

Monika Justyna Kojder✉, *Bogdan Klepacki*¹✉

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Funkcjonowanie zimnych łańcuchów dostaw oraz zagrożenia w nich występujące

Functioning of cold supply chains and the threats occurring in them

Synopsis. Przedstawiono procesy zachodzące w zimnym łańcuchu dostaw, a także podstawowe definicje, występujące ogniwa oraz możliwe rodzaje łańcuchów. Zaprezentowano łańcuch chłodniczy – celowość jego istnienia, wyroby jakimi mogą się zajmować przedsiębiorstwa, segmenty zimnego łańcucha, potencjalne rozwiązania chłodnicze oraz zagrożenia w działaniu.

Słowa kluczowe: łańcuch chłodniczy, procesy logistyczne, kontrolowana temperatura

Abstract. The processes taking place in the cold supply chain, as well as the basic definitions, links and possible types of chains are presented. The cold chain was presented - the purpose of its existence, products that can be used by enterprises, segments of the cold chain, potential cooling solutions and threats in operation.

Key words: cold chain, logistics process, temperature control

JEL codes: O13, P02, R40

Wstęp

Dostępność towarów w wielu miejscach jest efektem współpracy różnych podmiotów. Z punktu widzenia klienta całość działań logistycznych nie ma za dużego znaczenia, dla przedsiębiorców natomiast staje się to coraz ważniejszą sprawą. Płynny przepływ produktów, informacji i kapitału są jednymi z warunków skutecznego funkcjonowania. Ma też wpływ na postrzeganie firmy na rynku przez konkurencję i klientów.

W łańcuchach dostaw niektórych grup wyrobów muszą być spełniać dodatkowe warunki, a dotyczy to zwłaszcza zimnych łańcuchów dostaw. Łańcuchy te zajmują się dostarczaniem towarów narażonych na negatywny wpływ temperatury (zwłaszcza ciepła). Jest to ważne, ponieważ wrażliwość termiczna produktów może powodować niepożądane skutki, zwłaszcza utratę wartości użytkowej transportowanych i przechowywanych produktów.

✉ Monika Justyna Kojder – monika.kojder@onet.pl

✉ Bogdan Klepacki – Szkoła Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Instytut Ekonomii i Finansów;
e-mail: bogdan_klepacki@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-3483-7530>

Celem badań była prezentacja podstawowych części łańcucha dostaw oraz łańcucha chłodniczego. Badania mają charakter przeglądowy i zostały zrealizowane przy wykorzystaniu takich źródeł jak literatura przedmiotu, w tym przegląd artykułów (polskich i zagranicznych) naukowych dotyczących łańcucha dostaw.

Pojęcie łańcucha dostaw oraz jego klasyfikacja

Od momentu, kiedy przedstawiono pojęcie powstało wiele teorii objaśniających specyfikę łańcuchów dostaw, jak i kryteriów ich podziałów. Pierwsze dotyczy architektury łańcucha dostaw z punktu udziału poszczególnych organizacji. Na podstawie tego można wyróżnić trzy rodzaje łańcuchów: prosty, złożony oraz kompleksowy [Fechner 2007, Frankowska 2014].

Kolejną kategorią są typy łańcuchów funkcjonujących na podstawie różnych strategii. Wyodrębnia się łańcuchy oparte na strategiach [Childerhouse 2000, Kawa i Fuks 2009, Bujak 2010, Kawa 2011, Konecka 2011, Kumar i Kumar 2013, Szymczak 2015, Tundys 2015, Charłampowicz 2016]:

- *lean* – z tłumaczenia angielskiego wydajny albo szczupły,
- *agile* – po polsku oznacza zwinny lub elastyczny,
- *lean-agile* – łączy założenia dwóch powyższych strategii,
- elektroniczny – ogniwa cechujące się wysokim poziomem wdrożonych technologii oraz sprawnością w przeprojektowaniu procesów do nieregularnych sytuacji rynkowych,
- inteligentny – łańcuch wszystkich współpracujących przedsiębiorstw, których procesy, wspierane są innowacyjnymi rozwiązaniami (czujniki, kody kreskowe, RFID) z zakresu Internetu rzeczy,
- zielony – typ łańcucha dostaw, w którym istotne jest, aby realizowane czynności były w taki sposób opracowane, stosując przy tym przepisy dotyczące środowiska, żeby jednocześnie spełniały kluczowy cel i nie oddziaływały niekorzystnie na środowisko,
- zamkniętej pętli – strategia, która daje możliwość firmom tworzenie systemu przemysłowego, charakteryzującego się zrównoważonym podejściem ekonomicznym i środowiskowym.

