

DYT CZAK Mirosław¹
GINDA Grzegorz²

Zielona logistyka

WSTĘP

Proekologiczna – „zielona” – logistyka (ang. Green Logistics, GL) wynika z dążenia do ograniczenia niekorzystnego wpływu systemów logistycznych na otoczenie. Stanowi ona koncepcję [27,38], związaną z realizacją międzynarodowych konwencji i wynikających stąd obowiązków nałożonych na państwa i korporacje. Proekologiczne inicjatywy dotyczą różnych aspektów logistyki. W artykule scharakteryzowano je na przykładach zaczerpniętych z najświeższej literatury przedmiotu. Warto przy tym zauważyć powiązania (a także różnice) między proekologicznym – „zielonym” – łańcuchem dostaw (ang. Green Supply Chain, GSC) a pokrewną koncepcją zrównoważonego łańcucha dostaw (ang. Sustainable Supply Chain, SSC) [32].

1. PROEKOLOGICZNA LOGISTYKA WE WSPÓŁCZESNYCH BADANIACH

Obecnym trendem w rozwoju modeli ilościowych we wspomaganie decyzji w logistyce ukierunkowanej na zrównoważony rozwój, w tym również proekologicznej logistyce przypatrzyli się w przeglądowym artykule [3] Brandenburg i inni, a także Dekker i inni [8].

Zwróćmy uwagę na to, że znaczenie transportu drogowego we współczesnych procesach logistycznych oraz jego wpływ na otoczenie znalazł odzwierciedlenie w publikacjach związanych z tematyką „zielonej” logistyki. Pośród prac poświęconych zagadnieniom proekologicznym w transporcie wyróżniają się 2 przeglądowe publikacje. Pierwszą – Demira i innych [9] – poświęcono najnowszym badaniom na temat proekologicznego towarowego transportu drogowego. W drugiej – autorstwa Lina i innych [22] – przedstawiono historyczne i przyszłe trendy badawcze w zagadnieniach proekologicznego wyznaczania tras, w tym również także w kontekście „zielonej” logistyki. Uwzględniono przy tym kombinatoryczny charakter takich zagadnień [37].

Zauważmy, że dla ograniczenia niekorzystnego wpływu transportu na środowisko posługujemy się nie tylko standardowymi instrumentami np. regulacjami prawnymi i środowiskowymi. Ważną rolę odgrywa również właściwa organizacja operacji transportowych. Służy temu proekologiczne – „zielone” planowanie tras. Z uwagi na ograniczoną ilość miejsca temu zagadnieniu poświęcono jednak odrębne opracowanie.

Na podstawie literatury można wyróżnić różne rodzaje tematyki badawczej proekologistycznej logistyki. Można przy tym wyróżnić następujące 2 grupy ogólnych zagadnień:

1. Modelowanie i optymalizacja systemów logistycznych.
2. Analiza uwarunkowań powodzenia we wdrażaniu „zielonej logistyki”.

2. SZCZEGÓŁOWE PROBLEMY BADAWCZE „ZIELONEJ LOGISTYKI”

2.1 Modelowanie i optymalizacja systemów logistycznych

Doskonalenie proekologicznego łańcucha dostaw wiąże się z doskonalenia praktyk dotyczących proekologicznych zakupów, projektowania i współpracy z partnerami. W celu wspomaganie tych procesów jest konieczna ocena łańcucha. W pracy [28] zaproponowano zastosowanie w tym celu Analizy Obwiedni Danych (DEA). Zmodyfikowano ją jednak w sposób pozwalający na uwzględnienie czynników o podwójnym charakterze, niekorzystnych czynników wyjściowych

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce, Pracownia Zastosowań Metod Wielokryterialnych; 30-067 Kraków; ul. Gramatyka 10. Tel: + 48 12 617-43-21, mdytczak@gmail.com, mdytczak@zarz.agh.edu.pl

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce, Pracownia Zastosowań Metod Wielokryterialnych; 30-067 Kraków; ul. Gramatyka 10. Tel: + 48 12 617-43-21, gg.ginda@gmail.com, gginda@zarz.agh.edu.pl

i danych rozmytych. W pracy Tsenga i innych [41] porównano sieciowe i hierarchiczne postaci zależności między różnymi aspektami uwzględnianymi w trakcie oceny proekologicznego łańcucha dostaw przy uwzględnieniu wpływu niepewności. Do wyznaczenia znaczenia aspektów wykorzystano liczby rozmyte i Analizę Sieciową Procesów (ANP) Saaty'ego. Przeprowadzona analiza wykazała, że uwzględnienie sieciowych powiązań między aspektami daje bardziej wiarygodne wyniki.

Kannan i inni [16] opracowali wielokryterialny model wspomagający wybór ekologicznych – „zielonych” dostawców. Wykorzystali w tym celu rozmyty wariant wielokryterialnej metody wspomagania decyzji TOPSIS. Zidentyfikowali w tym celu cztery zasadnicze kryteria wyboru dostawców: (a) oszczędność materiału, możliwość ponownego wykorzystania, recyklingu i odzysku materiału, (b) oszczędność i możliwość odzysku energii, (c) zgodność z wymaganiami prawnymi i audytorskimi, (d) brak materiałów niebezpiecznych. Dou i inni [10] przedstawiają model służący ocenie programów rozwoju proekologicznych dostawców. Uwzględnia on współzależności między programami a efektywnością dostawców. Jego oryginalność polega na połączeniu metodyki ANP z elementami teorii systemów szarych.

