mniejszą liczbą jednostronnych działań wykonawczych; w tym czasie rządy powinny się skoncentrować na przywracaniu normalności, a także na maksymalizacji elastyczności oraz szybkości działania,
- **rozwoju** – po przetrwaniu kryzysu rządy rozważą długoterminowe ulepszenia działań publicznych, aby zapewnić, że będą mogły skutecznie reagować na przyszłe zagrożenia, stając się bardziej zaawansowanymi cyfrowo, ponownie ożywiając łańcuchy dostaw i monitorując przyszłe pandemie; stare zasady i przepisy powinny zostać poddane ponownej ocenie, dzięki czemu technologie, które wykazały swoją skuteczność podczas kryzysu, takie jak telezdrowie i praca zdalna, staną się stałymi opcjami w rządzie; w tym czasie rządy powinny się skoncentrować na długoterminowych usprawnieniach w sektorze publicznym, stworzyć lepsze podstawy na przyszłość oraz nowe poziomy elastyczności.

Każda z tych faz, zdaniem autorów opracowania, powinna znaleźć swoje zastosowanie w służbie zdrowia, ekonomii oraz w działalności rządu. Bardzo ciekawe, że autorzy zupełnie nie uwzględnili systemów edukacji, które pandemia Covid-19 wyraźnie zweryfikowała, a które – zdaniem autora – wymagają niemalże „rewolucyjnych” zmian.

Ponieważ działania rządów podczas pandemii Covid-19 wiązały się z całkowitymi lub częściowymi zamknięciami lub ograniczeniami w konkretnych branżach, trzeba mieć świadomość, że ponowny szybki powrót do krzywych popytu sprzed pandemii będzie bardzo trudny. Całkowicie lub też częściowo pozamykane branże HoReCa (hotele, restauracje, catering), lotnicze, sportowe, w tym fitness, fryzjerskie i kosmetyczne nie odbudują szybko swoich zasobów. Z kolei gwałtowny wzrost popytu na ochronę zdrowia, pracę zdalną, rządowe programy wsparcia, naukę na odległość, teleporady czy też wreszcie handel internetowy muszą zmienić podejście branży logistycznej do przyszłości.

Dość dobrze skutki pandemii dla globalnych łańcuchów dostaw i gospodarek wybranych państw opisali Bonadio, Zhen Huo, Levchenko i Pandalai-Nayar. Zdaniem tych autorów, globalne łańcuchy dostaw stanowią centralny element gospodarki światowej, a ponieważ większość krajów została przez pandemię zablokowana, pojawiają się obawy dotyczące zarówno teraźniejszości, jak i przyszłości. Covid-19 spowodował, że globalne łańcuchy dostaw przenoszą kryzys na inne kraje, dlatego autorzy przewidują, że przyszłość przyniesie co najmniej pewną renacjonalizację łańcuchów dostaw. Zauważyli oni także, że w sytuacji, gdy zamknięcia zagraniczne niewątpliwie przyczyniają się do rozmiarów spowolnienia gospodarczego

w poszczególnych krajach, to jednak większość spadków PKB wynika z krajowych polityk wykorzystywania całościowych lub częściowych zamknięć branż i sektorów. Dodatkowo zerwanie globalnych łańcuchów dostaw nie sprawi, że kraje będą bardziej odporne na pandemiczne szoki w podaży pracy. Dzieje się tak dlatego, ponieważ zmniejszenie znaczenia zagranicznych czynników produkcji automatycznie zwiększa znaczenie czynników krajowych. Jeśli zatem krajowe czynniki produkcji podlegać będą ograniczeniom, renacjonalizacja nie przyniesie właściwego efektu w złagodzeniu rozmiaru „kurczenia się” gospodarek. Skuteczność renacjonalizacji będzie zatem zależeć od wdrażania mniej rygorystycznych ograniczeń w danym kraju aniżeli w krajach partnerów handlowych i odwrotnie⁵¹.

Równie ciekawe badanie dotyczące wpływu pandemii na łańcuchy dostaw zaprezentowali Meyer, Walter i Seuring. Zauważają oni wyraźną zmianę tematyki omawianych na łamach prasy zagadnień związanych z logistyką i łańcuchami dostaw (odejście od kwestii zrównoważonego rozwoju na rzecz poszukiwania praktycznych rozwiązań dla przedsiębiorstw działających w kryzysie Covid-19). Autorzy wykorzystali technikę eksploracji tekstu artykułów prasowych z prasy ogólnej oraz specjalistycznej poświęconej zaopatrzeniu i logistyce. Wybrana technika – mimo ograniczeń – przyniosła ciekawe wyniki dostarczające pewnych wskazówek. Jeśli chodzi o wpływ pandemii koronawirusa na łańcuch dostaw, to w prasie ogólnej oprócz informacji na temat ludzi i kwestii zdrowotnych pojawiały się przede wszystkim doniesienia o zakłóceniach, żywności, przedsiębiorstwach i biznesie. Z kolei w prasie specjalistycznej, poświęconej łańcuchom dostaw, punkt ciężkości zmienił się z handlu, popytu, logistyki i produkcji w połączeniu z zakłóceniach, skutkami i ryzykiem na technologie, wzrost i handel, widoczna stała się także koncentracja na rozwiązaniach. Znaczenie zrównoważonych łańcuchów dostaw zarówno w prasie ogólnej, jak i w prasie specjalistycznej zostało przyćmione na początku epidemii koronawirusa przez braki i zakłócenia w dostawach, ale już po ich przywróceniu zrównoważony rozwój był szerzej dyskutowany, a w prasie specjalistycznej częściej omawiany w połączeniu z praktykami zarządzania łańcuchami dostaw, ryzykiem i odpornością. Autorzy potwierdzili także, że niektóre z prowadzonych obecnie badań skupiają się na zrównoważonych łańcuchach dostaw podczas COVID-19⁵².

Podobne zdanie co do wyjątkowości wpływu pandemii na łańcuchy dostaw zaprezentowali Xu, Elmori, Kerbache i El Omri. Uznali oni, że nie jest to pierwsza katastrofa, która gwałtownie uszkodziła globalne łańcuchy dostaw. Kilka innych wcześniejszych klęsk żywiołowych i katastrof naturalnych (wspomnianych już na początku tego rozdziału) doprowadziło do niedoborów części i produktów. Po tych wydarzeniach produkcja została jednak odbudowana w ciągu kilku tygodni. Jednak skutki COVID-19 różnią się od wszystkich poprzednich zdarzeń. Większość z nich, np. trzęsienia ziemi, tsunami, wypadki jądrowe, nuklearne czy też radiacyjne oraz

51 B. Bonadio, Z. Huo, A. Levchenko, N. Pandalai-Nayar, *Global Supply Chains in the Pandemic*, „Journal of International Economics” 2020, vol. 133, s. 22.

52 A. Meyer, W. Walter, S. Seuring, *The Impact of the Coronavirus Pandemic on Supply Chains and Their Sustainability: A Text Mining Approach*, „Frontiers in Sustainability” 2021, vol. 2, article 631182, s. 21.

wojny, jest zwykle ograniczona do określonych obszarów geograficznych i występuje w stosunkowo krótkim czasie. Z kolei wirus COVID-19 w ciągu czterech miesięcy od pojawienia się pierwszego ogniska rozprzestrzenił się po całej planecie, powodując całkowite zamknięcie milionów ludzi, a także przyczyniając się do częściowego lub pełnego wyłączenia głównych sektorów gospodarki. Problemem pandemii jest również to, że dość trudno przewidzieć, kiedy zostanie ona opanowana. Każdy pojedynczy zainfekowany obszar na kuli ziemskiej staje się niewątpliwie obszarem wysokiego ryzyka dla nowego wybuchu epidemii. W przeciwieństwie do innych klęsk żywiołowych lub katastrof spowodowanych przez człowieka COVID-19 nie tylko zakłócił lokalne łańcuchy dostaw, ale głęboko dotknął globalne łańcuchy dostaw na wszystkich etapach, od źródeł zaopatrzenia po klientów końcowych. Wirus pokazał, że przedsiębiorstwa są wzajemnie powiązane poprzez złożone sieci globalnych łańcuchów dostaw, w których podmioty działające na wcześniejszych etapach zostały dotknięte nieregularnym i trudno przewidywalnym zachowaniem podmiotów działających na dalszych etapach. Dotyczy to głównie dużych przedsiębiorstw, które doświadczają zakłóceń i bardzo gwałtownych zmian w popycie, powodując dobrze znany efekt „byczego bicza”⁵³, co z kolei okazuje się niszczące dla uczestników rynku wyższego szczebla, głównie małych i średnich przedsiębiorstw⁵⁴.

Ci sami autorzy zwrócili uwagę na fakt, że z powodu blokad wielu mieszkańców w swoich domach, a także całych miast ograniczona została dostępność zasobów ludzkich, surowców i materiałów eksploatacyjnych. Spowodowało to wyłączenie lub zawieszenie możliwości działania prawie wszystkich sektorów gospodarki. Jednak po stronie klientów rosło zapotrzebowanie związane z zapobieganiem zakażeniom COVID-19. Zakłócenia w handlu towarami i w łańcuchach dostaw oraz sytuacja pandemiczna spowodowały wysoki popyt na takie artykuły jak maski oraz materiały ochrony osobistej, równocześnie wywołując spadek popytu na elektronikę, jedzenie czy też produkty wysokich technologii. W branży zaawansowanych technologii, obejmującej produkty takie jak smartfony, zestawy do wirtualnej rzeczywistości i inne akcesoria techniczne łańcuchy dostaw zostały zatrzymane z powodu niedoborów różnych podzespołów i części. Przykładowo, firma Apple musiała opóźnić dostawy swoich nowych produktów na rynek z powodu zamknięcia zakładów Foxconn w Chinach, a Samsung i LG zawiesiły produkcję w swoich fabrykach w Korei Południowej i Indiach. Innym znanym przykładem jest Tesla Motors, która zamknęła swoje fabryki w Szanghaju, Kalifornii i Nowym Jorku. W sektorze lotniczym Airbus, Boeing i Lockheed wstrzymały produkcję w niektórych swoich placówkach w Europie i USA⁵⁵. W branży produkcji samochodów większość głównych producentów aut doświadczyła nieplanowanych

53 Efekt „byczego bicza” polega na braku możliwości dokładnego oszacowania popytu u poszczególnych uczestników łańcucha dostaw z powodu zmian popytu u odbiorców, które nie wynikają z faktycznej sprzedaży (np. gromadzenie zapasów u odbiorców w celach spekulacyjnych lub przyspieszenia reakcji na zamówienia).

54 Z. Xu, A. Elmori, L. Kerbache, A. El Omri, *Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains: Facts and Perspectives*, „IEEE Engineering Management Review” 2020, vol. 48, no. 3.

55 *Ibidem*, s. 155–156.

przestojów produkcyjnych w niektórych zakładach w Chinach i innych krajach. Volkswagen zamknął swoje zakłady motoryzacyjne w Chinach z powodu ograniczeń w podróżowaniu i braku części. General Motors ponownie uruchomił swoje chińskie zakłady, ale z bardzo niskim poziomem produkcji w zasadzie z tych samych powodów. Hyundai zamknął swoje zakłady montażowe w Korei Południowej głównie z powodu braku części z Chin, a fabryki Nissana w Azji, Afryce i na Bliskim Wschodzie wstrzymały produkcję. Podobnie wyglądała sytuacja w zakresie leków i sprzętu medycznego. Szacuje się, że chińscy producenci wytwarzają ok. 40% wszystkich aktywnych składników farmaceutycznych (API – *Active Pharmaceutical Ingredients*) stosowanych na całym świecie. Z kolei Indie, jako trzeci co do wielkości eksporter leków, także podczas pandemii COVID-19 borykały się głównie z problemem niedoborów surowców i materiałów (ponad 70% indyjskiej produkcji leków masowych opiera się na chińskiej). Analogicznie przedstawia się sytuacja z łańcuchami dostaw żywności. Niedobór siły roboczej i problemy transportowe doprowadziły do wyraźnych zakłóceń dostaw, np. ryżu z Indii czy też z Wietnamu. Brak kierowców ciężarówek, odwołane loty, czasochłonne inspekcje celne i kwarantanny utrudniały dostawy świeżej żywności⁵⁶.

Wzrost zapotrzebowania na środki ochrony osobistej, wynikający głównie z hospitalizowania i opieki nad osobami zarażonymi Covid-19, doprowadził do ich niedoboru na rynku. Sprawę utrudniał jeszcze fakt dezinformacji, co skutkowało panicznym wykupowaniem środków ochrony osobistej i gromadzeniem ich zapasów przez klientów. Ponieważ chińscy dostawcy byli prawie jedynymi sprzedawcami tego typu produktów, to szybko okazało się, że ich możliwości produkcyjne są niewystarczające z powodu priorytetowego traktowania popytu lokalnego. W tym kontekście różni producenci zdecydowali o wejściu w nowe obszary wytwarzania, aby zrekompensować panujące na rynku niedobory. Takie firmy jak Tesla Motors, Peugeot oraz konsorcjum innych producentów rozpoczęły np. produkcję respiratorów, a także połączyły siły z dostawcami środków ochrony indywidualnej, modyfikując swoje procesy, w celu wytwarzania nowych produktów.

Podobnie ucierpiały branża lotnicza (zatrzymanie podróży samolotami), przemysł tekstylny i odzieżowy oraz działalność detaliczna. Przemysł tekstylny i odzieżowy jest pracochłonnym i wysoce zglobalizowanym sektorem o długim czasie realizacji. Kwarantanna, zamykanie sklepów detalicznych i utrata dochodów, jak również obawa przed wydawaniem pieniędzy w czasie takiego kryzysu stłumiły popyt konsumentów na tekstylia i odzież oraz odbiły się na działalności detalicznej. W obliczu dominacji COVID-19 panika doprowadziła do tego, że ludzie zaczęli kupować z wyprzedzeniem podstawowe produkty, takie jak towary suche czy też papier toaletowy. Gwałtowny spadek zakupów nastąpił za to wśród artykułów gospodarstwa domowego czy też mebli⁵⁷.

W logistyce międzynarodowej na szlakach morskich, lotniczych i lądowych wystąpiły opóźnienia, przesunięcia terminów, odwołania i utrudnienia

56 *Ibidem*.

57 *Ibidem*.

spowodowane ograniczeniami w podróżowaniu na dużą skalę czy też zamknięciem granic. Głównym problemem, który dotknął sektor logistyczny, były braki pracowników na wszystkich etapach łańcucha dostaw. Z racji, że zarówno pracownicy zarządzający, jak i ci fizyczni byli niedostępni (ograniczenia związane z kwarantanną lub infekcjami, obostrzeniami w podróży czy też zamknięciem zakładów), niemożliwe stało się właściwe wykonywanie podstawowych procesów związanych z logistyką i łańcuchami dostaw, jak również z jakością i wytwarzaniem (np. niektórzy eksperci i technicy z danego kraju nie mogli udać się na linię montażową w innym państwie). Wstrzymanie lotów komercyjnych nie tylko utrudniło przemieszczanie się osób, ale także poważnie ograniczyło możliwości przewozu ładunków lotniczych, co z kolei utrudniało transport niezbędnych materiałów na całym świecie, takich jak sprzęt medyczny potrzebny do walki z epidemią (szacuje się, że około 50–60% wszystkich ładunków lotniczych jest przewożonych w brzuchu samolotów pasażerskich, a liczba lotów pasażerskich w 2020 roku spadła o ok. 95%)⁵⁸.

Kolejną przeszkodą dla globalnej logistyki były rygorystyczne ograniczenia eksportu, importu oraz uszczelnianie granic. W dobie pandemii logistyka między krajami doświadczyła znacznych zakłóceń. Co więcej, ograniczenia eksportowe nałożone przez niektóre kraje, np. Indie, Francję, Niemcy i USA, dotyczące takich produktów jak leki i sprzęt medyczny, opóźniały transakcje, a nawet uniemożliwiały wwóz i wywóz niektórych produktów z różnych krajów. Brak kierowców ciężarówek, którzy mogliby odbierać kontenery, oraz rygorystyczne kontrole i kwarantanna w urzędach celnych opóźniały dostawy towarów drogą morską, które stanowią 90% światowego wolumenu handlu. Malejący światowy handel kontenerowy przełożył się na spadek popytu na usługi żeglugi kontenerowej. Ponad 30% pojemności kontenerowej zostało usunięte z rynku z powodu „pustych” rejsów, a ich wskaźnik wyniósł 45% w handlu transpacyficznym⁵⁹.

Opisywane opracowanie wskazało także na pewne mechanizmy, które utrudniały działania. Autorzy zaliczyli do nich:

- zakłócenia ukryte w niższych warstwach łańcuchów dostaw – globalne łańcuchy dostaw tworzą systemy wielowarstwowe, tzn. przedsiębiorstwa mają na ogół dostawców pierwszego poziomu (rzędu), z którymi utrzymują najczęściej kontakt. Dostawcy pierwszego rzędu mają swoich dostawców (2 poziom), a ci – swoich (3 poziom). W czasie pandemii nielicznym organizacjom udało się śledzić wyższe poziomy dostawców, co stało się czynnikiem spowalniającym reagowanie na sytuacje kryzysowe. Co więcej, wielu producentów było uzależnionych tylko od jednego dostawcy, dla którego nie dało się odnaleźć dostawców alternatywnych;

58 A. Levin, *Airlines Ordered To Refund Cost Of Flights Canceled By Virus*, Bloomberg, New York, NY, USA, April 3, 2020, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-03/airlines-ordered-to-pay-refunds-for-flights-canceled-by-virus> [dostęp: 5.04.2022].

59 Z. Xu, A. Elmori, L. Kerbach, A. El Omri, *Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains...*, s. 156.

- posiadanie awaryjnych planów łagodzenia skutków w warunkach ścisłych ograniczeń czasowych – wiele przedsiębiorstw przeoczyło moment zamknięcia pierwszego miasta, obszaru czy też państwa jako ważny sygnał, który wkrótce doprowadzi do destabilizacji łańcucha dostaw, tym bardziej że – jak pokazała pandemia – pojawiające się podczas zamknięć (lockdownów – *lock down*) ograniczenia były nieprzewidywalne – przemieszczanie się pracowników, dystans społeczny w procesach wytwórczych lub logistycznych itp. Stworzono nawet miarę określającą bezwzględny czas reakcji (ART – *Absolute Response Time*) definiowany jako czas pomiędzy pojawieniem się pierwszego przypadku zakażenia koronawirusem, a obowiązkowymi ograniczeniami nałożonymi przez dany rząd – najkrótszy zaobserwowany został w Wuhan (23 dni), a najdłuższe w USA (62-dniowy) oraz w Niemczech (54-dniowy). Oznacza to, że osoby decydujące o dostawach miały realnie 3 tygodnie na wyszukanie i wybór alternatywnych dostawców. Inną miarą pojawiającą się w ramach rozważań nad skutkami pandemii Covid-19 w logistyce jest względny czas reakcji (RRT – *Relative Response Time*), który przedstawia rozpiętość czasową między ograniczeniami wprowadzonymi w Wuhan a tymi obowiązującymi w danym mieście lub kraju. Może to dać firmom więcej czasu na przygotowanie planów łagodzenia skutków tego typu zaburzeń łańcuchów dostaw. Monitorowanie tych wskaźników wymaga od osób zajmujących się łańcuchami dostaw gromadzenia informacji na temat trwającej pandemii, takich jak wskaźniki zakażeń, środki łagodzące przyjęte przez rządy w różnych krajach. Niestety, pandemia Covid-19 pokazała, że większość przedsiębiorstw nie poradziła sobie z pandemicznymi zakłóceniami;
- opóźnione reakcje na szybką odbudowę globalnych łańcuchów dostaw – przez ostatnie dekady większość przedsiębiorstw dążyła do poprawy wydajności i efektywności poprzez angażowanie się w koncepcję *Lean* (np. odchudzoną produkcję czy też wykorzystywanie technik takich jak *Just in Time*), co doprowadzało do minimalizacji zapasów. Z tego względu w sytuacjach zaburzeń łańcuchów dostaw dochodziło do ograniczenia elastyczności oraz zdolności reagowania. W wielu przypadkach odbudowa łańcuchów dostaw wiązała się z przekazaniem środków ochrony osobistej do wszystkich poziomów łańcucha dostaw, stanowiąc jedynie część planów odbudowy sieci. Ewidentnie zabrakło proaktywnych inicjatyw i strategii, aby osiągnąć elastyczność, szybkość reakcji i zdolność obserwacji zmian w łańcuchach dostaw (*visibility*)⁶⁰.

Ivanov oraz Dolgui⁶¹, podobnie jak firma Deloitte, zaproponowali grupę działań menadżerskich, które warto wykorzystywać w przypadku pandemii (tabela 3). Z ich analizy wynika jednoznacznie, że podjęto szereg działań menadżerskich z myślą o łańcuchach dostaw. Wśród tych inicjatyw można wskazać:

60 *Ibidem*, s. 157.

61 D. Ivanov, A. Dolgui, *OR-Methods for Coping with the Ripple Effect in Supply Chains during COVID-19 Pandemic: Managerial Insights and Research Implications*, „International Journal of Production Economics” 2021, vol. 232, s. 10.

- prognozowanie wpływu ewentualnych rozprzestrzeniających się zakłóceń na działanie łańcucha dostaw,
- przewidywanie okresów, w których łańcuchy dostaw mogą wytrzymać rozprzestrzenianie się zakłóceń i przetrwać pomimo braku ciągłości,
- identyfikacja dostawców i obiektów o krytycznym znaczeniu dla utrzymania działalności łańcuchów dostaw,
- wzmocnienie struktur łańcuchów dostaw,
- uwzględnienie środowisk postpandemicznych w przeprojektowywaniu łańcuchów dostaw itp.

Tabela 3. Rekomendowane działania menadżerskie w przypadku pandemii

Etap pandemii	Zastosowania w zarządzaniu
Przewidywanie i szybka identyfikacja zagrożeń	▪ identyfikacja krytycznych scenariuszy rozprzestrzeniania się zakłóceń zgodnie z dynamiką epidemii, ▪ prognozowanie wpływu ewentualnych rozprzestrzeniających się zakłóceń na działanie systemu SC, ▪ przewidywanie okresów, w których SC mogą wytrzymać rozprzestrzenianie się zakłóceń i przetrwać pomimo braku ciągłości, ▪ zidentyfikowanie dostawców i obiektów o krytycznym znaczeniu dla utrzymania działalności SC, ▪ wdrożenie struktur sieciowych „projektowania dla odporności”, ▪ wybranie i wzmocnienie struktur SC, aby przetrwać epidemię
Zabezpieczenie	▪ testy warunków skrajnych konfiguracji SC i planów dystrybucji produkcji dla niektórych scenariuszy dynamiki strukturalnej w oczekiwaniu na zamknięcie zakładu/rynku z powodu kwarantanny, ▪ analiza czasu przeżycia/powrotu do zdrowia, ▪ optymalizacja planów gotowości na wypadek sytuacji kryzysowych do zastosowania w różnych scenariuszach rozprzestrzeniania się epidemii
Kontrola i łagodzenie skutków	▪ przeanalizowanie wpływu rozprzestrzeniania się zakłóceń i dynamiki z adaptacjami zamówień, produkcji, a także kontroli zapasów polityki zamówień i kontroli zapasów, ▪ symulowanie i formułowanie polityki operacyjnej w warunkach pandemii, ▪ zbadanie realokacji podaży i popytu podczas pandemii z jednoczesnym uwzględnieniem zakłóceń wyższego szczebla i rynków, ▪ przeprojektowanie systemów SC pod kątem zmian w produkcji na nietypowe produkty (np. produkcja masek w zakładzie produkującym samochody), ▪ zaproponowanie planu naprawczego, wybór wraz z analizą harmonogramu i skali zamykania zakładów/rynków i otwarcia ich w różnych regionach geograficznych
Eliminacja	▪ uwzględnienie środowisk postpandemicznych w przeprojektowywaniu systemów SC, ▪ zbadanie istniejących i potencjalnych konfiguracji SC w warunkach postpandemicznych w bazie zaopatrzeniowej i na rynkach, ▪ analizowanie „ogonów zakłóceń” i długoterminowej stabilizacji systemów produkcyjno-magazynowych

Źródło: D. Ivanov, A. Dolgui, *OR-Methods for Coping with The Ripple Effect in Supply Chains...*, s. 10.

Powyższa tabela ewidentnie wskazuje na fakt, że łańcuchy dostaw będą musiały w niektórych przypadkach radykalnie się zmieniać.

Perspektywa pandemii zmodyfikowała punkt widzenia w odniesieniu do logistyki i łańcuchów dostaw. To, co dotychczas okazywało się rozwiązaniem efektywnym, co stanowiło element optymalnego zarządzania logistyką i łańcuchami dostaw, zostało zweryfikowane przez nową sytuację. Pandemia wymusiła zatem na świecie nauki i praktyki kontestację dotychczasowych „aksjomatów logistycznych”. Do najważniejszych z nich zaliczyć można dążenia do:

- minimalizacji stanu zapasów (w skrajnych przypadkach do ich braku) – brak zapasów podczas pandemii doprowadził do zrywania się łańcuchów dostaw oraz do nieplanowanych przestojów zakładów produkcyjnych,
- wdrażania systemów dostaw JiT – brak komponentów u producentów doprowadzał do zmniejszania mocy produkcyjnych, co z kolei uniemożliwiało dokonanie dostawy na czas,
- ekonomicznie uzasadnionego zatrudniania pracowników fizycznych zamiast gruntownego automatyzowania procesów – pandemia pokazała, że choroby, kwarantanny i podobne działania rządowe doprowadziły do braku możliwości realizacji celów operacyjnych z powodu niewystarczającego kapitału ludzkiego,
- współpracy oraz śledzenia działalności tylko najważniejszych partnerów łańcuchów dostaw (I poziomu),
- zapisów współpracy w formie sztywnych umów – pandemia wymusiła elastyczne zachowanie się wszystkich podmiotów łańcucha dostaw, ponieważ wzrosła świadomość, że jest to sytuacja, z którą jeszcze nowoczesny świat logistyki nie miał do czynienia,
- uwzględnienia w zarządzaniu ryzykiem większej liczby czynników.

Zakłócenia w logistyce i łańcuchach dostaw są zjawiskiem powszechnym. Wiele przedsiębiorstw nauczyło się już, w jaki sposób można przeciwstawiać się tego typu wydarzeniom. Pandemia Covid-19 pokazała jednak, że dotychczasowe założenia funkcjonowania globalnych łańcuchów dostaw nie przewidywały następstw tego typu sytuacji – zakłócenia globalnego. Na tej podstawie i przy jednoczesnym uwzględnieniu zrównoważonego rozwoju oraz rozwoju technologicznego (*Industry 4.0*) wydaje się konieczne zredefiniowanie dotychczasowych koncepcji logistycznych, a także dokonanie próby stworzenia scenariuszy rozwoju gospodarczego i logistyki.

1.4. Scenariusze rozwoju gospodarczego, logistyki i łańcuchów dostaw

Trzecia dekada XXI wieku charakteryzuje się dużą dynamiką zmian w wielu obszarach mających wpływ na logistykę i łańcuchy dostaw. Zmiany technologiczne, ekonomiczne, społeczne, polityczne i inne, które można byłoby w tym miejscu wymieniać, wsparte takimi zjawiskami jak pandemia, konflikty zbrojne czy też ocieplenie klimatu pokazują, że stabilność i bezpieczeństwo, stanowiące jedno z ważniejszych czynników rozwoju ludzkości, stają się „dobrami” unikatowymi.

Od dłuższego czasu wśród wielu autorów omawiających rzeczywistość pierwszych dekad XXI wieku spotyka się wykorzystywanie skrótu VUCA (*Volatility* – zmienność; *Uncertainty* – niepewność; *Complexity* – złożoność; *Ambiguity* – niejednoznaczność) jako swoistej charakterystyki zmian zachodzących w świecie. Termin VUCA został opisany przez wojsko amerykańskie w latach dziewięćdziesiątych XX wieku, aby scharakteryzować coraz bardziej złożony układ geopolityczny świata. Od tego czasu VUCA znalazła się w kabinach i przy stołach dyskusyjnych organizacji na całym globie. Wydaje się, że świat pierwszych dekad XXI wieku to rzeczywistość, w której ludzie żyją, oddychają i nawigują VUCA w każdym momencie. Widać to wyraźnie także po tym, jak przełomowe technologie redefiniują modele biznesowe⁶². W 2002 roku Jacobs opisał środowisko zewnętrzne jako pełne zmienności (*Volatility*), niepewności (*Uncertainty*), złożoności (*Complexity*) i niejednoznaczności (*Ambiguity*), stąd akronim VUCA⁶³.

W 2004 roku Shambach⁶⁴ zdefiniował poszczególne elementy VUCA wraz z rolą, jaką powinien odgrywać lider (decydent). Pierwszy z omawianych elementów VUCA – **zmienność** – odnosi się do tempa zmian informacji i sytuacji. Władza i bogactwo stanowią podstawę rywalizacji o ograniczone zasoby, co wpływa na szybko zmieniające się środowisko, które wymaga adaptacyjnego i innowacyjnego procesu podejmowania decyzji. Zarówno charakter, jak i sposoby konkurencji ulegają szybkim zmianom, których siłą napędową z jednej „twardej” strony jest technologia, a z drugiej, „miękkiej”, coraz łatwiejsza komunikacja. Zdaniem Shambacha, niektóre zmiany wydają się krótkotrwałe i gwałtowne, ale często dzieje się tak dlatego, że nie były one przewidywane. Wspomniana zmienność nie ułatwia przewidywania przyszłości.

Niepewność wynika z niemożności dowiedzenia się wszystkiego o bieżącej sytuacji oraz z trudności w przewidywaniu, jakie będą skutki proponowanej dziś zmiany dla przyszłości. W wielu przypadkach osoby decyzyjne nie dysponują

62 K. Rajiv, M. Anurag, J. Kumar, N. Harshavardhan, B. Chandrajit, N.S. Rajan, *Succeeding in the VUCA Paradigm: Making Change Happen*, Ernst & Young LLP, India 2016, s. 6.

63 O.T. Jacobs, *Strategic Leadership: The Competitive Edge*, Industrial College of the Armed Forces, Washington 2002.

64 C.S.A. Shambach, *Strategic Leadership Primer*, United States Army War College, Pennsylvania 2004, s. 12–13.

wystarczającą informacją na temat jej treści, dokładności, adekwatności, aktualności itp., co pozwala konkurentom uzyskać przewagę poprzez zaskoczenie. W takich warunkach, które są bliższe warunkom niepewności, decydenci muszą być skłonni do podejmowania rozsądnych decyzji przy równoczesnym rozważnym szacowaniu ryzyka, a nawet zarządzaniu nim.

Kolejny z elementów VUCA – **złożoność** – różni się od niepewności, choć jej skutki mogą być czasem podobne. Na poziomie strategicznym istnieje ogromna liczba czynników, które mają związek przyczynowo-skutkowy z daną sytuacją. Sieć takich powiązań drugiego, trzeciego i wielu kolejnych rzędów w zglobalizowanym i technologicznie połączonym świecie stała się bardziej złożona. Jednocześnie konsumpcyjny trend „tu i teraz” napędza do sięgania po krótkoterminowe rozwiązania, pozwalające osiągnąć szybki efekt. Należy mieć tutaj na uwadze, że często sytuacja pogarsza się w krótkiej perspektywie, zanim ulegnie poprawie w dłuższym horyzoncie czasu, co promowałoby jednak działania strategiczne, długookresowe. Sprawę złożoności komplikują jeszcze bardziej wymagania konkurencyjne różnych środowisk i organizacji, które ze względu na swój strategiczny wpływ powinny zostać uwzględnione. Określania związków przyczynowo-skutkowych nie ułatwia również czas, jaki upływa pomiędzy przyczyną a jej skutkiem.

Ostatni z opisywanych elementów VUCA to **niejasność**. Występuje ona wtedy, gdy decydent nie rozumie znaczenia danego wydarzenia lub sytuacji albo je źle interpretuje. Niejasność może wystąpić także wtedy, kiedy dane zdarzenie można zasadnie interpretować na więcej niż jeden sposób. Podatność na błędną interpretację zdarzeń w złożonych sytuacjach jest wysoka, gdy decyzje są scentralizowane, presja decyzyjna – duża, a decydent ma władzę i działa w pojedynkę, dokładając do tego emocje. Prawdopodobieństwo podjęcia dobrych decyzji strategicznych staje się większe, gdy lider tworzy klimat, który promuje postawę kwestionowania oczywistości i zachęca do swobodnego wypowiadania pomysłów wśród swoich doradców, nawet wtedy, gdy różnią się one od jego własnych.

W dość ciekawy sposób świat VUCA zaprezentowała Krawczyńska-Zaucha⁶⁵. Zdaniem tej autorki, **zmiennność** wynika z braku stabilności sytuacji. Sytuację można określić jako niestabilną, gdy nie ma wystarczających danych, aby przewidzieć, że dany sposób działania będzie skuteczny. Mimo że sytuacja jest dobrze rozumiana, to ze względu na jej zmiennność trudno określić kierunek zmian, ich skalę i wynik. Zmiennność świata VUCA, według Krawczyńskiej-Zauchy, można najlepiej porównać do huraganu – chociaż naukowcy rozumieją, jak powstaje i jakie warunki muszą zostać spełnione, aby nadal zwiększał swoje rozmiary i siłę, nie można przewidzieć z całkowitą pewnością, jak potężny okaże się ostatecznie lub gdzie się pojawi. Ciągłe zmiany, zaskakujące zwroty akcji, nieprzewidywalne rezultaty to podstawowe cechy zmiennej rzeczywistości.

65 T. Krawczyńska-Zaucha, *A New Paradigm of Management and Leadership in the VUCA World*, „Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series”, no. 141, Silesian University of Technology Publishing House 2019, s. 223–225.

Z kolei **niepewność** jest konsekwencją trudności w interpretacji zdarzeń i sytuacji, z którymi organizacja ma do czynienia w danym momencie. Zarówno przyczyny zdarzenia, jak i jego konsekwencje mogą być przewidywalne, ale nie da się przewidzieć, jak wpłyną one na przyszłość organizacji ani czy okażą się na tyle znaczące, by wymagały natychmiastowej reakcji lub proaktywnej inwestycji w odpowiednie zasoby. Niepewność sytuacyjna sprawia, że trudno określić definitywny opis znaczenia i istoty konkretnej sytuacji lub stanu. Dlatego też niełatwo jest zaproponować jakieś konkretne rozwiązania, ponieważ nie wiadomo, które z nich będzie najskuteczniejsze i w jakich okolicznościach. Często nie jest też jasne, czy w ogóle należy podjąć jakiekolwiek działania.

Złożoność, która jest często mylona z komplikacją, odnosi się do spoglądania na świat przez pryzmat konieczności analizowania nieskończonej ilości danych. Naturalnie ludzie starają się podzielić przytłaczającą całość na łatwiejsze do opanowania pojedyncze części, które następnie mogą przetworzyć i zrozumieć. Takie dzielenie i skupianie się na analizie poszczególnych komponentów może jednak prowadzić do sytuacji, w których niektóre z nich nie zostały właściwie rozpatrzone. Istnieje więc słusza obawa, że w efekcie cały obraz zostanie zamazany lub nawet całkowicie zniekształcony. Dlatego skupianie się na poszczególnych elementach często staje się przeszkodą w poprawnej interpretacji całości. W naturze ludzkiej leży jednak preferowanie tego, co znane i bezpieczne, a nie nieprzewidywalne i obce. Czasami całość może być zbyt przerażająca. Istotą świata VUCA jest mnogość połączonych części, które tworzą sieć informacji, procedur i działań. Mogą one być indywidualnie wieloaspektowe, wieloskładnikowe i wielopoziomowe; nie wymagają przy tym żadnych modyfikacji – tworzą po prostu razem system.

Ostatni z elementów świata VUCA – **niejednoznaczność** – jest bezpośrednio związany z rosnącą ilością innowacyjnych rozwiązań zarówno w technologii, informatyce, jak i w światopoglądach, strategiach zarządzania, a także w społeczeństwie jako całości. Mądrość poprzednich generacji opierała się na wiedzy gromadzonej i przekazywanej przez pokolenia. W wielu kulturach i społeczeństwach głównym jej źródłem był lokalny mędrzec – osoba, która przeżyła wystarczająco dużo, by uznać ją za mądrą. Niestety, dzisiejszy świat składa się z wydarzeń, które są bezprecedensowe, bo nie istniały w przeszłości. Dlatego obecnie spoglądanie w przeszłość, aby się czegoś nauczyć lub wyciągnąć sensowne wnioski, nie zawsze ma sens. W świecie VUCA brak wiedzy o regułach zjawisk jest fundamentalny i często absolutny. Próby stawienia czoła realiom dzisiejszej rzeczywistości za pomocą mądrości poprzednich pokoleń mogą być nie tylko niewskazane, ale i niebezpieczne⁶⁶.

W literaturze świata VUCA dostępne są także opracowania, które stanowią próbę odnalezienia odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób można przeciwdziałać

66 *Ibidem*, s. 223–225.

czterem podstawowym elementom VUCA. Zdaniem Minciu, Berara i Dobrei⁶⁷, w kontekście zrównoważonego zarządzania projektami mogą im odpowiadać cztery kierunki działań VUCA, tzn.: wizja (*Vision*), zrozumienie (*Understanding*), jasność (*Clarity*) i zdolność adaptacji (*Adaptability*). Według autorów, organizacje muszą stworzyć środowisko, które pozwoli pracownikom na podejmowanie działań i decyzji dotyczących zrównoważonych projektów inwestycyjnych w czasach kryzysu przy jednoczesnym założeniu popełniania błędów. Dzisiejszy kierownik projektu nie spełnia już tylko tradycyjnej funkcji polegającej na zarządzaniu i monitorowaniu procesów charakterystycznych dla projektu, ale musi go zorganizować w najbardziej efektywny sposób z punktu widzenia trwałości. Trwałość projektów inwestycyjnych w świecie VUCA wymaga zachowania równowagi pomiędzy rozwojem organizacji a środowiskiem.

Z kolei Freeman⁶⁸ przeciwstawił czynnikom VUCA cztery rozwiązania mieszczące się pod akronimem ANSA – zwinność (*Agility*), nieliniowość (*Non-linearity*), samoorganizacja (*Self-Organization*), świadomość (*Awareness*). Uzasadnił to w następujący sposób:

- **zmienność wymaga zwinności** – ponieważ warunki zmieniają się dynamicznie, organizacja musi wykazywać zdolność do równie dynamicznego reagowania; kierunki zmian powinny zmierzać do uczenia się, jak zastępować sztywne odpowiedzi dynamicznymi reakcjami, a także jak zmieniać systemy, struktury i procesy w celu zmniejszenia ograniczeń i zwiększania elastyczności,
- **niepewność wymaga nieliniowości** – problemem jest samo dążenie do pewności, bez chaosu nie ma bowiem miejsca na tworzenie, nie występuje wtedy potencjał adaptacyjny; z kolei bez porządku nie ma trwałości formy; efekt jest zatem taki, że zbyt wiele organizacji, zarządzając zmianą, usiłuje utrzymać się w przestrzeni porządku i kontroli w obawie przed chaosem; kierunki zmian powinny zmierzać do minimalizowania binarnego i spolaryzowanego myślenia, zajmowania się systemami, strukturami, nawykami i procesami, przyjmowania podejścia adaptacyjnego w miejsce mechanistycznego, poszukiwania chaotycznego działania zamiast artretycznych systemów kontroli, uczenia się życia z lękiem przed niewiedzą i myleniem się,
- **złożoność wymaga samoorganizacji** – pomysł, że ludzie mogą być samoorganizujący się, może również wywoływać strach wśród liderów i menadżerów, którzy będą obawiać się samoorganizacji pracowników; gdyby ludzie byli samoorganizujący się, mogliby w ogóle nie potrzebować zarządzania; kierunki zmian powinny zmierzać do formułowania większej liczby zasad aniżeli procesów, zwiększania autonomii, delegowania i wytycznych aniżeli kontroli, kierowania i przypisywania zadań oraz zarządzania wspierającego,

67 M. Minciu, F. Berar, R. Dobrea, *The Challenges of the VUCA World in the Development of Sustainable Investment Projects*, „Management and Economics Review” 2020, vol. 6, issue 2, s. 197.

68 J. Freeman, *What's the ANSA to VUCA*, https://www.academia.edu/31444905/Whats_the_ANSA_to_VUCA [dostęp: 17.03.2022].

- **niejednoznaczność wymaga świadomości** – w wielu przypadkach nie wystarczy zdobyta wiedza lub dane; czasami większa wrażliwość, empatia, często też instynkt pozwalają w szerszym stopniu uzmysłowić sobie kontekst sytuacji; kierunki zmian powinny zmierzać do zmniejszania roli analiz na rzecz wczuwania się w sytuację, do zwiększania wewnętrznej przejrzystości i dostępności kluczowych danych, a także zaufania do samych siebie; inteligencja systemów bazuje na rozwoju i zaufaniu.

Raport Ernst & Young LPP przygotowany dla Confederation of Indian Industry⁶⁹ wskazał cztery podstawowe czynniki zarządzania i przeprowadzenia zmianom w świecie VUCA:

- rolę przywództwa – wsparcie i zachowanie liderów, aby organizacja mogła odnieść sukces w świecie VUCA,
- wykorzystanie technologii – wsparcie technologii w sprawniejszym podejmowaniu decyzji w szybko zmieniającym się otoczeniu, inwestycje w technologię wsparte innowacjami, wykorzystanie SMAC (*social, mobility, analytics, clouds* – społeczności, mobilność, analityka, chmura), Internetu Rzeczy oraz robotyki do szybszego i skuteczniejszego wdrażania zmian,
- dostosowanie kulturowe – budowa kultury organizacyjnej gotowej do zmian oraz postrzeganie jej jako ich swoistego „motoru napędowego”,
- potencjał wewnętrzny – budowanie zdolności wewnętrznych poprzez organizacyjne uczenie się, zarządzanie wiedzą, a także zmianami przy redefinicji obecnych struktur organizacyjnych.

Widać zatem wyraźnie, że wyzwania stojące przed organizacjami funkcjonującymi w tak turbulentnym otoczeniu VUCA wymagają od nich samych, a przez to także od ich pracowników, wiedzy, elastyczności, kreatywności, otwartości na multikulturowość i innowacyjności.

W literaturze omawianego zagadnienia można odnaleźć także ciekawe opracowania próbujące opisać perspektywy rozwoju świata w najbliższych dekadach oraz ich wpływ na problematykę logistyki i łańcuchów dostaw. W roku 2012 Deutsche Post AG postanowiła przygotować scenariusze rozwoju gospodarczego świata, które w bezpośredni sposób pozwoliłyby podjąć próbę określenia, co czeka logistykę w pierwszej połowie XXI wieku⁷⁰. Do tego celu autorzy omawianego opracowania zaproponowali metodologię bazującą na siedmiu etapach:

- identyfikacji czynników wpływu,
- wyborze czynników kluczowych,
- stworzeniu prognoz,
- stworzeniu wstępnych scenariuszy,
- opracowaniu scenariuszy końcowych,

69 K. Rajiv, M. Anurag, J. Kumar, N. Harshavardhan, B. Chandrajit, N.S. Rajan, *Succeeding in the VUCA Paradigm...*, s. 7.

70 Ch.E. Ehrhart (Representative of Deutsche Posts AG), *Delivering Tomorrow. Logistics 2050. A Scenario Study*, Deutsche Post AG, Bonn, Germany 2012, s. 8–9.

- określeniu strategicznych implikacji każdego ze scenariuszy dla głównych czynników logistycznych oraz dla branży logistycznej,
- sformułowaniu strategii⁷¹.

Pierwszy i drugi etap – **identyfikacja czynników wpływu oraz wybór czynników kluczowych** – polegały na wskazaniu zestawu wstępnych 62 czynników mogących mieć wpływ na logistykę, które następnie zostały pogrupowane i zminimalizowane do 27.

W kolejnym kroku przy zaangażowaniu ekspertów zewnętrznych i wewnętrznych wyodrębniono 14 głównych czynników, które następnie przeanalizowano pod kątem ich potencjalnych zmian w przyszłości. Zaliczono do nich:

- **poziom i dystrybucję dochodów** – poziom i nierówność dochodów oraz majątku gospodarstw domowych w poszczególnych krajach i pomiędzy nimi,
- **dominujące potrzeby konsumentów** – rozwój najbardziej dominujących preferencji konsumentów i kryteriów decyzji zakupowych w odniesieniu do produktów i usług, np. cena, prestiż, funkcjonalność, bezpieczeństwo, zdrowie, zrównoważony rozwój, edukacja, rozrywka,
- **jakość rozwoju obszarów miejskich** – sposób, w jaki będą się rozwijać obszary miejskie w krajach rozwiniętych i wschodzących pod względem utrzymania lub rozbudowy infrastruktury, możliwości finansowych władz lokalnych oraz zmian demograficznych w populacjach miast,
- **dystrybucję produkcji i handel światowy** – globalne rozlokowanie zakładów produkcyjnych, wynikające z tego ograniczenia w handlu towarów oraz organizacja łańcuchów dostaw,
- **cenę energii i koszyk energetyczny** – poziom cen paliw i energii oraz udział paliw kopalnych i odnawialnych w koszyku energetycznym,
- **dostępność i cenę surowców oraz zasobów** – dostęp firm i ludności do kluczowych surowców, np. wody, ropy, metali rzadkich itp. oraz zasobów, poziom ich cen,
- **poziom zmian klimatycznych** – poziom globalnego ocieplenia, a także liczba i skutki klęsk żywiołowych oraz katastrof naturalnych,
- **politykę regulacyjną i wydatkową** – poziom i równowaga pomiędzy wydatkami a polityką regulacyjną, z których pierwsza obejmuje redystrybucję społeczną, dotacje i inwestycje publiczne, a ostatnia odnosi się do ogólnych ram gospodarczych, tzn. prawa własności, polityki konkurencji itp.,
- **regulacje handlowe** – zasady i ramy, które mają zastosowanie do międzynarodowej wymiany towarów oraz usług, np. zasady WTO, ograniczenia importowe lub cła,
- **regulacje prawne dotyczące logistyki, np. transportu, magazynowania itp.** – zasady, normy i standardy mające zastosowanie do transportu towarów z naciskiem na cele związane z bezpieczeństwem, ochroną środowiska i finansami,

71 *Ibidem*, s. 105.

