



بررسی ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن هیدروکربنی تخلیه‌شده

مریم بهرامی کیش نژاد^۱، علی وطنی، عباس یخوودی، ساناز کاسی^۲، دانشگاه تهران

چکیده

ذخایر گازی فراوان ایران، تنوع و روند افزایشی مصرف گاز طبیعی، ناهماهنگی عرضه و تقاضای آن در فصل سرما و همچنین اجرای به موقع تعهدات بین‌المللی صادرات نشان از اهمیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی^۱ دارد. با توجه به اهمیت موضوع ذخیره‌سازی گاز، تحولات جهانی در زمینه مخازن تخلیه‌شده و تعداد قابل توجه این مخازن در مناطق مختلف کشور، در این مقاله وضعیت موجود ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده بررسی شده است. در این مطالعه مخازن تخلیه‌شده و تزریق و برداشت گاز طبیعی ارائه می‌شود. سپس فرآیند و داده‌های مورد نیاز برای شبیه‌سازی مخزن توسط نرم‌افزارهای تخصصی مرتبط معرفی و نتایج حاصل از این دست شبیه‌سازی‌ها ذکر خواهد شد. در پایان اطلاعات آماری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز ارائه شده و شرایط ذخیره‌سازی در کشورهای مختلف جهان با ایران مقایسه می‌شود.

واژگان کلیدی | ذخیره‌سازی زیرزمینی، گاز طبیعی، آمار جهانی، مخازن تخلیه‌شده، شبیه‌سازی

مقدمه

ایران از دیدگاه ذخایر گازی رتبه اول دنیا را به‌خود اختصاص داده است. با این حال گسترش استفاده و تنوع مصرف گاز طبیعی و عدم تعادل عرضه و تقاضای آن در فصول سرد، ضرورت برنامه‌ریزی جهت ایجاد ذخایر راهبردی در کشور را دو چندان کرده است.

ذخیره‌سازی گاز در مخازن زیرزمینی روشی متداول و شناخته شده در جهان برای جبران کمبود گاز و تأمین کمبود مصرف در فصول سرد است. بدین ترتیب که در فصول گرم سال مازاد گاز طبیعی در یک مخزن زیرزمینی مناسب تزریق می‌شود تا نیاز فصول پرمصرف و سرد سال تأمین شود. در سال ۱۹۱۵ نخستین آزمایش

متر و که انجام شده بود [۲]. در داخل کشور نیز مطالعات و اقداماتی از جمله ۲۱۷ طرح مطالعاتی و کلان ملی ذخیره‌سازی زیرزمینی نفت و گاز در حال اجراست. از مجموع این طرح‌ها بیش از ۱۰ مخزن و گنبد نمکی برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی مناسب شناخته شده است [۳]. با توجه به اهمیت موضوع ذخیره‌سازی گاز، توجه و پیشرفت جهانی در زمینه ذخیره‌سازی در مخازن تخلیه‌شده و تعداد قابل توجه این مخازن در مناطق مختلف کشور، ضرورت انجام مطالعات و پروژه‌های بیشتری در این زمینه مشخص می‌شود. با توجه به کمبود مطالعات جامع، جزئی بودن موضوع مطالعات پیشین و لزوم بررسی و ارائه راه‌حل مناسب جهت بهبود مشکلات ذخیره‌سازی

ذخیره‌سازی گاز جهان در میدان گازی Ontario در کشور کانادا انجام شد. در سال ۱۹۱۶ اولین تأسیسات ذخیره‌سازی گاز طبیعی در مخزن تخلیه‌شده نزدیک ایالت Buffalo در کشور آمریکا احداث شد [۱]. در سال ۲۰۰۹ میلادی حجم گاز ذخیره‌سازی شده در جهان حدود ۴۶۵×۱۰^۹ مترمکعب برآورد شد [۲].

