

## LNG jako alternatywne paliwo dla statków- aspekty techniczne, ekologiczne, ekonomiczne i regulacyjne

### Wstęp

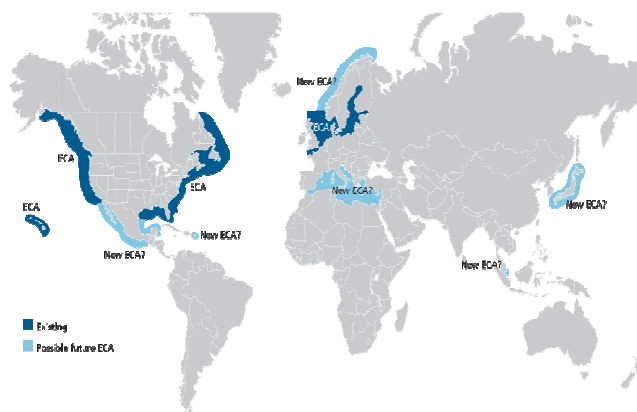
Konieczność dostosowania się do nowych przepisów IMO dotyczących redukcji emisji zanieczyszczeń ze statków (zwłaszcza redukcji emisji tlenków siarki), skłania do poszukiwania alternatywnych rozwiązań dla obecnie stosowanego tradycyjnego paliwa. Taką alternatywą jest wykorzystywanie skroplonego gazu ziemnego (LNG) jako paliwa w jednostkach napędowych statków. Wykorzystywanie LNG w napędach statku nie jest zupełnie nowym rozwiązaniem. Od wielu lat statki przystosowane do przewozu LNG wykorzystują pary przewożonego ładunku do zasilania napędu głównego. Jednakże zastosowanie LNG jako paliwa na innych statkach niż metanowce ma znacznie krótszą historię. Zastosowanie LNG na szerszą skalę w układach napędowych statków niesie za sobą szereg wyzwań. Wyzwania te dotyczą między innymi technicznych aspektów wykorzystania LNG jako paliwa dla statków, stworzenia specjalnych przepisów dotyczących statków zasilanych LNG oraz rozwoju infrastruktury bunkrowej.

### LNG jako ekologiczne paliwo

Głównym motorem prac związanych z zastosowaniem LNG jako paliwa na statkach są przepisy dotyczące ochrony środowiska. Do tych przepisów należą wymogi Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) zawarte w VI załączniku do Konwencji MARPOL 73/78, który to reguluje sprawę zanieczyszczeń atmosfery przez statki, zwłaszcza takich pochodzących ze spalin silników okrętowych. Załącznik ten wprowadza limity zawartości siarki w paliwie bunkrowym oraz limity emisji tlenków azotu z silników okrętowych. Załącznik VI wszedł w życie dnia

19 maja 2005 roku. Natomiast w październiku 2008 roku IMO przyjęła poprawiony Załącznik VI, który wszedł w życie 1 lipca 2010 roku. Stan na dzień 31 sierpnia 2012 roku pokazuje, że 70 państw, których floty handlowe stanowią łącznie 93,29% tonażu światowego ratyfikowało Załącznik VI Konwencji MARPOL.

Załącznik VI wyznacza pewne obszary jako Obszary Kontroli Emisji (*ECA – Emission Control Area*), dla których przyjęto specjalne obostrzone przepisy dotyczące zapobiegania, redukcji i kontroli zanieczyszczenia powietrza przez tlenki azotu lub tlenki siarki i cząstki stałe lub przez wszystkie trzy rodzaje zanieczyszczeń razem. Do obszarów kontroli emisji tlenków siarki (*SECA – Sulphur Emission Control Area*) zaliczono już Morze Bałtyckie (2005 rok) oraz Morze Północne (2006 rok). Obecnie trwają prace mające na celu ustanowienie Morza Bałtyckiego obszarem kontroli emisji tlenków azotu. Ponadto, w marcu 2010 roku na 60 sesji Komitetu Ochrony Środowiska IMO zostały przyjęte poprawki do VI Załącznika konwencji MARPOL, które formalnie ustanawiają Północnoamerykański Obszar Kontroli Emisji  $SO_x$  oraz  $NO_x$  (Rys.1). Rozważane jest także ustanowienie innych obszarów strefami kontroli emisji (między innymi Morze Śródziemne i wody wzdłuż wybrzeża Norwegii).