- **stabilność polityczną i bezpieczeństwo ekonomiczne** – stabilność polityczna w odniesieniu do międzynarodowych ram instytucjonalnych, współpracy politycznej, konfliktów narodowych i międzynarodowych, terroryzmu i korupcji, a także bezpieczeństwo ekonomiczne w zakresie praw własności, przestępczości i piractwa,
- **systemy informacyjno-komunikacyjne i robotykę** – precyzja, zasięg i ogólna funkcjonalność systemów informacyjnych, komunikacyjnych i systemów zarządzania wiedzą, w tym śledzenia i namierzania, geodanych i robotyki,
- **technologie materiałowe** – struktura i funkcjonalność materiałów w odniesieniu do towarów, pojazdów, statków, opakowań i produkcji 3D,
- **infrastrukturę dla wymiany międzynarodowej** – gęstość i jakość infrastruktury drogowej, kolejowej, żeglugowej, oświetleniowej, energetycznej i informacyjnej, w tym infrastruktury portów i lotnisk, wraz z finansowaniem, utrzymaniem i eksploatacją⁷².

Oczywiście należy pamiętać, że autorzy opracowania kierowali się dostępnymi wówczas uwarunkowaniami, nie przewidując takich wyzwań jak choćby pandemia COVID-19 wraz ze zmianami społecznymi, które były jej następstwem.

Kolejny etap (**tworzenie prognoz**) polegał na zaproponowaniu wariantów rozwoju każdego z czynników w przyszłości. Poprzez wywiady z ekspertami agregowano dane pozwalające zidentyfikować możliwe najbardziej prawdopodobne prognozy. W sumie przeprowadzono 22 wywiady ze specjalistami o międzynarodowej renomie, reprezentującymi różne dziedziny. Każdy z nich przedstawił informacje i opinie na temat możliwych przyszłych zmian w zakresie trzech do pięciu kluczowych czynników związanych z obszarem, w którym się specjalizuje. Efektem tych prac było zgromadzenie dla każdego kluczowego czynnika po trzy lub cztery prognozy.

Z kolei jako efekt dwóch kolejnych etapów – **stworzenie scenariuszy wstępnych i końcowych** – wskazywano zaprezentowanie kilku kierunków światowego rozwoju do roku 2050. Surowe scenariusze zostały przedyskutowane podczas dwóch warsztatów eksperckich z udziałem kilku specjalistów zewnętrznych, którzy wcześniej uczestniczyli w wywiadach eksperckich, jak również ze znawcami wewnętrznymi Deutsche Post DHL. Uczestnicy warsztatów opracowali założenia dotyczące logiki tworzenia scenariuszy, a także omówili prawdopodobne drogi prowadzące do każdego z nich.

Oprócz wyników wywiadów z ekspertami i warsztatów poświęconych wzbogacaniu scenariuszy przeprowadzono wywiady z sześcioma menadżerami wysokiego szczebla Deutsche Post DHL dotyczące ich opinii na temat scenariuszy. Ponadto najważniejsi kierownicy zostali poproszeni o ocenę w ankiecie internetowej centralnych implikacji dla każdego scenariusza. Tym sposobem uzyskano pięć scenariuszy światowego rozwoju, które zostały zaprezentowane poniżej:

⁷² *Ibidem*, s. 107.

- **nieokiełznana gospodarka zmierzająca do upadku** – świat napędzany jest przez materializm i staje w obliczu częstych klęsk żywiołowych; kluczowymi elementami tego scenariusza są następujące zjawiska: materializm, konsumpcjonizm, wolny handel, niestabilny wzrost, rosnące dochody, eksploatacja zasobów, w tym złóż Arktyki, zanieczyszczenie i niszczenie środowiska naturalnego, zmiany klimatyczne, zatłoczenie miejskie oraz dominacja państw z kontynentu azjatyckiego,
- **megawydaźność w megamiastach** – megamiasta stają się epicentrum zrównoważonego wzrostu; kluczowymi elementami tego scenariusza są następujące zjawiska: zrównoważony rozwój, zielony rozwój, bogactwo, współpraca, megamiasta wraz z ich miejskim charakterem, wzajemne połączenia i sieciowość, logistyka miejska, automatyka, robotyka, wirtualna rzeczywistość, supersieci, użytkowanie wynajmowanych produktów, a wszystko to realizowane będzie w jeszcze bardziej efektywny, skuteczny i wydajny sposób,
- **zindywidualizowany styl życia** – indywidualizacja staje się wszechobecna, a technologia druku 3D zdominuje przemysł i gospodarstwa domowe; kluczowymi elementami tego scenariusza są następujące zjawiska: indywidualizacja, personalizacja, kastomizacja, unikalność i wyjątkowość stylów życia, kreatywność, druk 3D, cyberbezpieczeństwo, sklepowytwórnictwo, fabrykowanie w domu, prosumpcja (*production and consumption*), konsumpcja, bogactwo i obfitość, postęp, dematerializacja, decentralizacja, handel regionalny wspierany globalnymi hubami,
- **paraliżujący protekcyjizm** – globalizacja jest ograniczana przy jednoczesnym wzroście barier protekcyjnych; kluczowymi elementami tego scenariusza są następujące zjawiska: protekcyjizm, nacjonalizm, bezpieczeństwo, stagnacja, konflikty międzynarodowe, regionalne blokady, opóźnienia w odprawach celnych, wyczerpywanie się i niedobór zasobów, co wpływa na działania związane z ponownym użyciem i naprawianiem, upaństwowianie logistyki, fragmentaryzacja, spadek produktywności i wydajności, a wszystko to w starzejących się społeczeństwach,
- **globalna odporność – lokalna adaptacja** – częste katastrofy wpływają na zmiany paradygmatu maksymalizacji wydajności na rzecz ograniczania podatności na zagrożenia; kluczowymi elementami tego scenariusza są następujące zjawiska: zakłócenia dostaw, podatność na zagrożenia, współpraca międzynarodowa, handel regionalny, bezpieczeństwo dostaw, zmiany klimatyczne, klęski żywiołowe, bezpieczeństwo energetyczne, rozwiązania zdecentralizowane, systemy redundantne, elastyczne technologie, automatyka i automatyzacja, logistyka kryzysowa, logistyka awaryjna.

Kolejnym krokiem było **określenie strategicznych implikacji każdego ze scenariuszy dla głównych czynników logistycznych oraz dla branży logistycznej**, które zostały zaprezentowane w tabelach 4 i 5.

Do każdego ze scenariuszy zaprezentowano także kluczowe wnioski dla branży logistycznej.

Tabela 4. Prognozy ekspertów w kontekście kluczowych czynników mogących mieć wpływ na logistykę i łańcuchy dostaw

Kluczowe czynniki	Prognoza 1	Prognoza 2	Prognoza 3	Prognoza 4
Poziom i dystrybucja dochodu	Niższe dochody zewnętrzne (stagnacja w OECD)	Niższe dochody zewnętrzne (wzrost znaczenia krajów wschodzących)	Zawężenie zewnętrznych i wewnętrznych dochodów	Brak
Dominujące potrzeby konsumentów	Przesunięcie w kierunku dóbr niematerialnych i nadrabianie zaległości	Konsumpcja spersonalizowana	Przesunięcie w kierunku dóbr materialnych	Brak
Jakość rozwoju miast	Nasycone miasta wraz z niekontrolowanym wzrostem	Rozwój organiczny wraz z niekontrolowanym wzrostem	Nasycone miasta wraz z dynamicznym postępowaniem	Rozwój organiczny wraz z dynamicznym postępowaniem
Dystrybucja produkcji i handlu światowego	Głębokie zamrożenie handlu światowego	Postrzępiony handel światowy	Wytrzymały handel światowy	Przedłużony cud gospodarczy
Cena energii i koszty energetyczny	Malejące ceny energii	Stoła energia; cena: 80–100 USD	Cena energii; czynnik 2	Cena energii; czynnik 3
Polityka regulacyjna i wydatkowa	Dramatyczne niedobory	Wydajność, transformacja	Niedobór przekształtany w substytuty + nowe złoża zasobów	Brak
Poziom zmian klimatycznych	Zmiana o 2°C	Możliwość zmiany o 3,5°C	Katastrofa – zmiana o 6°C	Brak
Polityka regulacyjna i wydatkowa	Światowy nacisk na politykę regulacyjną	Światowy nacisk na politykę regulacyjną + polityka wydatkowa w krajach wschodzących	Nowy okres deregulacji i prywatyzacji	Brak
Regulacje handlowe	Stopniowy rozwój WTO, porozumienia RTA	Renesans protekcjonizmu	Wzrost WTO	Brak
Regulacje prawne dotyczące logistyki	Nacisk na bezpieczeństwo	Nacisk na środowisko	Koncentracja na przychodach	Brak
Stabilność polityczna i bezpieczeństwo ekonomiczne	Globalny ład i stabilność współpracy	Rozwijanie się	Zabłędzenie konkurencyjne	Niska stabilność
Systemy informacyjno-komunikacyjne i robotyka	Wdrażanie Outernetu	Wdrażanie Outernetu i całkowita automatyzacja	Wdrażanie Outernetu i całkowita automatyzacja oraz sztuczna inteligencja	Brak
Technologia materiałowa	Silne rozprzestrzenianie się technologii Smart	Bio i lekkie materiały	Materiały inteligentne + druk 3D	Brak
Infrastruktura dla wymiany międzynarodowej	Przyspieszenie decentralizacji	Globalna supersieć	Brak infrastruktury	Brak

Źródło: Ch.E. Ehrhart (Representative of Deutsche Posts AG), *Delivering Tomorrow. Logistics 2050...*, s. 110.

Tendencje zmian w scenariuszu 1. Nieokielznana gospodarka zmierzająca do upadku przewiduje dynamiczny wzrost zapotrzebowania na ekspresowe usługi logistyczne, co jest spowodowane szybkim rozwojem gospodarki światowej i handlu. Fakt sprawnego przemieszczania towarów wspiera rozwój transportu lotniczego oraz morskiego, na co mają wpływ także zmiany klimatyczne. Wysoka specjalizacja partnerów logistycznych powoduje wykorzystywanie na dużą skalę rozwiązań outsourcingowych typu 3PL (*Third Party Logistics*) i 4PL (*Fourth Party Logistics*), włączając do tego procesy montażowe i wytwórcze, które są zlecane firmom logistycznym.

Rosnące ceny energii oraz zasobów powodują zmuszenie firm logistycznych do minimalizacji marż, a offshoring (przeniesienie wybranych procesów za granicę w skali globalnej) i nearshoring (przeniesienie wybranych procesów za granicę do najbliższych sąsiadów) stają się powszechnymi strategiami wykorzystywanymi przez organizacje. Branża logistyczna udziela w tej materii cennego wsparcia.

Skutki zmian klimatu otwierają przed logistyką nowe perspektywy:

- globalne ocieplenie odsłania tereny, które stają się nowymi korytarzami handlowymi,
- ekstremalne zjawiska pogodowe powodują wzrost cen ubezpieczeń firm logistycznych, co bez wątpienia może mieć wpływ na koszty funkcjonowania tych organizacji,
- logistyka zwrotna staje się dziedziną o rosnącym znaczeniu, a kwestie usług napraw i zwrotów tworzą nowe obszary do zagospodarowania przez logistykę,
- wzrasta znaczenie transportu morskiego, który jest dominującą formą transportu w skali globalnej⁷³.

Tendencje zmian w scenariuszu 2. Megawydatność w megamiastach w wyraźny sposób kładzie nacisk na kwestię logistyki miejskiej. Z konieczności zapewnienia przestrzeni mieszkańcom miast procesy produkcyjne i logistyczne schodzą do podziemi. Podziemne magazyny obsługiwane są przez podziemne, zautomatyzowane systemy transportowe, poruszające się po liniach okrężnych wokół centrów miast. Centra wysyłkowe znajdują się na obrzeżach miasta, a stacje rozładunkowo-załadunkowe w piwnicach zakładów produkcyjnych i centrów handlowych wewnątrz miast. Wykorzystywane są także systemy rur towarowych, zarządzane przez miejskie centra logistyczne (dyspozytornie), a operatorzy logistyczni zaczynają pełnić funkcje przedsiębiorstw użyteczności publicznej. Naziemny transport w miastach realizowany jest przez zeroemisyjne pojazdy.

Proste dostawy z punktu do punktu dla klientów prywatnych oraz dla małych ilości towarów dla firm są coraz bardziej rozdrobnione, ponieważ wielu usługodawców jest w stanie zaoferować tę formę usług między najważniejszymi miastami. Te raczej małe organizacje kurierskie zyskują zaufanie, ponieważ kolejne generacje chipów RFID pozwalają na śledzenie i odszukiwanie każdego produktu oraz monitorowanie sposobu obchodzenia się z nim. Autorzy opracowania

⁷³ *Ibidem*, s. 47–48.

nie wspomnieli tutaj o możliwości wykorzystania dronów jako szybkiego środka transportu na krótkich dystansach, ale można założyć, że te formy transportu byłyby także w użyciu. Logistyka miejska oraz logistyka towarów drobnicowych zaczyna zatem obejmować szereg nowych segmentów transportu.

Tabela 5. Wpływ scenariuszy na wybrane aspekty otoczenia gospodarczego

	Scenariusz 1. Nieokreślona gospodarka zmierająca do upadku	Scenariusz 2. Megawy- dajność w mega- miastach	Scenariusz 3. Zindywi- dualizo- wany styl życia	Scenariusz 4. Paraliżują- cy protek- cjonizm	Scenariusz 5. Globalna odporność – lokalna adaptacja
Światowy rozwój PKB	Wzrost	Lekki wzrost	Lekki wzrost	Lekki spadek	Bez zmian
Globalne kryzysy	Wzrost	Lekki wzrost	Lekki spadek	Spadek	Lekki spadek
Jakość środowiska	Spadek	Lekki wzrost	Bez zmian	Lekki spadek	Bez zmian
Otwartość regulacji	Wzrost	Lekki wzrost	Bez zmian	Spadek	Bez zmian
Potencjał wzrostu klasycznej logistyki	Wzrost	Lekki wzrost	Lekki spadek	Lekki spadek	Bez zmian
Perspektywy nowego biznesu dla logistyki	Lekki spadek	Lekki wzrost	Lekki wzrost	Lekki spadek	Lekki wzrost
Intensywność transformacji dla logistyki	Bez zmian	Lekki wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost

Źródło: Ch.E. Ehrhart (Representative of Deutsche Posts AG), *Delivering Tomorrow. Logistics 2050...*, s. 48, 64, 78, 91, 103.

Ważnym aspektem staje się również współpraca pomiędzy megamiastami, które są ze sobą łączone poprzez specjalne terminale i bezpośrednie szlaki towarowe. Wymusza to wykorzystywanie megatransporterów o pojemności wielokrotnie większej niż największe samoloty, ciężarówki typu *giga-liner*, pociągi towarowe i statki (obecnie powszechnie wykorzystywane). Kierowanie pojazdami jest wspomagane podobnie jak w systemach autopilota. Komunikacja pomiędzy tymi środkami transportu pozwala na bezpieczną i wydajną jazdę, np. poprzez zastosowanie pociągów drogowych megaciężarówek, które poruszają się w konwoju sterowanym automatycznie. Na wielką skalę wykorzystywany jest także transport morski, w którym organizacje transportowe potrzebują dużego obłożenia statków, aby działać wydajnie, a centra dyspozytorskie lub konsolidacyjne są instrumentem umożliwiającym osiągnięcie tak dużej przepustowości poprzez łączenie transportu przychodzącego z kilku źródeł. Ważnym i powszechnym elementem staje się kooperacja (współpraca konkurentów), która stanowi *modus operandi* sektora

logistycznego. Bezzałogowe transportery nisko orbitalne umożliwiają szybką dostawę ekspresową punkt–punkt dla towarów o najwyższej wartości.

Nadal funkcjonuje tradycyjny system transportu, ale tylko po to, by zaopatrywać w towary miasta drugiego i trzeciego rzędu. Sytuacja logistyczna na obszarach wiejskich, daleko poza regionami miejskimi, jest słaba. Ponieważ większość ludzi zamawia swoje towary przez Internet, głównymi opcjami dostawy są centralne punkty odbioru lub sklepy w większych miejscowościach. Formalna dostawa do odbiorców oddalonych od centralnych punktów odbioru stanowi usługę dodatkowo płatną.

Konieczność utrzymania i doskonalenia jakości logistyki miejskiej wymaga ścisłej współpracy pomiędzy władzami miasta a organizacjami prywatnymi, szczególnie w zakresie złożonych projektów infrastrukturalnych. Organizacje logistyczne stają się dostawcami konkretnych systemów obsługi lotnisk, szpitali, centrów handlowych czy też placów budowy. W ten sposób największe organizacje logistyczne przejmują kluczową rolę w zakresie obsługi zadań produkcyjnych oraz zadań związanych ze sferą publiczną.

Należy wspomnieć tutaj także o zmianie zachowań konsumpcyjnych, które ulegają „dematerializacji”. Wskutek tego samo posiadanie nie jest już dla ludzi tak istotnym elementem ich życia, a organizacje logistyczne oferują szeroki wachlarz usług wynajmu i współdzielenia. Platformy rezerwacyjne prowadzone przez operatorów logistycznych umożliwiają wynajem od osób prywatnych. Przeniesienie szeregu rozwiązań do Internetu zwiększa zapotrzebowanie na bezpieczny transfer danych. Dlatego też zaawansowane usługi logistyczne obejmują nie tylko szybką i niezawodną dostawę towarów, ale także bezpieczne przesyłanie informacji i dzielenie się wiedzą⁷⁴.

Tendencje zmian w scenariuszu 3. Zindywidualizowany styl życia koncentruje się nieco bardziej na kwestiach personalizacji (kastomizacja) i wykorzystaniu wybranych narzędzi *Industry 4.0*. Proces produkcji większości towarów zmienia się radykalnie w myśl zmiany wytwarzania z ubytkowego na addytywne. W efekcie znacząca część gospodarstw domowych jest wyposażona w drukarki 3D. Wiele osób wytwarza w domu mniejsze, mniej złożone przedmioty i produkty. Plany konstrukcyjne dla tych produktów są albo projektowane samodzielnie, albo kupowane w sklepach internetowych. Produkty, które są bardziej złożone pod względem rozmiarów i różnorodności materiałów, wymagają wyspecjalizowanych technologii produkcyjnych i są produkowane w fabrykach lub zakładach przemysłowych. Skutkuje to skróceniem łańcuchów dostaw, które stają się znacznie mniej rozdrobnione niż obecnie. Ze względu na reintegrację i relokalizację łańcuchów wartości spada zapotrzebowanie na długodystansowy transport dóbr finalnych i półproduktów. Skutkuje to także zmianą zapotrzebowania na transport lotniczy, co ciągle spada.

74 *Ibidem*, s. 62–64.

Masowo wykorzystywany druk 3D implikuje rosnące zapotrzebowanie na logistykę surowców, obsługując wkłady do drukarek 3D lub fabryki posiadające swoją lokalizację w centrach miast. Surowce te obejmują granulaty tworzyw sztucznych, proszki metalowe i wysoce zróżnicowane biomateriały. Są one transportowane statkami do portów morskich rynków docelowych i dystrybuowane koleją lub ciężarówkami do lokalnych zakładów produkcyjnych oraz domowych drukarni. Dostawcy usług logistycznych nie tylko dostarczają nowe wkłady drukujące, ale także zbierają zużyte produkty, które są albo rozdrabniane na miejscu, albo w przypadku produktów wielomateriałowych i wielkogabarytowych w centralnych punktach recyklingu. Wzrasta zatem znaczenie transportu surowców i towarów z recyklingu zamiast produktów końcowych, a przedsiębiorstwa zajmujące się napełnianiem kartridży można znaleźć we wszystkich miastach, a nawet dzielnicach.

Zdecentralizowana organizacja produkcji sprawia, że bardzo ważnym czynnikiem stają się regionalne centra dystrybucji oraz wysokiej jakości usługi dostarczania produktów pod drzwi. W następstwie tego planowanie logistyczne staje się kluczową kompetencją i ważnym sektorem usług, który jest głęboko zintegrowany z planowaniem produkcji przemysłowej. W przypadku produkcji złożonych towarów dostawcy usług logistycznych organizują całe fizyczne łańcuchy wartości i działają jako integrator systemów pomiędzy organizacjami projektującymi produkty, które nie dysponują aktywami, a bogatymi w aktywa, ale elastycznymi producentami kontraktowymi oraz lokalnymi dostawcami usług transportowych. Obsługują również zaszyfrowane strumienie danych wymagane do przesyłania i projektów. W tym obszarze operatorzy logistyczni muszą jednak stawić czoła silnej konkurencji ze strony firm z branży ICT.

Za kluczowy element tego scenariusza należy uznać projekty stanowiące wsad wiedzy dla drukarek 3D. Dostawcy usług logistycznych poszerzają swoją działalność na rynek fabryk *online* (*online fabbing*), gdzie handluje się schematami konstrukcyjnymi. Ze względu na zagrożenie piractwem produktów ten rozwijający się rynek zależy w dużej mierze od bezpiecznych transakcji internetowych oraz ich sfery *online* i *offline*. Segment *online*, oparty na bezpiecznej infrastrukturze internetowej, obejmuje bezpieczny transfer danych oraz ich sprzedaż detaliczną w sklepach internetowych. Segment *offline* integruje transport surowców z produkcją i logistyką zwrotną. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu w bezpiecznym przesyłaniu informacji cyfrowych niektóre organizacje logistyczne odnoszą sukcesy w tym segmencie rynku⁷⁵.

Tendencje zmian w scenariuszu 4. Paraliżujący protekcyjizm bazuje na rozdrobnieniu i spadku światowego handlu, a co za tym idzie – na regionalizacji łańcuchów dostaw. Zmieniające się w kierunku regionalizacji struktury gospodarcze znacznie zmniejszają zakres działalności globalnych firm logistycznych. Przewozy spowalniają bariery celne i ograniczenia importowe. Rosnąca złożoność i długość procesu odprawy celnej zwiększa zapotrzebowanie na specjalistyczną obsługę

⁷⁵ *Ibidem*, s. 76–77.

celną i otwiera możliwości biznesowe dla usług konsultingowych. W związku z tym w segmencie międzynarodowych przesyłek ekspresowych i spedycji następuje masowa redukcja i konsolidacja. Zmniejsza się średnia odległość transportu. Fracht morski traci na znaczeniu. Z drugiej strony wzrasta znaczenie regionalnego transportu kołowego (drogowego i kolejowego).

Organizacje dotychczas działające w skali globalnej są znacznie mniejsze niż kiedyś. Jednocześnie rośnie znaczenie rynków krajowych, a także stosunków handlowych z innymi członkami tego samego bloku handlowego. Biznes międzynarodowy jest prowadzony głównie w różnych państwach członkowskich macierzystego bloku handlowego organizacji. Ponieważ stosunki między niektórymi blokami i krajami są bardzo napięte, operatorzy logistyczni w krajach wolnych od bloków dysponują nie tylko wiedzą i doświadczeniem, ale także wiarygodnością, by być pośrednikami w handlu międzynarodowym. Pojawiają się silni regionalni liderzy, którzy utrzymują doskonałe relacje z rządami i administracją publiczną. Rządy postrzegają logistykę jako branżę o znaczeniu strategicznym. W wielu krajach ci nowi regionalni liderzy są podatni na nacjonalizację.

Krótsze i mniej skomplikowane regionalne łańcuchy dostaw zasadniczo zmniejszają zapotrzebowanie na rozbudowane i złożone rozwiązania logistyczne. „Dewaluacja” złożoności procesów i systemów logistycznych skutkuje mniejszą liczbą rozwiązań dostosowanych do potrzeb klienta oraz coraz większym utowarowieniem rynku.

Ponieważ zasoby są ograniczone, a dostęp do kluczowych surowców może być niestabilny, zapewnienie wysokiego poziomu recyklingu ma wręcz fundamentalne znaczenie dla wielu krajów. Wdrażanie efektywnych procesów logistyki zwrotnej jest zatem realną opcją strategiczną dla firm logistycznych. Dodatkowo malejący poziom dochodów wpływa na zmianę zachowań nabywczych, prowadząc do mniejszej konsumpcji dóbr o krótkim okresie użytkowania, a większej liczby przedmiotów do ponownego wykorzystania i naprawy. Większy popyt na towary o wyższej trwałości i nadające się do naprawy potwierdza, że wykorzystanie logistyki zwrotnej może stać się dla przedsiębiorstw ciekawym modelem biznesowym. Regionalizacja wymiany i ponownego wykorzystania towarów promuje organizowanie lokalnych „pchlich targów” wykorzystujących Internet bądź całociowych sieci pozwalających odebrać zużyte lub potrzebujące naprawy produkty⁷⁶.

Tendencje zmian w scenariuszu 5. Globalna odporność – lokalna adaptacja z punktu widzenia logistyki koncentruje się raczej na kwestiach bezpieczeństwa dostaw aniżeli ich terminowości. W tym scenariuszu handel ma charakter regionalny, opierający się na sektorze logistyki zapewniającym dostawę produktów pomimo nieprzewidywalnych zdarzeń. Regionalizacja wpływa także na zmianę architektury logistycznych węzłów *hub-and-spokes*⁷⁷. Globalne węzły nie cieszą się

⁷⁶ *Ibidem*, s. 89–90.

⁷⁷ W modelu tym istniejący węzeł transportowy zasilony jest ustawionymi promienisto liniami transportowymi przypominającymi szprychy koła biegnące do jego środka. Idea opiera się na dostawach w pierwszej kolejności do hubu, a następnie do miejsca docelowego.

już swoją dawną pozycją lidera i zostają zastąpione przez szereg węzłów regionalnych, zlokalizowanych w bezpiecznych obszarach. Wpływa to na długość łańcuchów dostaw (są krótsze), a także zmniejszenie się wolumenów transportowanych towarów za względu na mnogość uczestniczących w systemie dostawców. W jednoznaczny sposób sprzyja to rozwojowi firm logistycznych o charakterze lokalnym lub regionalnym. Nie oznacza to jednak zaniku przedsiębiorstw o charakterze globalnym. Zaczynają one odgrywać nieco inną rolę. Ich zadaniem jest wsparcie kapitałowe kruchych łańcuchów dostaw w niezbędną infrastrukturę oraz zapasy gwarantujące niezawodność dostaw.

Rozbudowane systemy awaryjne i rezerwowe generują konkretne koszty, a także wywierają wpływ na środowisko naturalne. Aby zapewnić maksymalną odporność łańcucha dostaw, organizacje logistyczne utrzymują w gotowości w dużej mierze nieaktywne lub nadmiarowe zasoby, umożliwiające im szybkie przestawienie towarów wraz z ich rodzajem transportu na inne. Nawet transport rurociągowy przemieszczający gaz, ropę i inne ciecze jest uważany za zbyt wrażliwy i podatny na zaburzenia, by można było na nim polegać. Gotowe do zastąpienia go są ciężarówki, pociągi i statki. Optymalizacja kosztów, a także minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko naturalne wzmacnia znaczenie zaawansowanego planowania logistycznego w celu osiągnięcia wysokiego stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych. Jak wspomniano, wraz ze wzrostem znaczenia zapasów w łańcuchach dostaw wzrasta znaczenie procesów magazynowania. Zmniejszanie ryzyka poprzez tworzenie zapasów sprawia, że nie istnieją już złożone procesy dostaw typowe w systemie *Just in Time*, eliminujące zapasy. Kompensują to ogromne struktury magazynowe zlokalizowane w pobliżu producenta – niezbędne bufory.

Zdaniem autorów opracowania, w omawianym scenariuszu rozwijać powinna się prężnie logistyka kryzysowa (związana także z pomocą humanitarną), ponieważ szybka dostawa pomocy w nagłych przypadkach katastrof i zakłóceń odgrywać będzie bardzo ważną rolę. Działalność ta będzie zatem priorytetowa, ale także będzie stanowiła ważny fragment działalności dochodowej przedsiębiorstw branży logistycznej. Wskutek tego operatorzy logistyki kryzysowej wspierają nowy segment klientów, czyli zagrożone narody, oferując kompleksowe usługi w zakresie reagowania na katastrofy. Obejmują one sprowadzanie sprzętu ratunkowego, ewakuację osób zagrożonych, oczyszczanie zniszczonych obszarów oraz przywracanie dostaw energii i zaopatrzenia w wodę. Te ostatnie zadania wiążą się z odbudową zniszczonych budynków i infrastruktury w miejscu katastrofy lub w nowym, bezpieczniejszym regionie.

W tak turbulentnych warunkach następuje zmniejszenie poziomu konsumpcji, a na rynku zaczynają dominować produkty o długiej żywotności oraz sprzęt gospodarsko-techniczny używany podczas kryzysów. Zmniejsza to zapotrzebowanie na częste dostawy do gospodarstw domowych codziennych wyrobów, przy równoczesnym wzroście zapotrzebowania na serwis i konserwację technologii domowych (takich jak urządzenia do wytwarzania wody i energii w warunkach domowych). Dlatego też operatorzy logistyczni łączą obsługę *Last Mill Delivery*

(LMD – dostawy na ostatniej mili, czyli wszystkie działania logistyczne związane z dostarczaniem przesyłek do gospodarstw domowych klientów prywatnych na obszarach miejskich)⁷⁸ z oferowaniem usług technicznych na miejscu, w tym np. zbiórki zużytych produktów w celu odzyskania rzadkich materiałów i surowców⁷⁹.

Zaprezentowane scenariusze wydają się wielce interesujące, choć próbując przewidzieć, co przyniesie przyszłość, mają one małą możliwość zaistnienia w układzie jeden do jednego. O wiele bardziej prawdopodobne jest wymieszanie się pewnych możliwych sytuacji z wybranych scenariuszy, czego konsekwencją będą w mniejszym czy też większym stopniu podobne do zaprezentowanych powyżej rozwiązania logistyczne.

Innym ciekawym opracowaniem prezentującym pewne możliwe stany przyszłości jest wizja infrastruktury transportowej przedstawiona w ramach publikacji *Mobility 2050. A Vision for Transportation Infrastructure*⁸⁰. W rozdziale pierwszym wspomnianej pozycji zaprezentowano trzy prawdopodobne scenariusze związane z rozwojem świata, mogące mieć wpływ na infrastrukturę transportową⁸¹.

Pierwszy z nich, nazwany „**Biznes jak zwykle – statyczna polityka w zmieniającym się świecie**”, zakłada, że w kolejnych dekadach niewiele się zmieni w kierunkach, polityce i priorytetach wpływających na eksploatację oraz rozwój infrastruktury transportowej. W szczególności bez większych zmian pozostanie zaangażowanie i skuteczność działań rządu federalnego (w tym wypadku Stanów Zjednoczonych) w zakresie finansowania transportu i skuteczności polityki transportowej. Wynikać to będzie w połączeniu polityki, ideologii i braku porozumienia co do znaczenia transportu jako kręgosłupa gospodarki oraz tego, kto powinien za niego płacić. Doprowadzi to do stopniowo rosnącego zatłoczenia dróg oraz kosztów logistycznych, utraty konkurencyjności i niezaspakajania popytu na obiekty tranzytowe spotęgowanego pogarszającym się stanem fizycznym istniejących systemów oraz do utraty usług i połączeń z miejscami o małym natężeniu ruchu. Zapotrzebowanie na moce produkcyjne będzie zatem wzrastać, ale fundusze na inwestycje zostaną ograniczone.

Kolejny ze scenariuszy został nazwany „**Odporne i zrównoważone społeczności**”. W jego ramach przyszłość jest napędzana przez zbieg zmieniających się wartości. Wzrasta społeczne niezadowolenie z rosnącej ilości czasu traconego na podróże, wzrastających kosztów energii i zasobów naturalnych, gwałtownych zaburzeń pogodowych oraz agresywnej polityki mającej na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Zintegrowana polityka i rozwój technologii sprzyjają zwartej zabudowie, a tym samym bardziej efektywnemu życiu w myśl maksymy: „Mieszkaj, pracuj, rób zakupy, produkuj i rozwijaj się lokalnie”. Większa gęstość zaludnienia zwiększa zatłoczenie miast, ale także sprzyja częstszemu

78 Por. N. Boysen, S. Fedtke, S. Schwerdfeger, *Last-Mile Delivery Concepts: A Survey from an Operational Research Perspective*, „OR Spectrum” 2021, vol. 43, s. 2.

79 Ch.E. Ehrhart (Representative of Deutsche Posts AG), *Delivering tomorrow. Logistics 2050...*, s. 101–102.

80 J.L. Schofer, H.S. Mahmassani, *Mobility 2050. A Vision for Transportation Infrastructure*, The Transportation Center Northwestern University, Evanston, Illinois, USA 2016.

81 *Ibidem*, s. 5–8.

wykorzystywaniu transportu niezmotoryzowanego, w tym rowerowego i pieszego. Wskutek tak rysującej się rzeczywistości scenariusz ten wymaga zaangażowania i inwestycji zarówno ze strony sektora publicznego, jak i prywatnego. Celem tych działań miałyby być przebudowa centrów miast i ich infrastruktury transportowej, aby zapewnić większą ilość transportu zbiorowego i udogodnień dla osób niezmotoryzowanych. Jeśli chodzi zaś o zrównoważony rozwój, to zaangażowanie w ten aspekt wykraczałoby daleko poza systemy transportowe. Dotyczyłoby także sfery budownictwa (charakterystyki i lokalizacji budynków mieszkalnych), zarządzania zasobami wodnymi, a także logistyki zwrotnej w kontekście recyklingu i odzyskiwania materiałów, wody oraz energii w celu zmniejszenia niedoborów zasobów. Zdaniem autorów jest prawdopodobne, że doprowadzi do reorientacji przemysłu motoryzacyjnego w kierunku produkcji mniejszej liczby współdzielonych, zautomatyzowanych pojazdów. Takie zmiany będą wymagały dużo czasu i pieniędzy, dlatego – w przeciwieństwie do scenariusza zakładającego niepodejmowanie żadnych działań – odporna i zrównoważona przyszłość będzie się rozwijać przez wiele dziesięcioleci dzięki długiej serii indywidualnych i zbiorowych projektów.

Ostatni ze scenariuszy – „**Konkurencyjny sukces**” – kładzie nacisk na pieniądze, rynki i dominujące technologie w przeciwieństwie do bardziej altruistycznego scenariusza „Odpornej i zrównoważonej społeczności”. Scenariusz 3 można scharakteryzować jako hedonistyczny, ponieważ u jego podstaw leży założenie, że bodźce ekonomiczne i upodobania wyprzedzają (lub pomijają) ograniczenia dotyczące kluczowych zasobów, np. energii, wody i czystego powietrza. Przełom technologiczny, przyspieszany przez presję konkurencji, popyt rynkowy oraz lepiej radzącą sobie z technologiami informacyjnymi populację, sprawi, że rozwój gospodarczy i wzrost staną się celami nadrzędnymi. Rosnące potrzeby transportowe zaspokajane będą poprzez duże inwestycje w infrastrukturę, finansowane z opłat drogowych, których celem będzie zarówno rozbudowa przepustowości, jak i przejście na nowe, szybsze technologie (np. szybką kolej towarową i pasażerską), aby obsłużyć większą liczbę podróżnych i towarów. Utrzymanie tego scenariusza stanie się w dużej mierze zależne od stałego wzrostu gospodarczego. Może dojść do napięć między interesami ekologicznymi a ekonomicznymi. W tej sytuacji wygra ta racja, która wyłoni się na podstawie czynników zewnętrznych – dostępności, kosztów zasobów czy też poważnych katastrof klimatycznych⁸².

Ciekawe perspektywy zmian gospodarki światowej zaprezentował także Bujak⁸³ i zaliczył do nich:

- lokowanie centrów biznesowych bliżej krajów azjatyckich, afrykańskich i Europy Wschodniej,
- równoczesna globalizacja i regionalizacja jako odpowiedź na turbulentne otoczenie,

82 *Ibidem*, s. 5–7.

83 A. Bujak, „Rewolucja przemysłowa – 4.0” i jej wpływ na logistykę, „Autobusy” 2017, vol. 6, s. 1339.

- wzrost urbanizacji skutkujący wzrostem liczby *megapolis*,
- wzrost znaczenia szeroko rozumianej ekologii, zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki cyrkularnej,
- starzenie się społeczeństw,
- wzrost znaczenia handlu elektronicznego i gospodarki sieciowej.

Zaprezentowane scenariusze dają podstawę, by sądzić, że zmiany w logistyce i łańcuchach dostaw są nieodwołalne. Reorientacja i redefinicja celów procesów logistycznych transportu, magazynowania, pakowania, zarządzania zapasami i obsługi zamówień w kolejnych fazach logistycznych zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji w powiązaniu z coraz wyraźniejszym znaczeniem logistyki zwrotnej, logistyki kryzysowej oraz logistyki miejskiej wydają się konieczne. Gdyby podjąć próbę usystematyzowania kluczowych czynników, które będą napędzać zmiany w logistyce i łańcuchach dostaw, to wskażemy czynniki:

- **klimatyczne** – katastrofy klimatyczne, podnoszące się poziomy wód, nagłe zjawiska pogodowe itp.,
- **społeczne** – ubożenie i rozwarstwianie się społeczeństw, przerost zaludnienia, migracje, rozrastanie się miast, konsumpcjonizm, starzenie się społeczeństw, zmniejszanie się posiadanej wiedzy przez ludzi itp.,
- **ekonomiczne** – kryzysy, bankructwa, wzrost roli wirtualnych walut (kryptowalut) itp.,
- **rynkowe** – jeszcze większa niż obecnie personalizacja, unikatowość produktów, jeszcze szybszy czas obsługi klienta, wzrost znaczenia produktów niematerialnych używanych przez aplikacje lub telefony, wzrost siły konsumentów itp.,
- **technologiczne** – elementy *Industry 4.0*, wytwarzanie addytywne wraz z drukiem 3D, inżynieria materiałowa, technologie ICT (*Information and Communication Technology*), urządzenia mobilne.

Złożoność zaprezentowanych czynników pozwala sądzić, że opracowanie nowych koncepcji zarządzania logistycznego lub zarządzania łańcuchami dostaw stanie się wkrótce koniecznością. W kolejnych podrozdziałach poruszone zostaną kwestie współczesnych koncepcji logistycznych i ich perspektyw wykorzystania w kontekście przedstawionych zmian.

Rozdział 2

Wybrane koncepcje logistyczne na tle wyzwań stojących przed logistyką i łańcuchami dostaw

Większość koncepcji związanych z logistyką i łańcuchami dostaw wywodzi się z praktycznych i teoretycznych nurtów zarządzania przedsiębiorstwami produkcyjnymi. Podążają one za efektywnością, produktywnością, zmianami społecznymi, ekonomicznymi czy też środowiskowymi. Na uwagę zasługuje fakt, że wiele z nich odnosi się bądź to do samej logistyki, bądź to do łańcuchów dostaw lub zarządzania nimi. Chcąc zobrazować zmiany w podejściu do omawianych pojęć, wystarczy prześledzić zmiany zachodzące w jednych z pierwszych zrzeszeń praktyków zarządzania logistycznego – *Council of Logistics Management* (CLM – Rada Zarządzania Logistycznego), które od 2004 roku zmieniło nazwę na *Council of Supply Chain Management Professional* (CSCMP – Rada Profesjonalistów Zarządzania Łańcuchem Dostaw). W 1986 roku CLM zdefiniowała logistykę jako proces planowania, wdrażania i kontrolowania sprawnego oraz efektywnego kosztowo przepływu, a także przechowywania towarów, usług i informacji z nimi związanych z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu spełnienia wymagań klienta. W definicji tej wskazano także, że należy pamiętać, iż obejmuje ona przepływy przychodzące, wychodzące, wewnętrzne i zewnętrzne oraz zwrot materiałów do celów środowiskowych¹.

W roku 1998 CLM zmodyfikowała definicję logistyki, wskazując, że jest ona podzbiorem łańcucha dostaw, a te dwa pojęcia nie powinny być traktowane jako synonimy². Obecnie funkcjonująca definicja łańcucha dostaw sformułowana przez CSCMP stwierdza, że zarządzanie łańcuchem dostaw obejmuje planowanie i zarządzanie wszystkimi działaniami związanymi z zaopatrzeniem, zakupami i wszystkimi innymi działaniami łączącymi się z zarządzaniem logistyką. Co ważne, obejmuje ono również koordynację i współpracę z partnerami, którymi mogą być dostawcy, pośrednicy, zewnętrzni dostawcy usług oraz klienci. Zasadniczo zarządzanie łańcuchem dostaw integruje zarządzanie popytem

1 Council of Logistics Management, *What It's All About*, Oak Brook, Illinois 1986.

2 D. Lambert, M. Cooper, J. Pagh, *Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities*, „International Journal of Logistics Management” 1998, vol. 9, no 2, s. 1.

w przedsiębiorstwie i pomiędzy firmami³. Abstrahując od tego, że wymienianie w tej definicji podstawowej funkcji zarządzania, jaką jest planowanie osobno, wskazuje na niedokładność pojęciową, to w zasadzie definicja ta wprowadza wybrane procesy logistyczne lub zakupowe, które wydaje się, że są domyślne w poprzedniej definicji logistyki formułowanej przez CLM.

Dyskusja nad problemem rozróżnienia logistyki i łańcucha dostaw, która toczyła się na przełomie XX i XXI wieku, pozwoliła Larsonowi i Halldorssonowi wyróżnić 4 podstawowe podejścia do kwestii logistyki i łańcucha dostaw:

- tradycyjne,
- zmieniające nazwę,
- poszerzające,
- rozdzielające⁴.

Pierwsze podejście – tradycyjne – pozycjonuje zarządzanie łańcuchem dostaw wewnątrz logistyki jako jej pewną małą część, wycinek. Drugi nurt uważa zarządzanie łańcuchem dostaw tylko za zmianę nazwy, co miało na celu uwspółcześnienie logistyki. W tej koncepcji rola pracownika zarządzającego łańcuchem dostaw odpowiada tej, jaką odgrywał menadżer logistyki. Nurt poszerzający znaczenia interesującego nas pojęcia, w przeciwieństwie do tradycjonalistów, uznaje, że łańcuch dostaw jest określeniem znacznie szerszym, a logistyka stanowi jego wycinek, głównie w aspekcie operacyjnym. Ostatnie z podejść – rozdzielające – sytuuje logistykę i zarządzanie łańcuchem dostaw jako dwie odrębne koncepcje posiadające jednak pewną część wspólną, przenikającą się⁵.

Podobnie jak wyodrębnienie na podstawie przeglądu dostępnych w literaturze definicji łańcuchów dostaw szkół (przepływu od początku do końca; powiązań pomiędzy uczestnikami łańcucha dostaw; informacyjnej, kładącej nacisk na informacje związane z przepływem, czy też integracyjnej – procesowej)⁶, które wydają się wskazywać w zarządzaniu łańcuchem dostaw dominujące, zdaniem naukowców, obszary lub procesy, sama kwestia określenia relacji zarządzania łańcuchami dostaw i logistyki spoczywa raczej na kwestiach semantycznych oraz tych wynikających praktycznych trendów zarządzania aniżeli z faktycznej zmiany. Analogicznie jak cykl PDCA Shewarta zmodyfikowany przez Deminga⁷ został pod inną nazwą wykorzystany w koncepcji SixSigma (DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* – zdefiniuj, zmierz, przeanalizuj, udoskonal i skontroluj)⁸,

3 https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx [dostęp: 20.04.2022].

4 P. Larson, A. Halldorsson, *Logistics versus Supply Chain Management: An International Survey*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2004, vol. 7, no. 1, s. 19.

5 *Ibidem*.

6 W. Delfmann, S. Albers, *Supply Chain Management in the Global Context*, Logistics of the University of Cologne, Cologne 2000, s. 2–4.

7 W.E. Deming, *Out of Crisis*, MIT Press, Cambridge 2000, s. 80–81.

8 M. Lis, S. Ratajczak, *Six Sigma jako metoda doskonalenia jakości przedsiębiorstw w okresie rosnącej globalizacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły HUMANITAS w Sosnowcu” 2014, nr 2, s. 49.

tak zarządzanie łańcuchem dostaw, zdaniem autora, stało się nieco lepiej oddającym współczesną logistykę stwierdzeniem. W tej sytuacji brak wskazania przez autorów publikacji dotyczących koncepcji logistycznych, za którą ze szkół definiujących łańcuchy dostaw czy też za którym z nurtów odnoszących się do relacji pomiędzy logistyką a łańcuchami dostaw dany badacz się opowiada, powoduje kolejne pogłębianie się różnic pojęciowych wśród poszukujących odpowiedzi na następujące pytanie (jedno z wielu): Czy *Lean Logistics*, *Lean Supply Chain* lub *Lean Supply Chain Management* to pojęcia podobne, czy też skrajnie odmienne?

W niniejszej publikacji zostanie przyjęty nurt tradycyjny, sytuujący zarządzanie łańcuchem dostaw jako jeden z elementów logistyki, ale z założeniem, że może on w swoim skrajnym kształcie stać się zbiorem tak dużym jak sama logistyka. Oznacza to, że pojęcia logistyki i łańcucha dostaw będą w dalszej części pracy ujmowane synonimicznie, przy jednoczesnym poszanowaniu także podejścia tych naukowców, którzy uznali zarządzanie łańcuchem dostaw jako bardziej aktualną nazwę logistyki (nurt zmieniający nazwę).

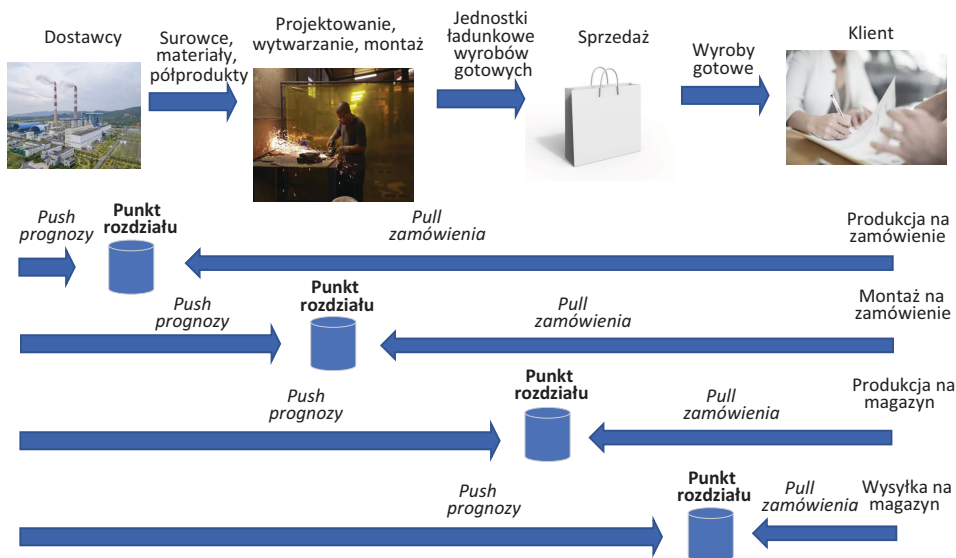
Charakteryzowanie koncepcji logistycznych wymaga krótkiego omówienia kilku zagadnień, które pozwalają w nieco szerszym stopniu zrozumieć założenia oraz mechanizmy ich działania. Zaliczyć do nich można:

- pojęcie punktu rozdziału (*Decoupling Point* – DP),
- wyjaśnienie specyfiki systemów *push* i *pull*,
- pojęcie luki czasowej,
- rozróżnienie towarów podlegających przepływowi na te, które podlegają, i te, które nie podlegają modzie.

