

Koncepcja bezzałogowego statku powietrznego do zastosowań przez służby porządkowe

Mateusz Sobieraj¹, Michał Stopel^{2*}

¹ Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska; e-mail: matsob004@pbs.edu.pl

² Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska; e-mail: michal.stopel@pbs.edu.pl

* Autor korespondencyjny: michal.stopel@pbs.edu.pl

Streszczenie: Na przestrzeni ostatnich lat ludzie przekonali się, że pandemia śmiertelnego wirusa może przyjść nagle i niespodziewanie. Dla większości populacji powstanie tego typu zagrożenia oznacza izolację i problemy z dostępem do artykułów pierwszej potrzeby. W pracy zaprezentowano koncepcję bezzałogowego statku powietrznego, który w trakcie epidemii lub pandemii może być wykorzystywany przez służby porządkowe w celu dostarczania zaopatrzenia osobom znajdującym się na obszarze odizolowanym.

Słowa kluczowe: bezzałogowy statek powietrzny, epidemia, służby porządkowe, koncepcja

Concept of unmanned aerial vehicle for emergency services

Mateusz Sobieraj¹, Michał Stopel^{2*}

¹ Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland; e-mail: matsob004@pbs.edu.pl

² Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland; e-mail: michal.stopel@pbs.edu.pl

* Correspondent author: michal.stopel@pbs.edu.pl

Summary: In recent years mankind has learned that a deadly virus pandemic can come suddenly and unexpectedly. For the majority of the population it means isolation and problems with access to basic necessities. The work includes the concept of unmanned aerial vehicle that can be used by emergency services during an epidemic or pandemic to deliver supplies to people in an isolated area

Key words: unmanned aerial vehicle, epidemic, emergency services, concept

1. Wstęp

W roku 2019 rozpoczęła się epidemia wirusa SARS-CoV-2. Podjęto działania mające na celu zapobieganie rozprzestrzenianiu się wirusa. Jednym z nich było izolowanie obszarów będących ogniskiem chorobowym. W takiej sytuacji szczególnie ważne staje się dostarczenie zaopatrzenia dla osób odizolowanych. Otrzymane leki i pożywienie pozwalają przetrwać pierwsze dni izolacji. W przypadku dużych obszarów miejskich i wsi zaopatrzenie może zostać dostarczone poprzez zrzut ładunku z samolotu. Na mniejszym obszarze do realizacji tego zadania efektywniejsze niż zrzut z samolotu byłoby zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych [7]. Statki wykorzystuje się nie tylko do dostarczania medykamentów i produktów pierwszej potrzeby, lecz także wyposaża się je w kamerę pozwalającą zebrać dane na temat sytuacji poszkodowanych na odizolowanym obszarze. Informacje takie mogą być niezwykle użyteczne zarówno dla lekarzy, jak i dla sztabu kryzysowego [1, 2]. Zaadaptowanie dostępnych na rynku modeli dronów do tego typu zadań może skutkować utratą gwarancji, a uzyskane rezultaty mogą być niewspółmierne do poniesionych kosztów. Wiele dronów jest wyposażonych w silniki generujące siłę ciągu niewystarczającą do uniesienia dodatkowego ładunku [3, 6].

W pracy przedstawiono autorską koncepcję bezzałogowego statku powietrznego, który może być wykorzystany do wyżej wymienionych celów.

Prezentowana publikacja opiera się na pracy dyplomowej jej współautora, Mateusza Sobieraja [5], który wykonał także wszystkie rysunki zamieszczone w tym opracowaniu.

2. Założenia konstrukcyjne

Projekt bezzałogowego statku powietrznego musi spełniać następujące wymagania:

- obudowa urządzenia i ramiona muszą być wykonane z materiałów odpornych na działanie środków dezynfekcyjnych,
- konstrukcja nie może mieć zbyt wielu szczelin i załamań, w których mógłby się zbierać środek dezynfekcyjny,
- ładowność nie może być mniejsza niż 2 kg,
- czas lotu powinien wynosić więcej niż 20 minut,
- ramiona muszą być składane, aby umożliwić transport urządzenia samochodem osobowym,
- opracowana konstrukcja umożliwia łatwy serwis.