Realizowane zadania przez wszystkie jednostki uczestniczące w łańcuchu dostaw doprowadzają do tworzenia wartości dodanej do przepływających usług oraz towarów, ostatecznie trafiając do klienta.

Łańcuchy dostaw mogą się również różnić położeniem, w którym prowadzone są działalności wszystkich podmiotów lub tylko części z nich. Rozróżnia się łańcuchy [Fechner 2007, Frankowska 2014, Anholcer i Kawa 2016]:

- zewnętrzny – każda organizacja, która ze sobą współpracuje, w celu osiągnięcia założonych priorytetów,
- wewnętrzny – występują w większości podmiotów, w których można wyróżnić mniejsze podzespoły realizujące cel głównej jednostki,

- intra-organizacyjny – typ łańcucha, do którego przypisana została podwójna możliwość zastosowania: po pierwsze może być to cecha organizacji, która ma funkcjonujące oddziały w więcej niż jednym kraju, a po drugie w celu określenia podmiotu, który zarządza kilkoma oddziałami w obrębie jednego kraju,
- inter-organizacyjny – minimum dwa ogniwa łańcucha dostaw muszą działać jako niezależne w stosunku do pozostałych,
- międzynarodowy – może składać się w części lub całości z przedsiębiorstw działających w różnych krajach.

Ostatnim kryterium jest podział uwzględniający lokalizację, w jakim jednostki funkcjonują, tudzież różnymi rynkami charakteryzują się łańcuchy [Palewicz i Baran 2012, Jarzębowski i Klepacki 2013, Anholcer i Kawa 2016, Szymańska i in. 2018]:

- zimny – jednostki, które współpracują zajmują się wyrobami wrażliwymi na temperaturę,
- żywności – zbiór podmiotów zajmujących się produkcją i dostarczaniem żywności do klientów,
- odzieży – przedsiębiorstwa, które działają wspólnie zajmują się wytwarzaniem i dostarczaniem wyrobów odzieżowych do punktów handlowych.

Pojęcie zimnego łańcucha dostaw oraz jego kluczowe części

Potrzeba transportowania produktów spożywczych, które w zbyt wysokiej bądź niskiej temperaturze psuły się, wymuszała na ludziach poszukiwania odpowiednich rozwiązań. Już w drugiej połowie XVIII wieku zaczęto wykorzystywać lód, który zapewniał dłuższe magazynowanie ryb. Kolejnym punktem, który wpłynął na rozwój zimnego łańcucha były lata 1930–1938. Frederick Jones opracował projekt przenośnego klimatyzatora do pojazdów ciężarowych, którymi transportowano łatwo psującą się żywność. W późniejszych latach transport odbywał się już nie tylko samochodami ciężarowymi, a również wagonami kolejowymi na dłuższe odległości. Obecnie do tego celu wykorzystuje się również kontenery wyposażone w agregaty chłodnicze.

Zimny łańcuch dostaw jest rodzajem łańcucha, w którym istotnym detalem każdego procesu logistycznego jest temperatura, która zapewnia niezagrażoną dystrybucję wyrobów do klientów. Ze względu na określone wymagania zimny łańcuch dostaw jest odpowiedni jedynie dla zbioru produktów, które podczas procesów potrzebują utrzymywania określonych temperatur. W zimnym łańcuchu dostaw przepływają zwykle następujące towary [Brzozowska A. i in. 2016]:

- wyroby cukiernicze i piekarnicze,
- kwiaty,
- produkty pochodzenia zwierzęcego, tj. mięso, owoce morza,
- lody i produkty mleczne,
- wyroby alkoholowe,
- produkty farmaceutyczne i chemiczne,
- warzywa i owoce.

W zależności od rodzaju produktu, który przepływa między procesami logistycznymi wykorzystywane są różne konfiguracje temperatur. Odpowiednia wielkość umożliwia utrzymanie, jakości, walorów smakowych, jednolitej tekstury towarów, czy też uniemożliwienie

powstania pleśni. Poza różnymi kombinacjami temperatur występują również powszechnie wykorzystywane normy. Łatwość wdrożenia danej normy oraz monitorowanie wyniku z potencjału dostosowania jej do wielu grup produktów (tabela 1).

