Dorota KIERSK-KRÓLIKOWSKA

LOGISTYCZNE ASPEKTY ORGANIZOWANIA PROCESÓW TRANSPORTOWYCH

Przemiany gospodarcze, związane z przechodzeniem na gospodarkę rynkową, zachodzą również w sferze transportu. **Transport** to zespół czynności polegających na przemieszczaniu m.in. dóbr materialnych w czasie i przestrzeni przy użyciu odpowiednich środków technicznych[1]. **Proces transportowy** natomiast można zdefiniować jako pasmo operacji realizowanych, z jednej strony, przez jednostki transportowe, a z drugiej – przez jednostki magazynowo-składowe, ubezpieczeniowe itp. oraz przez usługobiorców, razem tworzących zespół operacji koniecznych i wystarczających do przekazania przedmiotu przewozu odbiorcy w pożądane miejsce, w nienaruszonym stanie i w wymaganym czasie. Ma on więc charakter kompleksowy obejmujący wszelkie operacje niezbędne do przekazania przedmiotu przewozu wskazanemu odbiorcy w pożądanym miejscu przeznaczenia. Na proces transportowy należy patrzeć i analizować go jako łańcuch, na który składają się:
– przedmiot działania,
– podmiot działania,
– metody i formy działania.
Przedmiotem działania w procesie transportowym są ładunki lub pasażerowie, a funkcją realizowanych procesów transportowych jest zmiana ich bytu przestrzennego. Ładunki są zróżnicowane asortymentowo i wykazują różną podatność transportową. W organizowaniu procesów transportowych powinno się uwzględniać wymagania użytkowników transportu. Struktura podmiotowa oraz stosowane metody i formy działania powinny zmieniać się w zależności od przedmiotu przewozu oraz jego cech ilościowych i jakościowych, wpływających na wymagania transportowe użytkowników transportu. Oznacza to, że przedmiot działania wywiera wpływ na pozostałe dwa elementy łańcucha działania, tj. pod-

[1] Cz. Skowronek, Z. Sarjusz-Wolski, *Logistyka w przedsiębiorstwie,* PWE, Warszawa 1999.

mioty oraz metody i formy działania. Wśród podmiotów działania możemy wyróżnić, np. wyspecjalizowanych wykonawców poszczególnych faz procesu transportowego, a metody i formy działania składają się na mechanizm kształtowania struktury wewnętrznej procesu transportowego w fazie organizowania oraz harmonizowania jej elementów w czasie trwania tego procesu.

Do niedawna istniała tendencja do traktowania cząstkowych zagadnień transportowych w oderwaniu od całej sfery produkcji i dystrybucji, a nawet w oderwaniu od problematyki sąsiednich gałęzi transportu. W wysoko rozwiniętych krajach zachodnich zaczęto jednak przestrzenny przepływ masy towarowej rozpatrywać kompleksowo, jako jednorodną funkcję gospodarczą, w której transport i procesy transportowe są służebnymi elementami składowymi. Jest to logistyczna koncepcja ruchu masy towarowej, która wtłacza transport w ramy szerszego systemu gospodarczego, nadaje mu większy sens i wymusza na nim większą sprawność i efektywność. Transport stanowi główny składnik wszelkich systemów logistycznych i wymaga starannego planowania, zarządzania i kontrolowania zarówno w jego wymiarze wewnętrznym, jak i zewnętrznym. Przez **system logistyczny** rozumiemy nieprzerwany ruch surowców, materiałów i wyrobów gotowych od miejsc ich powstawania, poprzez magazyny, zakłady produkcyjne, magazyny dystrybucyjne i hurtowe, do ostatecznego odbiorcy.[2]

Włączenie transportu do systemu logistycznego nie oznacza jednak pozbawienia tej sfery działalności samodzielności technicznej, organizacyjnej i ekonomicznej. Systemowe rozumienie procesów logistycznych zakłada kompleksowe ich rozpatrywanie, co nie eliminuje samodzielnych, specyficznych warunków funkcjonowania sfery transportu.

Transport jest integralną częścią systemu logistycznego, ponieważ stanowi ważne ogniwo przepływu gotowych wyrobów, a wcześniej surowców, pomiędzy dostawcami a konsumentami. Występuje on we wszystkich ogniwach zarządzania logistycznego, od pozyskania surowców do produkcji, poprzez obsługę wytwarzania, aż do dystrybucji gotowych produktów do klientów. Wprawdzie w łańcuchach logistycznych analizować trzeba przede wszystkim transport zewnętrzny, to jednak wiąże się on ściśle z przemieszczaniem towarów w przedsiębiorstwach i dlatego transport wewnętrzny musi być w równym stopniu poddany analizie razem z gospodarką magazynową.

Transport zewnętrzny

Podchodząc do problematyki transportu z punktu widzenia logistyki, podkreślić należy, iż podstawowym zadaniem transportu jest przemieszczanie towarów

[2] *Transport*, red. Wł. Rydzkowski, K. Wojewódzka-Król, PWN, Warszawa 1998.

i materiałów pomiędzy dwoma określonymi punktami, z zapewnieniem ich przybycia w dobrym stanie, we właściwym czasie i przy akceptowalnym koszcie.

Zarządzanie transportem jest najbardziej istotną czynnością logistyczną. Wynika to z faktu, że często 25% ogólnych kosztów logistycznych w firmie związanych jest z transportem zewnętrznym. Zarządzający transportem doradzają kierownictwu przedsiębiorstwa oraz podejmują szeroki wachlarz decyzji: od ogólnych, o znaczeniu strategicznym (czy użytkować transport własny, czy też kupować usługi transportu na zewnątrz?), po tak szczegółowe, jak wskazanie na konkretnego przewoźnika i konkretną trasę przewozu.

Główne czynności z zakresu zarządzania transportem to decyzje dotyczące wyboru gałęzi, rodzaju i sposobu przewozu. Istotną decyzją transportową jest również wybór pomiędzy posiadaniem transportu własnego a wynajmowaniem usług na zewnątrz. Wiele przedsiębiorstw transportowych posiada własne środki przewozowe (głównie samochody), wychodząc z założenia, że jest to rozwiązanie tańsze i lepsze jakościowo. Wydaje się jednak, że przekonanie o zaletach transportu własnego ma uzasadnienie tylko w przypadku braku lub niskiej jakości usług przewoźników publicznych. Wykorzystanie transportu własnego jest zwykle niższe (brak ładunków powrotnych), często występuje nadwyżka zdolności przewozowej i w rezultacie wyższe są koszty jednostkowe przewozu, nie ma możliwości przystosowania transportu do sezonowości popytu. Posiadanie własnego transportu ma również korzyści. Są to m.in. większa dostępność, elastyczność wykorzystania oraz możliwość kontroli, pojazdy mogą być przystosowane do przewozu konkretnego ładunku. Czynnikiem rozstrzygającym taki wybór są koszty ponoszone na transport, które powinny być rozliczane w sposób kompleksowy, a więc w powiązaniu z kosztami magazynowania, przeładunków, kosztami zapasów itp.

Znaczące oszczędności w systemach logistycznych może przynieść **transport multimodalny** polegający na przemieszczaniu ładunków w jednostkach ładunkowych (kontenerach, naczepach) kilkoma środkami gałęzi transportu. W transporcie tym istotne są trzy elementy:

– konieczność użycia co najmniej dwóch gałęzi transportu,
– konieczność wystąpienia tylko jednej umowy o przewóz,
– konieczność wystąpienia jednego wykonawcy odpowiedzialnego za przebieg dostawy towaru.

Mówiąc o zarządzaniu logistycznym w transporcie, podkreślić należy rolę spedytorów. Podstawowym zadaniem **spedycji** jest organizowanie przewozów we współdziałaniu ze wszystkimi gałęziami transportu. Spełniając funkcję organizatora procesów przemieszczania, spedycja ma zasadniczy wpływ na usprawnienie funkcjonowania całego systemu transportowego.

