

JAKUB STARCZEWSKI

dr inż., ORCID 0000-0003-1924-4657,
Politechnika Krakowska, Katedra
Systemów Transportowych,
ul. Warszawska 24, 31-115 Kraków,
e-mail: starczewski.jakub@onet.pl

PROBLEMY DYSTRYBUCJI ŁADUNKÓW W RAMACH LOGISTYKI MIEJSKIEJ¹

Streszczenie: W artykule przedstawiono tematykę systemowego ujęcia logistyki miejskiej jako bytu nadrzędnego względem dystrybucji ładunków w mieście. Przedstawiono niezbędne definicje i dokonano charakteryzacji jej elementów. Omówiono koncepcję fizycznej dystrybucji dóbr oraz zaprezentowano podstawowe schematy funkcjonowania wraz ze wskazaniem wad i zalet. Najważniejszą częścią artykułu jest wnikliwa, wielowymiarowa analiza specyfiki miejskiego transportu ładunków, poparta licznymi przykładami, przedstawionymi na fotografiach pochodzących z prywatnego archiwum autora. Wskazano również wiodące trendy w dziedzinie poprawy efektywności dostaw.

Słowa kluczowe: rower towarowy, system dystrybucji ładunków, logistyka miejska.

Wprowadzenie

Ze względu na specyfikę terenową oraz funkcjonalną, miasta stanowią obszary, na których występują liczne problemy komunikacyjne. Nie ma więc przeszkód, aby stwierdzić, że w ujęciu globalnym zarówno duże miasta, jak i aglomeracje miejskie stoją przed wizją braku skutecznego rozwiązania kongestii transportowej. Szczególnie widoczne jest to w Europie, która pomimo odrębności terytorialnej państw, posiada wspólną przeszłość historyczną.

Jednym z koniecznych działań mającym na celu zapobieganie kongestii transportowej jest poprawa efektywności dostarczania ładunków. Jest to jednak zadanie trudne i pracochłonne, ponieważ niekontrolowane rozrastanie się ośrodków miejskich przez setki lat uniemożliwia głęboką ingerencję w infrastrukturę, a co za tym idzie poszukiwanie alternatywy dla tradycyjnych technologii dostaw staje się zagadnieniem bardzo skomplikowanym. Liczne ograniczenia fizyczne, organizacyjne lub/i społeczne nie pozwalają skutecznie wdrażać rozwiązań mogących poprawić nie tylko funkcjonowanie systemu, ale co więcej, jakości życia na danym obszarze. Ważny jest także aspekt środowiskowy, który powinien być brany pod uwagę podczas prac nad systemem. Jego istotność zauważono w wielu miastach Europy, w tym również w Polsce.

Systemowe ujęcie logistyki miejskiej

W skład logistyki miejskiej wchodzi szeroki wachlarz różnorodnych procesów zachodzących wewnątrz miasta, przez co jest ona definiowana w różnoraki, zazwyczaj subiektywny sposób, często zależny od intencji badacza. W związku z tym, iż celem artykułu nie jest systematyzacja wszystkich definicji lub dowodzenie ich trafności, zdecydowano się przyjąć do dalszych rozważań określenie, iż logistyka miejska

to planowanie, wdrażanie i monitorowanie ekonomicznej efektywności i sprawności przepływu ludzi, ładunków oraz związanych z nimi informacji na obszarach zurbanizowanych w celu poprawy jakości życia ich mieszkańców.

Jak wskazuje źródło [1], system logistyczny miasta charakteryzuje się następującymi cechami:

- niejednorodność oraz złożoność (złożony z innych elementów i podsystemów),
- różnorodność powiązań (np. techniczne społeczne, prawne itd.),
- hierarchiczność (zgodnie z teorią systemów, każdy system stanowi część większego systemu o porządku hierarchicznym),
- różnorodność rozwojowa (podsystemy różnią się pomiędzy sobą poziomem rozwoju),
- otwartość (otoczenie ma wpływ na system) oraz zmienność czasowa (system jest zmienny w czasie np. w przemieszczeniu zasięgu),
- wysoka wartość,
- dynamiczność (system jako całość oraz współistniejące podsystemy mogą pogarszać lub polepszać efektywność swojego funkcjonowania w czasie),
- nieliniowość oraz nierównomierność przestrzenna,
- różnorodność sterowania,
- adaptacyjność (posiada zdolność do reorganizacji i samouczenia),
- celowość (stworzony do realizacji określonych celów),
- zróżnicowanie pod względem funkcjonalnym (podsystemy zarządcze i wykonawcze).

Za pomocą przedstawionego zbioru cech można opisać nie tylko system logistyczny miasta, ale również wszystkie lub prawie wszystkie jego podsystemy. Analizując dla przykładu podsystem odpowiadający za dystrybucję ładunków, nie ma przeszkód, aby stwierdzić, że składa się on z mniejszych, hierarchicznie powiązanych ze sobą modułów, na przykład „składowania tymczasowego” oraz „realizacji procesu przewozowego”, które reagują na zmiany popytu płynące z rynku usług, stanowią wysoką wartość pieniężną, posiadają zróżnicowane sterowanie i tak dalej. Wszystkie wyżej wymienione cechy w sposób przybliżony, lecz trafny, opisują każdy z modułów, co stanowi o ich uniwersalności.

W dalszej części artykułu nie jest rozpatrywany cały system logistyczny miasta, a jedynie jego część odpowiedzialna za transport ładunków. Dlatego też konieczna jest identyfikacja, najważniejszych z punktu widzenia opracowania, elementów tego podsystemu – infrastruktury, w tym liniowej i punktowej oraz suprastruktury.

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2023.

Do infrastruktury liniowej systemu miejskiego transportu ładunków zaliczane są między innymi: drogi lądowe, a w tym ulice, ścieżki rowerowe, chodniki, linie tramwajowe, kolejowe; drogi wodne, śródlądowe, a w szczególnych przypadkach również korytarze powietrzne (dystrybucja przy użyciu dronów). Infrastrukturę punktową stanowią natomiast takie elementy jak: skrzyżowania, węzły drogowe, wiadukty, mosty, tunele, zajezdnie, dworce, porty, terminale przeładunkowe, magazyny i inne budowle magazynowe, punkty dystrybucji, parkingi oraz zatoki parkingowe. Koniecznymi składowymi są także: sieć telekomunikacyjna i sieć transferu danych, które posiadają równocześnie cechy infrastruktury liniowej i punktowej.

Pod pojęciem suprastruktura rozumie się wszystkie dostępne podmioty transportu realizujące przewozy ładunków, czyli na przykład: rowery, wózki rowerowe, skutery, hulajnogi, samochody osobowe, dostawcze, ciężarowe, zespoły pojazdów, łodzie, barki, drony, tramwaje, pociągi i zespoły trakcyjne; o napędzie spalinowym, elektrycznym, hybrydowym lub bez napędu.

Koncepcja dystrybucji fizycznej dóbr

Znając podstawowe zależności charakteryzujące system logistyczny miasta, należy zwrócić uwagę na fakt, że popyt na transport ładunków wewnątrz aglomeracji jest w dużej mierze bezpośrednim wynikiem logistyki dystrybucji. Jest to element pośredniczący pomiędzy producentem a odbiorcą finalnym (konsumentem), pozwalający na przemieszczenie ładunków i usług [2]. Genezy tego pojęcia należy dopatrywać się w pierwowzorze określanym w literaturze jako: „koncepcja fizycznej dystrybucji towarów”. Pod tym pojęciem rozumie się działalność zorientowaną na osiągnięcie zysku obejmującą: planowanie, realizację i kontrolę przepływu wyrobów gotowych z miejsca produkcji do miejsca zbytu. Konieczne jest, aby przepływ towarów odbywał się przy założeniu osiągnięcia minimalnych kosztów dla przedsiębiorstwa oraz równoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości obsługi klienta, to jest takiej, która spełnia jego wymagania, a nawet je przewyższa [2].