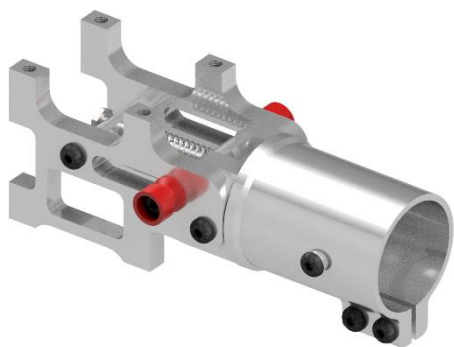
3. Dobór podzespołów elektronicznych

Aby powstała optymalna konstrukcja, najpierw należy dobrać podzespoły elektroniczne. W tym celu wykorzystano narzędzie webowe xcopterCalc [4], które na podstawie wprowadzonych parametrów pozwala obliczyć przewidywany czas zawisu, stosunek ciągu do wagi urządzenia lub maksymalną prędkość urządzenia. Ostatecznie wybrano następujące komponenty:

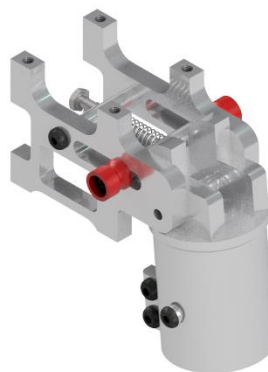
- kontroler lotu Pixhawk 4 wraz z modułem GPS i modułem zasilającym PM07,
- silniki bezszczotkowe MAD5010 200 KV IPE,
- regulator obrotów T-MOTOR Air 40A,
- śmigła T-Motor 22x6.6,
- akumulator Tattu 22 000 mAh 22.2V 15C 6S1P,
- odbiornik FrSky R9SX.

4. Projekt ramy i podwozia

W początkowym etapie pracy zdecydowano się na zaprojektowanie mechanizmu odpowiadającego za składanie ramienia bezzałogowego statku powietrznego (rys. 1, 2). Przy jego projektowaniu wzorowano się na rozwiązaniach dostępnych na rynku. Założono, że wszystkie elementy mechanizmu będą wykonane ze stopu aluminium 6061.

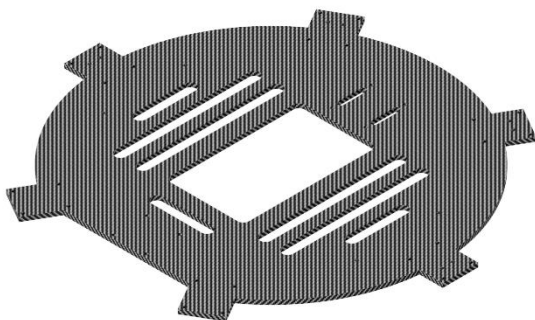


Rys. 1. Mechanizm przed złożeniem
Fig. 1. Mechanism before folding

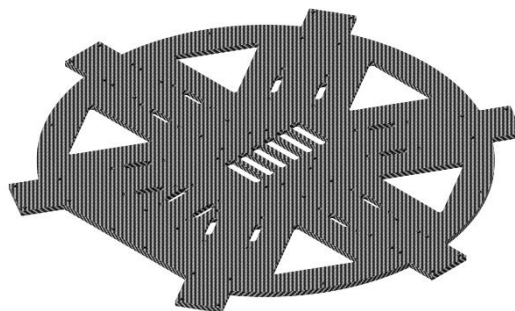


Rys. 2. Mechanizm po złożeniu
Fig. 2. Mechanism after folding

Kluczowym elementem jest rama składająca się głównie z dwóch płyt – górnej (rys. 3) i dolnej (rys. 4). Do ich produkcji należy zastosować tworzywo sztuczne wzmocnione włóknem węglowym, czyli CFRP.