**Rys. 1. Istniejące i rozważane obszary kontroli emisji zanieczyszczeń przez statki.**

Źródło: <http://blogs.dnv.com/lng/2011/02/lng-for-greener-shipping-in-north-america/>

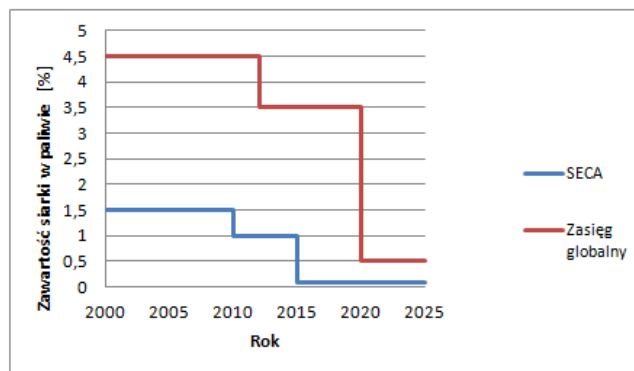
<sup>1</sup> mgr inż. Monika Rozmarynowska, Katedra Transportu i Logistyki, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Gdyni

W celu ograniczenia emisji SO<sub>x</sub> ze statków Załącznik VI wprowadza limity zawartości siarki w paliwie żeglugowym. Limity są różne dla statków eksploatowanych poza obszarami kontroli emisji oraz dla statków eksploatowanych w obszarze kontroli emisji.

Zawartość siarki w paliwie wykorzystywanym przez statki eksploatowane poza obszarami kontroli emisji SO<sub>x</sub>, od 1.01.2012 nie powinna przekraczać 3.5% na jednostkę masy (wcześniej limit ten wynosił 4.5%). Natomiast od 1.01.2020 roku będzie to 0,5% na jednostkę masy (Rys.2). Do roku 2018 zostanie przeprowadzona weryfikacja limitu zawartości siarki w paliwie na poziomie 0,5%. Weryfikacja będzie miała na celu potwierdzenie dostępności na rynku paliwa spełniającego to wymaganie. Międzynarodowa Organizacja Morska powoła specjalną grupę ekspertów, która sprawdzi możliwość wprowadzenia tego limitu w życie, mając na uwadze aktualny popyt i podaż na globalnym rynku paliwowym oraz przyszłe trendy w tym zakresie. Na bazie zgromadzonych informacji, strony zadecydują, czy statki będą w stanie dostosować się do przepisów w wymaganym terminie. Jeśli nie będzie to możliwe, limit ten zacznie obowiązywać od 1.01.2025 roku.

Bardziej rygorystyczne przepisy w zakresie zawartości siarki w paliwie żeglugowym dotyczą obszarów kontroli emisji SO<sub>x</sub>. Od 1 lipca 2010 roku w tych obszarach limit zawartości siarki w paliwie wynosi 1,0% (wcześniej wynosił on 1,5%), jednakże od 2015 roku ma być on 10 razy mniejszy i wynosić 0,1%.

Warto zauważyć, że już od 1 stycznia 2010 statki cumujące w portach Wspólnoty Europejskiej nie powinny stosować paliw żeglugowych o zawartości siarki przekraczającej 0,1% na jednostkę masy. Takie wymaganie zawarte są w Dyrektywie 1999/32/WE<sup>2</sup> Parlamentu Europejskiego i Rady w zakresie zawartości siarki w paliwach żeglugowych zmienionej dyrektywami 2005/33/WE oraz 2009/30/WE.



**Rys. 2. Limity zawartości siarki w paliwie żeglugowym**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: MARPOL 73/78, Annex VI, Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships, IMO

Kryteria stosowalności przepisów dotyczących emisji tlenków azotu odnoszą się do zamontowanych na statkach silników. W Załączniku VI definiuje się trzy poziomy emisji tlenków azotu dla silników, w zależności od daty konstrukcji statku, na którym silnik został zainstalowany. Poziomy te określane są jako Tier I, Tier II i Tier III.

Poziom I dotyczy silników zamontowanych na statkach zbudowanych 1.01.2000 roku lub po tej dacie ale przed 1.01.2011 roku. Limity emisji NO<sub>x</sub> dla takich silników wynoszą odpowiednio:

- 17,0 g/kWh gdy prędkość obrotowa jest mniejsza niż 130 [obr/min];
- $45 \cdot n^{(-0.2)}$  g/kWh gdy prędkość obrotowa jest równa bądź większa 130 [obr/min] a mniejsza niż 2000 [obr/min];
- 9,8 g/kWh gdy prędkość obrotowa jest równa i większa 2000 [obr/min].

gdzie: n – prędkość obrotowa [obr/min].