Jin i inni [15] proponują szereg modeli optymalizacyjnych dla sprzedawców detalicznych, generujących znaczący przepływ towarów. Są one dostosowane do różnych uwarunkowań podatkowych, związanych z obciążeniem emisji zanieczyszczeń. W ilustrujących przykładach zostały pokazane możliwości przeprowadzania analiz wrażliwości. W pracy Cao i Zhanga [4] wykorzystano narzędzia teorii gier do ustalenia właściwego poziomu cen na podstawie kooperatywnej strategii podejmowania decyzji. Użyto przy tym modelu uwzględniającego zróżnicowanie użyteczności produktów oraz modelu zysków wykorzystującego informację o rynkowym zapotrzebowaniu, wynikającym ze zróżnicowanej użyteczności produktu. Przedstawione podejście pozwala osiągnąć korzyści wszystkim uczestnikom proekologicznego łańcucha. Zyski te odpowiadają równowadze w grze. Narzędzia teorii gier stosują również w pracy Zhang i Liu [50] przy rozpatrywaniu trójpoziomowego łańcucha dostaw, odpowiadającego rynkowi, na którym popyt jest proporcjonalny do stopnia ekologiczności produktu. Wykorzystano przy tym 4 różne narzędzia teorii gier. Ponownie okazało się, że najlepsze rezultaty, w odniesieniu do całego systemu, jak i poszczególnych uczestników, otrzymujemy w przypadku pełnej współpracy w produkcji i marketingu produktu. Podejścia zastosowane w obu z wymienionych prac pomagają koordynować indywidualne strategie poszczególnych uczestników łańcucha.

Lun i inni [25] identyfikują 3 proekologiczne sieci dostaw w regionie delty Perłowej Rzeki w Chinach. Wielkość środowiskowych strat jest określana na podstawie analizy kosztów barek transportowych i wykorzystania kontenerów. Informacja na temat strat jest wykorzystywana do optymalizacji zidentyfikowanych sieci. W pracy Yanga i innych [47] podjęto próbę modelowania sieci logistycznej w warunkach oddziaływania podatku od emisji związków węgla. W sieci są użytkowane zasoby charakteryzujące się niskim poziomem emisji. Wykorzystano bilinearny, wklęsły model mieszanego programowania całkowitoliczbowego. W wyniku jego zastosowania uzyskujemy różne szczegółowe konfiguracje sieci, odpowiadające zmieniającym się poziomom podatku. Dzięki doborowi odpowiedniej konfiguracji sieci i wykorzystywanych zasobów można wydatnie zredukować koszty i poziom emisji zanieczyszczeń.

Publikację Muduli i innych [30] poświęcono zagadnieniu identyfikacji przeszkód we wprowadzaniu zarządzania proekologicznym łańcuchem dostaw w indyjskich kopalniach. Do jego modelowania i rozwiązania wykorzystano grafy i macierze.

Zagadnieniem związanym z usługami zainteresował się Wang [42]. Zwrócono w niej uwagę, że ocena proekologicznych praktyk jest złożonym zagadnieniem z uwagi na występowanie licznych, wzajemnie zależnych, czynników o jakościowym charakterze. Dlatego też, wykorzystano w pracy zbiory rozmyte i Analizę Hierarchiczną Procesów (AHP) Saaty'ego do wyrażenia wpływu czynników. Dla ilustracji użyteczności opracowanego modelu wykorzystano przykład hotelu. Na jego podstawie określono kluczowe czynniki dla powodzenia wdrożenia „zielonego” zarządzania łańcuchem dostaw: zaangażowanie w praktyki środowiskowe, recykling i ponowne użycie materiałów, efektywność zużycia i oszczędność energii, oświetlenie, efektywność i oszczędność w gospodarowaniu wodą,

walory krajobrazowe, zarządzanie sanitarno-epidemiologiczne, stosowanie szkodliwych i niebezpiecznych substancji, transport i kupno.

Pishvae i inni [34] proponują wykorzystanie dwukryterialnego, rozmytego modelu programowania matematycznego, wykorzystującego pojęcie wiarygodności, do wspomaganie projektowania logistycznej sieci w warunkach niepewności. Model pozwala wyznaczyć kompromis między kosztami sieci i emisją zanieczyszczeń. Do rozwiązania zagadnienia wykorzystano interakcyjne podejście rozmyte. Dla ilustracji modelu wykorzystano przykładowe zagadnienie. W publikacji Kannana i innych [17] zastosowano model mieszanego programowania liniowego służący wspomaganie projektowania sieci logistyki zwrotnej. Model pozwala ograniczyć emisję CO₂. Odpowiada on lokalizacyjno-transportowemu zagadnieniu optymalizacyjnemu, związanemu z proekologicznym, procesem pozbywania się zużytego produktu. Model zweryfikowano na przykładzie produktów z tworzyw sztucznych.

Andiç i inni [2] zainteresowali się możliwością wdrożenia zarządzania odpadami, jako wstępnego etapu implementacji „zielonego” łańcucha dostaw w działalności przedsiębiorstw tureckich, dostarczających urządzenia elektroniczne. Opinie zebrane w przedsiębiorstwach potwierdzają potencjalną użyteczność implementacji zarządzania odpadami w procesie wdrażania proekologicznego łańcucha dostaw. Na podstawie zebranych danych skonstruowano koncepcyjny model, który wyraża dynamikę współzależności między partnerami w łańcuchu dostaw w odniesieniu do kształtowania „zielonej” świadomości.

