

## YÜZER DEPOLAMA VE YENİDEN GAZLAŞTIRMA ÜNİTELERİ KARGO OPERASYONLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Ayhan Menteş<sup>1</sup>, Şeref KARA<sup>2</sup>, Ertuğrul MOLLAHMETOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi [jmentes@itu.edu.tr](mailto:jmentes@itu.edu.tr)

<sup>2</sup> İTÜ Denizcilik Fakültesi [|karas17@itu.edu.tr](mailto:|karas17@itu.edu.tr)

<sup>3</sup> İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi [|ertugrul16@itu.edu.tr](mailto:|ertugrul16@itu.edu.tr)

### ÖZET

Sıvılaştırılmış doğal gazın (LNG) deniz tankerleriyle taşınması 1959 yılında başlamış olup o günden günümüze gelişerek ve yaygınlaşarak devam etmiştir. Günümüzde LNG gemilerinin özelleşmiş bir şekli olan Yüzer Depolama ve Yeniden Gazlaştırma Ünitesi (FSRU) özellikle konvansiyonel LNG terminallerinin görevlerini üstlenmektedir. Türkiye de hâlihazırda iki adet FSRU tesisi hizmet vermektedir. Bu gemi ve terminal özelliğindeki özel tip tesislerin operasyon süreçleri özel bilgi birikimi gerektirmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de yeni yeni gelişmekte olan bu sektörün temel işlev ve operasyonları incelenecektir.

**Anahtar kelimeler:** LNG, FSRU, Kargo Transfer.

### SUMMARY

The transportation of liquefied natural gas (LNG) with sea tankers started in 1959 and since then has continued to develop and grow up. Today, The Floating Storage and re-gasification unit (FSRU), a specialized form of LNG ships, is particularly responsible for the tasks of conventional LNG terminals.

Currently, two FSRU plants are serving for Turkey. These special types of plants have both ship and terminal features, and operational processes require specific knowledge. In this study, basic functions and operations of the this newly developing sector in Turkey will be examined.

**Keywords:** LNG, FSRU, Cargo Transfer.

### 1. Giriş

İlk Sıvılaştırılmış Doğal gaz (LNG) kargosu, 1959 yılında Metan Pioneer gemisi tarafından Amerika’nın Louisiana Körfezinden İngiltere’ye taşınmıştır. Bu tarihten itibaren deniz yoluyla LNG kargo taşınması gelişmiş ve yaygınlaşmış olup günümüzde kapasiteleri 266.000m<sup>3</sup>’e varan gemiler ile süreç devam etmektedir.

Yüzer Depolama ve Yeniden Gazlaştırma Ünitesinin (FSRU: Floating Storage and Regasification Unit) endüstride yerini alması, 2001 yılında El Paso’nun Gulf Gateway projesi için Excelerate Energy ile yaptığı ilk FSRU inşa kontratıyla başlamıştır [1]. Konvansiyonel kara terminallere alternatif olarak ortaya çıkan FSRU tesisleri, kara tesislerine oranla daha kısa sürede inşa edilebilir olmaları, hareket kabiliyetleri ve daha düşük inşa maliyetleri sebebiyle zamanla yaygınlaşmışlardır. FSRU ‘özel LNG gemisi ya da yüzen LNG terminali olarak

adlandırılabilir (Şekil 1). FSRU'lar esas olarak kara terminalleriyle aynı teknolojiyi kullanmaktadırlar. Kara terminalleri ve FSRU arasındaki en belirgin fark, FSRU ekipmanlarının denizcilik ve gemi inşa operasyonlarına uygun hale getirilmiş olmasıdır.

Yeni inşa FSRU'lar da kullanılan ekipmanlar kompakt hale getirilmiş olup kara terminallerine göre göreceli olarak daha az hacim kaplarlar.



Şekil 1. Neptune Gemisi [2].

LNG yoğunluklu olarak metan ( $\text{CH}_4$ ) ihtiva etmekle beraber, az miktarda etan, propan, bütan ve bazı diğer gazları da ihtiva eder. Atmosferik koşullarda kaynama noktası yaklaşık  $-162^\circ\text{C}$ 'dir. Gazın üretim noktasından tüketim noktasına nakli, genel itibariyle boru hatları veya gemiler vasıtasıyla yapılmaktadır. Özellikle boru hattı inşasının zor ve maliyetli olduğu durumlarda, gemi yoluyla nakliye tercih edilmektedir. Doğal gaz atmosferik koşullarda  $-162^\circ\text{C}$ 'de sıvı hale geçerken aynı zamanda hacmi de 600 kat kadar küçülmektedir [3]. Bu durumda çok büyük hacimler ihtiva eden gaz, sıvı halde çok daha küçük hacimlere hapsedilerek taşınabilme olanağı ortaya çıkmaktadır. Böylece, doğal gazın LNG formuyla gemilerle taşınması uygulanması kolay bir yöntem haline gelmektedir. Bu bağlamda gemiler ile nakli yapılan LNG, FSRU ünitelerine transfer edilmekte ve FSRU ünitelerinin konumlandırıldığı bölgenin gaz ihtiyacına göre gerekli miktarda LNG gazlaştırılarak ana şebekeye basılmaktadır. Doğal gazın, çıkarılıp işlenmesi, sıvılaştırılması, nakledilmesi, depolanması ve yeniden gazlaştırılması sürecine temelde LNG değer döngüsü denmektedir. Bu döngü 4 basamaktan oluşmaktadır [4].

Bu aşamalar;

- Arama ve çıkarma,
- Sıvılaştırma ve Depolama,
- Nakliye,
- Depolama ve yeniden gazlaştırma şeklinde tanımlanabilir.