Pierwsze z omawianych zagadnień to punkt rozdziału (rozdzielenia), który nazywany jest także punktem penetracji zamówień⁹. W dużym uproszczeniu jest to punkt, w którym decyzja zakupowa klienta ma realny wpływ na poczynania dostawcy. Innymi słowy, wybór koloru, wersji, modelu itp. przez klienta wymusza podjęcie działań przez dostawcę, producenta itp. w różnych fazach procesów logistycznych. Christopher zwrócił uwagę, że głównym problemem w większości łańcuchów dostaw jest ograniczona widoczność rzeczywistego popytu, wynikająca zwykle z ich rozbudowania, a co za tym idzie – z wielu poziomów zapasów pomiędzy punktem produkcji a rynkiem końcowym. Skutkuje to tym, że duża część łańcuchów dostaw kieruje się prognozami, a nie popytem. Według przywołanego autora, punkt rozdziału to miejsce, w którym rzeczywisty popyt przenika do wyższego szczebla łańcucha dostaw, a głównym problemem nie jest to, jak głęboko zamówienie zostało osadzone w łańcuchu dostaw, ale to, jak dalece widoczny jest rzeczywisty popyt. Zamówienia są bowiem agregatami popytu, często opóźnionymi i zniekształconymi z powodu działań i decyzji pośredników. Z kolei popyt odzwierciedla bieżące zapotrzebowanie na rynku końcowym w czasie jak najbardziej zbliżonym do czasu rzeczywistego. Punkt rozdziału decyduje także o rodzaju

9 G. Sharman, *The Rediscovery of Logistics*, „Harvard Business Review” 1984, September/October, s. 73.

utrzymywanych zapasów. Im głębiej będzie on przenikał w sferę produkcji, a nawet projektowania, tym struktura zapasów bardziej skoncentruje się na surowcach, materiałach, półproduktach. Jeśli punkt rozdziału znajdzie się na końcu łańcucha dostaw, zapasy będą wtedy miały postać wyrobów gotowych¹⁰. Strukturę materialnego punktu rozdziału prezentuje rysunek 1.



Rysunek 1. Punkt rozdziału i związane z nim działania

Źródło: S. Hoekstra, J. Romme, *Integrated Logistics Structures: Developing Customer Oriented Goods Flow*, McGraw-Hill, London 1992, s. 7.

Punkt rozdzielania oddziela zatem część łańcucha dostaw, która odpowiada bezpośrednio na potrzeby klienta, od części łańcucha dostaw, która wykorzystuje prognozowanie i strategiczne zapasy, aby zabezpieczyć się przed zmiennością popytu w łańcuchu dostaw. Umieszczenie tego punktu zależy zatem od najdłuższego czasu realizacji zamówienia, jaki jest w stanie zaakceptować klient końcowy, oraz od punktu, w którym dominuje zmienność popytu na produkty. Zmiana punktu położenia wyróżnia pięć możliwych strategii działania w łańcuchu dostaw¹¹:

- zakupy na zamówienie (*Buy to Order* – BTO) – zakupy surowców, materiałów, części i podzespołów koniecznych do wytworzenia produktu są realizowane według specyficznych zamówień klienta,

10 M. Christopher, *The Agile Supply Chain. Competing in Volatile Markets*, „Industrial Marketing Management” 2000, vol. 29, s. 41.

11 B. Naylor, M. Naim, D. Berry, *Leagility: Integrating the Lean and Agile Manufacturing Paradigms in The Total Supply Chain*, „International Journal Production Economics” 1999, vol. 62, s. 113.

- produkcja na zamówienie (*Make to Order* – MTO) – produkt jest wytwarzany według zamówienia, a następnie dostarczany do klientów końcowych,
- montaż na zamówienie (*Assembly to Order* – ATO) – produkt jest montowany według zamówień, a następnie dostarczany do klientów końcowych,
- produkcja na magazyn (*Make to Stock* – MTO) – produkt jest wytwarzany i dostarczany na magazyn, skąd rozprowadza się go do punktów dystrybucyjnych, a następnie klientów końcowych,
- wysyłka na magazyn (*Ship to Stock* – STS) – produkt jest wytwarzany i dostarczany bezpośrednio do punktów dystrybucyjnych, skąd rozprowadza się go do klientów końcowych¹².

Wybór konkretnej strategii działania generuje podjęcie stosownych działań w łańcuchu dostaw, a także przyjęcie sposobu realizacji zamówień, ale w systemie wypychania na magazyn – **push** – albo działania według zamówień, a więc zaciągania produktów z fabryki na rynek – system **pull**.

System produkcyjny typu push jest produktem ery produkcji masowej, która opiera się na harmonogramowaniu produkcji. Powinien on posiadać informacje dotyczące prognozowanego popytu i zestawienia materiałowego (BOM), na podstawie których ustalany jest główny harmonogram produkcji (MPS – *Master Production Schedule*). Znajomość zapotrzebowania na liczbę produktów końcowych, uruchamia zamówienia na komponenty do produktu końcowego zgodnie z procesem produkcji oraz zestawieniem materiałowym¹³ (często wykorzystywany jest do tego celu system planowania potrzeb materiałowych – MRP – *Material Requirements Planning*). Zadania po wejściu do systemu są ustawiane sekwencyjnie w kolejce do pierwszego wymaganego procesu, a priorytet kolejki rozstrzyga się zgodnie z wybraną regułą harmonogramowania. Zadania przechodzą przez kolejne procesy według wyznaczonej ścieżki, a gdy wszystkie procesy zostaną zakończone, wyroby opuszczają system produkcyjny¹⁴.

Z kolei **system pull** jest przedstawicielem systemu *Just In Time* stworzonym przez Toyotę w ramach systemu produkcyjnego Toyota (TPS – *Toyota Production System*). Harmonogram produkcji w omawianym systemie opiera się na zamówieniach klientów, dlatego źródłem informacji jest etap końcowy (np. montaż produkcyjny), a każdy proces pobiera materiały z procesu podrzędnego zgodnie z własnymi potrzebami¹⁵. Działania na stanowisku procesowym są wyzwalane przez wyczerpanie zapasów na stacjach procesowych. Każdy wyczerpany zapas stanowi jednostkę kolejki na stanowisku. Zanim zadanie zostanie

12 S. Hoekstra, J. Romme, *Integrated Logistics Structures...*, s. 7–8.

13 M. Bonney, Z. Zhang, M. Head, C. Tien, R. Barson, *Are Push and Pull Systems Really So Different?*, „International Journal of Production Economics” 1999, vol. 59, s. 54.

14 Z. Ni, X. Lu, *Comparative Study on Push and Pull Production System Based on Anylogic*, Proceedings of International Conference on Electronic Commerce and Business Intelligence IEEE 2009, s. 455.

15 M. Bonney, Z. Zhang, M. Head, C. Tien, R. Barson, *Are Push and Pull Systems Really So Different...*, s. 54.

rozpoczęte, sprawdza się, czy spełniono ograniczenie pierwszeństwa, tzn. czy w wyjściowym magazynie istnieje wystarczająca ilość zapasów. Jeśli tak, to z magazynu wyjściowego pobierane są zapasy. Jeśli spowoduje to spadek wyjściowego zapasu poniżej poziomu ponownego zamówienia, zadanie umieszcza się w kolejce na danym stanowisku¹⁶.

Teoria dotycząca zarówno punktu rozdziału, jak i systemów przepływów materiałów w przedsiębiorstwie (*pull-push*) wynika z faktu, że procesy gospodarcze są na ogół procesami stochastycznymi (losowymi), niedającymi się przewidzieć. Ponadto przepływy produktów pomiędzy punktami nadania i odbioru nie mają charakteru ciągłego. Wynika to głównie z takich przyczyn losowych jak swoboda wyboru produktu przez klienta czy też innych aspektów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych. Oznacza to, że decyzje związane z logistyką i łańcuchami dostaw podejmowane są głównie w warunkach niepewności lub ryzyka¹⁷. Ponadto same procesy naturalne i wytwórcze posiadają – podobnie jak procesy logistyczne – określone ramy czasowe uniemożliwiające stworzenie ciągłego przepływu. Trudno bowiem sobie wyobrazić, aby klient robiący zakupy w sklepie spożywczym, chcąc dostać jabłka, czekał na zasadzenie jabłoni, a następnie przetrwał cały cykl wegetacji z oberwaniem jabłek i dostawą z sadu włącznie. **Luka czasowa**, która towarzyszy niezmiennie procesom naturalnym, wytwórczym oraz logistycznym, musi być w pewien sposób kompensowana. W zależności bowiem od rodzaju produktu oraz wszystkich uwarunkowań związanych z jego dostarczeniem na rynek zarówno punkt rozdziału, jak i wybrany system przepływu materiałów muszą ową lukę uwzględnić.

W tym miejscu należy także dodać, że same produkty mają istotny wpływ tak na punkt rozdziału, jak i wybrany system przepływu materiałów. Fisher stwierdził, że przy opracowywaniu strategii łańcucha dostaw, która ułatwi dopasowanie podaży i popytu, należy w pierwszej kolejności rozważyć naturę popytu na analizowane produkty. Autor ten podzielił produkty na **funkcjonalne** oraz **innowacyjne**.

Pierwsze z nich, czyli **produkty funkcjonalne**, są codziennie kupowane przez ludzi i służą zaspakajaniu podstawowych potrzeb, których klienci nie zmieniają zbyt często. Popyt na nie jest stabilny i przewidywalny, a cykl ich życia dość długi. Towary te są produktami podstawowymi, zazwyczaj o ugruntowanej marce i znanym modelu konsumpcji. Marża zysku w ich przypadku jawi się jako dość niska, a siłą napędową dla łańcuchów dostaw produktów funkcjonalnych staje się redukcja kosztów.

Produkty innowacyjne (do których można zaliczyć produkty modowe lub technologiczne) posiadają dla klientów dodatkowe wartości. Mają one krótki cykl życia i dużą niepewność popytu, dlatego narażają łańcuch dostaw na ryzyko związane z brakiem zapasów i przestarzałością. Marża zysku w ich przypadku jest zdecydowanie wyższa niż przy towarach funkcjonalnych. Wyzwanie, przed którym

16 Z. Ni, X. Lu, *Comparative Study on Push and Pull Production...*, s. 456.

17 Z. Sarjusz-Wolski, *Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 2000, s. 16–17.

stoi łańcuch dostaw dostarczający produkty modowe, polega na opracowaniu strategii, która pozwoli lepiej dopasować podaż do popytu i umożliwi firmom szybsze reagowanie na potrzeby rynku. Produkty funkcjonalne wymagają skuteczności i wydajności, a produkty innowacyjne szybkiej reakcji¹⁸.

Pomiędzy produktami innowacyjnymi a funkcjonalnymi zachodzą zależności, które mogą być rozpatrywane w kategorii ich atrybutów – to one przesądzają o decyzjach zakupowych klientów. Takie atrybuty rozpatrywane są często w odniesieniu do kwalifikatorów rynkowych (kwalifikatorów zamówień) oraz zwycięzców/zdobywców rynkowych (zwycięzców/zdobywców zamówień). Koncepcja zwycięzców i kwalifikatorów rynkowych wywodzi się z próby wyjaśnienia, w jaki sposób wewnętrzne zdolności operacyjne mogą prowadzić do przewagi konkurencyjnej i sukcesu rynkowego. Zarówno kwalifikatory zamówień, jak i zwycięzcy zamówień stanowią kluczowe powody zakupu produktu lub usługi. Różnica między nimi polega na tym, że te pierwsze to standardy konkurencyjne, które sprawiają, że produkty danej organizacji są postrzegane przez konsumentów jako nadające się do zakupu, z kolei zdobywcy rynkowi to standardy, które odróżniają lub nawet wyróżniają produkty lub usługi jednej organizacji od innych¹⁹.

Analizując zatem produkty funkcjonalne oraz innowacyjne pod kątem kwalifikatorów i zwycięzców rynkowych, można zauważyć, że atrybutem produktów będących zwycięzcami rynkowymi dla produktów innowacyjnych jest dostępność, podczas gdy w odniesieniu do zwycięzców rynkowych dla produktów funkcjonalnych będzie to cena. Jakość i czas realizacji są wyznacznikami rynku w obu przypadkach; cena i dostępność to wyznaczniki rynku odpowiednio dla produktów innowacyjnych i funkcjonalnych. Łańcuch dostaw musi wyróżniać się w atrybutach zwycięzcy rynkowego i być wysoce konkurencyjny w atrybutach kwalifikatora rynkowego, tj. minimalnego standardu wejścia na rynek. Te dwa typy produktów reagują na wyraźnie odmienne presje rynkowe, wymagają zatem odmiennego podejścia do łańcucha dostaw w celu uwzględnienia ich specyficznych cech. Tylko poprzez zrozumienie szczególnych właściwości danego typu produktu, wymagań rynku i wyzwań związanych z zarządzaniem można opracować właściwą strategię łańcucha dostaw, która zapewni optymalne działanie i pozwoli uzyskać przewagę konkurencyjną. Można to osiągnąć poprzez opracowanie strategii, które zmniejszą wpływ niepewności spowodowanej przez system, redukując w ten sposób efekt „byczego bicia” i jednocześnie aktywnie radząc sobie z presją niepewności na rynku (tabela 6)²⁰.

18 M. Fisher, *What is The Right Supply Chain for Your Product*, „Harvard Business Review” 1997, March/April, s. 106–109.

19 T. Hill, *Manufacturing Strategy*, MacMillan Press LTD, London 1995, s. 64–68.

20 R. Mason-Jones, B. Naylor, D. Towill, *Lean, Agile or Leagile? Matching Your Supply Chain to The Marketplace*, „International Journal of Production Research” 2000, vol. 38, no. 17, s. 4063–4064.

Tabela 6. Macierz atrybutów produktów typu kwalifikatory rynkowe oraz zwycięzcy rynkowi w kontekście produktów funkcjonalnych i innowacyjnych

Produkty innowacyjne	Jakość Cena Czas realizacji	Poziom usług
Produkty funkcjonalne	Jakość Czas realizacji Poziom usług	Cena
	Atrybuty produktu typu kwalifikatory rynkowe	Atrybuty produktu typu zwycięzcy rynkowi

Źródło: R. Mason-Jones, B. Naylor, D. Towill, *Lean, Agile or LeAgile...*, s. 4064.

Opisane powyżej wybrane zagadnienia z szeroko pojętej logistyki powinny stać się dobrym fundamentem do zrozumienia istoty omawianych w dalszej części pracy koncepcji logistycznych oraz mechanizmów ich działania. Do koncepcji dominujących w logistyce i łańcuchach dostaw można zaliczyć:

- **szczupłą, zwinną i szczupło-zwinną logistykę** (*Lean/Agile/LeAgile Logistics/Supply Chain*),
- **zieloną logistykę** (*Green Logistics/Supply Chain*),
- **odporną logistykę** (*Resilient Logistics/Supply Chain*),
- **projektowanie wspomagające logistykę** (*Design for Logistics/Supply Chain*),
- **kompleksowe zarządzanie logistyką** (*Total Logistics Management*).

W kolejnych rozdziałach każda z wymienionych koncepcji zostanie pokrótce omówiona po to, aby na końcu tej części opracowania odnieść je do zaprezentowanych w rozdziale pierwszym wyzwań stojących przed logistyką i łańcuchami dostaw w trzeciej dekadzie XXI wieku.

2.1. Szczupła, zwinna, szczupło-zwinna logistyka/łańcuchy dostaw

Pierwsze z omawianych w tym rozdziale koncepcji to *Lean* i *Agile*. Bazują one na idei *Lean Management* (szczupłe zarządzanie – LM), która jest jedną z najszerzej wykorzystywanych metodologii doskonalenia procesów w przedsiębiorstwach. W zasadzie od lat osiemdziesiątych XX wieku wiele organizacji produkcyjnych i usługowych wykorzystywało to narzędzie w celu poprawy swoich wyników. Pierwszymi autorami, którzy opisali koncepcję *Lean Management*, byli Womack, Jones i Roos. To oni w roku 1990 w swojej książce *The Machine that Changed the World* po raz pierwszy ukazali fenomen japońskiej szkoły zarządzania operacyjnego na przykładzie Toyoty²¹. W Polsce pierwsze wydanie tej publikacji pojawiło się

21 J. Womack, D. Jones, D. Roos, *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, Maxwell Macmillan, New York 1990.

dopiero w roku 2008 nakładem wydawnictwa ProdPress.com²². O tym, jak skuteczną koncepcją zarządzania jest *Lean Management*, świadczy przedślowie do polskiego wydania, w którym przytoczono pewien fakt historyczny. Kiedy wydawana była oryginalna wersja *Maszyny, która zmieniła świat*, japoński producent samochodów Toyota był dwukrotnie mniejszym przedsiębiorstwem aniżeli amerykański potentat General Motors i stanowił zaledwie 2/3 wielkości innego amerykańskiego potentata samochodowego, czyli Ford Motor Company. W roku 2007, kiedy ukazała się polska edycja książki (tuż przed światowym kryzysem z roku 2009²³), Toyota pokonała na rynku swoją wielkością Forda i zbliżyła się do GM²⁴ po to, aby w roku 2008 stać się liderem w branży produkcji samochodów²⁵. Pomimo kryzysu, który zmniejszył zyski japońskiej firmy, a przyczynił się w bardzo dużym stopniu do potężnych problemów GM, Toyota bardzo szybko wyszła na przysłowiową „prostą”, stając się niekwestionowanym pionierem światowej motoryzacji, co w dużej mierze było zasługą wykorzystywania koncepcji LM²⁶. Po *Maszynie, która zmieniła świat* ukazywały się także kolejne pozycje tych autorów, wprowadzające w arkana koncepcji *Lean Management*, np. *Lean Thinking* wydana w oryginale w sierpniu 1996 roku²⁷ czy też *Szczupłe rozwiązania, czyli jak przedsiębiorstwa i ich klienci mogą pomnażać korzyści ze wzajemnej współpracy, stosując zasady Lean Management*²⁸.

Sama koncepcja *Lean Management* koncentruje się na eliminacji marnotrawstwa – MUDA – czyli wszelkiej aktywności, która angażuje zasoby przedsiębiorstwa, nie tworząc przy tym żadnej wartości. Jako pierwszy walkę ze wszelkimi przejawami tego zjawiska zainicjował Ohno, dyrektor Toyoty, który zidentyfikował siedem podstawowych typów marnotrawstwa²⁹. Z kolei Imai, skupiając się na ciągłym doskonaleniu jako kluczowym elemencie rozwoju organizacji, wskazał następujące rodzaje marnotrawstwa opisane przez Ohno:

- nadprodukcja – produkowanie na wszelki wypadek więcej niż potrzeba, aby kompensować problemy związane np. z awariami maszyn, brakami, absencją pracowniczą itp.,
- zapasy – leżące w magazynach nadwyżki nie zapewniają żadnej wartości, a z czasem ich jakość może się pogarszać lub mogą ulec zniszczeniu,

22 J. Womack, D. Jones, D. Roos, *Maszyna, która zmieniła świat*, ProdPress.com, Wrocław 2008.

23 M. Dzikowska, M. Gorynia, B. Jankowska, *Międzynarodowa konkurencyjność polskich przedsiębiorstw w okresie globalnego kryzysu gospodarczego i po jego wystąpieniu*, Difin, Warszawa 2016, s. 133.

24 J. Womack, D. Jones, D. Roos, *Maszyna, która...*, s. IX.

25 <https://www.rp.pl/biznes/art6844721-toyota-nadal-przed-gm> [dostęp: 12.04.2022].

26 <https://wyborcza.biz/biznes/7,177151,5893082,kryzys-bije-w-zyski-toyoty.html> [dostęp: 12.04.2022]; <https://www.chceauto.pl/kryzys-a-toyota-ma-sie-swietnie-a519.html> [dostęp: 12.04.2022].

27 J. Womack, D. Jones, *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, New York 1996; J. Womack, D. Jones, *Odchudzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu*, Centrum Informacji Menedżera, Warszawa 2001.

28 J. Womack, D. Jones, *Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together*, Free Press, New York 2005.

29 J. Womack, D. Jones, *Odchudzanie firm...*, s. 17.

- naprawy/braki – wymagają poprawek lub stanowią stratę, jeśli są nienaprawialne,
- ruch – ruchy niezwiązane bezpośrednio z dodawaniem wartości są jałowe i zbędne, podobnie jak ograniczaniu powinny podlegać ruchy nieergonomiczne, np. wymagające dużego wysiłku,
- przetwarzanie – bezproduktywne lub wydłużające czas operacje oraz przekazywanie informacji,
- oczekiwanie – wszędzie tam, gdzie proces oczekuje na niezbędne zasoby,
- transport – jako motor napędowy każdego przepływu materiałów sam w sobie nie przynosi żadnej wartości³⁰.

Ten sam autor wskazał także ósmy wymiar marnotrawstwa – zarządzanie czasem, czyli niewłaściwe wykorzystanie czasu, które powoduje zastoje. Chodzi tu w głównej mierze o kwestie nadawania priorytetów pracy w taki sposób, aby nie tworzyć „wąskich gardeł”³¹.

Dyrektor *Yamaha Engine Company*, Sugiyama, opisał siedem podstawowych marnotrawstw przedsiębiorstwa, tworząc listę minimalizacji wykorzystania rzeczy inżynierskich (*List of Less-Engineering Items*) w ramach powszechnie stosowanych w przedsiębiorstwach kategorii 5M wywodzących się z diagramu przyczynowo-skutkowego Ishikawy (*Man* – człowiek, *Machine* – maszyna, *Material* – materiał, *Method* – metoda, *Measurement* – pomiary)³². Sugiyama uważał, że człowiek powinien być mniej patrzący, chodzący, szukający i blokujący; maszyna powinna być mniej powietrzna, mniej przenośnikowa, wolnobieżna i ciśnieniowa; materiał powinien być mniej pozadzierany, oczekujący i zatrzymujący; metoda powinna być mniej wąsko-gardłowa i mniej gromadząca zapasy, a cała jakość powinna być mniej wadliwa, wykluczająca bezmyślne błędy oraz mniej niestandardowa. Wprowadził on także trzy zasady „bezpowietrznej inżynierii”, których kontekst logistyczny jest oczywisty, tzn.: nie przemieszczać powietrza, nie składować powietrza oraz eliminować przestrzeń, która nie przynosi wartości³³.

Imai wspomniał także o jeszcze dwóch pozostałych słowach, które w japońskim przemyśle uznawane są za potencjalne źródła marnotrawstwa – MURA i MURI. Pierwsze z nich oznacza nieregularność, a drugie to nadmierne przeciążenie. Cokolwiek doprowadza do nadmiernego obciążenia lub generuje nieregularność, staje się źródłem potencjalnych problemów³⁴.

30 M. Imai, *Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe, niskokosztowe podejście do zarządzania*, MT Biznes, Warszawa 2006, s. 115–121.

31 Teoria „wąskich gardeł” znana jako teoria ograniczeń *Theory of Constraints* – TOC została opisana przez Goldratta, zob. E. Goldratt, J. Cox, *The Goal. A Process of Ongoing Improvement*, National Productivity Institute, Pretoria, South Africa 1984.

32 W pierwotnym przykładzie pojawiły się tylko 4 elementy: pracownicy (*Workers*), materiał (*Material*), kontrola (*Inspection*) oraz narzędzia (*Tools*), zob. K. Ishikawa, *Guide to Quality Control*, Asia Productivity Organization, Hong Kong 1976, s. 19.

33 M. Imai, *Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe, niskokosztowe...*, s. 123–124.

34 *Ibidem*, s. 125.

Sama koncepcja *Lean Management*, często nazywana jako *Lean Thinking* (szczupły sposób myślenia – LT), opiera się na pięciu podstawowych fundamentach:

- zdefiniowaniu wartości z perspektywy klienta,
- zidentyfikowaniu strumienia wartości,
- dążeniu do tego, by wartość podlegała ciągłemu przepływowi,
- wdrożeniu produkcji opartej na systemie „pull” – wytwarzania bazującego na zamówieniach – przeciwieństwa systemu „push” – bazującego na prognozach rynkowych,
- nieustannie dążyć do doskonałości³⁵.

Jak widać, zaprezentowane fundamenty łączą w sobie kwestie produkcji, logistyki i jakości, które muszą być równocześnie rozpatrywane, aby można było skutecznie i efektywnie wytwarzać.

Implikacje samej koncepcji *Lean Management* z produkcją, logistyką i jakością wydają się niewątpliwe. Nie dziwi zatem fakt, że szczupłe zarządzanie wkrótce przeszło na sferę operacyjną przedsiębiorstwa, czego efektem stała się koncepcja *Lean Manufacturing*. Owocowało to całymi cyklami publikacji powstających przy instytucjach *Lean*, dotyczących metod szczupłego wytwarzania. Wyraźnie w nich podkreślano logistyczne kwestie przepływu np. mapowania strumienia wartości³⁶, tworzenia ciągłego przepływu³⁷, doskonalenia przepływu materiałów³⁸ czy też mapowania rozszerzonych strumieni wartości³⁹. Nie może zatem dziwić fakt, że przy tak ogólnym zarysie samej koncepcji *Lean* znalazła ona swoje rozwinięcie także w logistyce i łańcuchach dostaw.

Encyklopedia zarządzania produkcją i wytwarzaniem definiuje *Lean Logistics* jako zastosowanie zasad *Lean Management* w operacjach łańcucha dostaw. Podstawową zasadą szczupłego zarządzania jest wyeliminowanie wszelkich części systemu, które nie przynoszą wartości, np. kosztownych zapasów czy magazynowania. Wprowadzenie szczupłej produkcji, po raz pierwszy wprowadzone przez Toyotę w późnych latach osiemdziesiątych XX wieku, stanowiło poważne odejście od produkcji masowej i wymagało zmiany ówczesnego stosunku do logistyki. Przejście na mniejsze wielkości partii i ograniczenie zapasów wymagało ciągłych dostaw części i komponentów na czas, aby zasilić linię produkcyjną – dostawy *Just in Time*. Częste dostawy części eliminowały potrzebę utrzymywania kosztownych zapasów, ale sprawiły, że dostawcy musieli znajdować się w niewielkiej odległości od miejsca wytwarzania. Systemy *Lean* odniosły sukces, ponieważ dostawcy

35 Y. Thangarajoo, A. Smith, *Lean Thinking: An Overview*, „Industrial Engineering & Management” 2015, vol. 4, issue 2, s. 2.

36 M. Rother, R. Harris, *Learning to See. Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*, The Lean Enterprise Institute, One Cambridge Center, Cambridge, USA 2003.

37 M. Rother, R. Harris, *Creating Continuous Flow*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, USA 2001.

38 M. Rother, R. Harris, *Making Materials Flow*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, USA 2003.

39 D. Jones, J. Womack, *Seeing the Whole. Mapping the Extended Value Stream*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, USA 2002.

oraz klienci dzielili się informacjami o zamówieniach klientów i harmonogramach produkcji w czasie rzeczywistym. W ten sposób systemy *Lean* wykazały znaczny wzrost wydajności i jakości w porównaniu z ich odpowiednikami stosowanymi w produkcji masowej⁴⁰.

W tej samej publikacji można odnaleźć definicję szczupłego łańcucha dostaw – *Lean Supply Chain* (LSC). Ponieważ wiele przedsiębiorstw wykracza poza *Lean Manufacturing*, przekształcając całą firmę w szczupłą organizację, w sposób logiczny stara się włączyć do szczupłego myślenia swoich dostawców, tworząc tym samym szczupłe łańcuchy dostaw. W ten sposób dąży się to tego, aby powiązania między dostawcami i klientami organizacji również opierały się na zasadach „szczupłej” produkcji, takich jak eliminacja marnotrawstwa, współpraca i zaufanie. W ten sposób maksymalizowana jest synergia pomiędzy organizacjami tworzącymi cały łańcuch dostaw: od dostawców przez klientów do konsumentów końcowych. Podobnie jak w *Lean Logistics* wymaga to nowego podejścia do zarządzania łańcuchem dostaw. Wśród korzyści płynących z takiego podejścia można wskazać redukcję kosztów łańcucha dostaw i poprawę zadowolenia klienta⁴¹.

Na podstawie przytoczonych definicji dość trudno znaleźć różnice pomiędzy szczupłą logistyką a szczupłymi łańcuchami dostaw. Wszak zmniejszenie partii dostaw oraz ich częstotliwości można uznać za sferę zmian zachodzących wewnątrz organizacji, ale bez wątpienia zmiany te mają swoje konsekwencje wśród dostawców. Oznacza to, że przekładają się one na łańcuchy dostaw, a więc na formułę współpracy pomiędzy producentami, ich dostawcami oraz klientami.

Nieco inaczej pojęcie *Lean Logistics* opisali Jones, Hines i Rich. Zdaniem tych autorów, szczupła logistyka czerpie swoje podstawy z filozofii *Lean*, a więc wywodzi się z systemu produkcyjnego Toyoty i opiera się na rozszerzeniu *Toyota Production System* (systemie produkcyjnym Toyoty – TPS) na całej długości łańcucha dostaw – od wydobycia surowców aż do dostaw klientom. Podejście to zostało opracowane w celu przezwyciężenia problemów związanych z fragmentacją tradycyjnego myślenia funkcjonalnego i biznesowego. W ramach szczupłej logistyki pojawiają się pojęcia wartości, strumieni wartości, przepływu, przyciągania (system *pull*) i doskonałości. Kluczowym elementem *Lean Logistics* jest ciągła praca nad zrozumieniem marnotrawstwa i nieefektywności w istniejących strumieniach wartości w celu zastosowania kolejnych radykalnych lub stopniowych usprawnień⁴².

Wzajemne przenikanie się kwestii logistyki i jakości w racjonalizacji procesów oraz ocenie ich efektywności jest rzeczą oczywistą. W literaturze przedmiotu można odnaleźć także koncepcję *Lean Six Sigma Logistics* (LSSL). Ponieważ

40 P. Swamidass (red.), *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*, Kluwer Academic Publishers, Norwell 2000, s. 346.

41 *Ibidem*, s. 352–353.

42 D. Jones, P. Hines, N. Rich, *Lean Logistics*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 1997, vol. 27, issue 2(4), s. 170–171.

początkowo *Lean Logistics* była zaopatrzeniową funkcją wspierającą *Lean Manufacturing*, dlatego też, wspominając o *Lean Logistics*, mówiono wyłącznie o procesie przychodzącym, łączącym dostawców z zakładem produkcyjnym wykorzystującym koncepcję *Lean*. Oznaczało to, że zaopatrzenie koncentrowało się na zwiększeniu częstotliwości dostaw, wyrównaniu przepływu i zmniejszeniu zapasów. Po pewnym czasie koncepcje *Six Sigma* i *Lean* zaczęto wdrażać w środowiskach pozaprodukcyjnych, w których istniała możliwość implementacji podstawowych zasad i narzędzi omawianych koncepcji. Zadziało to jak katalizator, który sprawił, że *Lean* i *Six Sigma* zaczęto wprowadzać do logistyki w bardziej ogólnym sensie. W tym celu sformułowano dwa główne obszary zainteresowania w odniesieniu do *Lean Six Sigma Logistics*, którymi są:

- *Lean Six Sigma Logistics* interpretowany jako funkcja logistyki zaopatrzenia wspierająca zakład produkcyjny *Lean*,
- *Logistyka Lean Six Sigma* interpretowana jako zbiór działań na procesach logistycznych, w których ogólna strategia operacyjna oparta jest na zasadach i narzędziach *Lean Six Sigma*⁴³; obejmuje ona podstawowe procesy logistyczne wynikające z funkcjonalnego podziału logistyki, tzn. transport, magazynowanie, obsługa zamówień, pakowanie oraz zarządzanie zapasami⁴⁴.

Ponieważ koncepcja *Lean* w swoim założeniu ma za zadanie wspierać procesy dodające wartość, to w sposób naturalny kwestionuje ona potrzebę działań logistycznych. Jak podkreślają Golsby i Martichenko, celem *Lean Logistics* nie będzie zatem stworzenie floty ciężarówek i naczep, ale zmniejszenie zapotrzebowania na nie, nie chodzi zatem o zbudowanie sieci magazynów, ale o ich zredukowanie lub całkowite wyeliminowanie. Dotyczy to także zapasów – w tej sytuacji celem nie będzie ich gromadzenie, lecz całkowite zmniejszenie zależności od nich. Ponieważ głównym postulatem *Lean* jest eliminacja marnotrawstwa, ciągły przepływ i ciągnięcie wynikające z założeń systemu *pull*. Koncepcja *Six Sigma* polega na zrozumieniu i ograniczeniu zmienności. Stworzenie swoistej synergii między ideami *Lean* i *Six Sigma* pozwala ograniczyć zapasy, podnieść efektywność strategii transportowych czy też osiągnąć znaczną redukcję magazynów, a nawet ich całkowitą eliminację⁴⁵.

Analizując wybrane przykłady definiowania koncepcji *Lean* w logistyce i łańcuchach dostaw, trudno nie oprzeć się wrażeniu, że istnieje tutaj pewien mętlik pojęciowy. Wynika on z następujących przesłanek:

- zdefiniowania zakresu pojęciowego logistyki i łańcucha dostaw oraz zarządzania łańcuchem dostaw (o problemie tym wspomniano na początku rozdziału II),

43 T. Golsby, R. Martichenko, *Lean Six Sigma Logistics. Strategic Development to Operational Success*, J. Ross Publishing, USA 2005, s. 65.

44 A. Szymonik, W. Zielecki, *Logistyka. Zarządzanie Łańcuchami Dostaw*, [w:] R. Knosala (red.), *Inżynieria produkcji. Kompendium wiedzy*, PWE, Warszawa 2017, s. 506–513.

45 T. Golsby, R. Martichenko, *Lean Six Sigma Logistics...*, s. 65.

- zdefiniowania i identyfikacji procesów logistycznych przynoszących wartość w celu określenia strumienia wartości,
- określenia, które elementy koncepcji *Lean* powinny dotyczyć logistyki i łańcuchów dostaw,
- wskazania obszarów eliminacji marnotrawstwa, nieregularności i przeciążenia w logistyce i łańcuchach dostaw,
- opisanie kompleksowego sposobu funkcjonowania koncepcji *Lean* w logistyce i łańcuchach dostaw.

Realizacja założeń koncepcji *Lean* jest działaniem przenikającym funkcjonalne obszary organizacji. Wdrażanie wybranych działań *Lean* w sferze wytwarzania może generować swoje konsekwencje w jakości czy też logistyce. Podobnie aktywności *Lean* w obszarze logistyki i łańcuchów dostaw mogą mieć swoje konsekwencje dla sfery wytwarzania i jakości. Wydaje się, że rozróżnianie koncepcji *Lean Logistics* od *Lean Supply Chain* stanowi podobną dyskusję jak rozróżnienie samej logistyki od łańcucha dostaw oraz zarządzania łańcuchem dostaw (ciekawą publikację na ten temat napisał Rutkowski⁴⁶). Należy zatem przyjąć, że koncepcja *Lean* w logistyce i łańcuchu dostaw będzie opisywana w zależności od przyjętej przez danego twórcy „doktryny interpretacyjnej” samej logistyki i łańcucha dostaw. Zdaniem autora tej publikacji, koncepcja ta powinna dotyczyć faz i procesów logistycznych, a więc zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji oraz logistyki zwrotnej z uwzględnieniem transportu, magazynowania, pakowania, obsługi zamówień i zarządzania zapasami.

Nieco większy problem wiąże się z identyfikacją działań logistycznych przynoszących wartość. Warto zatem przyjrzeć się podstawowym elementom składowym procesu twórczego występującego w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym, tzn. procesom lub operacjom:

- technologicznym,
- transportowym,
- magazynowym (składowaniu),
- kontrolnym,
- złożonym z powyższych czterech, np. technologiczno-transportowych⁴⁷.

Wówczas to z punktu widzenia wartości dla klienta jedynym procesem lub operacją przynoszącą wartość jest proces/operacja technologiczna, czyli ta „główna część procesu produkcyjnego podstawowego, w ramach którego następuje zmiana kształtów, właściwości fizykochemicznych, wyglądu zewnętrznego przetwarzanego materiału lub trwała zmiana wzajemnego położenia poszczególnych części wchodzących w skład produkowanego wyrobu, czyli montaż podzespołów i wyrobów”⁴⁸. Jest to jedyny z procesów (bądź operacji) przynoszących

46 R. Rutkowski, *Zarządzanie łańcuchem dostaw – próba sprecyzowania terminu i określenia związków z logistyką*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka” 2004, nr 12, s. 2–8.

47 I. Durlik, *Inżynieria zarządzania, Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Naukowe AMP, Katowice 1993, s. 63.

48 *Ibidem*, s. 64.

wartość, za który klient wyraża chęć zapłaty. Ostatecznego odbiorcy nie interesuje bowiem to, jak wiele operacji transportowych, magazynowych czy też kontrolnych należało wykonać podczas wytwarzania wyrobu. Jest on za to zainteresowany tym, aby produkt był dostępny, dostarczony i miał pożądaną jakość. Kierując się takim założeniem, każde przedsiębiorstwo produkcyjne powinno optymalizować liczbę procesów/operacji technologicznych, przy jednoczesnej minimalizacji pozostałych. Procesy logistyczne transportu, magazynowania, pakowania, zarządzania zapasami i obsługi zamówień powinny być zatem w dużym uproszczeniu zbędne.

Oczywiście dla przedsiębiorstw usługowych ta relacja może się zmienić. Brak bowiem procesów/operacji technologicznych rozumianych w *sensu stricto*, co, np. według definicji Durlika, stwarza możliwość identyfikacji innych procesów, stanowiących wartość dla klienta. Na podstawie pięciu podstawowych procesów logistycznych funkcjonujących w ramach łańcucha dostaw obecnych przedsiębiorstwach, np. branży logistycznej, można postawić hipotezę, że wartość dla klienta powinien stanowić wyłącznie fizyczny przepływ, przemieszczenie towaru z miejsca wysyłki do punktu odbioru. To, w jaki sposób przedsiębiorstwa branży logistycznej zrealizują ten proces, przy użyciu jakiej liczby różnorodnych procesów logistycznych, jest dla klienta zupełnie nieistotne.

Oznacza to, że koncepcja *Lean* dla logistyki i łańcuchów dostaw zmierzać będzie do ograniczania wszelkiego marnotrawstwa w procesach logistycznych (optymalizacja głównie w kontekście czasu, kosztów i jakości), a także do minimalizacji nieregularności i przeciążenia. Dotyczyć to będzie nie tylko procesów zachodzących w danej organizacji, ale także w obszarze dostawców na różnych poziomach (dostawców, poddostawców itd.). O ile walka z marnotrawstwem wydaje się rzeczą oczywistą w obecnie działających organizacjach, o tyle kwestie braku regularności procesów wynikających często z sezonowości czy też innych zjawisk ekonomicznych, społecznych czy też środowiskowych nie są już tak łatwe do uregulowania.

Wykorzystywanie koncepcji *Lean* pozostaje zbieżne z działaniem struktur organizacji produkcji, projektowanych według kryterium techniczno-ekonomicznego, w którego założeniach przyjmuje się, że najlepszy efekt techniczno-ekonomiczny produkcji uzyskuje się poprzez optymalizację wykorzystania pracy ludzkiej, materiałów, półwyrobów, energii, powierzchni oraz środków technicznych i informacji – bazuje ono na wskazaniach Taylora, Forda czy też Adamieckiego⁴⁹, czyli dorobku pierwszej i drugiej rewolucji przemysłowej. W wielu przypadkach przedsiębiorstwa branży logistycznej funkcjonują według takich wytycznych, czemu sprzyja koncepcja *Lean*.

Jak już wspomniano wcześniej, koncepcja ta polega na robieniu więcej za mniej, co jest rozsądnym celem biznesowym, o ile zachowana zostanie satysfakcja klienta. Paradoksalnie, wiele firm, które przyjęły koncepcję *Lean* jako praktykę biznesową,

49 *Ibidem*, s. 96–97.

nie jest zwinnych w swoim łańcuchu dostaw rozumianym poprzez elastyczną reakcję na potrzeby klienta. Przemysł samochodowy na wiele sposobów ilustruje to zagadnienie, ponieważ zdolność do spełnienia wymagań klienta w zakresie wyboru konkretnego pojazdu w akceptowalnych ramach czasowych wciąż pozostawia wiele do życzenia. Odchudzona organizacja w pewnych okolicznościach może być elementem zwinności, ale sama w sobie nie umożliwi organizacji szybszego zaspokojenia dokładnych potrzeb klienta w szybszym tempie⁵⁰.

Oznacza to, że implementacja koncepcji *Lean* powoduje pojawienie się wielu konsekwencji pozytywnych, ale i negatywnych. Naturalnym następstwem jej wykorzystywania jest wzrost standaryzacji oferowanych produktów, co nieco odbiega od wysoko spersonalizowanych produktów, których oczekują klienci trzeciej dekady XXI wieku. Dlatego też w literaturze przedmiotu obok koncepcji *Lean* pojawia się także koncepcja *Agile Logistics/Supply Chain* (AL/SC)⁵¹ (zwinna logistyka/łańcuchy dostaw), a także mowa jest o koncepcji *Leagile Supply Chain*⁵² (zwinno-szczupłe łańcuchy dostaw).

Christopher zauważył, że zwinność jest zdolnością ogólnobiznesową, która obejmuje struktury organizacyjne, systemy informatyczne, procesy logistyczne, a w szczególności sposób myślenia, którego początki wiążą się z elastycznymi systemami produkcyjnymi (*Flexible Manufacturing Systems* – FMS). Zwinny łańcuch dostaw okazuje się wrażliwy na potrzeby rynku, co oznacza, że jest on w stanie odczytywać rzeczywisty popyt i reagować na niego. O ile konwencjonalne systemy logistyczne opierają się na paradygmacie, w którym dąży się do określenia optymalnej ilości zapasów i ich lokalizacji przestrzennej, wspomaganym algorytmami i technologiami informatycznymi IT, o tyle koncepcja *Agile* dzięki współpracy i wymianie informacji wewnątrz łańcucha dostaw działa w oparciu o rzeczywisty popyt zamiast uzależniać się od zniekształconego prognozami popytu. Przywołany autor dodał także, że zwinność łańcuchów dostaw jest potrzebna w mniej przewidywalnych środowiskach, gdzie popyt cechuje się zmiennością, a dotyczące jej wymagania są wysokie; z kolei szczupłość działa lepiej przy większych wolumenach, mniejszej różnorodności i przewidywalnym otoczeniu⁵³. Zwinność to także szybka reakcja na potrzeby klienta, radzenie sobie i opanowanie turbulencji rynkowych, stąd wymaga specyficznych zdolności oprócz tych, które można nabyć dzięki wykorzystaniu koncepcji *Lean*⁵⁴.

50 D. Towill, M. Christopher, *The Supply Chain Strategy Conundrum: To Be Lean or Agile or To Be Lean and Agile?*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2002, vol. 5, no. 3, s. 301.

51 M. Christopher, *The Agile Supply Chain...*, s. 37–44.

52 R. Mason Jones, B. Naylor, D. Towill, *Engineering the Leagile Supply Chain*, „International Journal of Agile Management Systems” 2000, vol. 2, no. 1, s. 54–61.

53 M. Christopher, *The Agile Supply Chain...*, s. 37–39.

54 R. van Hoek, A. Harrison, M. Christopher, *Measuring Agile Capabilities in the Supply Chain*, „International Journal of Operations & Production Management” 2001, vol. 21, no. 1(2), s. 127.

Propozycję struktury zwinnego łańcucha dostaw zaprezentowali van Hoek, Harrison i Christopher, wyróżniając w niej cztery podstawowe elementy:

- wrażliwość na klienta – obejmującą zrozumienie rynku, pełną satysfakcję klienta i dostosowanie się do jego potrzeb, np. poprzez odraczanie terminów płatności czy też szybką reakcję,
- integrację wirtualną – odnoszącą się do wykorzystania informacji w całym łańcuchu dostaw,
- integrację procesową – odnoszącą się do opanowania zmian i niepewności wewnątrz organizacji oraz u wszystkich członków łańcucha dostaw,
- integrację sieci – obejmującą współpracę w celu poprawy konkurencyjności oraz umożliwienia szerszego i bardziej krytycznego spojrzenia na zagadnienia zarządzania łańcuchem dostaw.

Każdy z powyższych elementów powinien podlegać pomiarom⁵⁵.

Zdaniem Yusufa, Gunasekarana, Adeleye'a i Sivayoganathana, zwinne łańcuchy dostaw powinny być rozpatrywane w dwóch wymiarach – zasięgu i zakresu. Pierwszy z nich będzie tutaj rozpatrywany, poczynsz od pojedynczej komórki organizacyjnej poprzez przedsiębiorstwo, dostawców aż po skalę globalną. Z kolei zakres będzie dotyczyć części integracyjnej (od komunikacji poprzez fakturowanie, integrację wewnętrzną aż po integrację zewnętrzną). Zwinny łańcuch dostaw powinien osiągać najwyższe poziomy w obu wymiarach. W takiej sytuacji przebieg operacji wewnętrznych będzie przejrzysty dla dostawców i klientów. Ponadto, lokalne zespoły pracowników mogą myśleć globalnie i podejmować wirtualne inicjatywy z zespołami w innych organizacjach w ramach łańcucha dostaw. W tym zakresie reagowanie na zmieniające się wymagania konkurencji staje się łatwiejsze do opanowania w sposób rutynowy i przy niewielkich karach czasowych, kosztowych i jakościowych⁵⁶ (rysunek 2).

