

Wojciech Sokółowski

w.sokolowski@amw.gdynia.pl; nr ORCID:0000-0002-5377-4961

Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich, Instytut Operacji Morskich

Identyfikacja i analiza wybranych systemów autonomicznych w żegludze morskiej

Identification and analysis of selected autonomous systems in sea shipping

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę identyfikacji i analizy obecnych koncepcji/projektów w zakresie prac rozwojowych nad platformami autonomicznymi wykorzystywanymi w zastosowaniach komercyjnych. W ramach dokonanej analizy scharakteryzowano wybrane systemy autonomiczne oraz określono stopień ich zaawansowania.

Słowa kluczowe: systemy autonomiczne, żegluga autonomiczna, projekty, koncepcje.

The intention of this study is to identify and analyze current concepts / projects in the field of development of autonomous platforms used in commercial applications. Selected autonomous systems were characterized and the degree of their advancement was assessed, framed by analysis performed.

Key words: autonomous systems, autonomous shipping, projects, concepts.

WSTĘP

Systemy autonomiczne w żegludze morskiej znajdują się obecnie w początkowej fazie rozwoju i na pewno upłynie jeszcze trochę czasu zanim staną się stałym elementem morskiego krajobrazu. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że intensywne badania i testy w tym zakresie prowadzone są od wielu lat. Pojawia się coraz więcej podmiotów, zespołów, konsorcjów wspólnie pracujących nad urzeczywistnieniem ery żeglugi autonomicznej.

Transport morski, w porównaniu do innych gałęzi transportu, z punktu widzenia rozwoju technologii autonomicznych został zdecydowanie w tyle. Jednak widać już wyraźnie, że rozwój technologii wymusi na operatorach i armatorach modernizację sposobu, w jaki zarządza się flotą statków oraz zmiany w sposobie funkcjonowania samych środków transportu.

Transport towarów morzem to zdecydowanie najtańszy i najbardziej ekologiczny sposób przewozu, a zastosowanie jednostek o niższych kosztach operacyjnych, takich jak statki autonomiczne, jeszcze bardziej podkreśliłoby jego przewagę, nie wspominając już o względach bezpieczeństwa, zarówno z punktu widzenia samych jednostek, jak i marynarzy, które również uległyby poprawie.

W chwili obecnej na świecie jest prowadzonych lub zostało zakończonych co najmniej kilkanaście projektów statków autonomicznych, zarówno dla zastosowań komercyjnych jak i militarnych. Są to zazwyczaj projekty prowadzone przez zespoły składające się

z przedstawicieli świata biznesu, techniki i nauki, pracujące w różnych miejscach globu, oczywiście wiodące są kraje, których gospodarki mają silne korelacje z sektorem morskim.

W niniejszym opracowaniu analizie poddano projekty wybranych statków morskich wykorzystywanych w celach komercyjnych. Ich liczba wynika tylko i wyłącznie z możliwości uzyskania o nich wiarygodnych i wystarczających informacji oraz ograniczeń w zakresie objętości referatu.

1. KONCEPCJA MUNIN

Europejski projekt MUNIN (ang. *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*) miał na celu opracowanie technicznej koncepcji działania bezzałogowego statku handlowego i ocenę jej wykonalności technicznej, ekonomicznej i prawnej. Rdzeniem koncepcji jest statek, który jest całkowicie bezzałogowy, przynajmniej przez określoną część rejsu. Ponadto projekt miał także na celu krótkoterminowe wykorzystanie potencjału w celu wsparcia postępu technologicznego w konwencjonalnej żegludze. Badania w ramach przedmiotowego projektu przeprowadzono w latach 2012-2015. Projekt MUNIN wywodzi się z programu badań strategicznych Waterborne TP (ang. the European Waterborne Technology Platform), w ramach którego opublikowano dokument na temat wizji rozwoju przemysłu morskiego w przyszłości (Waterborne TP, 2016).

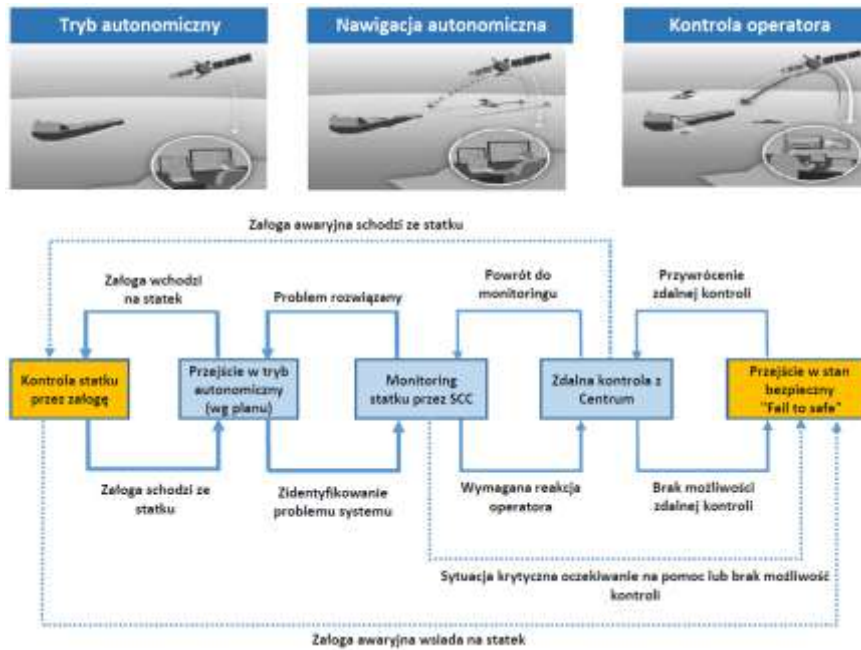
MUNIN za cel obrał opracowanie i weryfikację koncepcji autonomicznego statku, który jest zdefiniowany jako statek kierowany przede wszystkim przez zautomatyzowane systemy decyzyjne zainstalowane na pokładzie (np. mostek nawigacyjny), ale monitorowany przez operatora znajdującego się w brzegowym centrum kontroli (ang. *shore control centre* - SCC). Będzie to system hybrydowy - statek autonomiczny - który jest połączeniem dwóch alternatywnych rozwiązań (Rodseth i in., 2014, s. 3):

