

DOSTAWY DRONAMI W MIASTACH – NAJWIĘKSZE WYZWANIA

PRZEMYSŁAW MARIUSZ KORNIATOWSKI

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Warszawa
e-mail: przemyslaw.kornatowski@pw.edu.pl

Niniejszy artykuł koncentruje się na analizie potencjału oraz wyzwań związanych z dostawami przesyłek przy użyciu dronów w terenach zurbanizowanych. Omówiono różnorodne typy dronów, kategorie przesyłek oraz metody dostarczania, wskazując na możliwości dostosowania tych technologii do specyficznych wymogów, które występują w przestrzeni miejskiej. Przedstawiono również kluczowe obawy społeczne związane z następującymi kwestiami: prywatnością, hałasem, bezpieczeństwem oraz ochroną przesyłek, które stanowią istotny element dyskusji nad przyszłością dronów. W kontekście wymogów prawnych uwzględniono restrykcyjne regulacje, certyfikację oraz dokumentację SORA (Specific Operations Risk Assessment), które wspierają bezpieczną integrację dronów w przestrzeni powietrznej miast. W artykule wskazano, że rozwój odpowiedniej infrastruktury, przepisów i technologii wspomagających, takich jak sztuczna inteligencja (AI) i zaawansowane systemy zarządzania ruchem powietrznym, są niezbędne do pełnego wykorzystania potencjału dronów w logistyce miejskiej. Pomimo licznych wyzwań, dostawy dronami mają szansę znacząco usprawnić logistykę w miastach, oferując szybkie i elastyczne rozwiązania transportowe, które mogą rewolucjonizować przyszłość miejskich dostaw.

1. Ogólne wyzwania dla dostaw paczek w środowiskach zurbanizowanych

Współczesne dostawy przesyłek, zwłaszcza paczek mało- i średnio-gabarytowych, napotykają na terenach zurbanizowanych wiele wyzwań, które ograniczają ich wydajność, podnoszą koszty i wydłużają czas realizacji usług transportowych. Problemy te są szczególnie odczuwalne w dużych miastach, gdzie infrastruktura często okazuje się niewystarczająca. W miarę jak wzrasta liczba mieszkańców, rosną również potrzeby transportowe, a rozwój rynku e-commerce dodatkowo potęguje zapotrzebowanie na szybkie i sprawne dostawy.

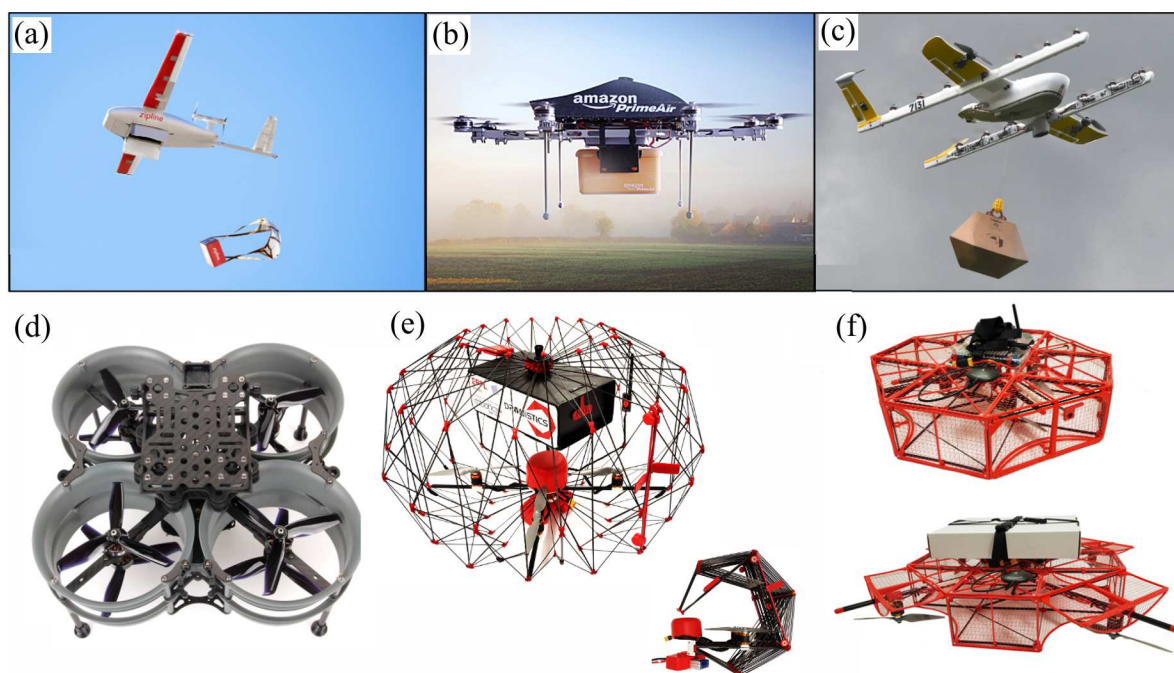
Jednym z kluczowych wyzwań jest brak wystarczającej infrastruktury transportowej – ograniczona liczba dróg, mostów i wiaduktów znacząco spowalnia przemieszczanie się między różnymi częściami miast, co bezpośrednio wpływa na opóźnienia w dostawach. Na obszarach o skomplikowanej geometrii terenu konieczne jest dostosowywanie dróg do warunków geograficznych, co nie tylko wydłuża trasy, ale także zwiększa koszty transportu.

