

Ficoń Krzysztof¹,
Wojciech Sokołowski²

Środki transportu morskiego w zapewnieniu bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego

Wstęp

Zapewnienie bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego jest problemem kosztownym, a zarazem bardzo złożonym i trudnym do rozwiązania. Zależy od bardzo wielu czynników, wśród których wyróżnić można zdolności finansowe, położenie geograficzne rozumiane głównie jako odległość od potencjalnych źródeł dostaw, możliwości techniczne i technologiczne, uwarunkowania polityczne, społeczne, ekologiczne itd. Biorąc pod uwagę wyraźny i stały trend wzrostowy w zakresie zużycia gazu ziemnego, zapewnienie jego ciągłych i pewnych dostaw jest przedmiotem zainteresowania rządów wielu krajów. Oczywiście inaczej sytuacja wygląda w przypadku krajów eksportujących gaz ziemny, a inaczej państw zmuszonych do jego importu.

Bezpieczeństwo dostaw gazu ziemnego wiąże się przede wszystkim ze stworzeniem właściwego systemu jego dostarczania (transportu). Obecnie około 70% gazu ziemnego przesyłane jest gazociągami, a pozostały wolumen transportuje się w formie skroplonej – LNG (ang. Liquefied Natural Gas)³. W technologii LNG zamienia się fazę gazową na fazę ciekłą. Gaz ziemny w warunkach ciśnienia atmosferycznego ochładza się do temperatury - 163°C, w której zmniejsza swoją objętość o około 600 razy. Umożliwia to ekonomicznie opłacalny transport drogą morską z wykorzystaniem odpowiednio wyposażonych (m. in. w zbiorniki kriogeniczne) statków zwanych metanowcami (gazowcami).

Zwiększający się w ostatnich latach wolumen gazu ziemnego (30 % całkowitego światowego eksportu) transportowanego w zbiornikach kriogenicznych gazowców w coraz istotniejszy sposób podkreśla rolę środków transportu morskiego w łańcuchu dostaw tego nośnika energii. Ich wykorzystanie umożliwia dostar

czanie gazu ziemnego na rynki, gdzie przesył gazociągami albo z przyczyn technicznych, albo ekonomicznych jest niemożliwy. Stanowią one wówczas jedyny gwarant dostarczania gazu ziemnego we właściwe miejsce, we właściwym czasie i po akceptowalnych kosztach, wypełniając tym samym strategiczny cel odpowiednio zorganizowanego i funkcjonującego łańcucha dostaw.

Bezpieczeństwo dostaw

Bezpieczeństwo (pewność) dostaw jest w opinii autora najważniejszym elementem składowym bezpieczeństwa energetycznego, a te z kolei jest jednym z aspektów bezpieczeństwa ekonomicznego. W ten sposób można określić etymologię pojęcia bezpieczeństwa dostaw. Co do jego istoty, w chwili obecnej trudno jest znaleźć jedną trafną i kompleksowo ujmującą problem definicję bezpieczeństwa energetycznego, tym samym dylemat właściwego sformułowania pojęcia przenosi się także na bezpieczeństwo dostaw.

Z punktu widzenia horyzontu czasowego można rozważać bezpieczeństwo w wymiarze: krótkoterminowym (taktyczne), średnioterminowym (operacyjne) i długoterminowym (strategiczne)⁴. W strategii energetycznej państwa dominuje zainteresowanie średnio- i długookresowym bezpieczeństwem energetycznym. Należy także pamiętać, że czynniki determinujące poziom bezpieczeństwa energetycznego położone są poza obszarem funkcjonowania krajowych gospodarek. Jest ono wypadkową wielu zewnętrznych uwarunkowań ich funkcjonowania. Z drugiej strony dla odbiorcy znacznie drugorzędne ma fakt, czy przyczyna braku dostępu do energii znajduje się w gminie, przedsiębiorstwie energetycznym, czy też poza granicami kraju.

Pełna ocena bezpieczeństwa energetycznego wymaga analizy fizycznej i cenowej dostępności do

¹ Prof. dr hab. inż., Krzysztof Ficoń, Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

² dr inż. Wojciech Sokołowski

³ *BP Statistical Review of World Energy*, June 2012.

⁴ M. Borgosz-Koczwara, K. Herlender, *Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego - potrzeba czy konieczność?*, „Energetyka”, Nr 12/2007.

energii poszczególnych grup odbiorców i oceny bezpieczeństwa energetycznego ogółu odbiorców.



Rys. 1. Elementy składowe bezpieczeństwa energetycznego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Strategia Rządu RP dla sektora paliwowego i gazowego w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, maj 2009 oraz W. Bojarski, Bezpieczeństwo energetyczne, „Wokół Energetyki”, Nr 6/2004.

Podstawowym podmiotem, którego dotyczy pojęcie bezpieczeństwa energetycznego, jest odbiorca (grupa odbiorców, branża), a wtórnym podmiotem dostawca (grupa dostawców, określony system zaopatrzenia, krajowy system paliwowo-energetyczny).

Bezpieczeństwo energetyczne odbiorcy stanowi określony stopień gwarancji dostępu (zaopatrzenia) do pożądaných przez niego form energii, w określonym czasie i ilości przy dostępnej dla niego cenie. Zapewnienie go odbiorcom implikuje odpowiedni kształt systemów dostaw (bezpieczeństwa zaopatrzenia energetycznego), które muszą spełniać warunek pozostawania w gotowości do pokrycia, po akceptowalnych społecznie cenach:

- całkowitego zapotrzebowania energetycznego – w normalnych warunkach zasilania, przy zachowaniu ciągłości dostaw, określonych parametrów jakościowych oraz wymagań ochrony środowiska,
- częściowego zapotrzebowania energetycznego – w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej, krytycznej itd., przy zachowaniu pogorszonych parametrów jakościowych⁵.