تا اکتبر ۲۰۰۹، حدود ۶۳۰ مجموعه تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در سطح جهان وجود داشت که از کل گاز ذخیره شده، حدود ۸۳ درصد در مخازن تخلیه‌شده گاز یا نفت، حدود ۱۲ درصد در آبخوان، حدود ۵ درصد در مغارهای نمکی، ۰/۰۲ درصد در مغارهای سنگی و ۰/۰۱ درصد در معادن

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات (m_bahrami@ut.ac.ir)

۱- ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده هیدروکربنی

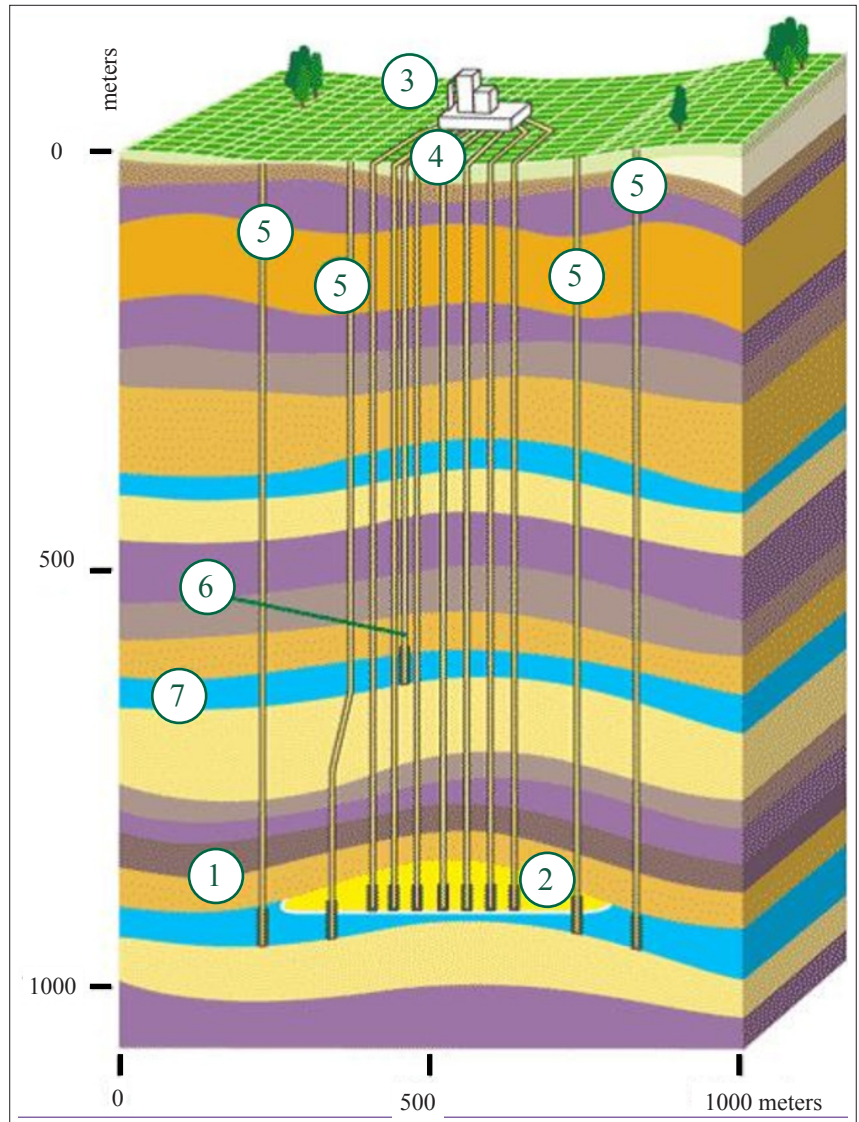
در بین روش‌های مختلف ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی، ذخیره‌سازی در مخازن تخلیه‌شده نفت و گاز مزایای متعددی دارد از جمله اینکه زمین‌شناسی منطقه در فرآیند اکتشاف مشخص شده و توان پوش سنگ این میادین برای ذخیره‌سازی هیدروکربن‌ها به اثبات رسیده است [۴]. معمولاً با ذخیره‌سازی گاز در مخازن تخلیه‌شده، حجم ذخیره‌سازی و نیز مقدار تحویل گاز بیشتری در مقایسه با سایر روش‌ها حاصل خواهد شد. این مخازن به مصرف‌کننده نهایی نزدیک‌ترند و در دوره بهره‌برداری می‌توان از چاه‌ها و تأسیسات سرچاهی و سطحی موجود در نزدیکی آنها استفاده کرد [۵]. این مخازن به‌طور مشخص در نزدیکی خطوط لوله اصلی کشور قرار دارند [۶]. از دیدگاه فنی و اقتصادی ذخیره‌سازی در این مخازن بهترین روش بوده و هزینه کمتری نیز در بر دارد [۷]. خلاصه‌ای از مشخصات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده هیدروکربوری در جدول ۱- ارائه شده است.