W rezultacie większość dostaw w miastach realizowana jest tylko raz dziennie, aby minimalizować koszty operacyjne. Koszt tzw. dostawy na ostatniej mili – transportu paczki z magazynu lub centrum przeładunkowego do odbiorcy końcowego – stanowi największą część całkowitych kosztów dostawy. Według analiz OC&C Strategy Consultants, koszt ten przekracza 53% całkowitego kosztu dostawy [1], co stanowi istotną barierę dla opłacalności i efektywności współczesnych rozwiązań logistycznych.

Te ograniczenia są jednocześnie motywacją do poszukiwania innowacyjnych rozwiązań. Jednym z takich rozwiązań, które wzbudza coraz większe zainteresowanie, są dostawy realizowane z użyciem dronów.

2. Rodzaje dronów i metody dostarczania przesyłek

Aby sprostać wyzwaniom związanym z tradycyjnymi metodami dostaw paczek w miastach, wiele firm – zwłaszcza dużych korporacji (rys. 1a-1c) – prowadzi badania nad technologią dostaw dronami. Celem tych działań jest umożliwienie bezpośredniego doręczenia paczek do stóp odbiorców [2, 3], a nawet wprost do ich rąk [4]. Dzięki wykorzystaniu dronów możliwe jest omijanie zatłoczonych ulic, pokonywanie przeszkód terenowych [5] i skracanie czasu dostawy, co zwiększa efektywność operacyjną.



Rys. 1. Typy dronów dostawczych: (a) Zipline [6], (b) Amazon Prime Air [7], (c) Wing [11], (d) Kopis X8 [9], (e) PackDrone [10], (f) GearQuad [4]

W tej sekcji przyjrzymy się trzem kluczowym aspektom związanym z dostawami dronowymi: typom dronów dostawczych, rodzajom ładunków, jakie można nimi transportować oraz metodom dostarczania przesyłek za ich pośrednictwem.

2.1. Typy dronów dostawczych

W odpowiedzi na wyzwania związane z dostawami w środowiskach miejskich, różne firmy opracowały zróżnicowane typy dronów dostawczych, dostosowane do specyficznych potrzeb logistycznych. Poniżej przedstawiono główne kategorie dronów.

2.1.1. Samoloty stałopłatowe (*Fixed-wing drones*)

Drony o konstrukcji płatowca (rys. 1a), charakteryzujące się długim zasięgiem i efektywnością energetyczną. Są idealne do dostaw na duże odległości, jednak wymagają przestrzeni lub specjalnego sprzętu do startu i lądowania [6].

2.1.2. Wielowirnikowce (*Multicopters*)

Drony wyposażone w wiele wirników (rys. 1b, 1d-1f) [7] zapewniają stabilność oraz precyzję lotu, co czyni je idealnym rozwiązaniem do dostaw na krótkie odległości w miastach. Dzięki zdolności do pionowego startu, lądowania oraz utrzymywania się w zawisie są bardzo łatwe

w manewrowaniu pomiędzy przeszkodami, takimi jak budynki, co zwiększa ich elastyczność operacyjną w miejskiej przestrzeni [7, 8].

W celu zwiększenia bezpieczeństwa w miastach, niektóre firmy opracowały mniejsze drony z osłonami na śmigła (rys. 1d) [9] lub całe drony zostały otoczone zabezpieczającymi klatkami (rys. 1e) [10]. Takie konstrukcje minimalizują ryzyko uszkodzeń podczas lotu w pobliżu przeszkód oraz chronią ludzi przed potencjalnymi obrażeniami, lądując nawet w ich rękach (rys. 1f) [4].