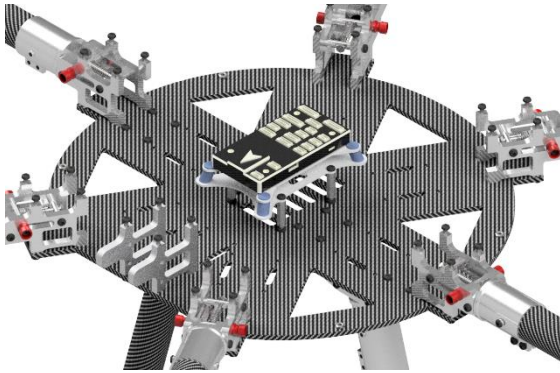
Rys. 3. Płyta górna
Fig. 3. Top plate



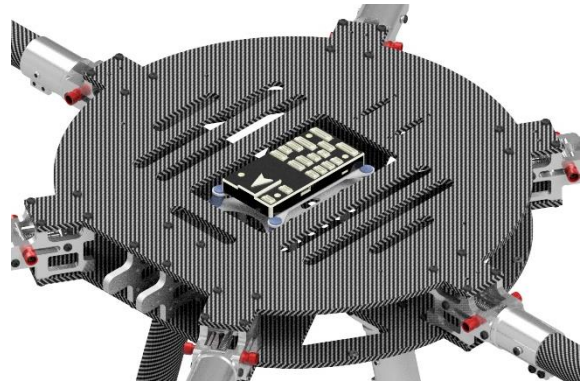
Rys. 4. Płyta dolna
Fig. 4. Bottom plate

W obu elementach znajdują się otwory, dzięki którym redukuje się masę tych elementów. Zapewniają one odpowiednią wentylację podzespołów elektronicznych i umożliwiają ich łatwe umocowanie za pomocą opasek zaciskowych. W centralnej

części umieszczany jest moduł zasilający. Zaraz nad nim na kołkach dystansowych przykręcana jest antywibracyjna płytki montażowa, do której przykleja się kontroler lotu (rys. 5). Zapobiega ona drganiom i umożliwia bardziej prawidłowy odczyt z wbudowanych czujników. Obie płyty mocowane są do mechanizmu składania ramion za pomocą połączeń śrubowych (rys. 6).

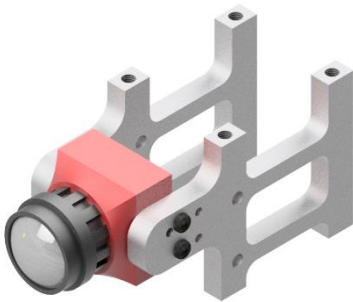


Rys. 5. Kontroler lotu na płycie dolnej
Fig. 5. Flight controller on top plate

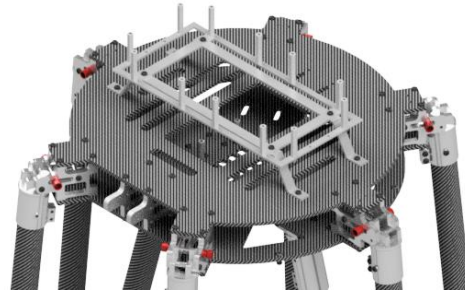


Rys. 6. Połączenie płyty górnej i dolnej
Fig. 6. Connection of top plate and bottom plate

Między płytami może zostać zamocowany element trzymający kamerę, której szerokość nie przekracza 24 mm (rys. 7). Na górnej płycie znajdują się nagwintowane otwory umożliwiające zamocowanie statywu akumulatora (rys. 8). Jego obecność nie jest jednak niezbędna, gdyż równie dobrze sprawdzi się rzep [1].



Rys. 7. Element trzymający kamerę
Fig. 7. Camera holder



Rys. 8. Statyw akumulatora na płycie górnej
Fig. 8. Battery stand on top plate

Każde z ramion składa się z elementu trzymającego silnik, wykonanego z aluminium 6061, i rury wykonanej z CFRP o długości 300 mm (rys. 9). Rura jest mocowana do aluminiowego elementu i mechanizmu składania ramienia poprzez ich zacisk. Aby zapobiec zsunięciu się ramienia, zarówno w ramieniu, jak i w elementach je trzymających znajdują się otwory, przez które należy przeprowadzić śrubę, a następnie – gdy jej koniec pokaże się po przeciwległej stronie – nakręcić nakrętkę. Rozpiętość ramion urządzenia wynosi 1260 mm. Po ich złożeniu gabaryty bezzałogowego statku powietrznego zmniejszają się do wymiarów 500 × 500 × 650 mm (rys. 10).

