

JOURNAL OF MODERN SCIENCE

TOM 4/58/2024

www.jomswsge.com



DOI: doi.org/10.13166/jms/192188

RAFAL PARCZEWSKI

Military University of Technology
in Warsaw, Poland

ORCID iD: orcid.org/0000-0002-2603-0596

**ROLA BEZZAŁOGOWYCH
STATKÓW POWIETRZNYCH
W BEZPIECZEŃSTWIE
EKOLOGICZNYM**

**THE ROLE OF UNMANNED AERIAL
VEHICLES IN ECOLOGICAL SECURITY**

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in today's reality offer significant potential for tasks related to the protection of nature against threats, both human-induced and natural. Continuous monitoring of these threats is essential, and this is achieved through effective aerial reconnaissance using both unmanned and manned aircraft. In Poland, cyclic phenomena such as fires or floods frequently occur, prompting the mobilization of state services and institutions. The actions required in such situations are often dynamic due to the intense time pressure. UAVs are well-suited for preventing, monitoring, and combating threats that arise from critical infrastructure. The main research problem has been formulated as the question: *What functionalities of UAV systems are useful for tasks performed by services and institutions responsible for combating threats related to critical infrastructure?* The primary research hypothesis is based on the assumption that the functionalities provided by UAVs can offer significant support in the execution of tasks by state services and agencies responsible for crisis management. Undoubtedly, ecological threats pose significant risks to society. The immense industrial revolution has led to the emission of harmful particles, gases, and other undesirable situations that disrupt ecological safety.

The collected research material has been used to formulate conclusions demonstrating the usefulness of UAV systems for the official tasks carried out by state services and agencies, such as fire departments and forestry agencies.

STRESZCZENIE

Bezzałogowe statki powietrzne (*Unmanned Aerial Vehicle*) w dzisiejszej rzeczywistości stwarzają ogromne możliwości do realizacji zadań związanych z ochroną przyrody przed zagrożeniami zarówno ze strony człowieka, jak i tych naturalnych. Konieczne jest ciągle monitorowanie zagrożeń poprzez właściwe rozpoznawanie z powietrza za pomocą zarówno bezzałogowych, jak i załogowych statków powietrznych. W Polsce bardzo często dochodzi do zjawisk cyklicznych, takich jak pożar czy powódź, co powoduje każdorazowo mobilizację służb i instytucji państwowych. Czynności, które należy zazwyczaj wykonać, są bardzo dynamiczne, ponieważ wiążą się z niesamowitą presją czasową. Bezzałogowe statki powietrzne przystosowane są zarówno do zapobiegania, jak i monitorowania oraz zwalczania zagrożeń wynikających z infrastruktury krytycznej. Główny problem badawczy sformułowano w postaci pytania: *Jakie funkcjonalności systemu BSP są przydatne do realizacji zadań realizowanych przez służby i instytucje odpowiedzialne za zwalczanie zagrożeń związanych z infrastrukturą krytyczną?* Główna hipoteza badawcza przyjęła formę założenia, że funkcjonalności posiadane przez BSP mogą stanowić istotne wsparcie w wykonywaniu zadań przez służby oraz organy państwowe, które są odpowiedzialne

za zwalczanie sytuacji kryzysowych. Niewątpliwie zagrożenia ekologiczne są niezwykle niebezpieczne dla społeczeństwa. W wyniku ogromnej rewolucji przemysłowej dochodzi do emisji szkodliwych pyłów, gazów oraz do innych niepożądanych sytuacji, które zakłócają bezpieczeństwo ekologiczne.

Zebrany materiał badawczy posłużył do sformułowania wniosków świadczących o przydatności systemów bezzałogowych do zadań służbowych wykonywanych przez służby oraz organy państwowe typu straż pożarna oraz nadleśnictwa.

KEYWORDS: *unmanned aerial vehicles, national security, state fire brigade, forestry, danger, ecology*

SŁOWA KLUCZOWE: *bezzałogowe statki powietrzne, bezpieczeństwo państwa, Państwowa Straż Pożarna, nadleśnictwo, zagrożenie, ekologia*

WPROWADZENIE

Artykuł przedstawia m.in. wyniki badań własnych przeprowadzonych wśród czterech ekspertów z nadleśnictw podlegających Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Lublinie. Dodatkowo poddano badaniom trzech ekspertów z jednostek organizacyjnych podległych Komendzie Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Lublinie, dwóch ekspertów właścicieli firm zajmujących się inspekcją m.in. budynków czy wież telekomunikacyjnych przy użyciu drona (na terenie województwa mazowieckiego oraz wielkopolskiego) oraz dwóch ekspertów z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Lublinie. Dla uzupełnienia rozważań naukowych dokonano badań trzech ekspertów nauczycieli akademickich zajmujących się tematyką bezpieczeństwa (na terenie województwa lubelskiego oraz mazowieckiego).

Utrzymanie we właściwym stanie czystości lasów oraz efektywne zwalczanie zagrożeń, np. pożaru, są to czynności, które realizowane są w trybie ciągłym oraz w stanie kryzysu. Jak twierdzi D. Rałowski, ochrona przeciwpożarowa obejmuje szeroki zakres działań związanych z zapewnieniem odpowiedniego i akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa ludności (Rałowski, 2022, s. 319). Oczywiście zagrożenia, które mogą mieć negatywny wpływ na środowisko jest bardzo wiele i możemy doszukiwać się źródeł ich występowania. Samo zwalczanie

jednego zagrożenia nie eliminuje całkowicie powstania danej sytuacji kryzysowej. Magdalena Wilińska określa kryzys jako nasilenie się zjawisk bardziej lub mniej bezpiecznych. Kryzys jest zjawiskiem nagłym i nie jest on akceptowalny przez podmiot, dla którego stwarza zagrożenie. W takiej sytuacji podejmuje się działania antykryzysowe (Wilińska, 2015). Niewątpliwie najbardziej niebezpieczne dla środowiska są zagrożenia ekologiczne, które zanieczyszczają glebę, wodę, powietrze czy powodują niekorzystny wpływ na różne gatunki zwierząt oraz roślin. Niestety, bardzo często do powstawania zagrożeń ekologicznych dochodzi z powodu bezpośredniej działalności człowieka. Przykładem mogą być tzw. dzikie wysypiska w lasach czy chociażby awarie przemysłowe, które wyniszczają naturalne zasoby środowiska. Oczywiście form zanieczyszczeń środowiska jest bardzo wiele, jednakże ich skala niebezpieczeństwa jest odmienna. Niektóre formy zagrożeń środowiskowych mogą stanowić poważne zagrożenia dla bezpieczeństwa państwa. Zanieczyszczanie wód, efekt cieplarniany czy degradacja gleb przyczyniają się do wyniszczania walorów przyrodniczych oraz stanowią poważne zagrożenie dla całości ekosystemu.