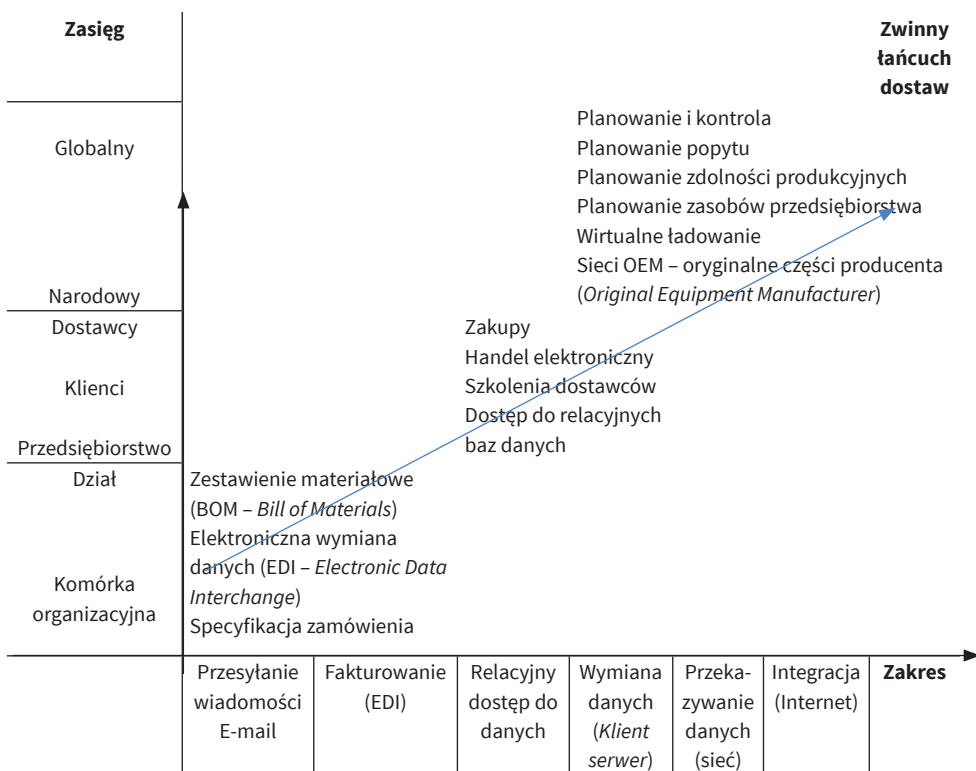
Zwinność oznacza zatem zastosowanie wiedzy o rynku do wykorzystywania szans pojawiających się w zmieniającym się otoczeniu, z kolei szczupłość polega na opracowaniu strumienia wartości w celu wyeliminowania wszelkiego marnotrawstwa, aby zapewnić realizację zaplanowanego harmonogramu. Ocenę znaczenia wybranych cech koncepcji *Lean* i *Agile* przedstawiono w tabeli 7⁵⁷.

Wykorzystanie wiedzy rynkowej, współpraca między przedsiębiorstwami czy też skracanie czasu realizacji zamówień w przypadku obydwu koncepcji muszą zostać uwzględnione jako fundamenty skutecznych i efektywnych łańcuchów dostaw. W sytuacji, gdy chodzi o eliminację marnotrawstwa oraz wygładzanie popytu (stabilizowania zmienności popytu), są to działania wymagane w przypadku wdrażania koncepcji *Lean*, ale niekoniecznie koncepcji *Agile*, która potrzebuje odporności oraz szybkości w rekonfiguracji sieci łańcucha dostaw.

⁵⁵ *Ibidem*, s. 139.

⁵⁶ Y. Yusuf, A. Gunasekaran, E. Adeleye, K. Sivayoganathan, *Agile Supply Chain Capabilities: Determinants of Competitive Objectives*, „European Journal of Operational Research” 2004, vol. 159, s. 382.

⁵⁷ B. Naylor, M. Naim, D. Berry, *Leagility: Integrating the Lean and Agile...*, s. 108–109.



Rysunek 2. Zakres i zasięg analizy łańcuchów dostaw pod kątem ich szczupłości

Źródło: Y. Yusuf, A. Gunasekaran, E. Adeleye, K. Sivayoganathan, *Agile Supply Chain Capabilities...*, s. 382.

Tabela 7. Ocena znaczenia różnych cech koncepcji *Lean* i *Agile*

Wybrane cechy	Koncepcja <i>Lean</i>	Koncepcja <i>Agile</i>
Wykorzystanie wiedzy rynkowej	Niezbędne	Niezbędne
Współpraca między przedsiębiorstwami łańcucha dostaw (wirtualna korporacja/strumień wartości/zintegrowany łańcuch dostaw)	Niezbędne	Niezbędne
Skracanie czasu realizacji zamówień	Niezbędne	Niezbędne
Eliminacja Muda	Niezbędne	Pożądane
Szybka rekonfiguracja	Pożądane	Niezbędne
Odporność	Dowolne	Niezbędne
Wygładzanie popytu/planowanie harmonogramów	Niezbędne	Dowolne

Źródło: B. Naylor, M. Naim, D. Berry, *Leagility: Integrating the Lean...*, s. 109.

Koncepcje *Lean* i *Agile* mają na celu zwiększenie efektywności i skuteczności łańcucha dostaw. Towill, zajmujący się skracaniem czasu obsługi zamówień w łańcuchach dostaw, podjął próbę zdefiniowania teoretycznych i praktycznych zasad związanych z ich efektywnością⁵⁸. Przywołał pięć fundamentalnych zasad sterowania przepływem materiałów Burbidge⁵⁹ oraz zebrał opinie praktyków związane z omawianym zagadnieniem, a także wyniki swoich badań, formułując 10 zasad ułatwiających przepływ materiałów i niezbędnych w realizacji przywołanych koncepcji:

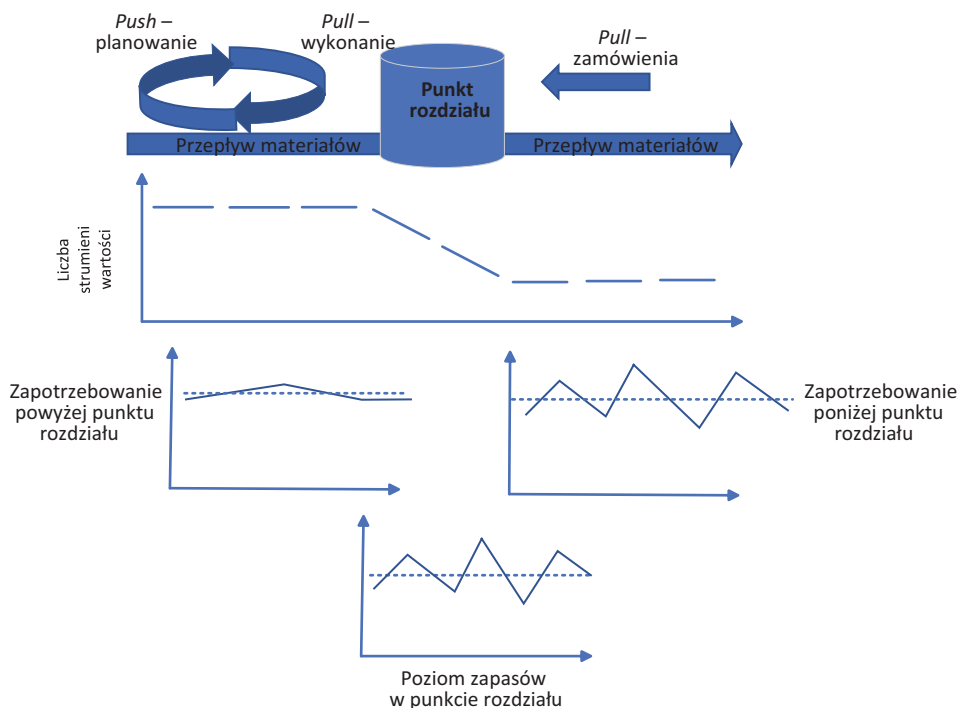
- należy wytwarzać tylko takie produkty, które można sprawnie wysłać, otrzymując szybką zapłatę,
- w jednym okresie należy produkować tylko te komponenty, które są potrzebne do montażu w następnym okresie,
- powinno się zmierzać do minimalizacji czasu przepływu materiału,
- w procesie planowania należy wykorzystywać najkrótsze możliwe okresy, tzn. najmniejszą ilość serii, którą można efektywnie zarządzać,
- należy przyjmować dostawy od dostawców w małych partiach i tylko wtedy, gdy są one potrzebne do przetwarzania lub montażu (pięć fundamentów Burbidge'a),
- należy zapewnić każdej firmie w łańcuchu dostaw dokładniejsze i bardziej terminowe informacje o zamówieniach, nowych produktach i specjalnych potrzebach,
- istnieje realna potrzeba współpracy i wsparcia pomiędzy przedsiębiorstwami w skracaniu cykli roboczych poprzez usuwanie przeszkód związanych z ograniczeniem czasu, co często jest nieświadomie narzucane przez organizację innym przedsiębiorstwom (trzy fronty współpracy liderów łańcuchów dostaw na rzecz skracania cykli obsługi klienta w łańcuchu dostaw),
- należy redukować wszelkie opóźnienia w czasie realizacji przepływów zarówno materiałów, jak i informacji oraz pieniędzy,
- tam, gdzie to możliwe, trzeba eliminować opóźnienia czasowe, zwłaszcza te, które dotyczą punktów decyzyjnych,
- należy przekazywać pełne informacje rynkowe do wszystkich uczestników łańcucha dostaw, a w szczególności do uczestników wyższego szczebla (wniośki z przeprowadzonej przez Towilla symulacji łańcucha dostaw).

W literaturze przedmiotu pojawia się także koncepcja *LeAgile* (szczupło-zwinna logistyka), stanowiąca połączenie paradygmatów koncepcji *Lean* i *Agile* w ramach całego łańcucha dostaw. Koncepcja *LeAgile* polega zatem na takim umiejscowieniu punktu rozdzielenia, aby jak najlepiej odpowiadał on potrzebie reagowania na zmienny popyt w dolnej części łańcucha dostaw (zwinność) przy jednoczesnej stabilności planowania na wcześniejszych etapach łańcucha dostaw,

58 D. Towill, *Time Compression and Supply Chain Management – A Guided Tour*, „Supply Chain Management” 1996, vol. 1, no. 1, s. 20–24.

59 J. Burbidge, *Five Golden Rules to Avoid Bankruptcy*, „Production Engineer” 1983, vol. 62, no. 10, s. 13–14.

co sprzyja szczupłości⁶⁰. Oznacza to, że szczupłość łańcucha dostaw będzie zapewniać maksymalizację przyrostu wartości dodanej przy względnie stabilnym popycie, a szczupłość będzie gwarantować szybkość reakcji na zmieniający się popyt. Kluczowe w wypadku całej koncepcji staje się projektowanie produktów w taki sposób, aby mogły spełniać założenia koncepcji *LeAgile* (rysunek 3).



Rysunek 3. Efekt wykorzystania punktu rozdziału

Źródło: B. Naylor, M. Naim, D. Berry, *Leagility: Integrating the Lean and Agile...*, s. 114.

Ciekawe zestawienie tradycyjnych, szczupłych, zwinnych oraz szczupło-zwinnych łańcuchów dostaw zaproponowali Faisal, Banet i Shankar. Z jednej strony, z prezentowanej tabeli wyraźnie wyłania się obraz tradycyjnych oraz szczupłych łańcuchów dostaw nastawionych na standardowe produkty o długim cyklu życia z dominującymi kosztami fizycznego przemieszczania się towarów lub kosztami zbytu. Z drugiej strony, możemy zauważyć łańcuchy dostaw oferujące wysoce spersonalizowane produkty, w których dominującym atrybutem jest czas realizacji zamówienia oraz poziom obsługi klienta. To przejście w typologii produktów od masowych do wysoce spersonalizowanych generuje dalsze konsekwencje, co do integracji samych łańcuchów dostaw, poziomu nasycenia informacją czy też mechanizmów prognozowania. Niemniej jednak kluczowy w całym łańcuchu dostaw

60 B. Naylor, M. Naim, D. Berry, *Leagility: Integrating the Lean and Agile...*, s. 117.

staje się projekt samego wyrobu uwzględniający także zagadnienia związane z logistyką i łańcuchem dostaw (tabela 8)⁶¹.

Christopher stwierdził, że wyzwaniem dla zarządzania łańcuchem dostaw jest dążenie do opracowania strategii *LeAgile* – „odchudzonych” do punktu rozdziału, ale „zwinnych” strategii po tym punkcie. Przedsiębiorstwa powinny zatem zmierzać do osiągania korzyści skali poprzez standaryzację produktów w jak najdalszym, materialnym punkcie łańcucha dostaw, jak najbliżej rynku końcowego, optymalizując procesy przy wykorzystaniu koncepcji *Lean*, aby następnie wykorzystać strategię *Agile*.

Tabela 8. Atrybuty tradycyjnych, szczupłych, zwinnych oraz szczupło-zwinnych łańcuchów dostaw

Atrybuty	Tradycyjne	<i>Lean</i>	<i>Agile</i>	<i>LeAgile</i>
Rodzaj produktów	Funkcjonalne	Funkcjonalne	Innowacyjne	Innowacyjne
Popyt na rynku	Nieprzewidywalny	Przewidywalny	Zmienny	Zmienny i nieprzewidywalny
Różnorodność produktów	Niska	Niska	Wysoka	Umiarkowana
Cykl życia produktu	Długi	Długi	Krótki	Krótki
Czynniki wpływające na decyzję klienta	Koszt	Koszt	Czas realizacji zamówienia	Poziom obsługi
Marża zysku	Sytuacyjna	Niska	Wysoka	Umiarkowana
Dostęp do informacji	Bardzo mało	Pożądane	Obowiązkowe	Istotne
Oddzielanie informacji	Nieistniejące	Pożądane	Konieczne	Pożądane
Mechanizm prognozowania	Niezależny na każdym szczeblu	Algorytmiczny	Konsultacyjny	Algorytmiczny i konsultacyjny
Koszty dominujące	Koszty fizyczne oraz koszty zbytu	Koszty fizyczne	Koszty zbytu	Koszty fizyczne oraz koszty zbytu
Typowe produkty	Produkty standardowe	Towary	Produkty wysoce zindywidualizowane	Produkty zindywidualizowane
Zdolność do absorpcji ryzyka związanego z łańcuchem dostaw	Umiarkowana	Niska	Wysoka	Umiarkowana
Jakość	Zwycięzca rynkowy	Kwalifikator rynkowy	Kwalifikator rynkowy	Kwalifikator rynkowy

61 M. Faisal, D. Banwet, R. Shankar, *Mapping Supply Chains on Risk and Customer Sensitivity Dimensions*, „Industrial Management & Data Systems” 2006, vol. 106, no. 6, s. 878–895.

Tabela 8 (cd.)

Atrybuty	Tradycyjne	Lean	Agile	LeAgile
Pomiar jakości	Wskaźnik wadliwości produktu	Wskaźnik wadliwości produktu	Zadowolenie klienta	Zadowolenie klienta
Koszt	Zwycięzca rynkowy	Zwycięzca rynkowy	Kwalifikator rynkowy	Zwycięzca rynkowy
Integracja sieci	Nieistniejąca	Pożądana	Konieczna	Konieczna
Integracja wirtualna	Niski priorytet	Pożądana	Konieczna	Konieczna
Koncepcja produktu	Producent	Producent	Producent i klient	Producent i klient
Odwlekane działań dla produktów	Nieistniejące	Niewymagane	Konieczne	Konieczne
Kary za dostawę	Nieliczne	Wynikają z dłu-goterminowej umowy	Utrata zamówienia	Utrata zamówienia

Źródło: M. Faisal, D. Banwet, R. Shankar, *Mapping Supply Chains on Risk...*, s. 883.

Przepływ produktów do materialnego punktu rozdzielenia powinien być sterowany prognozami, a przepływ produktów za punktem rozdziału – popytem. Z kolei informacyjny punkt rozdziału powinien znajdować się jak najdalej w górę łańcucha dostaw – jest to w istocie najdalszy punkt, do którego docierają informacje o rzeczywistym popycie końcowym. Celem zwinnego łańcucha dostaw powinno być posiadanie zapasów w postaci standardowych półproduktów oczekujących na końcowy montaż lub lokalizację. Jest to koncepcja odroczenia, które staje się istotnym elementem każdej zwinnej strategii⁶².

Odnosząc się do koncepcji *Lean*, *Agile* i *LeAgile*, można zauważyć, że wykraczają one poza sferę zarządzania logistycznego i łańcuchem dostaw. Zagadnienia związane z redukcją marnotrawstwa i nieregularności popytu, skutkujące redukcją przeciążenia, ewidentnie odnoszą się do operacyjnej sfery logistyki, ale także do procesów wytwórczych. Z kolei zwinność łańcuchów dostaw to szybkość reakcji na zmieniający się popyt. Wymaga to utrzymywania odpowiednich zapasów w konkretnych ogniwach łańcucha dostaw albo przemyślanej koncepcji produktu, przesuwałej punkt oddziaływania koncepcji *Lean* jak najbliżej klienta końcowego, przy jednoczesnym pozostawieniu decyzji wyboru (lub pseudodecyzji wyboru) ostatecznemu klientowi. Dlatego oprócz samego projektu wyrobu tak ważna staje się kwestia marketingu i zarządzania marką. Pozwala ona bowiem producentom w wielu przypadkach stwarzać pozory wysokiego stopnia personalizacji produktu przy jednoczesnym zachowaniu punktu rozdziału jak najbliżej klienta końcowego. Temat ten zostanie nieco szerzej omówiony w rozdziale poświęconym projektowaniu wspomagającemu logistykę i łańcuchy dostaw.

62 M. Christopher, *The Agile Supply Chain...*, s. 39, 42.

2.2. Zielona logistyka/łańcuchy dostaw

Kwestie zmian klimatycznych stają się coraz bardziej dostrzegalne i odczuwalne w codziennym życiu każdego mieszkańca Ziemi. Nie sposób nie zauważyć, że wśród szeregu czynników wpływających na zmiany klimatyczne znaleźć można także procesy logistyczne, jednoznacznie mające swój negatywny wpływ na środowisko, np. w ramach transportu oraz pakowania, a w zasadzie samych opakowań. Te pierwsze – środowiskowo optymalizowane przez coraz surowsze normy emisji spalin, a przez to przez elektryfikację lub hybrydyzację pojazdów – w dalszym ciągu pozostawiają wiele do życzenia, jeśli chodzi zarówno o tempo zmian, jak i bilans środowiskowy (np. akumulatory do samochodów elektrycznych). Wodór, jako paliwo zeroemisyjne, stale oczekuje na swój czas jako paliwo masowe. Podobnie rzecz ma się z opakowaniami. Segregacja odpadów w każdym gospodarstwie domowym wyraźnie pokazuje, że ilość plastiku, papieru czy też innych rodzajów opakowań jest niewspółmiernie większa od odpadów resztkowych, niesegregowanych. Trudno zatem się dziwić, że koncepcja zielonej logistyki i łańcuchów dostaw od lat pojawia się w artykułach naukowych i często jest wskazywana jako kluczowe wyzwanie dla branży logistycznej na najbliższe dekady.

Trudno nie zgodzić się z tezą, że koncepcja *Green Logistics* jest ważnym kierunkiem rozwoju branży logistycznej. Idea ta przybiera różne formy i odmiany, choć nadrzędny cel pozostaje niezmienny – minimalizacja negatywnego wpływu logistyki i łańcuchów dostaw na środowisko naturalne i zrównoważony rozwój. W ramach proekologicznych koncepcji logistyki zidentyfikować można ekologiczność, logistykę zwrotną, zieloną logistikę, zielone łańcuchy dostaw czy też zielone zarządzanie łańcuchami dostaw. W literaturze przedmiotu można także spotkać sformułowanie oparte na podejściu bazującym na zasobach naturalnych (NRBV – *The Natural Resource Based View*)⁶³. Rozpatrując zieloną logistikę w ujęciu fazowym i funkcjonalnym, można stwierdzić, że powinna ona wiązać się z minimalizacją zanieczyszczeń i odpadów w każdym z procesów logistycznych (transport, magazynowanie, obsługa zamówień, zarządzanie zapasami i pakowanie) występujących w poszczególnych fazach logistycznych (zaopatrzenie, produkcja, dystrybucja i zwroty)⁶⁴.

Zielona logistyka i łańcuchy dostaw swoje podstawy biorą – podobnie jak koncepcja *Lean* – z zielonego wytwarzania. W *Encyklopedii zarządzania produkcją i wytwarzaniem* pod redakcją Swamidassa pada stwierdzenie, że termin „ekologiczny” jest powszechnie używany do określenia działalności przyjaznej dla środowiska. Celem ekologicznej produkcji staje się projektowanie i wytwarzanie produktów w sposób przyjazny dla środowiska. Cechy charakterystyczne takiego wyrobu obejmują stosowanie materiałów nadających się do recyklingu lub pochodzących z recyklingu wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, stosowanie elementów

63 V. Guang Shi, L. Koh, J. Baldwin, F. Cucchiella, *Natural Resource Based Green Supply Chain Management*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2012, vol. 17, no. 1.

64 J. Ho, M. Shalishali, D. Tseng Tzu-Liang Ang, *Opportunities in Green Supply Chain Management*, „The Coastal Business Journal” 2009, Spring, vol. 8, no. 1, s. 19.

wyposażenia i/lub komponentów, które można łatwo zdemontować, lub projektowanie konstrukcji wyrobu w sposób umożliwiający sprawny demontaż⁶⁵. Definicja ta bazuje na dość leciwej pozycji literaturowej Graedela i Allenby'ego⁶⁶, niemniej jednak wynika z niej, że dość istotnym elementem zielonego wytwarzania jest sam proces projektowania wyrobów.

W *Encyklopedii japońskiego biznesu i zarządzania* zauważa się, że kwestie ekologiczne doprowadziły do tego, że wiele firm utworzyło oddziały lub filie na rzecz świadczenia usług środowiskowych, a inne zwiększyły wysiłki w ramach opracowania i rozwoju czystych technologii oraz systemów. Poza zielonymi technologiami procesowymi wiele podmiotów odniosło również sukcesy w opracowywaniu wiodących na rynku produktów ekologicznych. Według *Encyklopedii*, organizacje japońskie były/są liderami w takich dziedzinach jak: technologia akumulatorów, samochody hybrydowe, elektronika bez lutowania oraz towary konsumpcyjne o bardzo niskim zużyciu energii⁶⁷. Podobnie jak w poprzedniej definicji widać zatem, że kwestia ograniczania negatywnego wpływu na środowisko staje się tutaj rzeczą wtórną. Zasadniczym problemem jest projektowanie i rozwój produktów, procesów, usług itp. wywierających jak najmniejszy negatywny wpływ na środowisko naturalne.

W literaturze przedmiotu najczęściej można znaleźć podstawowe terminy odnoszące się do zielonej logistyki, tzn.:

- zielona logistyka (*Green Logistics* – GL),
- zielone zarządzanie logistyką (*Green Logistics Management* – GLM),
- zielone dostawy (*Green Supply* – GS),
- zielony łańcuch dostaw (*Green Supply Chain* – GSC),
- zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw (*Green Supply Chain Management* – GSCM).

Pierwszy z zaprezentowanych terminów, czyli zielona logistyka, posiada wiele interesujących definicji. Dla przykładu Kumar, dokonujący przeglądu literatury dotyczącej pojęciowego określenia zielonej logistyki, zaprezentował definicje Rodriguego, Mesjasz-Lech, Lee i Klassena oraz Sbihi i Eglesego (tabela 9).

Tabela 9. Wybrane definicje zielonej logistyki

Autor (rok)	Definicja zielonej logistyki
Rodrigue, Slack, Claude (2001) ^a	Praktyki i strategie zarządzania łańcuchem dostaw, które zmniejszają ślad środowiskowy i energetyczny podczas dystrybucji towarów, koncentrując się na obsłudze materiałów, gospodarce odpadami, pakowaniu i transporcie.
Mesjasz-Lech (2011) ^b	Obejmuje wszystkie działania związane z ekofektywnym zarządzaniem przepływem produktów i informacji w przód i w tył, pomiędzy punktem pochodzenia a punktem konsumpcji, których celem jest zaspokojenie popytu klientów.

65 P. Swamidass (red.), *Encyclopedia of Production and Manufacturing...*, s. 258.

66 T. Graedel, B. Allenby, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York 1995.

67 A. Bird (red.), *Encyclopedia of Japanese Business and Management*, Routledge-Taylor & Francis Group, London-New York 2002, s. 143–144.

Lee i Klassen (2008) ^c	Zielona logistyka to zielone zarządzanie łańcuchem dostaw, które można zdefiniować jako działalność organizacji biorącą pod uwagę kwestie środowiskowe i włączającą je do zarządzania łańcuchem dostaw w celu zmiany ekologicznych działań dostawców i klientów.
Sbihi i Eglese (2007) ^d	Działania zielonej logistyki obejmują pomiar wpływu na środowisko różnych strategii dystrybucji, zmniejszenie zużycia energii w działaniach logistycznych, ograniczenie ilości odpadów i zarządzanie ich przetwarzaniem. Z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju zieloną logistykę można zdefiniować jako „produkcję i dystrybucję towarów w sposób zrównoważony, z uwzględnieniem czynników środowiskowych i społecznych”.

^a J. Rodrigue, B. Slack, C. Claude, *Green Logistics*, [w:] A. Brewer, K. Button, D. Hensher (red.), *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management*, Pergamon 2001, s. 339–350.

^b A. Mesjasz-Lech, *Forecasting of Demand for Direct Production Materials as the Element of Supply Logistics of Thermal Power Plants*, „LogForum” 2011, vol. 7, no. 2(5), s. 51–61.

^c S. Lee, R. Klassen, *Drivers and Enablers That Foster Environmental Management Capabilities in Small- and Medium-sized Suppliers in Supply Chains*, „Production and Operations Management Society” 2008, vol. 17, no. 6, s. 573–586.

^d A. Sbihi, R. Eglese, *The Relationship Between Vehicle Routing and Scheduling and Green Logistics – A Literature Survey*, Management Science Working Paper Series, Lancaster University: The Department of Management Science 2007.

Źródło: opracowanie własne na podstawie A. Kumar, *Green Logistics for Sustainable Development: An Analytical Review*, „International Journal of Business” 2015, April, vol. 1, issue 1, s. 8.

Z przytoczonych w tabeli 9 definicji wyłania się obraz zielonej logistyki w kontekście minimalizacji negatywnych wpływów procesów logistycznych na środowisko naturalne. Należy przy tym zwrócić uwagę, że pomimo tego, że część definicji odnosi się do praktyk, strategii czy też zwykłych działań operacyjnych, to wśród nich ponownie pojawia się kwestia projektowania wyrobów przy uwzględnieniu problematyki logistyki i łańcuchów dostaw. Lee i Klassen zdefiniowali zieloną logistykę jako zielone zarządzanie łańcuchem dostaw, a więc po raz kolejny w literaturze relacje pomiędzy logistyką, łańcuchem dostaw oraz ich zarządzaniem stanowią odbicie subiektywnego podejścia autorów.

Chang i Oh definiują zieloną logistykę jako rozwiązanie stosujące ekologiczne zasady na wszystkich etapach tradycyjnej logistyki oraz logistyki zwrotnej, tj. w całym cyklu życia produktu, począwszy od jego projektowania, zaopatrzenia w materiały, procesów produkcyjnych, dostawy produktu końcowego do konsumentów, obsługi posprzedażnej oraz zwrotu produktów z rynku w celu ich regeneracji, ponownego użycia lub recyklingu⁶⁸.

Z kolei Zhang i Zhang podkreślają zarządcze aspekty zielonej logistyki. Twierdzą, że obejmuje ona działania zarządcze zmierzające do osiągnięcia celów związanych

68 Y. Chang, Ch. Oh, *Green Logistics Management*, [w:] D. Ranasinghe, Q. Sheng, S. Zeadally (red.), *Unique Radio Innovation for the 21st Century. Building Scalable and Global RFID Networks*, Springer-Verlag, Berlin 2010, s. 353.

z zadowoleniem klienta i rozwojem społecznym, łącząc główną część nurtu zielonego popytu i podaży. Zielona logistyka to także pokonywanie przeszkód czasowych i przestrzennych w celu osiągnięcia efektywnego i szybkiego przepływu towarów oraz usług przy jednoczesnym zahamowaniu szkód wyrządzanych środowisku naturalnemu poprzez procesy logistyczne i przy jak najlepszym wykorzystaniu zasobów logistycznych. Autorzy zauważają także, że zielona logistyka jest koncepcją wielopoziomową, która obejmuje zarówno działania biznesowe w zakresie zielonej logistyki, jak i działania społeczne na rzecz zarządzania nią, standaryzacją i kontrolą⁶⁹.

Zielone dostawy zostały opisane przez Bowena, Cousinsa, Lamminga i Faruka. Ich zdaniem termin ten powinien być stosowany do określenia działań związanych z zarządzaniem dostawami, co ma na celu poprawę ekologiczności zakupionych czynników produkcji lub dostawców, którzy je dostarczają. Mogą one obejmować takie rozwiązania jak wspólne inicjatywy w zakresie recyklingu i redukcji odpadów opakowaniowych, gromadzenie danych środowiskowych o produktach, procesach i dostawcach oraz wspólne opracowywanie nowych produktów lub procesów przyjaznych dla środowiska. Termin ten obejmuje szeroki zakres działań i jest pojęciem szerszym niż zakupy prośrodowiskowe⁷⁰.

W ramach tak ogólnie określonej definicji autorzy wyróżnili także dwa główne rodzaje zielonych dostaw. Pierwszy z nich nazwany został „zazielenianiem (ekologizacją) procesu dostaw” (*greening the supply proces*), a drugi to zielona dostawa oparta na produktach. Pierwszy reprezentuje dostosowania dokonane w działaniach organizacji w zakresie zarządzania dostawcami, których celem jest uwzględnienie aspektów środowiskowych. Autorzy używają tu terminu „zarządzanie dostawcami” wyłącznie w znaczeniu wprowadzania pożądanых rozwiązań, przyjaznych dla środowiska, ekologicznych w relacjach organizacji z dostawcą. Nie chodzi tu o zarządzanie innymi organizacjami wchodzącymi w skład łańcucha dostaw. Działania tego typu to zmiany w procesie zbierania informacji środowiskowych o dostawcach czy też o ocenie i rankingu środowiskowym dostawców. Drugi główny typ, czyli zielona dostawa oparta na produktach, różni się koncepcyjnie od ekologizacji procesu dostaw, ponieważ obejmuje zmiany w dostarczanych produktach. Podejmowane są tu próby zarządzania elementami ubocznymi czynników produkcji, np. opakowaniami. Ekologiczne dostawy oparte na produktach obejmują takie inicjatywy jak recykling, który wymaga współpracy z dostawcami oraz wspólnych wysiłków w celu zmniejszenia ilości odpadów⁷¹.

Zbieżność zielonej logistyki i zielonego łańcucha dostaw potwierdza także definicja Zhu i Sarkisa. Ich zdaniem, głównym celem zielonych łańcuchów dostaw jest objęcie sferą zarządzania od reaktywnego monitorowania ogólnych programów zarządzania środowiskowego do bardziej proaktywnych działań (np. w ramach 4RM

69 L. Zheng, J. Zhang, *Research on Green Logistics System Based on Circular Economy*, „Asian Social Science” 2010, vol. 6, no. 11, s. 116.

70 F. Bowen, P. Cousins, R. Lamming, A. Faruk, *The Role of Supply Management Capabilities in Green Supply*, „Production and Operations Management” 2001, vol. 10, no. 2, s. 175.

71 *Ibidem*, s. 175.

lub logistyki zwrotnej) zarządzania środowiskowego. Nie można tutaj zapomnieć o włączaniu innowacji. Rozległość pojęciowa w zakresie praktyki i definicji zarządzania zielonym łańcuchem dostaw nie powinna zaskakiwać, ponieważ leży on u zbiegu elementów korporacyjnego zarządzania środowiskowego i zarządzania łańcuchem dostaw, które w dalszym ciągu dynamicznie się rozwijają i ewoluują⁷².

Według Srivastavy, zielone zarządzanie łańcuchem dostaw to sposób myślenia. Autor ten definiuje GSCM jako włączenie myślenia ekologicznego do zarządzania łańcuchem dostaw, w tym projektowania produktu, doboru materiałów, a także promowania działań ekologicznych we wszystkich fazach logistyki, łącznie z logistyką zwrotną – zarządzanie produktem po okresie jego użytkowania⁷³.

Przytoczone definicje potwierdzają tylko, że każdy z zaprezentowanych autorów nie wyróżnia specyficznych cech logistyki i łańcucha dostaw, a także zarządzania nimi jako elementów pozwalających jednoznacznie odróżnić np. zieloną logistykę od zielonego łańcucha dostaw. Nie zmienia to jednak faktu, że ową „zielonością” należy zarządzać i że jej paradygmaty powinny być uwzględniane na poziomie projektowania – zielonego projektowania (*Green Design* – GD).

Zielone projektowanie (zielony projekt) oznacza coś jakościowo innego niż tradycyjny proces projektowania produktów. W GD atrybuty środowiskowe są traktowane jako cele projektu, a nie jako ograniczenia. Kluczową kwestią jest to, że zielone projektowanie uwzględnia cele środowiskowe przy minimalnych stratach wydajności dla produktu, okresu jego użytkowania lub funkcjonalności. Zielony projekt obejmuje dwa ogólne cele – zapobieganie powstawaniu odpadów i lepsze zarządzanie materiałami. Zapobieganie powstawaniu odpadów odnosi się do działań producentów i konsumentów, którym przyświeca taka idea. Przykładem może być użycie mniejszej ilości materiałów do uzyskania tej samej funkcjonalności w produkcie (znane z koncepcji *Lean* – odchudzanie) lub projektowanie trwałych produktów w taki sposób, aby wadliwe lub przestarzałe elementy można było łatwo wymienić, przedłużając w ten sposób żywotność produktu. Lepsza gospodarka materiałowa odnosi się do działań umożliwiających odzyskanie i ponowne wykorzystanie komponentów lub materiałów, które można odzyskać i wykorzystać przy nieobniżaniu ich wartości dodanej. Przykłady obejmują projektowanie produktów, które można łatwo rozłożyć na materiały składowe, lub stosowanie materiałów, które można razem poddać recyklingowi bez potrzeby ich rozdzielania. Cele te należy traktować jako uzupełniające się, co oznacza, że chociaż projektanci mogą zmniejszyć ilość wykorzystywanych zasobów i wytwarzanych odpadów, to produkty i strumienie odpadów nadal będą istnieć i trzeba będzie nimi zarządzać⁷⁴.

72 Q. Zhu, J. Sarkis, *Relationships between Operational Practices and Performance among Early Adopters of Green Supply Chain Management Practices in Chinese Manufacturing Enterprises*, „Journal of Operations Management” 2004, vol. 22, s. 265–289.

73 S.K. Srivastava, *Green Supply Chain Management: A State-of-the-Art Literature Review*, „International Journal of Management Reviews” 2007, vol. 9, issue 1, s. 54–55.

74 Congress of The United States Office of Technology Assessment (OTA), *Green Product by Design. Choices for a Cleaner Environment*, OTA 1992, s. 7.

W przeglądzie literatury można znaleźć też autorów opisujących zieloną logistykę przez pryzmat zielonych procesów logistycznych. Zheng i Zhang zauważają, że doskonalenie systemu zielonej logistyki w przedsiębiorstwie powinno koncentrować się na wykorzystaniu „zielonego”:

- pakowania,
- transportu,
- magazynowania,
- procesu przepływu,
- rozwoju logistyki zwrotnej⁷⁵.

Zielone pakowanie, po pierwsze, powinno bazować na ekologicznych materiałach opakowaniowych. Ich dobór winien stać się ważnym aspektem działań badań, rozwoju i innowacji (R&D&I – *Research & Development & Innovation*). W chwili obecnej to papier jest najczęściej używanym ekologicznym materiałem opakowaniowym, co nie zmienia faktu, że najbardziej obiecującym z materiałów są biologiczne tworzywa sztuczne o stopniowalnej gradacji. Po drugie, należy stosować materiały do recyklingu. Jeśli odpady opakowaniowe da się łatwo odzyskać, można je zregenerować. Po trzecie, ważne jest uproszczenie opakowań i odpowiednie pakowanie. Tworzenie nadmiernej ilości odpadów opakowaniowych stanowi także przyczynę niepotrzebnego zanieczyszczenia środowiska. Nowy trend, jakim jest upraszczanie opakowań, może znacznie zmniejszyć ilość odpadów opakowaniowych, zgodnie z zasadą redukcji (*Reduce*) gospodarki o obiegu zamkniętym.

Jeżeli chodzi o zielony transport, to po pierwsze należy zmienić rodzaj transportu na tyle, na ile to możliwe, aby konsekwentnie realizować kompleksowy i intermodalny system transportu. W chwili obecnej największy wpływ na środowisko wywierają środki transportu drogowego, generujące emisje spalin, hałas i zatłoczenie ruchu drogowego. Wykorzystanie transportu kolejowego lub morskiego może zmniejszyć całkowite natężenie ruchu oraz zapewnić optymalizację i efektywność procesu transportowego. Po drugie, należy prowadzić wspólną dystrybucję, co wpłynie na poprawę wykorzystania zasobów. Ujednolicone zestawy towarów wraz z jednolitą dostawą pozwolą znacznie ograniczyć przepływ towarów. Umożliwi to skuteczne wyeliminowanie transportu rozłożonego w czasie, aby złagodzić warunki zatłoczenia ruchu drogowego. Poprawi to także wydajność miejskiego transportu towarowego, zmniejszając wskaźniki przeciążeń i znacząco obniżając poziom zapasów w przedsiębiorstwach. Po trzecie, rozwój logistyki firm trzecich (*Third Party Logistics* – 3PL) może pomóc w efektywniejszym wykorzystaniu i alokacji zasobów. Pozwala to także na nieinwestowanie we własną logistykę, co minimalizuje procesy transportowe. *Nota bene*, wykorzystanie logistyki firm trzecich może rozwijać się w kierunku całkowitego zlecenia procesów logistycznych poprzez wykorzystanie logistyki firm czwartych i piątych. Ideę logistyki firm zewnętrznych przedstawia tabela 10.

75 L. Zheng, J. Zhang, *Research on Green Logistics System Based...*, s. 117–118.

Jak widać z tabeli 10, logistyka 1PL bazuje na realizacji procesów transportowych przez producenta bezpośrednio do dostawcy. W przypadku przedsiębiorstw 2PL procesy transportowe są zlecane przedsiębiorstwom transportowym na ogół dysponującym transportem drogowym, choć w tym wariancie może być również wykorzystywany transport lotniczy lub wodny, ale dzieje się to niezwykle rzadko. W wariancie 3PL producent zarządza łańcuchem dostaw, ale zleca logistyczne procesy pakowania (a także konfekcjonowania), magazynowania i transportu podwykonawcom. Z kolei w przypadku 4PL producent zleca na zewnątrz zarządzanie wszystkimi procesami logistycznymi, aby w wariancie 5PL wykorzystywać innowacyjne rozwiązania logistyczne (automatyzacja, robotyzacja, RFID lub narzędzia *Industry 4.0*) wraz z optymalizacją łańcucha dostaw, pozostawiając całkowite zarządzanie łańcuchem dostaw w rękach podwykonawcy.

Tabela 10. Definicje logistyki firm zewnętrznych

1PL	2PL	3PL	4PL	5PL
Producent dostarcza wyrób gotowy bezpośrednio do sklepu	Kurier dostarcza wyrób gotowy od producenta do sklepu	Organizacja realizująca zamówienie, posiadająca własną flotę, pakuje wyroby gotowe producenta, magazynuje je i dostarcza do sklepu	Organizacja logistyczna strategicznie zarządza logistyką 3PL w imieniu producenta, dostarczając produkt do sklepu	Organizacja logistyczna zarządza pełnym łańcuchem dostaw producenta od zaopatrzenia poprzez produkcję aż po dostarczenie wyrobów gotowych do sklepu
Producent	Producent	Producent	Producent	Producent
Sklep	Dostawa	Pakowanie	Zarządzanie logistyką	Zarządzanie logistyką
	Sklep	Magazynowanie	Pakowanie	Pakowanie
		Dostawa (drogą, powietrzem lub wodą)	Magazynowanie	Magazynowanie
		Sklep	Dostawa (drogą, powietrzem lub wodą)	Dostawa (drogą, powietrzem lub wodą)
			Sklep	Sklep
Kolorem zielonym oznaczono zakres zleczanych działań logistycznych				

Źródło: opracowanie własne na podstawie warehouseanywhere, <https://www.warehouseanywhere.com/resources/3pl-vs-4pl-logistics-definition-and-comparison> [dostęp: 6.05.2022].

Zielone magazynowanie to w głównej mierze zoptymalizowany układ magazynu, w kontekście zmniejszenia odległości przewozu i obniżenia kosztów transportu. Wykorzystuje ono niskoemisyjne technologie (np. fotowoltaikę, panele solarne) czy też powszechnie dostępne zasoby naturalne, takie jak woda deszczowa.

W zielonym magazynie ważnym elementem jest zoptymalizowany układ towarów pod względem ich rotacji, wartości oraz cech i właściwości.

Kolejny z elementów zielonych procesów logistycznych to przepływ. Zdaniem autorów (Zheng, Zhang), jednym z przejawów wykorzystania tej koncepcji jest zmiana rozproszonego wytwarzania na rzecz profesjonalnego, scentralizowanego przetwarzania. Pomaga to poprawić efektywność skali wykorzystania zasobów, co wpływa z kolei na zanieczyszczenie środowiska. Kolejne z rozwiązań to wykorzystanie materiałów odpadowych powstających przy konsumpcji dóbr, co zmniejsza zanieczyszczenie środowiska spowodowane przetwarzaniem odpadów. Logistyka zwrotna została podzielona na logistykę recyklingu i logistykę odpadów. W celu naprawy uszkodzonych elementów, zwrotów i obrotu pojemnikami opakowanymi z wykorzystaniem zasobów odnawialnych organizacje mogą współpracować z innymi uczestnikami łańcucha dostaw, aby postępować zgodnie z zasadami gospodarki cyrkularnej w zakresie recyklingu i ponownego wykorzystania poprzez budowę parków przemysłowych i podejścia opartego na zielonym łańcuchu dostaw według rzeczywistej potrzeby zbierania, klasyfikacji, przetwarzania, pakowania, przeładunku, magazynowania i dystrybucji itp. procesów realizowanych w wyspecjalizowanych zakładach przetwarzania odpadów⁷⁶.

Jak się okazuje, problem logistyki zwrotnej opisywany był już w 2007 roku, ale w nieco innym ujęciu. Blanchard w swoim artykule dość przewrotnie zatytułowanym *Łańcuchy dostaw działają także wstecz*, opublikowanym na stronie IndustryWeek⁷⁷, zauważył, że problem zwrotów konsumenckich (z różnych powodów: wady wyrobów, niewłaściwy rozmiar, różnica w percepcji produktu realnego od jego zdjęć w sieci, brak spełnienia oczekiwań klienta itp.) stają się ważnym generatorem kosztów związanych z funkcjonowaniem przedsiębiorstw. Analiza przyczyn tego stanu rzeczy, a także ilościowe określenie wskaźników obrazujących to zjawisko powinny stać się jednym z istotniejszych etapów początkowych zarządzania logistyką zwrotów. Jego zdaniem logistyka zwrotów powinna się koncentrować na procesie przenoszenia zwróconych towarów z miejsca ich konsumpcyjnego przeznaczenia do punktu wysyłki w celu odzyskania wartości produktu lub właściwego usunięcia go z rynku. Jej zakres dotyczy przetwarzania towarów zwróconych z powodu uszkodzeń, sezonowych promocji, odzysku, wycofania z rynku i nadwyżek magazynowych, a także pakowania i wysyłki materiałów od użytkownika końcowego lub sprzedawcy. W tej części logistyka zwrotna nie dotyczy wycofania z rynku produktów zużytych ani odpowiedzialności za nie.

Dowlatshahi stwierdza, że logistyka zwrotna – w odróżnieniu od tradycyjnej logistyki terminowej – odzyskuje uprzednio dostarczone części i produkty z punktu konsumpcji do jednostki produkcyjnej w celu ewentualnego recyklingu,

76 L. Zheng, J. Zhang, *Research on Green Logistics System Based...*, s. 117–118.

77 D. Blanchard, *Supply Chains Also Work In Reverse*, Industry Week 2007, s. 48–49, <https://www.industryweek.com/supply-chain/planning-forecasting/article/21954433/supply-chains-also-work-in-reverse> [dostęp: 10.05.2022].

regeneracji lub utylizacji. Aby operacje logistyki zwrotnej były skuteczne, powinny być realizowane systematycznie i sprawnie⁷⁸. Logistyka zwrotna jest to zatem proces, w którym produkty są zwracane przez konsumentów lub centra obsługi klienta w celu odzyskania ich wartości lub zaplanowania ich właściwej utylizacji. Proces ten jest z natury działalnością o wartości dodanej, w której odzyskuje się wartość wcześniej wytworzonych i dostarczonych części, materiałów i produktów⁷⁹. Coraz częściej wydaje się, że ważnym elementem logistyki zwrotów powinny być opakowania konsumenckie, które mogą podlegać ponownemu użyciu. Jak można wywnioskować z analizy literatury, logistyka zwrotna winna stanowić istotny element zielonej logistyki, uzupełniając resztę zielonych faz logistycznych: zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji i zwrotów.

Nieco inaczej do tematyki zielonych łańcuchów dostaw podeszli Amemba, Nyaboke, Osoro i Mburu. Wskazali oni pięć podstawowych elementów zielonego zarządzania łańcuchem dostaw, zaliczając do nich:

- zielone zamówienia – definiowane jako zakupy środowiskowe polegające na zaangażowaniu w działania obejmujące redukcję, ponowne wykorzystanie i recykling materiałów w procesie zakupu, a także koncepcja nabywania takich wyrobów i usług, których wybór minimalizuje negatywny wpływ na środowisko,
- zielony design – wspomniane już projektowanie produktów z uwzględnieniem pewnych aspektów środowiskowych, a więc systematyczne uwzględnianie kwestii projektowych związanych z bezpieczeństwem i zdrowiem środowiska w całym cyklu życia produktu i to zarówno podczas produkcji nowych wyrobów, jak i rozwoju procesów,
- zielone operacje i logistyka zwrotna – fakt uwzględniania działań proekologicznych do wszystkich aspektów związanych z wytwarzaniem produktów, ich użytkowaniem, obsługą, logistyką i gospodarowaniem odpadami po ukończeniu projektu,
- zielone wytwarzanie – definiowane jako procesy produkcyjne, które wykorzystują czynniki produkcji o stosunkowo niewielkim wpływie na środowisko, są wysoce wydajne i generują niewiele lub nie generują żadnych odpadów lub zanieczyszczeń,
- zarządzanie odpadami – wielowymiarowa gospodarka mająca na celu zbiorówkę, transport, spalanie, kompostowanie, recykling, utylizację i inne działania na odpadach sprzyjające środowisku naturalnemu⁸⁰.