2.1.3. Samoloty pionowego startu i lądowania (VTOL Planes – Vertical Take-Off and Landing Planes)

Łączą zalety dronów stałopłatowych i wielowirnikowych, umożliwiając pionowy start i lądowanie oraz długi zasięg w locie poziomym. Są wszechstronne i mogą operować w różnych warunkach terenowych (rys. 1c) [11].

Szczegółowe informacje na temat klasyfikacji dronów oraz wymagań operacyjnych można znaleźć na stronie Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA – European Union Aviation Safety Agency) [12].

Wybór odpowiedniego typu drona zależy od specyfiki dostawy, w tym odległości, masy ładunku oraz warunków środowiskowych. Firmy dostosowują swoje floty dronów do konkretnych potrzeb logistycznych, aby zapewnić efektywność i bezpieczeństwo operacji.

2.2. Rodzaje przesyłek dostarczanych za pomocą dronów

Wykorzystanie dronów w przestrzeni miejskiej otwiera nowe możliwości w zakresie dostarczania różnorodnych przesyłek. Drony dostarczające paczki i ładunki o zróżnicowanych rozmiarach, wadze i specyfice wymagają odpowiednio dostosowanych metod transportu, zależnych od lokalizacji i sytuacji: od nagłych przypadków medycznych po codzienne przesyłki konsumenckie. Każdy sposób dostawy musi uwzględniać charakter ładunku oraz specyfikę miejsca docelowego.

Drony dostawcze znajdują coraz szersze zastosowanie. W codziennych dostawach drony z powodzeniem dostarczają artykuły spożywcze, takie jak świeże produkty, gotowe posiłki czy napoje. Na przykład firma „Pyszne.pl” [13] testuje dostawy dronami w Polsce, co może w sposób znaczący wpłynąć na rynek dostaw jedzenia. W sektorze medycznym drony odgrywają istotną rolę, przyspieszając transport próbek laboratoryjnych między placówkami – Matternet [14]. Na terenach wiejskich drony dostarczają produkty farmaceutyczne do odległych miejsc, gdzie tradycyjne metody transportu są mniej wydajne lub wręcz zawodne, jak ma to miejsce w irlandzkiej firmie Manna [15].

Drony doskonale sprawdzają się w natychmiastowych dostawach leków takich jak insulina czy środki przeciwalergiczne. Zipline realizuje takie dostawy w krajach afrykańskich [16], docierając do trudno dostępnych regionów i ratując życie pacjentów. Drony umożliwiają również szybki transport krwi, osocza i organów, co ma kluczowe znaczenie w medycynie ratunkowej – przykładem jest przełomowy transport nerki do przeszczepu zrealizowany przez firmę Matternet [17].

W usługach pocztowych drony dostarczają listy, dokumenty i drobne przesyłki [18], poprawiając komunikację w trudno dostępnych miejscach. W przemyśle drony transportują części zamienne i narzędzia, co przyspiesza serwisowanie maszyn i procesy produkcyjne, jak w projektach testowanych przez DHL w Niemczech [19]. UNICEF testował tę technologię w Malawi, zapewniając niezbędne zaopatrzenie społeczności znajdujących się w odległych miejscach [20].

W sytuacjach kryzysowych drony dostarczają sprzęt ratunkowy, np. defibrylatory i koce termiczne – szwedzka firma Everdrone [21] dostarczała defibrylatory do miejsc, gdzie osoba miała zatrzymaną akcję serca. W sektorze e-commerce drony przyspieszają dostawy zakupów internetowych, zwłaszcza w miastach. Walmart, we współpracy z Wing (Alphabet) [22], testuje dostawy dronami w USA, skracając czas realizacji zamówień i poprawiając efektywność dostaw e-commerce.

Drony dostawcze posiadają ogromny potencjał zwłaszcza w dziedzinie logistyki. Ponadto przyczyniają się do rozwoju innych sektorów takich jak e-commerce, edukacja czy ratownictwo medyczne.

2.3. Sposoby dostawy przesyłek dronami

Wybór odpowiedniego sposobu dostawy przesyłek dronami zależy od specyfiki ładunku, lokalnych uwarunkowań oraz wymagań odbiorcy. W tej części omówione zostaną najważniejsze metody dostarczania przesyłek z użyciem dronów, które obejmują zarówno standardowe lądowanie jak i bardziej zaawansowane techniki, takie jak dostawa wykorzystująca linę czy zrzut ze spadochronem. Każda z metod ma swoje unikalne zastosowania i wyzwania.