- statek zdalnie sterowany i obsługiwany przez operatora z odległej lokalizacji, z brzegowego centrum kontroli, które ma połączenie bezprzewodowe (systemy satelitarne, Data VHF) ze statkiem i do którego są wysyłane przez autonomiczny system statku wszelkie informacje, takie jak obrazy radarowe, obrazy z kamer, dźwiękowe, satelitarne celem ich analizy, interpretacji i podjęcia właściwej decyzji,
- zautomatyzowany statek, w którym zaawansowane systemy wspomaganie decyzji na pokładzie podejmują wszystkie decyzje operacyjne niezależnie, bez udziału człowieka. Taki statek jest w stanie samodzielnie podejmować optymalne decyzje na podstawie zebranych informacji zgromadzonych w bazie danych, przy czym jest zależny od zaprogramowanych w systemie instrukcji lub rodzaju zastosowanej sztucznej inteligencji.

W projekcie eksperymentowano na masowcu do przewozu ładunków suchych o pojemności 75.000 dwt (ang. *Deadweight Tonnage*), operującym w żegludze oceanicznej, ze średnią prędkością 16 węzłów. Etapy podróży w regionach o dużym natężeniu ruchu i na płytkich wodach przybrzeżnych nie były brane pod uwagę w projekcie. Na rysunku 1 przedstawiono etapy podróży statku autonomicznego z uwzględnieniem roli SCC, reakcji zespołu kontroli i reagowania awaryjnego. Zdefiniowano także rozwiązania techniczne w zakresie budowy statku autonomicznego, których zastosowanie jest niezbędne, są to:

- zintegrowany moduł czujników (ang. *Advanced Sensor Module*),
- system nawigacji oceanicznej (ang. *Deep-Sea Navigation System*),
- system zdalnego manewrowania statkiem (ang. *Remote Maneuvering Support*),
- system monitorowania i kontroli maszynowni statku (ang. *Engine Monitoring and Control System*),
- zintegrowany system przeglądów i konserwacji (ang. *Maintenance Interaction System*),
- system zarządzania energią (ang. *Energy Efficient System*),
- brzegowe centra kontroli (ang. *Shore Control Centre*),

W scenariuszu podstawowym okazuje się, że bezzałogowy masowiec w czasie 25 letniej eksploatacji przyniósłby około 7 milionów USD oszczędności w porównaniu do masowca referencyjnego. Poza oszczędnościami wynikającymi z wyższej wydajności usług lądowych w porcie i brzegowych centrach kontroli należy także zwrócić uwagę na fakt, że statek autonomiczny wymusza pozytywne zmiany w konstrukcji statków, co jest zawsze dodatkową wartością dodaną. Takie nowe, innowacyjne projekty statków powinny umożliwić zmniejszenie zużycia paliwa, a tym samym emisji oraz wyeliminowanie stosowania jako źródło zasilania ciężkiego paliwa. W podsumowaniu wyników projektu stwierdzono, oczywiście przy określonym poziomie niepewności, że statki autonomiczne mogą potencjalnie zwiększyć rentowność przedsiębiorstw żeglugowych.



Rysunek 1. Etapy operacyjne żeglugi autonomicznej (MUNIN)

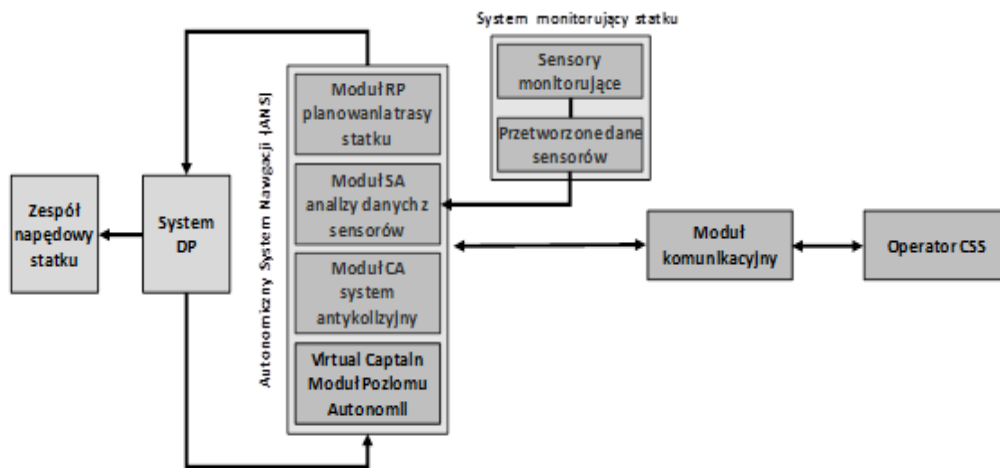
Źródło: Opracowanie i tłumaczenie własne na podstawie (Burmeister i in., 2014, s. 8).

