امکانسنجی صادرات گاز طبیعی بوسیله کشتی CNG

۱- شاکری، امید، رئیس پژوهش و فناوری شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، Shakeri@ifco.ir

۲- براتی ملایری، عقیل، کارشناس ارشد پژوهش و فناوری شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، Barati@ifco.ir

چکیده:

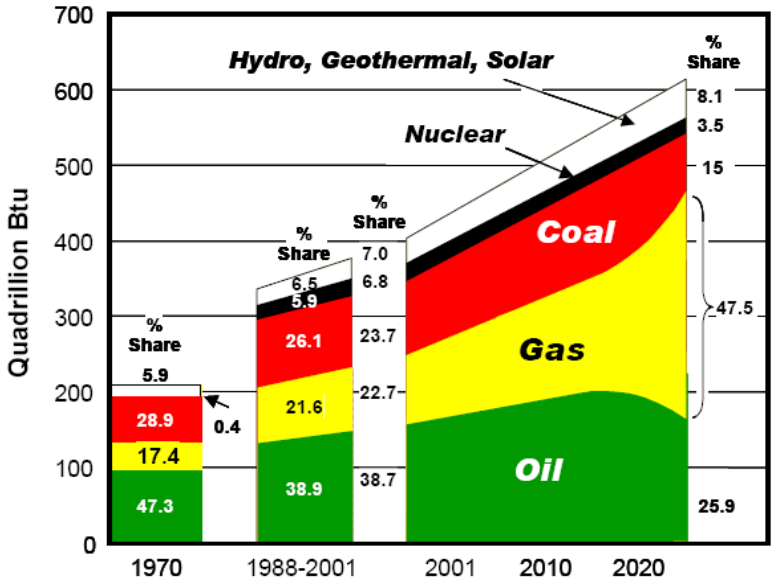
امروزه گاز طبیعی بعنوان یکی از مهم‌ترین حامل‌های انرژی، نقش حیاتی‌ای در تامین انرژی دنیا دارد. با توجه به تمرکز ذخایر این حامل در چند کشور، یافتن اقتصادی‌ترین و ایمن‌ترین روش‌های انتقال آن دارای اهمیت ویژه‌ای است. یکی از این روش‌ها که نسبت به روش‌های دیگر ساده‌تر و دارای ریسک کمتری است، انتقال آن بوسیله کشتی‌های CNG است. در این تحقیق ضمن بررسی اقتصادی و فنی این روش، مقایسه‌ای بین آن با روش شناخته‌شده‌تر حمل گاز طبیعی بوسیله کشتی LNG انجام شده است و فرصت‌های استفاده از این روش برای صادرات گاز ایران بررسی شده است. همچنین یک مطالعه موردی در خصوص انتقال گازهای فلر بوسیله کشتی CNG ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: گاز طبیعی، کشتی CNG، صادرات

مقدمه

تقاضای گاز طبیعی امروزه بطور فزاینده‌ای در مناطق مختلف جهان همچون جنوب آسیا (بویژه هندوستان)، خاور دور (همچون چین و ژاپن)، آمریکا، اروپا و دیگر بازارهای در حال شکل‌گیری رو به افزایش است. از طرفی نیز عرضه این سوخت از منابع و میادین توسعه نیافته بطور چشمگیری رو به تحول و رشد است.

در شکل ۱ روند مصرف حامل‌های انرژی در دنیا و پیش‌بینی مصرف تا سال ۲۰۲۰ نشان داده شده است که نشانگر آنست که این سوخت تا آن زمان با رشد تقاضای بالایی مواجه بوده و به حامل اول تامین کننده تقاضای انرژی در دنیا مبدل خواهد شد.



شکل ۱: مصرف انرژی دنیا به تفکیک حامل، ۲۰۲۰-۱۹۷۰ [۱]

با توجه به تمرکز عمده منابع این سوخت پر طرفدار در چند کشور (همچون روسیه، ایران و قطر) و همچنین با توجه به گازی بودن آن و حجم بسیار زیادی که در فشار اتمسفر اشغال می‌کند (دانسیته انرژی پایین)، یافتن بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش انتقال این سوخت امروزه به یک موضوع جذاب و مهم مبدل شده است. یکی از روش‌های مطرح در این زمینه انتقال گاز طبیعی بوسیله کشتی CNG می‌باشد. اولین کشتی‌های CNG بین سال‌های ۱۹۶۷ تا ۱۹۷۰ کار خود را آغاز نمودند.