Bardzo istotnym okresem w historii logistyki dystrybucji były wczesne lata 70., w których zwrócono uwagę na systemowe postrzeganie wszystkich elementów łańcucha dostaw (lub bardziej precyzyjnie: sieci popytu). W ramach ewolucji poglądów wysnuto wnioski, które funkcjonują po dziś dzień, a mianowicie: dystrybucja towarów powinna być zintegrowana poprzez współpracę podmiotów ją realizujących, nastawiona na minimalizację kosztów całego procesu oraz maksymalizację zadowolenia klientów (odbiorców finalnych). Integracja, o której mowa, nie ogranicza się jedynie do podmiotów realizujących dystrybucję, ale również do etapów przedprodukcyjnych, między innymi: zaopatrzenia, prognozowania popytu, magazynowania. W ostatnich 20–30 latach doceniono kwestię optymalizacji wspomnianych procesów, czego naturalnym wynikiem jest wzrost znaczenia *outsourcing'u* usług logistycznych.

Dystrybucja fizyczna towarów obejmuje kilka podstawowych schematów dostaw, z których każdy posiada swoje wady i zalety:

- dostawy bezpośrednie – zgodnie z pierwotną koncepcją opierają się na produkcji: „na zamówienie” lub „na skład” (ang. *make to order* lub *make to stock*), w którym to przypadku popyt jest zaspokajany z zapasów – składów przyfabrycznych. Stanowią one racjonalne rozwiązanie w razie zamówień dużych partii produktu, dużej wartości dostaw, produktów wyspecjalizowanych oraz towarów łatwo psujących się;
- dostawy bezpośrednie w połączeniu z „trasą mleczarza” – teoretycznie zasady wykorzystania trasy mleczarza (ang. *milk run*) można zastosować do większości modeli dystrybucji. Zgodnie z nimi dostawczy środek transportu obsługuje relacje: dostawca – wielu odbiorców lub wiele dostawców – jeden odbiorca. Takie rozwiązanie prowadzi do obniżenia kosztów transportu poprzez konsolidację, jednakże warunkiem koniecznym realizacji jest rozwiązanie problemu doboru tras;
- zdecentralizowane struktury wieloszczeblowe – masowa produkcja wyrobów gotowych dystrybuowana jest przez licznych pośredników utrzymujących zapasy magazynowe. Jest to model korzystny z uwagi na minimalizację globalnych kosztów obsługi logistycznej oraz relatywnie niskie koszty transportu;
- scentralizowany model dystrybucji – oparty na centrum dystrybucji obsługujące popyt wszystkich odbiorców/klientów. Wyróżnia się dwie podstawowe odmiany:
 - model bazujący na centrach logistycznych utrzymujących zapasy magazynowe – obiekt pełni funkcje magazynowe oraz transferowe. W centrum dystrybucji przechowywane są zapasy, które zaspokajają popyt odbiorców,
 - model bazujący na centrach logistycznych wykorzystujących przeładunek kompletacyjny – obiekt typu cross-docking pełni funkcje sortowni oraz dokonuje kompletacji przy jednoczesnym braku długotrwałego składowania ładunków (maks. 12–48 h),
 - systemy logistyczne dodające wartość (ang. *value-added logistics structures*) – polegają na wykorzystaniu centrów logistycznych do innych celów niż tradycyjne magazynowanie, na przykład do montażu finalnego lub nadaniu produktowi określonych cech;
- systemy hybrydowe – modele mieszane, które dopasowane są do charakteru łańcucha dostaw, popytu oraz samego produktu.

Każdy z wymienionych modeli charakteryzuje się odmienną strukturą wad i zalet. Dla przykładu, w odniesieniu do dostaw przesyłek kurierskich, które stanowią część łańcucha dystrybucji towarów gotowych, prawdopodobieństwo odnalezienia systemu hybrydowego jest ogromne. Możliwe jest łatwe wskazanie rowerowych dostaw bezpośrednich, na przykład w przypadku rozwózki gotowych potraw, czyli cateringu. Nasuwa się zatem stwierdzenie, iż w zastosowaniach praktycznych występują rozwiązania dzielące podstawy funkcjonalne z wymienionymi modelami dystrybucji. Finalnie

Tabela 1

Wady i zalety wybranych schematów funkcjonalnych koncepcji fizycznej dystrybucji dóbr		
Schemat funkcjonowania	Wady	Zalety
Dostawy bezpośrednie	Wysoki poziom zapasów	Łatwa koordynacja
Dostawy bezpośrednie + trasa mleczarza	Złożona koordynacja	Obniżenie kosztów transportu
Zdecentralizowane struktury wieloszczeblowe	Wysokie stany magazynowe	Wysoki poziom obsługi klienta, niskie koszty transportu
Scentralizowany model dystrybucji	Wzrost odległości fizycznej od odbiorcy	Zwiększona integracja łańcucha dostaw
Centra dystrybucji utrzymujące zapasy	Wyższe koszty operacji magazynowych	Możliwość obniżenia kosztów transportu
Centra dystrybucji wykorzystujące przeładunek kompletacyjny	Skomplikowana koordynacja	Niski poziom zapasów
Systemy logistyczne dodające wartość	Centra konsolidacji pełnią funkcję montażowni	Skrócenie czasu dostawy ładunków złożonych
Systemy hybrydowe	Skomplikowana koordynacja	Najlepsze dopasowanie do potrzeb odbiorcy

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [3]

łączą się one w konkretnych rozwiązaniach, często zapożyczając od siebie wzajemnie wybrane osobliwości. Stanowi to wynik wieloletniej optymalizacji zagadnienia oraz globalnego spojrzenia badaczy. W tabeli 1 zaprezentowano poglądowy zbiór cech każdego z wymienionych modeli, opracowany na podstawie źródeł literaturowych [3].

Zważywszy na powyższe, można wnioskować, że wybór konkretnego modelu dystrybucji ładunków powinien być poprzedzony wnikliwą analizą. Z uwagi na przytoczone wcześniej cele logistyki dystrybucji, które skupiają się przede wszystkim na minimalizacji kosztów procesu przemieszczania oraz zadowoleniu klienta, należy porównywać konkretne stadia przypadków w kontekście właśnie tych dwóch kryteriów. Oceniając system obsługujący popyt w aglomeracji, nie należy zapominać o pozostałych aspektach omówionych wcześniej, a reprezentujących postulaty wszystkich uczestników logistyki miejskiej. Pomimo że w obecnych czasach często ogranicza się optymalizację procesu jedynie do wymiaru ekonomicznego, to zazwyczaj pozostałe wskaźniki (np. opisujące negatywny wpływ na środowisko naturalne) również ulegają poprawie. Jednak jedynie globalne spojrzenie na system i otoczenie daje pełen obraz problematyki zagadnienia.

Specyfika miejskiego transportu ładunków

Miejski transport ładunków ujmowany jest jako: dynamiczny, złożony system generujący trudne w koordynacji, duże potoki ruchu, a jego charakter podyktowany jest nie tylko różnorodnymi czynnikami definiującymi popyt na przewozy, ale także zróżnicowaniem wymagań jego uczestników oraz unikalną specyfiką otoczenia. Z praktycznego punktu widzenia można intuicyjnie stwierdzić, że w miastach o górzystym ukształtowaniu terenu dystrybucja ładunków będzie charakteryzowała się odmienną specyfiką, aniżeli w takich o względnie płaskim ukształtowaniu. Podobnie różnice można zauważyć w przypadku analizy na przykład obszarów o charakterze czysto turystycznym i biznesowym. Należy

przyjąć, iż generowany popyt na przewozy ładunków w obydwu przypadkach będzie zupełnie inny, co w konsekwencji przełoży się na wymagania stawiane przewoźnikom. W miastach turystycznych można na przykład spodziewać się dużej liczby restauracji, barów małych sklepów, więc przewidywane dostawy będą reprezentować zróżnicowany asortyment i stosunkowo niewielki wolumen.

