

# DRONY W LOGISTYCE OSTATNIEJ MILI – INNOWACJA WSPIERAJĄCA ZRÓWNOWAŻONĄ LOGISTYKĘ

## 17.1. Wprowadzenie

Tempo i skala zmian technologicznych, które mają miejsce w ostatnim dziesięcioleciu, zrewolucjonizowały przedsiębiorstwa, w tym branżę handlu detalicznego. Zarówno na świecie, jak i w Polsce obserwujemy intensywny wzrost rynku e-handlu (*e-commerce*), tj. handlu detalicznego prowadzonego z wykorzystaniem kanałów elektronicznych. World Economic Forum przewiduje, że trend ten utrzyma się i w 2026 r. handel online będzie stanowił średnio ponad 40% całości sprzedaży detalicznej (wobec aktualnych 10%)<sup>2</sup>. Warto jednak zauważyć, iż mimo przeniesienia do świata wirtualnego sprzedaży wielu produktów i usług oraz ich dystrybucji (np. muzyka, książki, podróże), wirtualizacji procesu komunikacji „firma–klient” (poprzez np. czat, Facebook, spersonalizowane programy lojalnościowe) czy zawarcia transakcji i płatności online ciągle są i będą produkty, które mają postać fizyczną i muszą być dostarczone

<sup>1</sup> dr M. Cichosz, Instytut Infrastruktury, Transportu i Mobilności, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.

<sup>2</sup> *Shaping the Future of Retail for Consumer Industries*, World Economic Forum, Accenture, 2017, s. 4.

do klienta/konsumenta w sposób tradycyjny. Najbardziej wymagającym etapem organizacji procesu fizycznego przepływu towarów jest tzw. ostatnia mila (*last mile*). Dlatego kreśląc cyfrową przyszłość branży handlu detalicznego, Accenture zwraca uwagę przedsiębiorców na konieczność posiadania trzech zdolności: 1) nawiązywania partnerstw; 2) organizacji dostaw w ramach ostatniej mili w sposób responsywny, efektywny kosztowo, ale i przyjazny środowisku; 3) prowadzenia zaawansowanej analityki danych<sup>3</sup>.

Niniejsze opracowanie koncentruje się na logistyce ostatniej mili, która często jest opisywana jako najdroższy, najbardziej nieefektywny i generujący najwięcej zanieczyszczeń etap w ramach łańcucha dostaw<sup>4</sup>. Poszukując rozwiązań problemów logistyki ostatniej mili, autorka postanowiła zbadać efektywność innowacji z obszaru zainteresowań prof. dr hab. E. Marciszewskiej, tj. transportu lotniczego. Przedmiotem analizy są drony (bezzałogowe statki powietrzne), które zarówno w badaniu wschodzących technologii firmy consultingowej Gartner<sup>5</sup>, jak i analizie trendów logistycznych operatora logistycznego DP-DHL<sup>6</sup> są wymieniane jako innowacja o dużym znaczeniu dla rozwoju logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw. Tractica (firma z obszaru badań nad technologiami) prognozuje, że do 2025 r. popyt na drony wzrośnie kilkukrotnie<sup>7</sup>. Mając to na uwadze, autorka postanowiła poszukać odpowiedzi na następujące pytanie badawcze: czy drony są innowacją technologiczną, która ma potencjał skokowo poprawić efektywność ekonomiczną, ekologiczną i społeczną logistyki ostatniej mili?

Badanie odpowiada na zapotrzebowanie zgłoszone przez J. Olssona, D. Hellstroma i H. Palssona, potwierdzając niedostatek publikacji uwzględniających wymiar pozaekonomiczny (środowiskowy i społeczny) w logistyce ostatniej

<sup>3</sup> *Painting the Digital Future of Retail and Consumer Goods Companies*, Accenture, 2017, s. 8.

<sup>4</sup> S.F.W. Lim, X. Jin, J.S. Srari, *Consumer-Driven E-commerce*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 2018, Vol. 48, No. 3.

<sup>5</sup> *The 2019 Emerging Technology Hype Cycle*, Gartner, 2019.

<sup>6</sup> *Logistics Trend Radar 2018/19*, DP-DHL, 2019.

<sup>7</sup> *Drone for Commercial Application*, Tractica, 2019, s. 5.

mili<sup>8</sup>. Badanie obejmuje studia literaturowe z obszaru wykorzystania dronów w logistyce ostatniej mili oraz analizę efektywności tego rozwiązania pod kątem organizowania zrównoważonej logistyki ostatniej mili. Wykorzystano w nim artykuły dostępne w bazach Emerald i Elsevier, raporty z badań prowadzonych przez firmy konsultingowe i instytucje międzynarodowe. Ramy teoretyczne opracowania stanowi koncepcja *triple bottom line*. W badaniu wykorzystano metodę dedukcji.