Bezpieczeństwo energetyczne odbiorców oraz bezpieczeństwo zaopatrzenia energetycznego składa się w sensie ogólnym na bezpieczeństwo energetyczne (państwa, regionu). Elementy składowe bezpieczeństwa energetycznego przedstawiono na Rys. 1.

Z kolei bezpieczeństwem dostaw gazu ziemnego można nazwać zapewnienie nieprzerwanych dostaw gazu ziemnego do odbiorców po akceptowalnych przez nich cenach, co w głównej mierze zależy od funkcjonowania właściwego systemu dostaw, a także od czynników ekonomicznych, polityczno-społecznych oraz ekologicznych.

Z powyższej definicji wynika oczywista zależność, czyli niemożliwość zapewnienia bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego bez właściwie funkcjonującego łańcucha dostaw tego nośnika energii.

Łańcuch dostaw gazu ziemnego

Łańcuch dostaw to zespół określonej liczby jednostek, które współdziałają w sposób zintegrowany, aby możliwe było dostarczenie właściwego produktu,

⁵ W. Bojarski, *Bezpieczeństwo energetyczne*, „Wokół Energetyki”, Nr 6/2004.

we właściwe miejsce, we właściwym czasie, zachowując odpowiednią jakość, po najniższym koszcie⁶.

Łańcuch dostaw dotyczy integracji wychodzącej poza obszar przedsiębiorstwa, gdyż za łańcuch dostaw uważa się współdziałające ze sobą firmy wydobywcze, przetwórcze, handlowe, logistyczne i inne firmy usługowe zaangażowane w usprawnianie przepływów produktów, informacji i środków finansowych⁷. Łańcuch dostaw łączy więc poszczególnych uczestników procesu dostarczania produktu na rynek.

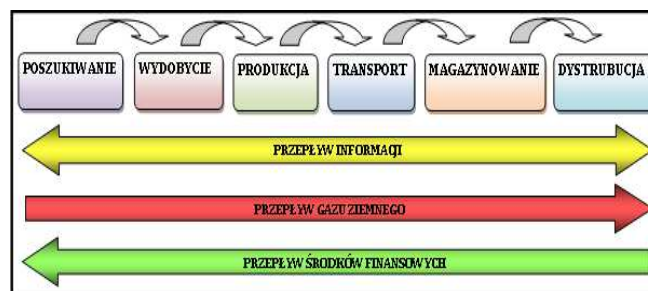
Łańcuch dostaw nie ogranicza się do określonego przedsiębiorstwa, ale uwzględnia także jego dostawców i odbiorców. Poszukiwania w zakresie oszczędności kosztów, poprawy jakości i skrócenia czasu procesów tworzących ostatecznie łączną wartość dla klienta doprowadziły do koncentracji działań w ramach zarządzania łańcuchem dostaw. Zarządzanie łańcuchem dostaw jest procesem decyzyjnym, który nie tylko zmierza do integracji jego uczestników i koordynacji zachodzących między nimi przepływów produktów i informacji, lecz także przepływów pieniężnych⁸. Jego strategicznym celem jest dostarczenie odpowiedniego towaru, właściwemu odbiorcy, we właściwej ilości i jakości oraz we właściwym czasie, miejscu i po właściwych kosztach⁹.

Najczęściej formułowanymi celami zarządzania łańcuchami dostaw w ujęciu logistycznym są¹⁰:

- minimalizacja całkowitych kosztów przepływu produktów i informacji przy zachowaniu wymaganego przez klientów poziomu jakości obsługi dostaw (tzw. logistyka oszczędności),
- zapewnienie jak najkrótszego czasu realizacji zamówień i możliwie wysokiej niezawodności, częstotliwości i elastyczności dostaw przy założonym poziomie kosztów przepływu (tzw. logistyka wydajności),
- optymalizacja poziomu zapasów w skali łańcucha dostaw wraz z elastycznym dostosowaniem się do preferencji w zakresie obsługi dostaw poszczególnych segmentów rynku.

Ograniczając przedmiot rozważań do łańcucha dostaw gazu ziemnego poczynić należy próbę jego zdefiniowania. Logistycznym łańcuchem dostaw gazu

ziemnego nazwać można najogólniej sieć określonej liczby współzależnych firm poszukiwawczych, wydobywczych, przetwórczych (produkcyjnych), dystrybucyjnych oraz innych firm zapewniających sprawny przesył (transport) gazu ziemnego, jego magazynowanie, przepływ informacji i środków finansowych (główne elementy łańcucha przedstawiono na Rys. 2). Zasadniczym celem funkcjonalnym przedmiotowego łańcucha jest stworzenie właściwego przepływu gazu ziemnego z miejsca wydobycia do klienta oraz zapewnienie jego maksymalnej efektywności z punktu widzenia zarówno producenta jak i odbiorcy końcowego.



Rys. 2. Łańcuch dostaw gazu ziemnego

Źródło: Opracowanie własne.

Sformułowaną wyżej definicję łańcucha dostaw gazu ziemnego traktować należy jako pewien schemat, który w konkretnych przypadkach, rozpatrując go bardzo szczegółowo, może wyglądać nieco inaczej. Jako przykład posłużyć może zależność procesów w nim zachodzących od stosowanych metod przesyłu gazu ziemnego¹¹. Przekłada się to bezpośrednio na ilość i rodzaj ogniw go tworzących, np. łańcuch LNG czy łańcuch CNG.