Transport wewnętrzny

Usprawnienie i przyspieszenie transportu zewnętrznego okazuje się często w praktyce łatwiejsze niż usprawnienie zlokalizowanych punktowo operacji magazynowania, pakowania, sortowania, przygotowania do procesów technologicznych, wydzielenia partii towaru przeznaczonego do dystrybucji w danym momencie. Nie można ekstensywnie zwiększać jedynie pojemności magazynów oraz wydajności załadunkowej i wyładunkowej na terenie zakładu produkcyjnego, gdyż powoduje to wzrost kosztów i wcale nie usprawnia przepływu masy ładunkowej przez dany zakład. Znacznie lepiej służy temu zorganizowanie płynnego przepływu tej masy w małych partiach, pod warunkiem dobrej synchronizacji różnych czynności i ich wysokiej niezawodności.

Zasada **Just-in-Time** jest szczególnie ważna właśnie w logistyce wewnątrzzakładowej, ponieważ dostawy surowców, materiałów i wyrobów gotowych nie mogą być ani spóźnione (powodując przestoje), ani przedwczesne (powodując zwiększone koszty składowania). Najkorzystniej byłoby, gdyby zapasy magazynowe nie przekraczały dziennego zapotrzebowania produkcji, co wymaga wykonania codziennie przynajmniej jednej operacji zaopatrzenia – zbytu.

Transport wewnętrzny przedsiębiorstwa, obsługujący przede wszystkim proces działalności podstawowej, jest bardzo ściśle z nim związany. W przedsiębiorstwie organizacja procesu transportowego musi być przystosowana do racjonalnie zorganizowanego procesu produkcyjnego. Wśród zasad racjonalnej organizacji procesu transportowego, które odpowiadają zasadom organizacji produkcji, można wymienić:

- Zasadę jednokierunkowego i ciągłego przepływu ładunków bez nawrotów, skrzyżowań, pętli. Pożądane jest, aby wydawany z magazynu materiał przepływał ciągle przez kolejne fazy technologiczne procesu produkcyjnego aż do magazynu wyrobów gotowych.
- Zasadę najkrótszego przebiegu ładunku i dążenia do jego przepływu przez kolejne sąsiednio usytuowane stanowiska robocze.
- Zasadę zbędnych operacji transportowych oraz przeładunkowych, a także zmniejszania natężenia strumienia ładunków w przeliczeniu, np. na jedną tonę gotowego wyrobu. Należy dążyć do łączenia operacji transportowych z technologicznymi, zgadnie z zasadą Just in Time.
- Zasadę wykorzystania siły ciążenia i bezwładności przez stosowanie ześlizgów, rynien, przenośników rolkowych itp. jako bardziej ekonomicznych w porównaniu z możliwościami pojazdów.
- Zasadę maksymalnego wykorzystania produkcyjnej powierzchni hal, eliminowania stanowisk, magazynów międzyoperacyjnych, minimalizowania składowisk produkcji w toku przy stanowiskach roboczych, co związane jest z czę-

stotliwością dostarczania i odbioru przedmiotów pracy ze stanowisk roboczych, zmniejszaniem liczby dróg, a także stosowaniem przenośników transportu podwieszanego.

- Zasadę mechanizacji operacji transportowych, szczególnie w przypadkach dużego ciężaru i natężenia strumieni ładunków, procesów transportowych niebezpiecznych lub monotonnych.
- Zasadę bezpieczeństwa i higieny pracy zobowiązującą do takiej organizacji procesów transportowych, które nie zagrażają bezpieczeństwu i higienie pracy wszystkich pracowników oraz bezpieczeństwu transportowanych ładunków.[3]

Usprawniając istniejącą organizację transportu wewnętrznego, należy pamiętać o jego sprzęgnięciu z transportem zewnętrznym i cyklem dostaw materiałowych, bo to dopiero ukazuje podejście logistyczne w całym łańcuchu zaopatrzeniowym.

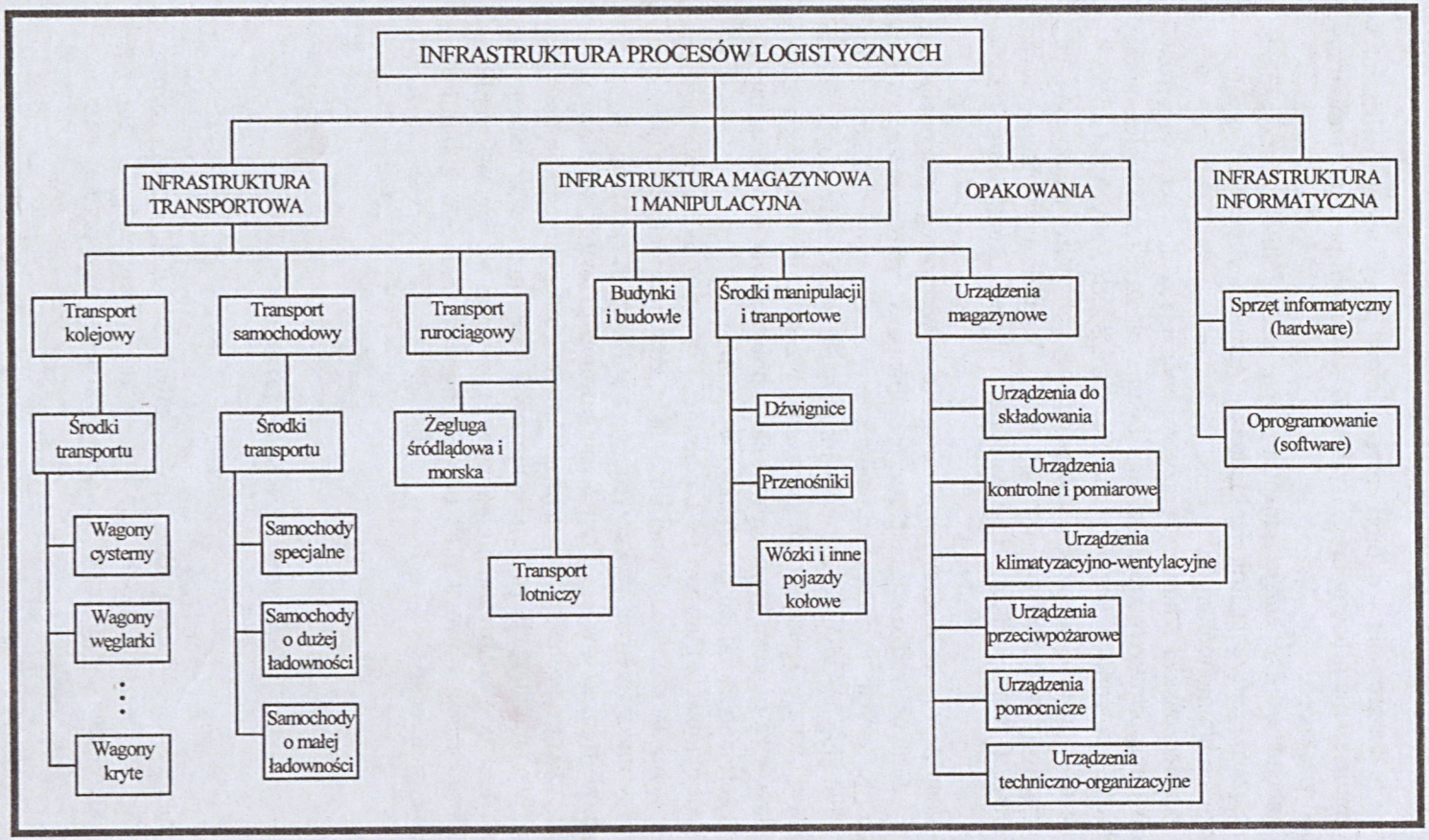
Warunkiem powodzenia sprawnego transportu wewnętrznego jest posiadanie parku nowoczesnych środków transportu: przenośników, taśmociągów, wózków drogowych i torowych, naziemnych i podwieszonych, z napędem elektrycznym, mechanicznym lub ręcznym, wózków widłowych z przednimi lub bocznymi chwytami widłowymi. Transport ten usprawnia w znakomity sposób jednostkowanie ładunków za pomocą kontenerów i palet, pojemników oraz mechanizacja (lub nawet automatyzacja) ich załadunku i wyładunku.

