

Ewelina CHŁOPIŃSKA, Wojciech ŚLĄCZKA

EUROPEJSKI RYNEK TERMINALI LNG SPEŁNIAJĄCYCH FUNKCJE STACJI BUNKROWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę dynamicznie rozwijającego się w Europie i na Świecie rynku paliwa LNG w szczególności jako paliwa żeglugowego. Opisano sposoby bunkrowania paliwa LNG odnosząc się do jednostek odbywających podróże morskie, oceaniczne jak i przybrzeżne. Dokonano również analizy łańcucha dostaw paliwa LNG na stale rozwijającym się rynku światowym. Przedstawiono znaczenie terminali LNG już istniejących oraz znajdujących się w fazie projektowo- konstrukcyjnej.

WSTĘP

Skroplony gaz ziemny (LNG – ang. Liquefied Natural Gas) znalazł szeroki wachlarz zastosowań w różnych segmentach transportu morskiego, rynku pojazdów oraz dziedzinach przemysłu. Gaz w postaci paliwa LNG ze względu na szereg zalet (bezpieczne, czyste paliwo) wykorzystywany jest między innymi jako napęd pojazdów oraz jednostek pływających.

Ze względu na prosty proces zmiany stanu skupienia oraz dostępność w różnych rejonach świata zauważa się wzrost znaczenia tego paliwa w gospodarce rynkowej całego świata. Naturalny gaz poprzez swoją elastyczność przepływu, osiągnął największe zainteresowanie w krajach nie posiadających sieci gazociągów umożliwiających poprawny jego przepływ a jego magazynowanie jest niemożliwe ze względu na brak występowania warunków umożliwiających jego przechowywanie.

Poprzez stałą rozbudowę infrastruktury portowej (budowę i modernizację terminali LNG) i budowę stacji bunkrowania gazu zwiększa się jego przepustowość. Stanowi to źródło konkurencyjnych cen wytwarzanej energii, która jest w stanie spełnić potrzeby gospodarcze na wszystkich kontynentach świata.

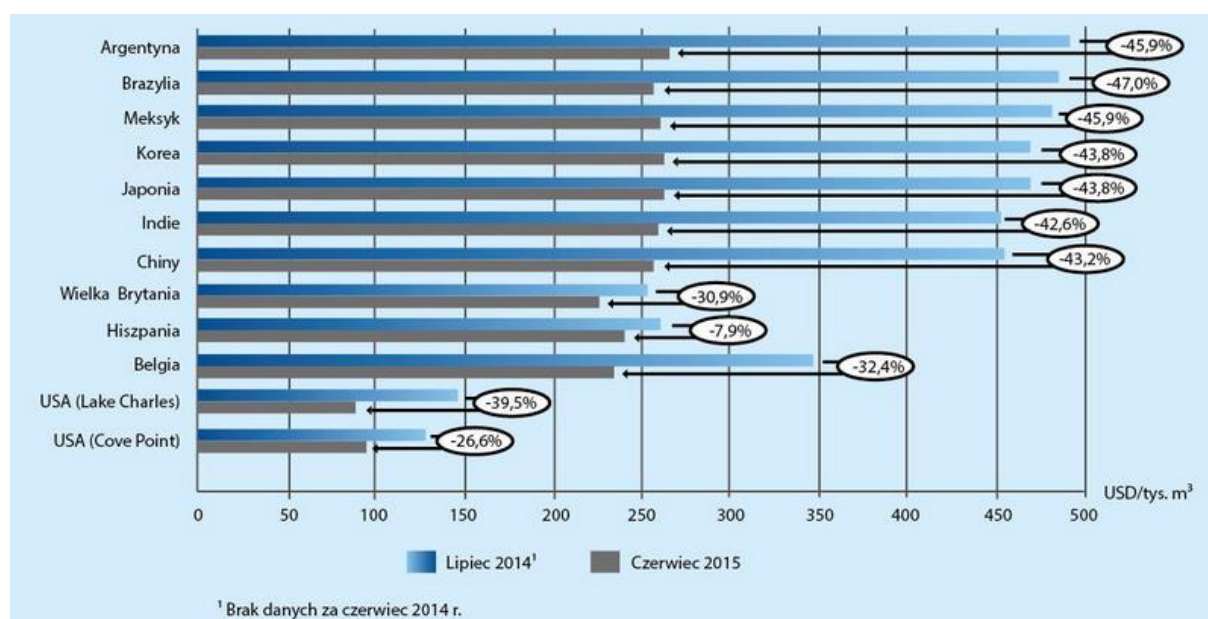
1. RYNEK PALIWA LNG

Światowe dostawy paliwa LNG głównie pochodzą z krajów, które posiadają duże złoża gazu ziemnego. Do tych krajów zaliczamy, np.: Australię, Malezję, Nigerię oraz Katar.