مفهوم CNG دریایی

در جدول ۱ مشخصات CNG و LNG دریایی (انتقال گاز بصورت CNG یا LNG بوسیله کشتی) بطور کلی ارائه و مقایسه شده است.

جدول ۱: CNG و LNG دریایی [۲]

گاز طبیعی فشرده (CNG)	گاز طبیعی مایع شده (LNG)
گاز تحت فشار	مایع فوق سرد
۱۲۰–۲۷۵ بار	۰،۲۵ بار
۳۰– تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد	۱۶۰– درجه سانتی‌گراد
۰،۲۱ t/m^3	۰،۴۲ t/m^3
$V_1/V_2=(P_2/P_1)(T_1/T_2)$	$V_1/V_2=۶۰۰$
فولاد با مقاومت بالا	آلومینیوم، فولاد ضد زنگ، فولاد نیکلی
محموله کوچکتر، مسافت کوتاهتر	مایع‌سازی، تبدیل مجدد به گاز

تحلیل اقتصادی

بطور کلی امروزه در زمینه انتقال گاز بوسیله کشتی‌های CNG دو فناوری مهم در دنیا مطرح است:

الف: روش Cran & Stenning

ب: روش Enersea

بعنوان مثال برای حمل حجم ۳۰۰MMscf گاز طبیعی بصورت CNG در روش الف حجم واقعی گاز $۱،۷۶\times۱۰^{۶}ft^3$ و در روش دوم $۱،۲\times۱۰^{۶}ft^3$ خواهد بود. (روش دوم فناوری جدیدتری می‌باشد) [۱]

امروزه شرکت‌های مختلف مفاهیم گوناگونی را پیشنهاد داده و اجرایی نموده‌اند که برخی از آنها بهمراه مشخصات ذخیره‌سازی گاز در آنها به شرح زیر می‌باشند: [۳]

- EnerSea، (استوانه‌های فولادی عمودی، ۱۳۰bar، C ۲۹–)
- Coselle (Williams)، (چنبره‌ای فولادی، ۲۷۵bar، دمای محیط)
- Knutsen، (استوانه‌های فولادی عمودی، ۲۵۰bar، دمای محیط)
- CETech (Statoil, Teekay, Hoegh) ، (استوانه‌های فولادی افقی، ۲۵۰–۲۰۰bar، دمای محیط)
- TransCanada، (آستر فولادی پیچیده شده)
- Trans Ocean Gas، (کامپوزیت)

نمونه‌هایی از کشتی‌های برخی از این شرکت‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۲: برخی نمونه کشتی‌های CNG شرکت‌های معتبر بین‌المللی [۳]

شرکت حمل و نقل دریایی انرسی **(EnerSea Transport LLC)**که یک شرکت آمریکایی معتبر بین‌المللی می‌باشد و دارای شرکای معتبری در اروپا و ژاپن می‌باشد، در تحقیقات و بررسی‌های اقتصادی خود به نتایج مثبتی دست یافته و هم‌اکنون ارائه دهنده خدمات حمل و نقل دریایی به روش CNG می‌باشد. در بررسی‌های بعمل آمده توسط این شرکت بطور کلی روش‌های اقتصادی حمل گاز طبیعی به سه روش زیر تقسیم‌بندی شده است:

الف: خط لوله (برای انتقال محلی و در مسافت‌های نسبتاً کم)

ب: CNG (برای انتقال منطقه‌ای و در مسافت‌های متوسط)

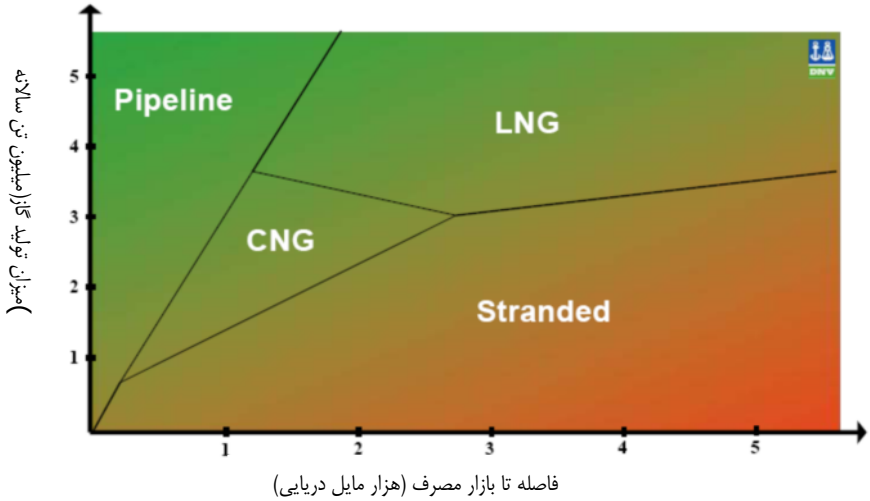
ج: LNG (برای انتقال بین‌المللی و در مسافت‌های طولانی)

در شکل ۳ نمونه‌هایی از انتقال محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی با توجه به منابع گاز طبیعی دنیا نشان داده شده است.