Tabela 1. Podstawowe normy temperatur w łańcuchach chłodniczych
Table 1. Basic temperature standards in cold chains

Określenie	Temperatura	Charakterystyczne produkty
Głębokie zamrożenie „deep freeze”	od -25°C do -30°C	owoce morza (krewetki) lody
Mrożony „frozen”	od -10°C do -20°C	mrożone mięso (wołowina, drób, wieprzowina) mrożone wyroby cukiernicze i piekarnicze
Chill „chill”	od 2°C do 4°C	owoce warzywa świeże mięso
Farmaceutyczny „pharmaceutical”	od 2°C do 8°C	szczepionki
Banan „banana”	od 12°C do 14°C	owoce tropikalne (pomarańcze, ananasy) warzywa (bulwy, np. ziemniaki)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Temperature Standards...].

Zimny łańcuch dostaw wymaga także odpowiedniej infrastruktury, która obejmuje cztery główne komponenty. Pierwszy to dysponowanie pomieszczeniami, w których można długookresowo przetrzymywać produkty, drugie ogniwo to obiekty, w których odbywa się produkcja i przygotowywanie do dystrybucji, następnie transport obejmuje pojazdy, które są wyposażone w urządzenia kontrolne oraz ich wnętrza są dostosowane za pomocą materiałów utrzymujących temperaturę. Ostatnim elementem są technologie umożliwiające stworzenie potrzebnych warunków termicznych wyrobom.

Urządzenia chłodnicze oraz systemy pakowania termicznego

Częścią każdego łańcucha dostaw jest technologia obejmująca urządzenia oraz sposoby, które zapewniają odpowiednie warunki termiczne. W tym zakresie wyróżnia się metody chłodzenia:

- aktywne,
- pasywne,
- hybrydowe.

Pierwsza grupa dotyczy automatycznych urządzeń (np. silnik), mogą tworzyć zimniejsze warunki termiczne dzięki specjalnym układom i wprowadzać je bezpośrednio do wybranych miejsc. Zaletą tej metody jest to, że całość procesu może być kontrolowana, a stosowanie tych narzędzi umożliwia osiągnięcie założonych temperatur. Wadą jest to, że wdrożenie urządzeń aktywnych i ich stosowanie jest drogie, wymaga zużycia dużej ilości energii. Aktywne chłodzenie proponowane jest dla transportu przy przewozie dużej ilości towarów, zwłaszcza na duże odległości .

Metody pasywne pozwalają na stworzenie odpowiedniego środowiska dzięki stosowaniu specjalnych materiałów izolacyjnych. Są one stosowane jako element wewnętrzny opakowań, który utrzymuje określoną temperaturę wyrobów. Temperatura produktu musi być stale kontrolowana. Jest to metoda odpowiednia zarówno dla pojedynczych, jak i zbiorowych opakowań (np. palety). Jest ona tańsza od aktywnych technologii. Wykorzystywanie materiałów jako zabezpieczeń ogranicza jedynie przenikanie ciepła, nie umożliwia regulacji temperatury, co jest wadą tej technologii wobec chłodzenia aktywnego.

Techniki pasywne sprawdzają się w utrzymywaniu temperatury w dwóch przypadkach:

- jako samodzielna opcja chłodnicza – stabilność temperatury można zachować poprzez wykorzystywanie specjalnego typu opakowań pasywnych, które charakteryzuje posiadanie podwójnej warstwy; wewnątrz umieszczane jest zabezpieczenie, którego priorytetem jest utrzymywanie temperatury przez dłuższy czas,
- jako opcja mieszana z rozwiązaniami chłodniczymi aktywnymi – samodzielne stosowanie aktywnych metod chłodniczych wiąże się z narażeniem na brak stabilności temperatury ochranianego produktu; wdrożenie pasywnego chłodzenia w miejscach powstawania krytycznych punktów kontroli może zapobiegać sytuacji zbyt dużej utraty potrzebnej temperatury.

Kluczowym elementem technik pasywnych są opakowania i materiały, z tego względu można wyróżnić dwie klasy opakowań:

- jednorazowego przeznaczenia – odbiorca otrzymuje wrażliwy towar w opakowaniu jednokrotnego użytku, odpowiedzialny jest za jego zniszczenie, np. pudełko z kartonu,
- wielokrotnego przeznaczenia – przesyłka po dotarciu do odbiorcy jest przez niego zwracana do ponownego zastosowania, stosowana jest głównie przy niewielkich przewozach transportem drogowym.

