

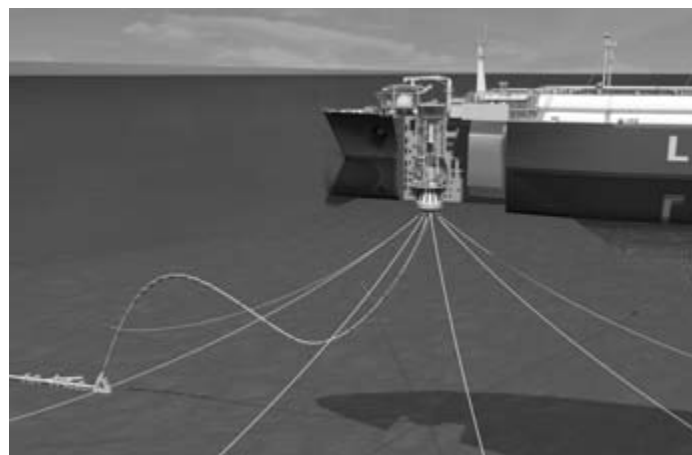
# STATKI LNG Z REGAZYFIKACJĄ

ERNEST DOBEK

## Wprowadzenie

Terrorystyczny atak na WTC (World Trade Center) 11 września 2001 zdecydowanie zmienił podejście Stanów Zjednoczonych do spraw bezpieczeństwa narodowego. Władze kraju i amerykański USCG (US Coast Guard) niejako wymusili na IMO (Międzynarodowej Organizacji Morskiej) bardzo szybkie wprowadzenie w życie kodu bezpieczeństwa i ochrony tzw. ISPS Code – International Ship and Port Facility Security Code. ISPS Code był najszybciej wprowadzonym w życie kodem w historii IMO, obowiązującym wszystkie statki i porty już od 1 lipca 2004 roku. Jak wówczas stwierdzono statki do przewozu ładunków niebezpiecznych tzw. zbiornikowce (a w szczególności metanowce) jak również lądowe terminale LNG stanowią największe zagrożenie, doskonałą broń w rękach zamachowców. Bardzo pospolite stało się wśród Amerykanów stwierdzenie: 'LNG Terminal – Yes but NIMBY' (not in my back yard). Wstrzymano więc początkowo wszystkie projekty budowy wyładunkowych terminali LNG na lądzie (obecnie sytuacja się nieco zmienia), kierując wszelkie zainteresowanie na poszukiwanie alternatywnych metod wyładunku gazu z dala od lądu.

Wielu światowych liderów na rynku przewozu skroplonego gazu podchodziło sceptycznie do tego typu rozwiązań, pomimo iż ropowce pomyślnie ładowały się na bojach już ponad 20 lat. Wielką szansę dostrzegła amerykańska firma **Excelerate Energy**, która w porozumieniu z **Exmarem** (belgijskim przewoźnikiem skroplonego lng) oraz stoczną **DSME** (Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering), stworzyli pierwszy na świecie projekt budowy statków i portu do wyładunku zgazyfikowanego LNG **offshore** (w strefie przybrzeżnej). Powstał więc wspólny, innowacyjny projekt pod nazwą **Gulf Gateway - Energy Bridge Deepwater Port** jako alternatywa do dynamicznie rozwijających się projektów terminali wyładunkowych na



Fot.1. Statek LNGRV na boi wyładunkowej [6].

lądzie. Projekt zaakceptowały władze USA wydając tzw. **The U.S. Deepwater Ports Act**.

Skroplony lng jest regazyfikowany na burcie statku i wyładowywany pod wysokim ciśnieniem bezpośrednio do systemu sieci dystrybucji gazu, eliminując w ten sposób potrzebę budowy terminalu wyładunkowego na lądzie.

Do zalet tej koncepcji należą przede wszystkim:

- znaczące zredukowanie niebezpieczeństwa ataku terrorystycznego w porównaniu z instalacją lądową, odsunięcie terminalu od obszarów wysoce zurbanizowanych
- elastyczność system, który może być łatwo przemieszczony do nowej lokalizacji, gdzie budowa terminalu lądowego nie jest możliwa (lub koszty zbyt wysokie)
- ekonomiczność projektu – kilkukrotne zmniejszenie wydatków inwestycyjnych oraz kosztów operacyjnych.

Prace nad projektem rozpoczęły się w 2001 roku. Pierwsze statki zostały zamówione w koreańskiej stoczni DSME w maju 2002 roku. W sumie będzie ich osiem: **Excelsior**, **Excellence**, **Excelerate** o nośności 138 000 m<sup>3</sup> oraz **Explorer**, **Express**, **Exquisite**, **Expedient** i **Exemplar** o nośności 150 900 m<sup>3</sup>. Pierwsze cztery już pływają.



Fot.2. LNGRV Excelsior podczas wyładunku w Teesside (Anglia)

Pierwszy transport skroplonego LNG drogą morską to rok 1959 roku, kiedy to Methane Pioneer (przekształcony na tankowca drobnicowiec) podczas prawie miesięcznego rejsu (25 styczeń do 20 lutego), przewiózł ładunek z Lake Charles (Stany Zjednoczone) do Canvey Island (Anglia). Stan Louisiana stał się więc kolebką przewozu morskiego LNG. Nie bez przyczyny Zatoka Meksykańska została wybrana na lokalizację pierwszej boi wyładunkowej, 116 mil morskich od wybrzeży stanu Louisiana (West Cameron Block 603). Operatorzy terminalu w Lake Charles twierdzą, że: 'pierwsza litera nazwy stanu to skrót od **LNG**'. Pierwsze operacje wyładunkowe odbyły się w 2005 roku. Do chwili obecnej zakończony został także projekt **NorthEast Gateway Energy Bridge**, lokalizacja dwóch boi w strefie przybrzeżnej zatoki Massachusetts, 18 mil morskich od Bostonu. Prace nad następnymi projektami trwają.

