

Paulina KRĘT\*

## WYKORZYSTANIE BIG DATA W ZARZĄDZANIU ZIELONYM ŁAŃCUCHEM DOSTAW

**Słowa kluczowe:** *zarządzanie, łańcuch dostaw, nowe technologie, Big Data, ekologia*

Celem artykułu było ukazanie możliwości zastosowania koncepcji Big Data w zarządzaniu zrównoważonym, zielonym łańcuchem dostaw. Temat ten podjęto, ponieważ nowe technologie oraz ekologia są obecnie największymi wyzwaniami dla logistyki. Na początku opracowania skupiono się na krótkim zaprezentowaniu wpływu ekologii na logistykę. Następnie przybliżono znaczenie koncepcji Big Data oraz przedstawiono, jak przejawia się cyfryzacja w zakresie sieci dostaw. Na samym końcu wytypowano możliwości wykorzystania analizy dużych zbiorów danych w zarządzaniu zielonym łańcuchem dostaw.

### 1. WSTĘP

W ciągu ostatnich lat świadomość społeczna w kwestiach ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju zaczęła dynamicznie się rozwijać. Liczne przedsiębiorstwa w swoich dążeniach do uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku, oprócz zwiększania poziomu obsługi klientów coraz intensywniej koncentrują się na aspektach ekologicznych, które są niezwykle istotne. Efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw, możliwe dzięki doskonaleniu wszystkich procesów zachodzących w jego obrębie oraz sprawnym kształtowaniu jego struktury, coraz częściej dotyka pojęć odnoszących się do praktyk ochrony środowiska m.in. optymalizacji w zakresie szkodliwej emisji spalin i hałasu komunikacyjnego. Na każdym z etapów łańcucha dostaw konieczne jest dogłębne studium relacji występujących pomiędzy jego poszczególnymi ogniwami oraz podejmowanie stosownych decyzji, uwzględniających zapewnienie bezpieczeństwa ekologicznego. Aby działania zarządcze w zakresie realizowania polityki proekologicznej były skuteczne, powinno się je wspierać poprzez analizę dużych zbiorów danych (Big Data), która jest obecnie, niejednokrotnie wykorzystywana do optymalizacji i rozwiązywania procesów decyzyjnych. Połączenie technologii analitycznych oraz ekologicznych innowacji może stać się dla przedsiębiorstwa rozwiązaniem pozwalającym efektywnie zadbać o środowisko naturalne.

---

\*Europejskie Koło Logistyczne Feniks, Politechnika Śląska.

## 2. EKOLOGIA W LOGISTYCE

### 2.2. WZROST ZNACZENIA EKOLOGISTYKI

Ekologistyka przykłada spore znaczenie nie tylko do aspektów ekonomicznych, ale także do kształtowania i ochrony środowiska oraz realizacji oczekiwań społecznych, dotyczących m.in. prozdrowotnego, ekologicznego i odpowiedzialnego wykorzystywania posiadanych zasobów oraz bezpiecznego gromadzenia i usuwania odpadów [1]. Dynamiczny rozwój przemysłu w znaczącym stopniu przyczynia się do degradacji środowiska przyrodniczego, zaburza funkcjonowanie ekosystemów i negatywnie oddziałuje na samego człowieka. Zanieczyszczenia przemysłowe, przejawiające się przykład w postaci smogu, powodują olbrzymie, niekorzystne skutki dla organizmów żywych. U ludzi mogą one obejmować bóle głowy, podrażnienie błon śluzowych, rozwój chorób przewlekłych i nowotworowych, utrudnienia w funkcjonowaniu układu oddechowego, czy również obniżenie wydajności pracy narządów. Wzrost świadomości ekologicznej powoduje, że problemy te są coraz częściej poruszane przy formułowaniu polityki i strategii ekologicznego rozwoju przedsiębiorstw, tak aby skoordynować wszystkie pola ich działalności z ochroną gospodarki naturalnej i zdrowia społeczeństwa. W zarządzaniu pojawiają się tendencje do poszukiwania nowych i bardziej proekologicznych rozwiązań, przyczyniających się do minimalizacji licznych zagrożeń środowiskowych. Podejmowane są kroki, które mają na celu kształtowanie wyższej jakości procesów realizowanych w przedsiębiorstwach, na przykład redukcja ilości odpadów i opakowań, rozwijanie systemu recyklingu i gospodarki obiegowej oraz ograniczanie wielkości emisji gazów cieplarnianych powstających np. podczas procesów produkcyjnych i transportowych.