## 17.2. Logistyka ostatniej mili

Logistyka ostatniej mili to ostatni etap procesu dostawy. We wcześniejszych definicjach podchodzono do zagadnienia wąsko i podkreślano, że chodzi o bezpośrednią dostawę do domu finalnego konsumenta<sup>9</sup>. Jednak w obliczu upowszechnienia i rozszerzenia palety miejsc dostawy – o zautomatyzowane urządzenia nadawczo-odbiorcze (np. paczkomaty InPost) czy punkty obsługi będące częścią sieci operatora KEP (usługi kurierskie, ekspresowe i paczkowe, np. UPS Access Points i DPD Pickup) lub współpracujące z nim (np. sieć sklepów Żabka z DP-DHL, stacje paliwowe Orlen z Poczta Polska) – definicje te wymagają korekty. Dlatego w niniejszym badaniu przyjęto, iż logistyka ostatniej mili to ostatni etap dostawy do punktu dostawy, preferowanego przez klienta finalnego.

Jak podkreślają badacze zagadnienia, logistyka ostatniej mili jest najbardziej kosztownym etapem łańcucha dostaw przesyłki. Szacuje się, że koszty tego odcinka wynoszą 13%–75% całości kosztów logistycznych<sup>10</sup>. W znacznej

<sup>8</sup> J. Olsson, D. Hellstrom, H. Palsson, *Framework of Last Mile Logistics Research: A Systematic Review of the Literature*, „Sustainability” 2019, Vol. 11, No. 24, s. 14.

<sup>9</sup> M. Cichosz, A. Pluta-Zaremba, *Rola operatorów ekspresowych w logistyce ostatniej mili firm usługowych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu” 2011, nr 235, s. 149–160.

<sup>10</sup> R. Gevaers, E. Van de Voorde, T. Vanelander, *Characteristics and Typology of Last-Mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context*, w: *City Distribution and Urban*

mierze zależą one od: zagęszczenia miejsc dostaw i okien czasowych, w których przesyłka może być dostarczona<sup>11</sup>; kongestii<sup>12</sup>; rozdrobnienia dostaw<sup>13</sup>; wielkości i rodzaju przesyłki<sup>14</sup>. Lista głównych wyzwań związanych z organizacją logistyki ostatniej mili obejmuje:

- w wymiarze ekonomicznym – efektywną organizację procesu dostawy, związaną z właściwym zaplanowaniem trasy i przy jednoczesnym zapewnieniu efektywności kosztowej dostawy w zadeklarowanym czasie;
- w wymiarze ekologicznym – jak najniższy wskaźnik emisji zanieczyszczeń, w tym CO<sub>2</sub>, hałasu, kongestii;
- w wymiarze społecznym – dbanie o jakość dostawy dla klienta oraz jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo ludzi.

Badania wskazują, że wymagania nabywców stanowią swoisty paradoks. Z jednej strony e-klienci – przyzwyczajeni przez Amazon.com do coraz wyższych standardów obsługi – oczekują ciągłego skracania czasu dostawy (tj. do dwóch dni roboczych, tego samego dnia czy w końcu do dwóch godzin), a z drugiej chcą, aby dostarczanie produktu było coraz tańsze, a najlepiej darmowe. Sprzeczne z powyższymi założeniami jest także żądanie minimalizowania negatywnych skutków logistyki dla środowiska, zgłaszane zwłaszcza przez młode pokolenie klientów (reprezentowane m.in. przez szwedzką aktywistkę klimatyczną – G. Thunberg).

---

*Freight Transport: Multiple Perspectives*, C. Macharis, S. Melo (Ed.), Edward Elgar Publishing, 2011, s. 56–71.

<sup>11</sup> K.K. Boyer, A.M. Prudhomme, W. Chung, *The Last Mile Challenge: Evaluating the Effects of Customer Density and Delivery Window Patterns*, „Journal of Business Logistics” 2009, Vol. 30, No. 1, s. 185–201.

<sup>12</sup> J. Munuzuri, P. Cortes, R. Grosso, J. Guadix, *Selecting the Location of Minihubs for Freight Delivery in Congested Downtown Areas*, „Journal of Computational Science” 2012, Vol. 3, No. 4, s. 228–237.

<sup>13</sup> K.H. Leung, K.L. Choy, P.K. Siu, G.T. Ho, H.Y. Lam, C.K. Lee, *A B2C E-commerce Intelligent System for Re-Engineering the E-order Fulfilment Process*, „Expert Systems with Applications” 2018, No. 91, s. 386–401.

<sup>14</sup> J. Allen, M. Piecyk, M. Piotrowska, F. McLeod, T. Cherrett, K. Ghali, S. Wise, *Understanding the Impact of E-commerce on Last-Mile Light Goods Vehicle Activity in Urban Areas: The Case of London*, „Transportation Research Part D: Transport and Environment” 2018, No. 61, s. 325–338.