### Podstawowe wymagania

Przed przystąpieniem do realizacji projektu zdefiniowano podstawowe potrzeby systemu, do których należą:

- a) zdolność wyładunku lng w fazie gazowej do systemu sieci dystrybucji gazu w szerokim przedziale wartości ciśnienia wyładunkowego (od 35 do 100 barów)
- b) wydajność procesu regazyfikacji na poziomie minimalnym – co najmniej 500MM scf/d ( 500 milionów standardowych stóp sześciennych na dzień, tj. około 13.4 miliona normalnych metrów sześciennych na dzień) przy temperaturze wody 14.7°C
- c) możliwość wyładunku NG (Natural Gas) na morzu lub w specjalnie zaprojektowanych terminalach lądowych
- d) stworzenie elastycznego systemu pozwalającego na pracę w różnych warunkach pogodowych (system cumowniczy boi odporny na pogodę sztormową)
- e) możliwość użycia różnych źródeł energii
- f) dostosowanie parametrów wyładowywanego gazu do wymagań odbiorcy (np. temperatura gazu)
- g) możliwość pracy w systemie konwencjonalnego statku lng
- h) bazowanie na sprawdzonych technologiach instalacji lądowych
- i) utrzymywanie wysokiej kultury i bezpieczeństwa pracy
- j) odpowiednia kontrola ciśnienia i brak wentylacji ładunku w normalnych warunkach
- k) odpowiednia manewrowość statku podczas podejścia do boi
- l) możliwość częściowego wypełnienia zbiorników statku podczas wyładunku
- m) zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia środowiska do poziomu minimalnego
- n) możliwość rozłączenia statku z boją w każdym warunkach pogodowych.

W celu zapewnienia największej elastyczności, statki LNGRV bazują na projekcie konwencjonalnego statku

o nośności 138,000 m<sup>3</sup> ciekłego gazu. Cały projekt obejmuje następujące podzespoły (instalacje):

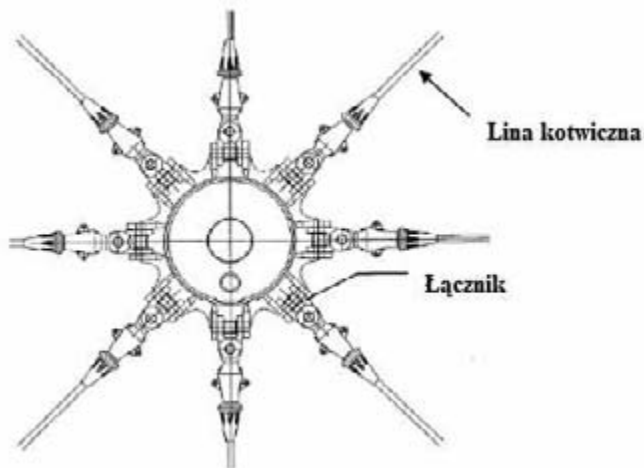
1. System cumowania statku do boi wyładunkowej (STL - Submerged Turret Loading), system kompatybilny z systemem przesyłu gazu
2. Instalacja regazyfikacji: 3 pompy dostarczające (Feeding Pumps), zbiornik buforowy (Suction Drum), 2 małe pompy wysokiego ciśnienia (Small High Pressure Pumps), 6 dużych pomp wysokiego ciśnienia (High Pressure Pumps), 6 wymienników ciepła (Vaporizers), 3 parowe podgrzewacze wody morskiej (Steam Sea Water Heaters), 2 gazomierze ultradźwiękowe z chromatografem (Metering Unit)
3. MAPS (Manoeuvring Aid and Positioning System) - dodatkowy system komputerowy wspomagający manewrowanie przy podejściu do boi, wzorowany na szeroko stosowanych w biznesie offshore systemach DP (Dynamic Positioning) klasy 1
4. Dodatkowy system zasilania – instalacja gazyfikacji zasilana jest wysokim napięciem (High Voltage Switchboards)
5. Specjalnie wzmocniony system izolacji termicznej zbiorników
6. Rozbudowane instalacje przeciwpożarowe w stosunku do konwencjonalnego statku.

### System cumowania statku

#### System STL

Statek LNGRV cumowany jest do boi wyładunkowej zwanej STL zaprojektowanej przez norweską firmę APL AS (Advanced Production and Loading As), będącą światowym liderem systemów do wyładunku ropy i gazu offshore. Należy wspomnieć iż APL posiada ponad 20 letnie doświadczenie w tego typu operacjach, przeprowadzanych na specjalnie zaprojektowanych tankowcach (Shuttle Tankers) głównie na Morzu Północnym i Norweskim. Boja powstała w 2005 roku w Zatoce Meksykańskiej była pierwszą na świecie, przeznaczoną do przesyłu gazu i w odróżnieniu od ropowców służy nie do załadunku, lecz wyładunku zbiornikowca. Boja znajduje się około 35 - 40 m pod powierzchnią wody (głębokość akwenu w tym rejonie to około 90 m) i zacumowana jest do dna morskiego za pomocą 8 dużych kotwic rozmieszczonych symetrycznie (5 o dł. 1198 m oraz 3 krótkich o dł. 557 m). Cała instalacja waży 186 ton. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, iż podłączenie możliwe jest przy wysokości fal do 6 m. Podchodzący do boi metanowiec łapie za pomocą rzutki tzw. **Messenger Line** (lina łącznikowa), podłączoną do boi, o długości około 180 m i swobodnie utrzymującej się na powierzchni wody przy użyciu małych elementów wypornościowych. Następnie boja wciągana jest do wnętrza kadłuba statku i zabezpieczona mechanizmem hydraulicznym.

W ten sposób statek zostaje zakotwiczony do boi i może pozostawać na wodzie bez użycia napędu. Testy



Fot.3. Kotwice utrzymujące boję na określonej głębokości.

modelowe wykazały, że jednostka może utrzymywać się na tej instalacji w trudnych warunkach pogodowych, tj. do wysokości fal 11 m, co z kolei odpowiada falom największego huraganu tego rejonu w okresie ostatnich 100 lat.

W każdym momencie statek może być awaryjnie odłączony od boi i przemieścić się w bezpieczny rejon żeglugi. Mało brakowało a doświadczylibyśmy tego na własnej skórze, jednakże 24 godziny przed spotkaniem, huragan **Katrina** skręcił w stronę Nowego Orleanu.

Gas przesyłany jest z instalacji gazyfikacji do boi poprzez specjalny obrotowy łącznik i konektor (**Swivel and Connector**), łączący szczyt boi ze statkowym rurociągiem wysokiego ciśnienia. Opuszczający statek gaz, kierowany jest specjalnym rurociągiem do podwodnego węzła dystrybucji gazu.