2. PROJEKT AAWA I KONCEPCJA ROLLS-ROYCE

Kolejnym projektem, którego celem było zbadanie ekonomicznych, technicznych, prawnych i społecznych wyzwań, które należy rozwiązać, zanim autonomiczna żegluga stanie się rzeczywistością była Inicjatywa AAWA (ang. *Advanced Autonomous Waterborne Applications*). Realizowano go w okresie 2015-2017 we współpracy fińskich uniwersytetów, projektantów statków, producentów sprzętu i towarzystw klasyfikacyjnych. Łączył on wiedzę fachową kilku z najlepszych akademickich naukowców z Tampere University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Abo Akademi University, Aalto University, University of Turku oraz wielu czołowych przedstawicieli branży morskiej, w tym Rolls-Royce, DNV GL, Inmarsat, Deltamarin, NAPA, Brighthouse Intelligence, Finferries i ESL Shipping. Należy tu wyraźnie podkreślić rolę firmy Rolls-Royce, która była liderem tego projektu i uczestniczyła jako producent i dostawca systemów i gotowych modułów. Rolls Royce nie planuje tworzyć własnych statków, jak również dostarczać wszystkich komponentów potrzebnych do ich budowy. Firma skupia się na opracowaniu i dostarczeniu systemu będącego w stanie zdalnie sterować statkiem. Projekt zakłada testowanie dwóch scenariuszy. Pierwszy to statek autonomiczny prowadzący samodzielną nawigację, na którym może przebywać zespół remontowy. W drugim scenariuszu jest to statek bezzałogowy, który przemieszcza się w pełnej autonomii lub może być zdalnie sterowany z brzegowego centrum przez operatora (-ów).

Filozofia inicjatywy ma na celu stworzenie częściowo autonomicznego statku poprzez koncepcję „dynamicznej autonomii”, tj. będzie on operował na różnych poziomach autonomii.

AAWA w zakresie określania poziomów autonomii bazuje na skali Thomasa Sheridana, zgodnie z którą liczba interakcji ze strony operatora będzie uzależniona od wielu czynników, m.in. rodzaju operacji morskiej jaka ma zostać wykonana. Na przykład w żegludze dalekomorskiej statek będzie mógł być całkowicie autonomiczny, podczas gdy w rejonach przybrzeżnych może być nadzorowany przez operatora SCC łącznie z podejmowaniem przez niego decyzji. W ramach projektu został stworzony autonomiczny system nawigacji ANS (ang. *Autonomous Navigation System*), który wykorzystuje system dynamicznego pozycjonowania (DP) firmy Rolls-Royce. Architektura poszczególnych modułów oraz ich interakcje przedstawiono na Rysunku 2.



Rysunek 2. Architektura autonomicznego systemu statku ANS

Źródło: Opracowanie i tłumaczenie własne na podstawie (Piikonen i in., 2017, s. 8).

Przykład wizualizacji statku autonomicznego wyposażonego w omówiony system nawigacji przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Wizualizacja statku autonomicznego

Źródło: (Flickr, 2019).

3. PROJEKT YARA BIRKELAND

Wiosną 2017 roku norweskie firmy Kongsberg i Yara International zdecydowały o wzajemnej współpracy w zakresie opracowania i budowy autonomicznego kontenerowca o pojemności 120 TEU.

Kongsberg to wywodząca się z Norwegii, międzynarodowa firma dostarczająca zaawansowane technologicznie systemy i rozwiązania dla przemysłu morskiego, obronnego, lotniczego oraz offshore, w sektorze naftowym i gazowym (Aro i in., 2017, s. 10). Z kolei firma Yara to światowy lider w produkcji nawozów do upraw rolniczych, którego misją to wyżywienie świata i ochrona planety dzięki produkcji z zerową emisją do atmosfery (Yara, 2019).

W pierwszej fazie na statku znajdzie się mostek z pełnym osprzętem nawigacyjnym i manewrowym oraz załoga. Kiedy jednostka przejdzie pozytywnie wszystkie testy i będzie gotowa do prowadzenia operacji w sposób autonomiczny, część nadbudówki z mostkiem nawigacyjnym zostanie usunięta.

Operacje za- i wyładunkowe będą odbywać się automatycznie przy użyciu dźwigów elektrycznych. Statek nie będzie posiadał zbiorników balastowych do kompensowania operacji ładunkowych, ich rolę przejmie zespół akumulatorów. Statek zostanie również wyposażony w system automatycznego cumowania (odcumowywania), który nie będzie wymagał obecności człowieka, nie będzie także zachodzić konieczność dokonywania specjalnych modyfikacji nabrzeża.