Poszukując rozwiązania, które pogodziłoby owe rozbieżne cele, branża usług logistycznych (stymulowana przez konkurentów spoza branży, takich jak: Amazon.com, Alibaba – e-detałiści; Timo.com, Cargonexx – giełdy transportowe; Uber Freight, uShip – platformy *crowd logistics*) zwraca się ku technologii i innowacjom technologicznym<sup>15</sup>. Wykorzystując sensory i Internet Rzeczy (*Internet of Things*), operatorzy logistyczni są w stanie poprawić widoczność ładunków i operacji, które prowadzą w całym łańcuchu dostaw. Dzięki analizie dużych zbiorów danych gromadzonych z sensorów i systemów informacyjnych mogą lepiej wykorzystać zasoby ludzkie, rzeczowe i infrastrukturę, którą posiadają. W końcu korzystając z robotów i automatyzacji, usprawniają operacje logistyczne oraz łatwiej skalują swoją działalność, a tym samym szybciej reagują na zmiany rynkowe.

W ramach automatyzacji logistyki dużo uwagi poświęca się autonomicznym pojazdom. Najogólniej dzieli się je na pojazdy naziemne (*autonomous ground vehicles*) i pojazdy powietrzne (*autonomous aerial vehicles*). Poziom ich autonomii może być zróżnicowany<sup>16</sup>. McKinsey szacuje, że wykorzystanie obu rodzajów pojazdów może zredukować koszty ostatniej mili o 10%–40%<sup>17</sup>.

### 17.3. Drony w logistyce ostatniej mili

Drony, inaczej bezzałogowe statki powietrzne (*Unmanned Aerial Vehicle* – UAV) lub bezzałogowe systemy powietrzne (*Unmanned Aerial Systems* – UAS), to latające roboty, które pilotowane zdalnie lub zaprogramowane wykonują lot autonomicznie<sup>18</sup>. Początkowo technologia ta była rozwijana

<sup>15</sup> M. Cichosz, *Digitalization and Competitiveness in the Logistics Service Industry*, „E-mentor” 2018, nr 77(5), s. 73–82.

<sup>16</sup> B. Grucza, *Wizje i scenariusze rozwoju autonomicznych systemów transportowych*, w: *E-mobilność: wizje i scenariusze*, J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), Europejski Kongres Finansowy, Sopot 2017, s. 71.

<sup>17</sup> J. Schroder, B. Heid, F. Neuhaus, M. Kasser, C. Klink, S. Tatomir, *Fast-Forwarding Last-Mile Delivery – Implications for the Ecosystem*, McKinsey, 2018, s. 9.

<sup>18</sup> F. Giones, A. Brem, *From Toys to Tools: The Co-Evolution of Technological and Entrepreneurial Developments in the Drone Industry*, „Business Horizons” 2017, Vol. 60, No. 6, s. 875–884.

głównie w wojskowości. Od kilku lat obserwuje się intensywny wzrost jej wykorzystania w zastosowaniach cywilnych, w tym komercyjnych. M. Szymczak wskazuje na geodezję, meteorologię, rolnictwo, budownictwo, ratownictwo, w szczególności na transport i logistykę jako branże, w których jest wiele przykładów zastosowań tej innowacji technologicznej<sup>19</sup>. Spektrum logistycznych zastosowań obejmuje:

- logistykę wewnętrzną przedsiębiorstwa (intralogistyka) – przesyłanie ładunków lub dokumentów między rozprzestrzonymi geograficznie lokalizacjami firmy (np. UPS i start-up Matternet od marca 2019 r. realizują dostawy przesyłek medycznych w kampusie szpitalnym WakeMed w USA<sup>20</sup>), inwentaryzację magazynu (np. u operatora logistycznego GEODIS<sup>21</sup>) czy optymalizację procesu załadunku dużych ładunków dzięki pomiarom wykonanym przy użyciu dronów (np. w DP-DHL<sup>22</sup>);
- nadzór infrastruktury – monitoring stanu i bezpieczeństwa obiektów oraz aktywów operatora i/lub jego klientów (np. PKP wykorzystuje drony do nadzoru bezpieczeństwa ładunków, głównie paliw na stacjach kolejowych<sup>23</sup>);
- dostawy w ramach logistyki ostatniej mili na obszarach wysoce zurbanizowanych (np. DP-DHL i EHang od maja 2019 r. pracują nad utworzeniem sieci regularnych połączeń realizowanych przez zautomatyzowane drony,

<sup>19</sup> M. Szymczak, *Perspektywy rozwoju technologii i rynku dronów*, w: *E-mobilność: wizje i scenariusze*, J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), Europejski Kongres Finansowy, Sopot 2017, s. 92–119.

<sup>20</sup> M. Cichosz, *Logistics Start-ups: Competitors or Partners of Logistics Service Providers in Exploration*, w: *Modern Research on Transport Systems and Urban Mobility. TranSopot 2019 Conference*, M. Suchanek (Ed.), Springer International Publishing, 2020, s. 5–16.

<sup>21</sup> GEODIS, 2018, <https://geodis.com/pl/ekspertyza/w-geodis-trwa-inwentaryzacja-magazynu-za-pomoca-dronow> (data dostępu: 22.01.2020 r.).