Odpowiedni poziom funkcjonowania łańcuchów dostaw gazu ziemnego zapewnia właściwa infrastruktura, która gwarantuje niezakłóconą realizację wszystkich procesów logistycznych. To od niej w największym stopniu zależy fizyczny przepływ gazu ziemnego we wszystkich ogniwach łańcucha dostaw. Jednym z elementów infrastruktury zapewniającym fizyczne

⁶ P. Adamczewski, *Informatyczne wspomaganie łańcucha logistycznego*, Wyd. AE, Poznań 2001.

⁷ J. Witkowski, *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*. Wyd. PWE, Warszawa 2003.

⁸ J. Witkowski, *Zarządzanie...*, op. cit.

⁹ K. Ficoń, *Logistyka techniczna. Infrastruktura logistyczna*, BEL Studio, Warszawa 2009.

¹⁰ J. Witkowski, *Zarządzanie...*, op. cit.

¹¹ W zależności od metody przesyłu zawartej w gazie ziemnym energii jego transport odbywa się m.in. poprzez przemiany fizyczne: technologia LNG – zamiana fazy gazowej na fazę ciekłą, technologia ANG (ang. *adsorbed natural gas*) – zjawiska adsorpcji, technologia PNP (ang. *pipelined natural gas*) – sprężanie fazy gazowej, technologia CNG (ang. *compressed natural gas*) oraz technologia NGH (ang. *natural gas hydrates*) – zamiana fazy gazowej na fazę stałą w procesie tworzenia się hydratów. Źródło: W. Warowny, S. Rychlicki, *Wybrane nowe technologie w transporcie i zastosowaniach energetycznych gazu ziemnego*, „Wiertnictwo Nafta Gaz”, t. 24, zeszyt 2, 2007.

przemieszczanie gazu ziemnego są nowoczesne środki transportu.

Transport gazu ziemnego

Gaz ziemny dostarczany jest odbiorcom złożonymi systemami gazociągów. Po wstępnym oczyszczeniu z kondensatu trafia do wewnętrznych gazociągów, które tworzą kolektory zbiorcze. Następnie po przejściu przez instalację osuszania i oczyszczania trafia do gazociągów dalekosiężnych (magistralnych). Tymi gazociągami i ich odgałęzieniami, kierowany jest do stacji rozdzielczych, a następnie do sieci dystrybucyjnych, zasilających miasta, osiedla i zakłady przemysłowe¹².

Ciągła rozbudowa sieci gazociągów wymusza coraz częściej konieczność prowadzenia gazociągu pod (nad) przeszkodą wodną. Rurociągi podwodne wykonuje się z odpowiednich gatunków stali, aluminium i z tworzyw sztucznych, przy zastosowaniu odpowiedniej izolacji i zabezpieczenia odcinków rur biegnących pod wodą. Gazociągi podwodne dzieli się na przejścia gazociągów magistralnych (pod rzekami lub kanałami, pod akwenami morskimi, przez błota) oraz gazociągi zbiorcze w rejonach eksploatacji podmorskich złóż gazu. Przejścia pod akwenami morskimi są niezbędne przy eksploatacji morskich złóż gazu ziemnego. Podmorskie gazociągi mogą być ułożone z brzegu do określonego miejsca akwenu morskiego lub też łączyć dwa brzegi tego akwenu¹³.

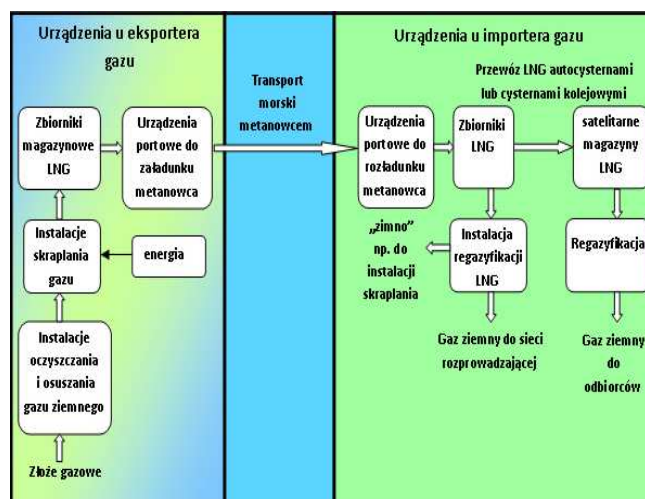
Jak każdy rodzaj transportu gazociągi cechuje pewna forma ograniczeń w zastosowaniu. Mogą być używane tylko na stosunkowo niewielkie odległości. Najczęściej spotykane w literaturze parametry, mówią o ekonomicznie uzasadnionym (opłacalnym) transporcie gazu gazociągiem, gdy odległość od miejsca wydobycia do odbiorcy końcowego nie przekracza 5 tys. kilometrów. Dotyczy to wyłącznie gazociągów lądowych. W przypadku gazociągów podmorskich ta odległość zmniejsza się do około 3 tys. kilometrów. Inne ograniczenia to przepustowość gazociągów oraz techniczne możliwości ich położenia. Rozwiązaniem tych problemów jest transport gazu ziemnego w formie skroplonej czyli LNG.

Metoda skraplania gazu ziemnego i przesył skroplonego gazu metanowcami znane są od dawna.

W 2009 roku minęło równo 50 lat od momentu pierwszego na świecie morskiego transportu LNG. W 1959 roku metanowiec Methane Pioneer dostarczył 5 000 m³ LNG z Luizjany (Lake Charles) do Wielkiej Brytanii (Canvey Island)¹⁴. Natomiast pierwszą komercyjną dostawę LNG zrealizowano z Algierii do Wielkiej Brytanii w 1964 r.