W publikacji Chena i innych [6] przedstawiono zastosowanie Analizy Sieciowej Procesów (ANP) Saaty’ego wspomagający wybór strategii zarządzania proekologicznym łańcuchem dostaw. Wykorzystany model dostosowano do potrzeb przemysłu elektronicznego. Model pozwala określić wskazuje najlepszy sposób wykorzystania zasobów przedsiębiorstwa w ekologizacji łańcucha dostaw. W modelu porównano wpływ czynności związanych poszczególnymi aspektami cyklu życia produktu – projektowaniem, zakupami, wytwarzaniem oraz marketingiem i serwisem – w kontekście stopnia „ekologiczności” (ang. greenness). W wyniku zastosowania modelu otrzymujemy informację o najbardziej istotnym rodzaju działalności dla każdej z funkcji biznesowych. Użyteczność modelu zilustrowano na przykładzie tajwańskiego przedsiębiorstwa branży elektronicznej.

Pracę [11] poświęcono zagadnieniu projektowania proekologicznej sieci dostaw z uwzględnieniem ograniczeń w emisji CO₂. Kosztom emisji towarzyszą stałe i zmienne koszty. Wielkość emisji uzależniono wyrażono wklęsłą funkcją masy pojazdu. W celu rozwiązania zagadnienia wklęsłej minimalizacji wykorzystano relaksację Lagrange’a do jego dekompozycji. W ten sposób wyróżniono 2 łatwiejsze do rozwiązania zagadnienia: zagadnienia lokalizacji obiektu z pojedynczym źródłem dostaw oraz wklęsłego zagadnienia plecakowego. Rozwiązanie oryginalnego zagadnienia uzyskano dzięki zastosowaniu heurystyki Lagrange’a wykorzystującej rozwiązanie podproblemu i zapewniającej uzyskanie 1-procentowej dokładności. Otrzymane rezultaty przykładowych analiz wskazują istotny wpływ kosztów emisji zanieczyszczeń na optymalną konfigurację łańcucha dostaw. Zagadnienie ograniczeń emisji związków węgla poruszają również Pradenas i inni [35]. Ograniczają się jednak jedynie do optymalizacji tras przewozu towarów pojazdami drogowymi. Uwzględniają przy tym powrót pojazdów do bazy. Dzięki wykorzystaniu kooperatywnej gry wykazali oni również, że w ograniczeniu emisji może wydatnie pomóc współpraca firm transportowych.

Liu i inni [24] zajęli się zagadnieniem wielowymiarowej integracji proekologicznego marketingu z zarządzaniem łańcuchem dostaw realizującym cele zrównoważonego rozwoju. Taka integracja sprzyja zaspokajaniu „zielonych” potrzeb klientów. W pracy przedstawiono model 6Ps integrujący „zielony” marketing z zarządzaniem łańcuchem dostaw w 6 wymiarach: produktu, promocji, planowania, przetwarzania, kadr i przedsięwzięcia. Przy tworzeniu modelu wykorzystano wyniki badań doświadczalnych nad wymiarami, strategiami oraz czynnikami sprzyjającymi i przeszkadzającymi wielowymiarowej integracji. Model uwzględnia przepływ zasobów – informacji, materiałów i funduszy wieloma drogami między „zielonym” marketingiem a zrównoważonym łańcuchem dostaw.

2.2 Analiza uwarunkowań powodzenia we wdrażaniu „zielonej logistyki”

Kształtowanie łańcucha dostaw

Identyfikacji determinant efektywności proekologicznego łańcucha dostaw podjęli się Ramanathan i inni [36]. Wykorzystują w tym celu opinie pozyskane od pracowników przedsiębiorstw brytyjskich. Wypracowana trójpoziomowa koncepcja współpracy pozwala przedsiębiorstwom na poprawę efektywności współpracy z dostawcami i klientami dla osiągnięcia celów proekologicznych. Govindan i inni [13] identyfikują kluczowe bariery dla implementacji zarządzania proekologicznym łańcuchem dostaw na przykładzie przemysłu indyjskiego. Korzystają w tym celu z Analizy Hierarchicznej Procesów (AHP) Saaty'ego i analizy wrażliwości. Mathiyazhagan i inni [26] dokonują analizy przeszkód we wdrażaniu zarządzania proekologicznym łańcuchem dostaw w przemyśle motoryzacyjnym. Wstępnie zidentyfikowali 26 barier. Następnie przeprowadzili ilościową analizę powiązań między tymi barierami. Wykorzystali do tego Interpretacyjne Modelowanie Strukturalne (ang. Interpretive Structural Modelling, ISM).

Artykuł [12] poświęcono ocenie rzeczywistych środowiskowych, ekonomicznych i trudno mierzalnych rezultatów wynikających z wykorzystania reguł „zielonego” łańcucha dostaw. Zidentyfikowano również wpływ ekologicznego projektu produktu na 4 rodzaje rezultatów: środowiskowych, gospodarczych, redukcję kosztów i trudno mierzalnych. Wywiad pocztowy wskazuje na to, że zwrotna logistyka wywiera znaczący wpływ jedynie na redukcję kosztów, a „zielone” zakupy nie wpływają na żaden z rodzajów rezultatów. Pozyskane opinie wskazują również na to, że produkt przyjazny środowisku, odbiór zużytych produktów i opakowań stanowią podstawowe źródła korzyści dla środowiska, związane z efektami polegającymi na redukcji odpadów i lepszym wykorzystaniu materiałów, a także korzyści dla przedsiębiorstwa – redukcji kosztów i innych korzyści.