Sprawna organizacja transportu wewnętrznego w przedsiębiorstwie powinna zapewnić przemieszczanie określonej ilości ładunków po możliwie najkrótszych drogach, przy maksymalnym wykorzystaniu, a jednocześnie najmniejszym zużyciu środków transportowych. Przy organizowaniu przewozów należy wziąć pod uwagę strukturę produkcyjną i usytuowanie poszczególnych komórek produkcyjnych i pomocniczych, rodzaje ładunków i natężenie ich strumieni. Niezbędne jest też stałe kontrolowanie zapasów, umiejętne przygotowywanie zamówień i organizacja dowozu oraz odwozu między zakładem a terminalem transportu zewnętrznego.

Infrastruktura transportowa

Infrastrukturę transportową jako składnik procesów logistycznych rozpatrujemy z uwagi na dwa podstawowe aspekty – sprawność przepływu dóbr materialnych w sferze transportu oraz minimalizację kosztów tego przepływu.

[3] S. Abt, *Zarządzanie logistyczne,* TNOiK, Poznań 1996.



Rys. 1. Infrastruktura procesów logistycznych

Źródło: na podstawie Cz. Skowronek, Z. Sarjusz-Wolski, Logistyka w przedsiębiorstwie, PWE, Warszawa 1999

Sprawność przepływu to dostarczenie produktu we właściwym czasie, w odpowiednie miejsce, zgodnie z dyspozycjami dysponenta, tj. dostawcy lub odbiorcy.

Minimalizacja kosztów transportu zależy przede wszystkim od wyboru ekonomicznego rodzaju transportu, konkretnych środków transportu, optymalizacji tras i czasu transportu.[4]

Infrastrukturę transportową procesów logistycznych tworzy pięć podstawowych gałęzi transportu:
– transport kolejowy,
– transport samochodowy,
– transport rurociągowy,
– żegluga śródlądowa i morska,
– transport lotniczy.

W ujęciu krajowym w przewozie ładunków zasadnicze znaczenie odgrywają trzy pierwsze gałęzie, jednak wobec przewidywanego rozwinięcia współpracy w skali europejskiej niezbędny jest rozwój także pozostałych. Na te gałęzie przypada podstawowa część przewozu ładunków towarowych w ujęciu tonażowym i w wielkości wykonywanej pracy przewozowej.

W skład infrastruktury transportu wchodzą przede wszystkim trzy podstawowe grupy elementów:
1) drogi wszystkich gałęzi transportu,
2) punkty transportowe (porty morskie, dworce, lotniska, itp.)
3) urządzenia pomocnicze służące bezpośrednio do obsługi dróg i punktów transportowych.

Rozwój transportu aktywizuje obszary wokół jego infrastruktury. Wzdłuż dróg powstają nowe zakłady przemysłowe oraz gospodarcze. Rozwój zaś transportu jest możliwy dzięki inwestycjom, a więc zarówno dzięki modernizacji istniejącej już infrastruktury, jak i budowie nowych obiektów infrastrukturalnych. Rozwój infrastruktury powinien wyprzedzać rozwój transportu w stosunku do potrzeb, ponieważ główną cechą wiążącą się z rozwojem infrastruktury transportowej jest długi okres realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych.

Wszelka działalność gospodarcza wymaga pewnego wyposażenia transportowego, a rozwój gospodarczy i aktywizacja życia gospodarczego wymuszają przyspieszenie przedsięwzięć infrastrukturalnych. Niski poziom rozwoju infrastruktury transportowej i brak możliwości jej rozwoju stają się prędzej czy później barierą rozwoju gospodarczego. Z drugiej strony, ilościowy i jakościowy rozwój infrastruktury transportowej wpływają promocyjnie na wszelkie formy życia gospodarczego i społecznego. Istnieje też ścisły związek między infra-

[4] Cz. Skowronek, Z. Sarjusz-Wolski, *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 1999.

strukturą transportową a zagospodarowaniem przestrzennym jednostek osadniczych, regionów i krajów.[5]

Transport samochodowy, spośród innych gałęzi transportu, odznacza się przede wszystkim:
- bardzo dużą dostępnością wyróżniającą się możliwościami podstawienia taboru praktycznie w dowolne miejsce,
- wysoką operatywnością usługową, polegającą na dyspozycyjności względnie dużej liczby środków przewozowych,
- dużą elastycznością podróży, wyrażającą się możliwościami obsługi zróżnicowanego poziomu potrzeb bez ponoszenia dodatkowych nakładów typu inwestycyjnego,
- dużą szybkością przewozu, mającą szczególne znaczenie na krótkich i średnich odległościach,
- terminowością i punktualnością wykonania usług; atrybuty te wynikają głównie z możliwości realizacji przewozów ze ściśle sprecyzowanym harmonogramem.[6]

Istnienie odpowiedniej infrastruktury pozwala na osiągnięcie przez transport samochodowy właśnie tych cech funkcjonalnych.

Infrastrukturę transportu samochodowego (podobnie jak w innych gałęziach transportu) można podzielić na :

1) liniową, w ktorej skład wchodzą:
   - drogi ogólnodostępne,
   - drogi ekspresowe,
   - autostrady;
2) punktową, w ktorej skład wchodzą wyodrębnione przestrzennie obiekty, służące stacjonarnej obsłudze:
   - pasażerów: dworce autobusowe, przystanki;
   - ładunków: wyładownie ogólnie dostępne, stacje, place i punkty przeładunkowe;
   - środków przewozowych transportu samochodowego: stacje techniczne, stacje zaopatrzenia materiałowo-technicznego samochodów.

Infrastruktura kolejowa to drogi kolejowe, budowle inżynieryjne, urządzenia sterowania i zabezpieczenie ruchu pociągów, stacje, dworce, budynki i budowle służące do obsługi technicznej taboru i lokomotyw, urządzenia transmisji informacji.

W transporcie lotniczym infrastruktura liniowa to drogi lotnicze. Punktowa **infrastruktura lotnictwa** obejmuje lotniska o bardzo różnym wyposażeniu i o różnej wielkości. Na niektórych z nich rozwinęły się wielkie pasażerskie

[5] *Kompendium wiedzy o logistyce*, red. E. Gołembska, PWN, Warszawa 1999.
[6] *Transport*, red. Wł. Rydzkowski, K. Wojewódzka-Król, PWN, Warszawa 1998.

porty lotnicze i terminale towarowe. W przewozach ładunków towarowych transport lotniczy odgrywa rolę marginalną, zwłaszcza w naszym kraju, co wynika zarówno z rachunku kosztów, jak i z braku własnych samolotów transportowych.

Żegluga śródlądowa korzysta przede wszystkim z naturalnych dróg wodnych. Zbiorniki wodne i rzeki nie są jednak z reguły przystosowane do żeglugi. Odbywa się to poprzez pogłębianie, regulację oraz kanalizację. W Polsce żegluga śródlądowa nie jest praktycznie wykorzystywana, choć powinna i dlatego trzeba wskazać na celowość jej rozwoju.