خط لوله، محلی ، منطقه‌ایCNG ، جهانی (بین‌المللی)LNG

شکل ۳: نمونه‌هایی از انتقال محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی گاز طبیعی [۴]

در نمودار ۴ نتایج بررسی اقتصاد سنجی این شرکت ارائه شده است که در آن محور عمودی نشانگر دبی (میزان) مورد نیاز انتقال و محور افقی بیانگر فاصله مبدا تا بازار مصرف است.



شکل ۴: اقتصادی‌ترین روش‌های انتقال گاز طبیعی با توجه به میزان تقاضا و فاصله بازار مصرف (نتایج تحقیقات شرکت انرسی) [۳]

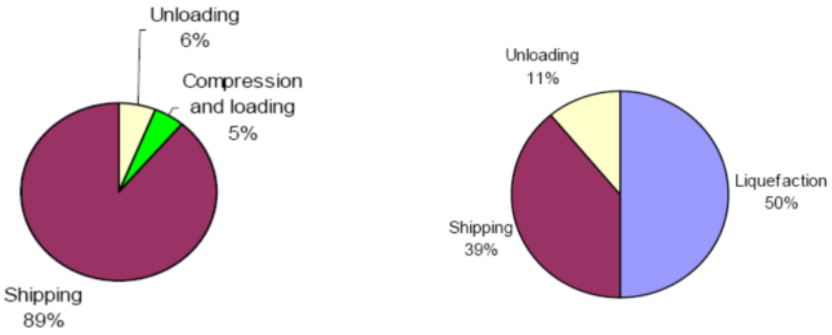
از نظر هزینه‌های انتقال گاز در دو روش مورد ارزیابی، با توجه به ظرفیت مورد نیاز (تقاضای روزانه) هزینه‌های راه‌اندازی یک واحد انتقال ۵۰۰ میلیون فوت مکعب در روز در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین شکل ۵ سهم هر مولفه‌ی هزینه‌ای را نشان می‌دهد که نشانگر اینست که در در روش CNG عمده هزینه‌ها مربوط به هزینه‌های کشتیرانی (انتقال بوسیله کشتی) می‌باشد، در حالیکه در روش LNG نیمی از هزینه‌ها مربوط به مایع‌سازی گاز می‌شود و هزینه کشتیرانی تنها حدود ۳۹٪ کل هزینه‌ها را بخود اختصاص می‌دهد.

جدول ۲: مقایسه سرمایه‌گذاری انتقال گاز در دو روش CNG و LNG، برای یک واحد ۵۰۰ میلیون فوت مکعب در روز [۱]

	CNG	LNG
منابع	متوسط	بزرگ
هزینه‌های فرآیندی	۴۰–۳۰ میلیون دلار	۲۰۰۰–۷۵۰ میلیون دلار*
هزینه‌های حمل (کشتیرانی)	۲۳۰ میلیون دلار به ازاء هر کشتی	۱۶۰ میلیون دلار به ازاء هر کشتی
هزینه‌های تخلیه	۲۰–۱۶ میلیون دلار	۵۵۰–۵۰۰ میلیون دلار
مجموع سرمایه‌گذاری	۲–۱ میلیارد دلار**	۳–۲ میلیارد دلار**