Statek będzie poruszał się w odległości do 12 mil morskich w pasie norweskich wód terytorialnych między wcześniej wspomnianymi trzema portami południowego wybrzeża: Herøya, Brevik i Larvik. Cały obszar objęty jest systemem VTS norweskiej administracji przybrzeżnej w Brevik, który będzie częścią zintegrowanego systemu monitorowania statku i zdalnej kontroli (SCC). Odległości między portami wynoszą: około 7 mil morskich między Herøya – Brevik oraz 30 mil morskich między Herøya – Larvik.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa i koniecznej obsługi statku powołane zostaną trzy centra kontroli (YARA w Porsgrunn, Kongsberg Maritime, Kystverket VTS w Brevik) z podziałem zadań i odpowiedzialności za monitoring statusu systemów, sytuacje awaryjne, zdalne sterowanie, wspomaganie decyzji autonomicznych oraz obserwację bezpośredniego otoczenia i zapewnienie bezpieczeństwa statku w trakcie podróży.

Na bieżący rok zaplanowano testowanie zdolności autonomicznych, natomiast na rok 2020 oddanie statku przez stocznnię Vard Brevik (Rysunek 4) i przejście z operacji załogowych do pełnej autonomiczności do 2022 roku.



Rysunek 4. Widok docelowy statku Yara Birkeland

Źródło: (Kongsberg, 2019a).

4. PROJEKT REVOLT

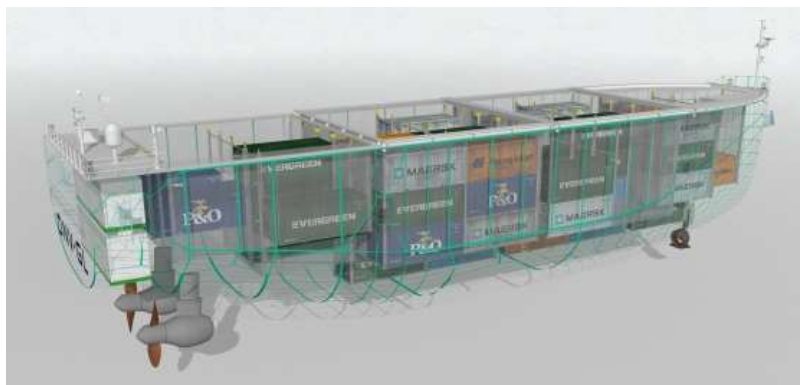
Innowacyjna koncepcja statku, ReVolt, jest rezultatem pracy multidyscyplinarnego zespołu badawczego firmy DNV GL wspieranego przez Transnove. Projekt opiera się na ocenie bieżących wymagań na trasach krótkiego zasięgu. ReVolt został zainicjowany jako projekt badawczy w sierpniu 2013 r. i uruchomiony rok później (DNV GL, 2019a).

Statek, podobnie jak w projekcie Yara Birkeland, wykorzystuje zamiast silnika diesla zasilanego ciężkim paliwem układ akumulatorów o mocy 3000 kWh, co zmniejsza koszty operacyjne, minimalizuje liczbę urządzeń technicznych (układy związane z napędem głównym statku i rodzajem paliwa, które wymagają częstych przeglądów technicznych, np. wirówki paliwa) oraz wpływa pozytywnie na uproszczenie systemów maszynowych statku. Napęd główny ma stanowić innowacyjny system dwóch dwupłatowych śrub okrętowych i azymutalnym sterem strumieniowym w sekcji dziobowej dla zwiększenia zdolności manewrowej statku.

Sam statek to 60 metrowy kontenerowiec o zdolności ładunkowej 100 TEU i zasięgu około 100 mil morskich, po których należy ponownie naładować akumulatory. Oczywiście energia elektryczna potrzebna do ładowania zespołu akumulatorów ma pochodzić z odnawialnych źródeł energii, co wpłynie na redukcję emisji dwutlenku węgla. Średnia prędkość (ekonomiczna) wynosi 6 węzłów. Niewielka utrata prędkości skutkuje mniejszym oporem wody i pozwala inżynierom dopasować kadłub do prostego łuku pionowego, co jeszcze dodatkowo zmniejsza opór wody wzdłuż całego profilu statku, redukuje zużycie energii oraz pozwala zrezygnować ze zbiorników balastowych (Adams, 2014).

Firma DNV GL szacuje obniżenie kosztów eksploatacji dla projektowanego statku w 30-letnim okresie eksploatacji o 34 mln USD (31,5 mln EUR) w porównaniu do statku z silnikiem wysokoprężnym (DNV GL, 2019b).

Na rysunku 5 przedstawiono wizualizację statku, na której można zobaczyć układ napędowy, przestrzeń kadłuba wypełnioną kontenerami i zupełnym brakiem nadbudówek na pokładzie głównym statku. Jedynymi elementami są maszty będące nośnikami modułów obserwacyjnych i nawigacyjnych wspomagających pracę systemu autonomicznego. W części rufowej widoczny jest zespół akumulatorów dostarczający niezbędną do funkcjonowania statku energię elektryczną.