2.3.1. Standardowe lądowanie drona (dostawa do stóp odbiorcy lub progu jego domu)

Przy standardowym lądowaniu dron dostarcza przesyłkę na wcześniej ustalone miejsce przed budynkiem lub na specjalnie wyznaczoną platformę [7, 10]. Takie rozwiązanie umożliwia dostawę większych paczek, wymagających stabilnego lądowania i jest optymalne w sytuacjach, gdzie dostępne są odpowiednio zabezpieczone przestrzenie lądowania. Niestety, wymaga ono od odbiorcy wyjścia na zewnątrz budynku w celu odbioru przesyłki. Co więcej, duże drony z odsłoniętymi śmigłami mogą stanowić zagrożenie, przez co konieczne jest tworzenie specjalnych stref lądowania, takich jak dachy budynków czy ogrodzone tereny.

2.3.2. Lądowanie w rękach odbiorcy (np. na balkonie lub przy oknie)

Ta metoda pozwala na dostarczenie przesyłki bezpośrednio do rąk odbiorcy stojącego na balkonie lub przy oknie [4], co sprawdza się zwłaszcza w trudno dostępnych miejscach, gdzie nie ma odpowiedniego miejsca do lądowania. Jest to wyjątkowo przydatne w sytuacjach awaryjnych, na przykład przy dostawie leków do osób przebywających na dachu budynku podczas powodzi. Ta metoda może wzbudzać społeczne obawy związane ze zbyt bliską interakcją z dronami, a w konsekwencji nie być często wybieraną przez potencjalnych odbiorców.

2.3.3. Lądowanie na stacji dokującej zamontowanej przy oknie

W tej metodzie dron dostarcza paczkę na specjalną stację dokującą, zamontowaną przy oknie odbiorcy [23, 24]. Takie rozwiązanie eliminuje potrzebę wychodzenia z budynku, zapewniając stabilne i bezpieczne miejsce lądowania, zintegrowane z infrastrukturą. Wymaga jednak odpowiedniej instalacji i konserwacji stacji dokujących, co może generować dodatkowe koszty i wymagać specjalnych zezwoleń.

2.3.4. Dostawa za pomocą spadochronu

Paczka jest zrzucana na ziemię za pomocą spadochronu [6], co jest idealnym rozwiązaniem na otwartych terenach, gdzie nie ma niezbędnej infrastruktury takich jak pas startowy. Metoda ta dobrze sprawdza się na terenach wiejskich. W obszarach miejskich natomiast istnieje ryzyko, że spadochron zostanie zepchnięty przez wiatr i wyląduje w trudno dostępnym miejscu, na przykład na dachu, drzewie lub nawet na jadącym pojeździe. Niekontrolowane podmuchy wiatru stanowią największe wyzwanie w tej metodzie.

2.3.5. Spuszczanie paczki na linie

W tej metodzie dron opuszcza paczkę na linie [11], co stanowi optymalne rozwiązanie przy dostawie paczek do miejsc, gdzie dron nie może bezpiecznie wylądować. Po opuszczeniu ładunku lina może jednak owinąć się o otaczające obiekty, takie jak drzewa czy słupy, zwłaszcza jeśli

dron jest już w trakcie unoszenia się po dostawie. Może to unieruchomić drona lub prowadzić do awaryjnego lądowania czy też zderzenia.

2.3.6. Pozostawienie paczki w stacji logistycznej

Dron pozostawia paczkę w specjalnej stacji logistycznej [25], która chroni przesyłkę do czasu jej odbioru przez odbiorcę. Takie rozwiązanie zwiększa bezpieczeństwo przesyłki, wymaga jednak odpowiednio zabezpieczonego miejsca lądowania oraz dodatkowych zasobów na stworzenie i utrzymanie infrastruktury stacji logistycznych do przechowywania paczek, co generuje dodatkowe koszty i wymogi operacyjne.

3. Obawy społeczeństwa związane w wykorzystaniem przed technologią dostaw dronami w miastach

Wprowadzenie dronów jako narzędzi do dostarczania przesyłek w miastach spotkało się z mieszanymi reakcjami społeczeństwa, w tym z licznymi obawami dotyczącymi prywatności, hałasu, bezpieczeństwa oraz ochrony przesyłek [26, 27]. Poniżej omówiono najważniejsze obawy związane z tą technologią.