78 S. Dowlatshahi, *Reverse Logistics Systems and Inbound and Outbound Transportation Systems*, https://www.researchgate.net/publication/228908512_REVERSE_LOGISTICS_SYSTEMS_AND_INBOUND_AND_OUTBOUND_TRANSPORTATION_SYSTEMS [dostęp: 6.05.2022].

79 S. Dowlatshahi, *A Framework for Design of Reverse Logistics Systems: A Warehousing Perspective*, „International Journal of Production Research” 2012, vol. 50, no. 5, s. 1265.

80 C. Amemba, P. Nyaboke, A. Osoro, N. Mburu, *Elements of Green Supply Chain Management*, „European Journal of Business and Management” 2013, vol. 5, no. 12, s. 52–56.

Jak widać, w odróżnieniu do Zhenga i Zhanga „zieloność” według zaprezentowanych autorów odnosi się do nieco szerszego kontekstu aniżeli same procesy logistyczne. Dotyczy ona przede wszystkim sfery projektowania produktów, przenosząc ciężar na poszczególne fazy logistyczne.

W literaturze przedmiotu można także odnaleźć autorów, których publikacje koncentrowały się na modelowym aspekcie zielonej logistyki. Przykładowo Ninlawan, Seksan, Tossapol i Pilada wyodrębniają w ramach zielonego łańcucha dostaw następujące aktywności: zielone zamówienia, zielone wytwarzanie, zieloną dystrybucję oraz logistykę zwrotną. Zielone zamówienia to nabywanie produktów i usług w sposób minimalizujący negatywny wpływ na środowisko naturalne. Nakazuje on przedsiębiorstwu zaangażować się w działania obejmujące redukcję, ponowne wykorzystanie czy też recykling, a więc działania 3R. Ekologiczna produkcja to procesy produkcyjne, które wykorzystują czynniki produkcji o stosunkowo niewielkim wpływie na środowisko, są wysoce wydajne i generują niewiele odpadów i zanieczyszczeń lub wcale tego nie robią. Na zieloną dystrybucję składają się zielone opakowania i zielona logistyka. Właściwości opakowania, takie jak rozmiar, kształt i materiały, mają wpływ na dystrybucję, ponieważ oddziałują na podatność transportową produktu. Lepsze opakowania wraz ze zmianą schematu załadunku mogą ograniczyć zużycie materiałów, zwiększyć wykorzystanie przestrzeni w magazynie i transporcie, a także zmniejszyć ilość wymaganej obsługi logistycznej. Logistyka zwrotna opisana została jako proces odzyskiwania produktu od konsumenta w celu przechwycenia istniejącej jeszcze w produkcie wartości lub dokonania procesu utylizacji⁸¹.

Nieco bardziej rozbudowane ramy wdrażania procesów zielonego łańcucha dostaw zaproponowali Ghobakhloo, Tang, Zulkifli i Ariffin. Wyróżnili oni pięć podstawowych zielonych elementów:

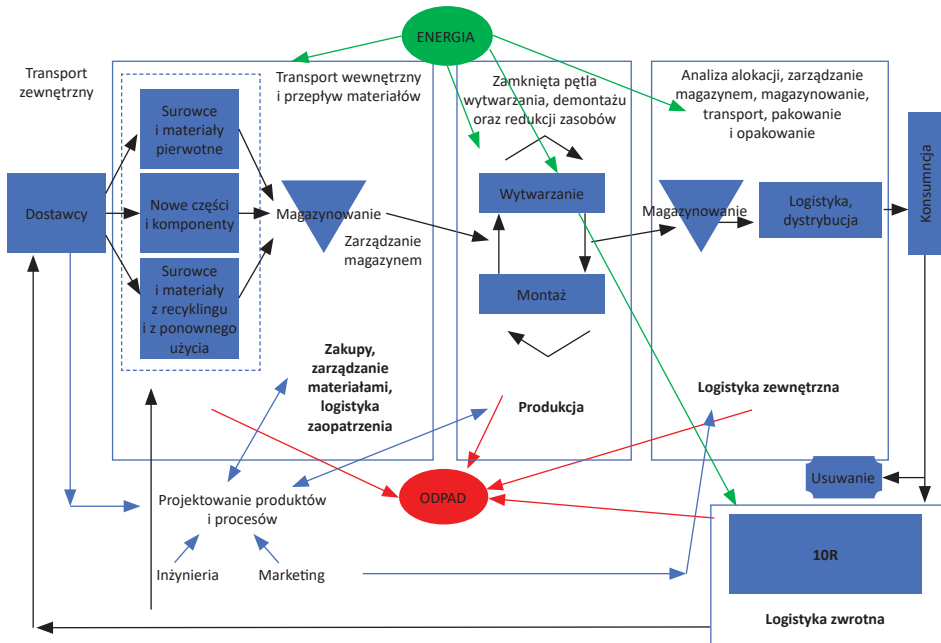
- projektowanie produktów – koncentrujące się na projektowaniu produktów, które są przyjazne środowisku, z wykorzystaniem ekologicznie świadomego projektowania oraz oceny i analizy cyklu życia produktu,
- zarządzanie materiałami – w jego skład wchodzi zielona selekcja materiałów oraz ich zielone pozyskiwanie – w tym wypadku zwrócono uwagę na wykorzystywanie na tym etapie energii oraz powstawanie odpadów,
- wytwarzanie – koncentrujące się na redukcji zużycia zasobów, odpadów oraz emisji przy wykorzystaniu energii i materiałów oraz powstawaniu odpadów,
- marketing i dystrybucja – w przypadku marketingu kluczowa jest koncentracja na zielonej reklamie promującej ekologiczne praktyki, ale także identyfikacja oczekiwań klientów skutkująca doskonaleniem wyrobów; z kolei zielona dystrybucja w głównej mierze powinna opierać się na zielonym transporcie – tutaj także zużywana jest energia i powstaje odpad; zielona dystrybucja jest

81 C. Ninlawan, P. Seksan, K. Tossapol, W. Pilada, *The Implementation of Green Supply Chain Management Practices in Electronics Industry*, Proceedings of The MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, IMECS, vol. III, Hong Kong 2010, s. 2–3.

ostatnią fazą przekazywania wyrobu gotowego klientowi ostatecznemu, który także, będąc częścią ekologicznego łańcucha dostaw, powinien przejawiać prośrodowiskowe zachowania,

- logistyka zwrotna – bazuje na podejściu 3R (redukcji, przetwarzaniu i recyklingu materiałów), na tym poziomie również zużywana jest energia i powstaje odpad⁸².

Należy przy tym dodać, że równie zbliżone modele do zaprezentowanego można znaleźć w wersji uproszczonej w publikacjach Beamon⁸³, Kumara, Teichmana i Timpernagela⁸⁴, a w formule nieco bardziej rozbudowanej w artykule Diabata i Govindana⁸⁵ (rysunek 4).



Rysunek 4. Procesy związane z zielonym łańcuchem dostaw

Źródło: A. Diabat, K. Govindan, *An Analysis of the Drivers Affecting...*, s. 660.

- 82 M. Ghobakhloo, S. Tang, N. Zulkifli, M. Ariffin, *An Integrated Framework of Green Supply Chain Management Implementation*, „International Journal of Innovation, Management and Technology” 2013, vol. 4, no. 1, s. 87–88.
- 83 B. Beamon, *Designing The Green Supply Chain*, „Logistics Information Management” 1999, vol. 12, no. 4, s. 338.
- 84 S. Kumar, S. Teichman, T. Timpernagel, *A Green Supply Chain is a Requirement for Profitability*, „International Journal of Production Research” 2012, vol. 50, no. 5, s. 1286.
- 85 A. Diabat, K. Govindan, *An Analysis of the Drivers Affecting the Implementation of Green Supply Chain Management*, „Resources, Conservation and Recycling” 2011, vol. 55, s. 660.

Należy także pamiętać, że implementacja zasad zielonej logistyki pozwala zidentyfikować kluczowe czynniki pozwalające uczynić wdrażanie skutecznym. Lew, Chew i Hamid, prowadząc badania wśród menadżerów, zidentyfikowali siedem głównych czynników wprowadzania zielonej logistyki w ramy organizacji. Zaliczyli do nich:

- efektywność kosztową – przynoszącą oszczędność kosztów, tworzącą skuteczność i korzyści w zakresie przewagi poprzez tworzenie zespołów przeznaczonych dla każdego klienta oraz wykorzystanie transportu multimodalnego lub kombinowanego,
- umiejętności, wiedzę i wsparcie kapitału ludzkiego – doskonalenie jego jakości, dzielenia się wiedzą w organizacji oraz wsparcia pracowników poprzez wyodrębnianie w budżetach zasobów na szkolenia, dzielenia się wiedzą z odpowiednimi grupami wewnątrz organizacji, ale także w komórkach organizacyjnych znajdujących się w innych krajach, czy też chęć doskonalenia się,
- technologie i systemy informacyjne – zwiększenie wydajności logistyki, redukcja kosztów oraz poprawa konkurencyjności poprzez wykorzystanie odpowiednich technologii informacyjnych i systemów informatycznych,
- wsparcie organizacji oraz najwyższego szczebla zarządzania – głównie poprzez wdrażanie kluczowych wskaźników efektywności (KPI – *Key Performance Indicators*) oraz codzienne, cotygodniowe lub comiesięczne raportowanie do centrali organizacji,
- presję opinii publicznej i konsumentów – zielone potrzeby lub wymagania, które pomagają nadzorować i motywować organizację, by iść w kierunku ekologii poprzez spełnianie różnorodnych wymagań klientów w celu utrzymania lub poprawy relacji, a także pozyskania nowych klientów,
- konkurencję – pomaga ulepszać i regulować działalność organizacji, zwiększając konkurencyjność; priorytetem jest tutaj osiągnięcie większej rentowności lub odniesienie sukcesu przewyższającego wyniki konkurencji,
- współpracę i integrację z dostawcami i partnerami – wymiana informacji, zaufanie, świadomość środowiskowa; należy przy tym zauważyć, że współpraca nie opiera się wyłącznie na zielonych pomiarach, większe szanse na współpracę uzyskuje się przy niższych ofertach cenowych⁸⁶.

Podsumowując, warto zwrócić uwagę, że coraz częściej problem ekologii i środowiska naturalnego staje się ważnym elementem procesów logistycznych. Jak zauważają McKinnon, Browne, Whiteing i Piecyk, kwestie badań nad zagadnieniami zielonej logistyki zmieniały się przez lata, ale można zauważyć trzy główne tendencje zaprezentowane poniżej:

- problem zielonej logistyki nabiera coraz bardziej prywatnego charakteru – przechodzi zatem z wymiaru publicznego do prywatnego. Większość wcześniejszych badań była efektem polityki publicznej, ponieważ nowo powstałe grupy

86 A. Lew, B. Chew, S. Hamid, *Green Logistics Implementation Factors: A Study on A Global Logistics Provider*, „Journal of Advanced Manufacturing Technology” 2016, special issue iDECON, s. 117–118.

nacisku na środowisko zaczynały lobbować na rzecz interwencji rządowych w celu złagodzenia szkodliwych procesów transportowych, a agencje publiczne starały się lepiej zrozumieć ten problem i znaleźć sposoby jego rozwiązania. Z czasem zainteresowanie sektora publicznego tym tematem zostało uzupełnione przez wzrost zaangażowania sektora prywatnego w badania nad zieloną logistyką, ponieważ przedsiębiorstwa zaczęły formułować strategie środowiskowe zarówno na poziomie korporacyjnym, jak i w odniesieniu do logistyki;

- problem zielonej logistyki przeszedł z obszaru operacyjnego do strategicznego. Wiąże się to z poszerzaniem zaangażowania przedsiębiorstw w zieloną logistykę, poczynając od przyjęcia kilku niewielkich zmian operacyjnych, do włączenia zasad ochrony środowiska w planowaniu strategicznym;
- problem zielonej logistyki z zakresu lokalnego nabrał charakteru globalnego. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku główny nacisk kładziono na lokalny wpływ na środowisko, czyli zanieczyszczenie powietrza, hałas, wibracje i wypadki. Nie odnoszono się do globalnych skutków atmosferycznych działalności logistycznej. W istocie, w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia niektóre modele klimatyczne przewidywały, że nasza planeta wchodzi w nową epokę lodowcową. Transkontynentalne rozprzestrzenianie się kwaśnych deszczy (spowodowanych emisją siarki) i zubożenie warstwy ozonowej (spowodowane głównie przez chłorofluorowęglowodory w latach osiemdziesiątych) pokazało, że logistyka i inne działania mogą wywierać na środowisko wpływ o większym zasięgu geograficznym. Obecnie, gdy zmiany klimatyczne stały się dominujące, oddziaływanie logistyki na globalne warunki atmosferyczne stało się głównym przedmiotem badań⁸⁷.

Na sam koniec warto zauważyć, że sama koncepcja zielonej logistyki kryje w sobie przynajmniej kilka paradoksów. Jak zaprezentowała to Adu Mensah, zielona logistyka posiada swój wkład w kreowanie wartości przynajmniej w dwóch wymiarach:

- ekonomiczny – większe zadowolenie klientów, dobre relacje z interesariuszami, ekologiczny wizerunek przedsiębiorstwa, większa niezawodność dostaw dzięki optymalnemu planowaniu tras i mniejszym przestojom ciężarówek, wyższa produktywność dzięki większej motywacji pracowników, zmniejszone ryzyko odpowiedzialności, niższe podatki i lepsze wyniki finansowe,
- społeczny – zmniejszony wpływ na środowisko, np. emisja CO₂, poziom hałasu, lepsze wykorzystanie zasobów naturalnych, takich jak paliwa, opakowania; rozwój w harmonii z kulturą i dostępnymi zasobami, zmniejszenie kosztów społecznych, np. problemy zdrowotne w społeczności, dostęp do czystej wody i czystej energii, tworzenie miejsc pracy, poprawa jakości życia⁸⁸.

87 A. McKinnon, M. Browne, A. Whiteing, M. Piecyk, *Green Logistics: Improving The Environmental Sustainability of Logistics*, Kogan Page Publishers, London–Philadelphia–New Delhi 2015, s. 6.

88 D. Adu Mensah, *Green Logistics for Sustainable Development: an Analytical Review*, „International Journal of Business” 2015, vol. 1, issue 1, s. 9.

Paradoksalnie jednak często implementacja zasad zielonej logistyki ma odwrotny skutek. Tak dzieje się w kontekście:

- kosztów – obniżenie kosztów poprzez ulepszenie opakowań i zminimalizowanie ilości odpadów często powoduje, że koszty środowiskowe są znacznie wyższe niż koszty opakowań,
- czasu/dostępności – tworzenie zintegrowanych łańcuchów dostaw i systemów JIT zapewnia efektywny system dystrybucji, ale jednocześnie większa produkcja, wyższa sprzedaż i system dystrybucji wymagają więcej miejsca, więcej energii, co z kolei zwiększa emisję CO₂,
- sieciowości – zwiększenie wydajności systemu dzięki zmianom w sieci często powoduje wpływ na społeczności lokalne poprzez koncentrację terytorialną punktów dystrybucji,
- niezawodności – efektywny i punktualny system transportowy wywiera negatywny wpływ na środowisko,
- składowania – zmniejszenie zapotrzebowania na prywatne magazyny skutkuje ciągłym wykorzystaniem dróg, co z kolei ma wpływ na wzrost zatłoczenia na drogach,
- handlu elektronicznego – zwiększenie liczby możliwości biznesowych i dywersyfikacja łańcuchów dostaw powodują zmiany w fizycznej dystrybucji, a to przekłada się na zwiększone zużycie energii⁸⁹.

Zielona logistyka czy też łańcuchy dostaw stanowią w trzeciej dekadzie XXI wieku nie tyle proponowany kierunek zmian, co konieczność. Zdegradowane środowisko naturalne nie jest bowiem w stanie się odbudować bez zmniejszenia negatywnego wpływu różnych gałęzi przemysłu, w tym logistyki. Z drugiej strony istnieje wiele paradoksów związanych z proekologicznymi działaniami, których bilans środowiskowy okazuje się niestety ujemny. Wydaje się jednak, że w najbliższym czasie to logistyka zwrotna, jako fragment zielonej logistyki, będzie mieć kluczowe znaczenie.

2.3. Sprężysta i odporna logistyka/łańcuchy dostaw

Niezawodność przepływów materiałowych jest dla logistyki i łańcuchów dostaw sprawą fundamentalną. Trudno sobie wyobrazić braki towarów w sklepach, zatrzymanie procesów produkcyjnych na skutek niedoboru surowców czy też inne konsekwencje związane z zahamowaniem dostaw. Przyczyny tego typu skutków mogą być różne, choć jeśli wyeliminować kwestie błędnego zarządzania gospodarką narodową, w której popyt nie jest zbilansowany z podażą, to na ogół istnieją pewne szczególne kwestie związane z czynnikami przewidywalnymi (np. błędy

89 *Ibidem*.

w procesach zarządzania łańcuchami dostaw) lub też nieprzewidywalnymi (np. katastrofy), które doprowadzają do niedoborów materiałowych. Zaprezentowane argumenty zatem wskazują, że łańcuchy dostaw działają w warunkach niepewności i ryzyka, a skoro tak, to powinny one być w jak największym stopniu przygotowane na zagrożenia, a dzięki temu przed nimi zabezpieczone.

W literaturze przedmiotu koncepcja obrazująca przygotowanie organizacji do reakcji łańcuchów dostaw na zagrożenia została nazwana *Resilient Supply Chain* (SCRES – sprężyste łańcuchy dostaw). Samo słowo *resilient* oznacza odporny, sprężysty, elastyczny bądź prężny. Aby zatem ostatecznie znaleźć polski odpowiednik SCRES, należałoby przyrzeć się wybranym definicjom tego pojęcia.

Jako jedni z pierwszych próby uporządkowania pojęciowego omawianego zagadnienia podjęli się Christopher i Peck, zonglując takimi słowami jak: wytrzymałość, solidność, stabilność, pewność itp. Ostatecznie przyjęli oni definicję sprężystych łańcuchów dostaw opisaną jako zdolność powrotu systemu do jego pierwotnego stanu lub przejścia po wystąpieniu zakłóceń do nowego, bardziej pożądanego. W definicji tej zawarte jest pojęcie elastyczności, a biorąc pod uwagę, że pożądaný stan może się różnić od stanu początkowego, autorzy uznali, że należy również uwzględnić zdolność systemu do adaptacji. Christopher i Peck zwrócili także uwagę na pojęcie ryzyka, które nierozdzielnie powinno być związane z SCRES. Określili je jako podatność na zagrożenie lub utratę czegoś⁹⁰. Podobną definicję SCRE, bazującą zresztą na definicji Christophera i Pecka, przyjęli Brandon-Jones, Squire, Autry i Petersen. Zdaniem wymienionych autorów, sprężystość łańcucha dostaw jest to jego zdolność do przywrócenia normalnej wydajności operacyjnej w akceptowalnym czasie po wystąpieniu zakłóceń⁹¹. Definicja Christophera i Pecka została zatem uzupełniona o wydajność operacyjną i o akceptowalny czas. Barroso, Machado, Barros i Cruz-Machado zdefiniowali SCRES jako zdolność łańcucha dostaw do reagowania na negatywne skutki spowodowane zakłóceniami, które występują w danym momencie. Służy to utrzymaniu celów łańcucha dostaw⁹². Jak widać z przytoczonych przykładów, w ramach zaprezentowanej przez Christophera i Pecka definicji rozgorzała akademicka dyskusja, bazująca w wielu przypadkach na semantycznej grze słów.

Dość ciekawie do omawianego zagadnienia podszedł Walker, który używał w swoich definicjach pojęcia odporności. Jego zdaniem, najprostsza definicja odporności to zdolność do radzenia sobie ze wstrząsami i dalszego funkcjonowania w podobny sposób. Jest to miara tego, jak bardzo ekosystem, przedsiębiorstwo, społeczeństwo mogą się zmienić, zanim przekroczą punkt krytyczny i przejdą w inny

90 M. Christopher, H. Peck, *Building the Resilient Supply Chain*, „International Journal of Logistics Management” 2004, vol. 15, no. 2, s. 4–5.

91 E. Brandon-Jones, B. Squire, C. Autry, K. Petersen, *A Contingent Resource-based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness*, „Journal of Supply Chain Management” 2014, vol. 50, no. 3, s. 55–56.

92 A. Barroso, H. Machado, R. Barros, V. Cruz-Machado, *Toward a Resilient Supply Chain with Supply Disturbances*, *Proceeding of The International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management – IEEE IEEEM, Venetian-Macao 2010*, s. 246.

stan, w którym mają tendencję do pozostawania. Odporność składa się z dwóch kluczowych elementów – po pierwsze z wiedzy o tym, jak identyfikować i unikać (lub w razie potrzeby przekraczać) punkty krytyczne, a po drugie z poznania atrybutów systemów, które zapewniają odporność, aby uniknąć przekraczania jeszcze nieznanym i niepodejrzewanym progów. Odporność to w rzeczywistości zdolność do adaptacji i zmian, reorganizacji podczas radzenia sobie z zakłóceniami. Chodzi o to, by zmieniać się po to, by nie zostać zmienionym. Odporny system reaguje na zakłócenie, modyfikując względne ilości jego różnych części i sposobu ich współdziałania, a w ten sposób dokonując przekształceń w ramach swojego funkcjonowania. Pozostaje zatem tym samym rodzajem systemu, ucząc się na podstawie zakłóceń, aby móc lepiej radzić sobie z podobnymi zaburzeniami w przyszłości. Nie wraca do poprzedniego stanu i nie zachowuje się dokładnie tak jak wcześniej, a zatem systemy odporne to systemy uczące się. Walker zauważył także, że próba ochrony systemu poprzez utrzymywanie go w stałym stanie zmniejsza jego odporność; zmienność jest więc niezbędna do utrzymania odporności⁹³.

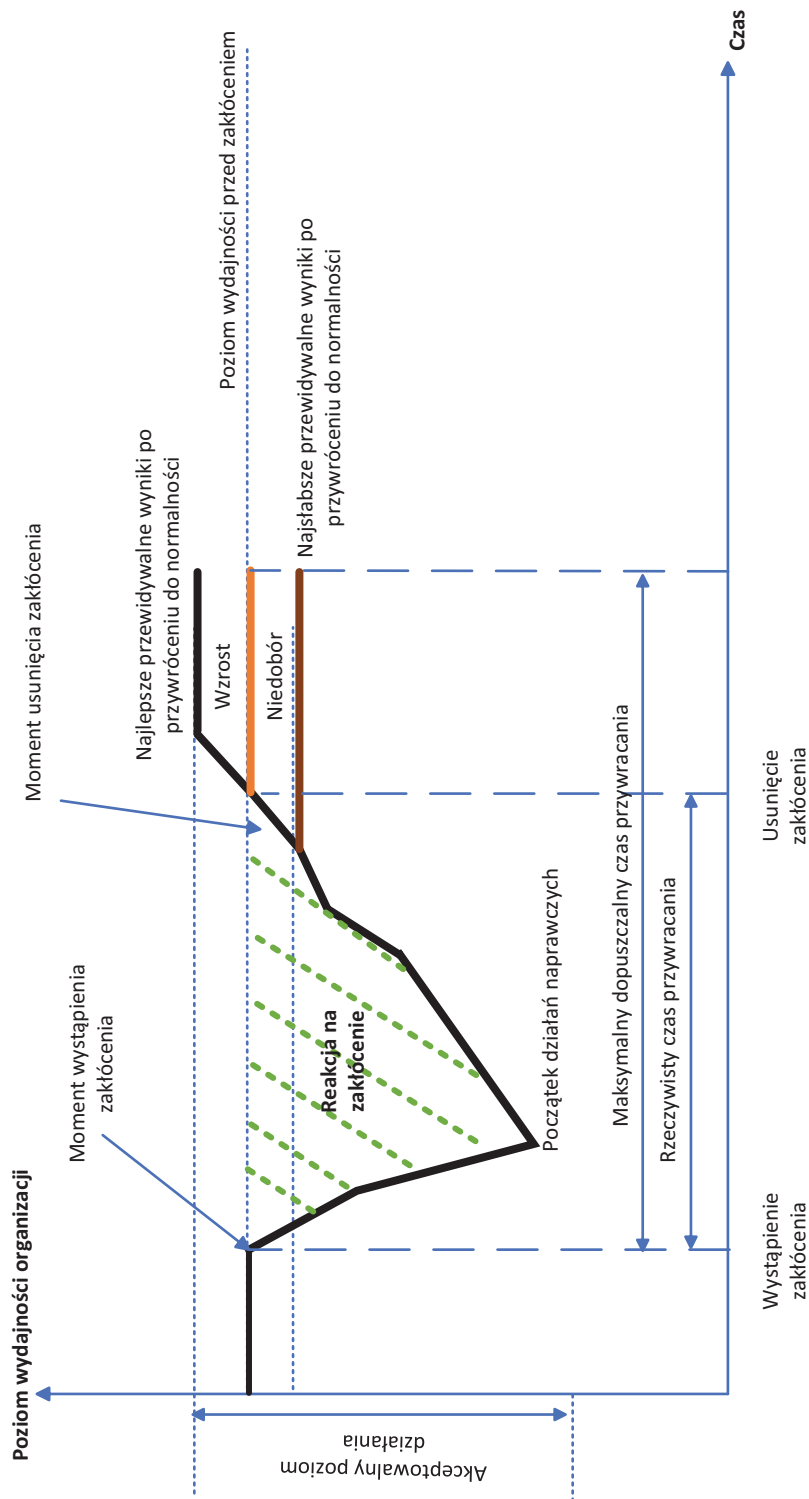
Analizując przytoczone definicje, nie sposób oprzeć się wrażeniu, że ta proponowana przez Walkera odnosi się wyłącznie do fragmentu koncepcji SCRES. Mówi ona bowiem tylko o odporności systemu, nie odnosząc się do faktu jego przywracania po zakłóceniu do punktu wyjścia. Owa odporność wpływa na niezawodność, choć nie są to pojęcia tożsame. Jak stwierdza Nowakowski, system, który wykazuje podatność na zakłócenia, nie jest odporny. Będzie charakteryzował się niskim stopniem realizacji procesów ze względu na brak działań zapobiegawczych i korygujących, które można byłoby użyć w momencie wystąpienia zakłóceń. Taki system nie będzie cechował się niezawodnością. System odporny na zakłócenia ma możliwość realizacji zadań, ponieważ będzie na te zakłócenia przygotowany (zabezpieczony, wytrzymały, trwały i elastyczny)⁹⁴. Można zatem przyjąć założenie, że system niezawodny to taki, który właściwie funkcjonuje w warunkach normalnych, czyli bez zakłóceń. System odporny to taki, który utrzymuje niezawodność w warunkach zakłóceń. W momencie, gdy odporność systemu nie zdoła utrzymać niezawodności w warunkach zakłóceń, pojawia się nowa miara obrazująca szybkość i skuteczność powrotu systemu do punktu wyjścia przypominająca elastyczność – sprężystość. Dlatego też koncepcja RSC powinna wykorzystywać słowo sprężystość, ponieważ najlepiej oddaje ono jej całościową ideę.

Dokonując bardzo szerokiego przeglądu literatury, Tukamuhabwa, Stevenson, Busby i Zorzini zaprezentowali zoperacjonalizowany model sprężystości łańcuchów dostaw (rysunek 5) oraz cztery kluczowe strategie działań, które powinny być realizowane w organizacjach, aby osiągnąć sprężystość łańcuchów dostaw⁹⁵.

93 B. Walker, *Resilience: What It Is and Is Not*, „Ecology and Society” 2020, vol. 25, no. 2, s. 11.

94 T. Nowakowski, *Niezawodność systemów logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011, s. 197.

95 B. Tukamuhabwa, M. Stevenson, J. Busby, M. Zorzini, *Supply Chain Resilience: Definition, Review and Theoretical Foundations for Further Study*, „International Journal of Production Research” 2015, vol. 53, no. 18.



Rysunek 5. Proces odpowiedzi na zakłócenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie B. Tukamuhabwa, M. Stevenson, J. Busby, M. Zorzini, *Supply Chain Resilience: Definition...*, s. 5600.

Na podstawie rysunku 5 widać wyraźnie sedno sprężystości łańcuchów dostaw. Łańcuch dostaw odporny i we właściwym stopniu niezawodny osiąga normlany poziom wydajności (NPW). W momencie wystąpienia zakłócenia (WZ), na które łańcuch dostaw nie był odporny, organizacja rozpoczyna działania naprawcze (początek działań naprawczych – PDN), lecz pomimo to następuje spadek poziomu jej wydajności aż do momentu, kiedy organizacja będzie w stanie go zatrzymać (punkt przełamania – PP). Oczywiście organizacja cały czas próbuje reagować na zakłócenia (RNZ), ale w początkowej fazie nie jest w stanie zatrzymać tendencji spadku poziomu wydajności. Działania naprawcze doprowadzają w końcu do usunięcia zakłócenia (UZ), przez co organizacja osiąga lepszy PWMax, gorszy PWMin lub taki sam NPW. Czas powrotu do któregoś z wymienionych poziomów to okres przywracania, a maksymalny czas przywracania określa punkt najdalej oddalony od wystąpienia zakłócenia – punkt, w którym gdy organizacja usunie zakłócenie, będzie jeszcze konkurencyjna.

Ci sami autorzy na podstawie przeglądu literatury sformułowali cztery kluczowe strategie działań organizacji chcących zachować sprężystość łańcuchów dostaw. Zaliczyli do nich:

- elastyczność – zdolność przedsiębiorstwa do dostosowywania się do zmieniających się wymagań otoczenia i interesariuszy przy minimalnym nakładzie czasu i pracy,
- tworzenie redundancji – redundancja polega na strategicznym i selektywnym wykorzystaniu wolnych mocy produkcyjnych i zapasów, które mogą być wykorzystane w czasie kryzysu w celu poradzenia sobie np. z niedoborami dostaw lub gwałtownym wzrostem popytu; są one mocno zależne od skali globalizacji łańcucha dostaw i stanowią kosztowną alternatywę,
- współpracę w ramach łańcucha dostaw – odnosi się do zdolności do efektywnej współpracy z innymi podmiotami w celu osiągnięcia obopólnych korzyści w takich obszarach jak prognozowanie, odkładanie działań na później (*Postponement*) i dzielenie się ryzykiem; współpraca może również obejmować wymianę informacji, która jest w stanie zmniejszyć niepewność, zwiększyć przejrzystość oraz ułatwić dzielenie się wiedzą, np. na temat ryzyka i niepewności w łańcuchu dostaw,
- zachowanie zwinności łańcucha dostaw – chodzi o zdolność do szybkiego reagowania na nieprzewidywalne zmiany popytu lub podaży, o to, co można osiągnąć poprzez szybką zmianę procesów i systemów biznesowych; na zwinność łańcucha dostaw składają się głównie widoczność łańcucha dostaw odnosząca się do zdolności widzenia całego łańcucha dostaw oraz szybkość działania⁹⁶.

Z kolei Jouttner i Maklan stwierdzają, że formatywne zdolności w zakresie odporności i sprężystości łańcucha dostaw opierają się na integrowaniu oraz koordynacji zasobów, które często obejmują obszary funkcjonalne. Dzięki temu mogą

96 *Ibidem*, s. 5604–5605.

one zaistnieć w procesach łańcucha dostaw. Autorzy zauważyli, że w literaturze przedmiotu proponuje się szereg nakładających się na siebie terminologii dotyczących tych zdolności. Najczęściej jednak wymieniane są cztery:

- elastyczność (*Flexibility*) – zdolność do rekonfiguracji łańcucha dostaw rozumiana jako możliwość zarządzania zmianami; dostosowanie się bez zakłóceń do nowych zewnętrznych uwarunkowań,
- szybkość (*Velocity*) – czas potrzebny na zmiany i tempo wprowadzania zmian w obliczu zagrożeń,
- widoczność, transparentność (*Visibility*) – jakość przepływu informacji w łańcuchu dostaw uwzględniająca procesy wewnętrzne oraz uwarunkowania zewnętrzne,
- współpraca (*Collaboration*) – sieć współzależnych i kooperujących organizacji wzajemnie uzupełniających zasoby i kompetencje, działających na zasadach partnerstwa.

Te cztery zdolności oddają istotę koncepcyjną sprężystości i odporności łańcuchów dostaw⁹⁷.

O ile współpraca i transparentność wynikają często z dojrzałości łańcucha dostaw oraz kultury organizacyjnej przedsiębiorstw w nim uczestniczących, o tyle elastyczność i szybkość są w wielu przypadkach przejawem umiejętności praktycznych. Zdaniem Sheffiego, aby zapewnić elastyczność w zakresie odporności, organizacje muszą uwzględnić wiele różnorodnych aspektów projektowania łańcucha dostaw, do których można zaliczyć:

- rozwijanie zdolności do przenoszenia produkcji między zakładami, stosowanie części wymiennych i generycznych w wielu produktach oraz przekwalifikowanie pracowników,
- wykorzystanie równoległych procesów rozwoju produktu, rozruchu i produkcji/dystrybucji,
- projektowanie produktów i procesów z myślą o maksymalnym odroczeniu jak największej liczby operacji i decyzji w łańcuchu dostaw,
- dostosowywanie strategii zaopatrzenia do relacji z dostawcami.

Zdaniem wspomnianego autora, dzięki tym zasadom powstają nie tylko sprężyste łańcuchy dostaw, które mogą odzyskać sprawność po zakłóceniach, ale także elastyczne łańcuchy dostaw zdolne reagować na codzienne zmiany popytu (jedno wynika z drugiego – niedobór podaży i gwałtowny wzrost popytu są w swej istocie problemem niedopasowania podaży i popytu). Przedsiębiorstwa, które zbudowały swoje łańcuchy dostaw w taki sposób, aby reagować na znaczne wahania popytu, mają również zdolność do reagowania na niedobory dostaw⁹⁸.

Oprócz czterech podstawowych zdolności w zakresie sprężystości łańcuchów dostaw można także znaleźć szereg podań poruszających kwestie roli kapitału

97 U. Jouttner, S. Malkan, *Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2011, vol. 16, no. 4, s. 247.

98 Y. Sheffi, *Resilience Reduces Risk*, LQ, *Supply Chain Resilience*, „The Official Magazine of the Logistics Institute” 2006, vol. 12, issue 1, s. 13.

społecznego w rozpatrywanym zagadnieniu. Na podstawie światowej pandemii COVID-19 Nikookar i Yanadori przeanalizowali menadżerskie antecedencje odporności łańcuchów dostaw. W przeprowadzonym badaniu autorzy próbowali zweryfikować, jakie atrybuty menadżerów łańcuchów dostaw są podstawą efektywności ich odporności. W swoim modelu dynamiczne zdolności menedżerskie oparli o kapitał społeczny, ludzki i poznania. Ten pierwszy odnieśli do zasobów, które są osadzone w osobistych relacjach jednostki z innymi osobami, dostępne dzięki nim i z nich czerpane. Składowymi kapitału ludzkiego były wiedza i umiejętności wnoszone przez jednostkę do pracy, które zamierza wykorzystać. Z kolei poznanie odnosiło się do czynności umysłowych wykorzystywanych przez jednostkę do podejmowania decyzji. Badanie wykazało, że antecedencje menedżerskie wpływają na odporność łańcucha dostaw poprzez pozytywny wpływ na trzy formatywne zdolności w zakresie odporności łańcucha dostaw, tzn. widoczność, szybkość reakcji i elastyczność (nazwane przez autorów antecedensami organizacyjnymi). Poprzez jednoczesne uwzględnienie organizacyjnych i menedżerskich antecedensów odporności łańcucha dostaw badanie wykazało znaczenie zarówno indywidualnych, jak i organizacyjnych elementów w radzeniu sobie z zakłóceniami w łańcuchu dostaw, a dodatkowo przyniosło szereg praktycznych implikacji dla menedżerów. Wynikało stąd, że powinni oni zwiększać swój kapitał społeczny poprzez rozwijanie bliższych relacji osobistych z ich odpowiednikami w organizacjach dostawców, ale także z menedżerami firm, które mogą być uznane za alternatywnych dostawców. Ponadto takie instytucje jak agencje rządowe powinny pomagać w rozwoju kapitału społecznego menedżerów łańcucha dostaw, szczególnie w kontaktach z potencjalnymi dostawcami zagranicznymi. Winno się to odbywać poprzez promowanie większej liczby wystaw handlowych, seminariów itp., które zapewniają menedżerom możliwości nawiązywania kontaktów i znajdowania potencjalnych dostawców⁹⁹.

Kwestia widoczności łańcuchów dostaw stała się jednym z kluczowych elementów podczas pandemii. Zauważono, że to właśnie brak ich dostatecznej transparentności stał się jedną z głównych przyczyn zatrzymania się łańcuchów dostaw. Xu, Elmori, Kerbach i El Omri zaprezentowali pogląd, że wpływ pandemii COVID-19 ze względu na swoją specyfikę (właśnie poprzez brak transparentności łańcuchów dostaw) nie tylko zakłócił lokalne łańcuchy dostaw, ale głęboko dotknął te globalne na wszystkich etapach – od źródeł zaopatrzenia po klientów końcowych. Pandemia pokazała, że przedsiębiorstwa są wzajemnie powiązane poprzez złożone sieci globalnych łańcuchów dostaw, w których firmy działające na wcześniejszych etapach łańcucha dostaw są poważnie dotknięte przez niemal „nieregularne” zachowanie podmiotów działających na dalszych – głównie chodzi tu o duże przedsiębiorstwa, które doświadczają zakłóceń i bardzo gwałtownych zmian w popycie. Ten dobrze znany efekt „byczego bicia” był

99 E. Nikookar, Y. Yanadori, *Preparing Supply Chain for the Next Disruption beyond COVID-19: Managerial Antecedents of Supply Chain Resilience*, „International Journal of Operations & Production Management” 2022, vol. 42, no. 1, s. 63, 78.

niszczący dla uczestników rynku wyższego szczebla, szczególnie małych i średnich przedsiębiorstw¹⁰⁰.

Wspomniani autorzy zauważyli, że osiągnięcie widoczności ma nie tylko kluczowe znaczenie dla uzyskania wydajności i sprawności podczas normalnej produkcji, ale także dla zrozumienia zakłóceń w globalnych łańcuchach dostaw. Podzielili oni działania związane z widocznością łańcuchów dostaw na krótko- i długookresowe, reprezentujące niską i wysoką transparentność, a tym samym niską lub wysoką możliwość reagowania na występujące zakłócenia. Do działań reprezentujących wysoką transparentność autorzy zaliczyli:

- ograniczające straty krótkoterminowe:
 - identyfikacja kryzysu,
 - partycypacyjne prognozowanie,
 - wsparcie w odbudowie łańcucha dostaw;
- pozwalające osiągnąć długotrwałą konkurencyjność:
 - ocena podatności na wahania,
 - partycypacyjne zarządzanie ryzykiem.

Aby ograniczyć straty krótkoterminowe, przy jednoczesnym wykorzystaniu wysokiego poziomu transparentności, po pierwsze, zaleca się organizacjom zidentyfikowanie kryzysu poprzez zbadanie wszystkich kluczowych dostawców poziomu pierwszego i niższego w obszarach dotkniętych blokadami. Zakłócenie łańcucha dostaw w jednym segmencie często wywołuje efekt fali uderzeniowej i wpływa na cały łańcuch dostaw. Dlatego znajomość dostawców, którzy są najbardziej narażeni oraz wrażliwi na bieżący kryzys, może znacznie skrócić czas reakcji potrzebny do uruchomienia środków zaradczych.

Po drugie, należy niezwłocznie podjąć współpracę z klientami w zakresie prognozowania popytu. Niezbędne jest dokładne zbadanie zmienności popytu ze strony klientów, np. gwałtownego wzrostu lub spadku spowodowanego brakiem zaufania. Następnie autorzy rekomendują dokonanie przeglądu oferty produktywnej organizacji i bazy klientów, aby ustalić priorytety na wypadek zmniejszenia mocy produkcyjnych.

Po trzecie, przedsiębiorstwa powinny komunikować się ze wszystkimi interesariuszami, w tym z klientami i dostawcami, oraz zapewnić niezbędne wsparcie – od pomocy prawnej po finansową – w celu przywrócenia działalności. Biorąc pod uwagę potencjalną utratę zdolności produkcyjnych, należy odnowić plany produkcyjne łańcucha dostaw i ustalić z kluczowymi dostawcami rozsądne poziomy zapasów.

Kolejne dwa zalecenia dotyczą czynników umożliwiających osiągnięcie długoterminowej konkurencyjności. Pierwszym z nich jest wymóg zrozumienia krytycznych (słabych) punktów globalnych łańcuchów dostaw oraz monitorowania potencjalnego ryzyka zakłócającego w czasie rzeczywistym – ocena podatności na wahania. Podatność łańcucha dostaw często występuje w pięciu wymiarach: planowanie i sieć dostawców, transport i logistyka, odporność finansowa, złożoności

100 Z. Xu, A. Elmori, L. Kerbache, A. El Omri, *Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains...*, s. 154–155.

produktu oraz dojrzałość organizacyjna. Strony wiodące w łańcuchu dostaw powinny być również wrażliwe na duże kryzysy, takie jak epidemie wirusów, lokalne wojny, konflikty polityczne i katastrofy naturalne, ponieważ mają one wpływ na wielowarstwowe sieci dostawców, aż po klientów końcowych. Technologie informatyczne i rozwiązania cyfrowe, takie jak technologia 5G, analityka *big data* i chmury obliczeniowe, mogą pomóc firmom w rozwijaniu widoczności poprzez wielowarstwowość procesów i w rozpoznawaniu zakłóceń na wczesnych etapach tego złożonego systemu dostaw.

Drugim zaleceniem jest współpraca z wewnętrznymi interesariuszami, a także z dostawcami krytycznymi i strategicznymi w celu ustanowienia spójnych metod podejścia do zarządzania ryzykiem – partycypacyjne zarządzanie ryzykiem. Ich efektem powinno być złagodzenie niedoborów materiałów i zdolności produkcyjnych. Rekomendacje dotyczące zwiększenia widoczności oraz możliwości reagowania w celu złagodzenia zakłóceń przedstawia rysunek 6.

Jeśli chodzi o działania reprezentujące niską transparentność, a co za tym idzie – niską możliwość reagowania na zakłócenia, to zaliczono do nich następujące działania:

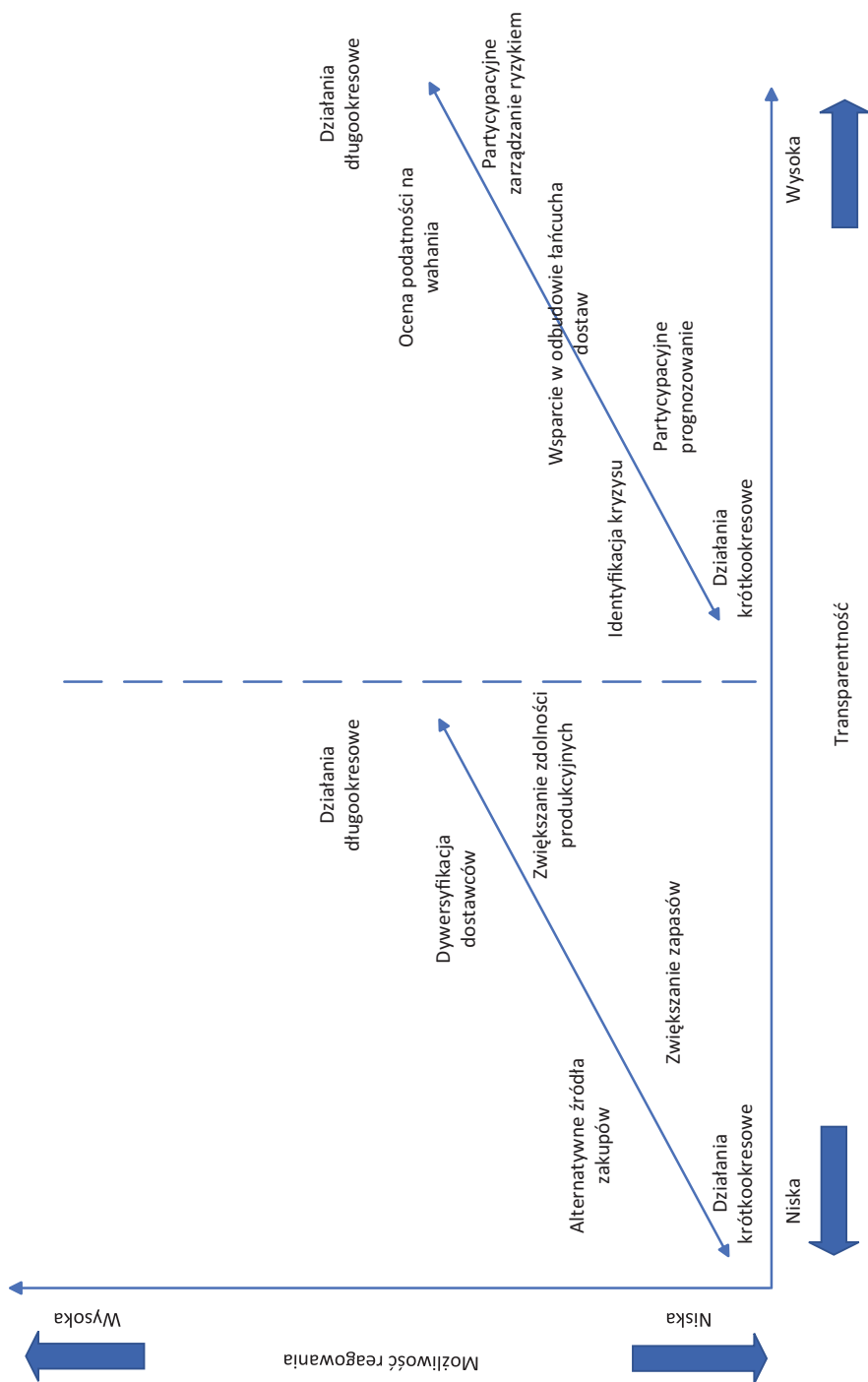
- ograniczające straty krótkookresowe:
 - zwiększanie zapasów,
 - wdrażanie alternatywnych źródeł zakupów;
- pozwalające osiągnąć długotrwałą konkurencyjność:
 - zwiększanie zdolności produkcyjnych,
 - dywersyfikacja dostawców¹⁰¹.