Globalne ocieplenie oraz niebezpieczeństwo degradacji biosfery powodują, że coraz usilniej dąży do tego, by prowadzić swoją działalność w zgodzie i z poszanowaniem środowiska, jednocześnie respektując przepisy prawne obowiązujące w tym zakresie. Żeby stało się to możliwe, konieczne jest odpowiednie planowanie, a następnie realizacja i monitorowanie przepływu dóbr na każdym etapie łańcucha dostaw – od miejsca wytwarzania wyrobów, aż do ich ostatniego użytkownika. Pojawienie się licznych, ekologicznych postulatów, tj.: ochrona różnorodności biologicznej, tworzenie warunków sprzyjających wprowadzaniu systemów zarządzania środowiskowego, przystosowanie do zmian klimatu i wdrożenie zasad zrównoważonego rozwoju fundamentalnie przekształca sposób funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw i łańcuchów dostaw [2].

### 2.3. ZIELONY ŁAŃCUCH DOSTAW

Pojęcie zielonego łańcucha dostaw można interpretować znacznie szerzej niż jego terminy bliskoznaczne, tj.: ekologistyka, zielona logistyka, logistyka odwrotna, logistyka odzysku czy również pokrewne koncepcje, tj. ekologiczny, zrówno-

ważony lub odpowiedzialny łańcuch dostaw. Mają one węższy zakres pojęciowy i dotyczą jedynie strumienia odpadów, natomiast zielony łańcuch dostaw integruje myślenie proekologiczne z projektowaniem produktu, wyborem i pozyskiwaniem materiałów, optymalnym sterowaniem procesami w całym łańcuchu (od procesów produkcyjnych, po transportowe), kontrolowaniem tych procesów oraz zarządzaniem zwrotami i wyrobami, których cykl życia został zakończony [3]. Całkowity przepływ począwszy od źródła zielonego łańcucha, poprzez wszystkie jego formy pośrednie, aż wreszcie skończywszy na kliencie finalnym nie może powodować szkód w naturalnym środowisku, a także nie powinien przyczyniać się do zwiększenia ilości produkowanych odpadów. Jednocześnie musi on prowadzić do zminimalizowania zużycia wody oraz energii. Bardzo istotne jest również uwzględnienie wzajemnych powiązań i interakcji zachodzących pomiędzy poszczególnymi ogniwami zielonego łańcucha a środowiskiem przyrodniczym.

Najważniejsze elementy, które powinno obejmować zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw to:

- ekoprojektowanie, czyli dążenie do zmniejszenia, a nawet całkowitego usunięcia negatywnego wpływu wytwarzanego produktu lub opakowania na przyrodę w całym cyklu jego życia, a także systematyczne poszukiwanie nowych, ekologicznych materiałów i rozwiązań w zakresie ochrony środowiska [4];
- odpowiedni dobór kontrahentów, oparty na wcześniej opracowanych standardach, czyli potwierdzenie zgodności polityki, strategii oraz działań dostawców i usługodawców z zasadami likwidacji zanieczyszczeń i racjonalnego wykorzystywaniu zasobów;
- zielona gospodarka zapasami i zasobami - redukcja, a nawet próba stałego wyeliminowania nadmiaru materiałów i odpadów powstających w procesach produkcyjnych poprzez ich optymalizację, ponowne wykorzystanie, regenerację i recykling [5];
- proekologiczne wytwarzanie – ujęcie niskiego generowania zanieczyszczeń, zredukowania wpływu na gospodarkę naturalną oraz ograniczenia zużycia surowców i energii jako priorytetów w planowaniu i sterowaniu produkcją, a także wtórne wykorzystywanie odpadów poprodukcyjnych i użytkowanie wyłącznie tych materiałów, które są bezpieczne dla środowiska;
- marketing ekologiczny – uwzględnianie w strategii marketingowej interesu społecznego poprzez zaspakajanie potrzeb klientów w kwestii rozwoju procesów dbających o środowisko i równowagę ekologiczną;
- proekologiczna dystrybucja – jest związana ze zwiększoną odpowiedzialnością producentów, ponieważ odpowiadają oni za dostarczenie produktu oraz jego oddziaływanie na środowisko naturalne również w fazie pozakonsumpcyjnej [6];

- logistyka zwrotów – ponowne wykorzystanie i regeneracja produktów oraz opakowań wcześniej wycofanych z użytkowania, a ponadto odpowiednie gospodarowanie odpadami niebezpiecznymi, które nie będzie zagrażało naturze.

Kompleksowe podejście do zarządzania zielonym łańcuchem dostaw obejmujące wszystkie z wymienionych elementów niewątpliwie jest podstawą do projektowania i wdrażania ekoinnowacji, ponieważ uwzględnia wpływ danego łańcucha na środowisko oraz występujące pomiędzy nimi a przyrodą zależności. W przyszłości, oprócz wciąż zwiększającego się poziomu świadomości w kwestii ochrony środowiska naturalnego i chęci zrównoważenia rozwoju przedsiębiorstw, będziemy mogli spodziewać się także przemian w zakresie modelu rozwoju usług logistycznych oraz coraz większego wpływu innowacyjnych i nowoczesnych technologii na zarządzanie. Ekologiczna rekonfiguracja działań i zmiana strategii logistycznej staną się wkrótce niezbędne.

### 3. CYFROWA TRANSFORMACJA

#### 3.1. KONCEPCJA BIG DATA

Rozwój narzędzi informatycznych oraz technologii zajmujących się rejestrowaniem, przetwarzaniem i udostępnianiem danych spowodował, że z różnych punktów przepływu w łańcuchu dostaw jesteśmy w stanie pozyskiwać ogromne ilości danych biznesowych, na podstawie których przedsiębiorstwo może kreować swoją wiedzę i wykorzystywać ją w celach ekonomicznych. Do eksplozji napływu danych przyczynił się m.in. radykalny wzrost ich źródeł (np. social media, inteligentne systemy transportowe, mobilne aplikacje) i narzędzi ich zbierania, rozwój e-commerce i przyrost transakcji elektronicznych. Dane napływają w czasie rzeczywistym z dużym natężeniem i o dużej różnorodności, dlatego ich przetwarzanie przy użyciu powszechnie dostępnych metod staje się niewystarczające. Koncepcja Big Data oznacza duże ilości cyfrowych, różnorodnych, rozproszonych i zmiennych zbiorów danych gromadzonych oraz udostępnianych poprzez sieci telekomunikacyjne. Zbiory te wymagają innowacyjnych i zaawansowanych technologicznie metod oraz narzędzi umożliwiających przechwytywanie, przechowywanie, dystrybucję, zarządzanie oraz wizualizację i analizę pozyskanych informacji [7]. Jest to więc kompleksowe podejście nie tylko do samych danych, ale i do sposobu prowadzenia analityki biznesowej, która powinna dostarczać użytecznych informacji i przyczyniać się do podejmowania skutecznych decyzji w przedsiębiorstwie.