Praca Zhu i innych [52] porusza zagadnienie proekologicznych zamówień publicznych, które są postrzegane jako efektywny środek kształtowania produkcji i konsumpcji w duchu zasad zrównoważonego rozwoju. Na podstawie badań ankietowych stwierdzono, że czynnikami szczególnie motywującymi do stosowania proekologicznych zamówień są uregulowania prawne, naciski akcjonariuszy, premie i inne zachęty. Okazuje się także, że ważnym czynnikiem demotywującym są uregulowania dobrowolne, nie usankcjonowane prawnie.

Zarządzaniem łańcuchem dostaw

Ying i Li-Jun [49] przedstawiają studium porównawcze proekologicznego i typowego zarządzania łańcuchem dostaw. W wyniku porównania zidentyfikowano wkład metodyki „zielonego” zarządzania w zarządzania łańcuchami dostaw. Porównania dokonano na gruncie zasady ekonomii obiegowej (ang. circular economy), wykluczającej możliwość wprowadzania pozostałości zużytych produktów do biosfery.

Lai i Wong [20] przeprowadzili badania ankietowe w przedsiębiorstwach, prowadzące do powiązania uzyskiwanych rezultatów z proekologicznym zarządzaniem logistyką. Zidentyfikowali przy tym składniki zarządzania – praktyki: wykorzystujące procedury, oceny, współpracy z partnerami oraz ogólne praktyki zarządzania środowiskowego. Powiązali zarządzanie ze środowiskowymi i operacyjnymi rezultatami działań. Określili instytucjonalne i operacyjne uwarunkowania wprowadzenia zarządzania proekologiczną logistyką przez przedsiębiorstwa zorientowane na eksport. Zbadali wpływ uregulowań prawnych na relację między „zielonym” zarządzaniem a uzyskiwanymi rezultatami. Przeprowadzone badania potwierdzają wpływ zarządzania na efekty środowiskowe i ekonomiczne oraz uregulowań prawnych na zależność między zarządzaniem a efektywnością przedsiębiorstwa. Nie potwierdzają, natomiast, wpływu ekonomicznej motywacji na zastosowanie proekologicznego zarządzania logistyką. Ci sami autorzy [19] podejmują pokrewną tematykę wpływu „zielonego” zarządzania logistyką na ekologiczną modernizację przedsiębiorstw wytwórczych oraz jego regionalny wpływ. Uwzględniają przy tym następujące czynniki: oddziaływanie środowiskowych uregulowań prawnych, naciski klientów, ekonomiczną presję oraz cykl życia produktów. Przeprowadzone badania ankietowe ujawniają, że naciski klientów

silnie wpływają na kształtowanie zakresu zarządzania proekologicznego w logistyce i sprzyjają wzrostowi efektywności środowiskowej, finansowej i operacyjnej. Jednocześnie okazuje się, że w przypadku chińskich przedsiębiorstw nie mają większego znaczenia uregulowania prawne i presja ekonomiczna.

W pracy Xu i innych [45] oszacowano wpływ kilkudziesięciu różnych czynników wymuszających wprowadzenie do przedsiębiorstwa zarządzania proekologicznym łańcuchem dostaw. Wykorzystano przy tym badania ankietowe przeprowadzone w indyjskich przedsiębiorstwach różnych branż i o różnej wielkości. Zróżnicowanie badanych podmiotów uwzględniono w wynikach analiz statystycznych. Pracę [53] poświęcono identyfikacji instytucjonalnych czynników motywujących przedsiębiorstwo do korzystania z proekologicznego łańcucha dostaw, a także zależności między tymi czynnikami. Ze statystycznej analizy wyników badań przeprowadzonej na podstawie danych pozyskanych z kilkuset przedsiębiorstw wynika, że praktyki proekologicznego łańcucha dostaw w pośredni sposób poprawiają wyniki ekonomiczne przedsiębiorstw. Uzyskane rezultaty dostarczają informacje pomagające w promowaniu zarządzania proekologicznym łańcuchem dostaw dzięki ustalaniu środowiskowych praktyk oraz uregulowań prawnych. Olugu i inni [31] podjęli próbę opracowania zestawu miar przeznaczonych do oceny efektywności proekologicznego łańcucha dostaw w przemyśle motoryzacyjnym. W efekcie wywiadu ankietowego przeprowadzonego wśród przedstawicieli przemysłu i uczelni uzyskano opinie na temat przydatności wstępnie wyselekcjonowanych wskaźników. Kluczowa miara w przypadku pierwotnego łańcucha dostaw wiąże się z perspektywą klienta. Natomiast najczęściej wskazywaną kluczową miarą w przypadku łańcucha zwrotnego okazuje się koszt. W publikacji [29] przedstawiono ludzkie uwarunkowania efektywności proekologicznego łańcucha dostaw oraz dokonano analizy zależności pomiędzy nimi. Zagadnienie to omówiono na przykładzie indyjskich kopalń.

Artykuł [48] poświęcono roli zaangażowania najwyższych szczebli zarządzania w przyjmowaniu proekologicznych standardów w zarządzaniu zakupami w przedsiębiorstwach zaawansowanych technologii. Uwzględniono przy tym przepisy prawne, naciski ze strony klientów oraz możliwości pozyskiwania dostawców. Opinie zebrane w przedsiębiorstwach wskazują na znaczący bezpośredni wpływ zaangażowania najwyższych szczebli zarządzania na adaptację koncepcji „zielonych” zakupów. Zidentyfikowano także wpływ tego zaangażowania za pośrednictwem środowiskowej współpracy z dostawcami. Co więcej, zaangażowanie najwyższych szczebli zarządzania stanowi podstawowy czynnik adaptacji koncepcji proekologicznych zakupów, o znacznie większym znaczeniu niż czynniki nacisku klientów i regulacji prawnych.