Paliwo LNG wykorzystywane w dystrybucji pochodzi z odnawialnych źródeł gazu ziemnego. Za pośrednictwem cystern dostarczany jest do zakładów skraplania gdzie odbywa się faza kondensacji. Kolejnym etapem jest dostarczenie skroplonego paliwa LNG (również przez cysterny) np. do stacji dozujących paliwo, które wykorzystują pojazdy transportu miejskiego.

Zapotrzebowanie na paliwo LNG głównie wynika z możliwości zastosowania jego w transporcie jako paliwo napędowe dla silników różnych jednostek, konkurencyjności cenowej (rozbudowa jednostek pływających – metanowców) oraz lokalizacji złóż (występowanie w różnych rejonach świata), do których mają utrudniony dostęp końcowi odbiorcy gazu. Ponadto, wyróżnić również można takie zalety jak:

- niska cena paliwa (rys.1) oraz niskie koszty transportu i przechowywania,
- elastyczność dostaw,
- wydajność,



Rys. 1. Ceny LNG na świecie [9]

- LNG jako czyste paliwo (brak właściwości toksycznych i korozyjnych oraz możliwości skażenia) stanowi niską szkodliwość dla środowiska naturalnego – szczególnie ważne dla krajów gęsto zaludnionych),
- wysokie bezpieczeństwo (w kontakcie z powietrzem odparowuje i rozrzedza się),
- właściwości chłodzące,
- dostarczenie ciepła.

Wzrost znaczenia skroplonego paliwa z roku na rok spowodowane jest permanentnym wzrostem wykorzystania gazu ziemnego (rys.2).

W 2009 roku światowy import gazu w formie paliwa LNG wyniósł 240 mld m³. Rocznie poziom importu paliwa średnio wzrastał o ok. 6% i pod koniec 2013 roku kształtował się na poziomie 330 mld m³. W celu pokazania wyraźnego wzrostu znaczenia paliwa LNG można dokonać porównania go z importem gazociągami we wspomnianym okresie. Poziom importu tego paliwa gazociągami w przeciągu pięciu lat wyniósł 2,9% (tab.1).

Do największych importerów błękitnego paliwa zalicza się

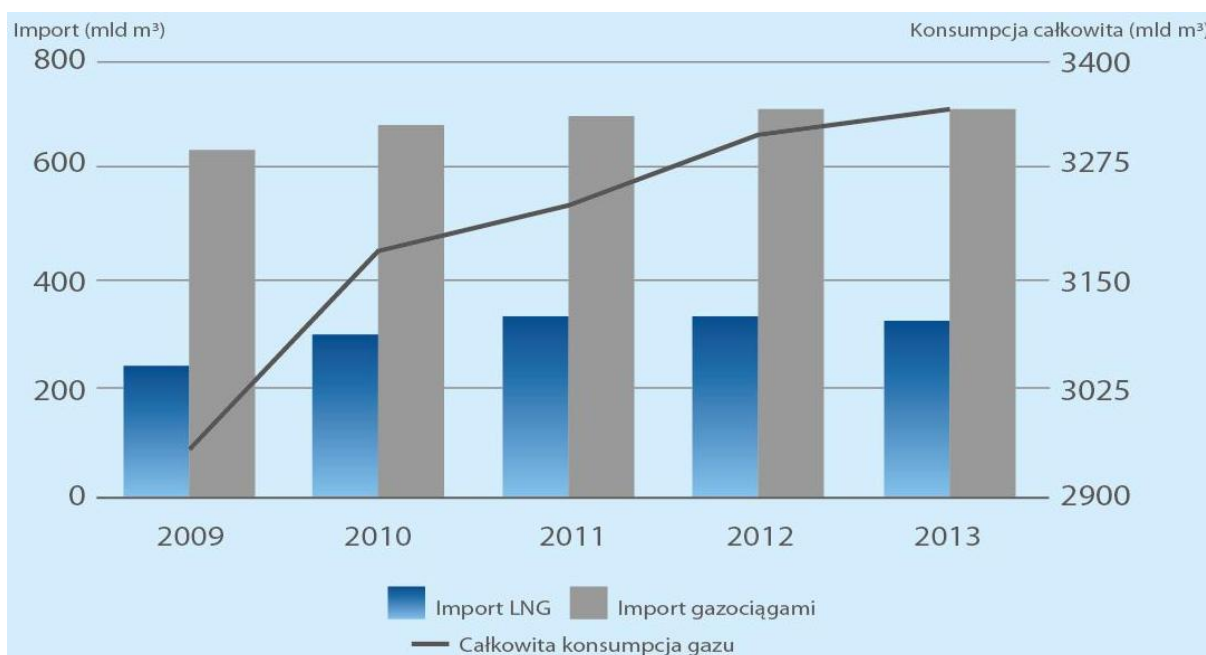
(rys.3):