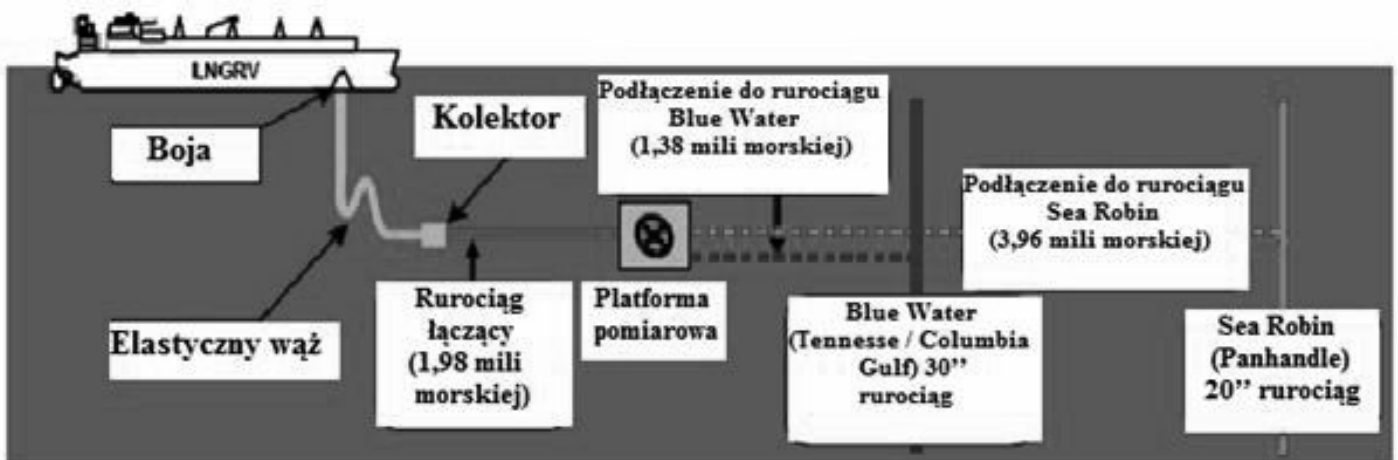
#### Łącznik i Konektor

Prototyp łącznika został wyprodukowany i szeroko przetestowany w celach tejże aplikacji. Wyposażony on jest w podwójny system uszczelniający wypełniony azotem oraz stały system detekcji nieszczelności. Konektor natomiast posiada



Fot.4. Boja STL firmy APL AS [6].

potrójny pasywny system uszczelniający, który może zostać przetestowany przed rozpoczęciem wyładunku. Głównym zadaniem konektora jest monitorowanie ciśnienia w podwodnym rurociągu, kontrola zaworów zainstalowanych na boi oraz podwodnym kolektorze zwanym **PLEM** (PipeLine End Manifold), zainstalowanym na dnie morskim (grawitacyjnie lub za pomocą pali). Podwodny PLEM to grawitacyjna instalacja zajmująca 12 m<sup>2</sup> i ważąca około 125 ton. Łączy on tzw. **Flexible Riser** (elastyczny wąż) z podwodnym rurociągiem, rozdzielającym się następnie na dwie linie przesyłowe: **Sea Robin** i **Blue Water**.

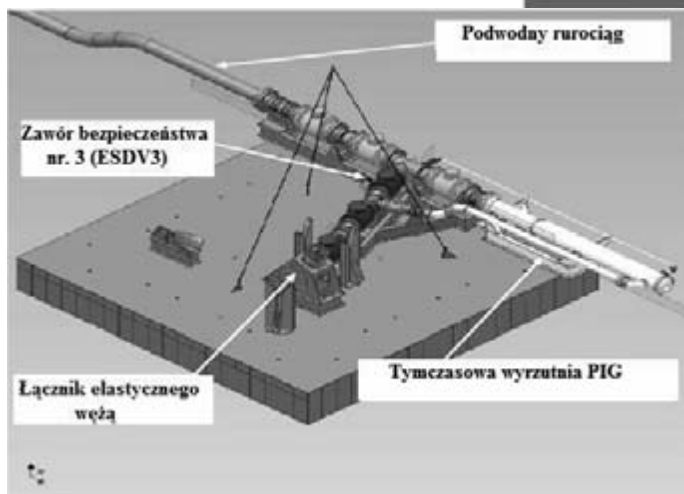


Fot.5. Podwodna sieć rurociągów.

### Testy modelowe

W celu szczegółowego poznania zachowań statku i sił wywieranych na kadłub jednostki, zostały przeprowadzone rozległe badania modelowe w Instytucie Marintek w norweskim Trondheim. Analiza testów modelowych dostarczyła także wiele informacji na temat sił wywieranych na system cumowniczy w czasie wyładunku.

Przed rozpoczęciem budowy statków, cały system został szczegółowo przetestowany w październiku 2003 roku

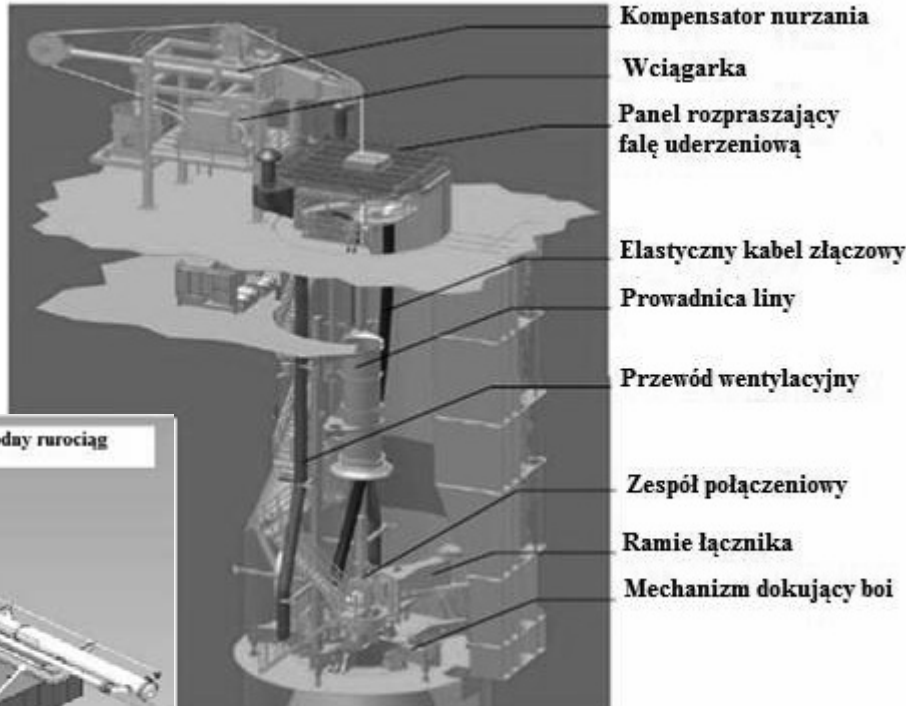


Fot.6. Podwodny kolektor.