W artykule Igarashi i innych [14] przedstawiono przegląd literaturowy tematyki wyboru proekologicznych dostawców. Na podstawie przeglądu sformułowano praktyczne wnioski związane z tworzeniem i korzystaniem z modeli. Wskazano również na konieczność uwzględniania wzajemnych relacji między 4 podstawowymi wymiarami badań nad właściwym wyborem dostawców: strategicznymi wymaganiami proekologicznego łańcucha dostaw, dostępnymi narzędziami podejmowania decyzji, kontekstem oraz samym procesem wyboru. Wong i inni [44] rozważają zagadnienie wpływu zdolności zarządzania środowiskowego u dostawców na proekologiczne – „zielone” – operacje i efekty uzyskiwane w przedsiębiorstwie. Opinie zebrane w ponad 100 przedsiębiorstwach pozwalają stwierdzić, że pomyślnie wdrożenie „zielonych” operacji zależy od zdolności środowiskowego zarządzania u dostawców. Wykazano także, że efektywności przedsiębiorstwa znacznie sprzyja świadome zarządzanie „zielonymi” operacjami. Warto przy tym zauważyć, że zależność między efektywnością a finansową efektywnością przedsiębiorstwa jest kształtowany przez poziom środowiskowego zarządzania u dostawców. Wnioski te potwierdzają znaczenie właściwego wyboru dostawców.

Kształtowanie produktu

W artykule Semana i innych [39] wskazano na związki innowacyjnego proekologicznego kształtowania produktu z „zielonym” łańcuchem dostaw. Przeprowadzona analiza wskazuje na to, że właśnie proekologiczne zarządzanie prowadzi do „zielonej” innowacji. W pracy Chana [5] przedstawiono praktyczne aspekty i uwarunkowania „zielonego” procesu projektowania produktu.

Uwzględniono przy tym cykl życia produktu, zwrotną logistykę i projektowanie ekologiczne. Khor i Udin [18] badają rezultaty proekologicznego projektowania produktu w branży elektronicznej i wykorzystania zasobów w zwrotnej logistyce. Uzyskane rezultaty potwierdzają ściśle powiązanie proekologicznego projektowania produktu i możliwości osiągnięcia korzyści również po okresie użytkowania produktu.

Rezultaty badań przeprowadzonych przez Lina i innych [23] wskazują na to, że polityczny kapitał (zarząd, akcjonariusze...) wywiera znaczący negatywny wpływ na efekty proekologicznego doskonalenia produktów i usług. Natomiast pozytywny wpływ na mają regulacje prawne i dostawcy. Klienci wywierają pozytywny wpływ na proekologiczne innowacje produktów, lecz negatywny na proekologiczne innowacje usług. Okazuje się również, że konkurencja ma niewielki wpływ na innowacje.

Wang i inni [43] podejmują próbę uzupełnienia braków związanych z uwzględnieniem środowiskowej efektywności procesu przygotowywania potraw w restauracjach. W tym celu określono odpowiedni, proekologiczny standard „zielonego” zarządzania łańcuchem dostaw, związanego z potrawami i napojami. Do zebrania opinii ekspertów – przedstawicieli rządu, praktyków i badaczy – wykorzystano metodę delficką. Okazuje się, że standardy proekologicznego zarządzania łańcuchem dostaw wiążą się z 3 aspektami ekologiczności: produktów, otoczenia i wyposażenia oraz „zielonego” zarządzania i społecznej odpowiedzialności. Wykorzystano przy tym kilkadziesiąt różnych wskaźników.

W pracy Zhanga i Zhao [51] przedstawiono uwarunkowania proekologicznego pakowania (ang. Green Packaging). Wskazali sposoby jego promowania: wprowadzania uregulowań prawnych, podatków, środków instytucjonalnych i innych. Zdefiniowali zadania państwa w zakresie zapewnienia odpowiedniej bazy badawczej opakowań oraz odpowiednich norm. Pośród korzyści dla przedsiębiorstw wymieniają redukcję zużycia materiałów, produkcję i wykorzystanie ekologicznych materiałów oraz ich recykling.

Handel

Altuntaş i Tuna [1] poruszają tematykę ekologizacji (ang. greening) handlu dzięki geograficznej centralizacji przedsiębiorstw logistycznych. Jest ona realizowana dzięki zastosowaniu centrów logistycznych. Stanowią one węzły pośredniczące między krótko- i długodystansowy transportem dóbr. Zastosowanie centrów logistycznych pozwala bowiem drastycznie ograniczyć niekorzystny wpływ procesów logistycznych na środowisko naturalne. Altuntaş i Tuna zwrócili szczególną uwagę na ekologizację procesu zakupów, która przywiązuje zasadnicze znaczenie stosowaniu ekologicznych składników w produktach, ekologicznych półproduktów, realizacji dostaw dóbr w ekologiczny sposób oraz kontroli ekologiczności produktów. Zauważmy, że w ekologicznym procesie zakupów (ang. Green Purchasing) równie ważną rolę pełni aspekt ekologizacji produktu, jak i usług i ich dostawców. Efektem pracy jest model oceny ekologiczności centrum logistycznego wykorzystujący jako dane wejściowe wartości powszechnie stosowanych wskaźników środowiskowej efektywności procesów zarządzania odpadami, emisji zanieczyszczeń, wkładu surowców i energii, instalacji i użytkowania wyposażenia technicznego oraz procedur logistyki zwrotnej. W rezultacie zastosowania modelu otrzymujemy wartości wskaźników środowiskowych umożliwiających ocenę transparentności informacji o wpływie na środowisko, dostawców, dostosowania do wymagań i oczekiwań, relacji między klientami a dostawcami usług, efekty ekonomiczne, implementacji strategii i programów środowiskowych oraz stan otaczającego środowiska.