- kraje azjatyckie (Chiny, Japonia, Korea),
- państwa wchodzące na rynek paliwa LNG (Wietnam, Bangladesz).

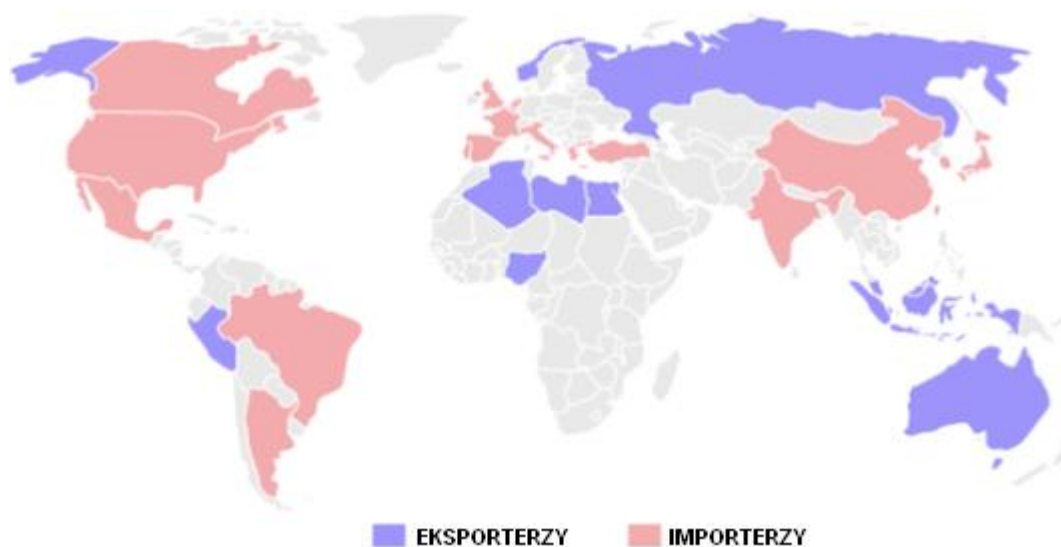
Tab. 1. Import paliwa LNG [6]

Rok	2013	2014	2015
I	13,497	8,536	11,616
II	11,378	3,824	12,202
III	8,292	2,701	14,651
IV	5,171	3,006	2,883
V	5,626	2,806	1,707
VI	8,046	9,800	2,598
VII	8,111	6,305	
VIII	8,809	1,567	
IX	16,950	5,745	
X	5,559	6,973	
XI	2,692	0	
XII	2,728	8,011	

W Polsce dynamicznie rozwijał się rynek paliwa niskosiarowe-



Rys. 2. Import gazu na świecie [9]