Özellikle LNG ithal eden ülkeler açısından, depolama ve yeniden gazlaştırma aşaması büyük önem arz etmektedir. Zira depolama kapasitesinin yetersiz olması durumunda enerji talebinin karşılanmasında problemlerin oluşması, özellikle kalkınmakta olan ülkelerin sanayisini olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda yaptığı enerji yatırımlarıyla adından söz ettiren Türkiye, kısa vadede LNG depolama kapasitesine arttırabilmek ve gerekli enerji arzını karşılayabilmek için FSRU tesis yatırımları yapmıştır. Bunlardan ilki İzmir Aliğa'da olmakla birlikte bir diğeri Hatay Dört Yol bölgesinde konumlandırılmış ve hâlihazırda servis vermektedir. Bu çalışmada, Türkiye'de yeni yeni gelişmekte olan bu sektörün temel işlev ve operasyonları incelenecektir.

## 2. FSRU Ana İşlev ve Operasyonu

FSRU ünitelerinin temelde 3 ana işlevi bulunmaktadır. Bu işlevler:

- LNG'nin gemilerden boşaltımı ve depolanması,
  - Depolanan LNG'nin gazlaştırılması ve İletim Şebekesine gönderilmesi,
  - Depolanan LNG'nin LNG Gemilerine yüklenmesi
- şeklinde sıralanabilir.

LNG deniz dolun/tahliye kolları veya LNG kriyojenik transfer hortumları vasıtasıyla FSRU tanklarına aktarılır. LNG tankı içinde bulunan düşük basınç pompaları (LP pump) likit LNG'yi yeniden yoğuşurma (re-condenser)'ya transfer eder. Tanklarda oluşan kaynama gazı (BOG) 'da BOG kompresörleri vasıtasıyla yeniden yoğuşurmaya gönderilir. Yeniden yoğuşurmada basınçlı BOG (boil-off gas – kaynama gazı) ve likit LNG temas halinde bulunur. Bu aşamada basınçlı BOG yoğuşarak yeniden yoğuşurma haznesinde sıvı halde kalır. Yeniden yoğuşurma haznesindeki sıvı LNG yüksek basınç pompaları (HP pump veya send out pump) vasıtasıyla gazlaştırma ünitesine transfer edilir. Bu üniteye gazlaştırılan ve istenilen sıcaklık değerine ulaştırılan gaz sayaçtan geçirilerek ana şebekeye gönderilir.

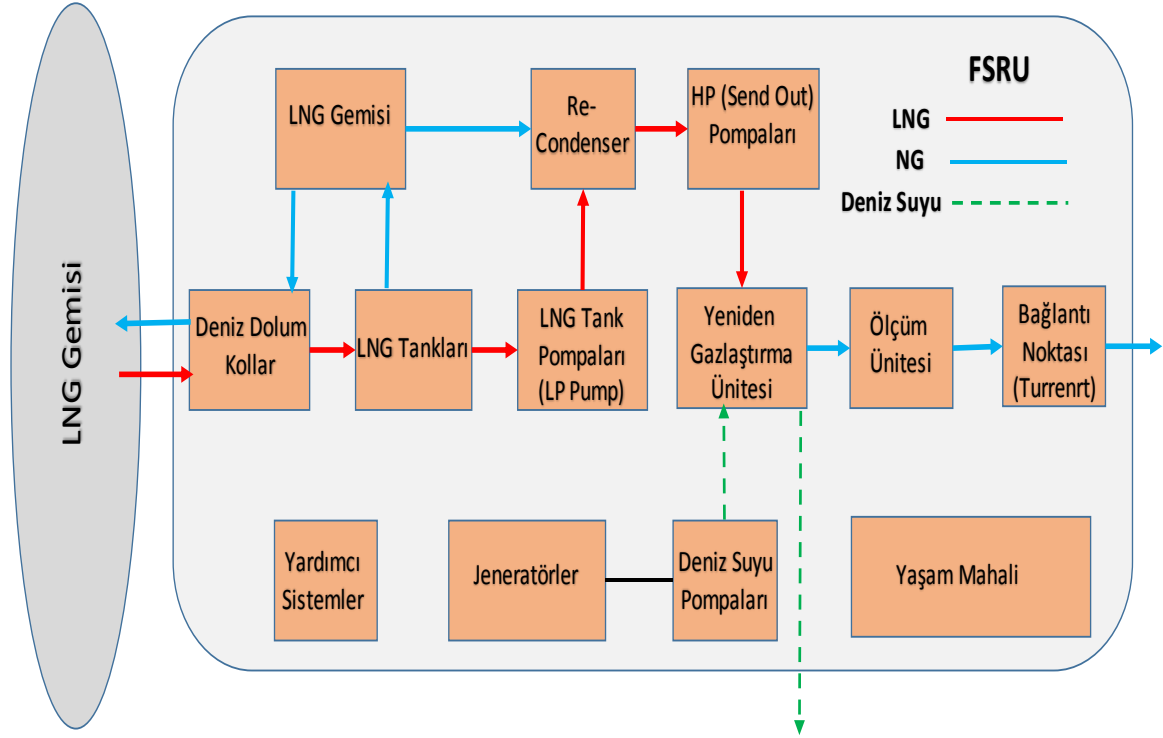
FSRU tanklarında oluşan BOG'ın bir kısmı FSRU kazan veya makinalarında yakıt olarak kullanılmaktadır. FSRU tankları içindeki basınç belirli limitler arasında tutulmalıdır (Genellikle max. 25kPa olmakla beraber gemi tank dizaynına bağlı olarak değişmektedir). Her ne kadar tank izolasyonları çok iyi olsa da bir miktar ısı geçişi olduğundan ve gazın hareketinden kaynaklanan likit LNG'nin buharlaşması sonucu tank içi basınç artmaktadır. Bu esnada oluşan gaza BOG (Boill Off Gas) denmekte ve bu gaz ya yeniden sıvılaştırılarak tanklara gönderilmekte ya da kazan, baca veya makinelerde yakılarak kullanılmaktadır.

Tanklardan LNG tahliyesi esnasında tank içi basıncının düşmesi de söz konusu olabilmektedir. Bu durumda BOG miktarı yeterli değilse (genellikle yeterli değildir) tanklarda bulunan süzdürme pompası (stripping pump) yardımıyla bir miktar sıvı LNG, LNG buharlaştırıcılarına gönderilmekte, burada buharlaştırılan LNG HD (high demand-yüksek talep) kompresörleri vasıtasıyla tanklara gönderilmekte ve tank içi basıncı dengelenmektedir. Şekil 2' FSRU akış şeması basitçe gösterilmektedir.