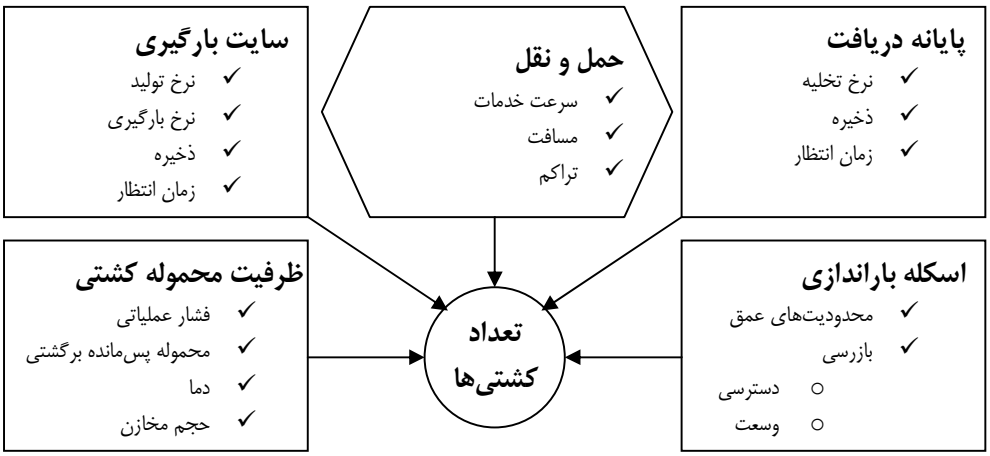
* با توجه به محل تولید

** با توجه به تعداد کشتی‌های مورد نیاز برای حمل گاز طبیعی



شکل ۵: مقایسه سهم مولفه‌های هزینه‌ای در پروژه‌های انتقال گاز بصورت LNG (سمت راست) و CNG (سمت چپ) [۵]

با توجه به سهم حدوداً ٪۹۰ هزینه‌های کشتی، تعداد کشتی مورد نیاز برای تامین تقاضای گاز طبیعی یک مولفه بسیار مهم است که در شکل ۶ عوامل موثر در تعداد کشتی مورد نیاز بیان شده‌اند.



شکل ۵: عوامل موثر در تعداد کشتی CNG مورد نیاز

در جدول ۳ مقایسه‌ای بین هزینه تمام شده گاز در دو روش انتقال بوسیله LNG و CNG ارائه شده است.

جدول ۳: مقایسه هزینه تمام شده گاز در دو روش CNG و LNG [۱]

مسافت	LNG	CNG (حالت ۱)	CNG (حالت ۲)
مایل	$/MMBTU	$/MMBTU	$/MMBTU
۵۰۰	۳،۵۵	۲،۷۲	۲،۷۲
۱۰۰۰	۳،۶۵	۲،۷۴–۲،۸۴	۲،۸۲–۲،۹۰
۱۵۰۰	۳،۷۵	۳،۰۶–۳،۱۰	۳،۱۵–۳،۲۶
۲۰۰۰	۳،۸۵	۳،۳۰–۳،۳۷	۳،۱۱–۳،۶۲
۲۵۰۰	۳،۹۵	۳،۴۴–۳،۹۰	۳،۵۰–۳،۹۸
۳۵۰۰	۴،۲۵	۴،۰۸–۴،۴۳	۳،۹۸–۴،۳۴
۵۰۰۰	۴،۶۵	۴،۸۴–۵،۴۹	۴،۷۰–۵،۴۳

حالت ۱: حجم حمل شده: $۳،۵\times۱۰^{۶}$ ft^3

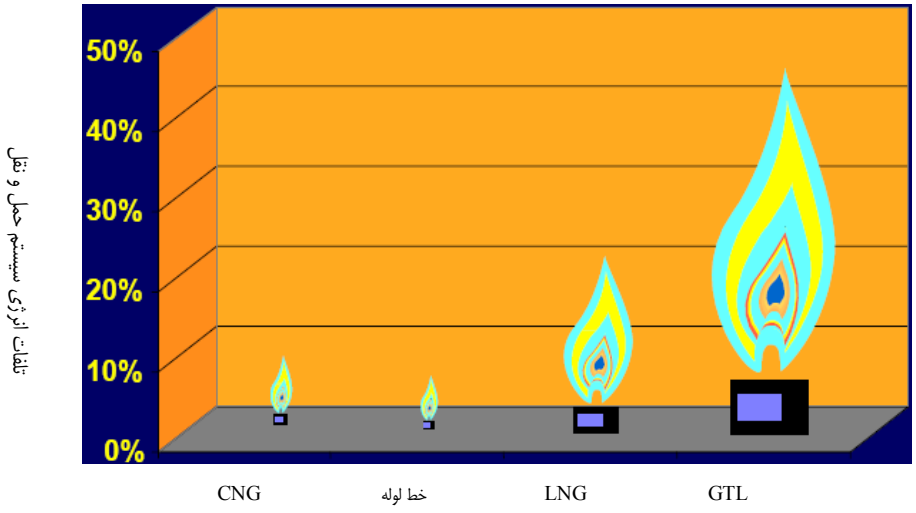
حالت ۲: حجم حمل شده: $۵،۰\times۱۰^{۶}$ ft^3