Rys.3. Eksporterzy i importerzy paliwa LNG w Europie [10]

go w obszarze Morza Bałtyckiego. Jego znaczenie podniósł powstający w Świnoujściu Terminal LNG, który będzie największym terminalem w rejonie tego morza. Kwietniowa umowa zawarta pomiędzy firmą Polskie LNG SA a firmą Tractebel Engineering SA odnosząca się do opracowania Stadium Wykonalności otworzy operatorom dodatkowe możliwości. Pogłębiona analiza wielu dziedzin terminalu błękitnego paliwa w Świnoujściu wskazuje na jego rozbudowę o trzeci zbiornik. Wówczas stopień niewykorzystania (tzw. rezerwa) możliwości obiektu będzie na poziomie 40% (średnia europejska rezerwa mieści się w przedziale 50-55%). Rezerwa spowoduje między innymi otrzymanie dodatkowej mocy regazyfikacyjnej. Możliwość wprowadzenia usługi przeładunku paliwa LNG na małe statki przyczyni się do maksimum eksploatacji terminalu LNG w Świnoujściu oraz zwiększenia jego konkurencyjności na rynku paliwowym.

2. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA TERMINALI LNG W EUROPIE

Terminale LNG budowane są w celu wypełniania funkcji dystrybucji i redystrybucji gazu ziemnego, który jest otrzymywany za pomocą metody kondensacji (zmiana stanu skupienia – z fazy gazowej w ciekłą, przy odpowiednim ciśnieniu i temperaturze). W skład gazu ziemnego wchodzi metan, etan, propan, węglowodory, azot, tlen, dwutlenek węgla, siarka oraz zanieczyszczenia. W procesie skraplania gaz ziemny poddawany jest fazie oczyszczania przeważnie z wody i dwutlenku węgla. Powoduje to zapobieganie wytrącania się cząsteczek stałych w dalszym procesie obróbki. Efektem końcowym skraplania gazu ziemnego jest otrzymanie bardzo czystego paliwa LNG. W procesie dystrybucji gazu LNG wykorzystuje się trzy klasyczne procesy skraplania [2]:

1. Cykl kaskadowy, w którym odpowiednio oczyszczony gaz ziemny (z dwutlenku węgla oraz wody) przepływa (przy określonym ciśnieniu) przez szeroką sieć złożonych instalacji, gdzie kolejno schładzany jest w trzech cyklach chłodniczych. Do przeprowadzenia procesu chłodzenia wykorzystuje się metan oraz czysty propan i etan.
2. Cykl kaskadowy z wykorzystaniem jednego czynnika chłodzą-

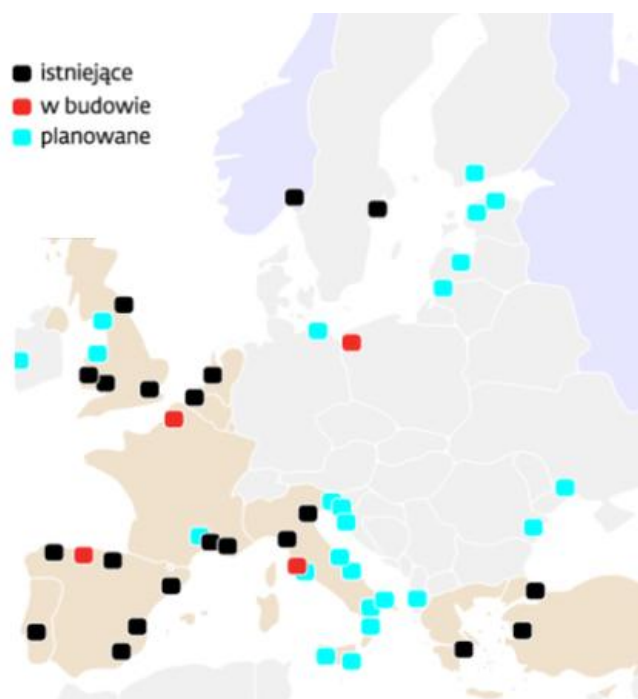
cego (mieszanina węglowodorów) jest energochłonnym o niskich kosztach cyklem, w którym w pierwszej fazie chłodzi się gaz ziemny wykorzystując odpowiednio dobrany cykl chłodniczy i kolejno chłodzi się go mieszkanką węglowodorów.

3. Cykl rozprężenia (użycie turboekspandera) jest stosunkowo prostym procesem, o małych nakładach inwestycyjnych i charakteryzujący się dużym zapotrzebowaniem na energię. Część gazu ziemnego ulega rozprężeniu przy pomocy urządzenia zwanego turboekspanderem. Po rozprężeniu schładza się go do odpowiednio niskiej temperatury celem skroplenia następnej porcji gazu.