## 3. LNG Kargo Döngüsü

LNG gemileri tersaneden çıktığı anda tüm tanklar gazdan arındırılmış ve ortam koşullarındadır. Tipik kargo döngüsü yedi temel basamakta ele alınabilir:

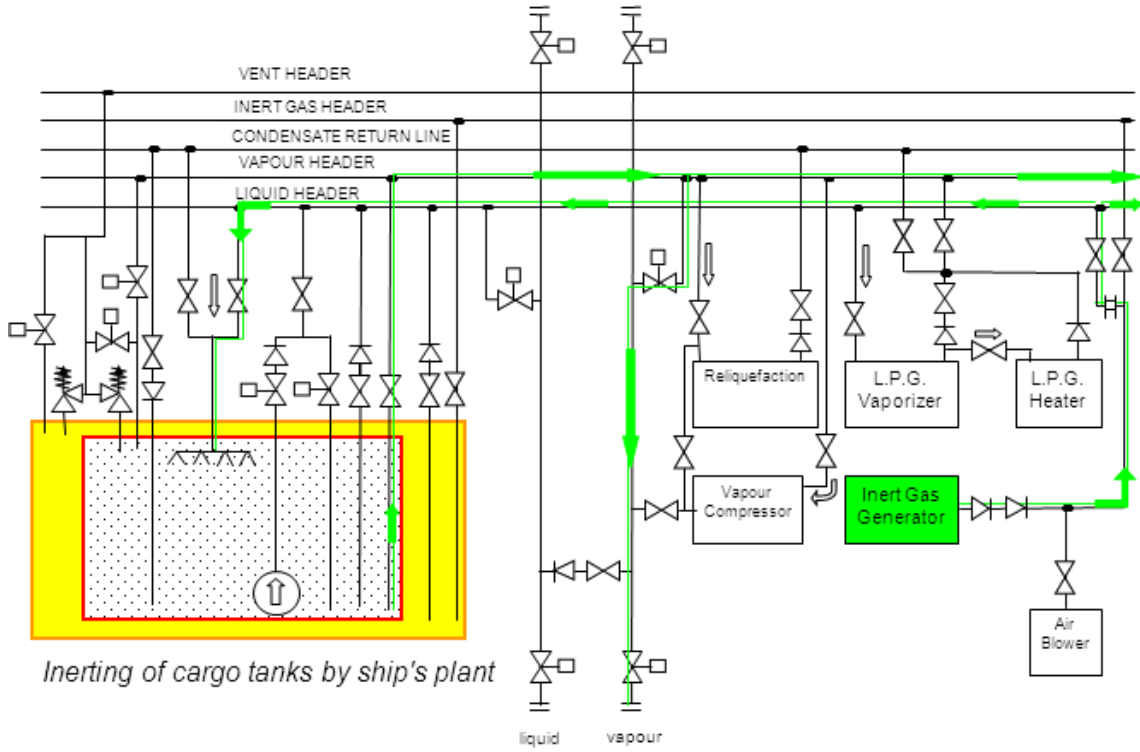
Gazdan arınmış gemi (gas free) → İnertleme → Gaz verme (Gas up) → Soğutma → Dökme yükleme → Seyir → Kargo tahliyesi → Gazdan arındırma (Gas free).



Şekil 2 FSRU Akış Şeması

### 3.1) İnertleme

Normal koşullarda tersaneden çıkan bir LNG gemisi “gas-free” kondisyonda çıkar. Bu durumda tüm kargo tanklarında hava mevcut demektir. Bu durumda kargo direkt olarak tanklara yüklenemez. Zira tankta bulunan havadaki oksijen yanma ve patlamaya sebep olacağı gibi -162 derecede tanklara yüklenen sıvı doğal gaz ani sıcaklık değişimi olacağından tanklara zarar verecektir. Dolayısıyla tanklar öncelikle patlama tehlikesini ortadan kaldırmak amacıyla inertlenmelidir. İnert gaz LNG gemisinde bulunan inert gaz jeneratöründe yakıtın yakılmasıyla (marine gas oil) elde edilen, yoğunluklu olarak karbondioksit gazından oluşan ve oksijen oranı genellikle %4’den daha düşük olan bir gazdır. İnertleme işleminin ardından gemi yükleme limanına “gas-up” ve “cool-down” prosesini gerçekleştirmek için gelir. İnertlenmiş tanklara direkt olarak LNG yüklenemez, zira karbondioksit donarak pompalara zarar verecek ve aynı zamanda ani ısı değişikliğinden kaynaklanan soğuk şok tanklara ve pompa kulelerine hasar verecektir. Şekil 3’de gaz inertleme işlemi görülmektedir.