3.1. Prywatność – „szpiegowanie z nieba”

Jedną z głównych obaw społecznych jest możliwość naruszania prywatności przez drony wyposażone w kamery i inne sensory rejestrujące obraz. W miastach, gdzie ludzie szczególnie cenią swoją prywatność, obecność dronów może być postrzegana jako zagrożenie. W związku z tym, niektóre firmy – takie jak Matternet – rezygnują z montowania kamer na swoich dronach, aby uniknąć zarzutów o szpiegowanie. Jednak brak kamer ogranicza zdolność dronów do korzystania z zaawansowanych technologii rozpoznawania obrazów – wizji komputerowej [28], co mogłoby wspierać ich nawigację, omijanie przeszkód i precyzyjne lądowanie. Nawet jeśli drony korzystają głównie z sensorów, takich jak czujniki odległości (np. podczerwień, laser) czy LIDAR do orientacji przestrzennej, nadal mogą wzbudzać obawy społeczne, szczególnie w gęsto zaludnionych obszarach miejskich.

3.2. Hałas i intensywność ruchu dronów

Z perspektywy mieszkańców, problemem może być również hałas generowany przez drony [29] oraz potencjalne „zatłoczenie” nieba nad miastami. Brzęczące dźwięki, które drony emitują podczas lotu, mogą być uciążliwe, zwłaszcza przy ich dużej liczbie. Bez wątpienia drony dostarczające środki medyczne zyskałyby większą społeczną akceptację od każdych innych, jednakże kwestia dodatkowego generowania hałasu przez drony jest dla społeczeństwa istotna. Miasta z coraz większym zaangażowaniem stawiają sobie za cel ograniczanie hałasu, zwłaszcza związane ze środkami transportu. Obecnie brakuje analiz związanych z porównaniem hałasu wytwarzanego przez drony z hałasem miejskim generowanym przez ruch uliczny czy środki transportu. Zwiększenie ogólnego poziomu hałasu, dokładając hałas wytwarzany przez drony może być (zwłaszcza na początku) istotną społecznie obawą przed szerokim wykorzystywaniem dronów.

3.3. Bezpieczeństwo – ryzyko spadania dronów

Jedną z największych obaw jest możliwość awarii drona, co mogłoby skutkować jego upadkiem na ziemię. W gęsto zaludnionych miastach ryzyko takie jest szczególnie istotne, ponieważ

ewentualna awaria mogłaby zagrażać bezpieczeństwu przechodniów oraz mienia. Nawet zaawansowana technologia nie wyklucza potencjalnych problemów technicznych lub błędów oprogramowania, które mogą doprowadzić do niekontrolowanego upadku drona. To poczucie zagrożenia związane z bezpieczeństwem jest też podzielane przez organy prawodawcze, które w odpowiedzi na te obawy wdrożyły restrykcyjne przepisy ograniczające loty dronów i nakładające wymogi dotyczące testów i zabezpieczeń.

3.4. Obawa przed uszkodzeniem lub kradzieżą przesyłki

Kolejną kwestią, która budzi obawy społeczne, jest ryzyko uszkodzenia lub kradzieży przesyłki transportowanej przez dron. Przesyłki, które są widoczne i stosunkowo łatwo dostępne podczas lotu, mogą przyciągać uwagę osób niepowołanych, a w przypadku awarii drona mogą stać się łatwym celem. Uszkodzenia ładunku mogą również wynikać z trudnych warunków pogodowych, co dodatkowo zwiększa ryzyko poniesienia strat zarówno przez dostawcę, jak i przez odbiorcę przesyłki.

4. Przepisy prawa lotniczego

Wprowadzenie dronów do miejskiej przestrzeni powietrznej wymaga spełnienia rygorystycznych wymogów prawa lotniczego [30]. Ze względu na potencjalne zagrożenia oraz złożoność technologii dronów, wdrożono przepisy, które mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa lotów i ochronę społeczeństwa. Oto główne wymogi oraz wyzwania związane z regulacjami dla dostaw dronami w miastach.