Rysunek 5. Przekrój statku ReVolt

Źródło: (Ship technology, 2019).

5. PROJEKT AUTONOMICZNEGO STATKU PRZECIWOŻAROWEGO I RATOWNICZEGO

Firma QinetiQ opracowała projekt koncepcyjny autonomicznego statku przeciwpożarowego i ratowniczego, którego celem było zaprezentowanie możliwości zastosowania idei systemów autonomicznych do postrzeganych jako nudne, brudne i niebezpieczne zadań z zakresu ochrony przeciwpożarowej i ratowniczej (Rysunek 6). Uznano, że rola straży pożarnej i służb ratowniczych ma charakter nieregularny, nie jest to typowy statek, który rutynowo przewozi określone ładunki, jednak jest niezbędny do ochrony infrastruktury i jednostek pływających zarówno w portach jak i na morzu. Dużą trudnością jest takie zaprojektowanie tego typu statku, żeby potrafił funkcjonować w tak specyficznych warunkach i sytuacjach, jak np. ratowanie ludzi znajdujących się w wodzie lub w tratwach ratunkowych i przewiezienie ich na brzeg. Statki załogowe nie mają z tym większego problemu, więc założeniem projektu było poznanie możliwości i ograniczeń wykorzystania w tym zakresie jednostek autonomicznych.

Ogólnie, projekt statku autonomicznego wiąże się z pytaniami w kategoriach norm i przepisów mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa na morzu. Można stwierdzić, że konstrukcja statku nie musi zapewniać bezpiecznego miejsca pracy dla osób na pokładzie, ale należy wziąć pod uwagę personel wchodzący na pokład w celu przeprowadzenia prac

obsługowych i konserwacyjnych, a także wszelkie możliwe interakcje ze statkami klasycznymi (załogowymi).



Rysunek 6. Koncepcja autonomicznego statku przeciwpożarowego i ratowniczego

Źródło: (QinetiQ, 2019).

Statek ma mieć długość 79,9 m i wyporność 3100 ton oraz charakteryzować się następującymi parametrami gaśniczymi i ratunkowymi:

- a) sprzęt gaśniczy:
 - cztery prądownice wodne o wydajności 2400 m³/godz. każda,
 - dwie prądownice piankowe o wydajności 300 m³/godz. każda,
 - system mgły wodnej;
- b) sprzęt ratunkowy:
 - zakwaterowanie dla 150 poszkodowanych,
 - portowa i burtowa strefa ratunkowa,
 - dwanaście pięćdziesięcioosobowych tratw ratunkowych,
 - żurawik dla łodzi ratunkowej,
 - strefa pracy wciągarki helikopterów.

6. PROJEKT MAYFLOWER

Idea powstania nowoczesnego, autonomicznego statku badawczego, wyposażonego w przełomowe technologie w zakresie projektowania, napędu i układu sterowania zrodziła się w czasie debaty członków rady z Plymouth w Wielkiej Brytanii nad sposobem świętowania w 2020 roku 400 letniej rocznicy przybycia do Nowego Świata osadników zwanych ojcami pielgrzymami. Projekt statku został nazwany Mayflower, czyli dokładnie tak samo jak statek, na którym wspomniani Purytanie 11 listopada 1620 r. przybyli do brzegu Ameryki. Nad projektem określanym jako Mayflower Autonomous Ship (MA) Ltd zaczęły pracować trzy następujące podmioty: Submergence Group & M Subs Ltd, ProMare (charytatywna fundacja badawcza) i Uniwersytet w Plymouth.

Założono, że statek po przejściu przez Atlantyk opłynie glob. Następnie jednostkę będzie można wyczarterować celem prowadzenia badań naukowych. Smukłe linie statku kryją wiele ładowni, w których mogą m. in. znajdować się bezzałogowe pojazdy podwodne i inny sprzęt badawczy. Niezależnie od sposobu funkcjonowania, tj. czy całkowicie autonomicznie, czy jako platforma sterowana zdalnie, jednostka ma być przystosowana do długotrwałego gromadzenia materiału badawczego bez konieczności uzupełniania czy wymieniania załogi. Sprzęt badawczy, w tym i wspomniany bezzałogowy pojazd podwodny będą mogły funkcjonować w pełni autonomicznie gromadząc dane i przekazując je na brzeg celem dalszych analiz.

Jednostka ma mieć 32 metry długości i wyporność 26 ton. Konstrukcja trimarana zapewnia najbardziej wydajną formę kadłuba dla platform o małej prędkości (Rysunek 7). Ogólna konfiguracja kadłuba została zaprojektowana w celu zmniejszenia wpływu wiatru i zdolności utrzymywania paneli fotowoltaicznych wystarczająco wysoko ponad linią wodną, aby zmniejszyć skutki uderzenia fali. Ze względu na brak potrzeby zakwaterowania załogi kadłub środkowy będzie znajdował się lekko pod wodą, natomiast kadłuby boczne będą nieco wyżej i dodatkowo zostaną oddzielone od pokładu. Ten z kolei będzie uniesiony jeszcze wyżej przy pomocy odpowiednich rozpórek. To pozwoli falom przebić się przez jednostkę i znacząco zredukować siłę ich uderzenia.