W niektórych przypadkach możemy unikać lub stosować czynniki prewencyjne w odniesieniu do przyszłych zagrożeń ekologicznych, które mogą dewastować środowisko. Kampanie informacyjne, właściwy monitoring czy wczesne przekazanie informacji do służb czy organów państwowych przyczyniają się do minimalizacji tego typu zagrożeń. Samo zachowanie bezpieczeństwa ekologicznego obejmuje wiele składowych i obszarów jego zapewnienia. Zagrożenia chemiczne, biologiczne czy powodziowe są związane z ludzką egzystencją oraz działaniem sił natury. Dlatego do zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa należy stosować nowe technologie oraz właściwy sprzęt, który jest w stanie we właściwy sposób zwalczać zagrożenia ekologiczne. Jedną z takich technologii są bezzałogowe statki powietrzne (BSP), które są już stosowane przez niektóre służby oraz instytucje państwowe w Polsce do zadań związanych z ochroną środowiska. Dzięki swoim funkcjonalnościom są one w stanie wspomagać oraz bezpośrednio reagować na dane zagrożenia ekologiczne. Jak twierdzą P. Kardasz i in. (2017), BSP są zdolne do wykonywania obserwacji w trudno dostępnych terenach w sposób elastyczny i w krótkim czasie. Zapewniają tym samym szybko dostępny obraz, który jest na bieżąco przekazywany. Dron może dokładnie oszacować obszar o powierzchni 250 000 m² w ciągu 10 minut.

Jednocześnie praca silników elektrycznych stosowana w systemach BSP jest mniej szkodliwa dla środowiska niż tradycyjne silniki spalinowe.

Zaletą systemów BSP jest m.in. ich szybkość działania, możliwość obserwacji terenów trudno dostępnych w dzień i w nocy, możliwość startu i lądowania w dogodnym miejscu czy możliwość przekazywania obrazu z bieżącego lotu do stanowiska naziemnego (punktu dowodzenia). Przy pożarach czy prowadzeniu obserwacji terenów leśnych drony zastępują pojazdy kołowe oraz standardowe lotnictwo załogowe (samoloty, śmigłowce). Dzięki doskonałej manewrowości są w stanie dokonać lokalizacji konkretnych ognisk pożarowych czy zanieczyszczeń, które mogą przyczyniać się np. do degradacji gleby poprzez zanieczyszczenie chemiczne.

Zagrożeń jest wiele i wynikają one z katastrof naturalnych, katastrof technicznych oraz z działalności ludzkiej. Do tych pierwszych zaliczamy m.in. powodzie czy epidemie. Zagrożeniami technicznymi są np. pożary oraz różnego rodzaju awarie przedsiębiorstw czy fabryk. Do innych zagrożeń można zaliczyć wszelkiego rodzaju sytuacje niebezpieczne spowodowane przez celowe lub nieumyślne działanie człowieka. Należy jednak pamiętać, że jednostka ludzka jest zależna od środowiska i odwrotnie. Zachowanie właściwych procedur, świadomość społeczeństwa oraz właściwa reakcja na zagrożenie przyczyniają się do znacznej poprawy bezpieczeństwa ekologicznego.

BEZPIECZEŃSTWO EKOLOGICZNE

Pojęcie bezpieczeństwa ekologicznego tworzy wiele składowych, jednak sama ekologia jest nauką, która zajmuje się funkcjonowaniem i strukturą przyrody, a konkretniej, oddziaływaniem organizmów na środowisko. Pojęcie bezpieczeństwa ekologicznego jest ściśle powiązane z ekologią. Jak twierdzą K. Zygo, T. Skupień, T. Nastarowicz (2021), bezpieczeństwo ekologiczne zaliczane jest do składowych bezpieczeństwa narodowego, dokładnie tak jak inne rodzaje bezpieczeństwa, np. gospodarcze, obywatelskie, ekonomiczne itp. Sam termin *bezpieczeństwo ekologiczne* nie został zdefiniowany jednoznacznie w żadnym akcie prawnym w Polsce. Konstytucja RP z dnia 02 kwietnia 1997 r. w art. 74 określa bezpieczeństwo ekologiczne i ochronę środowiska.

Zgodnie z art. 74 Konstytucji RP z dnia 2 kwietnia 1997 r. *władze publiczne prowadzą politykę zapewniającą bezpieczeństwo ekologiczne współczesnemu i przyszłym pokoleniom natomiast ochrona środowiska jest obowiązkiem władz publicznych*. Strategia Bezpieczeństwa Narodowego z 2020 r. w filarze IV stawia zadania dla aparatu państwa, m.in. pod względem zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego. Państwo jest zobowiązane do tworzenia warunków celem skutecznego egzekwowania przepisów w zakresie ochrony środowiska oraz tworzenia spójnej polityki ochrony, odbudowy i zagospodarowania zasobów wodnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywnościowego kraju. We wskazanym akcie prawnym mowa jest również o zintensyfikowaniu działań do walki ze smogiem, dostosowywaniu polityki i działania państwa do celów klimatycznych. Zadaniem państwa jest również dążenie do zachowania wszystkich funkcji środowiska naturalnego, w tym lasów jako jednego z kluczowych elementów bezpieczeństwa ekologicznego kraju. Według ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska, ochrona środowiska polega na racjonalnym kształtowaniu środowiska i gospodarowaniu jego zasobami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.