شکل ۱- نمای کلی یک مخزن ذخیره‌سازی زیرزمینی از نوع تخلیه‌شده را نشان می‌دهد [۵]. قسمت‌های مختلف شماره‌گذاری شده در این شکل عبارتند از:

- ۱- پوش سنگ
- ۲- فضای متخلخل ذخیره‌سازی
- ۳- تأسیسات سطح‌الارضی
- ۴- چاه‌های تولیدی
- ۵، ۶ و ۷- چاه‌های مشاهده‌ای [۸]

در این روش گاز تزریقی با ترکیبات هیدروکربنی باقی‌مانده و همچنین ترکیبات غیر هیدروکربنی از جمله آب و ترکیبات گوگردی موجود به مخزن تزریق می‌شود. بنابراین پیش از تزریق دوباره به خط لوله باید فرآیندهای مختلف فرآورش گاز طبیعی نظیر نم‌زدایی، شیرین‌سازی و... انجام شود. شکل‌های ۲-۴، به ترتیب نمای

هدف مقاله حاضر آشنایی با روش ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده، روند شبیه‌سازی مناسب و بررسی آماری این روش در ایران و جهان می‌باشد.



شکل ۱ | نمای کلی یک مخزن ذخیره‌سازی زیرزمینی از نوع تخلیه‌شده [۸]

جدول ۱ | مشخصات کلی و عمده ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده هیدروکربنی [۴]

محیط	سازندهای متخلخل و تراوا
فرآیند ذخیره‌سازی	متراکم کردن گاز و تزریق آن توسط چاه تزریقی
اصول فرآیند	تراکم و انبساط گاز طبیعی، تخلخل و تراوایی سنگ مخزن
مزیت‌های عمده	حجم ذخیره زیاد و امکان کاربرد مجدد تجهیزات سطح‌الارضی
کاربردهای عمده	نوسان فصلی مصرف گاز و ذخیره‌سازی راهبردی



کلی تأسیسات و مراحل تزریق و برداشت یک سایت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در مخازن تخلیه‌شده را نشان می‌دهند [۵].

۲- روش مناسب شبیه‌سازی یک مخزن هیدروکربنی

مدیریت یک مخزن با اهداف مختلفی از جمله ذخیره‌سازی انجام می‌شود. یکی از چالش‌های مهم و اساسی در این زمینه، لزوم توصیف بهینه هر مخزن با توجه به محدودیت‌های اقتصادی، سیاسی، فنی و زیست‌محیطی است. به عبارت دیگر

مدیریت مخزن کار پیچیده‌ای است که به مدل شبیه‌سازی شده مخزن بستگی زیادی دارد.

ذخیره‌سازی زیرزمینی به شبیه‌سازی مناسبی از مخزن نیاز دارد که برای بررسی و مطالعه در این زمینه وجود مدل استاتیک و دینامیک دقیق ضروری است. بدین منظور باید داده‌های لازم برای استفاده در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مناسب آماده شوند. ابتدا مدل استاتیک (زمین‌شناسی) و پس از آن مدل دینامیک (حرکت سیال) تهیه خواهد شد. سپس داده‌های اصلی تولید مخزن با داده‌های تولید محاسبه شده مقایسه

می‌شود. با اعمال تغییرات و فرضیات مناسب در شبیه‌سازی، دقت را افزایش می‌دهند تا اطلاعات تولید واقعی مخزن با اطلاعات خروجی شبیه‌ساز مطابقت پیدا کند. پس از اتمام تطبیق تاریخچه می‌توان از شبیه‌سازی انجام شده برای پیش‌بینی وضعیت آینده مخزن، بررسی سناریوهای مختلف تزریق و تولید و بررسی مشکلات این روش استفاده کرد.