W skupiskach firm biznesowych, rozumianych jako „dzielnicza biurów”, prawdopodobnie będą to w większości dostawy przesyłek kurierskich, listowych lub pocztowych. Jeżeli natomiast „skupisko firm” zostanie przedstawione jako kumulacja przedsiębiorców prowadzących działalność w sposób uwzględniający fizyczny przepływ towarów, spodziewać należy się częstych dostaw o znacznych wolumenach. Wszystkie przypadki wymuszają użycie odmiennych technologii transportu, z jednej strony ze względu na uwarunkowania fizyczne obsługiwanego obszaru, z drugiej zaś na parametry popytu. Te dwie cechy warunkują i zarazem uzasadniają się wzajemnie, przez co nie można rozpatrywać ich oddzielnie. Warto jeszcze raz podkreślić, że ważną kwestią są uczestnicy procesu logistycznego, czyli jego interesariusze.

Do uczestników miejskiego systemu logistycznego można zaliczyć na przykład: władze miasta, gminy, przewoźników, mieszkańców, turystów, a więc wszystkich, na których transport oddziałuje pośrednio lub bezpośrednio, bądź są z nim powiązani. Praktyka pokazuje, że współistnienie interesariuszy o odmiennych, bardzo często całkowicie sprzecznych oczekiwaniach (interesach), generuje liczne konflikty na różnych płaszczyznach. Przykładowo, w sferze ekonomicznej przewoźnicy będą dążyć do maksymalizacji swoich zysków oraz minimalizacji kosztów, natomiast przedsiębiorstwa i podmioty gospodarcze będą oczekiwać zmniejszenia kosztów dostawy (minimalizacja zysków dla przewoźników) wraz z podniesieniem jakości procesu. Jest to konflikt interesów wprost wykluczających się. Więcej

Tabela 2

Oczekiwania wybranych uczestników logistyki miejskiej wobec transportu ładunków w mieście	
Uczestnik logistyki miejskiej	Oczekiwanie uczestników logistyki miejskiej
Przewoźnik	Obniżenie kosztów przewozu. Brak ograniczeń dostaw, w szczególności: administracyjnych i prawnych. Możliwość swobodnego parkowania na czas czynności przeładunkowych. Dowolność dostaw ładunków w ujęciu miejsca i czasu. Przejrzystość informacji i polityki restrykcyjnej.
Organizatorzy transportu zbiorowego	Zmniejszenie liczby samochodów w mieście.
Przedsiębiorstwa i podmioty gospodarcze	Obniżenie kosztów, wzrost jakości dostaw, w tym punktualności. Konsolidacja ładunków oraz często specjalne wymagania dotyczące technologii transportu. Dostępność przestrzeni dedykowanej operacjom przeładunkowym.
Mieszkańcy oraz turyści	Zmniejszenie liczby samochodów w mieście, ograniczenie uciążliwości dostaw, zmniejszenie hałasu, zajętości przestrzeni oraz kongestii transportowej.
Władze samorządowe	Zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, zajętości przestrzennej, liczby środków transportu oraz kongestii transportowej. Stosowanie centrów przeładunkowych obsługujących miasto, inteligentnych systemów transportowych. Wzrost bezpieczeństwa ruchu drogowego. Poprawa koordynacji procesów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [4]

postulatów poszczególnych grup zawarto w tabeli 2 [4]. Dzięki niej można zidentyfikować główne oczekiwania wybranych uczestników w odniesieniu do transportu ładunków w mieście.

Ważnym czynnikiem jest aspekt zanieczyszczenia środowiska. Sam problem jest złożony i wielowymiarowy. W jego zakres wchodzi między innymi emisja szkodliwych substancji, hałasu oraz drgań. Według [5] transport ładunków w krajach Unii Europejskiej jest w blisko połowie (42%) odpowiedzialny za emisję gazów cieplarnianych, z czego transport międzykontynentalny generuje 10% wszystkich gazów, międzymiastowy – 23%, natomiast wewnątrzmiastowy – 9%. Resztę (58%) generuje transport pasażerski. Miejski transport ładunków bazuje na transporcie kołowym wykorzystującym silniki wysokoprężne, dlatego też Unia Europejska wyznaczyła długoterminowe cele mające zmienić obecną sytuację. Cele zawarte w Białej Księdze dotyczą nie tylko wolnego od emisji CO₂ transportu miejskiego do roku 2030 w dużych miastach, ale również średniej emisji CO₂ dla nowych samochodów dostawczych sprzedawanych w Unii Europejskiej.

Kwestia drgań i hałasu odnosi się w głównej mierze do pojazdów napędzanych silnikami spalinowymi i/lub o relatywnie dużej masie własnej i/lub osiągających duże prędkości. Hałas (jest to w zasadzie szczególny rodzaj drgań), negatywnie wpływa na ludzi i zwierzęta, powodując między innymi długotrwałe skutki psychiczne [6]. Same drgania natomiast destrukcyjnie oddziałują na infrastrukturę oraz budynki w mieście. Zakładając, iż w interesie przewoźników leży minimalizacja kosztów przewozu, a zatem osiąganie jak największych współczynników wypełnienia przestrzeni ładunkowej, wnioskować można, że będą oni dążyć do zwiększenia masy rzeczywistej pojazdów, co bezpośrednio będzie się przekładało na zwiększenie hałasu i drgań, a to z kolei leży w sprzeczności z interesem mieszkańców danego obszaru. Problematykę transportu ładunków w mieście należy więc rozpatrywać przede wszystkim w czterech aspektach, wzajemnie ze sobą powiązanych [7]:

- dostarczenia ładunku do odbiorcy,
- kosztów środowiskowych,
- bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- wpływu na jakość życia oraz wizerunek miasta.

Dopiero taka analiza daje podstawy do poszukiwania kompromisu pomiędzy interesami uczestników logistyki miejskiej.

Jak wskazuje [8], dostawy ładunków do centrów miast wpływają na prawidłowe utrzymanie jego funkcji społecznych i ekonomicznych. Wiązą się one z ograniczoną dostępnością transportową, charakteryzowaną głównie przez dwa komponenty: komponent przestrzenny – zagospodarowanie przestrzeni oraz komponent transportowy – wyrażający zdolność odbywania podróży pomiędzy punktami infrastruktury transportowej. Transport ładunków w mieście jest wynikiem funkcjonowania podmiotów gospodarczych oraz instytucji leżących w jego obrębie, ale i potrzeb prywatnych mieszkańców. Obok transportu wewnątrz miasta występują również przewozy „z” i „do” miasta (przykładowo: zaopa-

trzenie przedsiębiorstw, dystrybucja wyrobów gotowych) oraz przewozy tranzytowe. Analogiczną sytuację można zaobserwować w transporcie pasażerskim.

Jak wynika z dotychczasowych badań [7], większość transportu ładunków w miastach obsługiwana jest środkami transportu samochodowego. Dla przykładu, na podstawie przeprowadzonych badań pilotażowych w ramach programu DORED [9] można wysnuć następujące wnioski:

- 87% odbiorców była obsługiwana przez środki transportu o ładowności w przedziale: 500–3500 kg;
- najczęściej występującą wagą partii ładunku były: 500 kg, 100 kg, 300 kg oraz 20 kg;
- ładunek był zróżnicowany pod względem rodzaju jednostki ładunkowej;
- 40% dostaw było realizowanych codziennie, 13% – dwa razy na tydzień, 17% – trzy razy na tydzień oraz 10% – jeden raz na tydzień;
- czas zatrzymania w związku z przeprowadzeniem operacji przeładunkowych nie przekraczał 30 minut w 77% przypadków i dokonywano ich zazwyczaj w godzinach pracy obiektów tj.: 10:00–18:00.