<sup>22</sup> DP-DHL, *DHL's Drone Dimensioning Project Gets off the Ground*, 2019, [https://www.youtube.com/watch?v=XOGWGsJlc3Y&feature=youtu.be&j=414177&sfmc\\_sub=229779514&l=59\\_HTML&u=24987157&mid=7275327&jb=24](https://www.youtube.com/watch?v=XOGWGsJlc3Y&feature=youtu.be&j=414177&sfmc_sub=229779514&l=59_HTML&u=24987157&mid=7275327&jb=24) (data dostępu: 21.01.2020 r.).

<sup>23</sup> *Bielik pilnuje pociągów*, „Puls Biznesu” z dnia 7 marca 2017 r., s. 2, za: M. Szymczak, *Perspektywy rozwoju technologii i rynku dronów*, w: *E-mobilność: wizje i scenariusze*, J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), Europejski Kongres Finansowy, Sopot 2017, s. 102.

w ramach której będą obsługiwani ludzie i ładunki<sup>24</sup>) lub na terenach większych i trudno dostępnych (np. DP-DHL od 2013 r. rozwija Parcelcopter – drona, którego model 4.0 pozwala dostarczać przesyłki w górach<sup>25</sup>).

Przełom w badaniach wykorzystania dronów w logistyce ostatniej mili nastąpił w 2013 r., gdy Amazon.com ogłosił program *Amazon Prime Air* i zapowiedział, że wkrótce dzięki tym urządzeniom będzie w stanie dostarczyć klientom przesyłki o masie do ok. 2,5 kg w promieniu 16 km w ciągu 30 minut lub krócej<sup>26</sup>. Do walki o prymat w wykorzystaniu dronów przystąpili operatorzy KEP (DP-DHL, UPS czy FedEx), wspierani przez start-upy<sup>27</sup>. Testowali oni głównie dostawy paczek, w tym przesyłek medycznych w kontrolowanej temperaturze. Po sukcesie dostaw na otwartym terenie, w ramach kampusów, są prowadzone pilotaże dostaw do klientów w miastach.

Możliwość wykorzystania dronów do obsługi ostatniej mili jest intensywnie rozważana również przez segment żywności – np. dostawy posiłków przygotowywanych przez restauracje i catering oraz dostawy produktów spożywczych zakupionych online. W segmencie tym warto zaznaczyć, że usługi są rozwijane dwutorowo. Nad rozwiązaniami pracują, z jednej strony, duże sieci restauracji (takie jak Domino's Pizza, Pizza Hut), z drugiej zaś start-upy niezależnych operatorów dronów, np. Flirtey, Flytrex, Zipline czy Wing holdingu Alphabet<sup>28</sup>. Natomiast w segmencie dostaw dronami artykułów spożywczych zakupionych online ostro konkurują dwaj giganci: Walmart (detalista z 5 tys. sklepów stacjonarnych) i Amazon.com – e-detalista, który w 2017 r.

<sup>24</sup> DP-DHL, 2019, <https://www.logistics.dhl/global-en/home/press/press-archive/2019/dhl-express-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html> (data dostępu: 21.01.2020 r.).

<sup>25</sup> DP-DHL, 2018, <https://www.logistics.dhl/global-en/home/press/press-archive/2018/rapid-response-from-the-air-medicines-successfully-delivered-using-a-parcel-drone-in-east-africa.html> (data dostępu: 21.02.2020 r.).

<sup>26</sup> *Amazon Prime Air Delivery*, 2016, <https://www.amazon.com/b?node=8037720011> (data dostępu: 22.01.2020 r.).

<sup>27</sup> M. Cichosz, *Logistics Start-ups...*, jw.

<sup>28</sup> Wing (w kwietniu 2019 r., w Australii) jako pierwsza otrzymała od FAA pozwolenie działania jako spółka lotnicza. Szerzej na ten temat: A. Levin, *Google Spinoff's Drone Delivery Business First to Get FAA Approval*, „Bloomberg” 2019, 23rd April.

zakupił sieć blisko 500 sklepów stacjonarnych Whole Foods. Model dostaw w obu przypadkach opiera się na dostawach ze sklepu stacjonarnego, który znajduje się najbliżej zamawiającego.

Warto nadmienić, że rosnący popyt na obsługę logistyki ostatniej mili – przy wykorzystaniu dronów w segmencie paczek, przesyłek medycznych czy żywności – zachęcił przedsiębiorców do badań w tym obszarze i tworzenia start-upów. CB Insight podaje, iż w latach 2000–2017 powstało ponad 300 start-upów, które w sumie zgromadziły ponad 3 mld USD na rozwój technologii, badań nad operacjami i usługami związanymi z UAV. Blisko połowa tych środków trafiła do firm konstruujących drony i ich komponenty, tj.: silniki, baterie, stabilizatory, sensory. Znaczący kapitał otrzymały też start-upy zajmujące się rozwiązaniami z obszaru nawigacji i zarządzania danymi<sup>29</sup>.