۱-۲- روش نرم‌افزاری مناسب

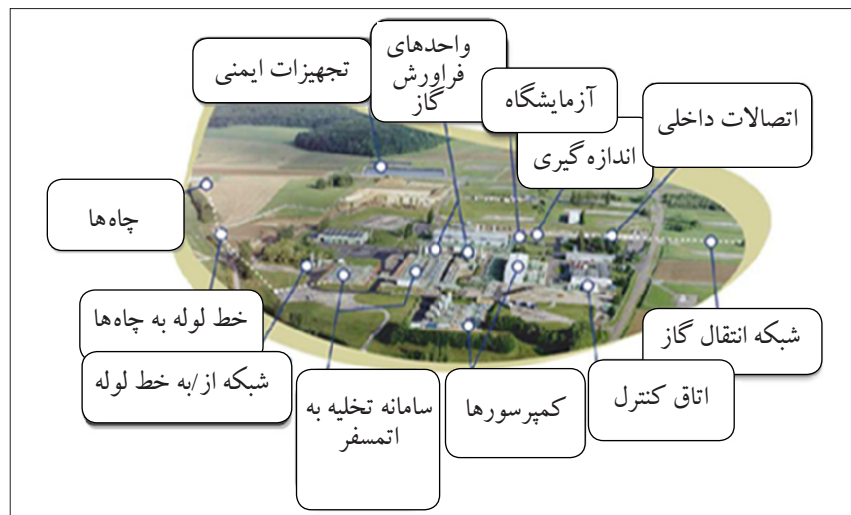
۱-۱-۲- مراحل کلی ساخت مدل استاتیک (زمین‌شناسی) مخزن

نرم‌افزارهای مختلفی در ساخت مدل استاتیک استفاده می‌شوند. جهت این کار می‌توان از نرم‌افزار Petrel که یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای موجود در صنعت نفت و گاز است استفاده کرد. برخی از قابلیت‌های این نرم‌افزار، مدل‌سازی سه‌بعدی مخزن، طراحی سه‌بعدی چاه، محاسبات حجمی مخزن، تفسیر داده‌های لرزه‌ای دو و سه‌بعدی می‌باشد [۹]. روند کلی ساخت مدل استاتیک یک مخزن به شرح زیر است:

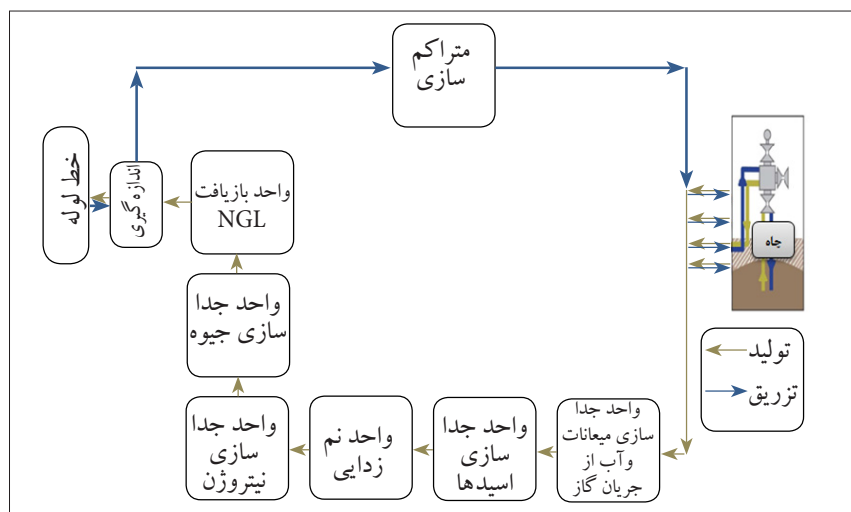
- ۱- وارد کردن مشخصات چاه‌ها، داده‌های لرزه‌ای و سایر اطلاعات ورودی مورد نیاز نرم‌افزار
- ۲- تعیین محدوده و مرز پروژه
- ۳- شبکه‌بندی مدل زمین‌شناسی
- ۴- مدل‌سازی چینه‌شناسی
- ۵- مدل‌سازی گسل‌ها
- ۶- مدل‌سازی متغیرهای پتروفیزیکی [۱۰]

۲-۱-۲- مراحل کلی ساخت مدل دینامیک (حرکت سیال) مخزن

معمولاً نرم‌افزارهای شبیه‌سازی دینامیک مخازن از جمله Eclipse و CMG، شبیه‌سازی را با استفاده از روش‌های عددی انجام می‌دهند. نرم‌افزار پر کاربرد Eclipse قسمت‌های مختلفی دارد که در دو دسته اصلی پیش و پس‌پردازنده‌ها قرار می‌گیرند [۱۱]. روند کلی ساخت مدل دینامیک یک مخزن با استفاده از این نرم‌افزار به