Poziom II dotyczy silników zamontowanych na statkach zbudowanych 1.01.2011 roku i później. Limity emisji NO<sub>x</sub> dla takich silników wynoszą odpowiednio:

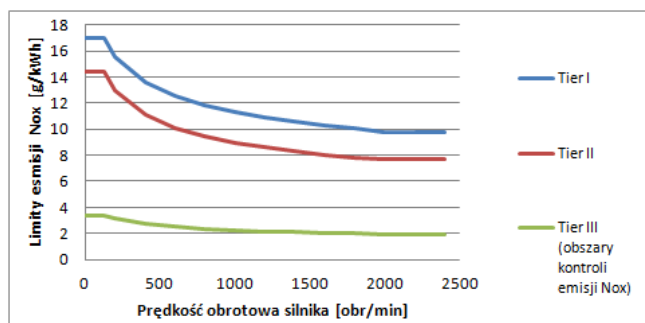
- 14,4 g/kWh gdy prędkość obrotowa jest mniejsza niż 130 [obr/min];
- $44 \cdot n^{(-0.23)}$  g/kWh gdy prędkość obrotowa jest równa bądź większa 130 [obr/min] a mniejsza niż 2000 [obr/min];
- 7,7 g/kWh gdy prędkość obrotowa jest równa i większa 2000 [obr/min].

gdzie: n – prędkość obrotowa [obr/min]

Poziom III będzie miał zastosowanie wyłącznie dla statków eksploatowanych w obszarach kontroli emisji NO<sub>x</sub>. Limity te będą dotyczyć silników zamontowanych na statkach zbudowanych 1.01.2016 roku lub później i będą wynosić:

<sup>2</sup> Wymagania Dyrektywy 1999/32/WE wraz ze zmianami zostały wdrożone do polskiego prawa rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 25 marca 2009 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości siarki w paliwie żeglugowym (Dziennik Ustaw nr.58, poz.477).

1. 3,4g/kWh gdy prędkość obrotowa jest mniejsza niż 130 [obr/min];
2.  $9 \cdot n^{(-0,2)}$  g/kWh gdy prędkość obrotowa jest równa bądź większa niż 130 [obr/min], a mniejsza niż 2000 [obr/min];
3. 2,0 g/kWh gdy prędkość obrotowa jest równa i większa 2000 [obr/min].



Rys. 3. Limity emisji No<sub>x</sub>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: MARPOL 73/78, Annex VI, Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships, IMO

Dostosowanie się do nowych przepisów będzie wymagało zastosowania znacznie droższego oleju napędowego żeglugowego (MGO) zamiast paliwa ciężkiego lub w przypadku stosowania paliwa ciężkiego o zawartości siarki większej niż dozwolona konieczne będzie zainstalowanie na pokładzie statku instalacji odsiarczających tzw. skruberów. Jednakże pierwsze z wymienionych rozwiązań będzie się wiązało ze zwiększonymi kosztami eksploatacyjnymi (wyższa cena paliwa MGO) natomiast drugie rozwiązanie z dodatkowymi wyzwaniem technicznymi jakie niesie za sobą zainstalowanie skrubera. Dlatego też nowe przepisy skłaniają do poszukiwania alternatywnych rozwiązań dla obecnie stosowanego tradycyjnego paliwa. Taką alternatywą jest wykorzystywanie skroplonego gazu ziemnego (LNG) jako paliwa w jednostkach napędowych statków. Zastosowanie paliwa LNG pozwoli sprostać wymaganiom przepisów IMO.

Skroplony gaz ziemny powstaje w wyniku obniżenia temperatury gazu ziemnego do około -162°C. Skraplanie gazu ziemnego wiąże się z bardzo dokładnym jego oczyszczeniem, przede wszystkim z dwutlenku węgla oraz wody. Skroplony gaz ziemny ma objętość około 600 razy mniejszą niż w stanie gazowym. Po skropleniu otrzymuje się bardzo czyste, bezbarwne i bezwonne paliwo, bez właściwości toksycznych i korozyjnych. Głównym składnikiem skroplonego gazu ziemnego jest metan (CH<sub>4</sub>) - około 90-95%, oprócz metanu LNG zawiera etan i propan oraz bardzo niewielkie ilości wyższych alkanów. LNG nie zawiera

praktycznie siarki oraz metali ciężkich jak np. kobalt, ołów, rtęć, dlatego też podczas spalania nie tworzą się tlenki siarki, pyły oraz nie powstają stałe odpady spalania jak żużel, popiół, czy sadze.

W porównaniu z tradycyjnymi paliwami stosowanymi na statkach spalany gaz ziemny emituje znacznie mniej tlenków azotu oraz dwutlenku węgla. W wyniku spalania LNG powstaje około 85-90% mniej emisji tlenków azotu oraz 15-25% mniej emisji dwutlenku węgla (Tabela 1) niż w przypadku spalania paliw konwencjonalnych.<sup>3</sup>

Tabela 1. Szacunkowe wielkości emisji zanieczyszczeń powstałych w wyniku spalania LNG i tradycyjnych paliw bunkrowych\*.

Typ paliwa	SOx (g/kWh)	NOx(g/kWh)	Cząstki stałe (g/kWh)	CO <sub>2</sub> (g/kWh)
Paliwo ciężkie - HFO (zawartość siarki -3.5 %)	13	9-12	1,5	580-630
Olej żeglugowy typu diesel - MDO (zawartość siarki - 0.5 %)	2	8-11	0,25-0,5	580-630
Olej napędowy żeglugowy - MGO (zawartość siarki - 0.1 %)	0.4	8-11	0,15-0,25	580-630
Skroplony gaz ziemny - LNG	0	2	~0	430-480

\* Wielkości emisji pokazana jest dla typowego silnika średnioobrotowego skonstruowanego po roku 2000, bez systemu oczyszczania spalin. Wielkość emisji może się różnić w zależności od jakości paliwa i typu silnika.