w Trussville w stanie Alabama, przy pomocy specjalnie wybudowanej platformy, na której rozmieszczono urządzenia symulujące pracę systemu w warunkach morskich.

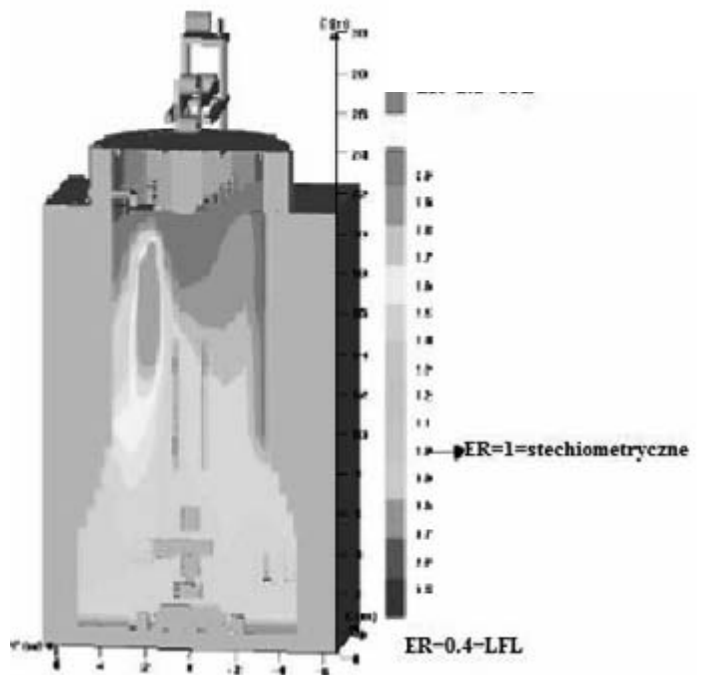


Fot.7. Testowe urządzenie lądowe zainstalowane w Trussville (Alabama) [4].



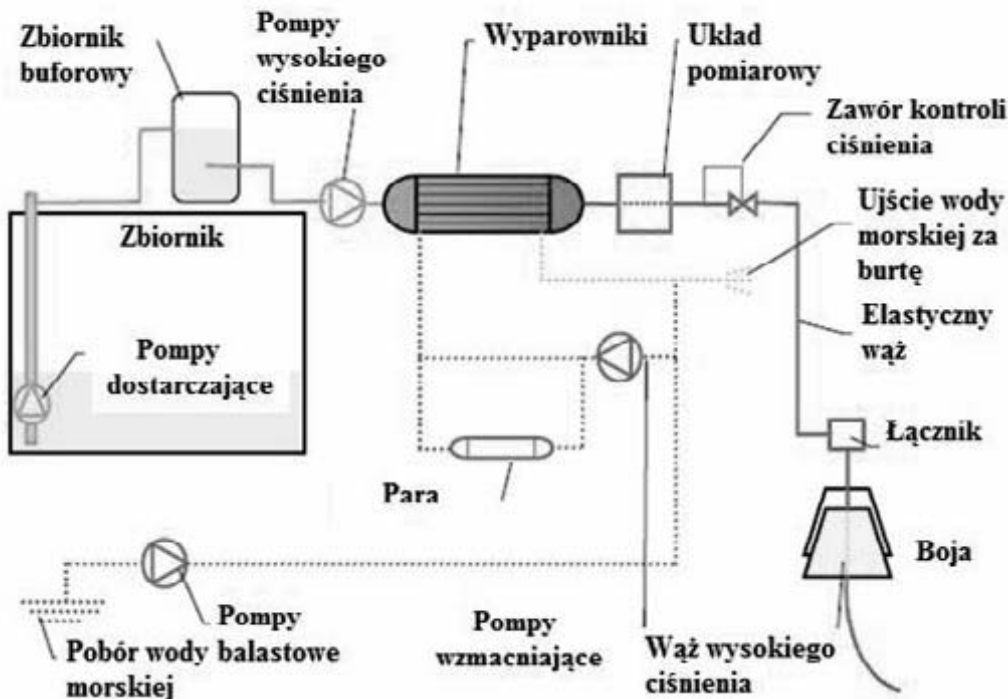
Fot.8. Przedział STL.

Każda jednostka przed wprowadzeniem do eksploatacji musi dodatkowo pozytywnie przebrnąć przez tzw. próby morskie i gazowe. Jest to szereg ćwiczeń i testów odbywających się pod nadzorem inspektorów.



Fot.9. Symulacja chmury gazowej w najgroźniejszym przypadku.

## Schemat Systemu Regazyfikacji



Fot.10. Ogólny schemat statkowej instalacji do regazyfikacji LNG.

## Konstrukcja przedziału STL

Szczegółowe **2D&3D FEM** (Finite Element Model) badania (prowadzone niezależnie przez GTT, ABS i BV) zostały stworzone dla dziobowej części kadłuba w celu zobrazowania stresu i zmęczenia strukturalnego tej części kadłuba. Ocena modelowa wykazała, że umiejscowienie przedziału STL, nie wpłynie negatywnie na konstrukcję statku w tej części podczas 40-letniego okresu eksploatacji jednostki, biorąc pod uwagę fakt, iż 20% życia, statek spędzi na boi.