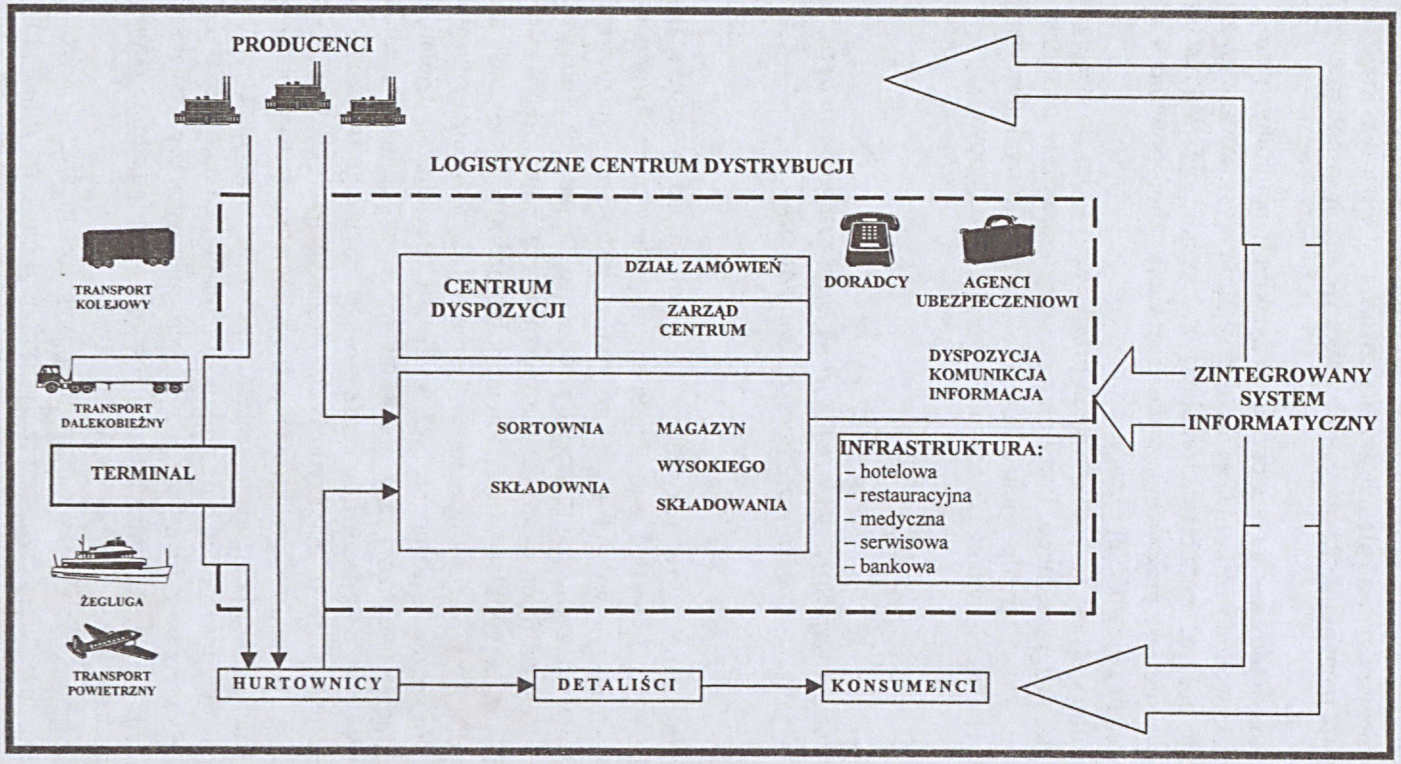
Żegluga morska jest wykorzystywana przede wszystkim do obsługi transportowej handlu zagranicznego. Porty morskie obejmują obszar na lądzie i morzu i mają na swym terenie wiele elementów infrastruktury lądowych gałęzi transportowych i niekiedy także infrastruktury żeglugi śródlądowej.

Infrastruktura współpracy transportu wewnętrznego i zewnętrznego (logistyczne centra dystrybucji)

Transportu nie należy rozpatrywać w odosobnieniu od systemu magazynowego, ponieważ może on być jego dopełnieniem, jeśli wspólnie tworzą łańcuch transportowo-magazynowy, lub jego substytutem, jeśli, działając samodzielnie, spełnia zadanie magazynu mobilnego. Powoduje to, że na rynku obserwuje się wyraźne odejście od formuły środka transportu na rzecz urządzenia transportowego, ponieważ na przykład w transporcie multimodalnym może zajść konieczność manipulacji przeładunkowej towaru wraz z całą jednostką transportową. Dalszy rozwój powiązań gospodarczych w zakresie specjalizacji działań, kooperacji i integracji zewnętrznej oraz obserwowany rozwój zainteresowania usługami logistycznymi doprowadzi do coraz powszechniejszego tworzenia nowego typu węzłów transportowo-magazynowych – **logistycznych centrów dystrybucji**. Są to centra gospodarcze, w których jedno lub wiele przedsiębiorstw oferuje, oprócz świadczeń transportowych, szerokie spektrum usług logistycznych. Powinny one być wyposażone w infrastrukturę do obsługi co najmniej dwóch gałęzi transportu, w centrum przetwarzania danych, magazyny ze specjalistycznym wyposażeniem i urządzeniami przeładunkowymi oraz zatrudniać odpowiednio wykwalifikowaną i kompetentną kadrę.

Wśród logistycznych centrów dystrybucji wyróżnić można:

– Międzynarodowe logistyczne centra dystrybucji o najwyższym stopniu rozbudowy organizacyjnej i funkcjonalnej, umożliwiającej współpracę z zagranicą. Promień działań to ok. 500 – 800 km, a powierzchnia zagospodarowania 100 –



Rys. 2. Struktura logistycznego centrum dystrybucji

Źródło: na podstawie S. Abt, Logistyka nowocześnie zorganizowanego transportu, „Przegląd Komunikacyjny" 1997 nr 7/8.

150 ha. Centrum tego typu wyposażone jest w pełny system informatyczny i posiada w pełni rozwinięty serwis usług logistycznych

- Regionalne logistyczne centra dystrybucji, stanowiące pośrednie ogniwo w kanałach logistycznych, z zadaniami obsługi dystrybucyjnej regionu o promieniu 50 – 80 km. Powierzchnia zagospodarowania tego typu centrów to ok. 20 – 50 ha.
- Lokalne logistyczne centra dystrybucji stanowiące zakończenie systemu nowoczesnej sieci dystrybucyjnej i wymagające odpowiedniego wyposażenia, choć znacznie skromniejszego niż w dwóch powyższych typach centrów. Obsługują obszar o promieniu 5 – 8 km i są zorganizowane na powierzchni do 10 ha.
- Branżowe logistyczne centra dystrybucji obsługujące określoną branżę czy nawet przedsiębiorstwo.
- Centra usług logistycznych, będące fazą pośrednią w dojściu do wyższego rzędu logistycznych centrów dystrybucji.[7]

Podstawą istnienia logistycznego centrum dystrybucji jest proces logistyczny, który obejmuje proces przewozowy, transportowy oraz fizyczną i administracyjną działalność logistyczną. Proces logistyczny jest zatem ciągiem czynności związanych z przepływem dóbr, obejmujący fizyczne przemieszczanie i magazynowanie surowców, materiałów i produktów oraz przepływ związanej z tym informacji przez kolejne fazy różnego typu procesów gospodarczych, (począwszy od surowców, kończąc na konsumentach), zorganizowane tak, aby ich realizacja była sprawna i ekonomicznie uzasadniona (optymalna)[8].

Logistyczne centrum dystrybucji odgrywa rolę „regulatora" harmonii czasowej w sekwencji przepływów. Można wymienić dwie główne grupy funkcji logistycznych pełnionych przez logistyczne centra dystrybucji:

1) fizyczna działalność logistyczna, do której zaliczyć można:
   - transport samochodowy miejscowy (zwózkowo-rozwózkowy),
   - transport samochodowy dalekobieżny,
   - transport kolejowy,
   - żegluga morska i śródlądowa,
   - transport lotniczy,
   - przeładunki,
   - składowanie tranzytowe,
   - sortowanie,
   - magazynowanie,
   - odbiór ładunków,
   - transport wewnętrzny i operacje manipulacyjne,

[7] S. Abt, *Zarządzanie logistyczne,* TNOiK, Poznań 1996.

[8] S. Abt, *Zarządzanie logistyczne w ćwiczeniach,* Wyd. AE w Poznaniu, Poznań 1999.

– pakowanie i przepakowywanie,
– montaż finalny,
– serwis gwarancyjny i pogwarancyjny,
– komisjonowanie – składowanie, przepakowywanie i dystrybucja na potrzeby określonego klienta,
– ekspedycja;

2) administracyjna działalność logistyczna, obejmująca między innymi:
– doradztwo logistyczne,
– ubezpieczenia,
– informatykę i elektroniczną wymianę danych (EDI) z klientem,
– zarządzanie jakością,
– opracowywanie zamówień,
– zarządzanie zapasami i statystykę zdarzeń gospodarczych,
– prefakturowanie, fakturowanie i pobieranie należności od klientów,
– badanie rynku i prognozę sprzedaży (w funkcji wysokości utrzymywanych zapasów asortymentowych),
– spedycję krajową i międzynarodową.