قیمت گاز: ۰،۷۵ $/MMBTU ؛ مایع‌سازی: ۱،۰ $/MMBTU ؛ تبدیل مجدد به گاز: ۰،۴ $/MMBTU

علی‌رغم متفاوت بودن فواصل اقتصادی برای استفاده از روش حمل بوسیله کشتی CNG در فناوری‌های شرکت‌های مختلف، بر اساس آمار جدول فوق که از اطلاعات ارائه شده توسط شرکت انرسی استخراج شده است،

در مسافت‌های کمتر از ۲۵۰۰ مایل (حدوداً ۴۰۰۰ کیلومتر) هزینه انتقال در روش CNG کمتر از LNG خواهد بود. (البته در مسافت‌های کمتر از ۱۵۰ مایل (حدوداً ۲۵۰ کیلومتر) استفاده از خط لوله اقتصادی‌تر خواهد بود)

از نظر کارایی انرژی نیز با توجه به تلفات نسبتاً بالای روش LNG، استفاده از کشتی CNG پس از انتقال بوسیله خط لوله، دارای بالاترین کارایی انرژی نسبت به دیگر روش‌های مطرح می‌باشد. در شکل ۶ کارایی انرژی روش‌های مختلف نمایش داده شده است که مشاهده می‌شود تلفات انرژی در روش CNG تقریباً یک سوم روش LNG می‌باشد که این به معنای اثرات زیست محیطی کمتر نیز می‌باشد.



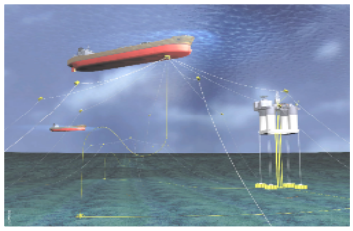
شکل ۶: مقایسه تلفات انرژی سیستم حمل و نقل به تفکیک شیوه حمل [۴]

در شکل ۷ مناطقی که انتقال گاز طبیعی در آنها بصورت CNG نسبت به روش‌های دیگر اقتصادی می‌باشد، نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که یکی از مناطقی که انتقال گاز در آن حائز اهمیت ویژه‌ای است و CNG اقتصادی‌ترین روش انتقال می‌باشد، جنوب ایران تا هندوستان می‌باشد. نزدیک‌ترین منابع عظیم گاز طبیعی به بازار بزرگ هندوستان، در خلیج فارس و منطقه پارس جنوبی می‌باشد که تعیین بهترین روش صادرات آن به بازار بسیار مستعد هندوستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

شکل ۷: مناطقی که در آنها انتقال گاز طبیعی بصورت CNG اقتصادی‌ترین روش می‌باشد. (نتایج تحقیقات شرکت انرسی) [۴]

بحث فنی

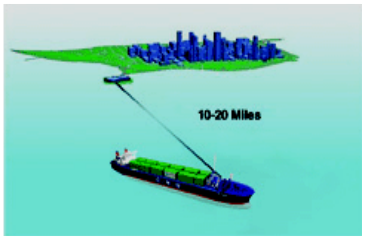
در شکل ۸ شمایی از تجهیزات نوعی که بمنظور انتقال گاز طبیعی بصورت CNG مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان داده شده است.



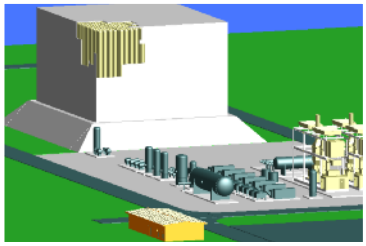
✓ تجهیزات بارگیری

(خط انتقال، لوله بالابر انعطاف‌پذیر، شناورهای بارگیری)

✓ کشتی CNG



✓ تجهیزات تحویل



✓ تجهیزات ذخیره‌سازی

شکل ۸: شمای تجهیزات نوعی مورد نیاز برای انتقال گاز طبیعی بصورت CNG [۴]

برخی مزایای روش تحویل فوق عبارتند از:

الف: ساده و کم هزینه بودن

ب: عملیات دریایی مطمئن و بی‌خطر

ج: پرهیز از ترافیک کشتی‌های سنگین و مناطق حساس

د: کاهش موانع ورود به بازارهای جدید

البته تجهیزات تحویل می‌توانند همانند LNG بصورت اسکله‌ای نیز باشند.