Wszystkie urządzenia w przedziale STL zostały zaprojektowane jako odporne na wybuchy. Przeprowadzono także badania potencjalnego wzrostu ciśnienia w wyniku nieszczelności instalacji gazowej prowadzącej w konsekwencji do eksplozji. W rezultacie powyższych badań na szczycie przedziału zainstalowano tzw. Blast Relief Panel (panel rozpraszający falę uderzeniową) otwierający się przy nadciśnieniu o wartości 0.1 bara. Sam przedział STL jest w stanie wytrzymać maksymalne ciśnienie w wysokości 3.5 bara.

## Instalacja regazyfikacji

### Schemat system regazyfikacji

Skroplony LNG za pomocą pomp dostarczających (Feed Pumps) wypompowywany jest ze zbiorników statkowych i dostarczany do zbiornika buforowego (Suction Drum). Następnie z tego zbiornika LNG trafia do dwóch równoległych łańcuchów przesyłowych (po jednym na prawej i lewej burcie statku), każdy wyposażony

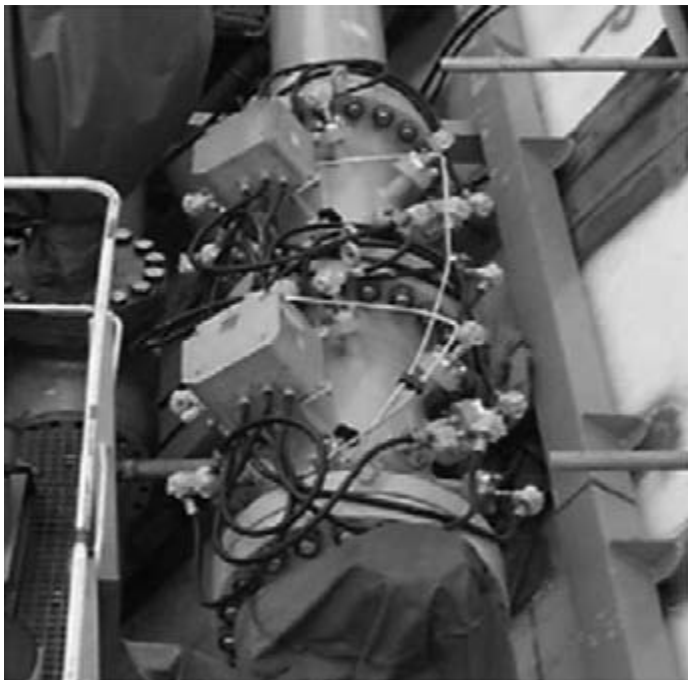


Fot.11, 12. Instalacja pompy dostarczającej oraz pompy wysokiego ciśnienia na burcie LNGRV Excellence.

w pompy wysokiego ciśnienia (LNG HP Pumps) i wyparowniki (LNG Vaporizers). Opuszczając wyparowniki NG (Natural Gas) kierowany jest do wspólnej linii przesyłowej na której znajdują się dwa gazomierze ultradźwiękowe z chromatografem (Metering Unit). W ostatniej fazie zgazowany NG płynie poprzez boję do instalacji podwodnej lub też do statkowego kolektora wyładowkowego wysokiego ciśnienia (prawa lub lewa burta) a następnie do instalacji lądowej. Nominalna wydajność systemu to 500MM scf/d (open mode – temperatura wody morskiej 14.7°C bez podgrzewania), natomiast maksymalna to 690MM scf/d. Poniżej przedstawiono schemat powyżej opisanego systemu.

**Parowe podgrzewacze wody morskiej.** Czynnikiem podgrzewającym LNG w procesie regazyfikacji jest woda morska. Pompy balastowe (Ballast Pumps) znajdujące się w maszynowni pompują wodę do dziobowej części kadłuba, gdzie jej przepływ zostaje dodatkowo zwiększony 3 pompami wspomagającymi (Booster Pumps). W zimnych rejonach żeglugi woda kierowana jest dodatkowo do 3 parowych podgrzewaczy wody morskiej (Steam Sea Water Heaters) zasilanych parą o temp. około 500°C (closed mode – wydajność systemu spada do 450MM scf/d, temperatura wody morskiej 6.5°C), i dalej do wyparowników LNG.

**Pompy dostarczające** - 3 pompy hermetyczne, odśrodkowe, o wydajności 620 m<sup>3</sup>/h każda, zlokalizowane zostały w zbiornikach 2, 3 i 4. Tego typu pompy są szeroko stosowane na metanowcach typu membranowego jako awaryjne pompy wyładowkowe oraz jako główne wyładowkowe na terminalach lądowych. Konserwacja tychże



Fot.13. Układ pomiarowy na burcie LNGRV Excellence

pomp możliwa jest bez potrzeby opróżniania zbiornika i zmiany jego atmosfery. W razie awarii mogą zostać zastąpione pompami głównymi lub osuszającymi.

**Zbiornik buforowy** – pełni nie tylko rolę bufora dostarczającego skroplony gas do systemu regazyfikacji, lecz także bufora powstałego w systemie par ładunku tzw. **BOG** (Boil of Gas) zwracanego z powrotem do zbiorników. Kontrola poziomu, ciśnienia i temperatury w tymże zbiorniku jest nieodzowna w celu zapewnienia stabilnej pracy całego systemu.

**Pompy wysokiego ciśnienia** - 6 pomp hermetycznych, odśrodkowych, wielostopniowych, każda o wydajności 205 m<sup>3</sup>/h, pozwalają na nominalną produkcję 500 MM scf/d przy ciśnieniu wyładowki 100 barów. W odróżnieniu od pomp lądowych, pompy te pracują w warunkach dynamicznych, dlatego też wyposażono je w specjalne łożyska w dolnej części zapobiegające obijaniu się podstawy pompy. Spośród innych, dodatkowych elementów w jakie wyposażono te pompy warto wspomnieć o systemie podnoszącym wirniki z łożysk podczas żeglugi, kiedy to ruchy i wibracje kadłuba mogłyby uszkodzić elementy pompy.

**Małe pompy wysokiego ciśnienia:** 2 mniejsze hermetyczne, odśrodkowe, wielostopniowe pompy, każda o wydajności 20 m<sup>3</sup>/h, używane głównie przy starcie i zwiększaniu ciśnienia w systemie. Przed oddaniem statku do eksploatacji, wykorzystywane są także podczas testów schładzania systemu azotem.