Źródło: Maritime Gas Fuel Logistics. Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas, MAGALOG, 2008.

### Wyzwania i koszty związane z zastosowaniem napędu LNG

Wykorzystywanie LNG w napędach statku nie jest zupełnie nowym rozwiązaniem. Od wielu lat statki

<sup>3</sup> Greener Shipping in the Baltic Sea, DNV, 2010.

przystosowane do przewozu LNG wykorzystują pary przewożonego ładunku do zasilania napędu głównego. Takie rozwiązania stosowane były już przez pierwsze metanowce w latach 60-tych. Zastosowanie LNG jako paliwa na innych statkach niż metanowce ma znacznie krótszą historię i pierwsze tego typu rozwiązania przypadają na początek XXI wieku

Silniki okrętowe wykorzystujące jako paliwo LNG oferowane są obecnie między innymi przez takich producentów jak: Wärtsilä, Rolls-Royce, MAN Diesel i Mitsubishi Heavy Industries. Wyróżnić można dwie zasadnicze grupy silników spalinowych zasilanych skroplonym gazem ziemnym: jednopaliwowe o zapłonie iskrowym oraz dwupaliwowe. Silniki jednopaliwowe o zapłonie iskrowym są zasilane wyłącznie gazem. Początek rozwoju tego rodzaju silników przypada na wczesne lata 90-te ubiegłego stulecia. Wykorzystanie silników jednopaliwowych może stanowić dobre rozwiązanie dla statków eksploatowanych w obszarach o dobrze rozwiniętej sieci stacji bunkrowych. Silniki dwupaliwowe natomiast wykorzystują gaz ziemny jako główne paliwo oraz olej napędowy jako paliwo dodatkowe, inicjujące zapłon. Silnik taki może być także w dowolnej chwili przełączony z trybu gazowego na tryb olejowy, bez konieczności zatrzymania silnika. Silniki te posiadają bardziej skomplikowaną konstrukcję w porównaniu do silników jednopaliwowych, stanowią dobre rozwiązanie na statkach operujących w regionach, w których sieć stacji bunkrowych nie jest dostatecznie rozwinięta.

Istotną kwestią stanowiącą wyzwanie związane z użyciem LNG jako paliwa na statkach jest wymagana znacznie większa niż w przypadku tradycyjnych paliw okrętowych przestrzeń na zbiorniki paliwowe. Objętość zbiorników na LNG musi być około 1,8 razy większa niż objętości zbiorników na MDO o równoważnej wartości energetycznej. Ponadto zastosowanie niezbędnej izolacji zbiorników LNG powoduje, że wymagana przestrzeń jest 2,3 razy większa. Dodatkowo istnieje konieczność zastosowania zbiorników o kształcie cylindrycznym, co w rezultacie sprawia, że wymagana przestrzeń na statku musi być około 4 razy większa<sup>4</sup>. Można się spodziewać, że właśnie z powodu dość dużej przestrzeni wymaganej na zbiorniki paliwowe, LNG jako paliwo będzie wykorzystywane przede wszystkim przez statki operujące na krótkich

dystansach. By nie tracić zbyt dużej przestrzeni na statku, objętość zbiorników będzie ograniczona, a co za tym idzie statki zasilane LNG będą wymagały częstego bunkrowania. LNG jako paliwo jest zatem najbardziej odpowiednie dla statków żeglugi bliskiego zasięgu takich jak promy, ro-ro, a także dla jednostek offshore, jednostek patrolowych, czy holowników.

Badania przeprowadzone przez MARINTEK wykazały, że koszt budowy statków napędzanych LNG może być około 10-15% większy niż koszt budowy statków zasilanych konwencjonalnym paliwem. Dla statku ro-ro o nośności 5600 DWT dodatkowy koszt może wynieść zatem około 3,2 miliona Euro. Jest on głównie związany z konstrukcją zbiorników LNG i systemem paliwowym<sup>5</sup>.