Bezpieczeństwo, jak każde pojęcie o charakterze uniwersalnym i szerokim znaczeniu, trudno jest jednoznacznie zdefiniować. Sama jego problematyka znajduje się w nieustannej dynamice i wciąż obejmuje nowe obszary życia społecznego, gospodarczego, których ranga zmienia się wraz z rozwojem cywilizacyjnym społeczeństw (Ficoń, 2020). Bezpieczeństwo stało się pojęciem, które integruje wszelkie siły i środki, jakie państwo lub społeczeństwo są w stanie wydzielić do jego stanowienia (Sobolewski, 2013, s. 118). W przekonaniu B. Wiśniewskiego oraz Z. Piątka (2009, s. 157) zapewnienie bezpieczeństwa oraz spokoju i porządku publicznego należy do zadań wielu organów administracji publicznej, zarówno z systemu administracji rządowej, jak i samorządowej.

Na samo bezpieczeństwo państwa wpływa wiele czynników, które mogą oddziaływać zarówno w pozytywnym, jak i negatywnym kontekście. Monitorowanie zagrożeń, które mogą zakłócić poziom bezpieczeństwa, powinno się realizować w sposób ciągły. W dobie rozwoju cywilizacyjnego ważnym aspektem jest ochrona środowiska, która niewątpliwie podlega różnego rodzaju zagrożeniom.

W literaturze przedmiotu bezpieczeństwo ekologiczne związane jest z ochroną środowiska i jest utożsamiane z ekologią. Chroniąc przyrodę,

człowiek chroni siebie u samych podstaw egzystencji, zarówno w wymiarze jednostkowym, jak i gatunkowym. Konstruktywna relacja człowieka z przyrodą musi być oparta na efektywnej współpracy (Jarmoszko, 2017, s. 40–41). Pierwsze definicje bezpieczeństwa ekologicznego związane były z doraźną neutralizacją skutków zdarzeń o negatywnym charakterze. Obserwacje i badania środowiska naturalnego wykazały, że istnieje ścisły związek między działalnością ludzką a jej oddziaływaniem na środowisko przyrodnicze. Próby definiowania pojęcia bezpieczeństwa ekologicznego sprowadzają się do potrzeby działań na rzecz likwidacji lub zmniejszenia zagrożeń, jak również wskazują potrzebę ochrony przed naturalnymi czynnikami przyrodniczymi mogącymi zagrozić egzystencji człowieka (Bednarski, 2017). Jak słusznie zauważa M. Krzeczek, największymi zagrożeniami cywilizacji są obecnie: problemy związane z szeroko pojętą degradacją środowiska naturalnego, m.in. uszkodzeniem warstwy ozonowej atmosfery, zmiany klimatyczne, niszczenie gleb, zanieczyszczenie biosfery, brak segregacji śmieci itp. Działalność człowieka przyczynia się również w dużym stopniu do degradacji środowiska naturalnego. Społeczeństwo często nie ma elementarnej wiedzy na temat zasad korzystania z zasobów środowiska (Krzeczek, 2017, s. 171). Ochronę środowiska powinno zapewniać się poprzez koordynację działań we wszystkich sektorach gospodarki. Harmonizacja, otwartość oraz integracja społeczeństwa są to elementy, które są w stanie zapewnić właściwą ochronę środowiska (Khodkovskaya i in., 2021). We współczesnym świecie bardzo duży wpływ na zwiększenie zagrożeń ekologicznych mają skomplikowane problemy demograficzne. Zagrożenia demograficzne dla środowiska naturalnego wynikają z szybkiego wzrostu populacji ludności – potencjalnych konsumentów dóbr przyrodniczych i przyspieszonego procesu urbanizacji. Zagrożenia ekologiczne potęgują w najwyższym stopniu spektrum wszelkich niebezpieczeństw, a ich negatywne konsekwencje rozciągają się w długim horyzoncie czasowym, co bardzo poważnie utrudnia skuteczne ich zwalczanie (Ficoń, 2021, s. 82–90). Dlatego ważne jest ich szybkie identyfikowanie i eliminowanie, żeby nie mogły się rozprzestrzeniać i wyniszczać środowiska naturalnego. Ksymena Rosiek uważa, że bezpieczeństwo ekologiczne jest dziś zaliczane do składowych bezpieczeństwa narodowego obok gospodarczego (w tym energetycznego), ekonomicznego, obywatelskiego, społecznego i militarnego (Rosiek, 2015).

Zapobieganie katastrofom ekologicznym czy przywrócenie określonej równowagi przyrodniczej to składowe bezpieczeństwa ekologicznego, które wpływają pośrednio na bezpieczeństwo narodowe. Wiadomo, że różnego rodzaju klęski żywiołowe mogą stanowić poważne zagrożenie dla środowiska. Marek Pietraś definiuje bezpieczeństwo ekologiczne jako potrzebę społeczną oraz jako dynamiczny proces, który podlega dynamicznej ewolucji (Pietraś, 2000). Zarządzanie działaniami na rzecz ochrony środowiska wymaga obiektywnej konieczności przewidywania możliwych negatywnych konsekwencji oddziaływania na środowisko (Ermakov i in., 2020).

Definicji bezpieczeństwa ekologicznego jest bardzo wiele i są one różne, jednak jest ono umiejscowione w Konstytucji RP. Taki stan rzeczy powoduje, że na całości społeczeństwa spoczywa wielka odpowiedzialność za właściwe oddziaływanie na środowisko. Należy jednak pamiętać, że podstawowym sposobem ochrony środowiska jest edukacja społeczeństwa, które często jest nieświadome zagrożeń ekologicznych. W ochronie środowiska uczestniczy szereg organów, które wypełniają określone funkcje i zadania związane z zapewnieniem właściwego poziomu bezpieczeństwa ekologicznego.