Stale rosnące zainteresowanie wśród odbiorców paliwem LNG powoduje globalny rozwój rynku gazu ziemnego (rys.4). W danych statystycznych największy udział ma Hiszpania posiadająca aż sześć terminali, która osiąga zdolność redystrybucyjną wartości ponad 60 miliardów m³ rocznie. Na całej kuli ziemskiej sprawnie eksploatowanych jest ponad 80 terminali dostarczających gaz ziemny w postaci ciekłej (na czele stoi Japonia, która posiada ich najwięcej (roczny import – 258 mld m³). Z czego w samej Europie znajduje się ich ponad 20. Najważniejszym i największym dostawcą gazu do Europy jest Rosja dostarczająca go przy pomocy gazociągów. Intensywnie rozwijający się rynek paliwa LNG na świecie (planowana budowa ok. 30 terminali) do 2018 roku osiągnie przepustowość ok. 1000 mld m³ co stanowi wzrost zdolności importowych o ponad 10%.

Nowymi uczestnikami rynku paliwa LNG w latach 2011 – 2014 zostali między innymi Litwa, Izrael, Pakistan oraz Szwecja. W najbliższej przyszłości grono to powiększy się o kolejne państwa w tym również Polskę. Ostatnia dekada spowodowała podwojenie ilości krajów importujących to paliwo (w 2010 roku importem paliwa LNG zainteresowanych było 15 krajów) [9].

Dane światowe rynku LNG wskazują na jego dynamiczny rozwój. Ten cenny surowiec jest pożądanym przez coraz to większą liczbę krajów. Gaz w formie skroplonej zmniejsza 600-krotnie objętość przez co przystosowany jest do łatwego sposobu przechowywania oraz transportowania bezpieczną drogą morską. Dzięki temu możliwa jest dostawa paliwa LNG do konsumentów znajdujących



Rys. 4. Europejskie terminale LNG [10]

się w znacznej odległości od dostawców. Naturalny gaz ziemny ze względu na swoje właściwości może być przechowywany na kilka sposobów. Najczęściej umieszcza się go pod ziemią przy odpowiednim ciśnieniu. Ze względu na łatwość dostępu najpowszechniejszym rozwiązaniem jest wykorzystanie niewielkich zbiorników ropy naftowej bądź złóż gazowych. Niektóre państwa praktykują umieszczanie gazu ziemnego jako paliwa LNG w zbiornikach naziemnych.

Nowo powstające terminale LNG (tab.2) oparte są na najwyższych standardach projektowych oraz budowlanych. Państwa je eksploatujące wykorzystują najnowocześniejsze i zaawansowane systemy bezpieczeństwa i procedury oraz zatrudniają wysoko wykwalifikowaną kadrę pracowniczą w celu zapewnienia jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa środowiska naturalnego.

Tab. 2. Największe projekty inwestycyjne skroplonego gazu ziemnego na świecie [11]

Nazwa	Miejsce	Przepustowość	Rok zakończenia budowy
BG Prince Rupert LNG	Kanada	21 [mln ton / rok]	2018
Brownsville LNG	USA	20 [mln ton / rok]	2018
Olokola LNG	Nigeria	20 [mln ton / rok]	2016
Sabine Pass LNG	USA	18 [mln ton / rok]	2016
Anadarko Petroleum	Mozambik	20 [mln ton / rok]	2018
Pipavav LNG	Indie	320 [tys. m ³ / rok]	2016
Ennore LNG	Indie	320 [tys. m ³ / rok]	2015
Jamal LNG Syberia	Rosja	16,5 [mln ton / rok]	2018
Sztokman LNG	Rosja	20 [mln ton / rok]	2019
Dunkierka LNG	Francja	570 [tys. m ³ / rok]	2015

Nie można tutaj pominąć operacji lądowych jak i morskich, któ-

re przystosowane są do świadczenia jak najwyższej jakości usług stosując przy tym wysokie standardy oraz obowiązujące kodeksy. Ich sprawne funkcjonowanie nie wpływa negatywnie na przyrodę, sąsiadów oraz na otaczającą je społeczność.