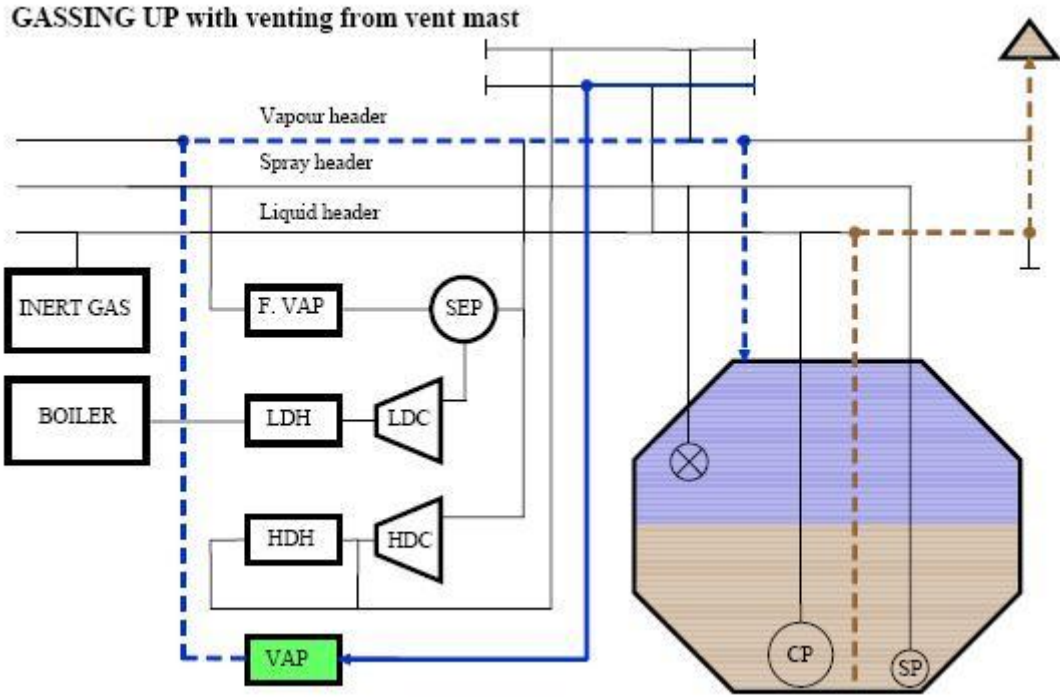
Şekil 3 Tank İnterleme İşlemi [9]

### 3.2) Gaz Verme (Gas-up)

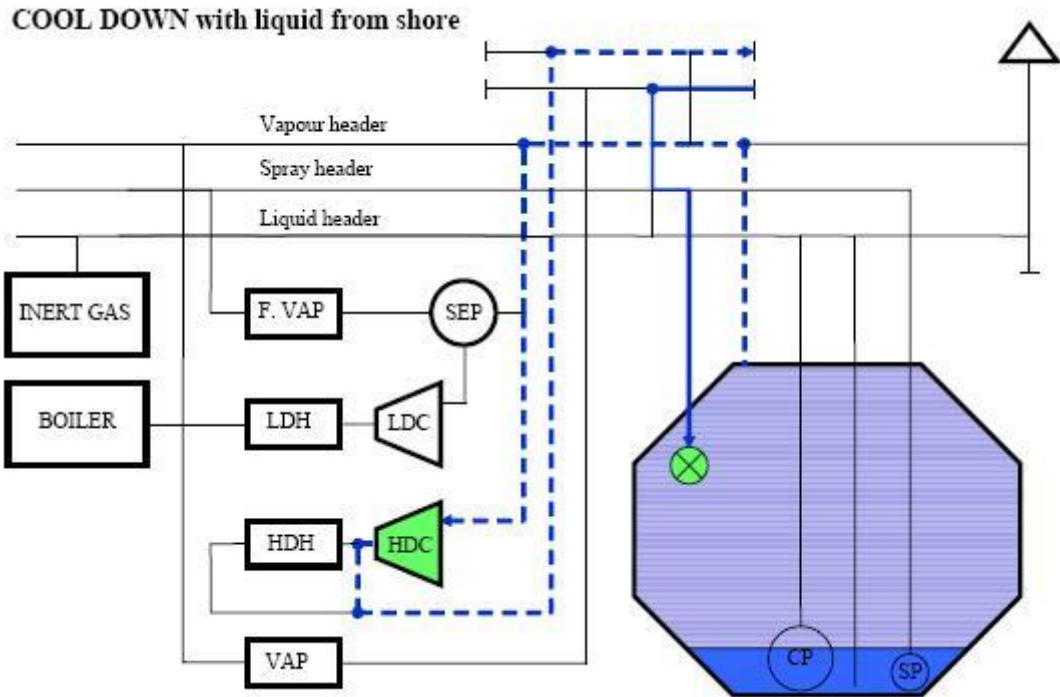
Bu aşamada likit gaz, sprey hatları aracılığıyla ana buharlaştırıcıya gönderilir ve gaz hale getirilmesi sağlanır (Şekil 4). Ardından gaz ısıtıcılarında 20°C civarına ısıtılarak tanka gönderilir. Tanka gönderilen doğal gaz inert gazın dışarıya atılmasını sağlar. Bu işlem tüm karbondioksidin tank dışına atılmasına kadar sürer. Öncelikle inert gaz atmosfere atılmaktadır. Hidrokarbon oranı %5'e ulaştığında (metanın alt parlama sınırı) inert gazın atmosfere atılması durdurulur, HD kompresör ve boruların yönlendirilmesi aracılığıyla kara terminaline gönderilir. Kara terminali bu gazı yakarak patlama riskini ortadan kaldırır, aynı zamanda kara tanklarındaki LNG'nin kompozisyonunu bozmamış olur. Bu aşamada gemi tankları için gas-up aşaması tamamlansa da tank sıcaklıkları halen ortam sıcaklığındadır, haliyle sıvı yükleme işlemine başlanamaz.