Kwestię monitorowania (kontroli) łańcuchów dostaw poruszył także Elwood. Stwierdził on, że organizacje mogą również przeprowadzać regularne audyty swoich kluczowych poziomów odporności u dostawców. Nie dotyczą one klauzul wynikających z systemów zarządzania, np. według norm ISO (*International Organization for Standardization* – Międzynarodowa Organizacja Normalizacji), ale raczej koncentrują się na podstawowych elementach odporności, takich jak:

- poziom zaangażowania najwyższego kierownictwa dostawcy oraz zasoby stosowane w kwestie odporności operacyjnej,
- proces, w ramach którego dostawca definiuje własne wymagania dotyczące odporności oraz stopień, w jakim uwzględnia on wymagania organizacji, do której produkt jest dostarczany,
- skuteczność strategii i rozwiązań w zakresie odporności opracowanych przez dostawcę,
- sposób, w jaki będzie przebiegało przywództwo, podejmowanie decyzji i komunikacja w przypadku zakłóceń,
- proces, dzięki któremu osiągane jest nieustanne doskonalenie, w tym sposób, w jaki dostosowuje się odporność operacyjną w przypadku wystąpienia zmian¹⁰².

101 *Ibidem*, s. 159–160.

102 A. Elwood, *Supply Chain Resilience*, „Journal of Business Continuity & Emergency Planning” 2020, vol. 15, no. 1, s. 75.



Rysunek 6. Zalecenia dotyczące zwiększenia widoczności i możliwości reagowania w celu złagodzenia zakłóceń
Źródło: Z. Xu, A. Elmorri, L. Kerbache, A. El Omri, *Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains...*, s. 159.

Istotność kwestii monitorowania i kontroli staje się zatem ważnym czynnikiem uzupełniającym odporne łańcuchy dostaw. Cztery podstawowe aktywności w ramach sprężystych łańcuchów dostaw (elastyczność, szybkość, transparentność i współpraca) powinny zostać uzupełnione o jedną z podstawowych funkcji zarządzania, jaką jest kontrola.

W literaturze przedmiotu można także znaleźć strategie łagodzenia skutków zakłóceń, które dzieli się na proaktywne i reaktywne.

Strategia reaktywna do problemów kładzie nacisk na gotowość łańcucha dostaw. Koncentruje się na tym, jak zwiększyć jego zdolność do reagowania na wyzwania, przed którymi staje indywidualnie i zbiorowo. Podejście proaktywne kładzie nacisk na działania prewencyjne – schematy działań, które można podjąć, aby uniknąć konkretnych wyzwań lub w jak największym stopniu zapobiegać ich wystąpieniu. W przypadku tych wyzwań, których nie da się uniknąć, kładzie się nacisk na złagodzenie ich negatywnych konsekwencji i przekształcenie ich w możliwości biznesowe i/lub zwiększoną wartość dla klienta. Zarówno strategie proaktywne, jak i reaktywne są wprowadzane przed wystąpieniem zdarzenia. Jednak tylko te prewencyjne pokazują swój wpływ z wyprzedzeniem. Wybór jednej z nich zależy na ogół od potencjalnych negatywnych konsekwencji wystąpienia zakłócenia lub prawdopodobieństwa wystąpienia zakłócenia dla organizacji lub łańcucha dostaw¹⁰³ (tabela 11).

Tabela 11. Strategie łagodzenia zakłóceń łańcuchów dostaw

Rodzaj strategii łagodzenia	Typ strategii	
	Reaktywna/ Proaktywna	Doskonalenia/ Buforowania
Zapas bezpieczeństwa	Reaktywna	Buforowania
Multisourcing	Reaktywna	Buforowania
Współpraca z dostawcą	Proaktywna	Doskonalenia
Koordinacja relacji w łańcuchu dostaw	Proaktywna	Doskonalenia
Wzrost dzielenia się informacjami i danymi	Proaktywna	Doskonalenia
Procesy doboru dostawcy	Proaktywna	Doskonalenia
Dobrze nasasycony łańcuch dostaw	Proaktywna	Doskonalenia
Przeprojektowanie łańcucha dostaw	Proaktywna	Doskonalenia
Stworzenie kultury zarządzania zakłóceniami	Proaktywna	Doskonalenia

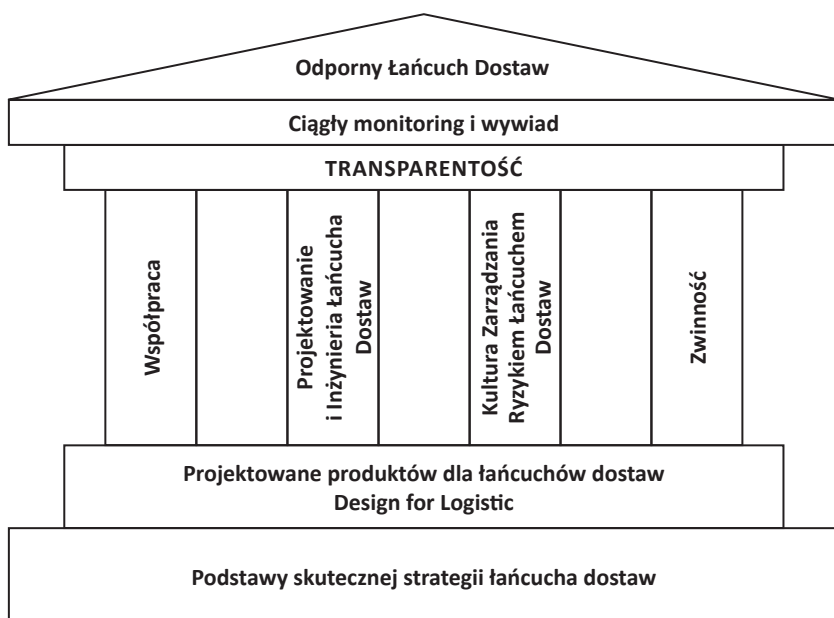
Źródło: opracowanie własne na podstawie A. Barroso, V. Machado, A. Barros, V.C. Machado, *Toward a Resilient Supply Chain...*, s. 247.

Zaprezentowane w tabeli rodzaje strategii reaktywnych wynikają w głównej mierze z logistycznych zasad zarządzania zapasami i utrzymywania nadmiarowości w łańcuchu dostaw. Stoi to w oczywistej kontrze do kwestii związanych z kosztami utrzymywania takich zapasów. Podobnie jak wdrażanie strategii multisourcingu,

103 A. Barroso, V. Machado, A. Barros, V. Cruz-Machado, *Toward a Resilient Supply Chain...*, s. 247.

strategia wykorzystywania w procesie zakupów więcej niż jednego dostawcy wymaga ciągłego monitoringu działań, a często wiąże się z utrzymywaniem kosztowych narzędzi pozwalających zarządzać portfolio dostawców. Strategie proaktywne i jednocześnie doskonalące kładą nacisk raczej na elementy miękkie łańcuchów dostaw, takie jak relacje, procesy czy też kompletne przeprojektowanie łańcuchów dostaw na potrzeby nowych wyzwań.

Dość dobrym podsumowaniem koncepcji sprężystej logistyki (sprężystych łańcuchów dostaw) może być wzorec odporności łańcucha dostaw zaproponowany przez Wildinga (rysunek 7).



Rysunek 7. Wzorec odporności łańcucha dostaw

Źródło: R. Wilding, *Supply Chain Temple of Resilience*, „Logistics & Transport Focus, The Chartered Institute of Logistics and Transport” 2013, vol. 15, no. 11, s. 58.

Zdaniem Wildinga¹⁰⁴, kluczem wzorca odporności łańcucha dostaw są fundamenty oparte na misji biznesowej organizacji. Menadżerowie muszą ją rozumieć w kontekście strategii konkurencyjnej przedsiębiorstwa, a także rynków, na których działa. Aby strategia łańcucha dostaw była skuteczna, należy uwzględnić cztery odrębne aspekty zarządzania łańcuchem dostaw, które powinny być dopasowane do misji biznesowej, tzn.:

- procesy łańcucha dostaw,
- infrastruktura łańcucha dostaw (w tym gdzie zlokalizowane są obiekty i jakiego rodzaju sprzętem dysponuje organizacja),

104 R. Wilding, *Supply Chain Temple of Resilience...*, s. 58–59.

- systemy informacyjne łańcucha dostaw,
- sama organizacja łańcucha dostaw.

Kolejny z elementów wzorca łańcucha dostaw to projektowanie produktów uwzględniające łańcuch dostaw – *Design for Logistics* (DfL – projektowanie wspomagające logistykę)/*Design for Supply Chain* (DfSC – projektowanie wspomagające łańcuch dostaw). Nadrzędnym przesłaniem procesów projektowania wyrobów powinno być uwzględnienie dodatkowego ryzyka, które może mieć wpływ na cały łańcuch dostaw produktu. Należy tu wziąć pod uwagę np. materiały i ich substytuty, możliwość wykorzystania wielu źródeł zakupu, posadowienie punktu rozdziału (DC) itp. Dzięki zastosowaniu takich zasad i zadawaniu pytań na etapie projektowania często okazuje się, że proste modyfikacje w projekcie produktu mogą znacznie zwiększyć sprężystość jego łańcucha dostaw.

Na misji biznesowej i projektowaniu produktów uwzględniających łańcuch dostaw osadzone są cztery filary:

- współpraca w łańcuchu dostaw – kluczem do stworzenia prawdziwie odpornego łańcucha dostaw są udane i wzajemnie satysfakcjonujące relacje oparte na współpracy; niestety, organizacje często pomijają inwestycje w zasoby wewnętrzne wymagane do zarządzania takimi relacjami, co jest krótkowzroczną polityką,
- projektowanie i inżynieria łańcucha dostaw – logiczne jest, że łańcuch dostaw, który po prostu ewoluował w czasie, nie będzie tak odporny jak ten, w którym zasady projektowania zostały świadomie ustanowione i zastosowane na początku projektowania sieci, aby zrównoważyć wydajność oraz zapas; w praktyce projektowanie i inżynieria łańcucha dostaw wiążą się z podejmowaniem świadomych decyzji dotyczących m.in. tego, gdzie są przechowywane zapasy i jak są duże, związanych z celowością stosowania alternatywnych źródeł dostaw, rozwojem dostawców w celu zmniejszenia ryzyka i opóźnień itp.; ważne jest również zrozumienie sieci łańcucha dostaw łączącej przedsiębiorstwo z jego dostawcami różnych poziomów, które ostatecznie łączą się z klientem końcowym,
- kultura zarządzania ryzykiem łańcucha dostaw – w maksymalizacji odporności łańcucha dostaw ważne jest, aby zarządzanie związanym z nim ryzykiem było zintegrowane z jego konstrukcją, ale równie ważną rolę odgrywa kultura organizacyjna przedsiębiorstwa; kultura zarządzania ryzykiem w łańcuchu dostaw nie pojawia się przypadkowo i zazwyczaj wymaga przywództwa, które zachęca organizację do reagowania na zakłócenia w odpowiedni sposób; wymaga to oceny wpływu polityki i praktyki organizacji na profil ryzyka łańcucha dostaw; pomocna przy tym może się okazać formalizacja pewnych aktywności organizacji, np. tworzenie zespołów ds. ciągłości łańcucha dostaw,
- zwinność – zwinne łańcuchy dostaw muszą być nie tylko oparte na sieci, ale także muszą być wrażliwe na potrzeby rynku, z wysoce zintegrowanymi krytycznymi i wirtualnymi procesami; co więcej, jeśli mają one reagować

w coraz krótszych terminach na zmiany ilościowe, muszą zsynchronizować podaż i popyt poprzez szybkość dostosowania produkcji do popytu na rynku, ograniczeń w podaży po wystąpieniu zakłócenia lub szybkiego przechodzenia z jednego wariantu na inny.

Cztery filary sprężystych łańcuchów dostaw muszą bazować na transparentności. Przezroczystość tego, co dzieje się w łańcuchu dostaw, ma kluczowe znaczenie dla ograniczania np. ryzyka. Transparentność zwiększa także zaufanie w ramach łańcucha dostaw, obniżając koszty zabezpieczania się na wypadek wcześniejszego zamawiania produktów, zerwania umów czy też utrzymywania nadmiarowych zapasów. W utrzymaniu przezroczystości pomagają odpowiednie technologie, np. RFID czy też GPS. Transparentność staje się więc kluczowym spoiwem sprężystych łańcuchów dostaw.

Podczas gdy przezroczystość łańcucha dostaw zapewnia wgląd w to, co dzieje się w nim samym, ciągłe monitorowanie i informacje wywiadowcze sytuują łańcuch dostaw w pewnym kontekście. Gromadząc dane na temat wydarzeń lokalnych i światowych, takich jak klęska żywiołowa, skuteczny proces ciągłego monitorowania i wywiadu może wyjaśnić, jaki to będzie miało wpływ na łańcuch dostaw monitorującej organizacji. Jedną z rzeczy jest gromadzenie samych informacji, inną zaś wdrożenie skutecznego procesu, dzięki któremu kierownictwo będzie mogło je szybko przeanalizować i podjąć na ich podstawie działania w celu ograniczenia ryzyka związanego z łańcuchem dostaw¹⁰⁵.

Koncepcja SCRES wiąże się jeszcze z przynajmniej dwoma pojęciami – wrażliwością (podatnością) łańcucha dostaw (SCV – *Supply Chain Vulnerability*) oraz zarządzaniem ryzykiem łańcucha dostaw (SCRM – *Supply Chain Risk Management*). Svensson, jako jeden z pierwszych badaczy zajmujących się tą problematyką, samą wrażliwość łańcucha dostaw zdefiniował jako występowanie zakłóceń losowych, które prowadzą do odchyień w łańcuchu dostaw komponentów i materiałów od normalnych, oczekiwanych lub planowanych harmonogramów oraz czynności, powodujących negatywne skutki dla zainteresowanego producenta i jego dostawców. Wspomniane zakłócenia zostały podzielone przez autora na zakłócenia ilościowe (braki komponentów, materiałów spowodowane np. opóźnieniami dostawy) i jakościowe (wady w materiałach, wykończeniach, braki, usterki itp.)¹⁰⁶. Pokazuje to, co słusznie zauważa Peck, że wrażliwość łańcucha dostaw znajduje się na przecięciu kilku dyscyplin badań naukowych i praktyki zarządzania¹⁰⁷.

Wspomniane zakłócenia losowe występujące w łańcuchu dostaw łączą się nie-rozerwalnie z ryzykiem. Jak podają Jouttner, Peck i Christopher, ryzyko związane

105 *Ibidem*, s. 58–59.

106 G. Svensson, *A Conceptual Framework for The Analysis of Vulnerability in Supply Chains*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 2000, vol. 30, no. 9, s. 732, 739.

107 H. Peck, *Reconciling Supply Chain Vulnerability, Risk and Supply Chain Management*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2006, vol. 9, no. 2, s. 138.

z łańcuchem dostaw obejmuje wszelkie ryzyko łączące się z przepływem informacji, materiałów i produktów od pierwotnego dostawcy do dostarczenia produktu końcowego użytkownikowi końcowemu. Upraszczając nieco tę definicję, należy powiedzieć, że ryzyko związane z łańcuchem dostaw odnosi się do możliwości i skutków niedopasowania podaży do popytu. Źródła ryzyka mogą być środowiskowe, organizacyjne lub związane z łańcuchem dostaw, których nie można z całą pewnością przewidzieć, a które mają wpływ na zmienne wynikowe łańcucha dostaw (np. koszty lub jakość).

Ci sami autorzy stwierdzili także, że definiując pojęcie zarządzania ryzykiem w łańcuchu dostaw, nie sposób nie wyróżnić czterech podstawowych konstruktów, którymi należy zarządzać:

- źródeł ryzyka w łańcuchu dostaw (ich ocena),
- konsekwencji ryzyka (na podstawie których definiowane są koncepcje ryzyka w łańcuchu dostaw),
- czynników ryzyka (monitorowanie),
- strategii ograniczania ryzyka (ograniczanie ryzyka w łańcuchu dostaw).

Konstrukty te pomagają nie tylko zgłębić koncepcję SCRES, ale także zapewnić podstawę do syntezy wyłaniających się tematów i zagadnień dla przyszłych badań. Autorzy podsumowali, że zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw jest skoordynowanym podejściem wśród jego uczestników, aby zmniejszyć cechującą go podatność na zagrożenia jako całości¹⁰⁸.

Ciekawe badania dotyczące relacji pomiędzy SCRES, SCRM i SCV przeprowadzili Jouttner i Malkan, poszukując powiązań pomiędzy tymi trzema zagadnieniami. Na podstawie studiów przypadków wykazali oni istnienie związku między SCRES i SCV w sytuacji zagrożenia. Wykorzystanie w praktyce wszystkich czterech atrybutów sprężystych łańcuchów dostaw pomagało uniknąć lub ograniczyć negatywne konsekwencje zdarzenia niebezpiecznego dla przychodów, kosztów i czasu realizacji/dostępności w łańcuchach dostaw. Oczywiście zauważyli oni także, że wiele organizacji nie zdaje sobie sprawy z konieczności analizowania swoich łańcuchów dostaw pod kątem ich odporności¹⁰⁹.

Sprężystość czy też odporność łańcuchów dostaw, a także całej logistyki przedsiębiorstwa jest więc koncepcją skomplikowaną, posiadającą wiele wymiarów naukowych i organizacyjnych. Elastyczność, szybkość działania, transparentność i współpraca nie są jedynymi atrybutami SCRES. Po raz kolejny wybrani autorzy zauważają konieczność uwzględniania kwestii odporności łańcuchów dostaw już na etapie projektowania produktów (np. Wilding), a także zwracają uwagę na takie kwestie jak podatność/wrażliwość łańcuchów dostaw, związane z nimi ryzyko i wreszcie zarządzanie nim. Niewątpliwie sprężystość łańcuchów dostaw skorelowana jest z kulturą organizacyjną przedsiębiorstw wchodzących w ich skład,

108 U. Jouttner, H. Peck, M. Christopher, *Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research*, „International Journal of Logistics” 2003, vol. 6, no. 4, s. 199–201.

109 U. Jouttner, S. Malkan, *Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2011, vol. 16, no. 4, s. 255.

a co za tym idzie – także z ich dojrzałością. Początek trzeciej dekady XXI wieku wyraźnie pokazał za sprawą pandemii COVID-19 czy też wojny na Ukrainie, że odporność i sprężystość łańcuchów dostaw stają się podobnie jak ich „zieloność” kluczowym zagadnieniem w zarządzaniu nimi.

2.4. Kompleksowe zarządzanie logistyką – *Total Logistics Management*

Jeśli przyjąć tezę, że w końcowych dekadach XX wieku w nurtach zarządzania operacyjnego dominowała jakość, to należy ją rozszerzyć o sformułowanie, że pierwsze dekady XXI wieku za sprawą globalizacji zmieniły ten kierunek zainteresowań na logistykę. Japońska wizja jakości, definiowanej jako pełna satysfakcja klienta (jak ujął to Tuchman: „jakość to stan doskonałości pozwalający odróżnić świetną jakość od kiepskiej jakości; [...] jakość jest osiąganiem najwyższych standardów w przeciwieństwie do bycia zadowolonym z czegoś niechlujnego lub nieuczciwego”¹¹⁰) ze względów ekonomicznych (np. wydłużony cykl życia produktu) zmieniła się w kierunku zadowolenia klienta przy racjonalnych kosztach (ujęcie Deminga – jakość to przewidywany stopień jednorodności i niezawodności przy możliwie niskich kosztach i dopasowaniu do wymagań rynku)¹¹¹.

Podobnie ewoluowała logistyka, która jako działalność operacyjna przedsiębiorstw produkcyjnych czy też handlowych za sprawą uwzględnienia łańcuchów dostaw stała się dla wielu organizacji działalnością strategiczną. Coraz więcej przedsiębiorstw, projektując, wytwarzając czy też handlując danym asortymentem produktów, musi uwzględniać wiele kwestii związanych z wyborem dostawców, procesami logistycznymi transportu, magazynowania, zarządzania zapasami, obsługi klienta oraz pakowania wraz z szeroką kwestią samych opakowań itp. Można zatem stwierdzić, że tak jak koncepcja *Total Quality Management* stanowiła fundamenty działań przedsiębiorstw jeszcze 30 lat temu, kompleksowe zarządzanie logistyką stanowi obecnie podstawy funkcjonowania organizacji.

Dokonując przeglądu literatury na temat TLM, należy obiektywnie stwierdzić, że nie ma zbyt wielu publikacji dotyczących tego zagadnienia, choć pierwsze wzmianki pojawiały się już na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku. W roku 1991 Ploos i Verstegen w swoim artykule zajęli się rozwojem *Total Logistics Concept* (TLC – koncepcja kompleksowej logistyki), wyróżniając w niej cele zewnętrzne związane z elastycznością i dostawami, a także cele wewnętrzne dotyczące minimalizacji zapasów oraz wysokiego stopnia załadunku. Wskazali oni sześć

110 B. Tuchman, *The Decline of Quality*, „New York Times Magazine”, 2 November 1980, s. 38.

111 W.E. Deming, *Quality, Productivity and Competitive Position*, MIT Press, Cambridge 1982, s. 229.

kroków pozwalających zbudować koncepcje kompleksowej logistyki przedsiębiorstwa i zaliczyli do nich następujące etapy:

- startowy – określający zakres analizy logistycznej i ustalający zespół,
- analizy znaczenia logistyki – cele/strategie, pomiary efektywności logistyki, analiza logistycznych charakterystyk poprzez kombinację produktów/rynków logistycznych z wybranymi wskaźnikami i miernikami,
- analiza logistycznych wąskich gardeł, np. infrastruktury technicznej, działań kontrolnych, kwestii organizacyjnych czy systemów informatycznych,
- rozwój kompleksowej koncepcji logistyki w obszarze infrastruktury technicznej, działań kontrolnych, kwestii organizacyjnych czy systemów informatycznych,
- testowanie TLC poprzez seminaria logistyczne czy też zachęcanie do współudziału w projekcie,
- złożenie dokumentu podsumowującego TLC¹¹².

Zaprezentowane podejście pozwala zauważyć, że okres, w którym pojawiła się publikacja, był momentem, kiedy zaczęto zwracać uwagę na logistykę jako strategiczny aspekt funkcjonowania przedsiębiorstwa. Koncepcję tę można zatem uznać za początek kompleksowego zarządzania logistyką.

Równolegle w omawianym okresie zaczęły pojawiać się pierwsze publikacje dotyczące zarządzania łańcuchem dostaw, które także należy przyjąć jako próby nakreślenia ram współczesnego kompleksowego zarządzania logistyką. W roku 1998 *Council of Logistics Management* zmodyfikował definicję logistyki, wskazując, że jest ona podzbiorem łańcucha dostaw¹¹³, a więc pojęciem szerszym niż sama logistyka, i uznając ją za aktywność operacyjną przedsiębiorstwa.

Kwestie strategicznego charakteru logistyki w funkcjonowaniu firm można znaleźć także pod pojęciem globalnej logistyki (GL – *Global Logistics*). Kotabe i Helsen definiują ją jako zaprojektowany i zarządzany system, którego kierowanie, a jednocześnie kontrolowanie przepływów towarów oraz informacji przebiegają w trzech wymiarach: wewnątrz organizacji, przez organizację oraz na zewnątrz organizacji w skali globalnej. Cały ten system zmierza do osiągnięcia głównych celów strategicznych przy minimalnych kosztach całkowitych. Jest to o tyle trudne, że poszczególne regiony światowej gospodarki mają swoje charakterystyczne uwarunkowania dotyczące transportu, magazynowania, pakowania, obsługi zamówień i zarządzania zapasami. Wymaga to także strategicznego spojrzenia na przedsiębiorstwo¹¹⁴.

W 2014 roku Bukowski zaprezentował istotę Kompleksowego Zarządzania Logistycznego, opierając ją na połączeniu trzech koncepcji logistycznych: *LeAgile*,

112 M. Ploos, M. Verstegen, *Development of a Total Logistics Concept: A Method for Improving Logistics Performance*, „International Journal of Logistics Management” 1991, vol. 2, no. 2, s. 65–66.

113 D. Lambert, M. Cooper, J. Pagh, *Supply Chain Management...*, s. 1.

114 M. Kotabe, K. Helsen, *Global Marketing Management*, Second edition, John Wiley & Sons Inc., New York 2010, s. 322.

Green i *Resilient* w jedną całość, pozostawiając jednak miejsca, gdzie wybrane aktywności danych koncepcji będą realizowane indywidualnie¹¹⁵.

Z kolei w 2015 roku Bielecki i Szymonik zaproponowali pewne założenia koncepcji TLM. Ich zdaniem, idea koncepcji *Total Logistics Management* wywodzi się z twierdzenia, że wiek XXI to czas dla przedsiębiorstw zorientowanych na przepływ materiałów i informacji. W ten sposób powinny one budować nie tylko swoje strategie funkcjonalne, ale także te globalne w oparciu o logistykę. Autorzy zauważyli również, że przedsiębiorstwa funkcjonujące na rynku cechują dążenia do:

- powtarzalności i seryjności (masowości),
- doskonałości w wykonywaniu każdego z działań,
- maksymalizacji wartości każdego z procesów – eliminacji marnotrawstwa,
- równomierności, w tym eliminacji wąskich gardeł,
- zaspokajania różnorodnych potrzeb klientów (orientacja marketingowa),
- redukcji kosztów.

Zaproponowana przez autorów koncepcja kompleksowego zarządzania logistyką powinna zatem uwzględniać wymienione wyżej uwarunkowania. Ich zdaniem, wśród kluczowych z punktu widzenia nowoczesnej logistyki wyzwań zarządzania przez logistykę przedsiębiorstwem produkcyjnym, a więc także i elementami TLM, znajdują się:

- jakość logistyczna – kompleksowa implementacja zasad „7R”¹¹⁶,
- partnerstwo logistyczne – budowanie współpracy opartej na zaufaniu w zarządzaniu całym łańcuchem dostaw,
- bezpieczeństwo logistyczne – zapewnienie właściwego poziomu bezpieczeństwa logistycznego w całym łańcuchu dostaw,
- informatyka logistyczna – logistyczne systemy informacyjne/informatyczne, wdrażanie wspomagania informatycznego przepływów materiałowych i informacyjnych, uwzględniające najnowsze systemy identyfikacji towarowej,
- zrównoważony rozwój logistyczny,
- sprawność logistyczna produktu – kompleksowe zarządzanie produktem w kontekście logistyki (koncepcja produktu logistycznie sprawnego)¹¹⁷.

Zupełnie inne podejście do kwestii TLM zaprezentował Kim. Uznał on, że kwestia kompleksowej koncepcji logistyki wynikać powinna z modeli logistycznej współpracy od 1PL do 5PL (*X Part Logistics*), współpracy oraz narzędzi TLM.

Bazując na TLC, wyodrębnił on cztery poziomy współpracy w zakresie fizycznej dystrybucji, tzn.:

- w ramach elementów dystrybucji,
- pomiędzy elementami dystrybucji,

115 L. Bukowski, *Total Logistics Management – istota koncepcji Kompleksowego Zarządzania Logistycznego*, „Logistyka” 2014, nr 4, s. 1709.

116 „7R” – *right product, right quantity, right condition, right place, right time, right customer, right price*.

117 A. Szymonik, M. Bielecki, *Safety of Logistics System as an Element of the Total Logistics Management Concept*, „Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering” 2015, Tome XIII – Fascicule 1, s. 156.

- pomiędzy funkcjami przedsiębiorstw,
- pomiędzy organizacjami w ramach łańcucha dostaw.

Ponadto zaprezentował narzędzia TLM w obszarze fizycznej dystrybucji procesów, do których zaliczył:

- racjonalizację (głównie w kwestii transportu),
- łączenie jednostek ładunkowych – unityzacja,
- wykorzystywanie sieci koncentrycznej i szkieletowej do realizacji zamówień¹¹⁸.

Z zaprezentowanego artykułu wyłonił się zatem obraz kompleksowej logistyki, który zawiera w sobie koncepcję kompleksowego zarządzania logistyką, z czym nie do końca można się zgodzić. Wydaje się, że kompleksowe zarządzanie logistyką jest pojęciem szerszym, a na skutek takich wyzwań jak: gospodarka cyrkularna, *Industry 4.0*, konflikt zbrojny na Ukrainie, czy też doświadczeń wynikających z epidemii COVID-19 dotychczasowy dorobek literaturowy związany z tym pojęciem powinien zostać zrewidowany.

Koncepcja *Total Logistics Management* pokazuje strategiczne podejście przedsiębiorstwa do kwestii logistyki i łańcucha dostaw jako kluczowego aspektu funkcjonowania organizacji. Zawiera ona w sobie koncepcję *Total Logistics Concept*, która powinna stanowić strategiczną wizję zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie. Najnowsze technologie w postaci idei *Industry 4.0* czy też zmiany społeczne proponowane przez *Society 5.0* stanowią operacyjną odpowiedź dla logistyki wynikającą z przemian gospodarczych i społecznych. Są one zatem elementem wsadowym koncepcji *Total Logistics Management*. Warto zwrócić uwagę, że w wielu publikacjach różnica pomiędzy kompleksowym zarządzaniem logistyką, kompleksową koncepcją logistyki, logistyką 4.0, łańcuchem dostaw 4.0 oraz łańcuchem dostaw 5.0 leży (o czym będzie mowa w następnym rozdziale) w głównej mierze w sferze semantycznej. Naukowy wyścig pozwalający dodać kolejne cyfry do znanych i zdefiniowanych wcześniej pojęć doprowadza do ich uzupełnienia o elementy pochodzące ze zmieniającego się dynamicznie otoczenia.

Nadrzędnym celem koncepcji TLM powinno być uwzględnianie już na etapie projektowania wyrobów takich aspektów logistyki i łańcucha dostaw, które przełożą się na kwestie zrównoważonego rozwoju, społecznej odpowiedzialności biznesu, optymalizacji globalnych kosztów logistycznych (*Total Logistics Cost* – TLCst) przedsiębiorstwa¹¹⁹ oraz na kompleksową koncepcję logistyki przedsiębiorstwa. Powinien on także uwzględniać szereg aspektów, które wynikają z silnie turbulentnych i dynamicznych zmian zachodzących w świecie logistyki i zarządzania łańcuchami dostaw w ostatnich latach, do których zaliczyć można:

- coraz gorszy stan środowiska naturalnego,
- pojawianie się nowych technologii obsługujących wytyczne i założenia *Industry 4.0*,

118 J-H. Kim, *Studies on Total Logistics Management in Physical Distribution Process*, „East Asian Journal of Business Economics” 2019, vol. 7, no. 4, s. 21–24.

119 Szerzej o TLCst i ich ewolucji można przeczytać w krótkim artykule V.S. Lukinskiy, V.V. Lukinskiy, T. Shulzhenko, *Evolution of the Total Logistics Costs Concepts*, „Scientific Journal of Logistics” 2011, vol. 7, issue 3, no. 5.

- załamania się globalnych łańcuchów dostaw na skutek pandemii COVID-19 czy też konfliktu zbrojnego na Ukrainie oraz w Szanghaju, co radykalnie powinno zmienić dotychczasowe spojrzenie na długie łańcuchy dostaw,
- zmiany społeczne mocno podważające dotychczasowe zasady etyczne oraz podążające w kierunku *Society 5.0*.

Wydaje się zatem, że dotychczasowe paradygmaty dotyczące łańcuchów dostaw, logistyki oraz sfery zarządzania tymi obszarami wymagają redefinicji.

Koncepcja zielonej logistyki, która miała być panaceum na destrukcyjny charakter logistycznych procesów, głównie transportu, wraz z logistyką zwrotną nie jest w stanie zagwarantować szybkiej poprawy warunków środowiska naturalnego. Wynika to głównie z uwarunkowań produktów, które w dalszym ciągu bliższe są koncepcji recyklingu lub całkowitej utylizacji (np. poprzez składowanie na wysypiskach śmieci) aniżeli ponownego użycia.

Internet Rzeczy, chmura obliczeniowa, autonomiczne roboty, technologia *big-data* czy też wirtualna i rozszerzona rzeczywistość w niewielkim stopniu wykorzystywane są w procesach logistycznych, ponieważ same produkty lub też towary podlegające przepływowi, a także systemy je obsługujące, nie są zaprojektowane w taki sposób, który wymagałby tego typu technologii.

Początek trzeciej dekady XXI wieku staje się końcem globalnych i długich łańcuchów dostaw, które znane są światu od przeszło 30 lat. Potwierdzają to Dai i Tang, którzy zauważają, że wydarzenia z lat 2020–2022 zburzyły zbudowane po upadku muru berlińskiego fundamenty globalnych łańcuchów dostaw, a kwestie środowiskowe, społeczne i polityczne stały się w chwili obecnej dużo ważniejszym elementem decyzyjnym, niż było to jeszcze kilka lat temu¹²⁰. Rola wykorzystywania w przedsiębiorstwach koncepcji sprężystej logistyki wydaje się tutaj nieodzowna.

Zmiany społeczne związane ze wzrostem świadomości ludzi zaczynają podważać powszechny konsumpcjonizm i „szybkość” życia na rzecz filozofii propagującej zwalnianie tempa życia – *slow life* – i poszanowania natury. Pod znakiem zapytania leżą zatem możliwości kontynuacji filozofii *Lean*, która pomimo szlachetnych celów redukcji marnotrawstwa, przeciążenia i nieregularności jeszcze szybciej oraz wydajniej pozwala wytwarzać produkty, co nie wpływa na zmniejszenie konsumpcji czy też spowolnienie tempa życia¹²¹ (np. zachowań pracowników obsługujących takie systemy). Nie jest to kierunek zmian wspierających *Society 5.0*, w nurcie którego człowiek został umieszczony w centrum ewolucji technologicznych i innowacyjnych, realizowanych dla dobra ludzkości.

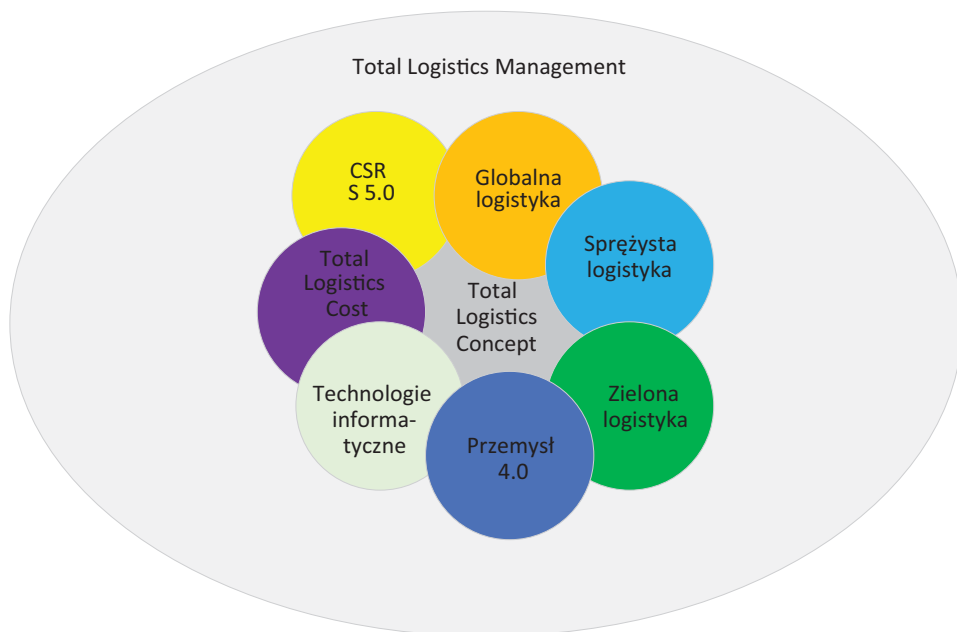
Jak widać, w literaturze przedmiotu można znaleźć wiele ogólnych koncepcji zarządzania logistyką i łańcuchami dostaw, do których można zaliczyć:

120 T. Dai, Ch. Tang, *It's the End of The Global Supply Chain as We Know It. Opinion*, Newsweek – online, 19.04.2022, <https://www.newsweek.com/its-end-global-supply-chain-we-know-it-opinion-1698591> [dostęp: 24.05.2022].

121 Doskonale ten typ zachowań opisała polska noblistka Olga Tokarczuk w swojej powieści *Bieguni* (O. Tokarczuk, *Bieguni*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2019).

- *Total Logistics Concept*,
- *Total Logistics Management*,
- *Global Logistics*,
- *Total Logistics Cost*.

Zasadne wydaje się zatem wskazanie powiązań pomiędzy wymienionymi koncepcjami (rysunek 8).



Rysunek 8. Koncepcja *Total Logistics Management* na tle innych koncepcji logistycznych

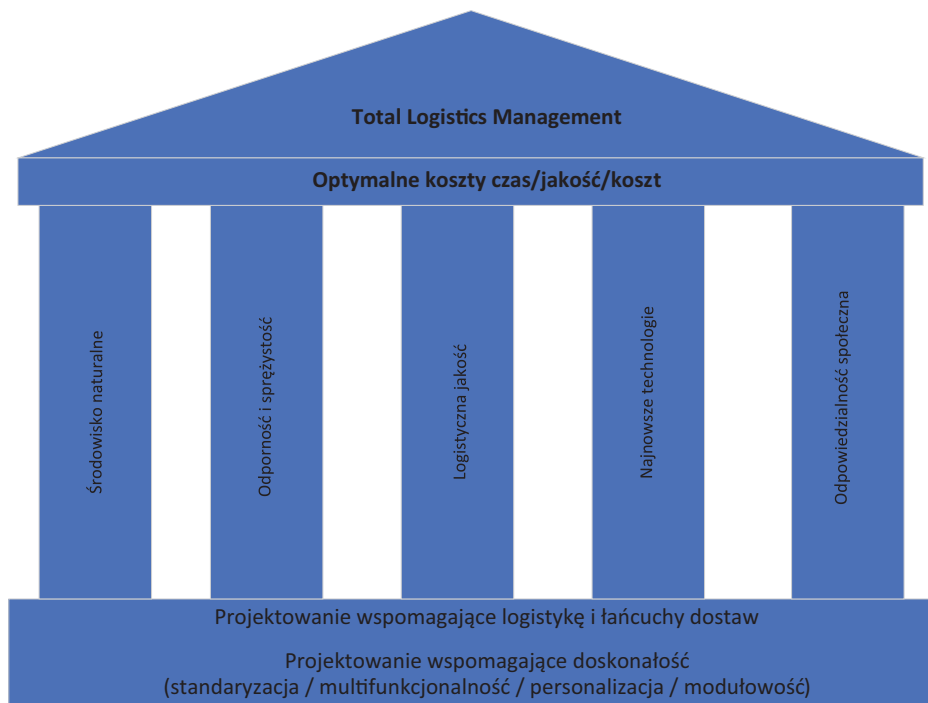
Źródło: opracowanie własne.

Total Logistics Management powinno zawierać w sobie *Total Logistics Concept*, na który z kolei winny się składać elementy *Green Logistics*, *Resilient Logistics*, *Total Logistics Costs*, technologie informatyczne (IT), najnowsze technologie i trendy zmian społecznych, a także ujęcie logistyki globalnej. Koncepcja TLM powinna bazować zatem na następujących zasadach:

- projektowaniu produktów wspomagających logistykę, których efektem powinny być produkty logistycznie sprawne (ale także uwzględniające inne kwestie, takie jak wytwarzanie, montaż, środowisko naturalne, gospodarka cyrkularna, jakość i inne elementy DfX),
- niwelowaniu negatywnego wpływu procesów logistyki i łańcucha dostaw na środowisko naturalne (wykorzystaniu zasad 10R zrównoważonego rozwoju oraz oparciu się na idei gospodarki cyrkularnej),
- zapewnieniu odporności i sprężystości łańcuchów dostaw,
- zapewnieniu odpowiedniej jakości logistycznej świadczonych usług,

- uwzględnieniu natychmiastowej dostępności produktów wraz z ich wysokim stopniem personalizacji,
- wykorzystaniu najnowszych technologii w tym technologii informatycznych (np. *Industry 4.0*, RFID, QR itp.),
- uwzględnieniu zadowolenia społecznego oraz zmian i tendencji społecznych (np. CSR, *Society 5.0*).

Wszystko to przy optymalnych (niekoniecznie minimalnych) kosztach (rysunek 9).



Rysunek 9. Zasady *Total Logistics Management*

Źródło: opracowanie własne.

Zaprezentowane zasady częściowo wpisują się w zdefiniowane w 2017 roku przez Bieleckiego i Galińską zasady TLM, do których autorzy zaliczyli:

- kompleksowe zarządzanie produktem oparte na logistycznej sprawności produktu, stanowiące bazę efektywności i skuteczności przepływów towarów i informacji,
- zrównoważony rozwój logistyczny, zapewniający właściwy wpływ na otoczenie organizacji,
- zapewnienie bezpieczeństwa ludziom, przepływom towarów i informacjom,
- jakość logistyczną stanowiącą gwarancję pełnej satysfakcji klienta (wymagającą ciągłej pracy nad doskonaleniem i optymalizacją łańcuchów),

- automatyzację procesów przepływów oraz ich informatyzację w kierunku działań typu *one click* – jeden raz,
- dążenie do partnerstwa logistycznego opartego na profesjonalizmie i zaufaniu¹²².

Porównując jedne i drugie zasady (założenia) TLM, wyraźnie widać, że pierwsze cztery nowe założenia TLM w zasadzie wpisują się w te sformułowane przed kilkoma laty, z kolei kwestie automatyzacji procesów logistycznych są rozszerzone o zagadnienia *Industry 4.0*. Pominęto kwestie partnerstwa, ponieważ jest ono związane z koncepcją sprężystej logistyki. Uzupełniono ją także o personalizację produktów oraz uwzględnienie natychmiastowej dostępności przy optymalnych kosztach, co w ewidentny sposób nie stoi ze sobą w zgodzie. Uwzględniono także zmiany społeczne wynikające z założeń *Society 5.0*.

Na kanwie zaprezentowanego modelu można poszukać również relacji *Total Logistics Management* do pojawiających się coraz częściej artykułów opisujących zagadnienia logistyki 4.0 (*Logistics 4.0* – L 4.0) oraz łańcuchów dostaw 4.0 (*Supply Chain 4.0* – SC 4.0). Zdaniem autora zagadnienia te powinny stanowić ważne uwarunkowania, które powinno się uwzględniać w tworzeniu kompleksowej koncepcji logistyki przedsiębiorstwa TLC. Przegląd literatury dotyczący L 4.0 oraz SC 4.0 wraz z autorskim modelem SC 4.0 zostaną zaprezentowane w kolejnym rozdziale.

2.5. Logistyka/łańcuchy dostaw 4.0 (L&SC 4.0)

Pojawienie się w 2011 roku niemieckiej strategii przemysłu 4.0 pobudziło światowych badaczy do opisu funkcjonalnych obszarów przedsiębiorstwa, takich jak logistyka czy też łańcuch dostaw w kontekście I 4.0. W literaturze przedmiotu także możemy odnaleźć materiały odnoszące się do bezpośredniego wpływu *Industry 4.0* na logistykę, prowadzące do sformułowania nowego terminu, jakim jest *Logistics 4.0* (L 4.0). Hoffman i Ruusch zaprezentowali model aplikacji I 4.0 zorientowanego na logistykę. Posiada on dwa wymiary:

- wymiar fizycznego łańcucha dostaw reprezentowanego przez autonomiczne i samosterujące podsystemy logistyczne, takie jak transport (np. za pomocą autonomicznych ciężarówek), obsługa kompletacji (np. z użyciem robotów rozładujących przyczepy lub robotów kompletujących sztuki) lub przetwarzanie zamówień (np. za pomocą inteligentnych kontraktów w technologii *blockchain*¹²³) wchodzą ze sobą w interakcje,

122 M. Bielecki, B. Galińska, *The Concept and Principles of Total Logistics Management in a Manufacturing Company*, Proceedings of the 17th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management, Faculty of Economics in Osijek, Osijek, Croatia 2017, s. 102.

123 *Blockchain*, czyli inaczej łańcuch bloków, jest technologią, która służy do przesyłania i przechowywania informacji o transakcjach internetowych, czyli jest to coś na kształt cyfrowej

- wymiar łańcucha wartości danych cyfrowych – dane z maszyn i czujników są gromadzone na poziomie „rzeczy fizycznej” wzdłuż całego fizycznego łańcucha dostaw typu *end-to-end*; za pośrednictwem warstwy łączności zgromadzone dane są udostępniane do dowolnego rodzaju analizy (np. w chmurze), co może prowadzić do powstania potencjalnych usług biznesowych o wartości dodanej.

Z tego dwuwymiarowego modelu zastosowania wyodrębnili oni trzy składniki wartości dla klienta:

- wartość dostępności, czyli udostępnianie produktów i usług klientowi poprzez autonomiczne dostarczanie – tworzenie – wartości poprzez dostępność towarów lub usług, jest główną wartością dodaną działań i usług logistycznych,
- wartość wynikająca z integracji cyfrowej, która powstaje dzięki przenikalnej przejrzystości i identyfikowalności w całym łańcuchu dostaw; ponadto systemy przetwarzania zamówień są wzajemnie połączone, ułatwiają bezproblemową realizację zadań biznesowych (np. samoobsługa obiektu, zdalne użytkowanie lub monitorowanie stanu),
- wartość wynikająca z digitalizacji usług – konsumpcja zwykle wykracza poza klasyczny punkt sprzedaży (POS – *Point of Sale*), ale nie oznacza to, że łańcuch dostaw kończy się w tym punkcie; istnieje kilka opcji usług opartych na technologiach informatycznych, wykraczających poza prostą dystrybucję produktów lub usług fizycznych; oprócz rzeczy „obciążonych” cyfrowo, gdzie fizyczne produkty są uzupełniane dodatkowymi usługami cyfrowymi, dane same w sobie tworzą wartość poza pierwotnym przypadkiem użycia (np. czujnik jako usługa)¹²⁴.