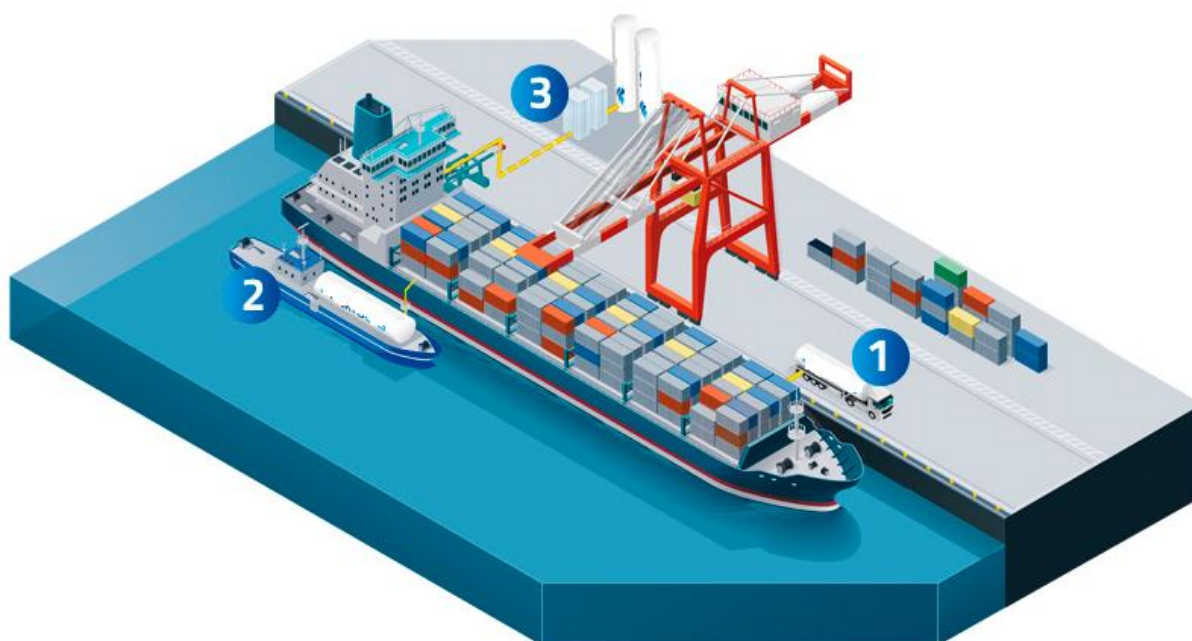
3. WYKORZYSTANIE EUROPEJSKICH TERMINALI LNG JAKO STACJI BUNKROWANIA STATKÓW

Europejskie terminale LNG świadczą usługi w zakresie dystrybucji paliwa LNG drogą morską. Zostały one kolejno nazwane terminalami importowymi i terminalami eksportowymi. Dominujące terminale importowe, służące także do regazyfikacji LNG przystosowane są do bunkrowania jednostek pływających. Konstrukcja takiego terminalu i jego uruchomienie składa się z szeregu kosztownych inwestycji, tj.: rozbudową zaplecza portowego, podłączeniem terminala do sieci gazowniczej oraz reorganizacją sieci przesyłowej państwa. Do tego celu wykorzystywana jest również kosztowna a zarazem dominująca na rynku wymiany usług metoda tradycyjna: import dużymi gazowcami LNG. Transport LNG ze wszystkich światowych terminali LNG odbywać się również może przy wykorzystaniu dwukadłubowych jednostek morskich przystosowanych do przewozu ładunku o niskiej temperaturze. Zaopatrzenie jednostek pływających w paliwo LNG może odbywać się z wykorzystaniem następujących metod (rys.5)[5]:

1. Bunkrowanie z cysterny do statku (Tank-to-Ship). Paliwo LNG przewożone jest ze stacji regazyfikacyjnej do miejsca przeznaczenia (w tym przypadku portu) za pomocą tzw. cystern kriogenicznych. Cysterny te przystosowane są do przewożenia gazu stale utrzymując jego niską temperaturę. Maksymalny poziom bunkrowania statku wynosi do 18 ton gazu.

2. Bunkrowanie z bunkierki do statku (Ship-to-Ship). Funkcję magazynowania i tankowania LNG spełnia bunkierka paliwa LNG. Jednostka ta na terenie portu bądź akwenu wodnego wykonuje operacje wtłoczenia LNG do statku, który jest zasilany gazem.