### 3.3) Soğutma (Cool Down)

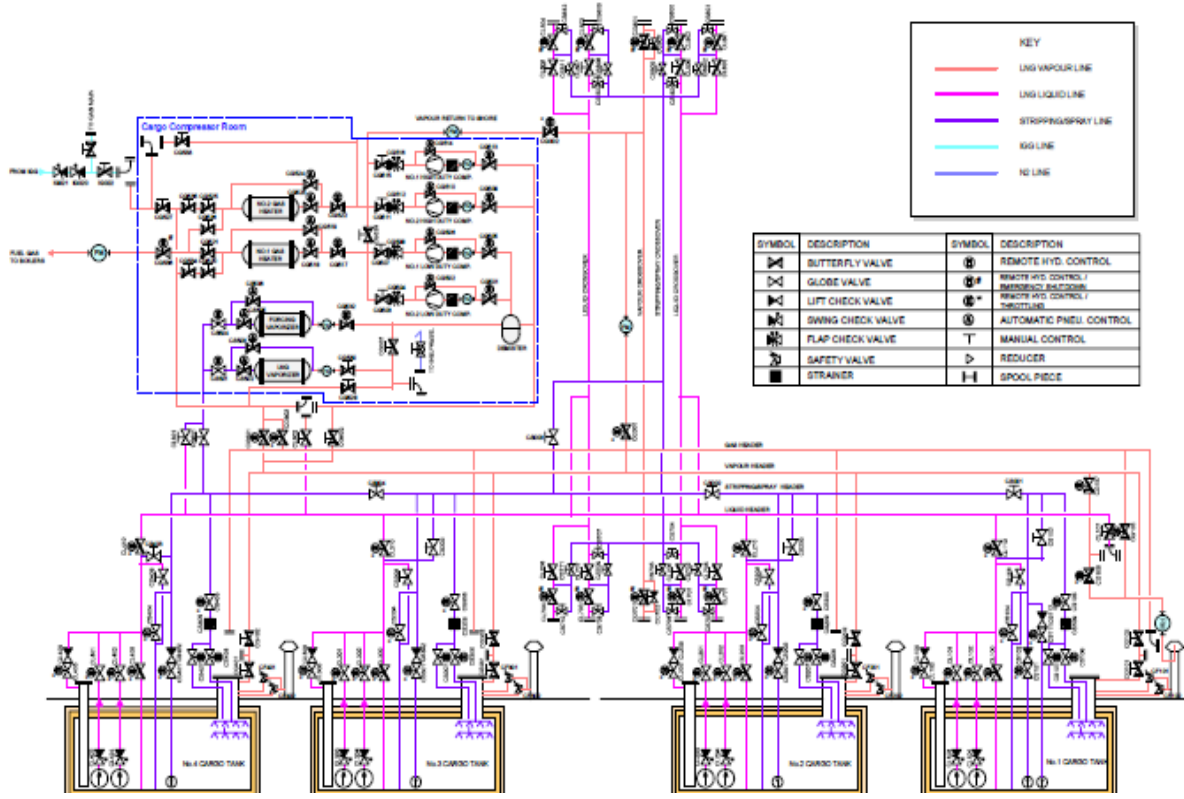
Likit haldeki LNG sprey hatları ve tank içindeki sprey nozulları vasıtasıyla tanka gönderilir. Nozullardan geçerken buharlaşan likit tankı soğutmaya başlar (buharlaşan likit hal değişiminin gizli ısısını ortamdan çeker). Buharlaşan gaz tank içinde basınç artışına neden olmaktadır. Bu nedenle buharlaşan aşırı gaz HD (High Demand) kompresörler ve boru yönlendirmeleri aracılığıyla kara terminaline yeniden sıvılaştırılmak veya yakılmak üzere gönderilir. Genellikle tank sıcaklığı -130C'nin altına düştüğünde sıvı yükleme başlayabilir. Cool down işlemi önce top sprey hattıyla başlatılır ve akabinde bottom sprey hattıyla soğutma işlemine devam edilir (Şekil 5).



Şekil 4. Gas-up Operasyonu [10].



Şekil 5. Cool Down Operasyonu [10]



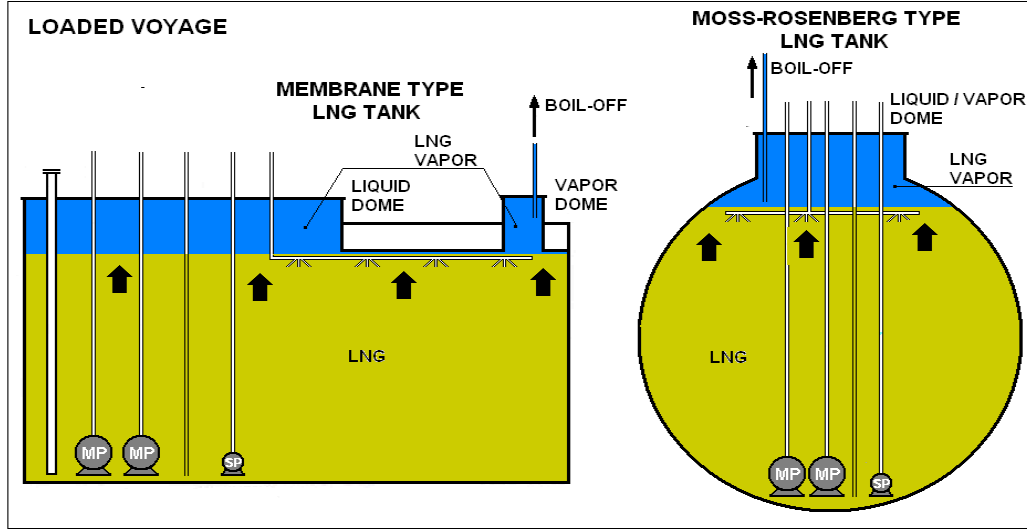
Şekil 6. Tipik Bir LNG Gemisi Kargo Sistemi [5]

### 3.4) Fazla Sıvının Yüklenmesi (Bulk Loading)

Kara tanklarında sıvı halde bulunan LNG pompaları, boru hatları ve deniz dolum kolları vasıtasıyla gemiye transfer edilir. Gemi tanklarında sıvı seviyesi yükseldikçe tank içindeki gaz sıkışmaya başlar ve tank basıncını artırır. Bu durumda, tank içindeki basıncı istenilen sınırdan tutmak için fazla gaz HD kompresörler aracılığıyla kara terminali tanklarına geri gönderilir. Yükleme işlemi genellikle gemi tankının %98,5'lik kısmı dolana kadar devam eder. %1,5'lik bölüm termal genişlemelere olanak vermek için boş bırakılır. Şekil 6'da tipik bir LNG gemisi kargo sistemi verilmektedir.