#### 17.4. Analiza efektywności ekonomicznej, ekologicznej i społecznej dronów w logistyce ostatniej mili

M. Żmigrodzka i K. Kostur-Balcerzak zauważają, iż drony to nowa era w dziejach lotnictwa, która „(...) stanowi (...) istotny krok w kierunku poszerzenia rynku transportu lotniczego”<sup>30</sup>. W związku z tym warto przeanalizować tę innowację technologiczną pod kątem jej efektywności ekonomicznej, ekologicznej i społecznej, a następnie zastanowić się, na ile ma ona potencjał zrewolucjonizowania logistyki ostatniej mili. Do oceny przyjęto kryteria zawarte w tabeli 17.1.

<sup>29</sup> P. Cohn, A. Green, M. Langstaff, M. Roller, *Commercial Drones Are Here: The Future of Unmanned Aerial Systems*, McKinsey, 2017.

<sup>30</sup> M. Żmigrodzka, K. Kostur-Balcerzak, *Polityka rozwoju innowacyjnych rozwiązań w transporcie lotniczym*, „Facta Simonidis” 2017, nr 1(10), s. 180.



Tabela 17.1. Lista kryteriów oceny wpływu dronów na zrównoważoną logistykę ostatniej mili

Wymiary zrównoważonego rozwoju	Kryterium zrównoważonego rozwoju	Opis
Efektywność ekonomiczna	Koszty logistyczne	Zmiany w oszczędnościach kosztów transportu
	Czas dostawy	Zmiany w doskonaleniu dostaw, cykl dostawy, <i>lead time</i>
	Niezawodność	Zmiany w jakości usług logistycznych (np. OTIF)
	Elastyczność	Zmiany w planach (np. odsetek niezaplanowanych zamówień, które mogą być zrealizowane bez opóźnień)
	Straty	Zmiany w wolumenie strat, zniszczeń, uszkodzeń towaru
	Wolumen transportu	Zmiany w całkowitym wolumenie transportu
Efektywność ekologiczna	Efektywność zasobów	Konsumpcja zasobów nieodnawialnych
	Energia	Zmiany zapotrzebowania energetycznego
	Emisje	Zmiany w konsumpcji paliw, emisje CO <sub>2</sub> i GHG
	Zanieczyszczenia	Zmiany w zanieczyszczeniach powietrza, wody, poziomie hałasu
Efektywność społeczna	Poziom akceptacji	Poziom społeczno-ekonomiczny lokalnej społeczności i rynku
	Zdrowie	Zmiany w chorobach będących skutkiem transportu i zanieczyszczeń z nim związanych
	Bezpieczeństwo	Zmiany w liczbie wypadków
	Zatrudnienie	Zmiany charakteru pracy, jej intensywności
	Wpływ na branżę	Wpływ społeczny rozwiązania na logistykę

Źródło: opracowanie własne na podstawie Y. Kayikci, *Sustainability Impact of Digitalization in Logistics*, „Procedia Manufacturing” 2018, No. 21, s. 786.

#### 17.4.1. Efektywność ekonomiczna

Aspekty ekonomiczne są najczęściej wskazywane jako przesłanki rozwijania badań nad wykorzystaniem dronów w logistyce ostatniej mili. Zwolennicy robotów latających w analizach i studiach wykonalności podkreślają przede wszystkim o wiele krótszy czas dostawy, który można zaoferować klientowi po znacznie niższym koszcie. Jest to istotny argument, gdyż koszt logistyki ostatniej mili może przekroczyć nawet 50% całkowitych kosztów logistycznych.

Na niższy koszt transportu dronem składa się relatywnie niski, w porównaniu z zakupem samochodu ciężarowego, koszt zakupu tej maszyny oraz niższe koszty jej utrzymania i obsługi. Istotną pozycją w kosztach transportu jest koszt siły roboczej, który w przypadku autonomicznych dronów jest zredukowany do kosztu operatora zdalnie kontrolującego lot wielu bezzałogowych statków powietrznych.

Równie istotną kwestią jest czas. Drony mogą znacznie usprawnić działanie firm kurierskich na etapie ostatniej mili dzięki temu, że podczas lotu nie korzystają z infrastruktury drogowej, łącząc dwa miejsca po najkrótszej linii, co sprawia, że szybciej i taniej są w stanie dotrzeć w trudno dostępne miejsca, np. na terenach górskich lub rzadko zaludnionych. Roboty latające są też dobrą alternatywą w transporcie miejskim. Wzmożony ruch uliczny, korki, wypadki czy inne zdarzenia drogowe nie zagrażają szybkości i punktualności dostaw realizowanych przez te urządzenia. Istotną zaletą tego typu dostaw jest także elastyczność, wynikająca z faktu, że dron każdorazowo dostarcza tylko jedną paczkę i wraca do bazy. Możliwa jest więc dynamiczna korekta planu dostaw.