Na podstawie przeprowadzonych badań [10] można stwierdzić, iż dostawy ładunków w historycznym centrum Krakowa charakteryzują się podobnymi cechami, jak w większości miast europejskich. Ponadto do głównych problemów, zidentyfikowanych w drodze pomiarów, należą:

- zbyt duża liczba samochodów przeprowadzająca proces dostawy,
- zbyt duży ruch tych pojazdów w strefach przeznaczonych dla pieszych,
- nadmierna emisja spalin i hałasu,
- prywatny postój pojazdu pod pretekstem realizowania dostaw.

Co więcej, przewozy ładunków w miastach to proces chaotyczny i nieskoordynowany. Przyczyn takiego zjawiska należy doszukiwać się w tym, że są one realizowane przez niezależne podmioty, które mają za zadanie zaspokojenie jedynie swoich potrzeb. Ponadto wszelkie próby koordynacji przewozów zazwyczaj napotykały problem braku danych o przewozach ładunków, a próba naukowego podejścia do zagadnienia, angażująca istniejące modele teoretyczne, kończy się porażką ze względu na ich zbyt duże uogólnienie lub wspomniany już brak. Winne jest także podejście do problemu dostaw w mieście charakteryzujące się przekonaniem, że wystarczające jest administracyjne uregulowanie tej kwestii – na przykład poprzez wprowadzenie zakazu godzinnego, w których przewozy mogą się odbywać.

Dodatковым czynnikiem utrudniającym lub w niektórych wypadkach nawet uniemożliwiającym przeprowadzenie sprawnego procesu dystrybucji ładunku jest intensywny ruch drogowy, który powoduje wydłużenie czasu dostawy. Przewoźnik, jako podmiot niemający wpływu na natężenie ruchu drogowego, nie jest w stanie skrócić czasu realizacji zlecenia, co z kolei negatywnie wpływa właśnie na natężenie ruchu. Poza tym problematyczne może okazać się precyzyjne określenie

ram czasowych, w których dostawa zostanie sfinalizowana. Nasuwa się wniosek, że proces dostawy cechuje się niskim poziomem elastyczności. Dlatego też można zaobserwować, że podmioty gospodarcze w dużych miastach częściej preferują dostawy nocne, które z kolei stanowią zazwyczaj sporą uciążliwość dla okolicznych mieszkańców.

Wśród utrudnień związanych z dystrybucją ładunków w miastach wyróżnić można także bariery fizyczne (wiadukty, mosty, ciasne uliczki) oraz bariery prawne (drogi jednokierunkowe, zakazy wjazdu, ograniczenia tonażu i dostaw), które determinują problemy dotyczące wyboru alternatywnej trasy przejazdu [11]. Występują również liczne utrudnienia odnoszące się do samych czynności przeładunkowych, na przykład ograniczenia czasu postoju pojazdu w danym miejscu czy niesprzyjające okoliczności pojawiające się podczas wykonywania manewrów. Można zaobserwować, iż w miastach zabytkowych, których historia sięga korzeniami aż do średniowiecza, szczególnie uciążliwe i problematyczne są dostawy do ścisłego centrum, gdzie znajduje się duża część odbiorców niedetalicznych, takich jak: sklepy, hotele, restauracje. W tym przypadku pojawiają się więc komplikacje na poziomie różnorodności dostaw do poszczególnych odbiorców, zarówno jeżeli chodzi o podatność transportową ładunków, jak i ich częstotliwość. Przykładowo sklep o niewielkiej powierzchni będzie preferował dostawy częstsze i mniejsze, a wręcz przeciwnie będzie w przypadku obiektu wielkopowierzchniowego, który posiada własne strefy magazynowe. Natomiast restauracje, kwaciarnie oraz małe punkty gastronomiczne będą oczekiwać częstych dostaw świeżych dóbr, zapewne podlegających pod Konwencję ATP², która określa między innymi szczególne warunki transportu szybko psujących się produktów spożywczych.

Dystrybucja ładunków na obszarach miejskich negatywnie wpływa też na płynność ruchu oraz jego bezpieczeństwo. Dzieje się tak ze względu na zwiększone zapotrzebowanie przestrzenne samochodów dostawczych. Dla przykładu można wskazać realizację dostaw do sklepów, restauracji zlokalizowanych na katowickim Śródmieściu (opisana sytuacja ma odzwierciedlenie w innych zakątkach Polski i Europy). Przy jego głównej arterii, ulicy 3 Maja, będącej ważnym ośrodkiem handlowym dzielnicy, usytuowane jest torowisko tramwajowe. Niejednokrotnie dochodzi tam do sytuacji stwarzających niebezpieczeństwo dla pieszych, dostawców i pozostałych uczestników ruchu. Samochody realizujące czynności przeładunkowe nie zawsze mieszczą się na wolnym terenie przed obiektem, ponieważ występują tam ograniczenia w postaci kwietników czy latarni. Dlatego też kierowcy parkują w sposób nieodpowiedni, łamiąc przepisy ruchu drogowego. Nie zważając na fakt, że ich poczynania paraliżują w ten sposób ruch tramwajowy, który na tej ulicy ma duże natężenie, realizują proces dostawy. Często zatem dochodzi w tym miejscu do sytuacji, w której tramwaj nie może przejechać

obok tak zaparkowanego pojazdu dostawczego, ponieważ spowodowałoby to jego uszkodzenie.

Kolejnym niebezpiecznym zjawiskiem jest ograniczanie widoczności innym uczestnikom ruchu przez pojazd ciężarowy, który realizuje dostawę. Może on zasłaniać znaki drogowe, wyjazdy, przejścia dla pieszych. Specyfika ruchu pojazdów ciężarowych i dostawczych w porównaniu z samochodami osobowymi jest inna, to znaczy, że pojazdy te poruszają się z niską prędkością, wolniej ruszają oraz wykonują nieoczekiwane manewry. Z pozoru prosty skręt w drogę poprzeczną w wykonaniu samochodów ciężarowych niejednokrotnie skutkuje zajęciem kilku pasów ruchu lub wykonywaniem manewru wbrew naturalnemu ruchowi pojazdów ze względu na jego duże gabaryty oraz niewielki promień skrętu. Problemem są również ciężkie samochody stojące lub jadące po chodniku, co nie tylko stwarza niebezpieczeństwo dla poruszających się pieszych (mowa tutaj nie tylko o konfliktach ruchowych, ale także o sytuacjach niebezpiecznych, gdy załadowany, ciężki pojazd wjeżdża na krawężnik oponą, która pod wpływem naprężenia może wybuchnąć skutecznie raniąc lub zabijając znajdujących się w pobliżu ludzi!). W konsekwencji zniszczeniu ulega infrastruktura dla pieszych, gdyż chodniki zazwyczaj nie są w stanie przyjąć zadanych obciążeń, skutkiem czego powstają wypusty i pęknięcia powodujące występowanie kolejnych sytuacji konfliktowych, tym razem z udziałem pieszych i innych korzystających z traktu. Należy także wspomnieć o uszkodzaniu nawierzchni drogowych (tj. koleinach, spękania, utracie równości podłoża wyłożonego kostką brukową), które są wynikiem oddziaływania masy samochodów ciężkich, na przykład podczas wysokich temperatur otoczenia. Powyższe sytuacje stanowią kolejny negatywny aspekt związany z dostawami realizowanymi za pośrednictwem pojazdów samochodowych.

Zagadnienie dystrybucji towarów w mieście wiąże się bezpośrednio z problematyką dostaw ostatniego kilometra³. Jest to najbardziej kosztochłonny i problematyczny etap procesu przewozowego, a co więcej – współlistnieje on z tożsamym problemem o nazwie „dostawy pierwszego kilometra”. Zarówno w jednym, jak i w drugim przypadku wspomniane koszty generowane są na kilku płaszczyznach przez następujące czynniki:

- ograniczenia przestrzenne,
- ograniczenia funkcjonalne,
- ograniczenia administracyjne (w tym czasowe).