4.1. Kompleksowa dokumentacja do uzyskania autoryzacji

Drony działające w przestrzeni miejskiej wymagają przygotowania szczegółowej dokumentacji [31] zgodnie ze standardem SORA (Specific Operations Risk Assessment). SORA opisuje każdy element systemu drona oraz szczegóły misji, co pozwala na dokładną ocenę potencjalnego ryzyka operacyjnego. Proces tworzenia tej dokumentacji jest jednak skomplikowany i wymaga wiedzy zarówno na temat technicznych aspektów systemu, jak i znajomości przepisów prawa. W celu uzyskania autoryzacji do autonomicznego lotu blisko ludzi, drony muszą być certyfikowane w zakresie komponentów, oprogramowania i całych systemów. Każdy element, od najmniejszego komponentu po oprogramowanie, musi spełniać wymogi bezpieczeństwa i niezawodności, co musi zostać potwierdzone przez odpowiednią certyfikację.

Ponadto, konieczne jest przeprowadzenie licznych testów i demonstracji sprawności systemów. Duża liczba wymaganych lotów testowych ma na celu wykazanie, iż systemy pokładowe są bezpieczne i niezawodne, a to stanowi kluczowy etap w procesie autoryzacji. Co więcej należy przygotować stosowną dokumentację, co jest związane z wysokimi kosztami doradztwa. Wiele firm oferuje usługi w zakresie sporządzania dokumentów oraz uzyskiwania zgód na operacje dronami, jednak ich usługi są często kosztowne. Proces jest czasochłonny i często wymaga wielokrotnego nanoszenia poprawek i uzupełnień istniejącej dokumentacji, co dodatkowo podnosi koszty.

Długi czas oczekiwania na weryfikację dokumentów oraz uzyskanie autoryzacji to kolejny istotny problem. Dokumenty są analizowane przez krajowe agencje lotnicze, w Polsce – Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC), które często zmagają się z niedostateczną liczbą specjalistów, a to w konsekwencji prowadzi do wydłużenia czasu oczekiwania na decyzję.

4.2. Koordynacja lotów dronów

W Polsce funkcjonuje system PansaUTM [32], który umożliwia cyfrową koordynację lotów bezzałogowych statków powietrznych (BSP) oraz zarządzanie wnioskami i zgodami na loty w polskiej przestrzeni powietrznej. System ten integruje aplikację mobilną DroneTower, służącą do zgłaszania lotów z operacyjnymi stanowiskami zarządzania ruchem lotniczym, takimi jak kontrolerzy ruchu lotniczego i informatorzy służby informacji powietrznej.

Pomimo istnienia systemu PansaUTM, pełna automatyzacja procesów, takich jak automatyczne wypełnianie dokumentacji SORA (Specific Operations Risk Assessment) oraz automatyczne autoryzowanie lotów w czasie rzeczywistym, nadal napotyka wyzwania techniczne i prawne. Każda misja i trasa lotu mają swoje indywidualne parametry, co utrudnia stworzenie oprogramowania, które dawałoby jednoznaczne odpowiedzi i pozwalało na automatyczne autoryzowanie lotów w czasie rzeczywistym. W związku z tym, pomimo postępów w rozwoju systemów zarządzania ruchem dronów, pełna automatyzacja tych procesów wymaga dalszych prac i udoskonaleń.

5. Podsumowanie

Technologia dostaw dronami w terenach zurbanizowanych ma ogromny potencjał i może znacząco usprawnić różne aspekty logistyki miejskiej, od szybkich dostaw medycznych po dostawy przesyłek codziennego użytku. Jednak, aby w pełni wykorzystać jej możliwości, konieczne jest przezwycięzenie szeregu wyzwań technologicznych, prawnych oraz społecznych.

Z zaprezentowanego przeglądu rozwiązań wynika, że nie istnieje jeden uniwersalny system dronów dostawczych. Ze względu na różnorodność potrzeb i warunków środowiskowych, przyszłe dostawy dronami będą wymagały dobrania odpowiednich dronów dostosowanych do rodzaju przesyłki, miejsca dostawy i specyficznych wymagań bezpieczeństwa. Ponadto, dostosowanie dronów do konkretnych warunków oraz rozwój nowych, cichych i bezpiecznych technologii jest kluczowy dla zwiększenia ich społecznej akceptacji.