Ostateczny dobór powinien wynikać z analizy pewnych kwestii, której zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Elementy dyskusyjne przy wyborze rodzaju opakowania
Table 2. Discussion elements when choosing the type of packaging

Rodzaj jednokrotny	Rodzaj wielokrotny
<ul style="list-style-type: none"> • jaka wielkość odpadów powstaje u odbiorcy? • jakie czynności są podejmowane u odbiorcy w ramach gospodarowania odpadami? • jakie dodatkowe koszty może ponieść odbiorca w związku z zarządzaniem odpadami? 	<ul style="list-style-type: none"> • jak długo może być wykorzystywany materiał izolacyjny? • czy można poddawać procesom czyszczącym, bez wystąpienia ryzyka w postaci skażenia? • czy da się zlokalizować miejsce materiału izolacyjnego w łańcuchu dystrybucyjnym? • czy pomiędzy odbiorcą a nadawcą mogą odbywać się procesy zwrotne? • kto, w jaki sposób i gdzie jest odpowiedzialny za kontrolowanie jakości materiału izolacyjnego przed ponownym użyciem?

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Cold chain with passive ...].

Ostatnia grupa metod – hybrydowe – łączy elementy metod aktywnych i pasywnych. Warunki termiczne są tworzone, wykorzystując panele kontrolne (termostaty), które kontrolują wysokość temperatury materiałów izolacyjnych [Romero 2013].

Zagrożenia występujące w zimnych łańcuchach dostaw

Łańcuch chłodniczy narażony jest na różne sytuacje, które są niebezpieczne. Możliwe zdarzenia zostały podzielone, ze względu na powód zagrożenia, na cztery grupy [Sainathan 2018, Sharma 2018]:

- czynnik ludzki,
- czynnik klimatyczny,
- czynnik techniczny,
- czynnik losowy.

Błąd spowodowany przez człowieka może mieć różne podłoże: od braku wiedzy, chęci do nauki, po pomyłkę i czynności wykonywane z premedytacją. Takie sytuacje mogą wystąpić po stronie producenta, jak i kooperanta. Można tu wyróżnić [Sainathan 2018, Sharma 2018]:

- niepełną obsługę urządzenia z powodu zapomnienia lub pośpiechu np. niepodpięcie łączki przesyłających energię elektryczną, która zapewniłaby tworzenie warunków chłodniczych;
- lekceważące podejście do realizowania zadań i obsługi narzędzi;
- niedbałe wypełnianie dokumentów przez pracowników;
- zmiany w nawykach nabywców zaburzające stabilność zapotrzebowania;
- złe decyzje podejmowane na wyższych szczeblach dotyczące kosztów i mające odzwierciedlenie w przyszłym działaniu procesów;
- niedostosowanie procesów i urządzeń pod określone przepisy prawne, np.:
 - w sprawach ekologii lub podatków,
 - niedogodności ze strony podmiotów zewnętrznych.

Z czynników dotyczących technologii zaliczane są sytuacje takie jak [Sainathan 2018, Sharma 2018]:

- zaburzenie sprawności w funkcjonowaniu z powodu zepsucia maszyn i urządzeń;
- posiadanie narzędzi technologicznych, które składają się z wielu elementów, jednocześnie ciężko dostępnych w przypadku potrzeby wymiany;
- awarie surowców, materiałów, które wytwarzają odpowiednie temperatury,

Najbardziej nieprzewidywalną grupą są zagrożenia powstające z tytułu czynników losowych, na które niełatwo mieć wpływ, pomimo że można być przygotowanym na większość sytuacji. Na przykład, nie wiadomo, kiedy może dojść do przywłaszczenia środków transportu czy zaopatrzenia przez osoby nieupoważnione. Za losowy czynnik można uznać także pojawianie się nowych przepisów, które mogą utrudniać działalność przez pewien czas dopóki całokształt nie zostanie dostosowany [Sainathan 2018, Sharma 2018].

Podsumowanie

Zimne łańcuchy dostaw są ważnym elementem w działalności przedsiębiorstw logistycznych, zwłaszcza zajmujących się przemieszczaniem i magazynowaniem żywności, farmaceutyków i innych produktów wrażliwych na niewłaściwą temperaturę ich utrzymania.