Rysunek 7. Konfiguracja kadłuba Mayflower Autonomous Ship (MA)

Źródło: (Mayflower Autonomous Ship, 2019).

Jednostka będzie posiadała dwa maszty, co ma pozwolić osiągnąć prędkość około 15 węzłów i zapewnić trzy różne kombinacje w zakresie ustawienia dwóch żagli. Każdy żagiel może być kontrolowany oddzielnie i chowany w czasie jego nieużywania w specjalnym wysięgniku znajdującym się na bomie. Zmniejsza to negatywny wpływ wiatru oraz zwiększa ilość energii słonecznej docierającej do ogniw fotowoltaicznych, zasilających hybrydowy układ napędowy.

7. PROJEKT OCEANALPHA

Projekt małego bezzałogowego statku wykorzystywanego do celów komercyjnych został rozpoczęty przez firmę Oceanalpha we współpracy z Chińskim Towarzystwem Klasyfikacyjnym i Wuhan University of Technology, jego nazwa to Cloudborne (Rysunek 8).



Rysunek 8. Projekt małego bezzałogowego statku Cloudborne

Źródło: (Oceanalpha, 2019).

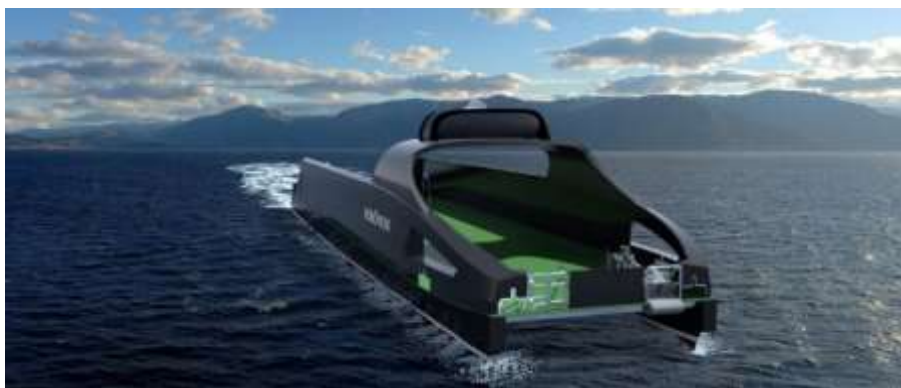
Statek będzie miał wyporność 500 ton, długość kadłuba 50 m oraz napęd elektryczny o zasięgu 500 mil morskich. Firma Oceanalpha liczy, że jednostka ta pozwoli zmniejszyć liczbę incydentów związanych z błędami ludzkimi na morzu, obniżyć koszty pracy i ograniczyć emisję, wykorzystując do napędu energię elektryczną zamiast paliw konwencjonalnych. Sprzyja temu także lżejszy kadłub, co umożliwi zasilanie silników energią zgromadzoną w akumulatorach.

Wspierając potrzeby w zakresie badań i rozwoju małych statków bezzałogowych, zespół projektowy, przy wsparciu władz miejskich Zhuhai, ustanowi przemysłową platformę dla rozwoju zastosowań bezzałogowych. Ma to być po pierwszej na świecie bezzałogowej morskiej placówce badawczej w Norwegii, drugie na świecie i pierwsze w Azji centrum testowania rozwiązań dedykowanych koncepcji żeglugi autonomicznej (Oceanalpha, 2019).

Dodatkowo firma stworzyła prywatną bezprzewodową sieć szerokopasmową, obejmującą swym zasięgiem ujście rzeki Pearl River, która w połączeniu z siecią publiczną tworzy tzw. platformę łączącą dalekiego zasięgu. Dzięki temu możliwe jest sterowanie statkami bezzałogowymi. W przyszłości, wraz z dalszym postępowaniem projektu, planuje się, że kontrolerzy statków z obszarów Guangdong, Hongkongu, Makau i Tai Wan będą mogli zdalnie sterować statkami z bezzałogowego centrum kontroli nawigacji.

8. PROJEKT HRÖNN

Automated Ships Ltd i Kongsberg Maritime w listopadzie 2016 roku podpisały porozumienie o współpracy, której celem jest budowa pierwszego na świecie bezzałogowego i całkowicie autonomicznego statku Hrönn (Rysunek 9).



Rysunek 9. Projekt Hrönn

Źródło: (Kongsberg, 2019b).

Jest to lekki, autonomiczny statek morski mający możliwość obsługi sektora energetycznego, badawczego/hydrograficznego oraz morskiego rybołówstwa i hodowli ryb. Jego planowane zastosowania obejmują między innymi: wsparcie badań i testów ROV i AUV, lekkie intermodalne dostawy, dostawy ładunków do różnego typu morskich instalacji oraz wsparcie dla otwartej hodowli ryb. Statek może być również wykorzystywany jako statek rezerwowy, zdolny do zapewnienia wsparcia przeciwpożarowego platformie morskiej we współpracy ze statkami załogowymi (Kongsberg, 2019b).