شکل ۲ | نمای کلی تأسیسات یک سایت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در مخازن تخلیه‌شده [۸]



شکل ۳ | مراحل تزریق و برداشت در یک سایت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در مخازن تخلیه‌شده [۸]

شرح زیر است:

- ۱- شبکه بندی مخزن
- ۲- وارد کردن خواص سنگ و سیال
- ۳- تعیین شرایط اولیه مخزن و آبران مخزن
- ۴- تطبیق تاریخچه
- ۵- پیش بینی شرایط آینده مخزن
- ۶- بررسی سناریوهای مختلف تزریق، برداشت و ذخیره سازی گاز [۱۰]

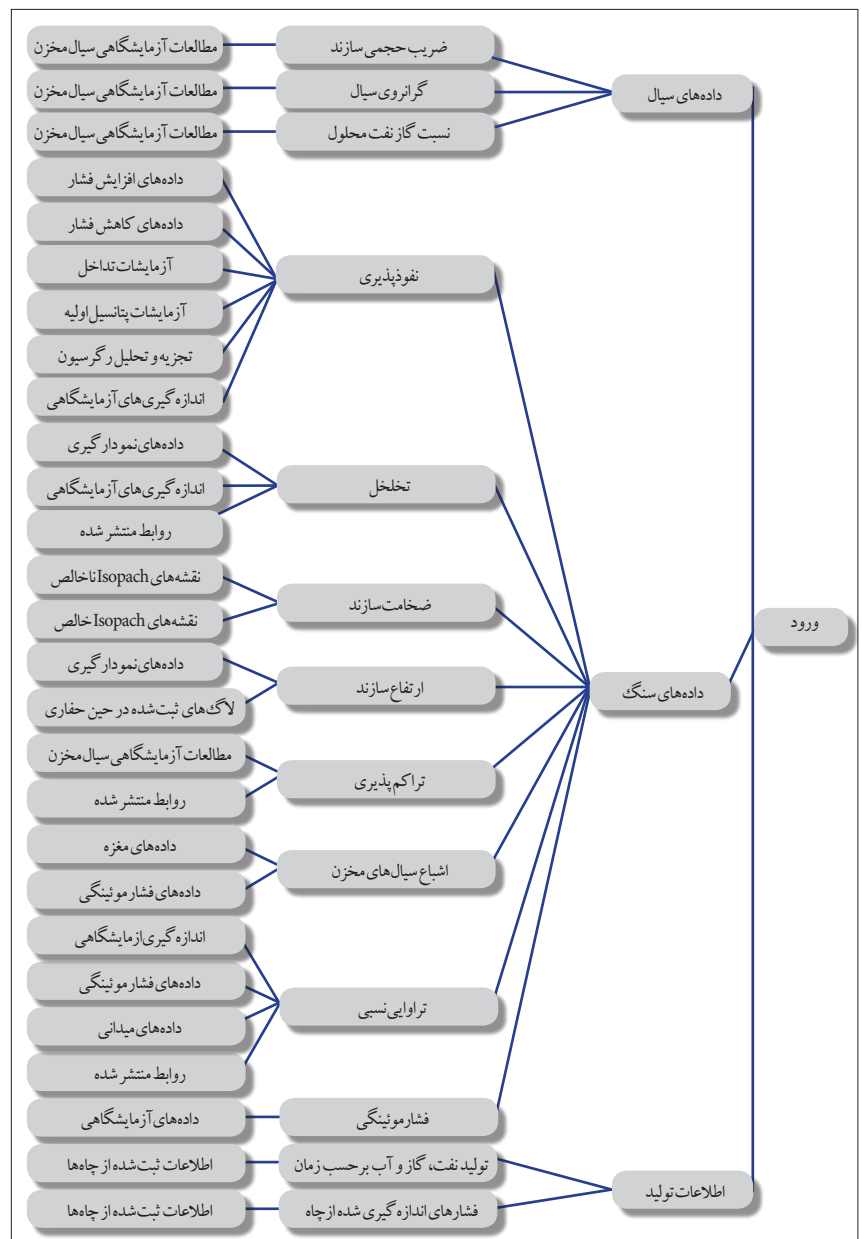
۲-۲- اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات ورودی از جمله انواع نقشه ها و داده های آزمایشگاهی باید برای استفاده در نرم افزارهای شبیه سازی آماده شوند. نقشه ها ر قومی سازی و اطلاعات آزمایشگاهی تحلیل و دسته بندی می شوند. در شکل ۴- برخی از داده های کلی و اولیه لازم برای مدل سازی و شبیه سازی مخزن و روش تأمین آنها مشاهده می شود.