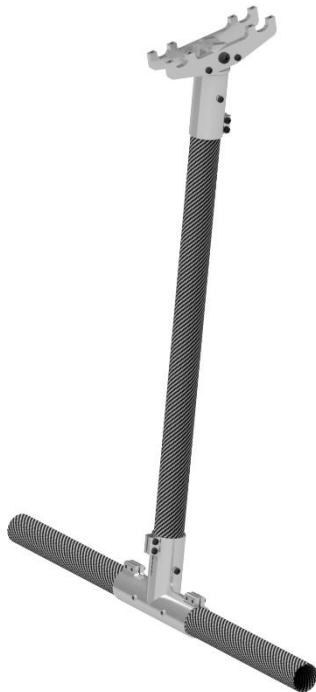


Rys. 9. Ramię z założonym silnikiem
Fig. 9. Arm with motor installed



Rys. 10. Złożona rama i podwozie
Fig. 10. Frame and landing gear folded

Podwozie jest mocowane bezpośrednio do płyty dolnej i składa się z dwóch płóz. Obie rury zastosowane do budowy jednej płozy (rys. 11) wykonane są z CFRP, a reszta elementów – czyli trójkąt i mocowanie – z aluminium 6061. Dzięki odpowiedniej konstrukcji możliwe jest jej odchylenie o maksymalnie 15° względem osi pionowej do zewnątrz bezzałogowego statku powietrznego (rys. 12). Rozwarcie płóz umożliwia zamocowanie między nimi ładunku o większych gabarytach.



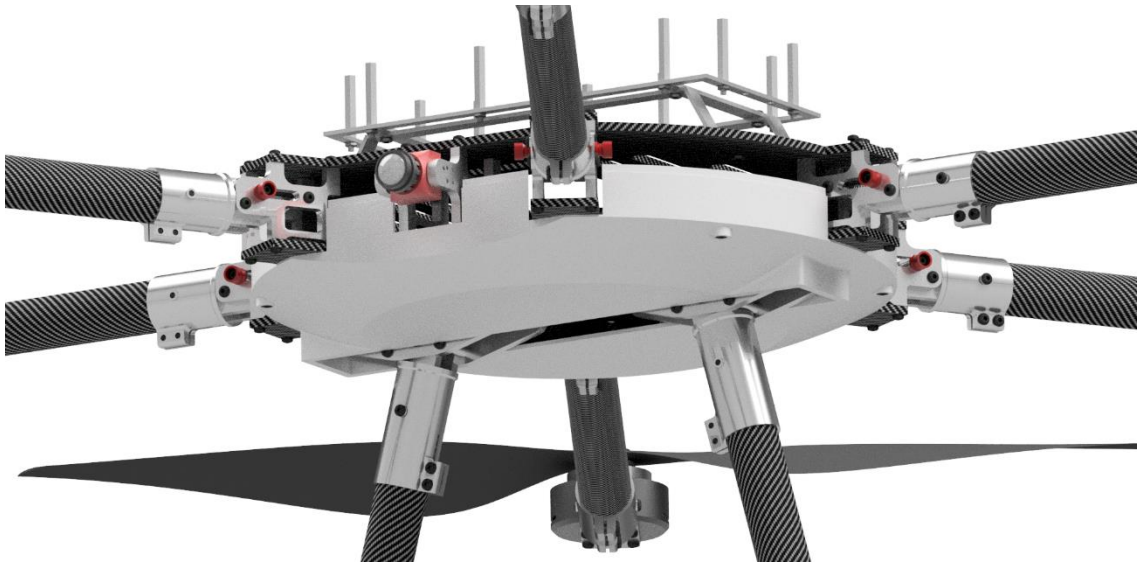
Rys. 11. Płoza podwozia
Rys. 11. Skid of landing gear