Statek będzie pływał jako zdalnie sterowana i monitorowana platforma w trybie sterowania man-on-the-loop. Operator może opracować algorytmy kontrolne podczas zdalnie sterowanych operacji, aby przekształcić statek w jednostkę całkowicie zautomatyzowaną, co ma zapewnić autonomiczność określonych operacji.

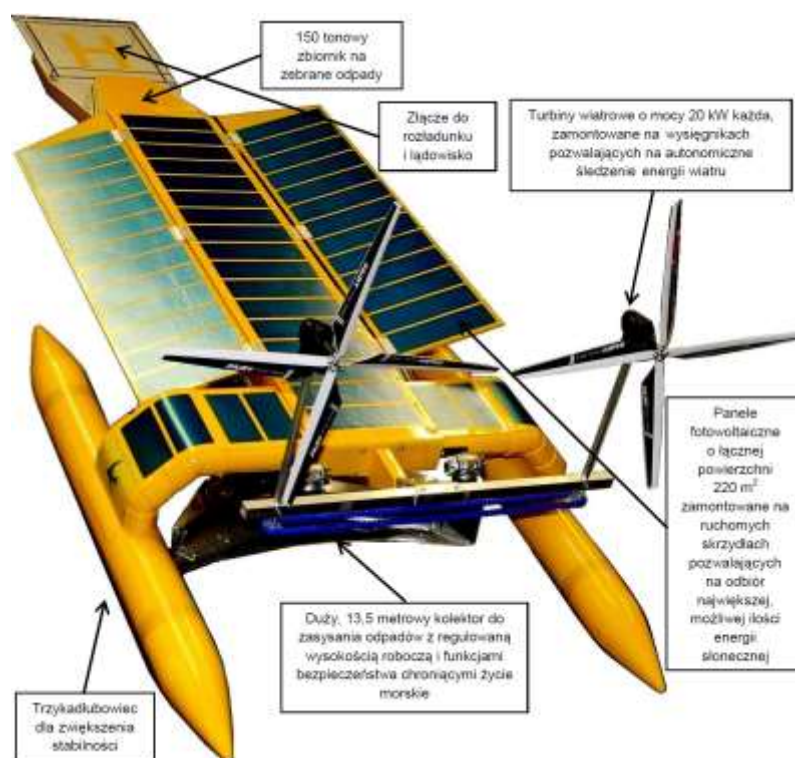
Projekt wykorzystuje zaawansowaną technologię i systemy, aby stworzyć nowoczesną, elastyczną i opłacalną platformę. Planowana długość statku to 37 metrów, co ma zaoferować wystarczająco dużo miejsca do przewozu kontenerów na pokładzie.

9. PROJEKT SEAVAX

Mała brytyjska firma Bluebird Marine Systems, z siedzibą w Herstmonceux w hrabstwie Sussex opracowała projekt (SeaVax) wysoce innowacyjnego i całkowicie autonomicznego typu statku, który mógłby przez dłuższy czas patrolować morza, zbierając różnego rodzaju odpady. Byłby to statek przypominający gigantyczny "odkurzacz morski".

SeaVax ma być około czterdziestometrowym trimaranem, zdolnym do poruszania się bez praktycznie żadnych ograniczeń, co ma się odbywać za pomocą silników elektrycznych zasilanych energią pochodzącą z turbin wiatrowych i szeregu paneli fotowoltaicznych, które pokrywają większą część jego górnej powierzchni. Statkiem będzie można oczywiście sterować zdalnie. Jego podstawowa zdolność to zebranie i przechowywanie do 150 ton odpadów.

Biorąc pod uwagę to, że główne zadanie statku to poprawa stanu środowiska naturalnego, SeaVax będzie również dążyć do ustanowienia nowego standardu skuteczności, z jaką napęd elektryczny może być stosowany na wodzie. Do tej pory, zdaniem projektantów, żaden statek zasilany energią słoneczną nie przekroczył stosunku mocy do masy wynoszącego 0,98 kW na tonę. SeaVax ma na celu zwiększenie tego poziomu wydajności i to nawet kilkukrotnie. 30-tonowa wersja statku osiągnie stosunek 2,2 kW na tonę, a wersja 50 tonowa osiągnie 1,32 kW na tonę. Ale teoretycznie, istnieje jeszcze miejsce na zwiększenie tej wydajności do poziomu do 5-7 kW na tonę (Miss Ocean, 2016). Wybrane szczegóły techniczne statku przedstawiono na Rysunku 10.



Rysunek 10. Wybrane rozwiązania techniczne projektu SeVax

Źródło: Opracowanie i tłumaczenie własne na podstawie (Bluebird Marine Systems LTD, 2019).

Obecnie niektóre szczegóły dotyczące sposobu działania statku pozostają niejawne i stanowią z oczywistych względów tajemnicę przemysłową. Obejmuje to zwłaszcza sposób, w jaki będzie prowadzony rozładunek zgromadzonych odpadów na większy statek transportowy na morzu. Firma twierdzi jednak, że statek użyje techniki "wielofiltracji", która pozwoli jej najpierw zidentyfikować, a następnie poradzić sobie z ogromną różnorodnością zebranego materiału.