WYNIKI BADAŃ – STUDIUM PRZYPADKU

Opisane wyniki badań stanowią materiał badawczy, który został zebrany przez autora artykułu w różnych etapach czasowych, u poszczególnych przedstawicieli służb państwowych czy instytucji, które wykonują zadania związane z ochroną środowiska. Badania przeprowadzono na podstawie ankiet lub kwestionariuszy wywiadu eksperckiego własnego autorstwa. Obydwa narzędzia badawcze skupiały się na poznaniu opinii przydatności BSP wśród respondentów w ich miejscach pracy do zadań związanych z ochroną środowiska.

Jedną z grup badawczych stanowili przedstawiciele nadleśnictw – czterech respondentów oraz czterech funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej (PSP) na terenie województwa lubelskiego. W miejscach pracy niektórych respondentów były wykorzystywane bezzałogowe statki powietrzne quadcoptery, które wspomagają wykonywanie zadań przez wskazane służby. Większość badanych respondentów w poszczególnych instytucjach stwierdziła, że BSP są lub mogłyby

być przydatne w realizacji ich zadań służbowych. Badani z nadleśnictw stwierdzili, że drony są przydatne m.in. do tworzenia ortomozajki w czasie rzeczywistym. Tworzenie zdjęć oraz ortofotomap jest niezwykle przydatne przy dokonywaniu kontroli lasów, w tym analizy miejsc trudno dostępnych przez pracowników Lasów Państwowych. Badana grupa osób z nadleśnictw uważała, że poprzez użycie w BSP kamer dziennych/nocnych można efektywnie dokonywać monitoringu dużego obszaru w krótkim czasie. Wykonywanie zdjęć i filmów, np. ptaków lęgowych objętych ochroną strefową, oraz szacowanie szkód łowieckich jest również bardzo istotne z punktu widzenia badanych osób. Respondenci podawali też monitorowanie zagrożeń pożarowych oraz lokalizacji miejsc pożaru jako pozytywną działalność użycia BSP (Parczewski, 2023).

Większość instytucji PSP, w której pełnili służbę badani funkcjonariusze, była w posiadaniu dronów. Grupa respondentów z PSP uważała, że są to narzędzia przydatne do poszukiwań ludzi oraz bezpośrednio przy występowaniu zjawisk pożarowych. Zdaniem badanych BSP są przydatne podczas kontroli terenu oraz trudno dostępnych budynków. W opinii respondentów drony umożliwiają kontrolę substancji szkodliwych w postaci np. wydobywających się do atmosfery zanieczyszczeń. Respondenci z Państwowej Straży Pożarnej z poszczególnych jednostek organizacyjnych jednoznacznie potwierdzili przydatność BSP do prowadzenia akcji poszukiwawczo-gaśniczych. Przemawia za tym przede wszystkim istniejąca potrzeba szybkiego przekazywania danych (współrzędnych, zobrazowania) do osób funkcyjnych (Parczewski, 2023).

Z perspektywy wieloletnich doświadczeń autora artykułu jako pilota-operatora BSP oraz prowadzonych obserwacji i badań w wielu firmach czy instytucjach państwowych, można stwierdzić przydatność BSP do zadań związanych z ochroną środowiska. W chwili obecnej użytkownikami dronów jest wiele instytucji państwowych, które często wykazują na swoich oficjalnych stronach internetowych tzw. ujawnienia niepożądanych zjawisk przy zastosowaniu technologii bezzałogowej. W większości przypadków drony cieszą się dużym zainteresowaniem wśród służb, które zajmują się ściganiem przestępstw czy wykroczeń. Do monitorowania zjawisk, które mogą zagrażać bezpieczeństwu ekologicznemu, takich jak np. zanieczyszczenia powietrza, wód czy lasów, potrzebne są narzędzia, które w szybki i skuteczny sposób przekażą właściwą informację o niebezpieczeństwie. Drony, dzięki nowoczesnym kamerom termowizyjnym,

dziennym, czy głowicom pomiarowym, są w stanie zabezpieczyć określony odcinek terenu. Możliwość zamontowaniu reflektora czy megafonu pozwala na wykonywanie dodatkowych zadań, np. prewencyjnych, polegających np. na odstraszeniu osób, które potencjalnie wyrzucają śmieci do lasu. Doskonała odporność na opady czy wiatr, wynosząca często przy dronach ok. 14 m/s, pozwala na wykonywanie lotów w dość zmiennych warunkach atmosferycznych. Drony są w stanie w krótkim czasie wystartować i wylądować, z miejsca, które jest dogodne dla pilota-operatora BSP. Coraz częściej drony wykorzystywane są przez służby, np. przez strażę miejskie, do monitorowania i kontroli jakości powietrza. W takim przypadku BSP wyposażone są w systemy teledetekcyjne oraz tzw. skrzynkę-laboratorium, która identyfikuje substancje emitowane do atmosfery np. z palenisk czy kominów domowych.

W opinii autora artykułu, jak również wielu osób, które obsługują systemy bezzałogowe, można jednoznacznie stwierdzić, że drony wyposażone w odpowiednie czujniki z głowicą obserwacyjną są doskonałym produktem do wykrywania zagrożeń związanych z ochroną środowiska. Kontrola składowania nielegalnych odpadów, które stanowią poważne zagrożenia dla gleb i całej ściółki leśnej, może być w trybie doraźnym prowadzona przez systemy bezzałogowe. Specjalistyczna kamera, która funkcjonuje w paśmie podczerwieni termalnej i może być podczepiona do BSP, jest w stanie zaobserwować zjawiska, które mogą uchronić cenne zasoby środowiska.