Należy zwrócić uwagę, że nie są to wszystkie determinanty. Jak wskazuje źródło [12], również niedopasowanie czasowe i przestrzenne odbiorcy oraz przewoźnika (kuriera) stanowi problem generujący znaczne koszty procesu. Dowiedziono, że nawet 65% kosztów dostawy da się zredukować w sytuacji, gdy dostarczenie ładunku nie jest związane z obecnością odbiorcy [12]. Badania, o których mowa, stanowią uzasadnienie stosowania zbiorczych punktów odbioru przesyłek. Pomimo że w kontekście dystrybucji

² fr. *Accord Relatif aux Transports Internationaux de Denrées Périssables et aux Engins Spéciaux à Utiliser pour ces Transports*

³ ostatniej mili – ang.: *last mile delivery*

ładunków wewnątrz miast istnieje teoretyczna możliwość zastosowania takich urządzeń, więcej uwagi poświęca się wyżej wymienionym ograniczeniom.

Ograniczenia przestrzenne

W krajach całego świata, a dotyczy to zwłaszcza dużych aglomeracji europejskich, widoczne jest zjawisko niedopasowania infrastruktury starszych, często zabytkowych części miast w stosunku do popytu na usługi logistyczne, w tym potrzeby transportowe. Wynika to bezpośrednio z rozwoju technologii i techniki oraz równocześnie szeroko pojętej urbanizacji [8]. Kształtujące się przez stulecia szlaki komunikacyjne w tych obszarach, zazwyczaj bez wyraźnego planu i bez uwzględnienia obecnych potrzeb transportowych (niemożliwych do przewidzenia 150 lat temu), charakteryzują się:

- wąskimi, wysoko zabudowanymi ulicami,
- małymi skrzyżowaniami dróg z fizycznymi ograniczeniami (w postaci budynków z nisko usytuowanymi balkonami),
- drogami pokrytymi zabytkową nawierzchnią,
- występowaniem innych elementów powodujących trudności w procesie dystrybucji towarów.

Walory turystyczne determinujące występowanie dużego ruchu pieszego w sposób szczególnie utrudniają dostawy. Osoby zwiedzające, często nieświadomie blokują ciągi komunikacyjne, celem na przykład przyglądnięcia się obiektom architektonicznym lub zrobienia zdjęcia, nie zważając przy tym na powodowane konflikty ruchowe. Stwarzają tym samym niebezpieczeństwo zarówno dla otaczających je osób, jak i pojazdów.

Odrębna kwestia to niedopasowanie środków transportu do infrastruktury, które przybiera różny wymiar, w każdym z rozpatrywanych przypadków. Fotografii 1 i 2 przedstawiają przykłady niedopasowania środka transportu do zaplecza infrastrukturalnego klienta w procesie dostawy ładunku. Można stwierdzić, iż takie sytuacje są nie tylko bardzo problematyczne dla personelu obsługującego proces, lecz także stwarzają niebezpieczeństwo dla innych osób oraz mienia, co widać wyraźnie na pierwszym przykładzie – uszkodzenia budynków powstałe wskutek próby przejazdu.



Fot. 1. Niedopasowanie środka transportu do zaplecza technicznego klienta w Czechach
Źródło: archiwum prywatne autora



Fot. 2. Niedopasowanie środka transportu do zaplecza technicznego klienta w Niemczech
Źródło: archiwum prywatne autora

Fotografia 2 przedstawia natomiast rozładunek produktów szybko psujących się (świeże mięso wiszące na hakach) w miejscu nieprzystosowanym do gabarytów samochodu ciężarowego. Bliskość innych obiektów technicznych oraz niewystarczająca ilość przestrzeni do wykonywania manewrów wraz ze słabą widocznością powodują występowanie niebezpiecznych sytuacji konfliktowych w ruchu drogowym, w tym z udziałem pieszych i operatorów innych maszyn.

Ograniczenia funkcjonalne

Miejski transport ładunków charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem interesariuszy wraz z ich oczekiwaniami, odmiennymi wobec siebie samych, co w literaturze określane jest jako heterogeniczność miejskiego transportu towarowego [8]. Zjawisko to dodatkowo potęguje złożoność problemu dostaw w mieście i wymusza poszukiwanie kompromisu pomiędzy przeciwstawnymi priorytetami każdego z uczestników tego procesu, co nie jest zadaniem prostym. Również kwestia oceny efektywności systemów jest odmienna w zależności od grupy uczestników procesu dostawy. Ograniczenia funkcjonalne to takie, które wynikają ze złożoności procesu dostawy ładunków w obrębie miasta, zróżnicowania i liczby stron w nim uczestniczących (przewoźników, klientów, dostawców, odbiorców, mieszkańców, władz miasta, turystów) oraz z samej dywersyfikacji ładunków pod względem podatności transportowej. Ich konsekwencją jest między innymi nieodpowiedni dobór środka transportu do zadania przewozowego, nie tylko pod względem wymiarów i masy całkowitej, ale także ładowności. Jak wskazują badania, do dystrybucji ładunków w mieście często stosuje się pojazdy duże, wykorzystując ich możliwości przewozowe tylko w kilku procentach. Celem zmniejszenia negatywnych skutków omawianych ograniczeń podejmuje się próbę poprawy efektywności transportu w mieście, w wyniku czego można wskazać liczne przykłady dystrybucji ładunków z wykorzystaniem wspólnej infrastruktury. Dotyczy to zarówno infrastruktury punktowej, jak i centrów logistycznych ulokowanych zazwyczaj na obrzeżach strefy (mimo iż nie jest to reguła), w których przeprowadza się konsolidację ładunków. Zdarza się także, iż równoległe z normalnym funkcjonowaniem takiego centrum, przeprowadzane są próby optymalizacji

ścieżki rozwójki. Zasadność zastosowania wspomnianego systemu dystrybucji pojawia się wtedy, gdy większa liczba operatorów jednoczy swoje siły w jednym celu, a motywację do działań przeprowadza się za pośrednictwem władz miejskich. Skutkuje to unikaniem powielania tożsamyh ideowo inwestycji oraz lepszym wykorzystaniem powierzchni miejskiej, która w większości przypadków nie daje możliwości znaczącej rozbudowy zakładów. Co więcej, nawet niewielka redukcja (10–15%) przejazdów, uzyskana dzięki wspólnemu działaniu przedsiębiorstw przy ich liczbie 50 000 na rok, daje możliwość zaoszczędzenia paliwa na poziomie 1–2 mln litrów oraz zmniejszenia emisji dwutlenku siarki i tlenków węgla o 120 ton. Jednocześnie pozytywnie wpływa na problem zakorkowania miasta, czyli kongestii transportowej. Jest to kolejne z ograniczeń funkcjonalnych dostaw ładunków. Warto zaznaczyć, iż problem kongestii jest zarówno przyczyną, jak i skutkiem utrudnionych dostaw, ponieważ z jednej strony składają się na nią: przyrost liczby samochodów osobowych, natomiast z drugiej: przyrost samochodów dostawczych i ciężarowych realizujących dystrybucję [13].

Ograniczenia administracyjne

Ruch samochodów dostawczych w obszarze miejskim oddziałuje negatywnie na jakość życia mieszkańców oraz na atrakcyjność turystyczną regionu. Stwierdzenie to posiada wiele uzasadnień, wśród których wymienić można przykładowo wzrost sytuacji niebezpiecznych w ruchu drogowym, będących konsekwencją czynności przeładunkowych lub manewrowania pojazdów. Ponadto proces ten generuje koszty środowiskowe, takie jak: drgania, hałas, zanieczyszczenie powietrza, które są sceptycznie odbierane przez podmioty chcące skorzystać z turystycznych walorów omawianych obszarów. Co więcej, zanieczyszczenia negatywnie oddziałują na budynki i pozostałą infrastrukturę, powodując jej szybką degradację. Występowanie wymienionych czynników warunkuje wdrażanie działań prewencyjnych i/lub minimalizujących ich skutki, wprowadzanych przez organy administracji publicznej bądź inne, odpowiedzialne za zarządzanie na danym obszarze. Zalicza się do nich różnego rodzaju zakazy oraz ograniczenia administracyjne, a w tym: całkowite zakazy wjazdu (ruchu) pojazdów o określonej masie, wymiarach, naciskach na oś, czasowe zakazy wjazdu (ruchu) lub czasowe ograniczenia w realizacji dostaw oraz limitację czasową postoju związanego z czynnościami przeładunkowymi [8]. Tabela 3 przedstawia podział popularnych środków zaradczych stosowanych w różnych częściach Europy, z uwzględnieniem czynnika czasu obejmowania.