### 3.5 Seyir (Voyage)

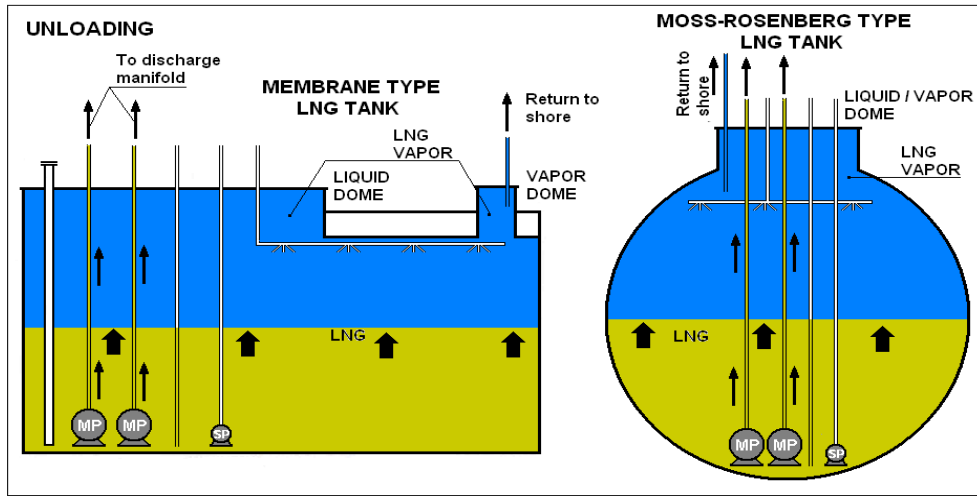
Yükleme işlemi tamamlandıktan sonra gemi tahliye limanına doğru hareket eder. Seyir boyunca tank içindeki sıvılaştırılmış LNG'ye dışarıdan ısı geçişi olur, gemi hareketi (vibrasyon-yalpa vb.) gibi sebeplerle de bir miktar sıvı buharlaşarak gaz hale geçer (Şekil 7). Bu doğal durumda oluşan gaza "boil-of gas" denmekte ve genellikle yüklü haldeki gemilerde toplam kargonun %0,15'i kadar olduğu öngörülmektedir. Oluşan bu gaz gemi dizaynına ve kira sözleşmesine göre yeniden sıvılaştırılarak tanklara döndürülebilir veya gemi ana ve yardımcı sistemlerinde yakılarak yakıt olarak kullanılabilir.



Şekil 7. Yüklü Tanklarla Seyir [6]

### 3.6. Kargo Tahliye (Discharge)

Tahliye limanında (import terminal) LNG gemisi kargo tankı içinde bulunan pompalar aracılığıyla likit LNG kara tanklarına, yüzer LNG depolama tesislerine (FSU) veya yüzer LNG depolama ve yeniden gazlaştırma tesislerine (FSRU) transfer edilir (Şekil 8). LNG gemi tankında sıvı seviyesi azaldıkça tank basıncı düşecek ve vakuma geçme tehlikesi oluşacaktır. Bu durumu önlemek için tahliye edilen terminalden buhar dönüş hattı gemi buhar hattına bağlanarak basıncın istenilen değerler arasında tutulması sağlanır. Tank basıncı, gemideki likit LNG'nin kargo buharlaştırıcılarına (Cargo-vaporizer) süzdürme pompaları (stripping pump) vasıtasıyla gönderilip buharlaştırılması sonucunda HD kompresörler aracılığıyla tanka buhar gönderme yöntemiyle de yapılabilir. Kargonun tamamı tahliye limanında basılabileceği gibi, bir miktar kargo gemi tanklarını soğuk tutmak için gemide bırakılabilir. Bu miktara topuk (heel) denmektedir. Topuk gaz geminin tanklarını soğuk tutabilecek miktarda olmasının yanında, balastlı (boş) seyirde LNG yakıt olarak kullanılacaksa bu miktar düşünülerek topuk miktarı hesaplanmalıdır.



Şekil 8. Kargo Tahliye Operasyonu [6]

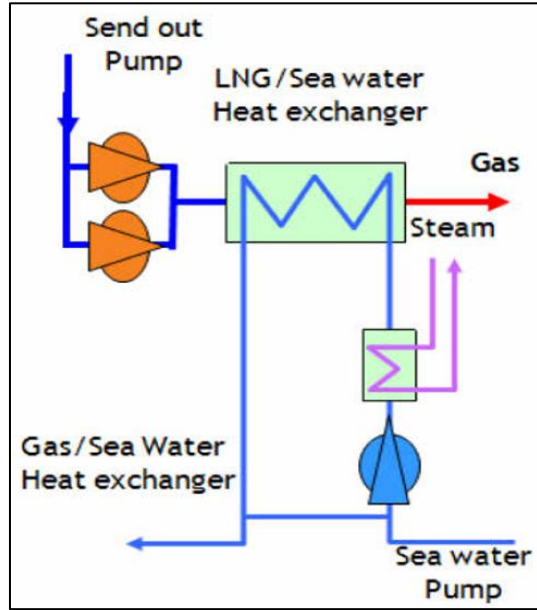


### 3.7. Gazdan Arındırma (Gas free)

Eğer gemi gazdan arındırılacaksa (gas-free) (bu durum genellikle tanklar içinde herhangi bir bakım, kontrol ve onarım yapılacaksa veya tersaneye girmeden önce yapılmaktadır) tanklardaki tüm sıvı gaz tahliye edilmeli ve tank sıcaklıkları kontrollü şekilde artırılmalıdır. Bu esnada sıcak gaz sirkülasyonu için HD kompresörler ve gaz ısıtıcıları kullanılmaktadır. Tanklar ısıtıldıktan sonra (ortam sıcaklığına getirilince) inert gaz jeneratöründe üretilen inert gaz tanklardaki metanın süpürülmesi için kullanılmaktadır. Metan tanklardan tamamen süpürüldükten sonra inert gaz sistemi kuru hava moduna geçirilmeli ve tanklardaki tüm inert gaz kuru havayla süpürülmelidir. Süpürme işlemi tank ortamının parlayıcı, patlayıcı veya insan sağlığı için zararlı ortam oluşturucu koşullardan uzaklaştırılıncaya kadar devam ettirilmelidir.