Drony nie są jednak rozwiązaniem idealnym. Mają również swoje słabe strony, które nie pozostają bez znaczenia dla ich efektywności ekonomicznej. Wśród ograniczeń technicznych trzeba wymienić limit wagowy przesyłek, które są w stanie udźwignąć, a także pojemność baterii determinującą czas i zasięg lotu. Problemem jest również ograniczona odporność dronów na zmienne warunki pogodowe, tj. deszcze, burze, silne wiatry, mgły, które nie tylko zagrażają terminowości dostaw, ale też mogą być przyczyną uszkodzenia zarówno robota, jak i przewożonego ładunku. Istotnymi ograniczeniami rozwoju tych urządzeń są wolno postępujące prace nad regulacjami prawnymi<sup>31</sup>, które umożliwiłyby wspólne funkcjonowanie dronów obok innych statków w przestrzeni powietrznej, oraz brak: infrastruktury w postaci wertykalnych lądowisk ze stacjami ładującymi baterie, centrów serwisowych i stacji nadawczo-odbiorczych<sup>32</sup>.

<sup>31</sup> K. Siadkowska, *Prawne aspekty eksploatacji dronów*, „Studia Iuridica Lublinensia” 2017, nr 26(3), s. 93–106.

<sup>32</sup> T. Duvall, A. Green, M. Langstaff, K. Miele, *Air-Mobility Solutions: What They'll Need to Take off*, McKinsey, 2019.

### 17.4.2. Efektywność ekologiczna

Panuje powszechne przekonanie, że drony napędzane energią elektryczną są bardziej ekologiczne niż samochody, które najczęściej zastępują w logistyce ostatniej mili. Analizując to zagadnienie, warto oszacować emisję CO<sub>2</sub> dla robotów latających i porównać ją z emisją w transporcie drogowym. W obliczeniach kluczowe są: 1) pokonana droga; 2) w przypadku dronów – średnie zapotrzebowanie na energię elektryczną w Wh/m i średni współczynnik emisji podczas produkcji energii w kWh; 3) w przypadku samochodów – średni współczynnik emisji CO<sub>2</sub> dla transportu drogowego.

W tym celu, po pierwsze, warto obliczyć długość drogi pokonanej w ramach nie tylko pojedynczego lotu do i od klienta, ale też w trakcie jednego dnia roboczego. O ile odległość między dwoma punktami drogą powietrzną jest zwykle krótsza niż ta pokonana samochodem wzdłuż ulic, o tyle sumaryczna trasa pokonana przez dron w ciągu dnia roboczego może już być dłuższa niż droga samochodu. Wynika to z faktu, że robot latający dostarcza tylko jedną paczkę i musi wrócić do bazy po kolejną przesyłkę, podczas gdy samochód w ramach jednej trasy jest w stanie dostarczyć wszystkie paczki. Drugą istotną zmienną jest zapotrzebowanie na energię elektryczną, które jest m.in. uzależnione od wagi transportowanego przez dron ładunku.

Symulacja prowadzona przez A. Goodchild i J. Toya dla 10 scenariuszy tras pokazała, że dostawy z wykorzystaniem dronów są najbardziej efektywne ekologicznie na obszarach położonych blisko punktu wysyłek z niewielką liczbą odbiorców. Wraz ze wzrostem odległości i liczby klientów dostawy samochodem stają się bardziej efektywne. Autorzy konkludują, że w związku z powyższym w ruchu wielkomiejskim najbardziej efektywny ekologicznie jest system hybrydowy (tj. dostawa samochodem i dronem)<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> A. Goodchild, J. Toy, *Delivery by Drone: An Evaluation of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Reducing CO<sub>2</sub> Emissions in the Delivery Service Industry*, „Transportation Research Part D” 2018, No. 61, s. 58–67.

### 17.4.3. Efektywność społeczna

Istotnym czynnikiem dyfuzji innowacji technologicznej jest jej społeczny odbiór<sup>34</sup>. W przypadku dronów na zagadnienie trzeba spojrzeć z dwóch perspektyw: po pierwsze, stosunku klientów i ich gotowości do skorzystania z takiej formy dostawy; po drugie, ze strony społeczeństwa i jego gotowości do akceptacji faktu, że roboty z przesyłkami latają nad głowami ludzi.