10. PODSUMOWANIE

Dokonana analiza rozwoju systemów autonomicznych w żegludze morskiej pozwala tytułem krótkiego podsumowania sformułować następujące syntetyczne wnioski:

- w ostatnich latach prace badawcze i projektowe w zakresie budowy statków autonomicznych wyraźnie przyspieszyły, można spotkać projekty, których członkowie szacują, że jednostki autonomiczne wejdą do eksploatacji już za 3 lata;
- można ze 100% pewnością stwierdzić, że pierwsze statki autonomiczne będą wykorzystywane w żegludze przybrzeżnej, natomiast ich implementacja do zastosowań pełnooceanicznych zajmie jeszcze wiele lat;
- pierwsze jednostki autonomiczne nadal będą wymagać obecności niewielkiej liczby członków załogi na pokładzie, jako ewentualne wsparcie w przypadku napotkanych problemów na morzu, projektuje się nawet tego typu rozwiązania we wstępnej fazie cyklu życia tych jednostek, natomiast po przejściu na pełną autonomię wszystkie elementy związane z obecnością człowieka na pokładzie zostaną z niego usunięte;
- mimo posiadania przez człowieka zaawansowanych technologii m.in. w zakresie nawigacji, sztucznej inteligencji czy komunikacji i łączności nadal nie do końca wiadomo w jaki sposób autonomiczne systemy sterowania statkiem czy systemy antykolizyjne będą podejmowały decyzje w trudnych, niezaprogramowanych sytuacjach, stąd też niezbędne jest wykonanie wielu testów w możliwie różnych stanach otoczenia statku, co na pewno będzie i kosztowne, i czasochłonne;
- w wielu badaniach i symulacjach zwraca się uwagę, że dzięki statkom autonomicznym można praktycznie w całości wyeliminować zagrożenia wypadkami wynikającymi z błędów człowieka. Należy jednak pamiętać, że w brzegowych centrach kontroli człowiek nadal pozostanie i to on będzie nadzorował ruch tych jednostek, a przynajmniej na początku bardzo często także podejmował określone decyzje w sytuacjach, z którymi autonomia statku nie będzie umiała sobie poradzić;
- podkreślenia wymaga także aspekt środowiskowy, pozytywny wpływ stosowania jednostek autonomicznych na środowisko naturalne wynika m.in. z konieczności zastępowania ciężkich paliw paliwami lżejszymi, bardziej czystymi (żegluga przybrzeżna), stosowania do napędu silników elektrycznych czy brakiem konieczności spełniania potrzeb bytowych załogi (kanalizacja, systemy wentylacyjne, klimatyzacyjne itp.);
- niezwykle istotnym, nawet krytycznym elementem decydującym o powodzeniu wprowadzenia koncepcji statków autonomicznych w fazę realizacji jest stworzenie niezawodnego i odpornego na zagrożenia atakami systemu komunikacji i łączności;

- wiele różnych badań wskazuje na uzasadnienie ekonomiczne ery żeglugi autonomicznej, oczywiście w określonych przypadkach atrakcyjność inwestycyjna będzie różna.

LITERATURA

- Adams S.D. (2014). ReVolt – next generation short sea shipping. <https://www.dnvgl.com/news/revolt-next-generation-short-sea-shipping-7279> (stan na dzień 24.04.2019 r.).
- Aro T., Heiskari L. (2017). Challenges of unmanned vessels. Turku.
- Burmeister H.C., Bruhn W., Rodseth O.J., Porathe T. (2014). Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN perspective. http://www.bluebird-electric.net/oceanography/Ocean_Plastic_International_Rescue/SeaVax_Ocean_Clean_Up_Robot_Drone_Ship_Sea_Vacuum.htm (stan na dzień 25.04.2019 r.).
- <http://www.mayflowerautoship.com/> (stan na dzień 24.04.2019 r.).
- <https://imcs.qinetiq.com/projects/autonomous-firefighting-vessel-concept-design.aspx> (stan na dzień 24.04.2019 r.).
- <https://www.dnvgl.com/technology-innovation/revolt/index.html> (stan na dzień 24.04.2019 r.).
- <https://www.dnvgl.com/technology-innovation/revolt/index.html> (stan na dzień 24.04.2019 r.).
- <https://www.flickr.com/photos/rolls-royceplc/25762094962/in/album-72157647334399764/> (stan na dzień 23.04.2019 r.).
- <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2017/yara-and-kongsberg-enter-into-partnership-to-build-worlds-first-autonomous-and/> (stan na dzień 23.04.2019 r.).
- https://www.oceanalpha.com/application_cases/oceanalpha-develops-commercial-shipping-usv/ (stan na dzień 25.04.2019 r.).
- <https://www.ship-technology.com/features/featurebatteries-included-revolt-charges-up-for-short-sea-shipping-4424273/> (stan na dzień 24.04.2019 r.).
- <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2018/02/oceanalpha-develops-commercial-shipping-usv/> (stan na dzień 25.04.2019 r.).
- <https://www.yara.com/this-is-yara/mission-vision-and-values/> (stan na dzień 23.04.2019 r.).
- Rodseth J, Burmeister H.C. (2014). Developments toward the unmanned ship. MUNIN.
- Waterborne TP. (2016). Global trends driving maritime innovation. Antwerp. www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/65865972888D25FAC125805E00281D50?OpenDocument (stan na dzień 25.04.2019 r.).