۳- نوآوری ها و نتایج احتمالی

با دقت به مشخصات کلی و فنی روش های عمده ذخیره سازی زیرزمینی گاز طبیعی، کاستی ها و مشکلات ذخیره سازی در مخازن هیدرو کربنی تخلیه شده مشخص خواهد شد. با هر پرسشی که دلایل، راه حل ها و روش های پیشگیری را در زمینه این مشکلات مطرح نماید یک نوآوری خلق خواهد شد. زمینه هایی که می توان در آنها راهکار ارائه کرد عبارتند از:

- ۱- میزان گاز پایه
 - ۲- چرخه های ممکن سالانه
 - ۳- جایگاه در تجارت امروزی
 - ۴- مشکلات زیست محیطی
 - ۵- بومی بودن فن آوری ساخت
 - ۶- بازدهی ذخیره سازی
 - ۷- زمان آماده سازی [۱۳]
- با آماده سازی مدل استاتیک و دینامیک مخزن هیدرو کربنی، نتایج متنوع و مورد نیاز می بحث ذخیره سازی زیرزمینی در مخازن تخلیه شده را می توان از مدل به دست آورد. برخی از این نتایج عبارتند از:
- ۱- پیش بینی عملکرد آینده مخزن با تولید در شرایط مختلف
 - ۲- تعیین ناحیه تزریق
 - ۳- تعیین حداکثر گاز قابل تزریق و ذخیره سازی
 - ۴- تعیین حجم گاز کاری، گاز پایه و میزان بهینه گاز تزریقی و تولیدی
 - ۵- تعیین تعداد بهینه چاه های تولیدی و تزریقی
 - ۶- مقایسه سناریوهای مختلف و تعیین سناریوی نهایی تزریق و برداشت
 - ۷- امکان بررسی تأثیر عوامل مختلف بر چرخه تزریق و برداشت
 - ۸- امکان داشتن مشخصات و بررسی وضعیت سایت ذخیره سازی زیرزمینی گاز طبیعی حاصل از مخزن
 - ۹- امکان یافتن دلایل، راه حل ها و روش های پیشگیری از مشکلات حال حاضر یک مخزن ذخیره سازی زیرزمینی تخلیه شده هیدرو کربنی، در



۴ | داده های کلی و اولیه لازم برای مدل سازی و شبیه سازی مخزن و روش تأمین آنها [۱۲]



زمینه‌های زیر:

- میزان گاز پایه
- چرخه‌های ممکن سالانه
- جایگاه در تجارت امروزی
- مشکلات زیست‌محیطی
- بومی بودن فن آوری ساخت
- بازدهی ذخیره‌سازی
- زمان آماده‌سازی

۲ | ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در آمریکای شمالی تا سال ۲۰۱۰ [۱۳]

کشور	تعداد تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی (میلیارد مترمکعب)
ایالات متحده آمریکا	۳۲۶	۱۰۵/۵۶۹
کانادا	۱۵	۱۹/۹۱۰

۳ | ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی از نوع مخازن تخلیه‌شده هیدروکربوری در اروپای غربی تا سال ۲۰۱۰ [۱۳]

کشور	تعداد تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی (میلیارد مترمکعب)
اتریش	۱۳	۱۰/۰۹۰
دانمارک	۱	۰/۷۵
فرانسه	۲	۰/۷۵
ایتالیا	۲۸	۱۹/۶۶۳
اسپانیا	۹	۵/۹۷۴
ایرلند	۱	۰/۲۱۸
انگلستان	۱۰	۱۸/۶۲۷
آلمان	۱۶	۱۲/۳۱۳

۴- اطلاعات آماری ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در

مناطق مختلف جهان تا سال ۲۰۱۰ میلادی

در این قسمت وضعیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مناطق مختلف جهان تا سال ۲۰۱۰ که شامل تأسیسات عملیاتی و در حال برنامه‌ریزی است، ارائه می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۲- نشان داده شده ایالات متحده آمریکا تعداد و ظرفیت ذخیره‌سازی (از نوع مخازن تخلیه‌شده هیدروکربنی) بیشتری نسبت به کانادا دارد و رتبه نخست آمریکای شمالی را به خود اختصاص داده است.