### 4. Yeniden Gazlaştırma Yöntemleri

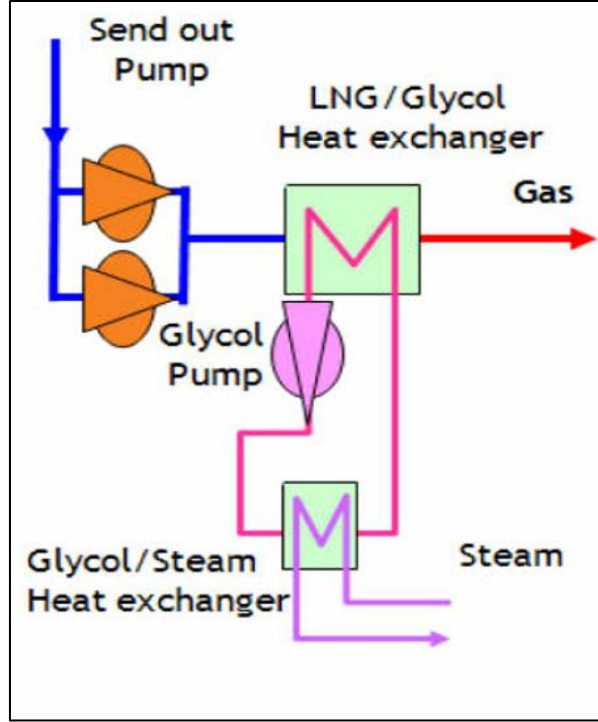
Yeniden gazlaştırma üniteleri temel olarak açık çevrim ve kapalı çevrim olmak üzere iki çeşittir. Açık çevrim sistemi, denizden aldığı suyu gazlaştırma ünitesinden geçirir ve deniz suyu tekrar denize geri gönderilir. Bu esnada, LNG deniz suyundan çektiği ısıyla buharlaşırken deniz suyu da soğur. Deniz suyu sıcaklığı buharlı ısıtıcılar (steam heater) vasıtasıyla gazlaştırma ünitesine girmeden önce yükseltilmektedir. Deniz suyu sıcaklığının en az 7°C olması istenmektedir. Basit şematik açık çevrim gazlaştırma yöntemi Şekil 9'da de görülmektedir.



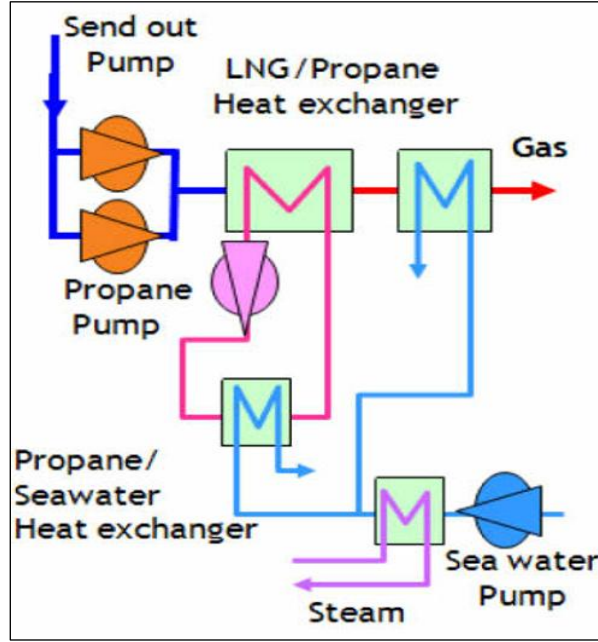
Şekil 9. Açık çevrim sistemi [8]

Kapalı çevrimde ise, genel olarak glikol-su karışımı gemi kazanlarından elde edilen buharlı ısıtıcıda (steam-heater) ısıtılarak yeniden buharlaştırma ünitesine gönderilir. Burada glikol-su karışımından LNG'ye ısı geçişi sağlanır ve LNG sıvı halden gaz hale geçmiş olur. Glikol-su karışımı ise soğuyarak gazlaştırma ünitesini terk eder. Daha sonra glikol su karışımı gemi kazanlarından sağlanan buhar sayesinde ısıtıcılarda ısıtılarak gazlaştırma ünitesine gönderilir. Bu şekilde oluşan döngü kapalı çevrim buharlaştırma sistemi olarak tanımlanır. Şematik kapalı çevrim gazlaştırma yöntemi Şekil 10'da görülmektedir.

Ayrıca ara akışkan buharlaştırıcı (intermediate fluid vaporization – IFV) sistemi de kapalı çevrim sistem olarak kullanılabilir. Bu sistemde propan deniz suyu tarafından ısıtılarak buhar haline getirilmektedir. Buhar haline gelen propan LNG'yi ısıtarak buharlaşmasını sağlamaktadır. Sistemin temel avantajı LNG ve deniz suyunun bir araya gelmemesinden dolayı donma riskinin ortadan kalkmış olmasıdır. En önemli dezavantajı ise FSRU üzerinde propan gibi bir parlayıcı patlayıcı maddenin bulundurulması riskidir. Şekil 11'de ara akışkan buharlaştırıcı çevrim sistemi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 10. Kapalı çevrim sistemi [8]



Şekil 11. Ara akışkan buharlaştırmalı çevrim sistemi [8].

Enerji sarfiyatı bakımından en avantajlı sistem açık çevrim sistemdir. Buharlaştırılan gazın yaklaşık % 1,5'i kadar enerji sarfiyatı vardır. Kapalı sistemde bu oran % 2,5'i bulmaktadır.

##### 5. Kaynama Gazı (Boil of Gas) ve Kaynama Gazının Elleçlenmesi

Normal operasyon esnasında (depolama modu – yükleme veya tahliye yok) geminin yaşına, tipine ve bulunduğu bölgeye bağlı olarak tanklardaki LNG'nin ortalama % 0,1 – 0,15 'lik kısmı kadar kaynama gazı oluşur. Yeni LNG gemilerinin tank izolasyonları daha iyi olduğundan bu oran % 0,1'in altına da düşebilmektedir.