Tworząc koncepcję logistycznego centrum dystrybucji, należy najpierw określić:
– Jakie grupy towarów ma ono obsługiwać?
– Jakie ma obsługiwać środki transportu?
– Jakie realizować trasy zwózkowo-rozwózkowe, w jakiej odległości i jaka ma być częstotliwość kursów?
– Jakim klientom będzie świadczyło usługi – od ilu producentów kupują oni towar, jakie mają możliwości zakupu, jakie są ich wymagania co do formuły ładunku?
– Od jakich producentów będzie następował odbiór towaru – od ilu, gdzie zlokalizowanych, o jakich jednorazowych wielkościach dostaw i możliwych częstotliwościach dostaw?
– Jaką powierzchnię składową utrzymywać, co zależy od ilości, rodzaju i stopnia rotacji towaru?
– Jaką realizować ofertę logistycznej obsługi klienta: otwartą – dla wszystkich klientów, zamkniętą – dla wybranych, pełną – z kompleksowym pakietem usług, lub o ograniczonym zakresie?[9]

Lokalizacja logistycznego centrum dystrybucji zdeterminowana jest przez:
– najdogodniejszy punkt styku gałęzi transportowych
– punkt najlepszej dostępności czasowej,
– kierunek ciążenia strumieni towarowych do wysłania,
– kierunek ciążenia strumieni towarowych do dostawy.

[9] M. Jedliński, *Zarządzanie systemami logistycznymi*, Szczecin, 1998.

Nie można jednak lokalizacji rozpatrywać w kontekście bliskości przestrzennej, lecz w kontekście korzyści czasu i płynących z tego faktu korzyści ekonomicznych. Logistyczne centrum dystrybucji spełni swoje zadanie, jeśli zostanie skrócony czas trwania całej procedury przepływu między nadawcą i odbiorcą, ładunek zostanie dostosowany do ich wymagań i możliwości, nastąpi sprawny przepływ informacji handlowych lub operacyjnych i w procedurę przepływu zostanie wprzęgnięty prawidłowy przepływ strumienia finansowego. Jednak lokalizacja jest tylko jednym z aspektów koncepcji logistycznego centrum dystrybucji, ponieważ oprócz określenia gdzie, należy również znaleźć odpowiedź na pytania dlaczego, za jaką cenę, dla kogo i z jakim rezultatem?

Działania logistycznego centrum dystrybucji pozwalają na balansowanie między minimalnym kosztem zaopatrzenia, minimalnym zamrożeniem kapitału w zapasie, minimalnym koszcie składowania i dystrybucji a maksymalnym poziomem obsługi klienta. Pełni więc ono funkcję doradczą wobec klienta (zarówno nadawcy, jak i odbiorcy), zalecając mu najlepsze rozwiązania pod względem ceny, czasu, jakości.

Transport a lokalizacja produkcji

Logistyka jako dyscyplina wiedzy zastosowana do procesów gospodarczych zajmuje się planowaniem produkcji dóbr w gospodarce narodowej, ich dystrybucją, przechowywaniem i uzupełnianiem stanu zapasów, a tym samym ich transportem, jak również tworzeniem niezbędnej infrastruktury produkcyjnej, magazynowej i transportowej wzajemnie dostosowanych do siebie. O logistycznych warunkach przepływu masy ładunkowej decyduje kompleksowa lokalizacja działalności wydobywczej, przetwórczej, magazynowej i handlowej.

W tradycyjnym ujęciu transport był rozpatrywany jako jeden z najważniejszych czynników lokalizacji pojedynczego zakładu produkcyjnego obok takich czynników, jak: zasoby surowców, energii, wody, siły roboczej, terenów nadających się pod daną produkcję, sąsiedztwa innych zakładów i odpowiedniej infrastruktury bankowo-kredytowej i usługowej. Kryterium wyboru danej lokalizacji pojedynczego zakładu było osiąganie maksymalnie wysokiego zysku przez właściciela takiego obiektu. Obecnie właściciele zakładów produkcyjnych dostrzegają korzyści w integrowaniu się w cały łańcuch technologiczny, co umożliwia inną niż dawniej orientację lokalizacyjną, eliminację pewnych operacji między współpracującymi zakładami. Współcześnie konieczna jest lokalizacja całych kompleksów produkcyjnych zgodnie z wymogami logistyki i z przestrzeganiem wymogów ekologicznych.

Logistyczna orientacja lokalizacyjna polega na racjonalnym umiejscowieniu w przestrzeni przedsiębiorstw przemysłowych, handlowych, transportowych i usługowych w jednym zsynchronizowanym łańcuchu kooperacyjnym. Często oznacza to konieczność przestrzennego zbliżenia zakładów do siebie, a jeśli jest to niemożliwe to wymaga to stworzenia sprawnych łańcuchów przepływu masy ładunkowej, uruchomienia nowoczesnych węzłów pośrednich (logistycznych centrów dystrybucji) i sterowania nimi za pomocą zaawansowanej techniki informatycznej i telekomunikacyjnej.

Istotą każdego rachunku lokalizacyjnego jest wybór jak najlepszego wariantu z wielu możliwych. Lokalizacja obiektów logistycznych wpływa bezpośrednio na koszty transportu, poziom obsługi klienta i koszt zapasów. Niewłaściwa lokalizacja obiektu może znaleźć odzwierciedlenie w dodatkowych kosztach, np. transportu, lub mało atrakcyjnym poziomie logistycznej obsługi klienta. Jeżeli w wyniku rachunków optymalizacyjnych lokalizacji otrzymamy dwa identyczne warianty to wybiera się ten, który wymaga mniejszego zaangażowania transportu. Wariant bardziej transportochłonny niesie za sobą ryzyko perturbacji produkcyjnych w wyniku zakłóceń w funkcjonowaniu transportu zapewniającego zaopatrzenie zakładu i wywóz wyrobów gotowych[10].

Logistyka informacji w transporcie

Funkcjonowaniu każdego rodzaju działalności gospodarczej towarzyszy proces ciągłej wymiany informacji między sferą procesów realnych a sferą procesów regulacji. Dotyczy to również systemów logistycznych. Sukces przedsięwzięć logistycznych w transporcie zależy w bardzo dużym stopniu od techniki informacyjnej.

Informacja musi odpowiadać potrzebom poszczególnych obszarów zarządzania procesami logistycznymi. Musi być jasna i zrozumiała dla odbiorcy. Istotne jest ścisłe określenie źródła jej powstania i przeznaczenia. Przepływ informacji powinien być szybki. Jest to szczególnie istotne, jeżeli chodzi o informacje niezbędne do sterowania procesami logistycznymi. Jakość informacji zarządczej określają takie jej cechy użytkowe jak: zawartość, obiektywność, selektywność, kompletność itp. Powyższe cechy skumulowane są w określeniu „obiektywne zaopatrzenie informacyjne". Oznacza ono taką ilość i jakość informacji, która wyklucza wszelką niepewność w zarządzaniu. Koordynowanie

[10] *Ekonomika transportu*, red. J. Burnewicz, Uniwersytet Gdański, 1992.

systemu zasilania w informację zarządczą jest zadaniem kontrolingu. Przez **kontroling** rozumiemy całokształt działań, które uskuteczniają procesy planistyczne, ich wzajemną koordynację, kontrolę przebiegu realizacji zadań planowych, umożliwiają wypracowanie decyzji korygujących w przypadku stwierdzenia istotnych odchyleń przebiegu zadań od norm planowych oraz zapewniają właściwe zaopatrzenie informacyjne do powyższych działań.

Globalizacja transportu

Globalizacja może być rozumiana jako proces, który jest tworzony przez zjawiska lub działania o wymiarze ogólnoświatowym. To tendencja do świadomego kształtowania procesów w skali międzynarodowej i światowej, która wynika ze zjawisk:

- negatywnych, związanych ze wzrostem wspólnych zagrożeń ekologicznych, militarnych, wzrastającej rzadkości zasobów, narastającej nierówności i dysproporcji społeczno ekonomicznej itp. zjawisk grożących załamaniem się porządku światowego, które należy wspólnie ograniczać;
- pozytywnych, wynikających z efektów wzrostu globalnego oświecenia i edukacji, cywilizacji i humanizacji, postępu naukowo-technicznego, w tym w zakresie globalnej komunikacji i informatyzacji, które należy wspólnie rozpowszechniać.