Badania przeprowadzone przez R. Parczewskiego wśród respondentów z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Lublinie potwierdzają przydatność BSP w zachowaniu prawidłowego poziomu bezpieczeństwa ekologicznego. Badani respondenci jednoznacznie stwierdzili, że drony mają możliwości praktycznego wykorzystania ich w zadaniach związanych z bezpieczeństwem ekologicznym. Zdaniem respondentów drony są pomocne przy podejmowaniu czynności kontrolnych wynikających z art. 10b ustawy o Inspekcji Ochrony Środowiska z dnia 20 lipca 1991 r., nadających stosowne uprawnienia organom i pracownikom IOŚ w przypadku podejrzenia popełnienia przestępstwa przeciwko środowisku. Wykrywanie sprawców przestępstw związanych m.in. z nielegalnym odprowadzaniem ścieków do środowiska oraz do lokalizowania różnego rodzaju skażeń w postaci szkodliwych związków

chemicznych, które mogą być szkodliwe dla środowiska, to tylko ułamek czynności, do których można wykorzystać BSP (Parczewski, 2023).

Autor artykułu przeprowadził również badanie w postaci kwestionariusza wywiadu eksperckiego wśród właścicieli dwóch firm, które zajmują się inspekcjami oraz szkoleniami przy użyciu platform bezzałogowych. Badani respondenci są czynnymi pilotami-operatorami BSP. Respondenci zdecydowanie twierdzili, że zastosowanie kamer termowizyjnych wysokiej rozdzielczości pozwala wykonać profesjonalną inspekcję zagrożonego terenu, np. pożaru lasu w godzinach nocnych. Zdaniem respondentów drony do zadań związanych z monitorowaniem zagrożeń ekologicznych powinny być wyposażone w system pozycjonowania oraz pozwalający na utrzymanie, a także system transmisji obrazu z bieżącego lotu. Do kontroli i monitoringu lasów powinny być używane drony, które nie generują hałasu płoszącego zwierzynę. Samo wykonywanie zadań dronem nad kompleksami leśnymi zdaniem respondentów wymaga uzyskania właściwej zgody zarządcy danej przestrzeni powietrznej. Jednakże w dobie dzisiejszych zagrożeń i łatwym dostępie do parków krajozrazowych należy w trybie ciągłym dokonywać monitoringu zasobów leśnych. Nagrywanie obrazu z drona może służyć jako dowód w sprawie o wykroczenie czy przestępstwo, dlatego zdaniem respondentów nadleśnictwa powinny coraz częściej wykorzystywać BSP do codziennych zadań. W opinii badanych piloci-operatorzy BSP mają doskonałą znajomość danego terenu lub obszaru i często są w stanie wykryć określone przestępstwo czy zagrożenie związane z ochroną środowiska wcześniej od służb porządkowych.

Badania przeprowadzone przez R. Parczewskiego oraz T. Kicię w 2021 r. w Ośrodku Szkolenia Poligonowego Wojsk Lądowych - Dęba wśród grupy ośmiu żołnierzy oraz czterech funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej pełniących służbę w Wojskowej Ochronie Przeciwpożarowej (WOP) jednoznacznie wskazują na skuteczność BSP w ochronie środowiska. Zdaniem badanych respondentów BSP stwarzają doskonałe możliwości, takie jak m.in: zmiana trasy lotu, krążenie wokół wskazanego punktu (obszaru), zwiększanie lub zmniejszanie prędkości lotu czy wysokości. Łatwość obsługi systemu i jego modułowa konstrukcja w opinii badanej grupy daje ogromne możliwości realizacji zadań w różnych warunkach terenowych, takich jak: góry, morze, poligony,

strefy nadgraniczne, parki krajobrazowe itp. Użycie BSP, zdaniem badanych respondentów, pozwala skrócić czas danej akcji poszukiwawczo-ratowniczej.

Według wskazanej grupy badawczej platformy bezzałogowe są w stanie skutecznie zwalczać zagrożenia pożarowe oraz informować służby czy instytucje o niebezpieczeństwach z tym związanych (Parczewski, Kicia, 2021). Zatem stosowanie BSP do zadań związanych z sytuacjami kryzysowymi jest jak najbardziej zasadne.

W badaniach przeprowadzonych wśród pracowników Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Lublinie (Delegatura w Chełmie oraz Białej Podlaskiej) zebrany materiał badawczy pokazuje również, że drony byłyby przydatne w wykonywaniu zadań związanych z ochroną środowiska. Główne rekomendacje świadczące o przydatności dronów do zadań związanych z ochroną środowiska to: możliwość wykonywania zdjęć oraz filmów, a także możliwość dokładnej weryfikacji danego terenu (badania jakości powietrza, kontrola zagrożeń). Ponadto zdaniem badanych respondentów drony mogą służyć do kontroli nielegalnego procederu składowania odpadów, jak również do kontroli nielegalnego procederu wprowadzania ścieków do wód (Parczewski, 2022).

Dodatkowo na przełomie lat 2023/2024 przebadano trzech respondentów, którymi byli nauczyciele akademicki prowadzący zajęcia z zakresu bezpieczeństwa. Na zadane pytania dotyczące przydatności BSP w bezpieczeństwie ekologicznym wszyscy badani odpowiedzieli, że są to narzędzia, które realizują zadania w tym obszarze. Dron jest narzędziem wykorzystywanym do ochrony środowiska. Dzięki ciągłemu monitoringowi właściwe służby są w stanie podejmować określone czynności w razie zagrożenia. Zdaniem respondentów dużym zagrożeniem w obszarze środowiska są wysypiska śmieci, kłusownictwo oraz nielegalne niszczenie (wycinka) drzew, szczególnie w miejscach chronionych. Dzięki zastosowaniu głowic obserwacyjnych można nagrywać nielegalne procedury i tym samym ograniczać ich powstawanie. W trakcie prowadzonych zajęć badani respondenci często poruszają tematykę dronów w systemie bezpieczeństwa państwa. Badani uważają, że BSP są w stanie skutecznie oddziaływać na zagrożenia związane ze środowiskiem zarówno na lądzie, morzu, jak i w powietrzu. Wczesna ingerencja w dane zagrożenia może uratować cenne zasoby środowiska, które często się nie odnawiają lub potrzebują dużo czasu na odbudowę. Studenci, w opinii respondentów,

interesują się tematyką BSP w obszarach ich funkcjonalności, zarówno prawnych, jak i ich realnego zastosowania przez służby czy organy państwowe.

BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE W POLSCE – WNIOSKI

Zarówno w Polsce, jak i w wielu krajach europejskich drony występują w różnych postaciach i są przystosowywane do różnych zadań w powietrzu, na lądzie czy w wodzie. Coraz częściej się mówi o dronach uniwersalnych, które mogłyby poruszać się we wszystkich płaszczyznach jednocześnie. Same przepisy prawne dotyczące użytkowania bezzałogowych statków powietrznych określone są w najważniejszym akcie prawnym, tj. ustawie z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze. Powyższa ustawa określa m.in. rodzaje wykonywanych operacji lotniczych (w zasięgu wzroku, poza zasięgiem wzroku) czy ogólne zasady wykorzystywania przestrzeni powietrznej. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych kategoryzuje szczegółowo przestrzeń powietrzną, w której można realizować loty bezzałogowymi statkami powietrznymi na terenie Europy.

Różne służby i instytucje w Polsce są w posiadaniu dronów, a wiele nosi się z zamiarem ich zakupów. Kategoryzacja dronów jest bardzo zróżnicowana i nie jest jednorodna, m.in. ze względu na szybkość produkcji i ciągłe zmiany technologiczne. Jednak śmiało można dokonać ich umownego podziału, biorąc pod uwagę zadania, jakie wykonują na rzecz ochrony środowiska m.in. na drony typu wirnikowego oraz płatowce.

Każdy typ tych dronów ma różne funkcjonalności, które muszą być dostosowywane do konkretnego zagrożenia ekologicznego. Jak słusznie zauważa B. Berner oraz J. Chojnacki, drony są praktyczne przy zastosowaniach związanych z pomiarami emisji w powietrzu. Najpraktyczniejsze są wirnikowce, które są w stanie dokonać tzw. zawisu, czyli mogą monitorować z bliskiej odległości dany przedmiot czy obszar. Tego typu drony nie wymagają pasa startowego, ponieważ procedury startu oraz lądowania odbywają się w pionie. Im większa liczba wirników ze śmigłami w wirnikowcu, tym większa może być waga

przenoszonych ładunków oraz większa jest jego stabilność podczas lotu i łatwość manewrowania (Berner, Chojnacki, 2017).

Drony typu płatowiec cechują się większą wytrzymałością i są zazwyczaj używane przez wojsko. Z uwagi na duże gabaryty potrzebują więcej czasu na przygotowanie do lotu w porównaniu z wielowirnikowcami. Autor artykułu również ze swojego doświadczenia potwierdza, że płatowce nie są w stanie dokonać np. zawisu w powietrzu, zatem bliskie podejście do określonego celu staje wręcz niemożliwe. Często również brak czujników przy płatowcach powoduje, że nie ma możliwości wykonywania misji w zróżnicowanym terenie na małych wysokościach. Zaletą płatowców jest jednak ich długotrwałość lotu oraz stabilność przy zmiennych warunkach atmosferycznych. Jeżeli chodzi o realizację misji lotniczych nad dużymi kompleksami leśnymi czy innymi obszarami, płatowce mają doskonały zasięg operacyjny i dzięki temu są w stanie wykonywać zadania w większym promieniu działania, np. mapowanie. Drony typu płatowiec realizują często zadania dotyczące bezpośredniej ochrony granicy państwowej lub w sytuacjach kryzysowych. Zarówno Straż Graniczna jak i Wojska Obrony Terytorialnej używają płatowców do monitoringu granicy państwowej. Jak słusznie zauważa W. Stańczak oraz J. Stasiak, drony są używane przez nadleśnictwa, policję oraz administrację samorządową. We wszystkich rodzajach instytucji mają konkretne zastosowanie, służą m.in. do sporządzania map terenu, kontroli zmieniających się z każdym rokiem informacji o stanie lasu czy wykonywaniu oprysków na obszarze leśnym. W policji drony zdecydowanie przyspieszają prowadzone przez funkcjonariuszy zadania służbowe. Za ich pomocą można szybciej dokonać przeszukania terenu czy zlokalizować miejsce popełnienia przestępstwa.

Natomiast w administracji samorządowej drony monitorują poziom smogu, zanieczyszczeń czy poziom stanu wód (Stańczak, Stasiak, 2023). Jak słusznie zauważa B. Wiśniewski oraz R. Jakubczak (2015, s. 116–117), funkcjonariusze Straży Granicznej w ramach szeroko rozumianej ochrony granicy państwowej realizują ważne zadania, które zapobiegają takim procederom jak przemyt środków promieniotwórczych, materiałów chemicznych, biologicznych itp. W ramach systemu zarządzania kryzysowego funkcjonariusze przeciwdziałają sytuacjom związanym np. z ochroną środowiska naturalnego. Powyższe rozważania autorów zapewne opierają się na informacjach pochodzących od Straży

Granicznej co jest niezwykle istotne w systemie bezpieczeństwa ekologicznego. Straż Graniczna skutecznie używa BSP do ochrony granicy państwowej, jednak należy pamiętać, że granica państwowa to również tereny NATURA 2000, gdzie znajdują się siedliska przyrodnicze oraz różne gatunki roślin i zwierząt. Dzięki zastosowaniu BSP funkcjonariusze SG są w stanie realizować zadania również w zakresie ochrony środowiska poprzez np. wykrywanie substancji szkodliwych, przypadków kłusownictwa czy chociażby mogą wykrywać porzucone drony przemytnicze, które coraz częściej występują szczególnie na odcinku granicy państwowej z Ukrainą. Często na stronach internetowych Nadbużańskiego czy Bieszczadzkiego Oddziału Straży Granicznej pojawiają się informacje o wykryciu znacznej ilości towarów bez polskich znaków akcyzy skarbowej oraz rozbitych dronach, które prawdopodobnie zostały użyte do danego przemytu. Oczywiście jest również wczesne podjęcie takiego rozbitego drona, ponieważ zużyty akumulator czy bateria mogą spowodować nieodwracalne skutki dla środowiska. Dlatego monitoring granicy państwowej przez BSP jest istotny również z punktu widzenia ochrony środowiska.