Tabela 3

Podział najczęściej stosowanych, administracyjnych środków regulacji procesu dostawy	
Stale środki regulacji procesu dostawy	Czasowe środki regulacji procesu dostawy
całkowity zakaz ruchu/wjazdu dla określonych pojazdów	czasowy zakaz ruchu/wjazdu dla określonych pojazdów
limitacja operatorów procesów dostaw	czasowe ograniczenie realizacji dostaw
adaptacja przestrzeni	limitacja czasu wykonania operacji ładunkowych

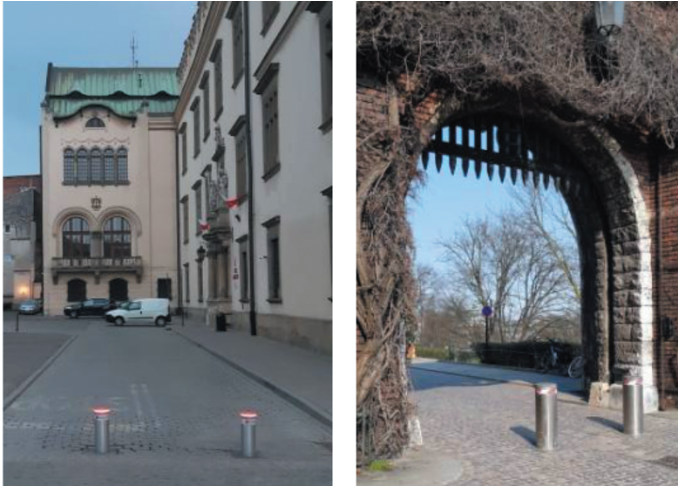
Źródło: opracowanie własne



Fot. 3. Przykłady ograniczeń administracyjnych – tonażowe zakazy wjazdu
Źródło: archiwum prywatne autora

Fotografia 3 obrazuje przykład ograniczeń ruchu dla samochodów ciężarowych, reprezentując pierwszą z wymienionych grup, czyli zakaz wjazdu dla określonych pojazdów.

Jej funkcje można określić dwójako. Zakazy wyrażone znakami drogowymi mogą jednocześnie podejmować próbę regulacji dostaw na danym obszarze oraz chronić kierowców tych samochodów przed powodowaniem sytuacji niebezpiecznych w przypadku wjazdu w obszar, gdzie ruch takich pojazdów może być technicznie niemożliwy. Niestety, jak pokazuje praktyka, kierowcy bardzo często łamią takie zakazy, nie tylko ze względu na swoją niekompetencję, ale również na fakt, iż powszechną praktyką (szczególnie w Polsce) jest nieuzasadnione stosowanie zakazów wjazdu, powodując (prawny) brak możliwości dojazdu do firmy. Taki stan rzeczy można odnieść do kwestii oznakowania wiaduktów w Polsce, gdzie ustawione zakazy często nie odpowiadają technicznym możliwościom przejazdu pod nimi. Dochodzi zatem do sytuacji, w której kierowca jedzie drogą krajową i bez wcześniejszego ostrzeżenia dowiadyuje się, że ma przed sobą wiadukt oznaczony znakiem zakazu wjazdu pojazdów o maksymalnej wysokości nieprzekraczającej 3,9 m (przeciętna ciężarówka posiada wysokość 4,0 m). Jeżeli kierowca zdecyduje się na przejazd, to prawdopodobnie okaże się, że rzeczywista wysokość maksymalna wiaduktu jest dużo wyższa. Pomijając powody takich sytuacji, które mają swoje uwarunkowania w prawie, konsekwencją działań będzie fakt, iż kierowca przypuszczalnie wyciągnie wnioski, że drogowe znaki zakazu mogą nie odpowiadać wartościom rzeczywistym. W analogicznej sytuacji w przyszłości taki kierowca, bazując na wcześniejszych doświadczeniach, podejmie kolejną próbę przejazdu pod wiaduktem oznakowanym zakazem wjazdu dla pojazdów powyżej dopuszczalnej wysokości. W konsekwencji, często postępowanie w sposób analogiczny zaprowadza kierowcę w pułapkę, której skutki są tragiczne (ofiary, uszkodzony samochód, konstrukcja wiaduktu, paraliż komunikacyjny i opóźniona dostawa). Sytuacja ta została opisana celowo, aby podkreślić, że podobne zachowanie można zaobserwować w centrach miast, gdy duża ciężarówka blokuje całkowicie ruch drogowy lub klinuje się pomiędzy budynkami bez możliwości powrotu. Oczywiście zazwyczaj wina bezwzględnie spadnie na kierowcę, a osoby bez szerszego spojrzenia na problem będą (często mylnie) doszukiwać się przyczyny w błędnym wyborze trasy, na skutek bezgranicznej ufności programom nawigacyjnym. Pomimo że można wdrożyć rozwiązania chroniące przed tego



Fot. 4. Fizyczne ograniczenia wjazdu
Źródło: archiwum prywatne autora

typu zdarzeniami, stosuje się je tylko w niektórych przypadkach – zazwyczaj takich, w których złamanie zakazu mogłoby mieć poważne konsekwencje. Fotografia 4 przedstawia jedno z takich rozwiązań – fizyczne urządzenia ograniczające poruszanie, w postaci wysuwanych słupków metalowych, służących bezwzględnej kontroli wjazdu do danej strefy. Dodatkowym plusem jest kontrola, nie tylko nad samochodami dostawczymi, ale również nad mniejszymi pojazdami.

Mając na uwadze powyższe, można stwierdzić, iż organy podejmujące próbę organizacji ruchu dostawczego w miastach mogą spowodować liczne utrudnienia nie tylko w samym procesie, ale również w ruchu innych użytkowników dróg. W rezultacie efekt finalny będzie odmienny od zamierzonego, a nawet gorszy niż przed ową regulacją, co powinno skłaniać do głębokiej analizy przed podjęciem zdecydowanych działań.

Kolejnym środkiem z administracyjnej grupy limitacji czasu dostępu pojazdów dostawczych i ciężarowych do realizacji procesu dystrybucji ładunków są czasowe zakazy wjazdu. Stosowane są przez liczne miasta w Europie i polegają na wyłączeniu z ruchu drogowego ciężkich pojazdów w niewłaściwych dla płynności ruchu porach dnia (lub w ogóle w ciągu dnia). Zakazy, o których mowa, mogą dotyczyć poszczególnych stref lub całych miast. Często spotykane są ograniczenia, których celem jest nie tyle poprawa sytuacji drogowej, co ochrona mieszkańców przed negatywnymi skutkami procesu transportowego (przede wszystkim hałasu). Są to zakazy wjazdu pojazdów ciężarowych lub limitacja osiąganych na danej drodze prędkości w godzinach nocnych. Opisane rozwiązania mają zastosowanie przede wszystkim w Niemczech, gdzie droga dojazdowa do dużych zakładów czynnych całą dobę lub od wczesnych godzin porannych, wiedzie w niedalekiej odległości od obszarów zabudowy mieszkaniowej. Wskazać można także inne rozwiązania, które mają na celu narzucenie okien czasowych na procesy dystrybucji. Fotografia 5 przedstawia przykłady znaków limitujących czasowo dostawę na danym obszarze.