W znaczeniu ekonomicznym globalizacja i globalizowanie najczęściej są odnoszone do działalności gospodarczej, gospodarki, rynków branżowych, gałęzi gospodarki, przedsiębiorstw, konkurencji. Globalizacja stanowi wyższy, bardziej złożony i zaawansowany etap procesu umiędzynarodowiania działalności gospodarczej. Zasadniczą cechą globalizacji jest integrowanie działań, procesów i podmiotów w ogólnoświatowy (globalny) system funkcjonujący w jednym z trzech poniższych poziomów:

- przedsiębiorstw,
- rynków/gałęzi,
- gospodarki światowej,

ale powiązany również z innymi poziomami.

Koncepcja logistyki globalnej opiera się na uwzględnieniu następujących tendencji, jakie zachodzą w gospodarce światowej:

- rosnącej liczby powiązań produkcyjnych w układach regionalnych i międzykontynentalnych,
- wzrastającej specjalizacji produkcji i związanego z tym ograniczenia rozpiętości procesów wytwórczych,

– skracania czasu realizacji zadań oraz zwiększenia elastyczności procesów produkcyjnych,
– rozszerzenia zastosowania strategii zarządzania przepływem strumieni dostaw, mających na celu minimalizację zapasów (np. metody Just-in-Time),
– pozyskiwania surowców, półfabrykatów, części i podzespołów na rynku światowym.

Wymienione tendencje zwiększają znaczenie rynku usług transportowych, działającego wspomagająco na rzecz sfery produkcji i handlu.

W globalnej koncepcji logistycznej chodzi więc o wykorzystanie usług transportowych jako elementu globalnej optymalizacji przepływu dóbr materialnych, mającej na celu zwiększenie sprawności oraz efektywności produkcji i obrotu.

Optymalizacje w transporcie

Problem transportu w łańcuchu logistycznym jest charakteryzowany przez transportowany towar, strukturę i cechy zaopatrywanego regionu, lokalizację punktów dostaw i punktów odbioru oraz rodzaj oferty i popyt[11]. W celu rozstrzygnięcia problemu transportu należy odpowiedzieć na dwa podstawowe pytania:
– Jaki środek transportu jest najkorzystniejszy?
– Jaki proces transportu jest najkorzystniejszy?

Pierwsze pytanie dotyczy wyposażenia transportu, czyli jakimi środkami transportu mają być przewiezione towary. Natomiast drugie pytanie dotyczy organizacji transportu. Jest to pytanie o uregulowania co do przebiegu transportu i związek ze sterowaniem tym procesem.

Przedmiotem badań operacyjnych, które wykształciły grupę metod wspomagających podejmowanie decyzji, są również przewozy towarowe. Pod pojęciem problemu transportu w literaturze badań operacyjnych rozumie się ściśle określony problem organizacyjny. Jeżeli towar występuje w określonych ilościach w różnych punktach dostaw, wówczas problem transportu polega na określeniu punktów dostaw i ilości towarów dostarczanych z tych punktów, przy zminimalizowaniu ogólnych kosztów transportu, związanych z dostarczeniem do punktów odbioru zamówionych przez nie ilości towarów. Zastosowania badań operacyjnych w problematyce transportu obejmują również optymalny ładunek środka transportowego, wybór najkrótszej drogi między punktem dostawy i punktem

[11] H.-Ch. Pfohl, *Systemy logistyczne*, ILiM, Poznań 1998.

odbioru lub określenie optymalnej trasy, przy zaopatrywaniu wielu punktów odbioru z jednego punktu dostaw, podejmowanie najkorzystniejszych zadań względem czasu.

Jeżeli pewne przedsiębiorstwo zajmuje się zbytem pewnego jednorodnego towaru to problem organizacyjny polega na jego rozprowadzeniu między m odbiorców przy minimalnym koszcie transportu. Załóżmy, że odbiorca *j-ty* zgłasza zapotrzebowanie na towar w ilości B_j jednostek $(j = 1,\ldots,m)$, a towar znajduje się u n dostawców, przy czym u *i-tego* dostawcy znajduje się A_i jednostek towaru $(i = 1,\ldots,n)$. Przedsiębiorstwo zbytu ma sporządzić plan przewozu towaru od dostawców do odbiorców. Plan ten ma określić, ile towaru ma dostarczyć *i-ty* dostawca *j-temu* odbiorcy przy minimalnym koszcie transportu. Załóżmy, że ilość towaru u wszystkich dostawców jest równa łącznemu zapotrzebowaniu wszystkich odbiorców oraz, że dane są jednostkowe koszty transportu c_{ij} $(i = 1,\ldots,n; j = 1,\ldots,m)$ od *i-tego* dostawcy do *j-tego* odbiorcy, które mogą być przedstawione jako iloczyn kosztu k zł za przewóz jednostki towaru na odległość jednego kilometra i odległości d_{ij} między *i-tym* dostawcą a *j-tym* odbiorcą, czyli $c_{ij} = k \cdot d_{ij}$. Jeżeli przedsiębiorstwo zbytu chce zminimalizować koszty przewozu całej masy towarowej, to spośród planów dopuszczalnych powinno wybrać taki plan x_{ij}, który spełniałby poniższe warunki:

$$\sum_{i=1}^{n} A_i = \sum_{j=1}^{m} B_i \,, B \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = A_i \ (i = 1,\ldots,n), \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = B_j \ (j = 1,\ldots,m) \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij} \to \min. \tag{4}$$

Zadanie sformułowane w punktach (1) – (4) nazywamy **zamkniętym zadaniem transportowym (ZZT)**.

Jeżeli założymy, że dostawcy mają łącznie więcej towaru niż potrzebują odbiorcy, to warunek (1) zmienia postać na

$$\sum_{i=1}^{n} A_i > \sum_{j=1}^{m} B_i \,, \tag{5}$$

i zagadnienie to nazywamy **otwartym zadaniem transportowym (OZT).**

Jeżeli dostawcy dysponującymi A_i jednostkami towarów, mogą u siebie zmagazynować nadwyżkę towarów otrzymujemy wtedy **zadanie transportowo-magazynowe**, które jest pewnym wariantem OZT. Jeżeli koszty magazynowania są różne u poszczególnych dostawców i wynoszą q_i zł u *i-tego* dostawcy (w przeliczeniu na jednostkę towaru), to można znaleźć taki plan przewozów, który dawałby minimalny łączny koszt magazynowania i transportu.

Rozważmy teraz następującą sytuację. Danych jest n producentów pewnego jednorodnego produktu. Każdy z nich ma określone zdolności produkcyjne $A_1, A_2, \ldots, A_n$. Łączne zdolności produkcyjne wszystkich zakładów przekraczają łączne zapotrzebowanie m odbiorców, z których każdy zgłasza zapotrzebowanie na B_j jednostek towaru $(j = 1,\ldots,m)$. Skoro towar nie został jeszcze wytworzony, to istotne staje się pytanie, w których zakładach należy go wytwarzać i w jakich ilościach, aby uzyskać minimalne łączne koszty produkcji i transportu. Dochodzimy w ten sposób do **zadania transportowo-produkcyjnego.** Znane są jednostkowe koszty produkcji p_i $(i = 1,\ldots,n)$ określone dla poszczególnych producentów oraz tablica jednostkowych kosztów transportu $[k_{ij}]$.

Wtedy

$$c_{ij} = p_i + k_{ij} \quad (i = 1,\ldots,n; j = 1,\ldots,m)$$

oznacza łączny koszt wyprodukowania jednostki towaru w *i-tym* zakładzie i przewiezienia go do *j-tego* odbiorcy. Przy powyższych oznaczeniach problem minimalizacji łącznego kosztu produkcji i transportu sprowadza się do OZT.