Dodatkowo autorzy przeprowadzili badania dotyczące wpływu *Industry 4.0* na wybrane koncepcje logistyczne. Na podstawie liczby pojęć pojawiających się w publikacjach EBSCOhost i Google Scholar zaliczyli do nich:

- *Just in Time/Just in Sequence* (JIS – dokładnie według kolejności)¹²⁵,
- Kanban (podejście zorientowane na współpracę między partnerami),
- *Vendor Managed Inventory* (VMI – zarządzanie zapasami przez dostawcę),
- *Cross-docking* (metoda dystrybucji eliminująca procesy magazynowania w ramach łańcucha dostaw)¹²⁶.

księgi transakcji. Informacje te zostają ułożone w postaci następujących po sobie bloków danych. Jeden blok zawiera informacje o określonej liczbie transakcji, następnie po jego nasyceniu tworzy się kolejny itd. Wielu ekspertów prognozuje, że rozwiązania oparte na *blockchain* mogą znacząco wpłynąć nie tylko na świat technologii, ale też na funkcjonowanie instytucji finansowych, np. na kupno i sprzedaż walut czy kryptowalut, *business insider*.com.pl, <https://businessinsider.com.pl/technologie/blockchain/blockchain-na-czym-polega/dq5pewk> [dostęp: 20.05.2021].

124 E. Hofmann, M. Ruusch, *Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics*, „Computers in Industry” 2017, vol. 89, s. 25–26.

125 Koncepcja dokładnie według kolejności zawiera w sobie wszystkie cechy koncepcji *Just in Time*, poszerzając ją o kolejność układania np. na palecie materiałów w taki sposób, aby mogły być bez zbędnego przekładania przetworzone bezpośrednio w procesie wytwarzania.

126 E. Hofmann, M. Ruusch, *Industry 4.0 and...*, s. 25–26.

Następnie wskazali, jakie możliwości dają elementy I 4.0 w zakresie decentralizacji, samoregulacji czy też wydajności poszczególnych koncepcji, np. w odniesieniu do systemów JIT/JIS (autorzy używali tutaj pojęć koncepcja i system jako synonimów, co nie do końca wydaje się zasadne), a wśród potencjalnych korzyści wymienili ograniczenie efektu „byczego bicia” (*Bullwhip*), wysoce przejrzyste i zintegrowane łańcuchy dostaw oraz usprawnienia w planowaniu produkcji, a w odniesieniu do systemu *Kanban* – ulepszoną ocenę popytu, zdynamizowanie i podniesienie wydajności rozwiązań typu *Milk Run*, a także skrócenie czasu cyklu¹²⁷.

Z kolei Winkelhaus i Grosse podjęli próbę teoretycznego zdefiniowania pojęcia Logistyki 4.0, która powinna być także uwzględniona w kontekście kompleksowego zarządzania logistyką. Na bazie przeglądu literatury doszli do wniosku, że Logistka 4.0 to wsparty technologiami cyfrowymi system, który umożliwia trwałe zaspokojenie zindywidualizowanych potrzeb klientów bez wzrostu kosztów. Zaprezentowali oni także ramy koncepcyjne L 4.0, uwzględniając w nich następujące obszary wewnętrzne organizacji:

- domeny wynikające z fazowego podziału logistyki:
 - logistykę zaopatrzenia,
 - logistykę wewnętrzną i produkcji,
 - logistykę dystrybucji,
 - logistykę zwrotną;
- zadania logistyczne wynikające z podziału funkcjonalnego logistyki:
 - zarządzanie transportem (transport),
 - zarządzanie magazynem (magazynowanie),
 - zarządzanie zapasami (kompletacja zamówień),
 - zarządzanie pakowaniem i kompletacją zamówień (pakowanie i jednostkowanie),
 - zarządzanie informacjami (obsługa zamówień);
- czynnik ludzki:
 - operatorzy i administratorzy,
 - interakcje socjotechniczne,
 - wiedza i możliwości.

Na przedsiębiorstwo wpływ mają także dwa główne elementy wynikające z otoczenia zewnętrznego, tzn.:

- bloki technologiczne:
 - technologie *Industry 4.0*,
 - technologie cyfrowej transformacji;
- zmiany zewnętrzne:
 - zmiany paradygmatów indywidualizacja i masowa personalizacja (MC – *Mass Customization*); jest to koncepcja (strategia) z przełomu lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku z obszaru marketingu¹²⁸ i wytwarzania, której nadrzędny cel stanowi niskokosztowa produkcja

127 *Ibidem*, s. 33.

128 S. Davis, *From Future Perfect: Mass Customizing*, „Planning Review” 1989, vol. 17, no. 2, s. 16.

- różnorodnych, a nawet indywidualnie dostosowanych do potrzeb klienta wyrobów i usług¹²⁹,
- skracanie cyklu życia produktów,
 - *Industry 4.0*,
 - globalizacja,
 - zrównoważony rozwój¹³⁰.

Zaprezentowany model L 4.0 uwzględnia zatem większości rozwiązań I 4.0, ale w dalszym ciągu interpretuje logistykę jako operacyjne narzędzie, którego celem jest przemieszczanie – w większości przypadków – niedoskonałych logistycznie produktów przy wykorzystaniu obecnych trendów technologicznych. Uwzględnienie w nim aspektów zrównoważonego rozwoju czy też globalizacji wskazuje na działania reaktywne związane z negatywnym wpływem logistyki na środowisko naturalne wynikające z jej światowego zasięgu. Nie zwraca jednak uwagi na kwestie odporności logistyki na coraz bardziej turbulentne otoczenie, co w przypadku L 4.0 powinno być sprawą oczywistą.

Podobnie jak opisana została logistyka w kontekście I 4.0, łańcuchy dostaw doczekały się także naukowego rozwinięcia w postaci koncepcji łańcuchów dostaw 4.0 (*Supply Chain 4.0* – SC 4.0). Swanson w 2017 roku stwierdził, że cyfryzacja łańcucha dostaw może potencjalnie radykalnie obniżyć koszty, zwiększyć dostępność produktów, a nawet stworzyć nowe, nieznane lub dotychczas niedostępne rynki przed pojawieniem się kluczowych technologii, takich jak wytwarzanie addytywne w postaci bezpośredniej produkcji cyfrowej (*Direct Digital Manufacturing* – DDM). DDM przybliża produkcję do konsumentów, a przez to ma wpływ na zmniejszenie zapasów, liczby jednostek magazynowych (*Stock Keeping Units* – SKU), a także pozwala zredukować transport. Swanson jako przykład podał firmę Amazon, która rewolucjonizuje łańcuch dostaw, zapewniając możliwość drukowania przez klientów ponad 200 produktów w punktach sprzedaży detalicznej. W ten sposób łańcuch dostaw zmienia się poprzez zmniejszenie ilości surowców i materiałów, braku konieczności magazynowania gotowych produktów oraz ich wysyłki do sklepów detalicznych¹³¹.

Z kolei Frederico, Garza-Reyes, Anosike i Kumar zaprezentowali ramy teoretyczne dla koncepcji łańcucha dostaw 4.0. U podstaw zaproponowanej struktury autorzy umieścili siedem wymiarów wsparcia menedżerskiego takich jak: wizja strategiczna, kapitał ludzki oraz umiejętności organizacyjne, infrastruktura IT, wsparcie przywódcze, zgodność, świadomość i koordynację. Następnie wskazali dźwignię technologiczną, czyli 21 technologii I 4.0, do których zaliczyli: Internet Rzeczy (IoT), inteligentne produkty (*Smart Products* – SP), inteligentne maszyny (*Smart Machines* – SM), cyberbezpieczeństwo i technologie

129 B. Pine, *Mass Customizing Products and Services*, „Planning Review” 1993, vol. 21, no. 4, s. 6.

130 S. Winkelhaus, E. Grosse, *Logistics 4.0: a Systematic Review Towards a New Logistics System*, „International Journal of Production Research” 2020, vol. 58, no. 1, s. 21–22.

131 D. Swanson, *The Impact of Digitization on Product Offerings: Using Direct Digital Manufacturing in the Supply Chain*, Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA 2017, s. 4202.

blokową (*Cyber-Security & Blockchain* – CSB), sztuczną inteligencję (AI), automatykę (*Automation* – At), technologię analizy dużych zbiorów danych (*Big Data Analytics* – BDA), technologię chmury obliczeniowej (*Cloud Technologies* – CT), systemy komunikacji pomiędzy maszynami (*Machine to Machine Communication* – M2M), technologię wykorzystującą fale radiowe (RFID), technologie sensorów (*Sensors Technologies* – ST), cyfryzację (*Digitalization* – Dt), robotykę (*Robotics* – Rb), wszechkanałowość (*Omni Channel* – OC), systemy optymalizacji (*Optimization Systems* – OS), analitykę biznesową (*Business Intelligence* – BI), druk 3D (*3D-Printing* – 3Dp), aplikacje mobilne (*Mobile Apps* – MA), systemy zarządzania zasobami przedsiębiorstwa (*Enterprise Resources Planning* – ERP), rozszerzoną rzeczywistość (*Augmented Reality* – AR) i nanotechnologię (*Nanotechnology* – Nt). Technologie te, według autorów, mają stać się katalizatorami dziewięciu wymagań dotyczących wydajności procesów logistycznych w całym łańcuchu dostaw *End to End* (E2E), począwszy od projektowania poprzez zaopatrzenie, produkcję, dystrybucję aż po obsługę posprzedażną i logistykę zwrotną, tzn.:

- transparentności,
- integracji,
- efektywności,
- wydajności,
- elastyczności, współpracy,
- interoperacyjności,
- szczuplejszych łańcuchów dostaw,
- odpowiedzialności,
- pomiarów wydajności.

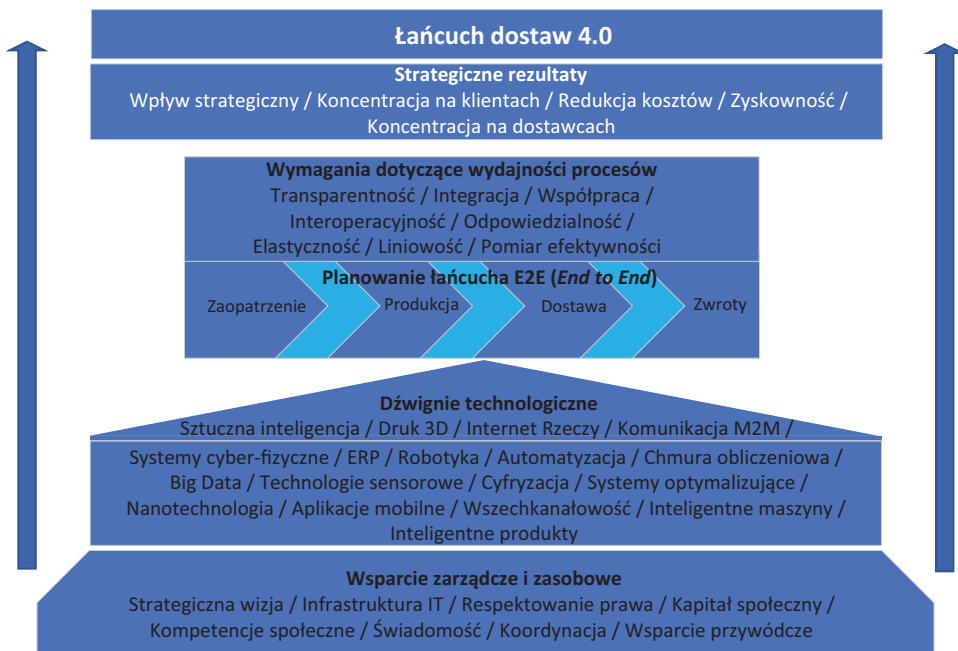
Połączenie wymiarów wsparcia, technologii oraz wymagań ma ułatwić działania, których celem jest osiągnięcie czterech oczekiwanych poziomów wydajności (rysunek 10):

- strategicznego wpływu,
- redukcji kosztów oraz wzrostu rentowności,
- koncentracji na klientach,
- koncentracji na dostawcach¹³².

Autorzy zaprezentowanego modelu pomijają co najmniej kilka kluczowych aspektów, prezentując dotychczasowe myślenie o modelach biznesowych, których nadrzędnym celem jest maksymalizacja zysku. Pierwszy z tych elementów to kwestia gospodarki cyrkularnej oraz środowiska naturalnego, które to tematy nie zostały wyraźnie wyodrębnione w modelu. Druga rzecz to brak zwrócenia uwagi na projektowanie wyrobu, co w przypadku takiego modelu staje się kluczowe. Trzeci z argumentów to kwestia odporności takiego łańcucha, której w modelu nie poświęcono zbyt wiele uwagi. Niemniej jednak model ten może stanowić dobry punkt wyjścia do dyskusji akademickiej na temat SC 4.0.

132 G.F. Frederico, J.A. Garza-Reyes, A.I. Anosike, V. Kumar, *Supply Chain 4.0: Concepts, Maturity and Research Agenda*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2019, s. 17–18.

Tematykę zrównoważonego rozwoju w przemyśle 4.0 i łańcuchach dostaw 4.0 poruszyli Cañas, Mula i Campuzano-Bolarín. Poprzez swoje badania bazujące na przeglądzie literatury wykazali, że większość prac naukowych skupia się głównie na technologiach wspomagających, których nadrzędnym celem jest zmniejszenie kosztów i podniesienie skuteczności kontroli (monitorowania) systemów. Na tej podstawie doszli do wniosku, że istnieje potrzeba odniesienia się do zrównoważonych i ustandaryzowanych ram I 4.0. Autorzy zauważyli także, że w badanych przez nich artykułach pomijany jest często aspekt społeczny I 4.0¹³³.



Rysunek 10. Teoretyczna struktura koncepcji Supply Chain 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie G.F. Frederico, J.A. Garza-Reyes, A.I. Anosike, V. Kumar, *Supply Chain 4.0...*, s. 18.

Alicke, Rexhausen i Seyfert stwierdzają, że poprzez cyfryzację i nowe wymagania klientów łańcuchy dostaw powinny się stawać:

- szybsze – zaawansowane metody prognozowania, takie jak analityka predykcyjna danych wewnętrznych (np. popytu) i zewnętrznych (np. trendów rynkowych, pogody, wakacji szkolnych, indeksów budowlanych), w połączeniu z danymi o stanie maszyn w zakresie popytu na części zamienne pozwalają na znacznie dokładniejsze prognozowanie popytu klientów; prognozy, które kiedyś były miesięczne, stają się tygodniowe, a w przypadku produktów

133 H. Cañas, J. Mula, F. Campuzano-Bolarín, *A General Outline of a Sustainable Supply Chain 4.0*, „Sustainability” 2020, vol. 12, s. 13–14.

najszybciej rotujących – codzienne; w praktyce pojawiają się już „predykcyjne wysyłki”, które są wysyłane przed złożeniem zamówienia przez klienta, a następnie dopasowywane do konkretnego zamówienia,

- bardziej elastyczne – planowanie *ad hoc* w czasie rzeczywistym w ramach łańcucha dostaw 4.0 pozwala organizacjom elastycznie reagować na zmiany popytu lub podaży, minimalizując cykle planowania i okresów zamrożenia kapitału; planowanie staje się procesem ciągłym, który jest w stanie reagować dynamicznie na zmieniające się wymagania lub ograniczenia, np. informacje zwrotne w czasie rzeczywistym o zdolności produkcyjnej; nawet po wysłaniu produktów zwinne procesy dostaw umożliwiają klientom zmianę trasy przesyłek do najbardziej dogodnego miejsca przeznaczenia,
- bardziej szczegółowe – klienci oczekują coraz większej indywidualizacji produktów, które kupują, przedsiębiorstwa muszą zarządzać popytem przy wykorzystaniu znacznie bardziej zaawansowanych technik, takich jak mikrosegmentacja; dodatkowe innowacyjne koncepcje dystrybucji, w tym dostawy za pomocą dronów, pozwolą firmom na bardziej efektywne zarządzanie „ostatnią milą” dostawy w przypadku przesyłek jednoelementowych i paczek o wysokiej wartości, dostarczając ich zamówienia jeszcze szybciej, niż jest to możliwe obecnie w przypadku standardowych produktów przeznaczonych na rynek masowy,
- dokładniejsze – systemy zarządzania wydajnością nowej generacji zapewniają przejrzystość w czasie rzeczywistym w całym łańcuchu dostaw; zakres informacji sięga od syntetyzowanych kluczowych wskaźników wydajności najwyższego poziomu (takich jak ogólny poziom obsługi) do bardzo szczegółowych danych procesowych (takich jak dokładna pozycja ciężarówek w sieci); integracja tych danych od dostawców, usługodawców i innych podmiotów w „chmurze łańcucha dostaw” zapewnia, że wszyscy jego uczestnicy sterują i podejmują decyzje w oparciu o te same fakty,
- wydajniejsze – automatyzacja zarówno zadań fizycznych, jak i planowania zwiększa wydajność łańcucha dostaw; roboty obsługują materiały, np. palety lub skrzynie, a także pojedyncze sztuki towarów, całkowicie automatycznie, realizując proces magazynowy od przyjęcia/rozładunku przez odkładanie po kompletację, pakowanie i wysyłkę; autonomiczne ciężarówki transportują produkty w obrębie sieci¹³⁴.

W tym samym opracowaniu autorzy wskazali sześć głównych czynników kształtujących wartość dodaną łańcucha dostaw na tle podstawowych „dźwigni” łańcucha dostaw 4.0 i zaliczyli do nich:

- strategię łańcucha dostaw:
 - mikrosegmentacja,
 - dynamiczna konfiguracja sieci łańcucha dostaw;

134 K. Alicke, D. Rexhausen, A. Seyfert, *Supply Chain 4.0 in Consumer Goods*, McKinsey & Company, Berlin 2016, s. 2–4.

- planowanie:
 - analityka predykcyjna w planowaniu popytu,
 - zamknięta pętla planowania,
 - automatyzacja pracy z wiedzą,
 - zaawansowana optymalizacja przychodów,
 - planowanie scenariuszy;
- fizyczny przepływ:
 - automatyzacja magazynów,
 - inteligentne i autonomiczne pojazdy,
 - interfejsy człowiek-maszyna,
 - inteligentne algorytmy planowania logistycznego,
 - drukowanie 3-D dokładnie według zamówień klienta;
- zarządzanie efektywnością:
 - zautomatyzowana analiza przyczynowo-skutkowa,
 - zarządzanie efektywnością cyfrową,
 - transparentność na żądanie;
- zarządzanie zamówieniami:
 - procesy obsługi zamówień niewymagające dotyku,
 - modyfikacje planów w czasie rzeczywistym,
 - monitorowanie niezawodności obsługi zamówień;
- współpraca:
 - chmura obliczeniowa łańcucha dostaw,
 - łańcuchy dostaw E2E oraz wielowarstwowa łączność¹³⁵.

Podobnie jak w przypadku teoretycznej struktury koncepcji SC 4.0 Frederico, Garzy-Reyesa, Anosike i Kumara zaprezentowany konstrukt koncentruje się na modelu biznesowym wykorzystania w sposób najbardziej efektywny technologii I 4.0, przy jednoczesnym braku uwzględnienia kwestii środowiskowych, bezpieczeństwa łańcucha dostaw oraz projektów samych wyrobów. Zaprezentowane modele pokazują także trendy rozwojowe łańcuchów dostaw, które kierują się raczej w stronę predykcji i przyspieszonej reakcji na zmiany popytu, bazującej na dostępnej technologii, aniżeli na koncepcyjnym projektowaniu wyrobów.

Chociaż SC 4.0 jest tematem, nad którym, wydawać by się mogło, rozpoczęto prace naukowe, Frederico zaproponował już przejście z łańcuchów dostaw 4.0 na łańcuchy dostaw 5.0. Podczas systematycznego przeglądu literatury autorowi udało się zidentyfikować 41 artykułów związanych z tematyką SC 5.0. Ich analiza za pomocą oprogramowania VOSviewer pozwoliła na wyodrębnienie 19 słów tworzących cztery główne konstrukty koncepcyjne: strategia przemysłowa, innowacje i technologie, społeczeństwo i zrównoważony rozwój oraz kwestie przejściowe. Według Frederico, łańcuch Dostaw 5.0 obejmuje strategię przemysłową, która dąży do stworzenia zrównoważonego środowiska ludzko-technologicznego oraz zrównoważonego i inteligentnego społeczeństwa. Wspierana

135 *Ibidem*, s. 5.

jest ona przez technologie i innowacje, które obejmują technologie I 4.0, a także ekosystem innowacji. Strategia łańcucha dostaw 5.0 wiąże się również z pewnymi problemami przejściowymi wynikającymi z paradygmatów I 4.0 oraz innych kwestii, takich jak psychologia, bezpieczeństwo pracowników, kwestie społeczne, etyczne, prawne i regulacyjne. Głównym celem łańcucha dostaw 5.0 w aspekcie społecznym i zrównoważonym jest stworzenie bardziej zrównoważonego, inteligentnego społeczeństwa. Tworzy on również masową personalizację produktów i usług w łańcuchach dostaw¹³⁶.

Na podstawie zaprezentowanych uwarunkowań, a także przedstawionych w prezentowanej pracy wyzwań stojących przed logistyką, uwzględniających bieżące założenia I 4.0, L 4.0, SC 4.0, SC 5.0, zaproponowano model logistyki i łańcuchów dostaw 4.0 (L&SC 4.0), który mógłby stać się przydatną wizją łańcuchów dostaw 4.0 wyrobów przemysłowych¹³⁷. Prezentowany model zakłada istnienie czterech podstawowych warstw go determinujących, tzn.:

- warstwy potrzeb klienta i wartości dodanej produktu – wynikającej z wyzwań stojących przed logistyką i łańcuchów dostaw oraz zmian społecznych, np. wchodzenie pokolenia I-Gen w wiek dorosłości;
- warstwy przepływów danych cyfrowych:
 - warstwa nr 1 – analiza dostępności zasobów,
 - warstwa nr 2 – uruchomienie wytwarzania i fizycznych przepływów;
- warstwy fizycznych przepływów – uwzględniającej dźwignie technologiczne *Industry 4.0* – model 4.0 Hofmanna i Ruuscha¹³⁸;
- warstwy koniecznych wymagań funkcjonowania procesu – model SC 4.0 Frederico, Garzy-Reyesa, Anosike, Kumara¹³⁹.

Warstwa potrzeb klienta i wartości dodanej produktu powinna uwzględniać obecne trendy realizacji zamówień wykazujące:

- wysoki stopień personalizacji (indywidualizacji produktu),
- wysoki stopień dostępności produktu,
- szybki czas realizacji zlecenia (jedno kliknięcie i jeden dzień – *one click and day*),
- wykorzystanie wirtualnej przestrzeni w dokonywaniu zakupów,
- bezpieczeństwo oraz pragmatyka produktów i transakcji,
- optymalny stosunek cena/jakość¹⁴⁰.

Warstwa potrzeb klienta powinna także mieć wzgląd na takie zagadnienia jak:

- zgodność produktu z założeniami zrównoważonego rozwoju i gospodarki cyrkularnej,

136 F. Frederico, *From Supply Chain 4.0 to Supply Chain 5.0: Findings from a Systematic Literature Review and Research Directions*, „Logistics” 2021, vol. 5, no. 49, s. 15–16.

137 Założenia modelu odnoszą się *stricte* do wyrobów przemysłów, ponieważ możliwości ich projektowania, a przede wszystkim możliwości odzysku ze zużytych wyrobów gotowych materiałów, surowców, podzespołów itp. mają dużo wyższy potencjał aniżeli w przypadku wyrobów spożywczych, w których w głównej mierze można odzyskać opakowania.

138 E. Hofmann, M. Ruusch, *Industry 4.0...*, s. 25–26.

139 G.F. Frederico, J.A. Garza-Reyes, A.I. Anosike, V. Kumar, *Supply Chain 4.0...*, s. 17–18.

140 J. Twenge, *IGen*, Wydawnictwo Smak Słowa, Sopot 2019, s. 221–228.

- pewność co do tego, że podczas kryzysu produktu nie zabraknie na rynku,
- użytkowanie produktu przez długi czas z możliwością jego modyfikacji – długi cykl życia produktu.

Zaprezentowane założenia warstwy potrzeb klienta z jednej strony powinny wpisywać się w trend pokoleniowy IGen'u (niedojrzali, w Internecie, wirtualni, niespokojni, niereligijni, odizolowani, niepewni dochodów, bez ograniczeń, inkluzyjni i niezależni¹⁴¹), z drugiej zaś strony powinny one uwzględniać konieczność zabezpieczenia klientów przed negatywnymi skutkami działalności przemysłowej oraz zmian środowiskowych, ekonomicznych czy też społecznych. Można postawić hipotezę, że wzrost świadomości zakupowej klientów będzie dodatnio skorelowany ze wzrostem turbulencji w ich otoczeniu, na który duży wpływ będą miały przyczyny zakłócające łańcuchy dostaw.

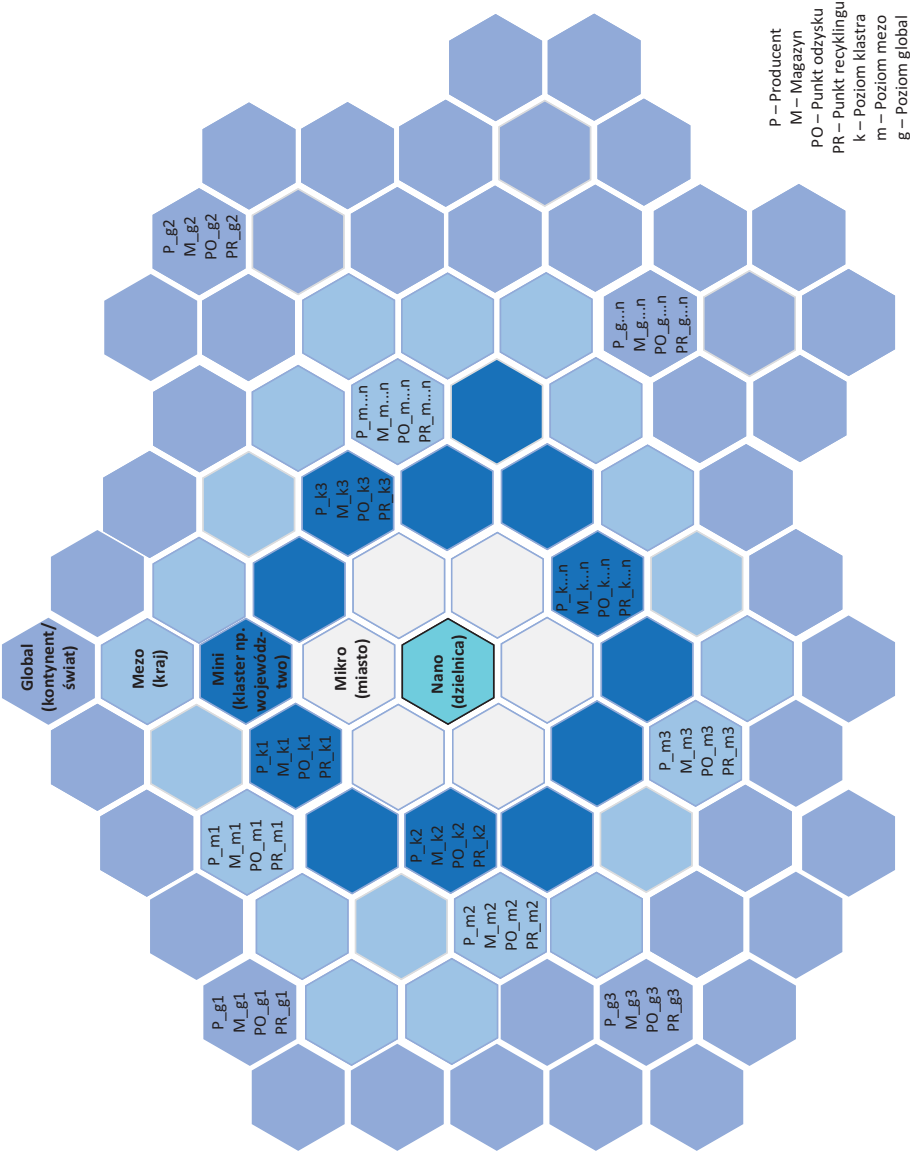
W warstwie fizycznych przepływów zaproponowany model L&SC 4.0 w pierwszej kolejności podważył dotychczasowe globalne łańcuchy dostaw na rzecz klastrów łańcuchów dostaw. Został on uporządkowany terytorialnie i podzielony na pięć warstw, do których zaliczono warstwy (rysunek 11):

- nano – pojedyncze organizacje, huby, punkty odzysku i recyklingu,
- mikro (mikroklastery) – miasta, aglomeracje, zbiory miast i wsi,
- mini (klastery) – zbiór kilku lub kilkunastu jednostek terytorialnych mikro – odpowiednik województwa, klastrowe organizacje, huby i punkty odzysku oraz recyklingu,
- mezo – zbiory województw, kraj lub zbiór krajów w zależności od ich wielkości i zaludnienia, międzynarodowe organizacje, huby i punkty odzysku i recyklingu,
- makroglobal – obszar globalny, kontynent, świat, globalne organizacje, huby, punkty odzysku i recyklingu.

Jak wspomniano, każdy klastery składa się fizycznie z pięciu podstawowych elementów:

- klientów – wykorzystujących aplikacje w projektowaniu produktów i po akceptacji wysyłających swój projekt do chmury obliczeniowej bazującej na systemach klasy ERP pojedynczego przedsiębiorstwa,
- pojedynczych organizacji – często jednoinstanowiskowych zakładów „rzemieślniczych” wysokiej specjalizacji, wykorzystujących cyfrowe wytwarzanie addytywne i zaopatrywanych przez huby, punkty odzysku oraz punkty recyklingu,
- magazynów – hubów, w których dostępne są nowe i używane surowce, materiały, części, podzespoły itp.,
- punktów odzysku – wyspecjalizowane jednostki odzyskujące ze zużytych wyrobów części i podzespoły, stanowiące także magazyny używanych surowców, materiałów, części i podzespołów,
- punktów recyklingu – wyspecjalizowane jednostki odzyskujące ze zużytych produktów surowce i materiały, stanowiące także magazyny używanych surowców, materiałów.

141 *Ibidem*, kolejne rozdziały.



Rysunek 11. Terytorialna struktura modelu L&SC 4.0

Źródło: opracowanie własne.

Wymienione elementy wspomagane są technologicznymi zdobyczami czwartej rewolucji przemysłowej, do których w głównej mierze zaliczyć można:

- rozbudowaną dygitalizację produktów i procesów,
- systemy cyberfizyczne,
- aplikacje (App – *Application*) i aplikacje mobilne (MA),
- chmurę obliczeniową (CC – *Cloud Computing*) wraz z analityką *BigData*,
- rozbudowane systemy klasy CRP – planowanie zasobów klastra (*Cluster Resource Planning*) oraz ERP funkcjonujące w przedsiębiorstwach,
- prognozowanie i symulacje (*Forecasting and Simulation* – F&S),
- Business Intelligence (BI),
- Internet Rzeczy IoT ze szczególnym uwzględnieniem komunikacji M2M,
- Internet Usług IoS,
- wirtualną i rozszerzoną rzeczywistość,
- cyberbezpieczeństwo (CSB).

Zaprezentowany układ powinien tworzyć system logistyczny, z jednej strony wykorzystujący kooperację wewnątrz klastrów, z drugiej zaś będący otwarty na zewnętrzne klastry, a także sferę mezo i makro. Sprawnie działająca wewnątrz klastrów logistyka zwrotna każdego z przedsiębiorstw, połączona z punktami odzysku oraz punktami recyklingu, pozwala odzyskać większość podzespołów i części do ponownego wykorzystania w procesach wytwórczych, a punkty recyklingu dostarczają do przedsiębiorstw odzyskane surowce i materiały.

Pierwszy z fizycznych elementów koncepcji L&SC 4.0 – obszar nano – stanowi przedsiębiorstwo, które wykorzystując technologie informatyczne, projektuje produkty i opakowania nie tylko logistycznie sprawne, ale uwzględniające szereg założeń koncepcji projektowania wspomagającego doskonałość (DfX). Celowo nie ma tutaj mowy o wytwarzaniu, ponieważ kluczową kompetencją przedsiębiorstwa staje się projektowanie wyrobów wraz z zarządzaniem całym jego łańcuchem dostaw i logistyką od sfery mikro do sfery makro. Sfera projektowania produktów powinna uwzględniać zatem warstwę potrzeb klienta i wartości dodanej (np. wysoki stopień personalizacji) oraz wybrane obecne normy pozwalające skutecznie i efektywnie np. wytwarzać lub montować, do których zaliczyć można m.in. następujące wytyczne:

- wysoki stopień personalizacji produktu, głównie dzięki sferze *software*, np. zmiany kolorów, funkcjonalności lub innych elementów odbywają się przez aktywację danego modułu produktu lub włączania do produktów załączanych dodatków,
- projekty wyrobów mają swoje aplikacyjne przełożenie na programy pozwalające je projektować przez klientów (według wytycznych projektowych założeń przez organizację), np. aplikacje mobilne,
- wysoki stopień standaryzacji, modułowości i multifunkcjonalności komponentów wynikający z dokładnej analizy ich dostępności na rynku,
- wykorzystanie standardowych, inteligentnych materiałów podatnych na personalizację,

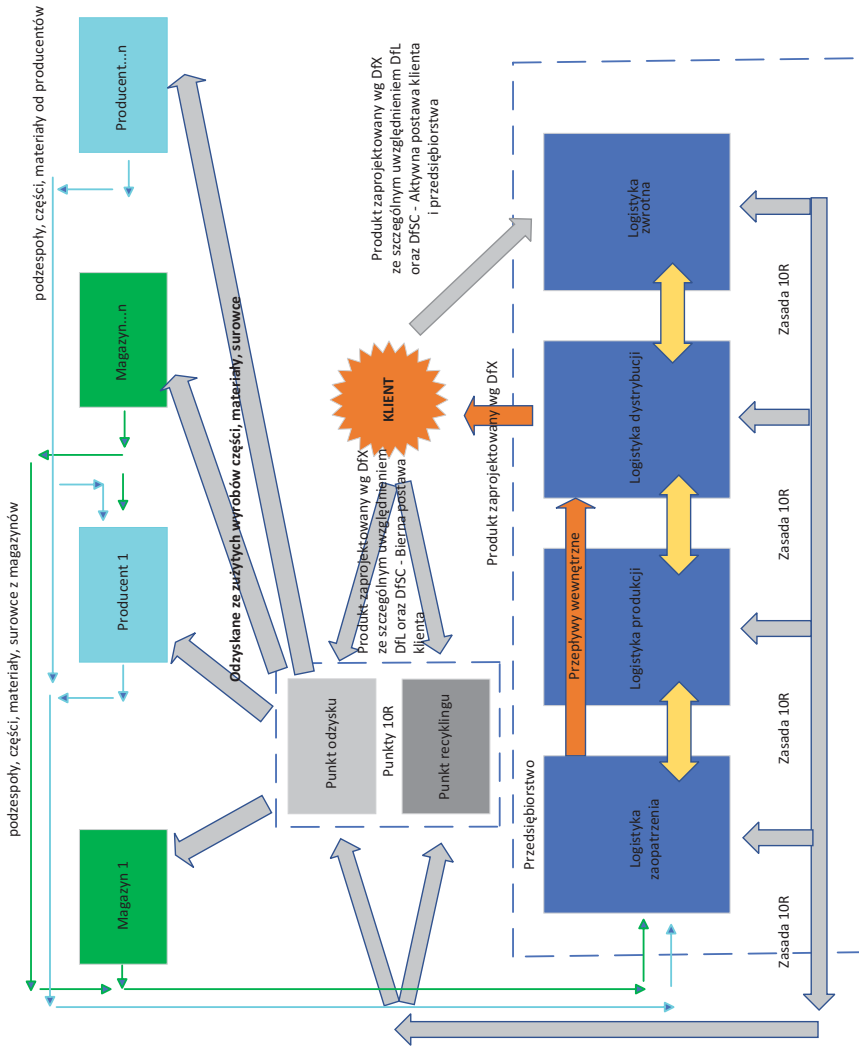
- możliwość wykorzystania surowców, materiałów, części zamiennych, opakowań i innych komponentów wyrobu gotowego ze zużytych wyrobów gotowych oraz opakowań podlegających logistyce zwrotnej,
- dokładne przygotowanie i zdigitalizowanie instrukcji obsługi, instrukcji serwisowych, kart technologicznych w postaci programów wsadowych, np. dla obrabiarek addytywnych (drukarek 3D), pozwalających wykonać poszczególne elementy wyrobu gotowego w danym systemie (CPS).

Model warstwy fizycznego przepływu omawianego przedsiębiorstwa, gdzie uwzględniono także logistyczną sprawność produktu i opakowania oraz zagadnienia DfX, został zaprezentowany na rysunku 12.

Poza fizycznym przepływem materiałów, surowców, wyrobów gotowych oraz innych niezbędnych do montażu lub wytwarzania elementów kluczową sprawą staje się przepływ informacji – warstwa przepływu danych cyfrowych. Dostępne i zunifikowane aplikacje (np. branży AGD, budowlanej itp.) pozwalają klientom projektować i personalizować swoje produkty. Kiedy już dany produkt zostanie przez klienta zaakceptowany oraz w jakimś stopniu opłacony poprzez bankowość elektroniczną, zestawienie materiałowe BOM trafia do systemów informatycznych klasy ERP przedsiębiorstw, skąd kierowane jest w pierwszej kolejności do systemów informatycznych CRP (*Cluster Resource Planning* – planowanie zasobów klastra). W przypadku problemów z dostępnością materiałów lub zasobów w ramach klastra system CRP przesuwą informacje o brakujących zasobach na poziomy mezo (system CRPM – *Cluster Resource Planning in the Mezo Zone* – mezoplanowanie zasobów klastra) lub w sferę globalną (system CRPG – *Cluster Resource Planning in the Global Zone* – globalne planowanie zasobów klastra) – rysunek 13.

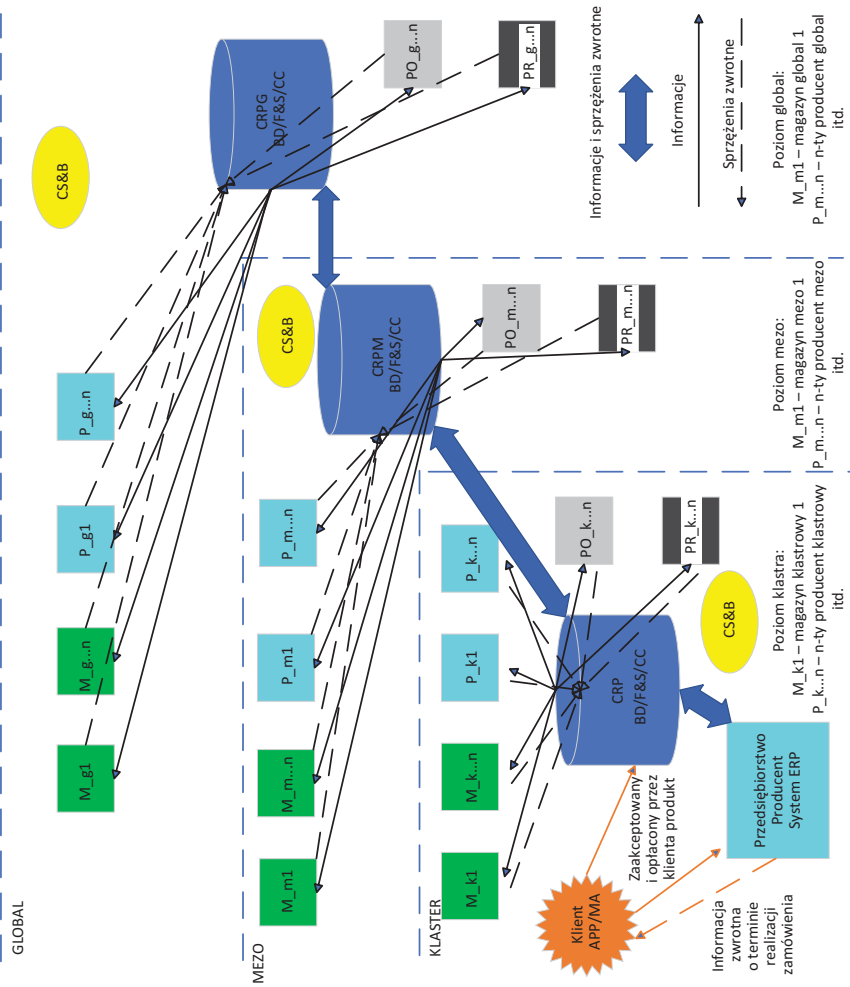
Brak dostępności zasobów na różnych poziomach pozwala poszukać ich na poziomach wyższych lub wiąże się z koniecznością ich uzupełniania (o ile to możliwe) na poziomie bazowym. Algorytmy prognozowania i symulacji rezerwują zasoby, analizując ich dostępność czasową i przestrzenną. Na tej podstawie do przedsiębiorstwa i klienta wraca informacja zwrotna związana z terminem realizacji zamówienia. Ważnym aspektem tego modelu jest to, że informacje przekazywane są w trybie *on-line* w czasie rzeczywistym, już podczas personalizowania produktu przez klienta, przez co ma on bezpośredni wpływ na optymalizację zamawianego towaru, jeśli chodzi o kryterium dostępności. Całość oczywiście podlega procesom zapewnienia cyberbezpieczeństwa przy jednoczesnym wykorzystaniu architektury blokowej (CS&B).

Akceptacja zamówienia wraz z jego opłatą lub promesą opłaty generuje uruchomienie systemów cyberfizycznych (warstwa fizycznego przepływu) we włączonych do realizacji projektu organizacjach, magazynach, punktach odzysku oraz punktach recyklingu. Poprzez Internet uruchamiane są technologiczne narzędzia IoS oraz IoT generujące swoje skutki poprzez rozpoczęcie komunikacji M2M (rysunek 14).



Rysunek 12. Warstwa fizycznego przepływu pomiędzy pojedynczymi podstawowymi elementami klastra

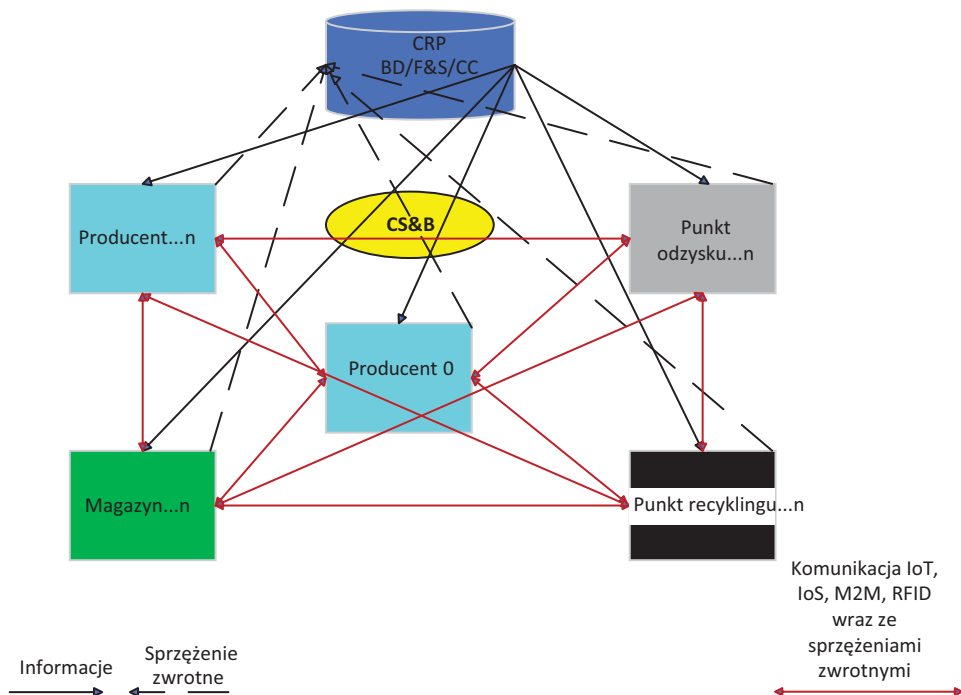
Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Bielecki, *Logistyczna sprawność produktu – projektowanie wspomagające logistykę*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2018, s. 121.



Rysunek 13. Przepływ informacji pomiędzy klientem, organizacją i klastrem w modelu L&SC 4.0 (warstwa nr 1 przepływu danych cyfrowych) – analiza dostępności zasobów

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku dostępności w ramach sfery mikro albo mini (klastra) wszystkich niezbędnych do powstania danego wyrobu elementów analityka *Big Data*, wywiad biznesowy (BI), a także algorytmy prognozowania i symulacji działające w oparciu o chmurę obliczeniową i systemy klasy ERP, CRP, CRPM i CRPG uruchamiają komunikację M2M, wykorzystując technologie IoT oraz IoS. W ten sposób uruchamiają się równoległe procesy wytwarzania lub przygotowywania niezbędnych komponentów. Oczywiście podobnie jak w poprzednim wypadku całość zabezpiecza CSB.



Rysunek 14. Uruchomienie wytwarzania w modelu L&SC 4.0 przy wykorzystaniu technologii IoT, IoS i komunikacji M2M (warstwa nr 2 przepływu danych cyfrowych) – uruchomienie wytwarzania i fizycznych przepływów

Źródło: opracowanie własne.

Konieczne surowce, materiały albo wytworzone części zamienne trafiają do przedsiębiorstwa, które jest odpowiedzialne za finalny montaż końcowego wyrobu. W tym celu wykorzystywane są drony lub działające w tunelach autonomiczne pojazdy dostawcze. Zgodnie z zasadami JiT oraz JiS, stanowiącymi podstawę algorytmów CRP i przez nie zoptymalizowanymi, następuje dostawa niezbędnych komponentów do podwykonawców oraz ostatniego punktu łańcucha dostaw przed klientem końcowym (omawiany już rysunek 12).

Istotną modelu L&SC 4.0 jest projektowanie wyrobów. Na skutek przemysłowego działania projektantów, wykorzystującego koncepcję DfX ze szczególnym

uwzględnieniem DfL i SfSC, sprawnie działająca logistyka zwrotna, a także współpraca międzyklastrowa pozwalają osiągnąć obieg zamknięty klastrow. Generuje to niewielki popyt na surowce, materiały, części itp. spoza klastra, a więc ze sfer mezo i global.