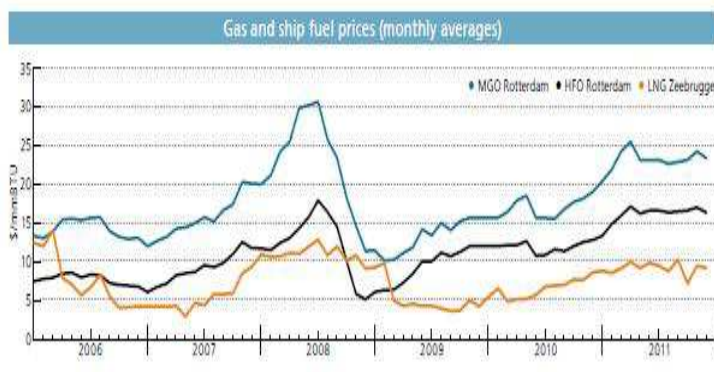
Jednakże dodatkowe koszty mogą się zwrócić w dłuższej perspektywie czasu, w trakcie eksploatacji jednostki, zarówno dzięki zastosowaniu tańszego paliwa, jak również oszczędności wynikających z braku konieczności stosowania dodatkowych rozwiązań związanych z oczyszczaniem spalin, jakie będą konieczne w przypadku stosowania paliw o wyższej zawartości siarki. Trudno oszacować jaka będzie cena LNG jako paliwa statkowego w przyszłości, gdyż obecnie nie jest ono sprzedawane na szerszą skalę jako paliwo bunkrowe. Jak się jednak okazuje, na przestrzeni ostatnich 2 lat 1 milion BTU<sup>6</sup> LNG był o około 40-60% tańszy od paliwa ciężkiego (HFO) o tej samej wartości energetycznej. Cena 1 miliona BTU LNG w porównaniu z paliwem MGO była za to o 60-70% niższa. Relacje cen (oparte o wartość energetyczną podaną w milionach BTU) LNG oraz konwencjonalnych paliw (Rys.4) wskazują na to, że stosowanie LNG jako paliwa na statku może przyczynić się do redukcji kosztów paliwowych, które w zależności od typu statków stanowią około 30-50% kosztów operacyjnych. DNV oszacowało, że koszty operacyjne statku napędzanego LNG mogą być o 35% mniejsze niż koszty operacyjne statku zasilanego MGO w perspektywie czasowej 10 lat. Natomiast w perspektywie 20 lat, koszty te mogą być mniejsze aż o 45%.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> *Natural gas for ship propulsion in Denmark - Possibilities for using LNG and CNG on ferry and cargo router*, Environmental Project No. 1338, Danish Ministry of the Environment, 2010

<sup>5</sup> *Maritime Gas Fuel Logistics. Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas*, MAGALOG, 2008

<sup>6</sup> BTU- British Thermal Unit- jednostka energii, 1 BTU to ilość energii potrzebna do podniesienia temperatury jednego funta wody o jeden stopień Fahrenheita.

<sup>7</sup> *The age of LNG is here. Most cost efficient solution for ECAs*, DNV, 2010.



**Rys. 4. Historyczne ceny paliw bunkrowych i LNG**

Źródło: *Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels - Key results from a GL and MAN joint study*, Germanischer Lloyd, 2012



**Rys. 5. Prom Moldefjord – zasilany LNG**

Źródło: <http://www.remontowa.pl/index.php?n=429>

## Statki zasilane LNG

Obecnie w eksploatacji jest ponad 20 jednostek (innych niż statki do przewozu skroplonego gazu ziemnego), które jako paliwo wykorzystują LNG. Praktycznie wszystkie tego typu statki eksploatowane są na wodach Norwegii i są sklasyfikowane przez DNV. Są to głównie nieduże jednostki, wśród których można wyróżnić: promy pasażersko – samochodowe, holowniki, statki patrolowe, czy też jednostki offshore typu PSV (*Platform Supply Vessel* – statek zaopatrujący platformy wiertnicze). Pierwszym w historii statkiem napędzanym gazem był prom *Glutra*, który należy do norweskiego armatora Fjord1. Prom został zbudowany w 2000 roku. Statek ma długość 94,8 metrów, szerokość – 15,7 metrów i może pomieścić 300 pasażerów i 86 samochodów. Jest on wyposażony w silnik o mocy 2700 kW i dwa zbiorniki LNG o pojemności 32 m<sup>3</sup>.<sup>8</sup>

Warto zauważyć, że cztery siostrzane promy zasilane LNG (*Moldefjord*, *Fannefjord*, *Romsdalsfjord*, *Korsfjord*), należące do armatora Fjord1 zostały wybudowane w Gdańskiej stoczni REMONTOWA (Rys.5). Statki mają długość 122,7 metrów, szerokość – 16,2 metry i mogą pomieścić 390 pasażerów i 125 samochodów osobowych lub 12 zestawów drogowych (trailerów z ciągnikami) i 55 samochodów. Promy posiadają jeden zbiornik na paliwo LNG o pojemności 125 m<sup>3</sup>.<sup>9</sup>

Do roku 2013 około 20 kolejnych jednostek na paliwo LNG ma zostać oddanych do eksploatacji. Przeważnie mają to być promy pasażersko – samochodowe oraz jednostki offshore, ale także pierwsze zasilane LNG statki typu ro-ro.