Skroplony gaz ziemny transportuje się drogą lądową i morską. W transporcie lądowym wykorzystuje się cysterny samochodowe (do 44 m³ pojemności) i kolejowe (pojemność do 133 m³). Rurociągi stosuje się jedynie w terminalach ekspediujących i przyjmujących LNG, na dalsze odległości nie są wykorzystywane. Do morskich przewozów LNG używa się specjalnie zbudowanych i wyposażonych tankowców, zwanych metanowcami.

Przygotowywanie LNG do międzynarodowych przewozów morskich opiera się na specjalnej technologii, według której gaz ziemny wydobyty ze złóż lądowych lub na szelfie dostarczany jest rurociągami do terminali rozmieszczonych na wybrzeżu. W tych terminalach gaz jest oczyszczany, osuszany i skraplany. Kolejna operacja to załadunek skroplonego gazu na metanowiec, który po dotarciu do terminalu docelowego zostaje rozładowany. Gaz trafia do zbiorników LNG, skąd po regazyfikacji kierowany jest do odbiorców¹⁵. Proces ukazujący etapy całego łańcucha LNG przedstawiono na Rys. 3.



Rys. 3. Schemat ideowy typowego systemu morskich dostaw LNG

Źródło: J. Molenda, *Gaz ziemny*, Warszawa 1993.

¹² K. Bąkowski, *Gazyfikacja, gazociągi, stacje redukcyjne, instalacje i urządzenia gazowe*, WNT, Warszawa 1996.

¹³ J. Molenda, *Gaz ziemny*, Warszawa 1993.

¹⁴ M. D. Tusiani, G. Shearer, *LNG: A Nontechnical Guide*, PennWell Corporation, 2007, USA.

¹⁵ S. Filin, B. Zakrzewski, *Światowy handel skroplonym gazem ziemnym (LNG) - stan obecny i kierunki rozwoju*, „Energetyka”, Nr 11 (629), 2006.

Metanowce

Metanowce (gazowce) to statki zaawansowane technologicznie i konstrukcyjnie, co wprost przekłada się na ich wysoką cenę (dwa - trzykrotnie wyższą niż zbiornikowce do przewozu ropy naftowej). Czas eksploatacji gazowca LNG jest ponad dwukrotnie dłuższy niż tankowca i wynosi od 40 do 50 lat. Wiąże się to z mniejszym korozyjnym oddziaływaniem skroplonego metanu na elementy konstrukcji statku w porównaniu z ropą naftową¹⁶.

Typowy współczesny metanowiec ma około 300 metrów długości, 45 m szerokości i około 12 m zanurzenia. Poszczególne statki różnią się między sobą zarówno typem zastosowanych zbiorników, jak i ich pojemnością, która w chwili obecnej waha się od najmniejszej wynoszącej 18 800 m³ (Aman Hakata – Rys. 4) do 266 000 m³ (np. Mozah – Rys. 5)¹⁷. Prędkość maksymalna metanowców wynosi około 21 węzłów na wodach otwartych.

Parametry gazowców (zanurzenie, pojemność zbiorników, długość itd.) często dobierane są pod kątem określonych tras, tak aby statki były optymalnie wykorzystane, co uwzględnia również czynniki ekonomiczne (koszt odpowiednio dobrany do potrzeb).



Rys. 4. Metanowiec Aman Hakata

Źródło: <http://www.marinetraffic.com/ais/shipdetails.aspx?MMSI=533340000>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 5. Metanowiec Mozah

Źródło: http://www.marinetraffic.com/ais/pl/showallphotos.aspx?imo=9337755&photoId=221930#top_photo, dostępny 25.08.2012 r.

Typy zbiorników

Metanowce generalnie wyposaża się w dwa typy zbiorników: samonośne (Moss Rosenberg zbiorniki kuliste – Rys. 6 lub IHI SPB zbiorniki pryzmatyczne – Rys. 7) i wbudowane (Technigaz tanks – TZ Mk. I – Rys. 8 i TZ Mk. III – Rys. 9, Gaz Transport design GT NO 82 – Rys. 10, GT NO 85 – Rys. 11, GT NO 88 – Rys. 12, GT NO 96 – Rys. 13, Combined system CS-1 – Rys. 14)¹⁸. Obecnie dominują trzy typy zbiorników, tj. Moss Rosenberg, TZ Mk. III i GT NO 96. Statki z pozostałymi typami zbiorników są już jednostkami kilkudziesięcioletnimi z wyjątkiem tych wyposażonych w zbiorniki typu CS-1 (trzy statki).



Rys. 6. Metanowiec Energy Horizon (Moss)

Źródło: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1442661>, dostępny 25.08.2012 r.

¹⁶ Filin S., Zakrzewski B., Światowy..., op. cit.

¹⁷ LNG Carriers in Service or Under Construction, <http://www.shipbuildinghistory.com/today/highvalueships/ln-gactivefleet.htm>, dostępny 25.08.2012 r.

¹⁸ Lopac A. A., Recent trends in transporting of LNG, liquefied natural gas, 11th International Conference on Transport Science, „Transport Policy”, Słowenia, 28 - 29 maj 2008 r.



Rys. 7. Metanowiec Polar Spirit (IHI SPB)

Źródło: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1030855>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 8. Metanowiec Mostefa Ben Boulaid (TZ Mk. I)

Źródło: <http://www.marinetraffic.com/ais/pl/showallphotos.aspx?imo=7359955>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 9. Metanowiec Trinity Glory (TZ Mk. III)

Źródło: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1257675>, dostępny 25.08.2012 r.