**Wyparowniki** - 6 wyparowników, typu dwustronnego (**Shell and Tube Type**). Tego typu wymienniki ciepła są obecnie szeroko stosowane na lądowych instalacjach



Fot.14. Kolektor wyładowkowy wysokiego ciśnienia na prawej burcie statku.

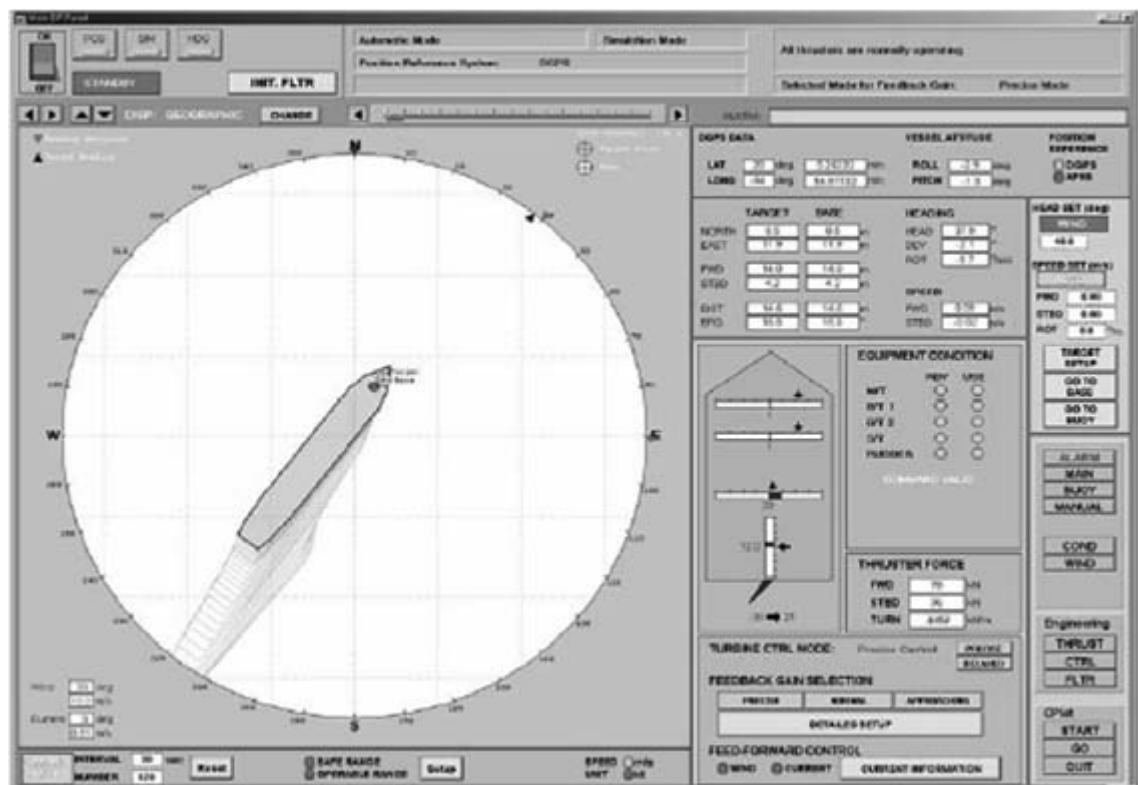
regazyfikacji, takich jak np. terminal wyładunkowy Dahej w Indiach. Wyparowniki te posiadają kilka ważnych korzyści w instalacjach offshore:

- kompaktowy kształt (łatwy do instalacji na burtce statku)
- łatwość obsługi
- oszczędność (możliwość wykorzystania energii naturalnej, np. wody morskiej)
- proces wymiany ciepła jest stabilny, nie wpływają na niego ruchy statku oraz złe warunki pogodowe.

Przepływ gazu w wyparownikach nie jest zakłócany, ponieważ system operuje znacznie powyżej ciśnienia krytycznego LNG (około 44 barów), unika się więc zmiany fazy czynnika. To z czym mamy do czynienia nazywane jest przez projektantów systemu **fluidium**.

Jak wspomniano powyżej czynnikiem ogrzewającym jest woda morska, dlatego też morską stronę wyparownika jest wykonana ze stali nierdzewnej o podwyższonej (6%) zawartości molibdenu i zwiększonej odporności na korozję.

**Układ pomiarowy.** W celu bardzo dokładnego pomiaru ilościowego i jakościowego przepływającego gazu, zastosowany został układ składający się z dwóch gazomierzy ultradźwiękowych oraz chromatografu. Tego typu rozwiązania są obecnie stosowane na rurociągach gazu ziemnego, przechodzących przez terytoria sąsiadujących ze sobą państw. Na dokładność systemu nie wpływa ruch statku, można na nim polegać w każdych warunkach pogodowych.



Fot.15. Główny obraz systemu MAPS.

### Kolektor wyładunkowy wysokiego ciśnienia.

W kierunku dziobowym od konwencjonalnego kolektora wyładunkowego znajduje się po obydwu burtach statku tzw. kolektor wyładunkowy wysokiego ciśnienia (High Pressure Manifold). Daje to możliwość wyładunku NG do lądowej sieci wysokiego ciśnienia.

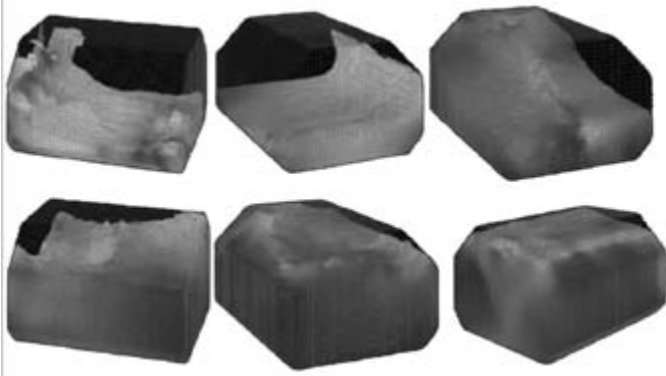
### Bezpieczeństwo

Na początkowym etapie planowania statków i terminalu offshore, zainteresowane strony podjęły niezbędne rozmowy dotyczące bezpieczeństwa, ochrony przeciwpożarowej i BHP z takimi instytucjami jak: brytyjski MAR-SPEC czy amerykański klasyfikator ABS. Ważne było aby nowy system spełniał nie tylko wszystkie wymogi Instytucji Klasyfikacyjnej lecz także był zgodny z wymaganiami kodu IGC (International Gas Code) do przewozu gazów skroplonych drogą morską. Zarówno statki jak również instalacja morska uzyskały akredytację Bureau Veritas, jednego z największych klasyfikatorów na świecie.