Pierwsze napędzane paliwem LNG statki typu ro-ro zostały zamówione przez norweskiego armatora Sea Cargo w hinduskiej stoczni Bharati. Dwie siostrzane jednostki mają zostać oddane do eksploatacji w 2012 roku. Statki o nośności 5900 DWT będą miały 132,8 metra długości i 18 metrów szerokości. Jednostki będą posiadać silnik Rolls Royce'a o mocy 5250 kW oraz 2 zbiorniki na LNG o pojemność 240 m<sup>3</sup> każdy i będą zatrudnione w serwisie pomiędzy Norwegią a Wielką Brytanią oraz krajami Europy Północnej. W 2013 roku natomiast do eksploatacji mają trafić inne dwie jednostki ro-ro zasilane LNG, które budowane są dla norweskiego armatora Nor Lines. Ponadto w stoczni Incat w Australii budowa jest pierwsza szybka jednostka typu ro-pax. Statek osiągający średnią prędkość 50 węzłów pomieści 1000 pasażerów oraz 153 samochody osobowe. Jednostka ma zostać oddana do eksploatacji w 2012 roku. Natomiast w roku 2013 ma zostać oddany do eksploatacji największy prom napędzany LNG (pojemność brutto - 57000 GT), który będzie operować pomiędzy portami Finlandii i Szwecji. Jednostka będzie mieć 214 metrów długości i pomieści 2800 pasażerów. Prom został zamówiony przez fińskiego armatora Viking Line i ma być budowany w stoczni w Turku. Statek będzie wyposażony w silniki Wärtsilä o łącznej mocy 30400 kW.

<sup>8</sup> <http://www.fjord1.no/en/default.asp?page=1951>

<sup>9</sup> <http://www.remontowa.pl/index.php?n=429>

## **Przepisy i standardy dotyczące statków napędzanych LNG**

Pierwszym towarzystwem klasyfikacyjnym, które opracowało przepisy dotyczące certyfikacji statków napędzanych gazem ziemnym było Det Norske Veritas (DNV). Pierwsze przepisy zostały wydane w roku 2001. Natomiast w 2010 Germanischer Lloyd (GL) wydał wytyczne dotyczące użycia gazu jako paliwa na statkach. Przepisy te dotyczą wszystkich jednostek, z wyłączeniem gazowców. Wytyczne te mają być stosowane w połączeniu z odpowiednimi przepisami konwencji SOLAS z 1974 r. oraz Protokołu z 1988 r.

Obecnie IMO pracuje nad stworzeniem Międzynarodowego Kodeksu dotyczącego statków napędzanych gazem ziemnym (IGF Code). Planuje się, że nowy kodeks będzie obowiązywał od 2014 roku. Kodeks ma regulować następujące zagadnienia: magazynowanie paliwa, zaopatrzenie klientów w paliwo, bunkrowanie, struktura statku, ochrona przeciwpożarowa, bezpieczeństwo przeciwybuchowe, wentylacja, instalacje elektryczne, system sterowania monitoringu i bezpieczeństwa, wymagania operacyjne.

W czerwcu 2009 roku Komitet Bezpieczeństwa na Morzu IMO (IMO Committee on Maritime Safety) przyjął rezolucję MSC 285(86) – *Tymczasowe wytyczne dotyczące bezpieczeństwa instalacji silników zasilanych gazem ziemnym na statkach (Interim Guidelines on Safety for Natural Gas-Fuelled Engine Installations in Ships)*. Wytyczne te stanowią tymczasowy środek regulacji do czasu opracowania kodeksu IGF. Dokument pomoże armatorom i stoczniom przygotować się do wprowadzania gazu jako paliwa okrętowego. W dokumencie zawarte są kryteria projektowe i montażowe dla układów napędowych statków zasilanych gazem ziemnym, które zapewnią równoważny poziom bezpieczeństwa i niezawodności jak ten, który można osiągnąć przez nowe i porównywalne konwencjonalne silniki główne i mechanizmy pomocnicze zasilane paliwem olejowym.

Innym obszarem regulacji związanym z zastosowaniem LNG jako paliwa na statkach jest operacja bunkrowania jednostek paliwem LNG. Aktualnie bunkrowanie jednostek napędzanych LNG odbywa się przy nabrzeżu z lądowych instalacji lub z cystern samochodowych. Trwają także prace nad rozwojem możliwości bunkrowania w relacji statek- statek oraz opracowywane są przepisy w tym zakresie. Swedish Marine Technology Forum przy współpracy z Linde Cryo AB, FKAB Marine Design, Det Norske Veritas AS, LNG GOT, White Smoke AB opracowało doku-

ment określający procedury dotyczące bunkrowania statków paliwem LNG w relacji statek – statek. Dokument dotyczy zarówno przebiegu procesu bunkrowania, jak również technicznych rozwiązań niezbędnych do realizacji bunkrowania w relacji statek – statek. Cała koncepcja została zaakceptowana i zatwierdzona przez DNV. Dokument ma stanowić podstawę do stworzenia międzynarodowych standardów bezpiecznego i sprawnego bunkrowania statków paliwem LNG. Dokument zawiera wytyczne dotyczące bezpieczeństwa, komunikacji, operacji wykonywanych przed bunkrowaniem, operacji wykonywanych podczas bunkrowania, operacji wykonywanych po bunkrowaniu, wyposażenia potrzebnego do bunkrowania, operacji awaryjnych.