Do działań ukierunkowanych na lokalne rozwiązanie problemu zaliczane jest zwiększanie powierzchni przeznaczonej na infrastrukturę kosztem terenów: dla pieszych



Fot. 5. Przykłady ograniczeń administracyjnych – czasowe zakazy ruchu dla pojazdów realizujących dostawy

Źródło: archiwum prywatne autora

(turystów), zielonych lub innych. Pozornie może się wydawać, że jest to podejście słuszne, jednakże czasem konsekwencją jest negatywny odzew społeczny. Biorąc również pod uwagę działania rozwiniętych miast świata, widoczny jest trend wręcz przeciwny – polegający na oddawaniu terenów zielonych mieszkańcom.

Poza ograniczeniami dotyczącymi wjazdu/ruchu pojazdów, innym rodzajem działań jest limitacja czasu oraz miejsca postoju przeznaczonych dla operacji przeładunkowych. Czasem działania mają charakter odwrotny, czyli zabrania się wjazdu lub zatrzymania wszystkich pojazdów, wyłączając te środki transportu, które realizują dostawy. W pewnym sensie jest to nadanie przywilejów temu procesowi. Przykłady opisanych rozwiązań przedstawiono na fotografii 6.



Fot. 6. Przykłady ograniczeń administracyjnych – limitacja wjazdu, czasu oraz miejsca postoju pojazdów w związku z operacjami przeładunkowymi

Źródło: archiwum prywatne autora

Podobnym zabiegiem jest wyznaczanie dedykowanych miejsc dla na przykład rozładunku towarów (lub nawet pozwolenie na wjazd w związku z realizacją dostawy). W konsekwencji również i tutaj nadane są przywileje środkom transportu, które odpowiedzialne są za proces, ponieważ dopuszcza się zatrzymanie i krótki postój pomimo obowiązującego zakazu. Bardzo często na tej podstawie wyznaczają się specjalne zatoki przeładunkowe, które nie tylko pozwalają kierowcy szybciej (lub w ogóle) znaleźć miejsce postoju, ale również wpływają na upłynnienie ruchu drogowego i częściowe odseparowanie go od samochodu realizującego dostawę. Skutkuje to poprawą bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu drogowego w tym miejscu. Na fotografiach 7 przedstawiono przykłady oznakowania zatok przeładunkowych.

Jednym z ostatnich, a zarazem ważniejszych działań administracyjnych, mającym bezpośredni wpływ na dostawy, jest limitacja operatorów logistycznych. Poprzez stawianie wymogów ekologicznych lub/i opłat za wjazd do danej strefy



Fot. 7. Oznakowanie zatok przeładunkowych
Źródło: archiwum prywatne autora

ogranicza się liczbę pojazdów korzystających z infrastruktury, jak również wspiera ochronę środowiska. Jest to także bodziec do inwestowania w nowoczesne technologie oraz angażowanie w proces przewozu ekologicznych środków transportu. Najlepszy przykład obrazujący to rozwiązanie można odnaleźć w Niemczech, ponieważ ten kraj wprowadził jako jeden z pierwszych w Europie zakaz wjazdu do centrów miast dla pojazdów, które nie spełniają określonej normy emisji EURO (nie tylko dla samochodów ciężarowych). Podobne rozwiązanie odnajdziemy także w Austrii, gdzie pojazdy ciężarowe wjeżdżające na przykład do Wiednia muszą być specjalnie oznakowane (na podstawie certyfikatu EURO), a brak naklejki na szybę skutkuje stosunkowo wysoką karą pieniężną.

Trendy w dziedzinie poprawy efektywności dostaw

Istnieje zbiór koncepcji mających wpłynąć na poprawę jakości obsługi popytu w transporcie ładunków, różniących się metodą, w zależności od analizowanego obszaru, aczkolwiek często skupiających się na modyfikacji łańcucha dostaw. Obejmują one wykorzystanie centrów przeładunkowych oraz reorganizację tras rozwózki (zazwyczaj przy wspomaganium narzędziami informatycznymi). Niektóre koncepcje uwzględniają ponadto zmianę godzin realizacji procesu na porę nocną. Wymaga to jednak zastosowania odpowiedniej technologii, która ogranicza generowany hałas, zmniejszając uciążliwość dostaw dla postronnych osób. Optymalizacja może wykraczać poza wspomniane ramy, dotycząc również zwiększenia współczynnika wykorzystania przestrzeni ładunkowych pojazdów. Najciekawsze i najbardziej abstrakcyjne koncepcje zakładają tworzenie systemów dostaw podziemnych, realizowanych w otoczeniu istniejącej (często historycznej) infrastruktury. Pomimo wielu zalet takiego rozwiązania, jak na przykład absolutna separacja od ruchu ulicznego i zmniejszenie kongestii transportowej, można wskazać również wiele wad związanych z kosztami oraz brakiem uniwersalności. Pominięto wykorzystanie rowerów towarowych – tę technologię przewozów miejskich omówiono w artykule [14].

Transport lotniczy – drony

Jest to jedna z najnowszych koncepcji dotyczących nie tylko transportu wewnątrzmijskiego. Opiera się na wykorzystaniu bezzałogowych statków powietrznych (docelowo autonomicznych) jako środków transportu obsługującego popyt na przewozy (zazwyczaj) wysokowartościowej drobnicy. Innowacyjność tego rozwiązania polega na swoistej „modzie” na stosowanie dronów, których istnienie jest oczywiście naturalnym następstwem rozwoju technologii. Trudno doszukiwać

się (na obecną chwilę, tj. bez złożonego systemu sterowania, kontroli oraz uwzględniając obecną opłacalność tej technologii transportu) możliwości powszechnego zastosowania dronów w dystrybucji. Ich wykorzystanie ma uzasadnienie w przypadku wąskiej grupy ładunków o określonej podatności naturalnej oraz w specyficznym otoczeniu. Przykładowo firma DHL zaproponowała pilotażowy projekt o nazwie: „Paketkopter”, w którym, za pośrednictwem dronów, obsługiwano popyt na transport leków w obrębie trudnodostępnych wysp na Morzu Północnym, a należących do Federacji Niemiec (obsłudze podlegała w zasadzie tylko wyspa Juist) [15]. Pomimo wad nie należy przekreślać tego rozwiązania, choć z dzisiejszej perspektywy dywagacje na temat przyszłej rentowności mogą okazać się trudne. W uzasadnionych przypadkach może być to ciekawa alternatywa dla rozwiązań tradycyjnych, jednakże w perspektywie zrównoważonego rozwoju transportu należy zastanowić się, czy transport lotniczy będzie chętnie rozwijany w najbliższych latach oraz czy samo wykorzystanie dronów sprawdzi się na dużą skalę w aglomeracjach miejskich, w których niewielka kolizja powietrzna dwóch urządzeń może doprowadzić do strat materialnych lub ofiar w ludziach znajdujących się na ziemi.