3. Bunkrowanie ze stałej instalacji (Shore-to-Ship). W tym przypadku instalacją służącą do magazynowania i tankowania gazu naturalnego jest stacja LNG – terminal LNG. Stacja ta może świadczyć dodatkowe usługi takie jak np. tankowanie ciągni-



Rys.5. Bunkrowanie statków[5]

ków terminalowych.

Ze względu na stały rozwój przemysłu i zmieniające się formuły uregulowań prawnych dotyczących negatywnych skutków niewłaściwej eksploatacji terminali LNG stanowiące potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego wykorzystuje się instalacje znajdujące się w znacznych odległościach od terenów zamieszkałych tzw. terminale offshore. Jako terminale importujące paliwo LNG z ładu na morze wykorzystuje się (tab.3):

- FRU (ang. Floating Regasification Unit) umożliwia szybką operację rozładunku paliwa, którego odbiór odbywa się z wyłączeniem zbiorników składowych; po procesie regazyfikacji LNG następuje wtłoczenie paliwa przez rurociągi do kavern solnych (magazynów służących do przechowywania gazów),
- FRSU (ang. Floating Storage and Regasification Unit) jest jednostką pełniącą funkcję magazynująco-regazyfikującą dla której import gazu odbywa się tradycyjnymi gazowcami LNG (rys.6).

Tab.3. Pływające jednostki magazynująco-regazyfikujące w Europie [8]

Kraj	Nazwa	Status	Typ
Albania	Eagle LNG terminal (Levan)	planowany	FSRU
Chorwacja	Krk Island LNG terminal, Ornišal	planowany	FRU
Grecja	Aegean See (Kavala) LNG terminal	planowany	FSRU
Grecja	Alexandroupolis LNG terminal	planowany	FSRU
Włochy	FSRU OLT Offshore LNG Toscana	istnieje	FSRU
Liban	Beddawi LNG terminal	planowany	FSRU
Litwa	FSRU Independence	istnieje	FSRU
Malta	Malta LNG terminal	planowany	FSRU
Ukraina	Odessa LNG terminal	planowany	FSRU
Wielka Brytania	Teesside LNG port	istnieje	Gasport for FSRUs
Wielka Brytania	Port Meridian LNG terminal	planowany	FSRU

Podstawowe funkcje importowych terminali LNG na świecie



Rys.6. Terminal FSRU w Kłajpedzie [7]

[10]:

1. Usługi bunkrowania.

Podstawą w najbardziej opłacalnej realizacji funkcji bunkrowania jednostek morskich jest bliskość terminalu LNG do szlaku żeglugowego, Odpowiednia ilość jednostek napędzanych paliwem LNG stanowi potencjalne źródło dochodu dla terminalu.

2. Załadunek paliwa LNG na cysterny (cysterny kolejowe oraz autocysterny).

Dostępność stacji regazyfikacyjnych (brak dostępu do gazociągów), popyt na LNG w np. transporcie miejskim (rynek zbytu) oraz szeroko rozwinięta infrastruktura transportowa (np. drogi, linie kolejowe) są głównymi czynnikami świadczącymi o opłacalności załadunku czystego paliwa LNG na cysterny.

3. Załadunek w formie zbiornik – statek. Zbiorniki gazu mogą zostać wykorzystane jako „magazyny gazu”. Magazynowanie paliwa LNG w celu np. utworzenia zapasów obowiązkowych, długoterminowych oraz strategicznych przeważnie jest praktykowane w państwach nieposiadających warunków (np. geologicznych, rynkowych) do utworzenia podziemnych magazynów.

4. Efektywne wykorzystanie chłodu.

W procesie regazyfikacji paliwa LNG wytwarza się między innymi chłód, którego temperatura wynosi poniżej -162°C . Wykorzystanie chłodu daje szerokie możliwości takim branżom jak np. branża spożywcza. Ponadto może być wykorzystane na jednostkach morskich do klimatyzacji czy w procesie chłodzenia silników głównych oraz ładunku wymagającego chłodzenia znajdującego się na statku.

5. Efektywne wykorzystanie ciepła.

Regazyfikacja paliwa LNG umożliwia wytworzenie dużej ilości ciepła, która może być należycie wykorzystana w innych technologiach (np. ciepło wytwarzane w elektrociepłowni posłużyć może jako energia elektryczna).