#### 3.2. CYFRYZACJA ŁAŃCUCHÓW DOSTAW

Cyfryzacja jest procesem polegającym na wprowadzaniu nowoczesnych technologii do sfery technicznej, ekonomicznej, organizacyjnej oraz społecznej w danym przedsiębiorstwie. Odbywa się ona przy użyciu techniki cyfrowej oraz systemów

informatycznych, a oparta jest na danych, które są analizowane i wykorzystywane w celu podejmowania decyzji biznesowych. Celem cyfryzacji jest wprowadzenie do powszechnego użytku urządzeń i systemów cyfrowych oraz wdrażanie nowatorskich produktów i usług, które powiązane są często z nowymi formami zarządzania.

W obrębie logistyki cyfryzacja przejawia się w elementach takich jak:

- Internet Rzeczy (IoT – Internet of Things);
- wszechobecna łączność między wszystkimi działami przedsiębiorstwa i ogniwami łańcucha dostaw;
- aplikacje oraz usługi, które oparte są na chmurach obliczeniowych (cloud computing);
- analityka dużych zbiorów danych (Big Data Analytics);
- automatyzacja i robotyzacja procesów oraz pracy;
- wielokanałowe (multi-channel) oraz wszechkanałowe (omni-channel) modele dystrybucji produktów i usług [8].

Pierwszym etapem adaptacji cyfrowej jest zapewnienie łączności. Odbywa się to poprzez zbieranie, czyszczenie i porządkowanie danych z różnych punktów łańcucha dostaw przy pomocy np.: czujników i automatycznej identyfikacji, Internetu Rzeczy, chmur obliczeniowych. W kolejnym etapie następuje automatyzacja, czyli wprowadzenie do łańcucha dostaw zautomatyzowanych systemów, elementów robotyki i technologii wykonujących powtarzalne zadania. Trzecim etapem jest zaawansowana analityka przewidująca przyszłe wyniki i znajdująca optymalne rozwiązania. Ostatni etap to sztuczna inteligencja, która służy chociażby do prognozowania popytu, planowania łańcucha dostaw, zarządzania magazynem i transportem.

Integracja technologii cyfrowych z łańcuchami dostaw jest obecnie koniecznością w utrzymaniu przewagi konkurencyjnej na rynku. Pozwala ona zapewnić całodobowy i przejrzysty dostęp do informacji oraz narzędzi i mechanizmów, które poprzez połączenie ze sobą usprawniają zarządzanie terminowością dostaw i całą siecią przemieszczania dóbr. Zintegrowane systemy zwiększają przejrzystość monitorowania realizowanych procesów, usprawniają komunikację i kooperację pomiędzy poszczególnymi ogniwami łańcucha, wspomagają podejmowanie decyzji menedżerskich, a także w jednym miejscu dają dostęp do informacji z każdego punktu łańcucha.

#### 4. BIG DATA W ZARZĄDZANIU ZIELONYM ŁAŃCUCHEM DOSTAW

Wykorzystanie Big Data w kształtowaniu zielonego łańcucha dostaw ma olbrzymi potencjał, choć nie jest jeszcze dość powszechne. Umożliwia ono uzyskanie większego wglądu we wszystkie procesy zachodzące w obszarze danego łańcucha, a w oparciu o skuteczne przetwarzanie danych ułatwia projektowanie i tworzenie zrównoważonych systemów. Poprzez integrację cyfryzacji, automaty-

zacji i analizy zwiększają się również szanse na efektywną implementację proekologicznych projektów, które, aby przyniosły zamierzone efekty, muszą być wdrażane w oparciu o raporty i badania wysokiej jakości. Wnioski wyciągnięte na podstawie posiadanych zbiorów danych są wsparciem przy podejmowaniu przez przedsiębiorstwo ważnych decyzji związanych z realizacją programów nakierowanych na ochronę środowiska naturalnego.