Zbiorniki samonośne same przenoszą wszystkie obciążenia statyczne i dynamiczne powodowane przez przewożony ładunek. W budowie tych zbiorników stosuje się podwójne ścianki, pomiędzy którymi znajduje się izolacja. Ścianki te wykonywane są ze stali zawierającej 9,3% niklu, co zapobiega jej kruchości w niskich temperaturach. Zewnętrzną ściankę od strony izolacji osłania się dodatkowo aluminium i tworzywami sztucznymi. Przestrzeń pomiędzy zewnętrznymi ściankami zbiorników LNG a przegrodami statku wypełnia się azotem, znajdującym się pod niewielkim ciśnieniem. Umieszczone tam analizatory bezwzględnie sygnalizują obecność metanu w azocie. Zbiorniki metanowców napełniane są maksymalnie do 98,5% ich pojemności za pomocą pomp zanurzeniowych. W celu utrzymania niskiej temperatury w czasie pustych rejsów i późniejszego załadunku bez zagrożenia regazyfikacji, na dnie każdego zbiornika w czasie rozładunku pozostawia się po około 10 m³ LNG. Odparowującą część LNG w trakcie transportu, spala się w kotłach, wytwarzających parę dla turbin napędzających statek. Metanowce wyposażane są również m.in. w zbiorniki ze skroplonym azotem, który w przypadku wzrostu ciśnienia w zbiornikach LNG jest do nich automatycznie wprowadzany. Uniemożliwia to zapalenie się gazu (zawartość azotu w parowej przestrzeni zbiornika około 30%)¹⁹.

W konstrukcjach niesamonośnych (wbudowanych) obciążenia od ładunku przenoszone są na konstrukcję kadłuba. Technologia TGZ Mark III wykorzystuje do budowy membrany pierwotnej stal chromoniklową 304L grubości 1,2 mm. Membrana ta wygląda jak połączone ze sobą prostokątne tacki, tzn. posiada przetłoczenia umożliwiające kompensację odkształceń termicznych – skurcz membrany podczas schładzania zbiornika. Izolacja wykonana jest z pianki poliuretanowej otoczonej cienką sklejką, za którą znajduje się bariera wtórna wykonana z materiału kompozytowego Triplex (blacha aluminiowa i mata szklana), ponownie otoczona izolacją z pianki poliuretanowej i cienką sklejką. W konstrukcji GT96 bariera pierwotna i wtórna wykonane są z inwaru, który praktycznie nie podlega odkształceniom termicznym. Bariera pierwotna opiera się na skrzynkach wykonanych ze sklejki, które wypełnione są materiałem izolacyjnym zwanym perlitem.

¹⁹ A. Dunikowski, *Właściwości gazu ziemnego i zbiorniki do jego przewożenia*, „Biuletyn Informacyjny PRS S.A.”, Nr 3/259 czerwiec 2006.



Rys. 10. Metanowiec Bilis (GT NO 82).

Źródło: <http://marinetraffic.com/ais/shipdetails.aspx?MMSI=508090000>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 13. Metanowiec Puteri Nilam Satu (GT NO 96).

Źródło: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1010421>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 11. Metanowiec Bachir Chihani (GT NO 85).

Źródło: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=875644>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 14. Metanowiec Gaselys (CS-1).

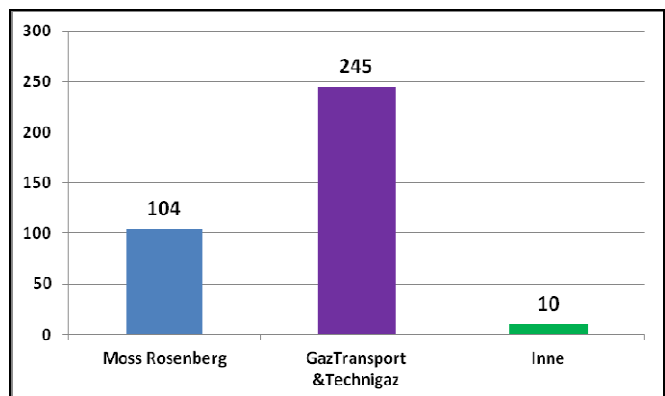
Źródło: http://www.marinetraffic.com/ais/pl/showallphotos.aspx?imo=9320075&photoid=181061#top_photo, dostępny 25.08.2012 r.

Podział światowej floty metanowców pod względem rodzaju zastosowanych zbiorników przedstawiono na Rys. 15.



Rys. 12. Metanowiec Tenaga Lima (GT NO 88).

Źródło: <http://myship.com/imo/7428445/TENAGA-LIMA>, dostępny 25.08.2012 r.



Rys. 15. Podział światowej floty metanowców w zależności od zastosowanych typów zbiorników [wg stanu na 31.12.2011 r.]

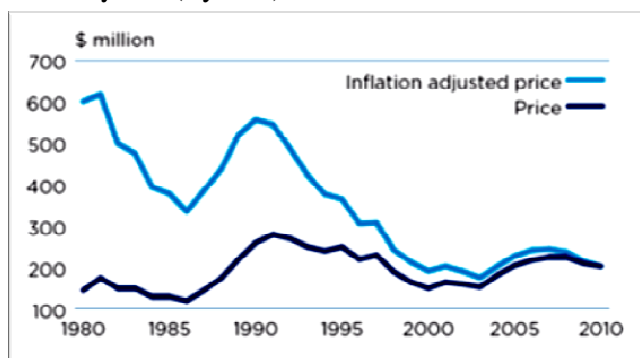
Źródło: *The LNG industry, 2011, GIIGNL*

Ile to kosztuje?

Koszty transportu gazu ziemnego z wykorzystaniem metanowców obejmują:

- koszty zakupu statku - inwestycyjne,
- koszty eksploatacyjne: ubezpieczenie, konserwacja, naprawy, części zamienne, środki smarujące, koszty administracyjne, koszty załogi, zużycie paliwa, odparowanie LNG (tzw. boil-off).