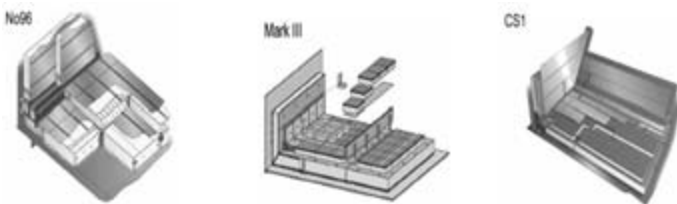
### MAPS

W celu bezpiecznego podejścia i zacumowania metanowca do boi musi on posiadać odpowiednie właściwości manewrowe i mieć możliwość utrzymywania się przez pewien okres czasu w promieniu 20 m od pozycji boi. Statki projektu **Energy Bridge** poza głównym napędem turbinowym, zostały wyposażone w dwa dziobowe stery strumieniowe i jeden ster rufowy. Stworzony MAPS (Manoeuvring Aids and Positioning System) to system komputerowy łączący w jednym joysticku nie tylko wszystkie napędy statku, lecz także system zapewniający odpowiednią dokładność pozycji i jej kontrolę dzięki zainstalowanym podsystemom pomocniczym.

W celu pozycjonowania system korzysta bez ograniczeń z różnicowej odmiany systemu GPS, tj. DGPS o dokładności od 2 m, oraz APRS (Acoustic Position Reference System), akustycznego systemu lokalizującego (sygnały z przetwornika dociera-



Fot.16. Animacja ruchu cieczy w zbiorniku nr. 2 metanowca z gazyfikacją.



Fot.17. Membranowe systemy izolacji termicznej stosowane na metanowcach.

ją do 6 transponderów zainstalowanych na boi). APRS podaje dokładnie pozycje boi w stosunku do statku (kierunek i głębokość), minimum 2 z 6 transponderów ciągle odbierają sygnały z przetwornika.

System zobowiązany jest skutecznie stawić czoła nie tylko ograniczeniom związanym z napędem turbiny (wydajność na poziomie 33%) lecz także panującym warunkom pogodowym.

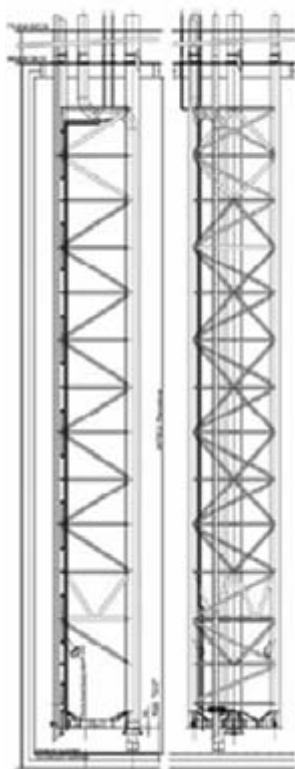
### System izolacji zbiorników

Spośród wielu zaprezentowanych, do najczęściej stosowanych obecnie systemów izolacji termicznej zbiorników na konwencjonalnych metanowcach, zaliczamy cztery koncepcje: membranowy system **GTT No.96** (Gas Transport & Technigaz), membranowy system **Mark III**, membranowy system **CS1** (kombinacja dwóch pierwszych) oraz sferyczny model **Moss Rosenberg**. Poza naj-

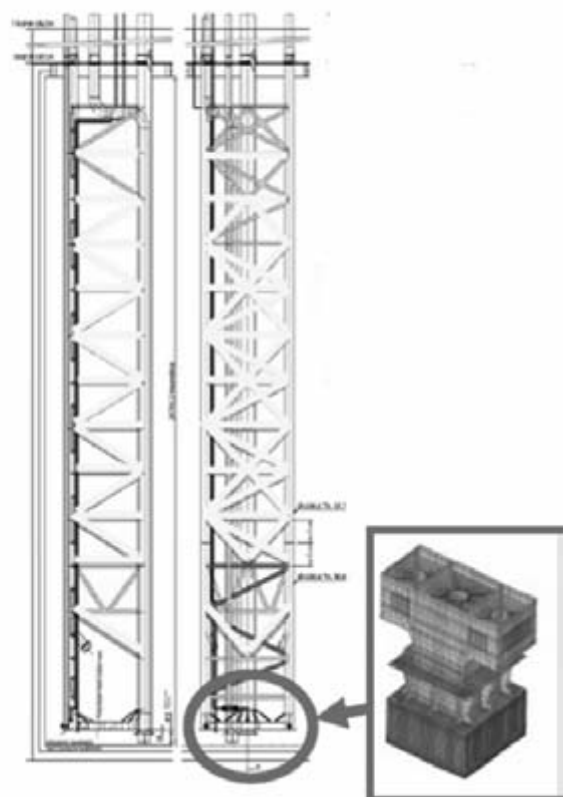
nowszym z nich – CS1, pozostałe systemy sprawdziły się doskonale w ponad prawie 50-letniej historii transportu LNG drogą morską. Jednakże, aplikacja jednego z powyższych systemów na statkach z regazyfikacją nie chroni obiektu przed niekorzystnym efektem tzw. **sloshing** (polega na występowaniu swobodnych powierzchni cieczy w zbiorniku) z uwagi na fakt, iż operacja regazyfikacji odbywa się na pełnym morzu i trwa około 5-6 dni przy zachowaniu maksymalnej wydajności systemu.

Zastosowany na tychże gazowcach system GTT No.96 musiał więc zostać wzmocniony, zapewniając odpowiedni poziom bezpieczeństwa szczególnie w warunkach sztormowych. Przeprowadzone szczegółowe analizy i badania (prowadzone równolegle przez GTT, APL/MARIN-TEK) dotyczące wpływu swobodnych cieczy na elementy konstrukcyjne systemu izolacji termicznej i wieży pomp, doprowadziły do podjęcia decyzji o wzmocnieniu całości systemu z wyjątkiem płaszczyzny dna zbiornika. Dodatkowo w sposób znaczący wzmocniono szkielet wieży pomp oraz stalowe poszycie wewnętrzne kadłuba. Weryfikacji otrzymanych wyników testów i wzmocnień dokonało Towarzystwo Klasyfikacyjne - Bureau Veritas, w pełni akceptując dokonane zmiany.