Jednym z najistotniejszych działań w zakresie realizacji zrównoważonej polityki danego przedsiębiorstwa jest identyfikacja i wybór odpowiednich kontrahentów, którzy kierują się kryteriami środowiskowymi i celami zrównoważonego rozwoju. Przy podejmowaniu decyzji o nawiązaniu współpracy bardzo pomocna okazuje się analiza optymalizacyjna. Dzięki niej, na podstawie zgromadzonych danych możliwe jest trafne wytypowanie potencjalnych dostawców. Elektroniczne systemy przetwarzające i przechowujące dane pozwalają na szybkie przygotowanie zestawień i obliczeń wspomagających procesy podejmowania decyzji, a ponadto mogą ukazywać nowe rozwiązania projakościowe. W omawianym przypadku Big Data ułatwia znalezienie pewnego kompromisu, przykładowo pomiędzy ceną oferowanych surowców i materiałów, wielkością śladu węglowego oraz jakością dostarczanego towaru, tak aby wskazać podmiot, który proponuje możliwie najwyższej jakości surowce, w korzystnej cenie i przy emitowaniu minimalnej ilości dwutlenku węgla.

Kolejna możliwość wykorzystania analizy Big Data odnosi się do zmniejszania zużycia zasobów i ilości zanieczyszczeń produkowanych przez przedsiębiorstwo. Dzięki wykorzystaniu inteligentnych czujników i bieżącemu monitorowaniu parametrów przez nowoczesne technologie pomiarowe możliwe jest optymalizowanie procesów produkcyjnych pod względem emisji związków gazowych. Dzięki zebranej bazie danych przedsiębiorstwo ma możliwość prześledzić, na których etapach procesu produkcyjnego wydzielane są zanieczyszczenia m.in. metalami ciężkimi, związkami organicznymi i tlenkami azotu, węgla oraz siarki. W punktach krytycznych można zastosować specjalne instalacje sorpcyjne np. adsorbentery i absorbentery, rozważyć poprawę konstrukcji parku maszynowego, wprowadzić paliwa niskoemisyjne zamiast paliw stałych i ciężkiego oleju opałowego lub zmodyfikować skład mas i wprowadzić do nich dodatki bogate w wapń, które neutralizują szkodliwe kwasy. Monitorowanie procesów dostarcza również informacji o nieefektywnym przetwarzaniu surowców oraz ich nadmiarze. Obecnie na rynku istnieje szereg programów ułatwiających śledzenie stanów magazynowych, które gromadzą i udostępniają dane historyczne. Na ich podstawie opracowuje się raporty i prognozy umożliwiające zrównoważone gospodarowanie posiadanymi zasobami, a także zmniejszenie ich konsumpcji.

W transporcie dane gromadzone są przede wszystkim przez inteligentne systemy transportowe, czyli sieci czujników połączone z systemami informacyjnymi i urządzeniami monitorującymi. Dane mogą być wprowadzane przez kierowcę pojazdu lub pozyskiwane w sposób bezpośredni z urządzenia telematycznego [9].



Na podstawie rejestrów uzyskanych np. z mierników jakości powietrza można wyznaczyć trasę przejazdu, która będzie nie tylko korzystna ekonomicznie, ale i zrównoważona względem środowiska - czujniki dają możliwość śledzenia natężenia ruchu na danym odcinku trasy i kontrolowania poziomu emisji szkodliwych spalin. Big Data usprawnia także projektowanie wydajnych tras w magazynach, aby zminimalizować zużycie paliwa lub energii przez wózki widłowe, drony i podobne pojazdy wykorzystywane w transporcie wewnątrzzakładowym.

Transformacja ekologiczna zachodzi również w obszarze produktów, opakowań i odpadów. Duże zbiory danych pozwalają prześledzić informacje związane z losami produktu po jego wprowadzeniu na rynek, a także mogą zaproponować najbardziej skuteczne strategie marketingowe i wyznaczyć grupę klientów, do której należy je skierować. Dzięki takim działaniom można lepiej przewidywać potrzeby łańcucha dostaw, dokładniej prognozować podaż i popyt oraz realizować zrównoważone dostawy. W ten sam sposób jak losy produktu można śledzić losy opakowań oraz odpadów, tak, aby wyeliminować ich negatywny wpływ na środowisko.