Jak opisuje J. Skóra (2022), bezzałogowe statki powietrzne wykorzystywane są do realizacji zadań zarówno w sferze militarnej, jak i cywilnej. W chwili obecnej drony są implementowane do różnych czynności, w wielu płaszczyznach, w odniesieniu do zadań realizowanych przez policję, Państwową Straż Pożarną oraz Straż Graniczną. Nowy teatr wojny w dużym stopniu opiera się na wykorzystywaniu dronów, czego dowodzą walki prowadzone na terytorium Ukrainy. Nieustanne prace ukierunkowane na unowocześnianie konstrukcji oraz technologii BSP generują wieloaspektowe szanse w zakresie funkcjonowania państwa.

Jak wynika z przeprowadzonych badań oraz własnych spostrzeżeń, system lotnictwa bezzałogowego odgrywa ważną rolę w systemie bezpieczeństwa ekologicznego. Drony poprzez wiele funkcjonalności są w stanie monitorować zagrożenia środowiskowe i skutecznie im przeciwdziałać. Obecne przepisy prawne również pokazują wyraźne zastosowanie BSP w rolnictwie. Obecne rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 31 marca 2014 r. w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin definiuje używanie sprzętu agrolotniczego, montowanego na statku powietrznym innym niż śmigłowiec, w odległości co najmniej 20 m od pasiek, krawędzi jezdni, dróg publicznych zaliczanych do kategorii dróg krajowych,

zbiorników i cieków wodnych oraz terenów nieużytkowanych rolniczo (...). Zdaniem wielu ekspertów drony lotnicze są bardziej precyzyjne od samolotów w dokonywaniu oprysków upraw, ponieważ są w stanie punktowo dokonać tej czynności, nie rozpraszając środka chemicznego na duże odległości. Powyższe minimalizuje ryzyko oprysku na zdrową roślinność.

Samo użycie BSP jest tańsze od samolotu czy śmigłowca, który potrzebuje pilota oraz jest droższy w eksploatacji. Zdaniem M. Adamskiego i J. Rajchela (2013) BSP określają takie problemy i ograniczenia, jak m.in. brak jednolitych regulacji prawnych oraz niska odporność na warunki atmosferyczne czy niewspółmierne tempo rozwoju do coraz to nowych wymagań. Ciągły postęp techniczny i technologiczny generuje nowe zagrożenia. Dlatego należy w dalszym ciągu projektować, unowocześniać i udoskonalać BSP różnego typu. Zdaniem autorów powinny się w dalszym ciągu rozwijać w obszarze BSP takie funkcjonalności, jak przesyłanie obrazu o dużej rozdzielczości w czasie rzeczywistym czy zdolności do precyzyjnego i wiarygodnego określania celu. Zdaniem L. Schada oraz J. Fischera (2022) monitoring lotniczy prowadzony poprzez drony przyczynia się do pozyskiwania danych dotyczących populacji gatunków czy ich przemieszczania. Z kolei R. Díaz-Delgado oraz S. Mücher (2019) stwierdzają, że dzięki specjalnym kamerom dziennym oraz termowizyjnym wysokiej rozdzielczości drony umożliwiają ocenę ekosystemów poprzez mapowanie miejsc rozmieszczenia poszczególnych gatunków.

Tego rodzaju funkcjonalności przyczyniają się do kontroli określonych siedlisk czy gatunków zagrożonych. Funkcjonalności dronów poprzez efektywny monitoring sprawiają, że są one skuteczne w rozpoznawaniu określonych gatunków roślin czy w dokonywaniu segregacji zwierzyny. W Polsce większość nadleśnictw używa bezzałogowych statków powietrznych do zadań związanych z monitoringiem lasów, zastępując tym samym tradycyjne patrole piesze czy kołowe realizowane przez funkcjonariuszy. Dron jako urządzenie ma za zadanie umożliwić służbom czy instytucjom podjęcie stosownej decyzji w stosunku do danego zagrożenia, zjawiska czy innej sytuacji. Często decyzyjność jest ważnym elementem w prowadzeniu akcji poszukiwawczej lub ratowniczej. Zadaniem BSP jest wspomaganie procesu decyzyjnego, który często ratuje życie i zdrowie ludzkie.

Jak opisują N. Bayomi oraz J.E. Fernandes (2023), drony stały się cennymi narzędziami dla naukowców zajmujących się środowiskiem, oferując nowe możliwości gromadzenia danych, monitorowania i analizy w środowisku miejskim. Takie funkcjonalności, jak kamery wysokiej rozdzielczości, czujniki czy zobrazowanie termiczne umożliwiają szczegółowe pozyskiwanie danych w celu badania zagrożeń, które mogą mieć wpływ na środowisko.

W przeprowadzonych badaniach respondenci nauczyciele akademicy również potwierdzili te założenia. Byli zgodni co do zasadności użycia dronów w ochronie środowiska. Zainteresowanie studentów obszarem BSP budzi również pozytywne refleksje i skłania do podejmowania dalszych badań w tej dziedzinie.

Reasumując powyższe rozważania, należy w dalszym ciągu prowadzić badania na temat zastosowania BSP w ochronie środowiska. Wskazane jest ciągłe unowocześnianie, rozwijanie oraz implementowanie BSP w strukturach służb oraz instytucji odpowiedzialnych za ochronę środowiska w Polsce. Niezwykle ważnym aspektem jest również implementacja systemów bezzałogowych przez służby typu policja, Straż Graniczna czy Państwowa Straż Pożarna. Wspólna wymiana informacji drogą powietrzną pomiędzy poszczególnymi służbami ułatwiałaby koordynację zadań związanych z ochroną środowiska.