Na początku lat 90. koszt zakupu metanowca o pojemności 125 000 – 155 000 m³ wynosił około 260 – 280 mln dolarów, pod koniec lat 90. za jednostkę o pojemności 138 tys. m³ trzeba było zapłacić około 145 mln dolarów, a od 2005 roku ceny wahają się w okolicach 220 mln dolarów za gazowiec o pojemności 155 tys. m³ (Rys. 16)²⁰.



Rys. 16. Średnie koszty budowy metanowca.

Źródło: <http://www.petroleum-economist.com/Article/2801286/LNG-shipping-economics-on-the-rebound.html>, dostępny 26.08.2012 r.

Duży wpływ na wielkość kosztów eksploatacyjnych ma rodzaj (opłaty portowe, opłaty za korzystanie z kanałów) i długość trasy (ilość dni w morzu), którą statki pokonują między terminalem eksportowym a importowym. Wybrane koszty eksploatacyjne przedstawiono w Tabeli 1.

Jeżeli analizujemy koszty to należy także wspomnieć o cenach czarteru. Dzielne stawki czarteru metanowców w 2011 roku wynosiły około 97 630 dolarów amerykańskich, natomiast w 2010 roku niespełna połowę tej kwoty, tj. 43 663 dolarów amerykańskich. Biorąc pod uwagę stale rosnący popyt na gaz ziemny w Chinach i Indiach, trzęsienie ziemi w Japonii i wyłączenie z eksploatacji elektrowni atomowej w Fukushimie oraz obniżenie poziomu cen gazu ziemnego w USA, spowodowane odkryciem i eksploracją złóż

gazu łupkowego stawki te według badań przeprowadzonych przez Bloomberg w bieżącym roku mogą osiągnąć wartość nawet 147 000 dolarów amerykańskich. Wiarygodność tych prognoz podnosi także słaba podaż metanowców, których obecna liczba nie jest w stanie sprostać dużemu popytowi. Popyt na czarter metanowców w roku 2012 ma wzrosnąć o 12%, aby to zbilansować należy zwiększyć ogólną pojemność gazowców o kolejne 5,5 mln m³²¹.

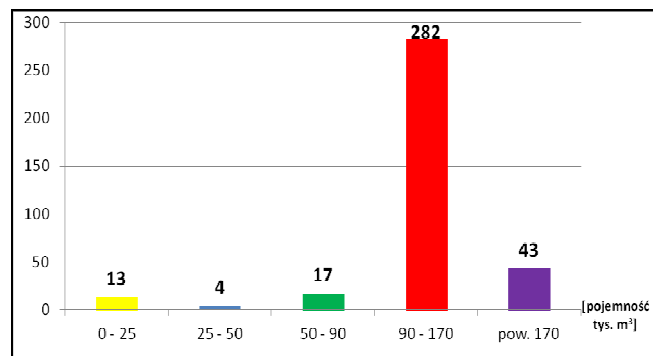
Tabela 1. Średnie koszty eksploatacyjne metanowca o pojemności 138 tys. m³

| Ubezpieczenie | Konserwacja i naprawy | Części zamienne i środki smarujące | Koszty administracyjne | Koszty załogi | RAZEM |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| 5 200 [\$/dzień] | 760 [\$/dzień] | 1 782 [\$/dzień] | 800 [\$/dzień] | 9 222 [\$/dzień] | 17 764 [\$/dzień] |

Źródło: A. A. Lopac, *Recent trends in transporting of LNG, liquefied natural gas*, 11th International Conference on Transport Science, „Transport Policy”, Słowenia, 28 - 29 maj 2008 r.

Flota

Światowa flota gazowców LNG składa się głównie ze statków o pojemności zbiorników od 90 000 m³ do 170 000 m³ (Rys. 17).



Rys. 17. Podział światowej floty metanowców pod względem pojemności zbiorników [wg stanu na 31.12.2011 r.]

Źródło: *The LNG industry, 2011*, GIIGNL

Zdolności transportowe metanowców podlegają ciągłej ewolucji. W latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia potrafiły one przewieźć około 27 500 m³ skroplonego gazu ziemnego, gdzie obecna uśredniona zdolność wynosi 145 000 m³, a w ostatnich latach coraz częściej na rynek trafiają jednostki, których możli-

²⁰ A. El-Manakhly, *The Suez Canal and LNG*, 6th Doha Conference on Natural Gas, Doha, Katar, 29.10 – 01.11, Qatar Petroleum, 2007.

²¹ A. Levitt, *Hop Aboard the Boom in LNG Shippers*, <http://www.investorplace.com/2012/03/hop-aboard-the-boom-in-lng-shippers/>, dostępny 26.08.2012 r.

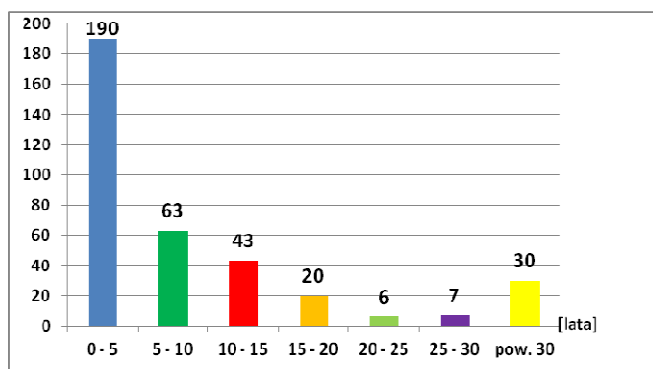
wości transportowe sięgają 210 000 m³ (zwane Q-Flex) oraz 265 000 m³ (zwane Q-Max). Współczesne metanowce powstają w 13 stoczniach, z których większość położona jest w krajach azjatyckich (patrz Tabela 2.).