Artykuł [40] poświęcono uwarunkowaniom sprzedaży ekologicznych produktów. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na konieczność wspierania sprzedaży przez dostawców przy wykorzystaniu reklam, środków finansowych i technicznych oraz zapewnienie stabilnych marż. Muszą się oni także liczyć z możliwością osiągnięcia zarówno zysków, jak i strat przez sprzedawców. Na podstawie przeprowadzonych badań wskazano właściwą strategię marketingową, pomagającą w optymalizacji kosztów sprzedaży ekologicznych produktów w warunkach brazylijskich.

W pracy Xuezhong i innych [46] omówiono uwarunkowania nisko emisyjnej gospodarki i zielonej logistyki w handlu detalicznym urządzeniami elektrycznymi. Na podstawie analizy procesów

biznesowych i funkcji proekologicznej logistyki opracowano architekturę modelu „zielonej” logistyki. Dzięki temu stało się możliwe ustalenie strategii i środków ekologizacji logistyki związanej z handlem detalicznym urządzeniami elektrycznymi.

Transport

Artykuł Psarftisa i Panagakosa [33] poświęcono interesującej inicjatywie proekologicznych – „zielonych” korytarzy transportowych w Europie, pochodzącej z 2007 r. Polega ona na rozwoju zintegrowanego, efektywnego i przyjaznego środowisku długodystansowego transportu naziemnego, łączącego główne węzły europejskiej sieci transportowej. Inicjatywę tę kontynuuje obecnie program SuperGreen, któremu poświęcono zasadniczą część pracy Psarftisa i Panagakosa. Szczególną uwagę zwrócono przy tym na tworzenie metody oceny wykorzystującej kluczowe wskaźniki efektywności, która powoli na monitorowanie realizacji celów europejskiego zrównoważonego rozwoju, stawianych przed proekologicznymi korytarzami transportowymi. Do tematyki przedsięwzięcia SuperGreen nawiązują Clausen i inni [7]. Skupiają się jednak na aspekcie informacyjnego wspomagania procesu konfiguracji i użytkowania korytarzy transportowych pozwalających realizować cele zrównoważonego rozwoju. Wskazują przy tym możliwości jakie daje stosowanie komputerowych systemów wspomagania planowania tras, informacji pogodowej, śledzenia pojazdów itp. w odniesieniu do efektywnego użytkowania środków transportowych i ułatwień w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Ponadto zastosowanie takich systemów pozwala znacząco redukować emisję zanieczyszczeń, czaso- i kosztochłonność transportu oraz sprzyja jego niezawodności. Rozpoznano informacyjne potrzeby poszczególnych części sieci transportowej i zaproponowano zastosowanie odpowiednich narzędzi informacyjnego wspomagania procesów transportowych. Oszacowano również skalę możliwych usprawnień proekologicznych i ekonomicznych.

Lammgård [21] przedstawia wyzwania, przed którymi stają przedsięwzięcia związane z transportem wielomodalnym. Rozpatruje przy tym wpływ tego rodzaju transportu na obniżenie emisji związków węgla u wielkiego dostawcy usług logistycznych. Pokazuje również wpływ czynnika środowiskowego na przekształcenie kolejowego transportu wielomodalnego we w pełni konkurencyjną alternatywę dla tradycyjnego transportu kołowego. Stwierdza, że przeprowadzone badania ankietowe potwierdzają znaczący wpływ nacisków klientów i potrzeby konkurencyjności na wykorzystanie usługi kolejowego transportu wielomodalnego w kontekście skandynawskim.

WNIOSKI

Przedstawiony przegląd najnowszych osiągnięć badawczych z dziedziny „zielonej” – proekologicznej – logistyki świadczy o jej dynamicznym rozwoju i dużym zróżnicowaniu poruszanej tematyki. Literatura przedmiotu obejmuje bowiem prace przeglądowe i opisowe oraz publikacje o aplikacyjnym – często optymalizacyjnym – charakterze.

Zauważmy również, że złożoność rozpatrywanych zagadnień sprawia, że przy ich modelowaniu i rozwiązywaniu jest wykorzystywana interdyscyplinarna wiedza i zaawansowane instrumentarium badań operacyjnych, statystyki, a nawet psychologii i socjologii.

Proekologiczna logistyka jest stosunkowo nową dziedziną i wiele praktycznych zagadnień z nią związanych nie doczekało się jeszcze odpowiednich, efektywnych sposobów rozwiązań. W związku z tym faktem, autorzy wyrażają nadzieję, że powyższa praca zainspiruje osoby zainteresowane tą dziedziną do aktywnego przyłączenia się do prac na rozwiązywaniem takich, jak i innych zagadnień „zielonej” logistyki.