Badania społecznego odbioru dronów są ograniczone. Te nieliczne pokazują, że przewaga czasowa, kosztowa i przyjazność dla środowiska determinują pozytywny stosunek klienta do dostaw za pomocą tych urządzeń i skłaniają go do skorzystania z tego rozwiązania. Wyższą skłonność w tym zakresie przejawiają nabywcy charakteryzujący się dużą otwartością na innowacje. Czynnikiem, który negatywnie wpływa na stosunek klientów do transportu dronami, jest przede wszystkim ryzyko związane z niebezpieczeństwem wystąpienia problemów podczas dostawy, w tym uszkodzeń czy nawet utraty przesyłki<sup>35</sup>. W społecznym odbiorze nieodosobnione są obawy, iż roboty latające mogą stanowić zagrożenie dla prywatności i bezpieczeństwa<sup>36</sup>. Ludzie kojarząc drony z wojskością, boją się, że mogą być nagrywani, inwigilowani, a nawet zaatakowani przez te urządzenia, które jako bezzałogowe statki powietrzne mogą stać się celem cyberataków. Pojawiają się też obawy dotyczące kolizji i uszkodzeń tego typu robotów w trakcie lotu, w wyniku których maszyna z przesyłką może spaść na ludzi i spowodować uszczerbek na ich zdrowiu. Na liście obaw zagorzałych przeciwników automatyzacji i robotyzacji drony są wymieniane również jako urządzenia, które mogą odebrać pracę kurierom.

Krytycznym czynnikiem sukcesu dronów w logistyce ostatniej mili jest więc uzyskanie społecznej akceptacji dla tej innowacji technologicznej. W tym

<sup>34</sup> E.M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, The Macmillan Publishing, London 1983.

<sup>35</sup> W. Yoo, E. Yu, J. Jung, *Drone Delivery: Factors Affecting the Public's Attitude and Intention to Adopt*, „Telematics and Informatics” 2018, Vol. 35, No. 6, s. 1687–1700.

<sup>36</sup> H. Kwon, J. Kim, Y. Park, *Applying LSA Text Mining Technique in Envisioning Social Impacts of Emerging Technologies: The Case of Drone Technology*, „Technovation” 2017, No. 60, s. 15–28.

celu konieczna jest poprawa parametrów bezpieczeństwa robotów latających poprzez doskonalenie systemów uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji, które są podstawą wszystkich autonomicznych pojazdów. Dzięki temu urządzenia te będą w stanie wykrywać i omijać przeszkody, które pojawią się na trajektorii ich lotu. Poprawa bezpieczeństwa bezałogowców w powietrzu to poprawa bezpieczeństwa ludzi na ziemi<sup>37</sup>.

## 17.5. Podsumowanie

Drony są innowacją technologiczną, która oferuje szybkie dostawy lekkich przesyłek na krótkie odległości. Badania nad ich komercyjnym wykorzystaniem w logistyce ostatniej mili są prowadzone przez operatorów logistycznych, liderów handlu e-commerce czy restauracje. Pilotaż wskazuje na możliwość zaoferowania klientowi lepszych doświadczeń (*customer experience*) dzięki skróceniu czasu dostawy nawet do pół godziny, przy jednoczesnej obniżce kosztów i redukcji emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery. Innowacja ta ma więc ogromny potencjał, aby zrewolucjonizować logistykę ostatniej mili i uczynić ją bardziej zrównoważoną. Wymaga ona jednak wielu dalszych prac, aby w pełni wystartować.

Po pierwsze, konieczne jest dopracowanie parametrów technicznych rozwiązania, zwłaszcza tych pozwalających na sprawniejsze zarządzanie lotem, tj. systemu radarów, lamp ostrzegawczych, urządzeń do komunikacji, tak aby drony były bardziej bezpieczne i w większym stopniu były akceptowane przez społeczeństwo. Po drugie, istotne jest przygotowanie infrastruktury w postaci wertykalnych lądowisk ze stacjami ładującymi baterie, zbudowanie centrów serwisowych i stacji nadawczo-odbiorczych. Można budować je od zera, ale można również spróbować zaadoptować istniejącą infrastrukturę do wykorzystania przez bezałogowce (w tym np. urządzenia nadawczo-odbiorcze).

---

<sup>37</sup> A. Raj, B. Sah, *Analyzing Critical Success Factors for Implementation of Drones in the Logistics Sector Using Grey-DEMATEL Based Approach*, „Computers & Industrial Engineering” 2019, No. 138, s. 3.

Kluczowe jest opracowanie modelu biznesowego dla ich finansowania i zarabiania na nich. W końcu bardzo ważne jest przyspieszenie prac nad przygotowaniem prawa lotniczego, które ureguluje koegzystencję komercyjnych dronów i innych statków w przestrzeni powietrznej.