Tabela 2. Stocznie produkujące metanowce w 2007 roku

| Stocznia | Zdolność produkcji [gazowiec LNG/rok] | Doświadczenie w produkcji określonych typów zbiorników |
|--|---------------------------------------|--|
| Europa | | |
| Chantiere de l'Atlantique (Francja) | 3 | GT, TGZ, CS-1 |
| Izar (Hiszpania) | 3 | GT |
| Japonia | | |
| Kawasaki Heavy Industries | 3 | Moss |
| Mitsubishi Heavy Industries | 5 | Moss, GT |
| Mitsui Engineering & Shipbuilding | 2 | Moss, GT |
| Universal Shipbuilding | 2 | TGZ, CS-1 |
| Imabari Shipbuilding | 3 | TGZ, GT, CS-1 |
| Korea południowa | | |
| Daewoo Shipbuilding & Marine Eng. | 15 | GT |
| Hanjin Heavy Industries & Construction | 2 | GT |
| Hyundai Heavy Industries | 17 | Moss, TGZ |
| Samsung Heavy Industries | 16 | TGZ |
| STX Shipbuilding | 2 | GT, TGZ |
| Chiny | | |
| Hudong-Zhonghua Shipbuilding Group | 5 | GT |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M. D. Tusiani, G. Shearer, LNG: A Nontechnical Guide, PennWell Corporation, 2007, USA.

Pod koniec 2011 roku światowa flota metanowców liczyła 359 statków. Jej strukturę wiekową przedstawiono na Rys. 18.



Rys. 18. Struktura wiekowa światowej floty metanowców [wg stanu na 31.12.2011 r.]

Źródło: The LNG industry, 2011, GIIGNL

Całkowita pojemność tej floty wynosiła 53,5 mln m³, przy średniej pojemności pojedynczego statku 145 tys. m³ (w roku 2008 – 136 tys. m³).

W ciągu 2011 roku dostarczono na rynek 16 nowych statków (patrz Tabela 3), zwiększyły one łączną ogólną pojemność floty metanowców o 1,8 mln m³, przy średniej pojemności pojedynczej jednostki 114 000 m³. Cztery statki zostały sprzedane i przeznaczone do zezłomowania (Bekulan, Belais, Bekalang, Tellier), jeden jest przekształcany na jednostkę magazynującą – przeładunkową (FSRU – ang. *Floating Storage and Regasification Unit*), a dwa inne na jednostki magazynujące (FSU- ang. *Floating Storage Unit*)²².

Tabela 3. Metanowce dostarczone na rynek w 2011 roku

| Nazwa statku | Pojemność zbiorników [m ³] | Stocznia | Typ zbiorników |
|---------------------|--|----------------------------|----------------|
| Arkat | 147 000 | DSME | Mark III |
| Stena Crystal Sky | 173 400 | DSME | NO 96 |
| Stena Clear Sky | 173 400 | DSME | Cylinders |
| Amali | 147 000 | DSME | Moss |
| Soyo | 160 400 | SHI | Mark III |
| Malanje | 160 400 | SHI | Mark III |
| Sonangol Sambizanga | 160 500 | DSME | NO 96 |
| Lobito | 160 400 | SHI | Mark III |
| Sonangol Etosha | 160 500 | DSME | NO 96 |
| Sonangol Benguela | 160 500 | DSME | Mark III |
| Energy Horizon | 177 000 | KSC | Moss |
| Norgas Invention | 10 000 | Taizhou - Skaugen - Wuzhou | Cylinders |
| Norgas Unikum | 12 000 | Dingheng Jiangsu | Cylinders |
| Bahrain Vision | 12 000 | Dingheng Jiangsu | Cylinders |
| Akebono Maru | 3 500 | KHI | Cylinders |
| Norgas Conception | 10 000 | Taizhou - Skaugen - Wuzhou | Cylinders |

Źródło: The LNG industry, 2011, GIIGNL

Koszyk zamówień kolejnych jednostek wzrósł z 20 w 2010 roku do 59 na koniec 2011 roku (54 ze zbiornikami membranowymi, 3 ze zbiornikami typu Moss oraz 2 wykorzystujące zbiorniki cylindryczne).

W ubiegłym roku odbyło się 4110 (3951 w 2010 roku) kompletnych dostaw (załadunek i rozładunek) z czego 1438 do Japonii (1356 w 2010 roku), 346 do

²² The LNG industry, 2011, GIIGNL.

USA, Portoryko, Dominikany, Meksyku, Brazylii, Chile, Kanady i Argentyny (379 w 2010 roku), 1109 do Europy (1194 w 2010 roku), 563 do Korei (519 w 2010 roku), 198 do Tajwanu (180 w 2010 roku), 195 do Indii (142 w 2010 roku), 194 do Chin (145 w 2010 roku), 39 do Kuwejtu (33 w 2010 roku), 17 do Zjednoczonych Emiratów Arabskich (3 w 2010 roku) i 11 do Tajlandii.

W 2010 roku ruch metanowców do Europy przez Kanał Sueski w porównaniu z rokiem 2009 uległ zwiększeniu aż o 74%. Wynikało to z faktu oddania do użytku nowych terminali eksportowych LNG na Bliskim Wschodzie oraz obniżenia przez Egipt na prośbę Kataru o 30% opłat za przejście Kanałem Sueskim.