### STANDARDOWE WYPELNIENIE



### OGRANICZONE WYPELNIENIE



Fot.18. Wzmocnienia zastosowane na szkielecie wieży pomp [2].

## Dodatkowe systemy

Statki LNGRV zostały wyposażone w wiele dodatkowych i nowych (trudno wymienić wszystkie) systemów nie spotykanych na konwencjonalnych metanowcach. Do najważniejszych z nich możemy zaliczyć:

- a) kocioł główny – w celu zapewnienia wydajności systemu regazyfikacji na poziomie 450MM scf/d, wydajność kotłów została także zwiększona do 71 ton/h (konwencjonalne 56 ton/h)
- b) system zasilania – dodatkowy turbo generator został zainstalowany, a wydajność pozostałych 3 zwiększono do 3700 kW każdy (konwencjonalne 3450 kW każdy)
- c) system balastowy – wydajność 3 pomp balastowych została zwiększona z 3000 do 5000 m<sup>3</sup>/h, dodatkowo w części dziobowej doinstalowano 3 pompy wspomagające o wydajności 3600 m<sup>3</sup>/h każda, oraz dwie małe pompy balastowe (500 m<sup>3</sup>/h każda) do balastowania statku na boi
- d) rozbudowane systemy przeciwpożarowe – modernizacja linii spraszającej wodę morską (Water Spray system), udoskonalenie systemu proszku chemicznego (Dry Powder) oraz wzbogacona linia pożarowa o tzw. Water Deluge System (ochrona pokładu przed ładunkiem o niskiej temperaturze).

## Szkolenie załogi

W ramach szkolenia kadry obsługującej tego typu jednostki stworzono dwa symulatory, jeden dla systemu regazyfikacji a drugi dla systemu MAPS. W każdy z nich wyposażone są nie tylko jednostki pływające, lecz także belgijska Akademia Morska i siedziba armatora.

## Operacje statek - statek

Statki LNGRV mogą także być używane do przeładunków na inne jednostki, w tym konwencjonalne metanowce. 1 września 2006 roku Exmar potwierdził pierwszą w historii komercyjną operację przeładunku skroplonego Ing, pomiędzy dwoma jednostkami tejże firmy, z Excelsiora na Excalibura. Przepompowano łącznie 20 650 m<sup>3</sup>. Niecały rok później, 9 lutego 2007 roku w Scapa Flow (Anglia) jednostki przeładowały około 136 000 m<sup>3</sup> Ing. W tym samym miesiącu wyładowano pierwsze m<sup>3</sup> Ing do lądowej sieci wysokiego ciśnienia na terminalu gazowym 'Teesside Gas Port' w Anglii. Terminal ten jest częścią brytyjskiej, ogólnokrajowej sieci dystrybucji gazu.

Można polemizować czy na pewno były to pierwsze operacje tego typu w historii przemysłu (nie zapominajmy o roku 1979 oraz japońskiej żegludze przybrzeżnej), nie-

wątpliwie były to największe ilości przeładowanego Ing w operacjach **STS** (Ship to Ship). Do chwili obecnej firma potwierdziła już kilka pomyślnie zakończonych operacji STS.

## Podsumowanie

Sektor przemysłu Ing wydaje się obecnie być w stadium największego rozkwitu. Co prawda ilość statków do przewozu skroplonego Ing wzrasta w tempie kilkukrotnie większym w porównaniu ze wzrostem produkcji Ing na terminalach eksportujących. Dostępny na rynku tonaż nie przeraża jednak armatorów, większość szuka swojej szansy na coraz to dynamiczniej rozwijającym się rynku spotowym.

Ostatnie 5 lat wskazuje wyraźnie na dwukrotne zwiększenie się ilości lądowych terminali Ing, z wieloma rozpoczętymi projektami w USA, Europie i Azji. Prognozy sektora gazowego ściśle podkreślają, iż w ciągu następnych 10 lat, jedynie w USA powstanie około 20 nowych terminali Ing, w tym wiele offshore. Początkowe trudności, bariery i obawy przed tego typu projektami zostały już chyba pokonane, na co wskazują nowe wytyczne i publikacje Instytucji Klasyfikacyjnych oraz planowana nowelizacja kodu IGC.

Od pierwszych operacji wyładunkowych na bojach STL minęło już prawie cztery lata, ze względu jednak na ich małą ilość i pewne wady projektowe na samych statkach trudno stwierdzić czy ta właśnie instalacja sprawdzi się najlepiej. Czekamy na nowe projekty, chociażby norweskiej firmy Leif Hoegh (Neptune, Dolphin, Meridian). Nie sposób wyliczyć tutaj wszystkich projektów wyładunku gazu offshore prowadzonych przez niemal większość liderów sektora nafty i gazu, z których wiele znajduje się na etapie końcowym.

Niewątpliwie jednak metanowce projektu **Energy Bridge** były pierwszymi statkami z re gazyfikacją na świecie, dając początek nie tylko nowym projektom Ing, lecz tworząc nową gałąź przemysłu – **LNG Offshore**.

## 12. Literatura

1. *Natural Gas by Sea* – Roger Ffooks, Witherby 1993
2. *Energy Bridge - The World's First LNG Offshore Solution* – Patrick Janssens, Exmar NV, Gastech 2005
3. *The Role of Classification Societies in Design, Operation and Construction of LNG Carriers and Terminals* – W.J. Sember, ABS.
4. [www.excelerateenergy.com](http://www.excelerateenergy.com)
5. [www.exmar.be](http://www.exmar.be)
6. [www.apl.no](http://www.apl.no)



**Ernest Dobek** (1978) – absolwent Akademii Morskiej w Gdyni (2003), słuchacz studium podyplomowego Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie w zakresie 'Transport Gazu i Energetyka Gazowa' oraz 'Wiertnictwo i inżynieria otworowa'. Od 2002 roku związany z transportem LNG drogą morską, obecnie starszy oficer pokładowy na metanowcach.