Streszczenie

Proekologiczna – „zielona” logistyka stanowi świeże i ważne rozwinięcie logistyki w tradycyjnym kształcie, nie uwzględniającym wpływu procesów logistycznych na otoczenie. „Zielona” logistyka zapewnia więc właściwą realizację procesów logistycznych przy jednoczesnym ograniczaniu niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne. W pracy przedstawiono przegląd współczesnej tematyki badawczej, realizowanej w ramach „zielonej” logistyki. Wskazuje on na jej zróżnicowany charakter. Jednocześnie pozwala zorientować się w wykorzystywanym instrumentarium badawczym i potencjalnych lukach w tematyce wartych uzupełnienia. Na podstawie przeglądu można bowiem określić podstawowe problemy badawcze rozpatrywane w ramach

dwóch grup: modelowania i optymalizacji systemów logistycznych oraz analizy uwarunkowań powodzenia we wdrażaniu „zielonej” logistyki.

Green logistics

Abstract

Green logistics comprises important enhancement of traditional logistics. Green logistics ensures that logistic processes providing logistic services in the proper way and focuses on limiting unfavourable influence of the services on the surrounding environment. A survey of recent research ideas in green logistics is presented in the paper. It proves that the considered research topics are diverse. They can be generally divided into 2 distinct groups. The first group deals with modelling and optimisation of logistics systems while the second one is devoted to the analysis of factors that affect the effects of green logistic system implementation. The survey presents applied modelling tools and reveals research gaps worth the completion.

BIBLIOGRAFIA

1. Altuntaş C., Tuna O.: *Greening Logistics Centers: The Evolution of Industrial Buying Criteria Towards Green*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, vol.29(1)/2013, s.59-80
2. Andiç E., Yurt Ö., Baltacıoğlu T.: *Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market*, Resources, Conservation and Recycling, vol.58/2012, s.50-68
3. Brandenburg M., Govindan K., Sarkis J., Seuring S.: *Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions*, European Journal of Operational Research, vol.233(2)/2014, s.299-312
4. Cao J., Zhang X.: *Coordination Strategy of Green Supply Chain under the Free Market Mechanism*, Energy Procedia, vol.36/2013, s.1130-1137
5. Chan H.K.: *Green process and product design in practice*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.25/2011, s.398-402
6. Chen C.-C., Shih H.-S., Shyur H.-J., Wu K.-S.: *A business strategy selection of green supply chain management via an analytic network process*, Computers & Mathematics with Applications, vol.64(8)/2012, s.2544-2557
7. Clausen U., Geiger C., Behmer C.: *Green Corridors by Means of ICT Applications*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.48/2012, s.1877-1886
8. Dekker R., Bloemhof J., Mallidis I.: *Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges*, European Journal of Operational Research, vol.219(3)/2012, s.671-679
9. Demir E., Bektaş T., Laporte G.: *A review of recent research on green road freight transportation*, European Journal of Operational Research, In Press, Corrected Proof, Available online 4 January 2014
10. Dou Y., Quinghua Z. Sarkis J.: *Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology*, European Journal of Operational Research, vol.233(2)/2014, s.420-431
11. Elhedhli S., Merrick R.: *Green supply chain network design to reduce carbon emissions*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol.17(5)/2012, s.370-379
12. Eltayeb T.K., Zailani S., Ramayah T.: *Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes*, Resources, Conservation and Recycling, vol.55(5)/2011, s.495-506
13. Govindan K., Kaliyan M., Kannan D., Haq A.N.: *Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process*, International Journal of Production Economics, vol.147, Part B/2014, s.555-568
14. Igarashi M., de Boer L., Fet A.M.: *What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development*, Journal of Purchasing and Supply Management, vol.19(4)/2013, s.247-263

15. Jin M., Granda-Marulanda N.A., Down I.: *The impact of carbon policies on supply chain design and logistics of a major retailer*, Journal of Cleaner Production, In Press, Corrected Proof, Available online 12 September 2013
16. Kannan D., de Sousa Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C.: *Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company*, European Journal of Operational Research, vol.233(2)/2014, s.432-447
17. Kannan D., Diabat A., Alrefaei M., Govindan K., Yong G.: *A carbon footprint based reverse logistics network design model*, Resources, Conservation and Recycling, vol.67/2012, s.75-79
18. Khor K.S., Udin Z.M.: *Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment*, Resources, Conservation and Recycling, vol.81/2013, s.71-80
19. Lai K.-h., Wong C.W.Y.: *Ecological modernisation of Chinese export manufacturing via green logistics management and its regional implications*, Technological Forecasting and Social Change, vol.79(4)/2012a, s.766-770
20. Lai K.-h., Wong C.W.Y.: *Green logistics management and performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters*, Omega, vol.40(3)/2012, s.267-282
21. Lammgård C.: *Intermodal train services: A business challenge and a measure for decarbonisation for logistics service providers*, Research in Transportation Business & Management, vol.5/2012, s.48-56
22. Lin C., Choy K.L., Ho G.T.S., Chung S.H., Lam H.Y.: *Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends*, Expert Systems with Applications, vol.41(4) Part 1/2014, s.1118-1138
23. Lin H., Zeng S.X., Ma H.Y., Qi G.Y., Tam V.W.Y.: *Can political capital drive corporate green innovation? Lessons from China*, Journal of Cleaner Production, vol.64/2014a, s.63-72
24. Liu S., Kasturiratne D., Moizer J.: *A hub-and-spoke model for multi-dimensional integration of green marketing and sustainable supply chain management*, Industrial Marketing Management, vol.41(4)/2012, s.581-588
25. Lun Y.H.V., Lai K.-h., Cheng T.C.E.: *An evaluation of green shipping networks to minimize external cost in the Pearl River Delta region*, Technological Forecasting and Social Change, vol.80(2)/2013, s.320-328
26. Mathiyazhagan K., Govindan K., Haq A.N., Geng Y.: *An ISM approach for the barrier analysis in implementing green supply chain management*, Journal of Cleaner Production, vol.47/2013, s.283-297
27. McKinnon A., Cullinane S., Browne M., Whiteing A. (Eds.): *Green Logistics. Improving the Environmental Sustainability of Logistics*, Kogan Page, London 2010
28. Mirhedayatian S.M., Azadi M., Saen R.F.: *A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management*, International Journal of Production Economics, vol.147 Part B/2014, s.544-554
29. Muduli K., Govindan K., Barve A., Kannan D., Geng Y.: *Role of behavioural factors in green supply chain management implementation in Indian mining industries*, Resources, Conservation and Recycling, vol.76/2013, s.50-60
30. Muduli K., Govindan K., Barve A., Geng Y.: *Barriers to green supply chain management in Indian mining industries: a graph theoretic approach*, Journal of Cleaner Production, vol.47/2013a, s.335-344
31. Olugu E.U., Wong K.Y., Shaharoun A.M.: *Development of key performance measures for the automobile green supply chain*, Resources, Conservation and Recycling, vol.55(6)/2011, s.567-579
32. Payman A., Searcy C.: *A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management*, Journal of Cleaner Production, vol.52/2013, s.329-341
33. Psaraftis H.N., Panagakos G.: *Green Corridors in European Surface Freight Logistics and the SuperGreen Project*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.48/2012, s.1723-1732
34. Pishvae M.S., Torabi S.A., Razmi J.: *Credibility-based fuzzy mathematical programming model for green logistics design under uncertainty*, Computers & Industrial Engineering, vol.62(2)/2012, s.624-632