W 2011 roku obserwuje się dalszy wzrost ogólnej liczby pokonanych przez metanowce mil morskich. Widać wyraźny wzrost liczby dostaw (zużycia) skroplonego gazu ziemnego do krajów azjatyckich, a także niewielki spadek zawinięć do portów amerykańskich, a dokładniej tych położonych w Stanach Zjednoczonych. Wynika to ze wspomnianej wcześniej eksploracji złóż gazu łupkowego, która spowodowała spadek cen gazu ziemnego oraz zwiększenie jego podaży na rynku amerykańskim, co w konsekwencji obniżyło potrzeby importowe USA w zakresie błękitnego paliwa.

Wnioski

1. Biorąc pod uwagę fakt, że 30% światowego eksportu gazu ziemnego odbywa się z wykorzystaniem metanowców, środki transportu morskiego stanowią istotny element zapewniający bezpieczeństwo dostaw tego nośnika energii.
2. Metanowce pozwalają wypełnić strategiczny cel/zadanie współczesnych łańcuchów dostaw, a mianowicie zapewniają dostawy gazu ziemnego właściwemu odbiorcy, we właściwej ilości i jakości oraz we właściwym czasie, miejscu i po właściwych kosztach.
3. Współczesna flota metanowców podąża za rozwojem światowego rynku LNG, jednak ich obecna liczba nie jest w stanie zbilansować potrzeb transportowych w tym zakresie.
4. Rośnie lista zamówień na nowe jednostki i pojemność zbiorników, ale czas potrzebny na ich budowę nie pozwoli wprowadzić ich do eksploatacji w obecnym czasie, czyli momencie, gdzie popyt na transport gazu ziemnego przy ich wykorzystaniu przewyższa podaż.

5. Światowy wzrost zużycia gazu ziemnego pozytywnie wpływa na rozwój i zaawansowanie technologii wykorzystywanych do budowy metanowców, a także na rozwój całej infrastruktury towarzyszącej łańcuchowi LNG.
6. Wyraźnie rośnie przewaga metanowców, w których wykorzystuje się zbiorniki wbudowane (membranowe), pozwalające łatwiej zwiększać całkowitą pojemność tych jednostek.
7. Duże zapotrzebowanie na gazowe pozytywnie wpływa na odmłodzenie światowej floty metanowców, co oczywiście przekłada się na ich niezawodność i możliwości transportowe, tym samym podnosząc sprawność łańcucha dostaw gazu ziemnego.

Streszczenie

W artykule omówiono rolę oraz udział środków transportu morskiego w zapewnieniu bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego. Przedstawiono obecny stan światowej floty metanowców, m. in. jej liczebność, strukturę wiekową, stosowane rozwiązania techniczne oraz towarzyszące jej koszty funkcjonowania. Podkreślono także znaczenie oraz wpływ metanowców na właściwe funkcjonowanie łańcuchów dostaw gazu ziemnego.

Abstract

The article discusses the role and contribution of maritime transport in ensuring the security of natural gas supply. The paper presents the current state of the global LNG tanker fleet, including its size, age structure, used technology and its associated operating costs. Stressed the importance and the impact of LNG tanker on the proper functioning of the natural gas supply chain.

Literatura

1. Adamczewski P., *Informatyczne wspomaganie łańcucha logistycznego*, Wyd. AE, Poznań 2001.
2. Bąkowski K., *Gazyfikacja, gazociągi, stacje redukcyjne, instalacje i urządzenia gazowe*, WNT, Warszawa 1996.
3. Bojarski W., *Bezpieczeństwo energetyczne*, „Wokół Energetyki”, Nr 6/2004.

4. Borgosz-Koczwara M., Herlender K., *Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego - potrzeba czy konieczność?*, „Energetyka”, Nr 12/2007.
5. *BP Statistical Review of World Energy*, June 2012.
6. Dunikowski A., *Właściwości gazu ziemnego i zbiorniki do jego przewozu*, „Biuletyn Informacyjny PRS S.A.”, Nr 3/259 czerwiec 2006.
7. El-Manakhly A., *The Suez Canal and LNG*, 6th Doha Conference on Natural Gas, Doha, Katar, 29.10 – 01.11, Qatar Petroleum, 2007.
8. Ficoń K., *Logistyka techniczna. Infrastruktura logistyczna*, BEL Studio, Warszawa 2009.
9. Filin S., Zakrzewski B., *Światowy handel skroplonym gazem ziemnym (LNG) - stan obecny i kierunki rozwoju*, „Energetyka”, Nr 11 (629), 2006.
10. Levitt A., *Hop Aboard the Boom in LNG Shippers*, <http://www.investorplace.com/2012/03/hop-aboard-the-boom-in-lng-shippers/>, dostępny 26.08.2012 r.
11. Lopac A. A., *Recent trends in transporting of LNG, liquefied natural gas*, 11th International Conference on Transport Science, „Transport Policy”, Słowenia, 28 - 29 maj 2008 r.
12. Molenda J., *Gaz ziemny*, Warszawa 1993.
13. *Strategia Rządu RP dla sektora paliwowego i gazowego w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, maj 2009.
14. *The LNG industry, 2011, GIIGNL*.
15. Tusiani M. D., Shearer G., *LNG: A Nontechnical Guide*, PennWell Corporation, 2007, USA.
16. Warowny W., Rychlicki S., *Wybrane nowe technologie w transporcie i zastosowaniach energetycznych gazu ziemnego*, „Wiertnictwo Nafta Gaz”, t. 24, zeszyt 2, 2007.
17. Witkowski J., *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*. Wyd. PWE, Warszawa 2003.
18. <http://www.marinetraffic.com>.
19. <http://www.shipspotting.com>.
20. <http://myship.com>.