Jeżeli zapotrzebowanie przekracza możliwości produkcyjne istniejących zakładów trzeba wtedy uruchomić nowe zakłady i określić ich lokalizację, biorąc pod uwagę bieżące koszty produkcji i transportu. Jest to **zagadnienie lokalizacji nowych zakładów**. Mamy dane: zbiór m punktów zapotrzebowania na pewien towar, zbiór n punktów, w których można zlokalizować nowe zakłady produkcyjne, B_j – zapotrzebowanie na towar w *j-tym* punkcie dla $j = 1,\ldots,m$, V_i – potencjalna zdolność produkcyjna w *i-tym* punkcie dla $i = 1,\ldots,n$, h_i – jednostkowy koszt produkcji w *i-tym* punkcie dla $i = 1,\ldots,n$, k_{ij} – jednostkowy koszt transportu towaru z punktu *i-tego* do *j-ego*. Wówczas przez $c_{ij} = h_i + k_{ij}$ oznaczamy jednostkowy koszt produkcji i transportu. Zmiennymi decyzyjnymi w tym zagadnieniu są: A_i – wielkość produkcji w *i-tym* punkcie dla $i = 1,\ldots,n$ oraz x_{ij} – wielkość przewozu towaru z punktu *i* do *j*.

Problem polega na wyborze optymalnego planu lokalizacji nowych zakładów, czyli w których z n punktów należy zlokalizować zakłady, ile w każdym z ich produkować i jak przewozić towar, aby w pełni zaspokoić zapotrzebowa-

nie odbiorców przy minimalnych kosztach produkcji i transportu. Zagadnienie to przyjmuje następującą postać OZT:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij} \times x_{ij} = minimum$$

przy warunkach:

$$\sum_{i=1}^{n} V_i > \sum_{j=1}^{m} B_j$$

$$V_i < \sum_{j=1}^{m} B_j \text{ dla } i = 1,\ldots,n$$

$$A_i = \sum_{j=1}^{m} x_{ij} \text{ dla } i = 1,\ldots,n.$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = B_j \quad j = 1,\ldots,m,$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq V_i \quad i = 1,\ldots,n,$$

Omówione powyżej zagadnienia transportowe dotyczą problemu optymalnego powiązania dostawców z odbiorcami. Są to więc zagadnienia z zakresu optymalizacji przepływów towarowych. Gdy przepływ masy towarowej między dostawcami a odbiorcami jest już ustalony, pojawia się problem organizowania pracy środków transportowych. Problemem, który pojawia się stosunkowo często, są puste przebiegi. Są to procesy transportu bez transportowanego towaru, które stanowią jednak konieczny warunek do zaistnienia procesu transportu z materiałem, ponieważ środek transportu musi jechać od odbiorcy, do którego towar ostatnio dostarczył, do dostawcy, który znajduje się w innym geograficznie punkcie, i drogę tę pokonuje bez ładunku. Puste przebiegi podwyższają koszty funkcjonowania transportu, a zatem należałoby je minimalizować.

Przyjmijmy, że n miast, między którymi odległości wynoszą d_{ij}, tworzy układ zamknięty, tzn. wymiana towarów odbywa się tylko między nimi i każde z miast może być zarówno dostawcą, jak i odbiorcą. Wielkość przesyłek między miastami określona jest liczbą samochodów potrzebnych do ich realizacji. Oznaczmy przez a_{ij} liczbę samochodów niezbędnych do przewiezienia masy

towarowej z miasta *i* do miasta *j*. Można wyliczyć dla *i-tego* miasta liczbę samochodów niezbędnych do wywiezienia masy towarowej.
Wynosi ona:

$$w_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \quad (i = 1,\ldots,n;\ a_{ii} = 0).$$

Podobnie, dla *i-tego* miasta można określić liczbę samochodów niezbędnych do przywiezienia towarów:

$$p_j = \sum_{i=1}^{n} a_{ij} \quad (j = 1,\ldots,n;\ a_{jj} = 0).$$

Z powyższych oznaczeń wynika, że

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = \sum_{j=1}^{n} p_j .$$

Natomiast dla poszczególnych miast liczba samochodów wywożących nie musi być równa liczbie samochodów przywożących towar. Powstaje więc problem zaopatrzenia w puste samochody tych miast, z których wywóz jest większy od przywozu, przez te miasta, które nie wykorzystują pewnej liczby nadchodzących samochodów, gdyż wywóz z tych miast jest mniejszy od przywozu. Optymalny plan pustych przebiegów to taki, przy którym łączna liczba kilometrów pustych przebiegów będzie minimalna przy zaopatrzeniu każdego miasta, w którym wywóz przekracza przewóz, w niezbędną liczbę samochodów.
Miasta, dla których $w_j > p_j$, są odbiorcami pustych samochodów i ich zapotrzebowanie na te samochody wyniesie

$$r_j = w_j - p_j .$$

Miasta, dla których $w_i < p_i$, są dostawcami pustych samochodów i ich nadwyżka wyniesie

$$q_i = p_i - w_i .$$

Miasta, dla których $w_i = p_i$, nie są ani dostawcami, ani odbiorcami, więc wyłączamy je z rachunku.

Oznaczmy zbiór miast, dla których $w_i < p_i$ przez *D*, a zbiór miast, dla których $w_j > p_j$ przez *O*. Niech x_{ij} oznacza liczbę pustych samochodów przesuniętych z miasta *i-tego* (dla $i \in D$) do miasta *j-tego* (dla $j \in O$).

Zagadnienie to można zapisać w postaci:

$$\sum_{i \in D} \sum_{j \in O} d_{ij} x_{ij} = minimum ,$$

$$\sum_{j \in O} x_{ij} = q_i \text{ dla } i \in D ,$$

$$\sum_{i \in D} x_{ij} = r_j \text{ dla } j \in O ,$$

$$x_{ij} \geq 0 .$$

Rozwiązanie optymalne wskaże, z jakiego miasta i dokąd należy wysłać określoną liczbę pustych samochodów, aby puste przebiegi były minimalne[12].

Jednym z uogólnień ZZT jest tzw. **wieloetapowe zagadnienie transportowe.** Zakłada się tu, że towar na drodze od dostawców do odbiorców przechodzi przez pewne punkty pośrednie. Początkowymi dostawcami mogą być, np. wytwórnie towaru, punktami pośrednimi – hurtownie, a końcowymi odbiorcami sklepy detaliczne. W zagadnieniu wieloetapowym chodzi o znalezienie planu przewozów towaru, przy którym minimalne są łączne koszty przewozu we wszystkich etapach. Dane są zapotrzebowania końcowych odbiorców, możliwości wysyłkowe początkowych dostawców i „przepustowość" wszystkich punktów pośrednich. Zagadnienie to można sprowadzić do ZZT, traktując punkty pośrednie jako punkty będące jednocześnie dostawcami i odbiorcami z tym, że wyklucza się przewozy na trasach między punktami pośrednimi i powrotne przewozy do dostawców.

Transport jest wprzęgnięty w system logistyczny, który to system charakteryzuje się dużą liczbą konfliktów celów w zakresie kosztów.

Dlatego też myślenie kategoriami kosztów ogólnych ma duże znaczenie dla decyzji logistycznych. Obniżenie kosztów w jednym podsystemie może doprowadzić do zwiększenia kosztów w innym podsystemie. Na przykład obniżenie kosztów transportu, bez uwzględnienia związanego z tym możliwego wzrostu kosztu opakowań lub magazynowania, może powodować wzrost kosztów dostawy.

Dlatego podejmowanie decyzji transportowych zgodnie z logistyczną zasadą analizy całkowitego kosztu przepływu nie może przebiegać w izolacji pozostałych elementów systemu logistycznego. Należy więc minimalizować łączne koszty w całym łańcuchu logistycznym.

---

[12] Dokładniejszy opis powyższych modeli decyzyjnych można znaleźć w pracy: Z. Czerwiński, *Matematyka na usługach ekonomii,* PWN, Warszawa 1980 lub *Badania operacyjne*, red. E. Ignasiak, PWE, Warszawa 1997.