Rys. 12. Rozwarte płozy
Rys. 12. Open skids

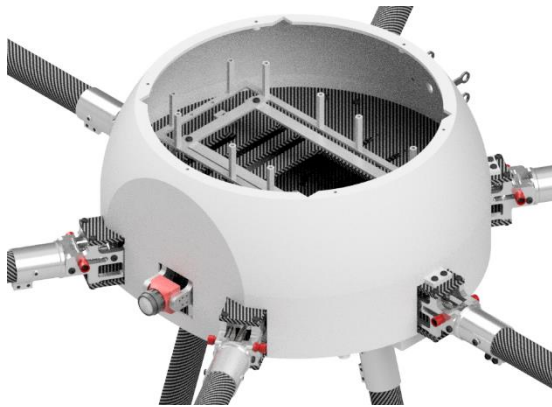
Obudowa składa się z trzech pokryw: dolnej (rys. 13), górnej (rys. 14) i pokrywy akumulatora (rys. 15). Pierwsza i druga przykręcane są bezpośrednio do płyt tworzących ramę. Pokrywa dolna – do płyty dolnej, a pokrywa górna – do płyty górnej,

do której przykręcana jest jeszcze pokrywa akumulatora. W elementach wykonane są nagwintowane otwory umożliwiające ich śrubowe połączenie.

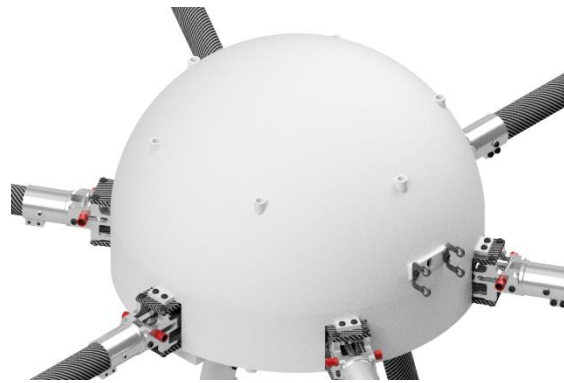


Rys. 13. Dolny element obudowy – pokrywa dolna
Fig. 13. Bottom element of housing – bottom cover

Każdy element obudowy wykonany jest z polietylenu o wysokiej gęstości – HDPE. Z tyłu pokrywy górnej znajdują się otwory pozwalające na przykręcenie elementów trzymających antenę odbiornika (rys. 15).



Rys. 14. Górny element obudowy –
pokrywa górna
Fig. 14. Top element of housing –
top cover



Rys. 15. Górny element obudowy –
pokrywa akumulatora
Fig. 15. Top element of housing –
battery cover

W celu przeniesienia ładunku o wymiarach $250 \times 250 \times 200$ mm wymagane jest jego zabezpieczenie pasami (rys. 16). Oprócz tego niezbędnym elementem są pasy trzymające ładunek od spodu. W momencie nacisku ładunku na pasy płozy zwierają się ze sobą i dodatkowo go zaciskają. Do zrealizowania przewozu niezbędne jest, żeby przewożone elementy znajdowały się w lekkim kartonie. Należy jednak pamiętać, aby przedmioty były blisko siebie, oraz o tym, żeby w kartonie pozostało jak najmniej luzu – ma to zapobiec ich przemieszczaniu się.



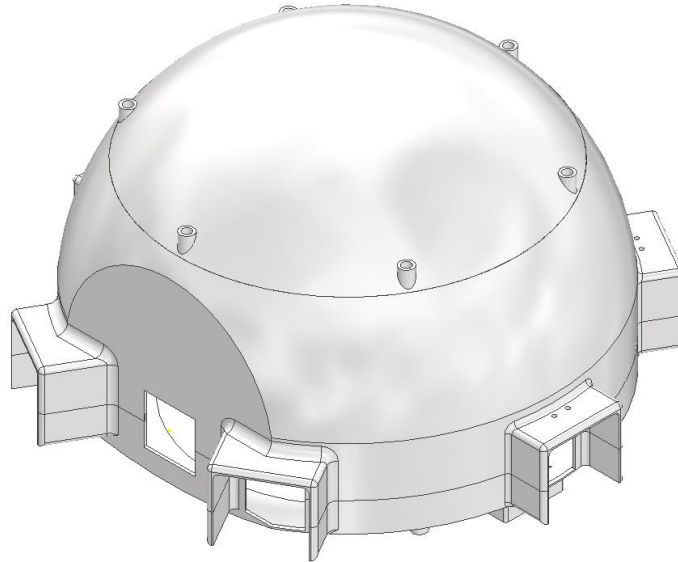
Rys. 16. Koncepcja bezzałogowego statku powietrznego z ładunkiem