## **Bunkrowanie**

Upowszechnienie LNG jako paliwa statkowego wymaga rozwoju rozwiązań związanych z operacją bunkrowania statków. Można rozważać zastosowanie trzech zasadniczych opcji:<sup>10</sup>

1. Bunkrowanie z instalacji nabrzeżnych
2. Bunkrowanie z cystern samochodowych
3. Bunkrowanie w relacji statek - statek

Pierwsze dwa rozwiązania są obecnie stosowane w Norwegii. W pierwszym przypadku statek bunkrowany jest przy nabrzeżu z instalacji nabrzeżnej składającej się ze zbiorników LNG i systemu rur. Obecnie w Norwegii w trzech lokalizacjach istnieje możliwość bunkrowania statków w ten sposób (zakład skraplania gazu w Kollsnes, CCB Ågotnes Offshore Base i nabrzeże promowe Halhjem). W Kollsnes bunkrowane są jednostki straży przybrzeżnej, w CCB Ågotnes Offshore Base - jednostki offshorowe, natomiast przy nabrzeżu Halhjem – promy. Stacja bunkrowania przy nabrzeżu Halhjem wyposażona jest w dwa zbiorniki LNG o pojemności 500 m<sup>3</sup> każdy. Zbiorniki te mogą być uzupełnianie skroplonym gazem ziemnym poprzez statki lub cysterny samochodowe. Bunkrowane promy posiadają dwa zbiorniki paliwowe o pojemności 120 m<sup>3</sup>. Cały proces odbywa się z szybkością 100 m<sup>3</sup> na godzinę.

W drugim przypadku proces bunkrowania również odbywa się przy nabrzeżu ale z cystern samochodowych. To rozwiązanie umożliwia bunkrowanie statków w dowolnej lokalizacji, jednakże jest bardziej

<sup>10</sup> *Maritime Gas Fuel Logistics. Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas*, MAGALOG, 2008

czasochłonne. Proces bunkrowania z jednej cysterny samochodowej o pojemności około 55 m<sup>3</sup> trwa zwykle 1,5 godziny<sup>11</sup>, co oznacza, że napełnienie dwóch zbiorników statkowych o pojemności 120 m<sup>3</sup> może zająć około 6,5 godziny.

Trzecia opcja nie jest na razie stosowana. Obecnie trwają prace nad stworzeniem przepisów określających warunki i możliwości bunkrowania statków napędzanych LNG w relacji statek-statek.

W perspektywie kilku najbliższych lat w obszarze SECA planowana jest budowa kilku terminali LNG małej skali spełniających funkcje stacji bunkrowania statków napędzanych LNG. Terminal taki powinien być przystosowany do odbioru skroplonego gazu ziemnego z metanowców i dalszej jego dystrybucji jako paliwa na statki. Stacje bunkrowe będą mogły być zaopatrywane w paliwo LNG przez dużej skali lokalne terminale importowe LNG, warunkiem koniecznym jest jednak posiadanie przez terminale importowe instalacji umożliwiających re-export. W regionie SECA obejmującym Morze Bałtyckie i Morze Północne funkcjonuje obecnie 5 terminali importowych (jeden w Belgii, jeden w Holandii, dwa w Wielkiej Brytanii i jeden w Szwecji), a jeden terminal jest obecnie w budowie (Świnoujście). Ponadto budowa terminali importowych LNG jest rozważana przez następujące państwa obszaru SECA: Francję, Litwę, Łotwę i Estonię.

Jeśli chodzi o stacje bunkrowe LNG, budowa tego typu obiektów planowana jest w Hirtshals (Dania), w Naantali (Finlandia) oraz Goteborgu (Szwecja). Plany budowy stacji bunkrowej LNG w porcie Hirtshals wynikają z zamierów Fjord Line, która zapowiada chęć włączenia do eksploatacji dwóch promów napędzanych LNG w serwisie między Norwegią a Hirtshals. Terminal miałby zostać oddany do użytku w 2012 roku<sup>12</sup>. W Finlandii natomiast, Gasum – główny operator fińskich gazociągów - planuje budowę stacji bunkrowania w porcie Naantali. Stacja ta byłaby wykorzystywana do bunkrowania nowego promu napędzanego LNG, który ma być włączony do eksploatacji przez Viking Line w 2013 roku. Wtedy też stacja miałaby zostać oddana do użytku. Natomiast projekt dotyczący budowy stacji bunkrowej w Goteborgu został zainicjowany przez Göteborg Energi oraz port Goteborg. Później do współpracy dołączył Gasnor. W 2010 roku Göteborg Energi i Gasnor utworzyli nową spółkę *LNG GOT*,

która ma zarządzać terminalem. Proponowana pojemność terminalu wynosi 10 000 - 15 000 m<sup>3</sup>. Planuje się, że obiekt zostanie oddany do eksploatacji w 2013 roku.<sup>13</sup>