Istotnym również faktem, na który warto zwrócić uwagę jest brak jednolitych przepisów regulujących pobieranie paliwa LNG przez jednostki pływające. Podstawowe normy/ wymagania prawne dotyczące bunkierki, operacji pobierania paliwa, operacji portowych, instalacji, itp. zostały zdefiniowane w przepisach zawartych w: IMO IGC Code, IMO IGF Code, Guidelines for Systems and Installations for Supply of LNG as Fuel to Ships (draft), SIGTTO, przepi-

sach portowych/ lokalnych, inne.

PODSUMOWANIE

Wraz z postępem technicznym naturalny gaz ziemny w postaci paliwa LNG zyskuje coraz to większe wykorzystanie w transporcie oraz przemyśle. Stałe modernizacje infrastruktury stają się również powodem do zwiększenia technicznych możliwości terminali LNG zarówno w Europie jak i na świecie. Nie ulega wątpliwości fakt, iż terminale paliwa LNG z roku na rok zwiększają swoje znaczenie dotyczące możliwości zapewnienia szybkiej i elastycznej dostawy gazu ziemnego. Światowe terminale dążą do spełnienia dwóch najistotniejszych kwestii. Pierwszym istotnym czynnikiem jest zwiększenie pozycji konkurencyjności krajów je eksploatujących w odniesieniu do skali globalnej. Drugi i najważniejszy stanowi aspekt zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony środowiska naturalnego.

Polski terminal paliwa LNG w Świnoujściu jest obecnie przystosowany do importu paliwa. Brak w nim możliwości redystrybucji gazu czyli funkcji bunkrowania. Akademia Morska w Szczecinie wraz z PLNG i PGNiG czyni starania o przystąpienie do Projektu Sektorowego, w którym istotnym elementem byłby projekt rozszerzenia terminalu w Świnoujściu o funkcje bunkrowania.

Wykorzystanie na terminalu LNG w Świnoujściu układu rozlewów do bunkierek jak i małych tankowców zwiększy zdolność przeładunkową terminalu i uczyni go monopolistą w dostarczaniu czystego paliwa żeglugowego.

Od chwili obecnej okres 2 do 3 lat jest najbardziej istotny, gdyż statki pływające na Morzu Bałtyckim muszą poruszać się na paliwie o odpowiednich parametrach dotyczących zawartości NOx i SOx. Nowe wymogi dotyczące czystości spalin zmuszają armatorów do budowy statków z silownikami dual-fuel engine lub zasilanych LNG.

Wykorzystanie tej szansy powinno być elementem strategii Polskiej Polityki w zakresie zwiększenia zdolności operacyjnej terminalu LNG w Świnoujściu w szczególności wypracowanie jego funkcji jako portu bunkrowego.

BIBLIOGRAFIA

1. Bagniewski M., *LNG – własności i zastosowanie*. The Maritime Worker listopad - grudzień 2011, nr 6 (31).
2. Molenda J., *Gaz ziemny. Paliwo i surowiec*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
3. Olkusi T., *Światowy rynek LNG*. Polityka Energetyczna, Zeszyt specjalny 2005, tom 8.
4. Ruszel M., *Znaczenie terminali LNG na wspólnym rynku energii UE*. Polityka i Społeczeństwo 2014, nr 4(12) / 2014.
5. www.cryogas.pl
6. www.eia.gov
7. www.euroinfrastructure.eu
8. www.gje.eu
9. www.lngsnapshot.com
10. Dane Federal Energy Regulatory Commission.
11. Dane Oil and Gas IQ.

EUROPEAN MARKET LNG TERMINALS WHICH FUNCTION AS BUNKER STATIONS

Abstract

In the article a characterization of a dynamically developing in Europe and in the world of LNG fuel was presented in particular as a navigational fuel. The methods described bunkering of LNG referring to units of sea voyages and coastal ocean. It was also examined LNG fuel supply chain on a constantly expanding global market Meaning of already existing terminals LNG and already existing which are in a design and construction.

Autorzy:

mgr inż. **Ewelina Chłopińska** – Akademia Morska w Szczecinie
dr inż. **Wojciech Ślącza** – Akademia Morska w Szczecinie.