Działanie modelu L&SC 4.0 opiera się zatem na czterech podstawowych fazach:

- **projektowania i analizy zasobów** – na podstawie aplikacji lub mobilnych aplikacji danego przedsiębiorstwa klient projektuje swój wyrób, a w momencie akceptacji, dokonania zapłaty lub wygenerowania jej promesy przedsiębiorstwo dysponujące systemem ERP uruchamia Klastrowy System Informatyczny (CRP), którego zadaniem jest:
 - analiza dostępności zasobów w ramach klastra w innych przedsiębiorstwach, hubach, punktach odzysku i punktach recyklingu,
 - przy braku dostępności zasobów w ramach klastra analiza dostępności zasobów na poziomie mezo i global,
 - priorytetyzacja zasobów,
 - rezerwacja zasobów,
 - oszacowanie czasu realizacji zamówienia;
- **uruchomienia wytwarzania i fizycznych przepływów** – wygenerowane przez podzespoły zlecenie wykonania skierowane do przedsiębiorstw znajdujących w ramach klastra lub poza nim najbliższej terytorialnie funkcjonujących przedsiębiorstw, które przy wykorzystaniu technologii IoT, IoS oraz komunikacji M2M ma rozpocząć realizację zamówień, minimalizując wpływ człowieka na realizację zlecenia – cyfryzacja i technologia wytwarzania addytywnego wykorzystującego technologię 3D-p pozwala na wytworzenie danego komponentu według danych z systemu; wykonany komponent jest transportowany do kolejnego zakładu lub też do finalnego miejsca montażu poprzez wykorzystanie autonomicznych zielonych pojazdów drogą podziemną lub powietrzną, także przy wykorzystaniu IoT, IoS oraz M2M;
- **finalnego montażu i dystrybucji** – tworzy on gotowy wyrób i dystrybuuje go w ramach klastra, wykorzystując zautomatyzowane, autonomiczne technologie transportowe (wykorzystujące IoT, IoS oraz M2M);
- **logistyki zwrotnej** – koncentrującej się na zamknięciu obiegu produktu wewnątrz klastra.

Pozostaje do omówienia funkcjonowanie sfer mezo i global, co w niewielkim stopniu różniłoby się od działania klastra. Przepływy materiałów następowałby w ramach minimagazynów znajdujących się w klastrze, które z kolei byłyby systematycznie uzupełniane poprzez magazyny regionalne, krajowe, kontynentalne lub światowe. W przypadku zmian popytowych lub pojawienia się zapotrzebowania na nowe produkty szybko przezbieralne magazyny stają się magazynami innych niż dotychczasowe towarów.

Sfery mezo i makro stanowią drugie i kolejne zaplecza magazynowe L&SC 4.0. Grupują one także producentów, którzy wytwarzają swoje wyroby w obszarze

województw, regionów, państw, kontynentów i w reszcie w skali globalnej. Rozproszone huby logistyczne różnorodnych surowców, materiałów oraz tych podzespołów lub części, które ze względu na specyfikę procesów produkcyjnych nie mogą być wytwarzane w „rzemieślniczych zakładach” czy też w klastrach, są zaopatrywane poprzez systemy *Milk Run* (pociągi logistyczne, które pokonują stale jedną i tę samą trasę, uzupełniając zaopatrzeniowo stale te same miejsca w skali mezo i makro. Procesy transportu i magazynowania mają zdecydowanie mniejszą skalę aniżeli obecne systemy logistyki globalnej, ponieważ poprzez jedną z wytycznych projektowania wspomagającego doskonałość (DfX) – projektowanie wspomagające ekonomię cyrkularną (DfCE – *Design for Circular Economy*) – większość podzespołów i części jest ponownie używana do wytwarzania nowych wyrobów.

Budując koncepcję L&SC 4.0 w ramach sfer mini, mezo i makro, założono w wybranych miejscach podważenie dotychczasowych paradygmatów dotyczących funkcjonalnych obszarów logistyki, produkcji i jakości, które kształtują obecny przemysł, przy jednoczesnym stworzeniu dodatkowych uwarunkowań. Zaliczyć do nich można:

- sferę logistyki:
 - **odejście od globalnych łańcuchów dostaw** – maksymalne skrócenie łańcuchów dostaw do dzielnic, miast i odpowiedników powiatów nazwanych klastrami,
 - **zmniejszenie powierzchni magazynowych na rzecz zwiększenia liczby małopowierzchniowych, szybkoprzebrajalnych magazynów** – umieszczenie w klastrach lub na ich pograniczu dużej liczby niewielkich magazynów surowców, materiałów, półfabrykatów utrzymujących niskie poziomy zapasów dla klastrów; dla specyficznych surowców, materiałów i części stworzenie wysoce wyspecjalizowanych magazynów o nieco mniejszych możliwościach przebrojeń,
 - **utworzenie krajowych magazynów surowców, materiałów i części uzupełnianych poprzez globalne, tradycyjne łańcuchy dostaw**, z których następnie wspomniane towary dostarczane są w zoptymalizowany sposób do klastrów (element odpornej logistyki na chociażby takie zakłócenia jak Covid-19),
 - **zmiana zasad działania logistyki zwrotnej** – umieszczenie w klastrach lub na ich pograniczu dużej liczby zakładów odzysku komponentów i surowców ze zużytych produktów; stworzenie systemu logistyki zwrotnej niepozwalającego opuścić zużytym wyrobom klastra, w którym się znajdują z uwzględnieniem wysokiego poziomu wykorzystania odzyskanych z nich surowców, materiałów, części itp.,
 - **odejście od dotychczasowej formy transportu** – wykorzystanie w procesach transportu wewnątrz klastrów bądź podziemnych tuneli, bądź dróg powietrznych, w których poruszać się będą autonomiczne zielone pojazdy, np. drony, eliminując w ten sposób negatywny wpływ procesów

logistycznych dla mieszkańców i środowiska – dotychczasowy transport zostaje zredukowany do sfery mezo i global¹⁴²,

- **pełna współpraca i transparentność regulowana prawem międzynarodowym**; współpraca klastrów między sobą w zakresie zarządzania zapasami, ich udostępniania w celu równoważenia podaży i popytu,
- **jednoczesne utrzymanie koncepcji *Just in Time* oraz *Just in Sequence*** jako kluczowego elementu stanowiącego o skuteczności działania całego systemu przy wykorzystaniu systemów *Milk Run*¹⁴³ w celu optymalizacji procesów logistycznych;
- **sferę produkcji i jakości:**
 - **projektowanie produktów wspomagające doskonałość DfX** z naciskiem na kwestie gospodarki cyrkularnej, jakości, logistyki oraz wytwarzania i montażu w warunkach systemów cyberfizycznych oraz wytwarzania addytywnego,
 - **odejście od produkcji masowej na rzecz wysoce spersonalizowanej produkcji jednostkowej** w małych zakładach „rzemieślniczych”, wyspecjalizowanych w danych technologiach i funkcjonujących w ramach klastrów,
 - **skrócenie czasu wykonania jednej sztuki wyrobu gotowego do maksymalnie jednego dnia**, przy założeniu maksymalnego wykorzystania standaryzacji, modułowości, multifunkcjonalności surowców, materiałów, podzespołów i części,
 - **uwzględnienie konieczności wykorzystania w nowych produktach elementów pochodzących ze zużytych wyrobów** – ustalenie wskaźnika używanych części w wyrobie, który prawnie byłby zmieniany w wybranych okresach,
 - **wydłużenie cyklu życia wyrobów** poprzez włączenie możliwości ich naprawy przy jednoczesnym doskonaleniu ich jakości,
 - **powrót do implementacji zasad TQM wspomagający TLM** szczególnie w kwestii synergetycznej współpracy przedsiębiorstw.

Zaprezentowany model L&SC 4.0 wydaje się uwzględniać wiele wyzwań, przed którymi stoi dzisiejsza logistyka i łańcuchy dostaw. Układ klastrów globalnie skraca łańcuchy dostaw, logistyka zwrotna pozwala powracać do ponownego obiegu zużyte materiały czy też podzespoły, zamykając w ten sposób pętlę środowiskową, przy jednoczesnym podniesieniu odporności i sprężystości łańcuchów dostaw. Wykorzystywanie technologii I 4.0 oraz zasad zielonej logistyki pozwala ograniczyć negatywny wpływ na środowisko, a cyfryzacja i unifikacja procesów projektowania wyrobów przy wykorzystaniu inteligentnych materiałów ogranicza ryzyko załamania się globalnych łańcuchów dostaw.

142 Zgodnie ze scenariuszem *Mega wydajność w mega miastach*.

143 System *Milk Run* realizacja dostaw po zdefiniowanych, powtarzalnych trasach oraz po ściśle wyznaczonych czasach.

W tym miejscu należy jednak zauważyć, że w chwili obecnej zaprezentowany model L&SC 4.0 posiada co najmniej kilka kluczowych ograniczeń, do których zaliczyć można nie tyle problemy rozwoju ludzkości i technologii dostępnych na rynku, ale od wieków niezmiennych atawizmów zagłęzionych w poszczególnych gospodarkach, społeczeństwach, tak dobrze wykorzystywanych w obecnych czasach. Zaliczono do nich:

- wszechobecny egoizm i „machiawelizm biznesowy”,
- dążenie przedsiębiorstw i państw do monopolizacji lub oligopolizacji,
- niską świadomość i odpowiedzialność społeczeństw wynikającą z systemów edukacji (np. za ochronę środowiska naturalnego) kładących nacisk na coraz wyższą specjalizację kształcenia, pomijającego kształcenie ogólne, które jest konieczne do rozumienia wielu zjawisk,
- politykę i chęć posiadania władzy.

Egoizm i „machiawelizm biznesowy” to nic innego jak realizacja przez dużą liczbę przedsiębiorców oraz przedsiębiorstw wizji „cel (zysk) uświęca środki”. Efekt stosowania takiego podejścia jest taki, że zaprzestaje się w większości przypadków poszukiwania uniwersalnych rozwiązań oraz strategicznego patrzenia na przedsiębiorczość inaczej niż przez pryzmat zysku (postulowana przez Skobeleva i Borovika *Evergetyka* – dobrostan¹⁴⁴). Zmierza to oczywiście do uzyskania przewagi konkurencyjnej, która ma mieć kształt oligopolu lub monopolu przy jednoczesnym braku realnej oceny negatywnych skutków tych działań.

Jeśli dojdzie do tego niska świadomość i odpowiedzialność społeczeństw, przekładających sprawę ochrony środowiska na kolejne pokolenia lub szukających w tej kwestii możliwości poprawy konkurencyjności i zysku, to pojawia się ponury obraz destrukcyjnego wpływu przemysłu na środowisko. Brak ogólnego wykształcenia nie pozwala pracownikom i osobom zarządzającym patrzeć w sposób szerszy, systemowy na procesy oraz sferę projektowania wyrobów, gdyż są one często bardzo rozbudowane i wielowymiarowe. Oczywiście wizja Społeczeństwa 5.0 czy też *Long Life Learning* zakłada, że koniec końców pojawią się oświecone społeczności, ale zmiany i różnice kształtujące się w młodym pokoleniu niestety nie pozostawiają złudzeń co do tego, że trend S 5.0 nie będzie dominował zbyt długo.

Zaprezentowany model L&SC 4.0 uwzględnia najnowsze trendy i prezentuje pewien pomysł dotyczący przyszłości logistyki i łańcucha dostaw. Pokazuje także, w jakim kierunku mogą podążać zmiany w tych obszarach. Jest on dobrym przyczynkiem do otwarcia dyskusji na temat logistyki i łańcuchów dostaw przyszłości.

144 P.O. Skobelev, S. Borovik, *On the Way From Industry 4.0 to Industry 5.0: From Digital Manufacturing to Digital Society*, „International Scientific Journal Industry 4.0” 2017, Year II, issue 6, s. 308–309.

Podsumowanie

Początek trzeciej dekady XXI wieku zwiastuje ciekawe czasy. Po pierwsze, coraz gorszy stan środowiska naturalnego, zmieniający regiony klimatyczne ziemi oraz generujący nieoczekiwane zjawiska pogodowe, daje jednoznaczną wskazówkę, że kwestie środowiskowe powinny zacząć odgrywać kluczowe znaczenie dla przemysłu. Po drugie, technologie pojawiające się w ramach czwartej rewolucji przemysłowej – Przemysłu 4.0 – otwierają zupełnie nowe, rewolucyjne możliwości budowania systemów produkcyjnych i wytwórczych, a co za tym idzie – współpracujących z nimi innych obszarów funkcjonalnych organizacji, takich jak logistyka, łańcuchy dostaw czy też jakość. Po trzecie, pandemia COVID-19 pokazała, jak na kruchych fundamentach stoi światowa gospodarka, a globalne łańcuchy mogą się zatrzymać w ciągu tygodni. Sytuacji nie poprawiają także konflikty zbrojne, które dopiero w momencie „pukania” do drzwi Europy zwróciły uwagę światowej społeczności na mogące pojawić się w związku z nimi problemy. Te fakty pokazują zatem, że istnieje konieczność podjęcia dyskusji, w jakim kierunku powinny podążać zmiany związane ze światową gospodarką, a także – z racji zainteresowań autora tego opracowania – te w logistyce i łańcuchach dostaw.

Wybrane scenariusze rozwoju gospodarczego i logistyki do 2050 roku stanowią pewną odpowiedź na to, jakich zmian można się spodziewać. Pojawia się jednak w tym miejscu co najmniej kilka pytań odnoszących się do kwestii wojen, pandemii, rozwijającej się technologii oraz szybkości negatywnych zmian środowiska, które ukształtują świat najbliższych dekad.

Jeśli skoncentrujemy się tylko na kwestiach logistyki, łańcuchów dostaw i zarządzania nimi, to zauważymy, że ilość i skala wyzwań stojących przed wspomnianymi obszarami jest ogromna. Być może będzie ona wymagać redefinicji obecnego sposobu patrzenia na logistykę jako ważną branżę pozwalającą funkcjonować globalnej gospodarce. Dotychczasowy dorobek logistyki w postaci koncepcji *Lean Logistics*, bazującej na idei *Just in Time* oraz *Just in Sequence*, wykorzystującej metody *Kanban* lub *Milk Run*, dalej będzie wykorzystywany, choć pandemia Covid-19 mocno nadwyrężyła jej wybrane aksjomaty, jak choćby brak zapasów. Działania związane z wprowadzaniem rozwiązań prośrodowiskowych do logistyki w ramach

koncepcji Green są dalece niewystarczające. Transport w dalszym ciągu pozostaje jedną z ważniejszych branży mających znaczny wpływ na emisję CO₂, a globalizacja z wielokrotnością tylko jego szkodliwe działanie. Zarówno wojna na Ukrainie, jak i pandemia zweryfikowały negatywnie sprężystość i odporność łańcuchów dostaw, pokazując, że dotychczasowe modele szacowania ryzyka, a także zabezpieczania łańcuchów dostaw nie są wystarczające.

Być może dobrym rozwiązaniem byłaby próba spojrzenia na logistykę w sposób nieco bardziej kompleksowy, aniżeli czynione jest to dotychczas, włączając kwestie projektowania wyrobów, odpowiedzialności za nie czy też w końcu ponownego wykorzystania elementów zużytego produktu. Zaprezentowana w pracy koncepcja Kompleksowego Zarządzania Logistyką może stanowić propozycję odpowiedzi na tak postawione pytanie – propozycję niedoskonałą, ale stanowiącą dobry zaczyn do dyskusji na ten temat. Dodatkowo omówiony w pracy „Model logistyki i łańcucha dostaw 4.0” – L&SC 4.0 – powinien być formą otwarcia polemiki naukowców i praktyków nad przyszłością nie tylko logistyki i łańcuchów dostaw, ale także ekonomii, przemysłu, społeczności wokół niego skupionej czy też determinant funkcjonowania tych systemów. Być może jest to tylko idealistyczna wizja przypominająca antyutopię „idealnej demokracji” czy też „idealnego przemysłu” zaprezentowaną prawie 90 lat temu przez Huxleya¹, ale powinna ona skłaniać do przemyśleń i odpowiedzi na pytanie: Czy nie nastał już czas na zmianę dotychczasowych paradygmatów funkcjonowania przemysłu, a w nim logistyki? Odpowiedzi na tak postawioną kwestię udzielą nam najbliższe lata.

1 Więcej na ten temat można przeczytać w dwóch książkach: A. Huxley, *Wyspa*, Wydawnictwo LTW 2017; A. Huxley, *Nowy wszechświat*, Muza, Warszawa 2022.

Bibliografia

- Adu Mensah D., *Green Logistics for Sustainable Development: An Analytical Review*, „International Journal of Business” 2015, vol. 1, issue 1.
- Ali I., Alharbi O., *COVID-19: Disease, Management, Treatment, and Social Impact*, „Science of the Total Environment” 2020, vol. 728.
- Alicke K., Rexhausen D., Seyfert A., *Supply Chain 4.0 in Consumer Goods*, McKinsey & Company, Berlin 2016.
- Amemba C., Nyaboke P., Osoro A., Mburu N., *Elements of Green Supply Chain Management*, „European Journal of Business and Management” 2013, vol. 5, no. 12.
- Barroso A., Machado V., Barros A., Cruz-Machado V., *Toward a Resilient Supply Chain with Supply Disturbances*, Proceeding of The International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management – IEEE IEEEEM, Venetian–Macao 2010.
- Bauernhansl T., Hompel M., Vogel-Heuser B. (red.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*, Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.
- Beamon B., *Designing The Green Supply Chain*, „Logistics Information Management” 1999, vol. 12, no. 4.
- Bharati S., *Business Intelligence and Industry 5.0*, „Journal of the International Academy for Case Studies” 2021, vol. 27, special issue 3.
- Bielecki M., *Logistyczna sprawność produktu – projektowanie wspomagające logistykę*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2018.
- Bielecki M., Galińska B., *The Concept and Principles of Total Logistics Management in a Manufacturing Company*, Proceedings of the 17th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management, Faculty of Economics in Osijek, Osijek, Croatia 2017.
- Bird A. (red.), *Encyclopedia of Japanese Business and Management*, Routledge–Taylor & Francis Group, London–New York 2002.
- Blanchard D., *Supply Chains Also Work In Reverse*, „Industry Week” 2007, <https://www.industryweek.com/supply-chain/planning-forecasting/article/21954433/supply-chains-also-work-in-reverse> [dostęp: 10.05.2022].
- Bonadio B., Huo Z., Levchenko A., Pandalai-Nayar N., *Global Supply Chains in the Pandemic*, „Journal of International Economics” 2020, vol. 133.

- Bonney M., Zhang Z., Head M., Tien C., Barson R., *Are Push and Pull Systems Really So Different?*, „International Journal of Production Economics” 1999, vol. 59.
- Bowen F., Cousins P., Lamming R., Faruk A., *The Role of Supply Management Capabilities in Green Supply*, „Production and Operations Management” 2001, vol. 10, no. 2.
- Boysen N., Fedtke S., Schwerdfeger S., *Last-Mile Delivery Concepts: A Survey from an Operational Research Perspective*, „OR Spectrum” 2021, vol. 43.
- Brandon-Jones E., Squire B., Autry C., Petersen K., *A Contingent Resource-based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness*, „Journal of Supply Chain Management” 2014, vol. 50, no. 3.
- Bujak A., „Rewolucja przemysłowa-4.0” i jej wpływ na logistykę, „Autobusy” 2017, nr 6.
- Bukowski L., *Total Logistics Management – istota koncepcji Kompleksowego Zarządzania Logistycznego*, „Logistyka” 2014, nr 4.
- Burbidge J., *Five Golden Rules to Avoid Bankruptcy*, „Production Engineer” 1983, vol. 62, no. 10.
- Buxmann P., Hess T., Ruggaber R., *Internet of Services*, „Business & Information Systems Engineering” 2009, vol. 5.
- Cañas H., Mula J., Campuzano-Bolarín F., *A General Outline of a Sustainable Supply Chain 4.0*, „Sustainability” 2020, vol. 12.
- Chang Y., Oh Ch., *Green Logistics Management*, [w:] D. Ranasinghe, Q. Sheng, S. Zeadally (red.), *Unique Radio Innovation for the 21st Century. Building Scalable and Global RFID Networks*, Springer-Verlag, Berlin 2010.
- Chopra S., Sodhi M.S., *Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown*, „MIT Sloan Management Review” 2004, no. 46.
- Christopher M., *The Agile Supply Chain. Competing in Volatile Markets*, „Industrial Marketing Management” 2000, vol. 29.
- Christopher M., Peck H., *Building the Resilient Supply Chain*, „International Journal of Logistics Management” 2004, vol. 15, no. 2.
- Congress of The United States Office of Technology Assessment (OTA), *Green Product by Design. Choices for a Cleaner Environment*, OTA 1992.
- Council of Logistics Management, *What It's All About*, Oak Brook, Illinois 1986.
- Daghfous A., Qazi A., Khan M.S., *Incorporating the Risk of Knowledge Loss in Supply Chain Risk Management*, „The International Journal of Logistics Management” 2021, vol. 32, no. 4.
- Dai T., Tang Ch., *It's the End of The Global Supply Chain as We Know It*. Opinion. „Newsweek – online”, 19.04.2022, <https://www.newsweek.com/its-end-global-supply-chain-we-know-it-opinion-1698591> [dostęp: 24.05.2022].
- Davis S., *From Future Perfect: Mass Customizing*, „Planning Review” 1989, vol. 17, no. 2.
- Delfmann W., Albers S., *Supply Chain Management in the Global Context*, Logistics of the University of Cologne, Cologne 2000.
- Deloitte, *The skills gap in US manufacturing 2015–2025 outlook*, 2018, <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/boiling-point-the-skills-gap-in-us-manufacturing.html> [dostęp: 23.03.2022].
- Deming W.E., *Out of Crisis*, MIT Press, Cambridge 2000.

- Deming W.E., *Quality, Productivity and Competitive Position*, MIT Press, Cambridge 1982.
- Diabat A., Govindan K., *An Analysis of the Drivers Affecting the Implementation of Green Supply Chain Management, Resources*, „Conservation and Recycling” 2011, vol. 55.
- Dowlatshahi S., *A Framework for Design of Reverse Logistics Systems: A Warehousing Perspective*, „International Journal of Production Research” 2012, vol. 50, no. 5.
- Dowlatshahi S., *Reverse Logistics Systems and Inbound and Outbound Transportation Systems*, https://www.researchgate.net/publication/228908512_REVERSE_LOGISTICS_SYSTEMS_AND_INBOUND_AND_OUTBOUND_TRANSPORTATION_SYSTEMS [dostęp: 6.05.2022].
- Doyle-Kent M., Kopacek P., *Industry 5.0: Is the Manufacturing Industry on the Cusp of a New Revolution?*, Proceedings of the International Symposium for Production Research 2019, ISPR 2019, Vienna, Austria 2019.
- Durlik I., *Inżynieria zarządzania, Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Naukowe AMP, Katowice 1993.
- Dzikowska M., Gorynia M., Jankowska B., *Międzynarodowa konkurencyjność polskich przedsiębiorstw w okresie globalnego kryzysu gospodarczego i po jego wystąpieniu*, Difin, Warszawa 2016.
- Eggers W., Flynn M., O’Leary J., Chew B., *Governments’ response to COVID-19. From pandemic crisis to a better future*, Deloitte Insights 2020.
- Ehrhart Ch.E. (Representative of Deutsche Posts AG), *Delivering Tomorrow. Logistics 2050. A Scenario Study*, Deutsche Post AG, Bonn, Germany 2012.
- Elwood A., *Supply Chain Resilience*, „Journal of Business Continuity & Emergency Planning” 2020, vol. 15, no. 1.
- Faisal M., Banwet D., Shankar R., *Mapping Supply Chains on Risk and Customer Sensitivity Dimensions*, „Industrial Management & Data Systems” 2006, vol. 106, no. 6.
- Fisher M., *What is The Right Supply Chain for Your Product*, „Harvard Business Review” 1997, March/April.
- Frederico F., *From Supply Chain 4.0 to Supply Chain 5.0: Findings from a Systematic Literature Review and Research Directions*, „Logistics” 2021, vol. 5, no. 49.
- Frederico G.F., Garza-Reyes J.A., Anosike A.I., Kumar V., *Supply Chain 4.0: Concepts, Maturity and Research Agenda*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2019.
- Freeman J., *What’s the ANSA to VUCA*, https://www.academia.edu/31444905/Whats_the_ANSA_to_VUCA [dostęp: 17.03.2022].
- Ghadge A., Wurtmann H., Seuring S., *Managing Climate Change Risks in Global Supply Chains: A Review and Research Agenda*, „International Journal of Production Research” 2020, vol. 58, no. 1.
- Ghobakhloo M., Tang S., Zulkifli N., Ariffin M., *An Integrated Framework of Green Supply Chain Management Implementation*, „International Journal of Innovation, Management and Technology” 2013, vol. 4, no. 1.
- Giusto D., Iera A., Morabito G., Atzori L. (red.), *The Internet of Things. 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications*, Springer-Verlag, New York 2010.

- Goldratt E., Cox J., *The Goal. A Process of Ongoing Improvement*, National Productivity Institute, Pretoria, South Africa 1984.
- Golsby T., Martichenko R., *Lean Six Sigma Logistics. Strategic Development to Operational Success*, J. Ross Publishing, USA 2005.
- Graedel T., Allenby B., *Industrial Ecology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York 1995.
- Grechulski M., Niemczyk J., *Agenda narodów zjednoczonych na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 i cele zrównoważonego rozwoju – szanse realizacji celów*, „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego” 2016, nr 1.
- Guang Shi V., Koh L., Baldwin J., Cucchiella F., *Natural Resource Based Green Supply Chain Management*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2012, vol. 17, no. 1.
- Hermann M., Pentek T., Otto B., *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*, Proceeding of 49th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, Koloa, USA 2016.
- Hill T., *Manufacturing Strategy*, MacMillan Press LTD, London 1995.
- Ho J., Shalishali M., Tseng Tzu-Liang Ang D., *Opportunities in Green Supply Chain Management*, „The Coastal Business Journal” 2009, Spring, vol. 8, no. 1.
- Hoekstra S., Romme J., *Integrated Logistics Structures: Developing Customer Oriented Goods Flow*, McGraw-Hill, London 1992.
- Hofmann E., Ruusch M., *Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics*, „Computers in Industry” 2017, vol. 89.
- Hopkins M., *What is CSR All About?*, „Aspirare” 2014, vol. 1.
- Huxley A., *Nowy wspomniały świat*, Muza, Warszawa 2022.
- Huxley A., *Wyspa*, Wydawnictwo LTW, 2017.
- Imai M., *Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe, niskokosztowe podejście do zarządzania*, MT Biznes, Warszawa 2006.
- Ishikawa K., *Guide to Quality Control*, Asia Productivity Organization, Hong Kong 1976.
- Ivanov D., Dolgui A., *OR-methods for Coping with the Ripple Effect in Supply Chains during COVID-19 Pandemic: Managerial Insights and Research Implications*, „International Journal of Production Economics” 2021, vol. 232.
- Jacobs O.T., *Strategic Leadership: The Competitive Edge*, Industrial College of the Armed Forces, Washington 2002.
- Jones D., Hines P., Rich N., *Lean Logistics*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 1997, vol. 27, issue 2/4.
- Jones D., Womack J., *Seeing the Whole. Mapping the Extended Value Stream*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, USA 2002.
- Jouttner U., Malkan S., *Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study*, „Supply Chain Management: An International Journal” 2011, vol. 16, no. 4.
- Jouttner U., Peck H., Christopher M., *Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research*, „International Journal of Logistics” 2003, vol. 6, no. 4.
- Kagermann H., *Chancen von Industrie 4.0 nutzen*, [w:] B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, M. ten Hompel (red.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4*, Springer Reference Technik. Springer Vieweg, Berlin–Heidelberg 2017.

- Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. (red.), *Securing The future of German Manufacturing Industry. Recommendation for implementing the strategic initiative Industry 4.0. Final report of the Industrie 4.0. Working Group*, German Academy of Science and Engineering, Frankfurt/Main 2013.
- Kannana D., Diabat A., Alrefaei M., Govindand K., Yonge G., *A Carbon Footprint Based Reverse Logistics Network Design Model*, „Resources, Conservation and Recycling” 2012, vol. 67.
- Kim J-H., *Studies on Total Logistics Management in Physical Distribution Process*, „East Asian Journal of Business Economics” 2019, vol. 7, no. 4.
- Kirchherr J., Reike D., Hekkert M., *Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions*, „Resources, Conservation and Recycling” 2017, vol. 127.
- Korhonen J., Nuur C., Feldmann A., Birkie S.E., *Circular Economy as an Essentially Contested Concept*, „Journal of Cleaner Production” 2018, vol. 175.
- Kotabe M., Helsen K., *Global Marketing Management*, Second Edition, John Wiley & Sons Inc., New York 2010.
- Kotler Ph., Caslione J.A., *Chaos. Zarządzanie i marketing w erze turbulencji*, MT Biznes, Warszawa 2009.
- Krawczyńska-Zaucha T., *A New Paradigm of Management and Leadership in the VUCA World*, *Scientific Papers of Silesian University of Technology*, „Organization and Management” Series no. 141, Silesian University of Technology Publishing House 2019.
- Krikke H., *Impact of Closed-Loop Network Configurations on Carbon Footprints: A Case Study in Copiers*, „Resources, Conservation and Recycling” 2011, vol. 55.
- Kumar A., *Green Logistics for Sustainable Development: An Analytical Review*, „International Journal of Business” April 2015, vol. 1, issue 1.
- Kumar S., Teichman S., Timpernagel T., *A Green Supply Chain Is a Requirement for Profitability*, „International Journal of Production Research” 2012, vol. 50, no. 5.
- Lambert D., Cooper M., Pagh J., *Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities*, „International Journal of Logistics Management” 1998, vol. 9, no. 2.
- Larson P., Halldorsson A., *Logistics versus Supply Chain Management: An International Survey*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2004, vol. 7, no. 1.
- Lee E.A., *Cyber Physical Systems: Design Challenges*, 11th IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (IORC).
- Lee S., Klassen R., *Drivers and Enablers That Foster Environmental Management Capabilities in Small- and Medium-sized Suppliers in Supply Chains*, „Production and Operations Management Society” 2008, vol. 17, no. 6.
- Levin A., *Airlines Ordered to Refund Cost of Flights Canceled by Virus*, Bloomberg, New York, NY, USA, April 3, 2020, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-03/airlines-ordered-to-pay-refunds-for-flights-canceled-by-virus> [dostęp: 5.04.2022].
- Lew A., Chew B., Hamid S., *Green Logistics Implementation Factors: A Study on a Global Logistics Provider*, „Journal of Advanced Manufacturing Technology” 2016, Special Issue iDECON.

- Lis M., Ratajczak S., *Six Sigma jako metoda doskonalenia jakości przedsiębiorstw w okresie rosnącej globalizacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły HUMANITAS w Sosnowcu” 2014, nr 2.
- Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E., *Smart Factory – A Step towards the Next Generation of Manufacturing*, [w:] M. Mitsubishi, K. Ueda, F. Kimura (red.), *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, Springer, London 2008.
- Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V., Shulzhenko T., *Evolution of the Total Logistics Costs Concepts*, „Scientific Journal of Logistics” 2011, vol. 7, issue 3, no. 5.
- Mason-Jones R., Naylor B., Towill D., *Engineering the Leagile Supply Chain*, „International Journal of Agile Management Systems” 2000, vol. 2, no. 1.
- Mason-Jones R., Naylor B., Towill D., *Lean, Agile or Leagile? Matching Your Supply Chain to The Marketplace*, „International Journal of Production Research” 2000, vol. 38, no. 17.
- McKinnon A., Browne M., Whiteing A., Piecyk M., *Green Logistics: Improving The Environmental Sustainability of Logistics*, Kogan Page Publishers, London–Philadelphia–New Delhi 2015.
- Mesjasz-Lech A., *Forecasting of Demand for Direct Production Materials as the Element of Supply Logistics of Thermal Power Plants*, „LogForum” 2011, vol. 2, no. 5.
- Meyer A., Walter W., Seuring S., *The Impact of the Coronavirus Pandemic on Supply Chains and Their Sustainability: A Text Mining Approach*, „Frontiers in Sustainability” 2021, vol. 2, article 631182.
- Minciu M., Berar F., Dobrea R., *The Challenges of the VUCA World in the Development of Sustainable Investment Projects*, „Management and Economics Review” 2020, vol. 6, issue 2.
- Naylor B., Naim M., Berry D., *Leagility: Integrating the Lean and Agile Manufacturing Paradigms in The Total Supply Chain*, „International Journal Production Economics” 1999, vol. 62.
- Ni Z., Lu X., *Comparative Study on Push and Pull Production System Based on Anylogic*, Proceedings of International Conference on Electronic Commerce and Business Intelligence IEEE 2009.
- Nikookar E., Yanadori Y., *Preparing Supply Chain for the Next Disruption beyond COVID-19: Managerial Antecedents of Supply Chain Resilience*, „International Journal of Operations & Production Management” 2022, vol. 42, no. 1.
- Ninlawan C., Seksan P., Tossapol K., Pilada W., *The Implementation of Green Supply Chain Management Practices in Electronics Industry*, Proceedings of The MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, IMECS, vol. III, Hong Kong 2010.
- Nowakowski T., *Niezawodność systemów logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011.
- Peck H., *Reconciling Supply Chain Vulnerability, Risk and Supply Chain Management*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2006, vol. 9, no. 2.
- Pereira A.G., Lima T.M., Charrua-Santos F., *Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats*, „International Journal of Recent Technology and Engineering” 2020, January, vol. 8, issue 5.

- Perkumene D., Pranskuniene R., Vienazindiene M., Grgiene J., *The Right to a Clean Environment: Considering Green Logistics and Sustainable Tourism*, „International Journal of Environmental Research and Public Health” 2020, vol. 17.
- Pine B., *Mass Customizing Products and Services*, „Planning Review” 1993, vol. 21, no. 4.
- Ploos M., Verstegen M., *Development of a Total Logistics Concept: A Method for Improving Logistics Performance*, „International Journal of Logistics Management” 1991, vol. 2, no. 2.
- Potting J., Hekkert M., Worrell E., Hanemaaijer A., *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague 2017.
- Poulsen T., Lema R., *Is The Supply Chain Ready for the Green Transformation? The Case of Offshore Wind Logistics*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2017, vol. 73.
- Rajiv K., Anurag M., Jayant K., Harshavardhan N., Chandrajit B., Rajan N.S., *Succeeding in The VUCA Paradigm: Making Change Happen*, Ernst & Young LLP, India 2016.
- Rodrigue J., Slack B., Claude C., *Green Logistics*, [w:] A. Brewer, K. Button, D. Hensher (red.), *Handbook of Logistics and Supply Chain Management*, Pergamon 2001.
- Rojko A., *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*, „International Journal of Interactive Mobile Technologies” 2017, vol. 11, no 5.
- Rother M., Harris R., *Creating Continuous Flow*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, USA 2001.
- Rother M., Harris R., *Learning to See. Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*, The Lean Enterprise Institute, One Cambridge Center, Cambridge, USA 2003.
- Rother M., Harris R., *Making Materials Flow*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, USA 2003.
- Rutkowski K., *Zarządzanie łańcuchem dostaw – próba sprecyzowania terminu i określenia związków z logistyką*, „Gospodarka Materialowa i Logistyka” 2004, nr 12.
- Sarjusz-Wolski Z., *Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 2000.
- Sarkar B., Guchhait R., Sarkar M., Cardenas-Barron L., *How Does an Industry Manage The Optimum Cash Flow within a Smart Production System with the Carbon Footprint and Carbon Emission under Logistics Framework?*, „International Journal of Production Economics” 2019, vol. 213.
- Sbihi A., Eglese R., *The Relationship between Vehicle Routing and Scheduling and Green Logistics – A Literature Survey*, Management Science Working Paper Series, Lancaster University: The Department of Management Science, 2007.
- Schofer J.L., Mahmassani H.S., *MOBILITY 2050. A Vision for Transportation Infrastructure*, The Transportation Center Northwestern University, Evanston, Illinois, USA 2016.
- Seroka-Stolka O., Ociepa-Kubicka A., *Green Logistics and Circular Economy*, „Transportation Research Procedia” 2019, vol. 39.
- Shambach C.S.A., *Strategic Leadership Primer*, United States Army War College, Pennsylvania 2004.
- Shapiro R., Heskett J., *Logistics Strategy – Cases and Concepts*, West Pub. Co., Minnesota 1986.

- Sharman G., *The Rediscovery of Logistics*, „Harvard Business Review” 1984, September/October.
- Sheffi Y., *Resilience Reduces Risk, LQ, Supply Chain Resilience*, „The Official Magazine of The Logistics Institute” 2006, vol. 12, issue 1.
- Skobelev P.O., Borovik S., *On the Way from Industry 4.0 to Industry 5.0: From Digital Manufacturing to Digital Society*, „International Scientific Journal Industry 4.0” 2017, Years II, issue 6.
- Srivastava S.K., *Green Supply Chain Management: A State-of-the-Art Literature Review*, „International Journal of Management Reviews” 2007, vol. 9, issue 1.
- Stanicka D., Zielecki W., Sęp J., *Koncepcja Przemysł 4.0 – ocena możliwości wdrożenia na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa*, [w:] R. Knosła (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2017.
- Svensson G., *A Conceptual Framework for the Analysis of Vulnerability in Supply Chains*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 2022, vol. 30, no. 9.
- Swamidass P. (red.), *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*, Norwell, Kluwer Academic Publishers 2000.
- Swanson D., *The Impact of Digitization on Product Offerings: Using Direct Digital Manufacturing in the Supply Chain*, Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA 2017.
- Szymonik A., Bielecki M., *Safety of Logistics System as an Element of the Total Logistics Management Concept*, „Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering” 2015, tome XIII – Fascicle 1.
- Szymonik A., Zielecki W., *Logistyka. Zarządzanie Łańcuchami Dostaw*, [w:] R. Knosła [red.], *Inżynieria produkcji. Kompendium wiedzy*, PWE, Warszawa 2017.
- Tang Ch.S., *Robust Strategies for Mitigating Supply Chain Disruptions*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” March 2006, vol. 9, no. 1.
- Tavera Romero C.A., Ortiz J.H., Khalaf O.I., Ríos Prado A., *Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0.*, „Sustainability” 2021, vol. 13(18).
- Thangarajoo Y., Smith A., *Lean Thinking: An Overview*, „Industrial Engineering & Management” 2015, vol. 4, issue 2.
- Tokarczuk O., *Bieguni*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2019.
- Towill D., *Time Compression and Supply Chain Management – A Guided Tour*, „Supply Chain Management” 1996, vol. 1, no. 1.
- Towill D., Christopher M., *The Supply Chain Strategy Conundrum: To Be Lean or Agile or To Be Lean and Agile?*, „International Journal of Logistics: Research and Applications” 2002, vol. 5, no. 3.
- Tuchman B., *The Decline of Quality*, „New York Times Magazine”, 2 November 1980.
- Tukamuhabwa B., Stevenson M., Busby J., Zorzini M., *Supply Chain Resilience: Definition, Review and Theoretical Foundations for Further Study*, „International Journal of Production Research” 2015, vol. 53, no. 18.
- Twenge J.M., *iGen*, Wydawnictwo Smak Słowa, Sopot 2019.

- Van Hoek R., Harrison A., Christopher M., *Measuring Agile Capabilities in the Supply Chain*, „International Journal of Operations & Production Management” 2001, vol. 21, no. 1/2.
- Walker B., *Resilience: What It Is and Is Not*, „Ecology and Society” 2020, vol. 25, no. 2.
- Weiser M., *The Computer for the Twenty-First Century*, „Scientific American” 1991, vol. 9.
- Wiedmann T., Minx J., *A Definition of ‘Carbon Footprint’*, [w:] C.C. Pertsova (ed.), *Ecological Economics Research Trends*, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, USA 2008.
- Wilding R., *Supply Chain Temple of Resilience, Logistics & Transport Focus*, „The Chartered Institute of Logistics and Transport” 2013, vol. 15, no. 11.
- Winkelhaus S., Grosse E., *Logistics 4.0: a Systematic Review Towards a New Logistics System*, „International Journal of Production Research” 2020, vol. 58, no. 1.
- Womack J., Jones D., *Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together*, Free Press, New York 2005.
- Womack J., Jones D., *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, New York 1996.
- Womack J., Jones D., *Odcudzenie firm. Eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu*, Centrum Informacji Menedżera, Warszawa 2001.
- Womack J., Jones D., Roos D., *Maszyna, która zmieniła świat*, ProdPress.com, Wrocław 2008.
- Womack J., Jones D., Roos D., *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, Maxwell Macmillan, New York 1990.
- Xu Z., Elmori A., Kerbach L., El Omri A., *Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains: Facts and Perspectives*, „IEEE Engineering Management Review” 2020, vol. 48, no. 3.
- Yusuf Y., Gunasekaran A., Adeleye E., Sivayoganathan K., *Agile Supply Chain Capabilities: Determinants of Competitive Objectives*, „European Journal of Operational Research” 2004, vol. 159.
- Zengin Y., Naktiyok S., Kaygin E., Kavak O., Topçuoglu E., *An Investigation upon Industry 4.0 and Society 5.0 within the Context of Sustainable Development Goals*, „Sustainability” 2021, vol. 13.
- Zheng L., Zhang J., *Research on Green Logistics System Based on Circular Economy*, „Asian Social Science” 2010, vol. 6(11).
- Zhu Q., Sarkis J., *Relationships between Operational Practices and Performance among Early Adopters of Green Supply Chain Management Practices in Chinese Manufacturing Enterprises*, „Journal of Operations Management” 2004, vol. 22.

Źródła internetowe

- <https://covid19.who.int> [dostęp: 1.04.2022].
- https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx [dostęp: 20.04.2022].
- <https://www.chceauto.pl/kryzys-a-toyota-ma-sie-swietnie-a519.html> [dostęp: 12.04.2022].

- <https://www.keidanrens-dgs-world.com/> [dostęp: 22.03.2022].
- <https://www.rp.pl/biznes/art6844721-toyota-nadal-przed-gm> [dostęp: 12.04.2022].
- http://www.unic.un.org.pl/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf – s. 16–17
– Ośrodek Informacji ONZ w Warszawie [dostęp: 30.03.2021].
- https://www.who.int/health-topics/severe-acute-respiratory-syndrome#tab=tab_1 [dostęp: 1.04.2022].
- <https://wyborcza.biz/biznes/7,177151,5893082,kryzys-bije-w-zyski-toyoty.html> [dostęp: 12.04.2022].

Spis rysunków

Rysunek 1.	Punkt rozdziału i związane z nim działania	70
Rysunek 2.	Zakres i zasięg analizy łańcuchów dostaw pod kątem ich szczupłości	84
Rysunek 3.	Efekt wykorzystania punktu rozdziału	86
Rysunek 4.	Procesy związane z zielonym łańcuchem dostaw	99
Rysunek 5.	Proces odpowiedzi na zakłócenia	105
Rysunek 6.	Zalecenia dotyczące zwiększenia widoczności i możliwości reagowania w celu złagodzenia zakłóceń	111
Rysunek 7.	Wzorzec odporności łańcucha dostaw	113
Rysunek 8.	Koncepcja <i>Total Logistics Management</i> na tle innych koncepcji logistycznych	122
Rysunek 9.	Zasady <i>Total Logistics Management</i>	123
Rysunek 10.	Teoretyczna struktura koncepcji <i>Supply Chain 4.0</i>	129
Rysunek 11.	Terytorialna struktura modelu L&SC 4.0	134
Rysunek 12.	Warstwa fizycznego przepływu pomiędzy pojedynczymi podstawowymi elementami klastra	137
Rysunek 13.	Przepływ informacji pomiędzy klientem, organizacją i klastrem w modelu L&SC 4.0 (warstwa nr 1 przepływu danych cyfrowych) – analiza dostępności zasobów	138
Rysunek 14.	Uruchomienie wytwarzania w modelu L&SC 4.0 przy wykorzystaniu technologii IoT, IoS i komunikacji M2M (warstwa nr 2 przepływu danych cyfrowych) – uruchomienie wytwarzania i fizycznych przepływów	139

Spis tabel

Tabela 1.	Działania cyrkularne w ramach łańcucha produkcyjnego według hierarchii ważności	22
Tabela 2.	Kategorie ryzyka związane z łańcuchem dostaw i czynniki je powodujące	37
Tabela 3.	Rekomendowane działania menadżerskie w przypadku pandemii	47
Tabela 4.	Prognozy ekspertów w kontekście kluczowych czynników mogących mieć wpływ na logistykę i łańcuchy dostaw	57
Tabela 5.	Wpływ scenariuszy na wybrane aspekty otoczenia gospodarczego	59
Tabela 6.	Macierz atrybutów produktów typu kwalifikatory rynkowe oraz zwycięzcy rynkowi w kontekście produktów funkcjonalnych i innowacyjnych	74
Tabela 7.	Ocena znaczenia różnych cech koncepcji <i>Lean</i> i <i>Agile</i>	84
Tabela 8.	Atrybuty tradycyjnych, szczupłych, zwinnych oraz szczupło-zwinnych łańcuchów dostaw	87
Tabela 9.	Wybrane definicje zielonej logistyki	90
Tabela 10.	Definicje logistyki firm zewnętrznych	95
Tabela 11.	Strategie łagodzenia zakłóceń łańcuchów dostaw	112

Monografia *Total Logistic Management. Logistyka i łańcuchy dostaw 4.0* prezentuje futurystyczny model logistyki i łańcuchów dostaw wykorzystujący dzwignię technologiczną Przemysłu 4.0 oraz założenia koncepcji Społeczeństwa 5.0 na tle dynamicznie zmieniającego się otoczenia. Praca podzielona jest na dwie części.

W pierwszej części opisane zostały wybrane wyzwania stojące przed logistyką i łańcuchami dostaw, dotyczące w szczególności zrównoważonego rozwoju i gospodarki cyrkularnej, czwartej rewolucji przemysłowej, Społeczeństwa 5.0, zakłóceń mających wpływ na logistykę i łańcuchy dostaw oraz ich perspektyw ewolucji na tle scenariuszy rozwoju gospodarczego.

Część druga monografii koncentruje się na stosowanych w praktyce koncepcjach logistycznych, tzn. szczupłej, zwinnej, szczupło-zwinnej, odpornej i zielonej logistyki oraz łańcuchów dostaw, które są omawiane w kontekście ich możliwości wykorzystania na tle przedstawionych w publikacji wyzwań. Dwa ostatnie rozdziały są pojęciowym uporządkowaniem koncepcji Total Logistic Management oraz prezentują autorski „Model logistyki i łańcuchów dostaw 4.0”, uwzględniający obecnie stojące przed nimi wyzwania.

Prezentowana książka stanowi dobry punkt wyjścia do akademickiej i praktycznej dyskusji nad przyszłością logistyki i łańcuchów dostaw w tak turbulentnie zmieniającym się otoczeniu.

Książka dostępna również
jako e-book

 **WYDAWNICTWO**
UNIwersYTETU
ŁÓDZKIEGO

 wydawnictwo.uni.lodz.pl

 ksiegarnia@uni.lodz.pl

 (42) 665 58 63

ISBN 978-83-8220-954-9



9 788382 209549