Można zakładać, że w perspektywie najbliższych 10 lat terminale LNG niedużej skali, spełniające funkcję stacji bunkrowania dla statków powstaną w wielu innych portach w obszarze SECA. Zakłada się, że to głównie statki żeglugi bliskiego zasięgu (takie jak promy czy ro-ro) będą zasilane LNG. Dlatego też można się spodziewać, że stacje bunkrowania powstaną tam gdzie jest gęsta sieć połączeń liniowych. Ponadto, powstanie stacji bunkrowania w określonych portach będzie z pewnością silnie związane z decyzjami armatorów dotyczącymi włączenia do eksploatacji statków napędzanych LNG.

## Wnioski

LNG jako paliwo bardziej ekologiczne oraz tańsze niż tradycyjne paliwa bunkrowe cieszy się coraz większym zainteresowaniem wśród armatorów, których statki operują na obszarach objętych obostrzeniami przepisami dotyczącymi redukcji emisji tlenków siarki. W przeciągu 2 lat (2012-2013) blisko 20 jednostek zasilanych LNG i przeznaczonych na wody obszarów SECA ma zostać oddanych do eksploatacji. Jednakże zastosowanie LNG na szeroką skalę w układach napędowych statków nie jest oczywiste. Przede wszystkim można przypuszczać, że z powodu dość dużej przestrzeni wymaganej na zbiorniki paliwowe, LNG jako paliwo będzie wykorzystywane przede wszystkim przez statki operujące na krótkich dystansach. By nie tracić zbyt dużej przestrzeni na statku, objętość zbiorników będzie ograniczona, a co za tym idzie statki zasilane LNG będą wymagały częstego bunkrowania. Konieczne zatem będzie powstanie sieci stacji bunkrowych w portach. Ponadto niezbędne jest, aby zostały stworzone międzynarodowe przepisy regulujące kwestie bezpieczeństwa instalacji silników zasilanych gazem ziemnym na statkach bunkrowania takich statków.

## Streszczenie

W artykule poruszono kwestie związane z wyzwaniami jakie niesie za sobą szersze zastosowanie

<sup>11</sup>*Ibid.*

<sup>12</sup><http://www.portofhirtshals.com/default.aspx?m=4&i=125&pi=2&pr=0>

<sup>13</sup> <http://www.lnggot.com/about/>

LNG w napędach statków innych niż metanowce. Wyzwania te dotyczą między innymi technicznych aspektów wykorzystania LNG jako paliwa dla statków, stworzenia specjalnych przepisów dotyczących statków zasilanych LNG oraz rozwoju infrastruktury bunkrowej.

13. <http://www.portofhirtshals.com/default.aspx?m=4&i=125&pi=2&pr=0>  
<http://www.remontowa.pl/index.php?n=429>

### **Abstract**

---

*In the article some issues related to the challenges connected with the wider use of LNG as ship's fuel (on other ships than LNG carriers) have been presented. These challenges are related, inter alia, to the technical aspects of use of LNG as ship's fuel, the creation of the special regulations for LNG fuelled ships, development of infrastructure for distribution of LNG to ships.*

### **Literatura**

---

1. *Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels -Key results from a GL and MAN joint study*, Germanischer Lloyd, 2012
2. *Greener Shipping in the Baltic Sea*, DN, 2010.
3. **MARPOL 73/78, Annex VI, Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships**, IMO
4. *Maritime Gas Fuel Logistics. Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas*, MAGALOG, 2008.
5. *Natural gas for ship propulsion in Denmark - Possibilities for using LNG and CNG on ferry and cargo router*, Environmental Project No. 1338, Danish Ministry of the Environment, 2010
6. *Perspectives for this decade's exhaust gas legislation; LNG as a "one-stop" compliance option*, DNV, 2011
7. *The age of LNG is here. Most cost efficient solution for ECAs*, DNV, 2010.

#### **Strony internetowe:**

8. <http://blogs.dnv.com/lng/2011/02/lng-for-greener-shipping-in-north-america/>
9. [http://cnss.no/wpcontent/uploads/2011/01/CNSS\\_WP4\\_2010-12-17\\_-Finn-Vogler01.pdf](http://cnss.no/wpcontent/uploads/2011/01/CNSS_WP4_2010-12-17_-Finn-Vogler01.pdf)
10. <http://www.cruiseindustrynews.com/cruise-news/4907-122210-stx-and-viking-line-to-build-lng-ferry.html>
11. <http://www.fjord1.no/en/default.asp?page=1951>
12. <http://www.lnggot.com/about/>