REFERENCES

- Adamski, M., Rajchel, J. (2013). *Bezzałogowe statki powietrzne, Część I. Charakterystyka i wykorzystanie*. Dęblin: Wyd. Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych.
- Bayomi, N., Fernandez, J.E. (2023). *Eyes in the Sky: Drones Applications in the Built Environment under Climate Change Challenges*. *Drones*, 7, 637. <https://doi.org/10.3390/drones7100637>
- Bednarski, R. (2017). EKO-mity a rzeczywistość. W: Kubiak, M., Tołwiński, M. (red.). *Bezpieczeństwo w perspektywie ekologicznej*. Warszawa – Siedlce: Instytut Nauk Społecznych i Bezpieczeństwa, Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny.
- Berner, B., Chojnacki, J. (2017). Monitorowanie zanieczyszczeń środowiska za pomocą dronów. *Bezpieczeństwo i ekologia. Autobusy*, 7–8.
- Ermakov, S., Volkova, L., Kapustina, I. (2020). Ecosystems Measurement: Risk Assessment Methods and Ecological Safety Principles. *Transportation Research Procedia*, 54 (2021), 47–57.
- Ficoń, K. (2020). *Propedeutyka bezpieczeństwa. Filozofia, nauka, fenomen*. Warszawa: Wydawnictwo BEL Studia Sp. z o.o.
- Ficoń, K. (2021). *Łańcuch bezpieczeństwa. Zagrożenia, ryzyko, kryzysy*. Warszawa: Wydawnictwo BEL Studia Sp. z o.o.
- Jarmoszko, S. (2017). O bezpieczeństwie ekologicznym w kontekście antroposfery bezpieczeństwa. W: Kubiak, M., Tołwiński, M. (red.). *Bezpieczeństwo w perspektywie ekologicznej*. Warszawa – Siedlce: Instytut Nauk Społecznych i Bezpieczeństwa, Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny.
- Kardasz, P., Doscocz, J., Kruszyński, M., Kardasz, E., Adamczyk, M., Cienciała, M. (2017). Aspekty używania dronów w leśnictwie. *Biuletyn Naukowy Wrocławskiej Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej. Informatyka*, 7(1), 14–20.
- Khodkovskaya, Yu.V., Fazrakhmanov I.I., Nazarova U.A. (2021). Environmental Safety in the Context of Sustainable Development of the Region. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 195.
- Krzeczek, M. (2017). Bezpieczeństwo ekologiczne w myśl art. 181 i 182 Kodeksu karnego. W: Kubiak, M., Tołwiński, M. (red.). *Bezpieczeństwo w perspektywie ekologicznej*. Warszawa – Siedlce: Instytut Nauk Społecznych i Bezpieczeństwa, Wydział Humanistyczny, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny.
- Parczewski, R. (2022). Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w ochronie środowiska – wyniki badań. *Wiedza Obronna*, 278(1).
- Parczewski, R. (2023). *Bezzałogowe statki powietrzne w bezpieczeństwie ekologicznym Polski na przykładzie województwa lubelskiego*. Warszawa: Wydawnictwo Wojskowa Akademia Techniczna.

- Parczewski, R., Kicia T. (2021). Użycie bezzałogowych statków powietrznych typu FlyEye na potrzeby wojskowej ochrony przeciwpożarowej – wyniki badań. *De Securitate et Defensione. O Bezpieczeństwie i Obronności*, 7(2).
- Pietraś, M. (2000). *Bezpieczeństwo ekologiczne w Europie*. Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Rałowski, D. (2022). System bezpieczeństwa przeciwpożarowego Polski w obliczu nowych wyzwań cywilizacyjnych (w tym związanych z pandemią COVID-19). W: Chałupczak, H., Marzęda-Młynarska, K., Pietraś, M., Pogorzała, E. (red.), *Zagrożenia bezpieczeństwa w procesach globalizacji*. Lublin – Zamość: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Wydawnictwo Akademii Zamojskiej.
- Rosiek, K. (2015). Bezpieczeństwo ekologiczne w Polsce na przykładzie gospodarowania wodami. *Gospodarka w Praktyce i Teorii*, 1(38).
- Schad, L., Fischer, J. (2023). Opportunities and risks in the use of drones for studying animal behaviour. *Methods in Ecology and Evolution*, 14, 1864–1872. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13922>
- Skóra, J. (2022). Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa w państwie. *Aviation and Security Issues*, 1(1/2022). ISSN 2720-197X.
- Sobolewski, G. (2013). *Siły Zbrojne RP w zarządzaniu kryzysowym. Aspekt narodowy i międzynarodowy*. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej.
- Stańczak, W., Stasiak, J. (2023). Aktualna regulacja użytkowania dronów w prawie polskim – ocena i postulaty de lege ferenda. *Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio G*, 70, 171–182.
- Wilińska, M. (2015). Zarządzanie kryzysowe w systemie bezpieczeństwa państwa. *Obronność. Zeszyty Naukowe*, 3(15). ISSN 2299-2316.
- Wiśniewski, B., Jakubczak, R. (2015). *System ochrony granicy państwowej RP. Stan obecny i prognozy na przyszłość*. Szczytno: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji.
- Wiśniewski, B., Piątek, Z. (red.). (2009). *Współczesny wymiar funkcjonowania Policji*. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej.
- Zygo, K., Skupień, T., Nastarowicz, T. (2021). Współczesne zagrożenia bezpieczeństwa ekologicznego. W: Ciekankowski, Z. (red.). *Współczesne zagrożenia bezpieczeństwa państwa część II*. Białą Podlaska: Państwowa Szkoła Wyższa.
- Díaz-Delgado, R., Múcher S. (2019). Editorial of Special Issue „Drones for Biodiversity Conservation and Ecological Monitoring”. *Drones*, 3, 47. <https://doi.org/10.3390/drones3020047>

AKTY PRAWNE

Konstytucja RP z dnia 02 kwietnia 1997 r. (Dz. U. z 1991 r. Nr 78, poz. 483).

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2001 r. Nr 62, poz. 627).

Ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz. U. z 2018 r., poz. 1471).

Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze (t.j. Dz. U. z 2020 r., poz. 1970).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 31 marca 2014 r. w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin (Dz. U. z 2014 r., poz. 516).

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. U. UE L 152/45).

Strategia Bezpieczeństwa Narodowego z 2020 r. Biuro Bezpieczeństwa Narodowego.