35. Pradenas L., Oportus B., Parada V.: *Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling*, Expert Systems with Applications, vol.40(8)/2013, s.2985-2991
36. Ramanathan U., Bentley Y., Pang G.: The role of collaboration in the UK green supply chains: An exploratory study of the perspectives of suppliers, logistics and retailers, Journal of Cleaner Production, In Press, Accepted Manuscript, Available online 19 February 2014
37. Sbihi A., Eglese R.: *Combinatorial optimization and green logistics*, Annals of Operations Research vol.175(1)/2010, s.159-175
38. Sbihi A., Eglese R.: *The relationship between vehicle routing and scheduling and green logistics – a literature survey*. Working Paper. The Department of Management Science, Lancaster University 2007
39. Seman N.A.A., Zakuan N., Jusoh A., Arif M.S.M., Saman M.Z.M.: *The Relationship of Green Supply Chain Management and Green Innovation Concept*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol.57(9)/2012, s.453-457
40. Tomasin L., Pereira G.M., Borchardt M., Sellitto M.A.: *How can the sales of green products in the Brazilian supply chain be increased?* Journal of Cleaner Production, vol.47/2013, s.274-282
41. Tseng M.-L., Lin R.-J., Lin Y.-H., Chen R.-H., Tan K.: *Close-loop or open hierarchical structures in green supply chain management under uncertainty*, Expert Systems with Applications, vol.41(7)/2014, s.3250-3260
42. Wang R.: *The Investigation of Green Best Practices for Hotels in Taiwan*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 57, 9 October 2012, Pages 140-145
43. Wang Y.-F., Chen S.-P., Lee Y.-C., Tsai C.-T. (Simon): *Developing green management standards for restaurants: An application of green supply chain management*, International Journal of Hospitality Management, vol.34/2013, s.263-273
44. Wong C.W.Y., Lai K.-h., Shang K.-C., Lu C.-S., Leung T.K.P.: *Green operations and the moderating role of environmental management capability of suppliers on manufacturing firm performance*, International Journal of Production Economics, vol.140(1)/2012, s.283-294
45. Xu L., Mathiyazhagan K., Govindan K., Haq A.N., Ramachandran N.V., Ashokkumar A.: *Multiple comparative studies of Green Supply Chain Management: Pressures analysis*, Resources, Conservation and Recycling, vol.78/2013, s.26-35
46. Xuezhong C., Linlin J., Chengbo W.: *Business Process Analysis and Implementation Strategies of Greening Logistics in Appliances Retail Industry*, Energy Procedia, vol.5/2011, s.332-336
47. Yang J., Guo J., Ma S.: *Low-carbon city logistics distribution network design with resource deployment*, Journal of Cleaner Production, In Press, Corrected Proof, Available online 20 November 2013
48. Yen Y.-X., Yen S.-Y.: *Top-management's role in adopting green purchasing standards in high-tech industrial firms*, Journal of Business Research, vol.65(7)/2012, s.951-959
49. Ying J., Li-jun Z.: *Study on Green Supply Chain Management Based on Circular Economy*, Physics Procedia, vol.25/2012, s.1682-1688
50. Zhang C.-T., Liu L.-P.: *Research on coordination mechanism in three-level green supply chain under non-cooperative game*, Applied Mathematical Modelling, vol.37(5)/2013, s.3369-3379
51. Zhang G., Zhao Z.: *Green Packaging Management of Logistics Enterprises*, Physics Procedia, vol.24 Part B/2012, s.900-905
52. Zhu Q., Geng Y., Sarkis J.: *Motivating green public procurement in China: An individual level perspective*, Journal of Environmental Management, vol.126/2013, s.85-95
53. Zhu Q., Sarkis J., Lai K.-h.: *Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices*, Journal of Purchasing and Supply Management, vol.19(2)/2013a, s.106-117