Działania te nie są jeszcze niestety wykorzystywane na wysoką skalę, a spora ilość prób ich implementacji kończy się niepowodzeniem. Niemniej jednak automatyzacja, cyfryzacja i procesy sieciowe są przyszłością gospodarki, tak samo jak eko-innowacje i energooszczędność.

## 5. PODSUMOWANIE

Ekologia jest niewątpliwie coraz bardziej istotnym tematem, a przeprowadzenie analizy literaturowej ukazało, że w zakresie logistyki dotyka ona praktycznie każdego z jej aspektów. Świadomość społeczeństwa wzrasta, a co za tym idzie wzrastają wymagania wobec działalności przedsiębiorstw i funkcjonowania łańcuchów dostaw. Organy zarządzające przedsiębiorstwami są świadome zmian zachodzących w społeczeństwie, a także konieczności równoważenia skutków działalności przemysłowej. W związku z tym w przyszłości możemy spodziewać się silnego rozwoju innowacyjności proekologicznej, wspieranej przez analitykę dużych zbiorów danych. Efektywne korzystanie z koncepcji Big Data może jednak nastroczać problemów organizacyjnych, gdyż wymaga implementacji licznych narzędzi, z których dane będą pozyskiwane. Jednakże nowoczesne technologie są przyszłością w zarządzaniu łańcuchem dostaw i mogą efektywnie wspierać ekologiczne cele przedsiębiorstw.

## LITERATURA

- [1] BARTCZAK K., *Zielony łańcuch dostaw – przykłady zastosowania*, Przedsiębiorczość I Zarządzanie, 2016, vol., Wydawnictwo SAN, tom XVII, zeszyt 12, część 1, str. 23-39
- [2] SZPRĘGLEWSKA P., ZIĘBA M., *Ekologia jako nowy pomysł na sukces. Rozwój łańcucha dostaw z uwzględnieniem ochrony środowiska*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie, 2013, nr 60, str. 111-125
- [3] SRIVASTAVA S.K., *Green supply-chain management: A state-of-the-art. Literature review*, International Journal of Management Reviews, 2007, vol. 9, issue 1, str. 53-80
- [4] PISAREK A., *Od szczupłego do zielonego zarządzania łańcuchem dostaw na przykładzie branży motoryzacyjnej*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2018, nr 505, str. 243-262
- [5] MARYNIAK A., *Aktywności prośrodowiskowe realizowane w łańcuchach dostaw*, Autobusy, 2018, nr 6, str. 1074-1077
- [6] BRANDYS A., *Marketing ekologiczny – założenia, perspektywy*, Zeszyt Naukowy Wyższej Szkoły Zarządzania i Bankowości w Krakowie, 2013, nr 27, str. 53-65
- [7] GANDOMI A., HAIDER M., *Beyond the hype: Big Data concepts, methods and analytics*, International Journal of Information Management, 2015, vol. 35, issue 2, str. 137-144
- [8] GREWIŃSKI M., *Cyfryzacja i innowacje społeczne – perspektywy I zagrożenia dla społeczeństwa*, Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie, 2018, nr 1, str. 19-29
- [9] WAŻNA A., *Wpływ inteligentnych systemów transportowych na oszczędność czasu w transporcie pasażerskim*, Logistyka, 2014, nr 6, str. 10963-10969

## USE OF BIG DATA IN GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

**Key words:** *management, supply chain, new technologies, Big Data, ecology*

The aim of the article was to show the possibility of applying the Big Data concept in the management of a sustainable, green supply chain. This topic was taken up because new technologies and ecology are currently the greatest challenges for logistics. At the beginning of the study, the impact of ecology on logistics was briefly presented. Then, the meaning of the Big Data concept and how the digitization of the supply network manifests itself were shown. Finally, the possibilities of using data analysis in green supply chain management were selected.

Corresponding author:  
e-mail: paulinaakret@gmail.com