کشتی‌های مورد استفاده دارای ظرفیت بسیار بالایی بوده (معمولاً در محدوده MMscf ۷۰۰–۵۰) و دارای تاییدیه نوع می‌باشند. دما و فشار ذخیره‌سازی گاز در این کشتی‌ها با توجه به تکنولوژی مورد استفاده متفاوت می‌باشد ولی معمولاً فشار در محدوده psi۲۵۰۰–۱۵۰۰ و دما در محدوده ۱۸– تا ۴۰– درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

یکی از شاخص‌های مهمی که در خصوص کشتی‌های CNG مطرح می‌شود نسبت وزن گاز به فولاد (وزن مخازن) است. این شاخص برای تکنولوژی‌های معمولی و پیشرفته (کشتی‌های VOTRANS) این کشتی‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. امروزه حجم گسترده‌ای از تحقیقات در حال انجام بر روی کشتی‌های CNG با هدف افزایش این نسبت، در ضمن حفظ و تقویت استانداردهای ایمنی و افزایش کارایی کلی کشتی‌ها، پیگیری می‌شوند.

جدول ۴: شاخص نسبت وزن گاز (ذخیره‌شده) به وزن فولاد (وزن مخازن) برای فناوری‌های مختلف کشتی‌های CNG [۴]

	فناوری‌های معمولی	فناوری‌های پیشرفته
گاز غنی	۰،۱۸	۰،۴
گاز سبک	۰،۱۵	۰،۲۶

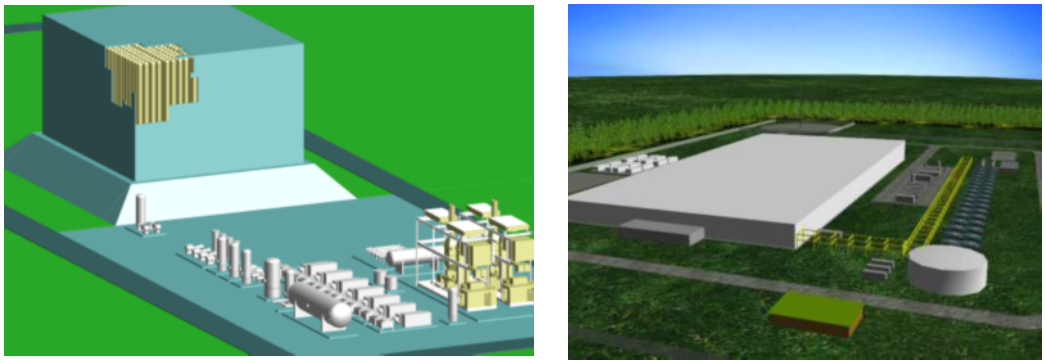
تجهیزات ذخیره‌سازی نیز می‌توانند بر روی زمین یا بصورت شناور باشند و گاز حمل شده توسط کشتی‌ها را تحویل می‌گیرند و مستقل می‌باشند.

این تجهیزات معمولاً دارای اشکال عمودی یا افقی (شکل ۹) می‌باشند که دارای خصوصیات زیر می‌باشند:

الف: چرخه‌پذیری بالا بمنظور تامین تقاضاهای روزانه

ب: حجم ذخیره‌سازی و کارایی تحویل بالا

ج: ایجاد امکان تحویل با دبی‌های متغیر بمنظور کاربری در نیروگاه‌ها



شکل ۹: تجهیزات ذخیره‌سازی عمودی (سمت چپ) و افقی (سمت راست) [۶]

از ویژگی‌های سیستم ذخیره‌سازی مورد استفاده در کشتی‌های این شرکت می‌توان به نکات زیر اشاره نمود:

الف: فشار و دما بطور همزمان بهینه می‌شوند.

ب: فشار کاری ۱۸۵۰ psi می‌باشد که بسیار کمتر از فشار معمول CNG یعنی ۳۵۰۰–۳۰۰۰ psi می‌باشد.

ج: نیاز به فولاد کاهش یافته است.

د: هزینه تولید این کشتی‌ها پایین بوده و از موادی که بطور گسترده در دسترسند (فولاد کربنی–غیر سمی) استفاده می‌شود.

ه: این فناوری محدوده وسیعی از کیفیت‌های مختلف گاز را پوشش می‌دهد و دارای حجم پسماند بسیار کمی (۱٪± در مقایسه با مقادیر معمول ۱۰٪–۶) می‌باشد.

و: نسبت "وزن گاز به وزن فولاد" در این فناوری در حدود دو برابر فناوری‌های سنتی CNG می‌باشد. (برای گاز غنی ۰/۴ و برای گاز سبک ۰/۲۶)

ز: تلفات انرژی سیستم حمل نیز در حدود ۶٪ می‌باشد که می‌توان آنرا با متوسط ۱۸٪ برای LNG مقایسه نمود؛ این به معنای سود بیشتر و زیان کمتر به محیط زیست نیز می‌باشد.