Transport szynowy

Obejmuje swoim zakresem wykorzystanie linii kolejowych, tramwajowych lub metra w procesach dystrybucji ładunków. Każde z tych rozwiązań jest zazwyczaj próbą wykorzystania istniejącej infrastruktury w celu rozwiązania problemów komunikacyjnych miasta. Istnieje wiele przykładów w Europie, które z powodzeniem przeszły fazę testów i sprawnie funkcjonują po dziś dzień. Jednak, aby zastosowanie którejs z tych technologii było rentowne, wymagane jest spełnienie kilku warunków. Przede wszystkim popyt na takie przewozy będzie musiał wykazywać pewną regularność oraz odpowiednią wielkość. Trudno bowiem wyobrazić sobie sporadyczne ładunki drobnicowe obsługiwane za pośrednictwem pociągu towarowego. Innym aspektem jest kwestia infrastruktury i suprastruktury, a przede wszystkim analiza dopuszczalnych nacisków na oś, klas nacisków osiowych torowisk, ograniczeń skrajni, minimalnego dopuszczalnego promienia łuku skrętu oraz stosowanych jednostek transportowych. W wachlarzu rozwiązań praktycznych napotkać można kilka implementacji, takich jak [8]: zastosowanie klasycznego taboru kolejowego; specjalizowanego taboru kolejowego dopuszczonego do wjazdu na torowiska tramwajowe i w obszary mieszkalne blisko zabudowań; specjalizowanego taboru tramwajowego; przebudowanego, osobowego taboru tramwajowego. Wymogiem koniecznym dla sprawnego funkcjonowania tej technologii jest bezinwazyjne wkomponowanie schematów linii komunikacyjnych w istniejącą sieć oraz połączenie rozkładów jazdy w sposób przystępny dla mieszkańców. W zamian można otrzymać sieć dystrybucji ładunków, względnie odseparowaną (częściowo lub całkowicie) od miejskiego ruchu drogowego, w miarę odpornego na kongestię transportową, lecz mającą cechy transportu intermodalnego (kombinowanego), czyli często wymagającą pomocniczych środków transportu i koordynacji pomiędzy kontrahentami.

Transport śródlądowy

Podobnie jak w przypadku transportu szynowego, transport śródlądowy może być wynikiem wykorzystania specyfiki miasta w procesie transportowym, co niewątpliwie skutkuje odciążeniem sieci drogowej. Niestety ta technologia przewozu sprawdzi się zaledwie w kilku/kilkunastu procentach miast w Europie, z uwagi na fakt, iż do jej wdrożenia wymagane są ciekie wodne o określonych parametrach oraz odpowiednia infrastruktura punktowa. Niewątpliwą korzyścią przemawiającą za systemem transportowym opartym na żegludze śródlądowej jest duża odporność na zakorkowanie miasta (należy brać również pod uwagę przewozy dowozowo/odwozowe realizowane najczęściej transportem kołowym).

Transport przesyłowy ładunków stałych

Transport przesyłowy, określany jako przyszłościowa forma transportu miejskiego, jest odpowiednikiem rurowego przenośnika z czynnikiem roboczym (ośrodkiem pośredniczącym). Technologia przewozu (przesyłu) polega na transporcie specjalnych jednostek (często w formie kapsuł) wewnątrz zamkniętej rury o dużej średnicy, za pomocą czynnika roboczego – najczęściej powietrza. W rurze, za pomocą pomp, wytwarzane jest ciśnienie (pod- lub nadciśnienie), które powoduje przemieszczanie się jednostek ładunkowych wraz z ładunkiem. Równoległe współlistnieją podobne rozwiązania wykorzystujące lewitację magnetyczną. Ze względu na wysokie koszty instalacji i stosunkowo mały stopień wypełnienia jednostek ładunkowych rurociąg kapsułarny posiada liczne ograniczenia funkcjonalne, jednakże może się sprawdzić zwłaszcza na niewielkich obszarach. Poza tym ma też wiele zalet [8]: może być umieszczony pod ziemią lub nad nią, co skutkuje brakiem kolizji z uczestnikami ruchu drogowego. Charakteryzuje się: lokalną redukcją zanieczyszczeń podczas użytkowania, mniejszym zużyciem energii w porównaniu z innymi środkami transportu, niezawodnością i bezpieczeństwem przewozu, możliwością wykonywania małych i częstych dostaw w obrębie obsługiwanego obszaru.

Transport kołowy

Transport kołowy, najbardziej rozpowszechniona forma transportu w logistyce miejskiej, charakteryzuje się licznymi rozwiązaniami przyszłościowymi. Paradoksalnie jest przyczyną sporej części negatywnych skutków dystrybucji. Proponowane przez przemysł rozwiązania w wielu wypadkach zdają się być jedynie maskowaniem problemu. Jako przykład można podać zastąpienie dostawczego samochodu spalinowego – elektrycznym. Pomijając kontrowersyjne kwestie emisji zanieczyszczeń oraz zużycia energii w ujęciu cyklu życia produktu, można stwierdzić, iż owe „zastąpienie” nie będzie miało wpływu na kongestię transportową, ponieważ zajętość powierzchni w obydwu przypadkach będzie prawdopodobnie jednakowa. Tak więc zastępowanie spalinowych pojazdów służących do dystrybucji, ich elektrycznymi lub hybrydowymi odpowiednikami, szczególnie w polskich uwarunkowaniach energetycznych (74,54% energii elektrycznej zainstalowanej pochodzi ze źródeł innych niż odnawialne, zazwyczaj paliwa kopalniane [16]), można uznać za środek doraźny, niestanowiący rozwiązania problemu.

Istnieją jednak systemy dystrybucji oparte na innych środkach transportu aniżeli samochody – np. skutery (spalinowe lub elektryczne) oraz rowery towarowe (elektryczne lub bez wspomagania napędu) [17]. Zarówno jedno, jak i drugie definiują podobny charakter organizacyjny oraz strukturalny systemu.

Podsumowanie

Na podstawie powyższych rozważań na temat systemów dystrybucji ładunków w miastach można wnioskować, że w przyszłości nastąpi dalszy rozwój tej dziedziny logistyki i można się spodziewać, że proekologiczna polityka i działania zmierzające do poprawy jakości życia w miastach będą sprzyjać temu rozwojowi.

Literatura

1. Adamska M., *Logistyka miejska*, Centrum Doradztwa i Informacji Difin, Warszawa 2008.
2. Rutkowski K. i in., *Logistyka dystrybucji. Specyfika. Tendencje rozwojowe. Dobre praktyki*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2005.
3. Starczewski J., *Kształtowanie systemu dystrybucji ładunków z wykorzystaniem rowerów towarowych wewnątrz aglomeracji miejskiej*, Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Kraków 2022.
4. Witkowski J., Kiba-Janiak M., *Interesariusze w procesie modelowania logistyki miejskiej*, „Logistyka”, Poznań 2013.
5. Raport: *A closer look at urban transport – TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe*, European Environment Agency, Copenhagen 2013.
6. Jacyna M., Wasiaś M., Lewczuk K., Karoń G., *Noise and environmental pollution from transport: decisive problems in developing ecologically efficient transport systems*, Journal of Vibroengineering, Vol. 19, JVE International, 2017.
7. Szymczak M., *Logistyka miejska*, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 2008.
8. Iwan S., *Wdrażanie dobrych praktyk w obszarze transportu dostawczego w miastach*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2013.
9. Lewandowski K., *Problemy zaopatrzenia punktów handlowych w centrach miast: wyniki badań ankietowych programu DORED*, „Logistyka”, 2012.
10. Rudnicki A. i in., *Innowacje na rzecz zrównoważonego transportu miejskiego: doświadczenia z realizacji projektu Unii Europejskiej CIVITAS-CARAVEL: Kraków*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010.
11. de Oliveira L., Macedo A., Sampaio J., de Oliveira T., de Oliveira R., Vieira J., *Challenges to urban freight transport in historical cities: a case study for Sabará (Brazil)*, “Transportation Research Procedia”, Elsevier, 2019.
12. Chodak G., Łęczek J., *Problem ostatniej mili – wyniki badań sklepów internetowych i konsumentów*, Munich Personal Re PEc Archive, 2014.
13. Cichosz M., *Innowacje w Logistyce Miejskiej. Zrównoważony Transport Publiczny*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2015.
14. Starczewski J., *Dystrybucja ładunków rowerami towarowymi w miastach*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2022, nr 11/12.
15. Lawler R., *DHL will do delivery-by-drone, but only for one tiny European island*, www.engadget.com.
16. *Zestawienie danych ilościowych dotyczących funkcjonowania KSE w 2020 roku*, Polskie Sieci Elektroenergetyczne, 2021.
17. Becker S., Rudolf C., *Exploring the Potential of Free Cargo-Bikes for Sustainable Mobility*, GAIA – Ecological Perspectives on Science and Society 27, Oekom Verlag 2018.