Fig. 16. Concept of unmanned aerial vehicle with load

5. Podsumowanie i wnioski

Opracowana koncepcja bezzałogowego statku powietrznego spełnia założenia projektowe. Obudowa urządzenia ma kształt sferyczny, co sprawia, że płyn dezynfekcyjny spływa z niej i spada na podłoże. W przypadku dostania się płynu do wnętrza konstrukcji spływa on przez prostokątny otwór w pokrywie dolnej obudowy, z którego wyprowadzone jest podwozie. Oprócz tego w obudowie zminimalizowano liczbę szczelin i otworów, w których mógłby zbierać się płyn dezynfekcyjny. Za pomocą narzędzia webowego xcopterCalc optymalnie dobrano podzespoły elektroniczne – ładowność takiego urządzenia wynosiłaby 2 kg, a czas zawisu wraz z ładunkiem trwałby do 23 minut. Dzięki zastosowaniu zaprojektowanego mechanizmu składania ramienia transport urządzenia samochodem osobowym staje się możliwy, gdyż złożenie powoduje zmniejszenie się jego gabarytów. Zaprojektowana konstrukcja została opracowana w sposób umożliwiający łatwy dostęp do podzespołów elektronicznych w celu ich szybkiej wymiany. Jest to szczególnie użyteczne, gdy przed rozpoczęciem operacji pojawi się usterka uniemożliwiająca dostarczenie ładunku. W takiej sytuacji każdy pracownik służb porządkowych wyposażony w odpowiednie narzędzia jest w stanie wymienić uszkodzony element. Rozwiązanie to pozwala zaoszczędzić czas potrzebny na wysyłkę urządzenia do serwisu. Opracowaną konstrukcję można ulepszyć poprzez wykorzystanie ośmiu silników umieszczonych po dwie sztuki na czterech ramionach. Taka zmiana pozwo-

liłaby na wygenerowanie większej siły ciągu i na transport ładunku o większej masie. Oprócz tego elementy obudowy mogłyby zostać zmodyfikowane, aby mechanizmy składania ramion pozostały zakryte (rys. 17).



Rys. 17. Modyfikacja koncepcji obudowy bezzałogowego statku powietrznego
Fig. 17. Modification of the concept of unmanned aerial vehicle housing

W celu zminimalizowania strat energii związanych z oporem wiatru – co miałyby bezpośredni wpływ na czas lotu – należałoby w kolejnym kroku wykonać analizę kształtu ze względu na opływ powietrza, z zastosowaniem metod numerycznej mechaniki płynów CFD (ang. Computational Fluid Dynamics).

Bibliografia

- [1] Baichtal, J., "Building your own drones: a beginners' guide to drones, UAVs and ROVs", Que Publishing, Indianapolis 2016.
- [2] Eichleay, M., Evens, E., Stankevitz, K., Parker, C., "Using the Unmanned Aerial Vehicle Delivery Decision Tool to Consider Transporting Medical Supplies via Drone", *Global Health: Science and Practice* 7(4), (2019), 500–506.
- [3] Konrad, T., Engelhardt, T., "Propeller Thrust Identification and Calibration for High-Precision Control of a Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle", 25th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED), IEEE, Malta 2017, 1225–1230.
- [4] Müller, M., <https://www.ecalc.ch/xcoptercalc.php>, (dostęp: 12.12.2020).
- [5] Sobieraj, M., „Opracowanie koncepcji bezzałogowego statku powietrznego do zastosowań przez służby porządkowe”, praca inżynierska, Wydział Inżynierii Mechanicznej Politechniki Bydgoskiej, Bydgoszcz 2021.
- [6] Timothy, A., "Current State of Drones in Healthcare: Challenges and Opportunities", *The Journal of Applied Laboratory Medicine* 4(2), (2019), 296–298.
- [7] Wyszywacz, W., „Drony”, Wydawnictwo Poligraf, Brzezia Łąka 2020.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).