ح: کاهش آستانه برداشت از مخزن. این میزان برای LNG در محدوده TCF +۸–۵ و برای کشتی‌های CNG انرسی کمتر از TCF ۱ می‌باشد. این امر موجب کاهش زمان و هزینه ارزیابی مخازن، توسعه پرشتاب‌تر پروژه، مقیاس‌پذیری بالاتر و کاهش ریسک می‌شود.

می‌توان ارزیابی تطبیقی ریسک CNG و LNG را بصورت جدول ۵ زیر ارائه نمود:

جدول ۵: مقایسه تطبیقی انتقال دریایی گاز طبیعی به دو روش CNG و LNG [۷]

CNG	LNG
گاز تحت فشار بالا (۲۵۰–۱۰۰ بار)	گاز در فشار اتمسفر (۱ بار)
دمای محموله در محدوده ۴۰– تا ۳۰+ سانتی‌گراد	محموله در دمای فوق سرد ۱۶۳– سانتی‌گراد
محموله همواره گاز است.	محموله همواره مایع است.
اشتعال محموله گاز ساده است.	اشتعال محموله مایع سخت است.
بارگیری و تخلیه گاز، تحت فشار است.	بارگیری و تخلیه بصورت مایع است.
نسبت تراکم: ۱: ۳۵۰–۲۵۰ (با توجه به ترکیب گاز و دمای ذخیره‌سازی	نسبت تراکم ۱: ۶۰۰
نسبت قطر به ضخامت مخزن: ۶۰–۲۵	نسبت قطر به ضخامت مخزن: ۱۰۰۰
فولاد بسیار مقاوم کربن–منیزیمی، FRP	آلمینیوم، فولاد ضدزنگ نیکلی

بطور کلی می‌توان گفت که ریسک کلی CNG و LNG تقریباً یکسان است ولی مزیت مدیریت ریسکی CNG اینست که کلیه خطرات در روی دریاست.

راه‌حلی برای مهار و استفاده از گازهای فلر

یکی دیگر از کاربردهایی که می‌توان از کشتی CNG در آن بصورت اقتصادی استفاده نمود، جمع‌آوری گازهای همراه بجای فلر نمودن آنهاست. برای جمع‌آوری و استفاده از گازهای همراه می‌توان از روش‌های خط لوله، CNG، LNG، GTL، GTW (Gas to wire) (استفاده از گازهای همراه برای تولید برق بوسیله توربین گاز کوچک در محل)، تزریق مجدد (با توجه به مخزن) استفاده نمود. مزایای تجاری CNG برای اینکار عبارتند از:

الف: هزینه کم تحویل گاز از مبدا تا بازار

ب: قیمت یا ارزش گاز تحویلی در بازار

ج: حذف هزینه تزریق مجدد

د: مزایای تاییدیه‌های کاهش فلر

ه: مزایای زیست محیطی و امکان تولید بیشتر

مطالعه موردی استفاده از کشتی CNG بمنظور جمع‌آوری گازهای فلر [۶]

در اینجا بمنظور بررسی صرفه اقتصادی استفاده از کشتی CNG با هدف جمع‌آوری گازهای فلر و انتقال آن به واحد تولید LNG، یک سیستم تولید نفت خام را که دارای ۸۰ میلیون فوت مکعب روزانه گاز فلر است در نظر می‌گیریم. دیگر مفروضات به شرح زیر است:

- ✓ محتوای انرژی گاز: ۱۲۶۵ Btu/scf
- ✓ عمق آب: ۱۵۰۰ متر
- ✓ فشار: ۱۲۰ بار
- ✓ دمای ذخیره‌سازی: ۱۵- درجه سانتیگراد
- ✓ بارگیری بصورت شناور
- ✓ تولید بصورت پیوسته
- ✓ انتقال بصورت پیوسته
- ✓ خوراک برای واحد تولید LNG

در اینصورت الزامات پایانه تخلیه عبارت خواهد بود از:

- ✓ یک اسکله ساده و کوچک با حداقل زیرساخت لازم
- ✓ حداقل عمق اسکله: کمتر از ۶ متر
- ✓ دسترسی: ۲۴ ساعته
- ✓ بازوهای بارگیری برای انتقال گاز
- ✓ تجهیزات پایانه‌ای، که می‌توانند بر روی یک شناور کوچک یا بر روی ساحل قرار گیرند.
- ✓ سیستم ذخیره‌سازی گاز، در صورت نیاز

با توجه به موارد فوق‌الذکر تعرفه‌های انتقال طبق جدول ۶ خواهد بود.