## 17.6. Bibliografia

- Allen J., Piecyk M., Piotrowska M., McLeod F., Cherrett T., Ghali K., Wise S., *Understanding the Impact of E-commerce on Last-Mile Light Goods Vehicle Activity in Urban Areas: The Case of London*, „Transportation Research Part D: Transport and Environment” 2018, Vol. 61, s. 325–338.
- Boyer K.K., Prudhomme A.M., Chung W., *The Last Mile Challenge: Evaluating the Effects of Customer Density and Delivery Window Patterns*, „Journal of Business Logistics” 2009, Vol. 30, No. 1, s. 185–201.
- Cichosz M., *Digitalization and Competitiveness in the Logistics Service Industry*, „E-mentor” 2018, Vol. 77(5), s. 73–82.
- Cichosz M., *Logistics Start-ups: Competitors or Partners of Logistics Service Providers in Exploration?*, w: *Modern Research on Transport Systems and Urban Mobility. Trans-Sopot 2019 Conference*, Suchanek M. (Ed.), Springer International Publishing, 2020, s. 5–16.
- Cichosz M., Pluta-Zaremba A., *Rola operatorów ekspresowych w logistyce ostatniej mili firm usługowych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu” 2011, nr 235, s. 149–160.
- Cohn P., Green A., Langstaff M., Roller M., *Commercial Drones Are Here: The Future of Unmanned Aerial Systems*, McKinsey, 2017.
- Drone for Commercial Application*, Tractica, 2019.
- Duvall T., Green A., Langstaff M., Miele K., *Air-Mobility Solutions: What They'll Need to Take off*, McKinsey, 2019.
- Gevaers R., Van de Voorde E., Vanelslander T., *Characteristics and Typology of Last-Mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context*, w: *City Distribution and Urban Freight Transport: Multiple Perspectives*, Macharis C., Melo S. (Ed.), Edward Elgar Publishing, 2011, s. 56–71.

- Giones F., Brem A., *From Toys to Tools: The Co-Evolution of Technological and Entrepreneurial Developments in the Drone Industry*, „Business Horizons” 2017, Vol. 60, No. 6, s. 875–884.
- Goodchild A., Toy J., *Delivery by Drone: An Evaluation of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Reducing CO<sub>2</sub> Emissions in the Delivery Service Industry*, „Transportation Research Part D” 2018, No. 61, s. 58–67.
- Grucza B., *Wizje i scenariusze rozwoju autonomicznych systemów transportowych*, w: *E-mobilność: wizje i scenariusze*, Gajewski J., Paprocki W., Pieriegud J. (red.), Europejski Kongres Finansowy, Sopot 2017, s. 71.
- Kayikci Y., *Sustainability Impact of Digitalization in Logistics*, „Procedia Manufacturing” 2018, No. 21.
- Kwon H., Kim J., Park Y., *Applying LSA Text Mining Technique in Envisioning Social Impacts of Emerging Technologies: The Case of Drone Technology*, „Technovation” 2017, No. 60, s. 15–28.
- Leung K.H., Choy K.L., Siu P.K., Ho G.T., Lam H.Y., Lee C.K., *A B2C E-commerce Intelligent System for Re-engineering the E-order Fulfilment Process*, „Expert Systems with Applications” 2018, No. 91, s. 386–401.
- Levin A., *Google Spinoffs Drone Delivery Business First to Get FAA Approval*, „Bloomberg” 2019, 23rd April.
- Lim S.F.W., Jin X., Srari J.S., *Consumer-Driven E-commerce*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 2018, Vol. 48, No. 3.
- Logistics Trend Radar 2018/19*, DP-DHL, 2019.
- Munuzuri J., Cortes P., Grosso R., Guadix J., *Selecting the Location of Minihubs for Freight Delivery in Congested Downtown Areas*, „Journal of Computational Science” 2012, Vol. 3, No. 4, s. 228–237.
- Olsson J., Hellstrom D., Palsson H., *Framework of Last Mile Logistics Research: A Systematic Review of the Literature*, „Sustainability” 2019, Vol. 11, No. 24, s. 14.
- Painting the Digital Future of Retail and Consumer Goods Companies*, Accenture, 2017.
- Raj A., Sah B., *Analyzing Critical Success Factors for Implementation of Drones in the Logistics Sector Using Grey-DEMATEL Based Approach*, „Computers & Industrial Engineering” 2019, No. 138, s. 1–12.
- Rogers E.M., *Diffusion of Innovations*, The Macmillan Publishing, London 1983.

- Schroder J., Heid B., Neuhaus F., Kasser M., Klink C., Tatomir S., *Fast-Forwarding Last-Mile Delivery – Implications for the Ecosystem*, McKinsey, 2018.
- Shaping the Future of Retail for Consumer Industries*, World Economic Forum, Accenture, 2017.
- Siadkowska K., *Prawne aspekty eksploatacji dronów*, „Studia Iuridica Lublinensia” 2017, nr 26(3), s. 93–106.
- Szymczak M., *Perspektywy rozwoju technologii i rynku dronów*, w: *E-mobilność: wizje i scenariusze*, Gajewski J., Paprocki W., Pieriegud J. (red.), Europejski Kongres Finansowy, Sopot 2017, s. 92–119.
- The 2019 Emerging Technology Hype Cycle*, Gartner, 2019.
- Yoo W., Yu E., Jung J., *Drone Delivery: Factors Affecting the Public’s Attitude and Intention to Adopt*, „Telematics and Informatics” 2018, Vol. 35, No. 6, s. 1687–1700.
- Żmigrodzka M., Kostur-Balcerzak K., *Polityka rozwoju innowacyjnych rozwiązań w transporcie lotniczym*, „Facta Simonidis” 2017, nr 1(10).