Jednym z obiecujących kierunków rozwoju jest integracja sztucznej inteligencji (SI), która mogłaby usprawnić zarządzanie przestrzenią powietrzną oraz przyspieszyć proces udzielania autoryzacji do lotu. Kolejnym krokiem jest stworzenie uniwersalnej infrastruktury dla obsługi dronów – obejmującej powietrzne korytarze oraz miejsca startu i lądowania – co wymaga starannego zaplanowania w przestrzeni miejskiej. Wprowadzenie oprogramowania typu UTMS (Unmanned Traffic Management System, tj. europejski system U-space), które automatycznie zarządza przestrzenią powietrzną i udziela autoryzacji w czasie rzeczywistym, pozwoli na skalowanie działalności w zakresie transportu dronowego.

Równoległe z rozwojem technologii, należy również znowelizować przepisy prawa oraz krzewić w społeczeństwie wiedzę na temat korzyści płynących z dostaw dronami. Podniesienie świadomości społecznej i stopniowe wprowadzanie technologii do użytku publicznego mogą przyczynić się do zwiększenia akceptacji tej formy dostaw.

Drony mają szansę znaleźć swoje miejsce na rynku jako uzupełnienie tradycyjnych metod dostaw. Dzięki zdolności do realizacji specyficznych zadań mogą wspierać istniejące systemy logistyczne, zapewniając szybszy i bardziej elastyczny transport w wymagających sytuacjach.

Bibliografia

1. OC&C Strategy Consultants. Reinventing the Last Mile; Business Insider, *The Challenges of Last Mile Logistics & Delivery Technology Solutions*, [dostępne 4 lipiec 2019], <https://www.businessinsider.in/the-challenges-of-last-mile-logistics-delivery-technology-solutions/articleshow/70077063.cms>

2. MOORMANN D., DHL parcelcopter research flight campaign 2014 emergency delivery of medication, *Proc. ICAO RPAS Symp.*, 116, 2015
3. KORNAŁOWSKI P.M., BHASKARAN A., HEITZ G.M., MINTCHEV S., FLOREANO D., Last-centimeter personal drone delivery: field deployment and user interaction, *IEEE Robotics and Automation Letters*, **3**, 4, 3813-3820, 2018, DOI: 10.1109/LRA.2018.2856282
4. KORNAŁOWSKI P.M., FEROSKHAN M., STEWART W.J., FLOREANO D., A morphing cargo drone for safe flight in proximity of humans, *IEEE Robotics and Automation Letters*, **5**, 3, 4233-4240, 2020, DOI: 10.1109/LRA.2020.2993757
5. Inside Unmanned Systems, *Matternet's Blood-Toting Drones Working with Hospitals in Switzerland*, [dostępne 22 wrzesień 2017], <https://insideunmannedsystems.com/matternets-blood-toting-drones-working-hospitals-switzerland/>
6. ACKERMAN E., *Zipline and Walmart Team up for Drone Delivery*, IEEE Spectrum, [dostępne 18 września 2020], <https://spectrum.ieee.org/zipline-walmart-drone-delivery>
7. Amazon Prime Air, *Revising the Airspace Model for the Safe Integration of Small, Unmanned Aircraft Systems*, 1-4, 2015
8. Matternet, *The Autonomous Delivery Network*, [dostępne 8 listopada 2024], <https://www.matternet.com/>
9. Holybro, *Kopis X8*, [dostępne 8 listopada 2024], <https://holybro.com/collections/kopis-fpv-drone/products/kopis-x8-cinelifter-5-kit-ducted>
10. KORNAŁOWSKI P.M., MINTCHEV S., FLOREANO D., An origami-inspired cargo drone, *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, **2017-September**, 6855-6862, 2017
11. Engadget, *Alphabet's Wing Launches Drone Delivery Service in Australia*, [dostępne 9 kwiecień 2019], <https://www.engadget.com/2019-04-09-alphabet-wing-drone-delivery-service-australia.html>
12. European Union Aviation Safety Agency (EASA), *Regulations on Unmanned Aircraft Systems (UAS) and Drone Classification*, <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas>
13. KUSZ M., *Pyszne.pl wprowadza dostawy dronami*, Business Insider Polska, [dostępne 10 października 2024], <https://businessinsider.com.pl/technologie/pyszne-pl-testuje-dostawy-dronami>
14. Matternet, *Our Mission to Transform Healthcare Logistics*, [dostępne 8 listopada 2024], <https://mtrr.net/healthcare-logistics>
15. Manna Aero, *Dostawy dronami na terenach wiejskich*, [dostępne 8 listopada 2024], <https://manna.aero/dostawy-wiejskie>
16. Zipline, *Building the First Logistics System That Serves All People Equally*, <https://www.flyzipline.com/about>
17. Alarabiya, *Like Uber, but for Organs: First Kidney Delivered by Drone*, [dostępne 20 maja 2020], <https://english.alarabiya.net/variety/2019/05/02/Like-Uber-but-for-organs-First-kidney-delivered-by-drone>
18. Interpack, *Parcel by Drone: 13 Minutes from the Order to Delivery*, [dostępne 2023], https://www.interpack.com/en/Media_News/SPOTLIGHT_Magazine/NON-FOOD_PACKAGING/Non-Food_Industry_News/Parcel_by_Drone_13_minutes_from_the_order_to_delivery
19. DHL, *DHL Tests Drone Transport for Industrial Spare Parts*, DHL Global, [dostępne 25 czerwca 2023], <https://www.dhl.com/drone-industrial-spare-parts>
20. UNICEF, *Drony*, [dostępne 8 listopada 2024], <https://unicef.org/malawi-educational-deliveries>
21. Everdrone, *For the First Time in Medical History, an Autonomous Drone Helps Save the Life of a Cardiac Arrest Patient*, [dostępne 4 stycznia 2022], <https://everdrone.com/news/2022/01/04/for-the-first-time-in-medical-history-an-autonomous-drone-helps-save-the-life-of-a-cardiac-arrest-patient/>