W stosunku do typowych produktów stawiają one przed operatorami logistycznymi wyższe wymagania co do sprawności organizacyjnej, zachowania obowiązujących zasad, specjalistycznego wyposażenia magazynów i środków transportu, a także są one bardziej kapitałowe i kosztochłonne. Ilość towarów wymagających objęcia łańcuchem chłodniczym będzie wzrastała, stąd znaczenie znajomości zasad niezbędnych do stosowania w zimnych łańcuchach dostaw będzie coraz ważniejsze.

Bibliografia

- Anholcer M., Kawa A., 2016: Model łańcucha dostaw z ograniczeniami wykluczającymi, [w:] Zarządzanie łańcuchem dostaw i logistyką w XXI wieku, M. Cichosz, K. Nowicka, A. Pluta-Zaremba (red.) Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa.
- Brzozowska A., Imiołczyk A., Brzeszczak A., Szymczyk K., 2016: Managing cold supply chain, 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT 2016), Kraków.
- Bujak A., 2010: Zwinne łańcuchy dostaw, *Logistyka* 2, 1–8.
- Charłampowicz J., 2016: Tworzenie wartości przez łańcuch dostaw typu „leagile” – wybrane aspekty, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego. Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego* 13, 238–246.
- Childerhouse P., Towill D., 2000: Engineering supply chains to match customer requirements, *Logistics Information Management*, 13, 6, 337–346.
- Cold chain with passive cooling systems, *krautz.org*, [źródło elektroniczne] <https://www.krautz.org/cold-chain-passive-cooling/> [dostęp: 02.05.2021].
- Fechner I., 2007: Zarządzanie łańcuchem dostaw, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań.
- Frankowska M., 2014: Łańcuchy dostaw – istota, klasyfikacja i percepcja, *Logistyka* 6, 14151–14157 (CD 6).
- Jarzębowski S., Klepacki B., 2013: Łańcuchy dostaw w gospodarce żywnościowej, *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* 103, 107–117.
- Kawa A., 2011: Konfigurowanie łańcucha dostaw. Teoria, instrumenty i technologie, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
- Kawa A., Fuks K., 2009: Współpraca między przedsiębiorstwami w tradycyjnym i elektronicznym łańcuchu dostaw. *Logistyka* 2, 1–14.
- Kojder M., 2021: Funkcjonowanie zimnego łańcucha dostaw na podstawie wybranego przedsiębiorstwa, Katedra Logistyki, Instytut Ekonomii i Finansów SGGW w Warszawie, Warszawa [praca magisterska].
- Konecka S., 2011: Typologia strategii łańcuchów dostaw, *Logistyka* 5, 1092–1100.
- Palewicz J., Baran J., 2012: Organizacja łańcucha dostaw w branży odzieżowej, *Logistyka* 6, 531–544.
- Romero B., 2013: Cold Chain Packaging Systems: Comparison of Active, Passive and Hybrid Thermal Systems, *Pharma Logistics IQ*, [źródło elektroniczne] <https://www.pharmalogisticsiq.com/logistics/articles/cold-chain-packaging-systems-comparison-of-active> [dostęp: 30.10.2020].
- Sainathan P., 2018: 10 Potential Risks in Cold Chain Management, *blog.roambee.com*, [źródło elektroniczne] <https://blog.roambee.com/supply-chain-technology/10-potential-risks-in-cold-chain-management> [dostęp: 02.11.2020].
- Sharma S., 2018: 5 Risks in Cold Chain Management and How to Ensure it Won't Happen to You, *foodlogistics.com*, [źródło elektroniczne] <https://www.foodlogistics.com/transportation/cold-chain/blog/21008563/5-risks-in-cold-chain-management-and-how-to-ensure-it-wont-happen-to-you> [dostęp: 02.11.2020].
- Szymańska J.E., Bórawski P., Żuchowski I., 2018: Łańcuchy dostaw na wybranych rynkach polnych w Polsce, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Szymczak M., 2015: Elastyczność, wrażliwość i odporność jako cechy adaptacyjnych łańcuchów dostaw, *Studia Oeconomica Posnaniensia* 3, 6, 39–54.
- Temperature Standards for the Cold Chain, *The Geography of Transport Systems*, *transportgeography.org*, [źródło elektroniczne] https://transportgeography.org/?page_id=6636 [dostęp: 29.10.2020].
- Tundys B., 2015: Zielony łańcuch dostaw w gospodarce o okrężnym obiegu - założenia, relacje, implikacje, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Ekonomiczne, społeczne i środowiskowe uwarunkowania logistyki* 383, 288–301.