Yıllık 5 mtpa gönderim oranı olan bir FSRU için elektrik sarfiyatı yaklaşık 6 t/sa, gazlaştırma için gerekli gaz 14 t/sa ve gemi genel servis sistemleri için gerekli sarfiyat 0,5 t/sa yani toplam 20,5 t/sa'dır. Aynı FSRU açık çevrim gazlaştırma ünitesini kullanması durumunda elektrik sarfiyatı için 6 t/sa ve gemi genel servisleri için 0,5 t/sa sarfiyat yapacaktır. Bu durumda toplam sarfiyat 6,5 t/sa olacaktır. Yeni bir FSRU günde 3 t/sa BOG üretmektedir.

##### 6. LNG/FSRU Kargo Transfer-Bariyer Sistemleri

Bir kargo tankı ilk kez servise alınıyorsa veya tersane sonrasında yeniden servise alınacaksa izolasyon bölgelerindeki (izolasyon koferdamları da denilebilir) ortamdaki nemli havanın kuru azot ile yenilenmesi gerekir. Bu işlem için öncelikle vakum pompaları aracılığıyla izolasyon alanlarının boşaltılması gerekir, akabinde bu alanlara kuru azot basılır. Bu işlem ortamdaki oksijen oranı %2'nin altına ininceye kadar devam ettirilmelidir. Aynı zamanda nem oranı kontrol edilmeli ve istenilen değerlerin altında tutulmalıdır.

GTT MkIII (Gaztransport & Technigaz Mark III) membran sistemi, geminin iç gövdesi tarafından doğrudan desteklenen kriyojenik bir astardır. Bu astar, prefabrik bir yalıtım panelinin üzerine yerleştirilmiş birincil bir metalik membrandan ve tam kaplayan ikincil bir

membrandan oluşur [7]. GTT MkIII tipi veya benzeri kargo tank sistemiyle donatılmış gemilerde vakum pompası bulunmaz. Bunun yerine ara bariyer ve izolasyon alanlarından gelen egzoz hattındaki by-pass vanaları açılmakta, sürekli azot verilerek izolasyon alanlarındaki boşluklar azotla süpürülmektedir. Boşluklardan gelen akışkan hava %2'nin altında oksijen içeriyor ve nem oranı istenilen değerlerin altında olduğu taktire by-pass vanaları kapatılır ve boşluklar basınçlandırılır. Genel prosedür bu şekilde olmasına rağmen gemi manuellere göre farklılıklar olabilir. Bu nedenle gemi spesifik sistem ve manuellere operasyon öncesi gözden geçirilmelidir.

GTT MkIII ve benzeri bir kargo sistemi bulunmayan gemilerde vakum pompaları kullanılarak operasyon yapılacaksa daha karmaşık bir prosedür söz konusudur. İkincil bariyerde büyük hasarlar oluşma ihtimaline karşın; ikincil bariyer basınç altındayken birincil yalıtım alanı asla tahliye edilmemelidir. Aynı zamanda birincil yalıtım alanı vakum altındayken asla ikincil alan doldurulmamalıdır.

Teste başlamadan önce izolasyon boşluklarındaki ölçüm cihazlarına zarar vermemek için bu cihazlar izole edilmelidir. Test sürecini izlemek için ilgili noktalara kalibre edilmiş ve sertifikalı manometreler takılmalıdır. İzolasyon alanları her zaman aşırı basınç karşı korunmalıdır, aksi halde membranın zarar görme ihtimali vardır. Spesifik operasyonlar gemi kargo sistemine göre hazırlanmalıdır.

## 7. Sonuçlar

Türkiye'de kamu şirketi olan BOTAŞ ve diğer özel sektör firmaları hem kiralayıp hem de yeni sipariş verdiği FSRU gemileriyle son yıllarda çok önemli yatırımlar yapmışlardır.

Türkiye Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve millileştirilmesi üzerine oluşturulan politikalarda, LNG arzı güvenliğinde kilit rol oynayacak FSRU yatırımları stratejik öneme sahiptir. Ayrıca, Türkiye'de FSRU ünitelerinde çalışacak yetişmiş eleman sayısı yok denecek kadar azdır ve FSRU operasyonlarını anlatan yayınlanmış Türkçe kaynak bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye için yeni bir yatırım olan FSRU ünitesi operasyonları incelenmiş, inertleme, gazlaştırma ve soğutma gibi kargo işlemleri anlatılmıştır. Bu operasyonlar, ayrı tecrübe, bilgi birikimi ve deneyim isteyen çok özel işlemlerdir. Özellikle BOG (Boil of Gas) diye tabir edilen kaynama gazının gemi makinelerinde kullanılması haricinde, minimize edilmesi FSRU operasyonlarının verimliliği açısından önemlidir.

## Kaynaklar:

- [1] Songhurst, B. (2017). The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs), July 2017. The Oxford Institute For Energy Studies.
- [2] Url-1 <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:306307/imo:9385673>, Erişim Tarihi: Mart 2019.
- [3] Baldinel, D. (2014). Safety, Security Assessment & Operational Planning For LNG Fueled Ferries, LNG Operations Manual, Washington State Ferries. DNV-GL, Report No:PP061307-3, Rev.3, Document No: 167NWYK-12.
- [4] Han, C., Lim, Y. (2012). LNG Processing: From Liquefaction to Storage. Proceedings of the 11th International Symposium on Process Systems Engineering, 15-19 July 2012, Singapore.
- [5] DSME (2004). Cargo Operation Manuel, LNGC North West Swan.
- [6] ABS (2004). LNG Tankers Operation Training Manuel.

[7] Url-2 < <https://www.gtt.fr/en/technologies-services/our-technologies/mark-iii>>.

Erişim Tarihi: Mayıs 2019.

[8] Lee, D.H., Ha, M.K., Kim, S.Y. and Shin, S.C (2014). Research of design challenges and new Technologies for floating LNG, International Journal of Naval Architecture and Ocean engineering, June 2014, pp. 307-322.

[9] Url-3 <https://slideplayer.com/slide/4405797/>. Erişim Tarihi: Mayıs 2019.

[10] Url-4 <http://www.liquefiedgascarrier.com/gassing-up-tanks.html>. Erişim Tarihi: Mayıs 2019.