22. Walmart, *Walmart and Wing Team Up to Provide the Convenience of Drone Delivery*, [dostępne 24 sierpnia 2023], <https://corporate.walmart.com/news/2023/08/24/walmart-and-wing-team-up-to-provide-the-convenience-of-drone-delivery>
23. Zipline, *Welcome to the Best Delivery Experience Not On Earth*, [dostępne 8 listopada 2024], <https://www.flyzipline.com/>
24. Jedsy, *Jedsy – Drone Delivery Solutions*, <https://jedsy.com/>
25. ETHERINGTON D., *Matternet’s Automated Drone Docking Station Makes its Real-Life Debut in Switzerland*, TechCrunch, [dostępne 30 września 2021], <https://techcrunch.com/2021/09/30/matternets-automated-drone-docking-station-makes-its-real-life-debut-in-switzerland/>
26. Komisja Europejska, *Strategia dotycząca dronów 2.0*, [dostępne 29 listopada 2022], https://poland.representation.ec.europa.eu/news/strategia-dotyczaca-dronow-20-2022-11-29_pl
27. Przemysł Przyszłości, *Rewolucja w logistyce: potencjał dostaw dronami i ich skutki społeczne*, [dostępne 2023], <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/rewolucja-w-logistyce-potencjal-dostaw-dronami-i-ich-skutki-spoeczne/>
28. NABANDIT T., SAIYOD S., NONSAKHOO W., SIRISAWAT P., *Obstacle detection and avoidance based on 3D stereoscopic technique for autonomous drone*, *13th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, Chiang Mai, Thailand, 86-91, 2021, DOI: 10.1109/ICITEE53064.2021.9611876
29. eVTOL Insights, *Wing Drone Delivery Noise: Australians Complain It’s Gone Too Far*, [dostępne 29 września 2022], <https://evtolinsights.com/2022/09/wing-drone-delivery-noise-australians-complain-its-gone-too-far/>
30. European Union Aviation Safety Agency (EASA), *Rules and Standards for Drones and Air Mobility*, <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/rules-standards>
31. Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC), *Zezwolenie na operacje w kategorii ogólnej*, [dostępne 2023], <https://ulc.gov.pl/pl/drony/kategoria-szczegolna/5301-zezwolenie-na-operacje-w-kategorii-ogolnej>

Drone deliveries in cities – the biggest challenges

This article analyzes the potential and challenges associated with parcel delivery using drones in urban areas. Various types of drones, categories of shipments, and delivery methods are discussed, highlighting the adaptability of such technologies to specific requirements of urban spaces. The key social concerns related to privacy, noise, safety, and parcel security, which form an essential part of the debate on the future of drones, are also presented.

Regarding legal requirements, restrictive regulations, certification, and SORA (Specific Operations Risk Assessment) documentation are considered in the paper, supporting safe integration of drones into the urban airspace. The article points out that developing suitable infrastructure, regulations, and supporting technologies, such as artificial intelligence (AI) and advanced air traffic management systems, is essential for fully leveraging the potential of drones in urban logistics. Despite numerous challenges, drone deliveries have the potential to significantly improve urban logistics by offering fast and flexible transportation solutions that could revolutionize the future of urban deliveries.