جدول ۶: نتایج مطالعه موردی جمع‌آوری و انتقال گازهای فلر به میزان ۸۰ میلیون فوت مکعب در روز

فاصله تا بازار یا واحد LNG (km)	ظرفیت کشتی	تعداد کشتی مورد نیاز	تعرفه ($/MMBtu)
۲۰۰	۱۱۰	۳	۲،۰۰
۴۰۰	۱۷۰	۳	۲،۴۵
۶۰۰	۱۱۰	۴	۲،۶۰

همچنین خلاصه نتایج تحلیل اقتصادی از دیدگاه تولید کننده و مقایسه CNG با تزریق مجدد بصورت زیر خواهد بود:

هزینه‌های تولید کننده (به ازاء MMBtu):

- جمع‌آوری گاز: ۱،۰۰$
- انتقال CNG: ۲،۶۰$ (حالت ۶۰۰ کیلومتر)
- مایع‌سازی: ۱،۰۰$
- انتقال LNG با کشتی: ۰،۵۰$ (اروپا/آمریکا)
- تبدیل مجدد به گاز: ۰،۵۰$

بازگشت سرمایه تولید کننده:

- قیمت فروش گاز: ۷،۰۰$ (اروپا/آمریکا)
- هزینه‌های تولید کننده: ۵،۶۰$
- کاهش هزینه‌ها: ۰،۵۰$ (تزریق مجدد)
- اعتبار آلایندگی: ۰،۵۰$

☜سود خالص تولید کننده: ۲،۴۰$ به ازاء MMBtu

مجموع مقدار گاز صرفه‌جویی شده در یک دوره ۲۰ ساله: ۵۸۰ BCF

ارزش خالص تجاری: ۱،۸ میلیارد دلار

صرفه تجاری (ارزش خالص حال) NPV_{10} : ۰،۸ میلیارد دلار

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که CNG یک راه حل اقتصادی و خوب برای جمع‌آوری گازهای فلر است.

نتیجه گیری:

با توجه به مطالب فوق‌الذکر نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱- انتقال گاز بصورت CNG یک روش جدید و ساده است.

۲- تجهیزات CNG در مقایسه با LNG و GTL ارزان‌ترند و بخش عمده هزینه‌ها به هزینه‌های کشتیرانی (حدود ۹۰٪ کل هزینه‌ها) مربوط می‌شود.

۳- در مجموع هزینه انتقال گاز بوسیله کشتی CNG در محدوده ۲،۵ $/MMBtu–۱،۰۰ می‌باشد (در محدوده اقتصادی استفاده از روش کشتی CNG) که شامل هزینه‌های ناوگان، بارگیری و تخلیه است. [۲]

۴- حجم گاز انتقالی در روش LNG سه برابر بیشتر از بهترین کشتی‌های CNG می‌باشد.

۵- قیمت تمام شده گاز در روش انتقال بصورت CNG در مسافت‌های کمتر از ۴۰۰۰ کیلومتر از روش انتقال بصورت LNG کمتر خواهد بود.

۶- در مسافت‌های بیشتر از ۴۰۰۰ کیلومتر قیمت تمام شده گاز در دو روش فوق‌الذکر کم و بیش برابر بوده و یا قیمت تمام شده در روش LNG کمتر خواهد بود که بدلیل حجم بالاتر انتقال در هر محموله جذابیت روش LNG در این مسافت‌ها بیشتر خواهد بود.

۷- نزدیک‌ترین منابع عظیم گاز طبیعی به بازار بزرگ هندوستان، در خلیج فارس و منطقه پارس جنوبی می‌باشد که انتقال گاز از این منطقه به هندوستان در محدوده اقتصادی استفاده از کشتی CNG قرار دارد.

منابع و مراجع:

[1] CNG: A Competitive Technology to LNG for the Transport of Natural Gas, Asim Deshpande and Michael J. Economides

[2] More Gas for a Tight Marketplace, Michael Hanrahan, PR-AC seminar, Feb, 2006.

[3] CNG by Ship: Technology Status and Challenges, Ketil Firing Hanssen, OG21/Demo 2000 Workshop, Offshore Gas Solutions, Feb, 2005.

[4] CNG Marine Transport: A Viable new Gas Solution, John P. Dunlop, Americas Unidas Conference, Feb, 2004.

[5] CNG: An Alternative Transport for Natural Gas Instead of LNG, Asim Deshpande & Michael J. Economides, University of Huston

[6] Solutions for Flaring & Venting CNG Marine Transportation, Paul Britton, EnerSea Transport LLC.

[7] The Trade-off between LNG and CNG Shipping, William J. Sember, Marseille Maritime 2008: The Mediterranean Basin Shipping Future, Sep, 2008