Rys. 3. Przykłady konfliktów kosztów

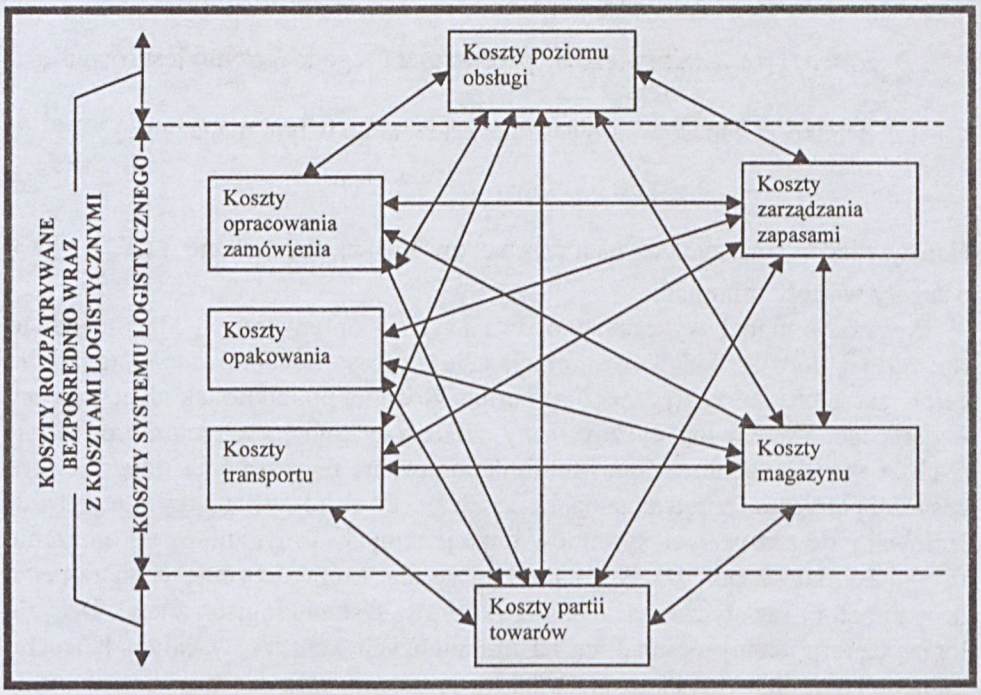
Źródło: H.-Ch. Pfohl, Systemy logistyczne, ILiM, Poznań 1998.

Do rozwiązywania tego typu zagadnień może posłużyć **programowanie wielokryterialne.**

Zagadnienie transportowe z kryterium minimalizacji kosztów jest klasycznym modelem programowania matematycznego. Wydaje się, że jednym ze sposobów rozszerzenia stosowalności tego modelu na różne, występujące w praktyce, sytuacje decyzyjne może być równoczesne uwzględnienie także innych kryteriów optymalności. W szczególności można tu wymienić następujące kryteria:
– minimalizację czasu realizacji procesu przewozowego,
– minimalizację łącznej wielkości pracy przewozowej,
– minimalizację łącznych kosztów transportu.
Uwzględnienie pierwszego z nich może okazać się niezbędne przy planowaniu rozwózki towarów łatwo psujących się lub też mających znaczenie strategiczne. Stopień zagrożenia ładunku zepsuciem może zależeć od trasy przewozu, środka transportu lub też momentu realizacji przewozu. Natomiast drugie z wymienionych kryteriów można zalecić do stosowania w sytuacjach, gdy ponoszone koszty transportu nie są proporcjonalne do wykonywanej pracy przewozowej.

Można rozważyć zagadnienie transportowe z n dostawcami i m odbiorcami. Pewien surowiec zgromadzony w n magazynach należy dostarczyć do m zakładów produkcyjnych Będzie on przewożony samochodami przedsiębiorstwa transportowego o tej samej ładowności. Plan dostaw układany przez przewoźni-

ka powinien zapewniać możliwie niski poziom pracy przewozowej w tonokilometrach oraz możliwie niskie bezpośrednie koszty transportu, liczone w złotych, związane z realizacją tego planu.



Rys. 4. Koszty całkowite = (koszty obsługi zamówień + koszty transportu + koszty wysyłki + koszty zarządzania zapasami + koszty magazynu) + (koszty poziomu obsługi + koszty partii towarów)

Źródło: *H.-Ch. Pfohl, Systemy logistyczne, ILiM, Poznań 1998*

Zróżnicowane ukształtowanie terenu oraz różny stan dróg sprawiają, że jednostkowe bezpośrednie koszty transportu nie są proporcjonalne do odległości drogowych.

Opracowanie przez przewoźnika planu dostaw z magazynów przy uwzględnieniu obu celów prowadzi do rozwiązania dwukryterialnego zadania transportowego.

Model matematyczny powyższego zagadnienia dwukryterialnego jest następujący:

$$f(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij}x_{ij} \rightarrow \min, \text{(łączny koszt przewozów)}$$

$$g(X) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} d_{ij}x_{ij} \rightarrow \min, \text{(praca przewozowa w tonokilometrach)}$$

$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_j \; j = 1,\ldots,m$; (wielkość przewozu do j-ego zakładu jest równa zapotrzebowaniu tego zakładu)

$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = a_i \; i = 1,\ldots,n$; (wielkość przewozu z i-tego magazynu jest równa wielkości zapasów surowca zgromadzonego w tym magazynie)

$$x_{ij} \geq 0 \; i = 1,\ldots,n; \; j = 1,\ldots,m.$$

Należy więc wyznaczyć taki plan przewozów $X = [x]$, aby funkcje $f(X)$ i $g(X)$ osiągały wartość minimalną.

Powyższy model wykorzystuje dwa kryteria optymalności, ale można go rozszerzyć, dodając dodatkowe funkcje celu. Procesy podejmowania decyzji dla celów zarządzania logistycznego są bardzo złożone, podobnie jak same procesy logistyczne. System logistyczny firmy składa się z wielu wzajemnie powiązanych ze sobą elementów. Sprawne funkcjonowanie tego systemu integruje procesy zaopatrzenia, przetwarzania i sprzedaży. Ponadto system ten nie jest odizolowany od pozostałych systemów funkcjonalnych firmy, ani też od otoczenia firmy. Zgodnie z powyższym, naczelną zasadą, która decyduje o charakterze decyzji natury logistycznej, jest analiza kosztów systemu logistycznego. Decyzje logistyczne powinny opierać się na minimalizacji kosztów w całym łańcuchu logistycznym, dzięki czemu wyprodukowany towar trafia we właściwym czasie do właściwych klientów, po możliwie najniższej cenie. Wobec powyższego, należy minimalizować nie tylko koszty transportu, ale także koszty magazynowania, koszty zarządzania zapasami, koszty opakowań. W transporcie należy również rozpatrywać koszty pochodne, a mianowicie koszty zamrożenia środków obrotowych, koszty strat związanych z niepunktualnością i nieterminowością przewozu, dodatkowe koszty opakowania i ubezpieczenia. Równie ważna jest minimalizacja czasów dostaw realizowanych przez odpowiednio dobrany rodzaj transportu.

Bibliografia

[1] *Transport*, red. Rydzkowski Wł., Wojewódzka-Król K., PWN, Warszawa 1998

[2] Czerwiński Z., *Matematyka na usługach ekonomii,* PWN, Warszawa 1980

[3] *Badania operacyjne*, red. E. Ignasiak, PWE, Warszawa 1997

[4] Buga J., Nykowski I., *Zagadnienia transportowe w programowaniu liniowym,* PWN, Warszawa 1974
[5] Galas Z., Nykowski I., Żółkiewski Z., *Programowanie wielokryterialne*, PWE, Warszawa 1987
[6] Kisperska-Moroń D., *Podstawy podejmowania decyzji logistycznych w przedsiębiorstwie,* AE Katowice 1996
[7] *Ekonomika Transportu,* red. J. Burnewicz, Uniwersytet Gdański, 1992
[8] Abt S., *Zarządzanie logistyczne,* TNOiK, Poznań 1996
[9] Abt S., *Zarządzanie logistyczne w ćwiczeniach*, AE Poznań, 1999
[10] Pfohl H.-Ch., *Systemy logistyczne*, ILiM, Poznań 1998
[11] Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie,* PWE, Warszwa 1999
[12] Jedliński M., *Zarządzanie systemami logistycznymi*, Szczecin, 1998
[13] *Kompendium wiedzy o logistyce*, red. E. Gołembska, PWN, Warszawa 1999

BIBLIOTEKA AE