همان‌طور که در جدول ۳- نشان داده شده ایتالیا نسبت به سایر کشورهای اروپای غربی تأسیسات ذخیره‌سازی (از نوع مخازن تخلیه‌شده هیدروکربوری) بیشتری دارد و از دیدگاه تعداد تأسیسات، آلمان، اتریش، انگلستان و اسپانیا در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از نظر ظرفیت نیز پس از ایتالیا، انگلستان، آلمان، اتریش و اسپانیا قرار دارند.

در اروپای شرقی، روسیه نسبت به سایر کشورها تعداد و ظرفیت ذخیره‌سازی بیشتری دارد و از دیدگاه تعداد تأسیسات، اوکراین، رومانی، لهستان و جمهوری چک در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از نظر ظرفیت نیز پس از روسیه، اوکراین، مجارستان و رومانی قرار دارند (جدول ۴-).

همان‌گونه که در جدول ۵- نشان داده شده در بخش آسیا، اقیانوسیه و استرالیا، کشور ما بیشترین ظرفیت ذخیره‌سازی در مخازن تخلیه‌شده را داراست و پس از ایران، استرالیا قرار دارد.

بررسی‌های آماری نشان‌دهنده آنست که

۴ | ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی از نوع مخازن تخلیه‌شده هیدروکربنی در اروپای شرقی تا سال ۲۰۱۰ [۱۳] * آمار موجود تا سال ۲۰۰۹

کشور	تعداد تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی (میلیارد مترمکعب)
روسیه	۲۳	*۹۵/۵۶۱
جمهوری چک	۵	۲/۲۶۰
لهستان	۱۱	۲/۴۵۰
مجارستان	۵	۶/۱۳۰
رومانی	۱۱	۴/۸۴۴
کرواسی	۱	۰/۵۵
اسلواکی	۳	۳/۰۹۰
اوکراین	۱۳	۳۰/۳۲۰

روش ذخیره‌سازی زیرزمینی در مخازن تخلیه‌شده پرکاربردترین روش جهان بوده و ۷۶ درصد تأسیسات ذخیره‌سازی جهان را به‌خود اختصاص داده است. درصد کاربرد این روش در تأسیسات ذخیره‌سازی مناطق مختلف در شکل ۵- نشان داده شده است.

۵- آشنایی با پروژه‌های مهم ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده در ایران

پروژه‌های ذخیره‌سازی ایران به‌طور عمده در مناطق سردسیر، پرجمعیت و قطب‌های صنعتی واقع شده است بر اساس برنامه پنجم توسعه باید امکان ذخیره‌سازی روزانه ۱۱۰ میلیون مترمکعب گاز در کشور وجود داشته باشد. از مجموع ۲۱۷ مخزن مورد مطالعه، بیش از ۱۰ مخزن و گنبد نمکی برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی مناسب شناخته شده‌اند [۳]. از بین مخازن یاد شده، مخزن گازی سراجیه قم تنها مخزن ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز ایران است

که در دی‌ماه ۱۳۹۱ به بهره‌برداری رسید [۱۴]. از دیگر پروژه‌های ذخیره‌سازی گاز در ایران می‌توان به مخازن تلخه، شورجه-بی و شورجه-دی در استان خراسان رضوی و قزل‌تپه در استان گلستان اشاره کرد [۳]. براساس برنامه از مجموع ۱۱۰ میلیون مترمکعب گاز، ۳۰ میلیون مترمکعب در مخزن سراجیه قم، ۴۰ میلیون مترمکعب در مخزن شورجه و در مجموع ۴۰ میلیون مترمکعب در گنبد نمکی و یورتشای ورامین ذخیره خواهد شد [۱۴]. در ادامه دو مورد از پروژه‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز کشور به‌صورت مختصر معرفی می‌شوند.

۱-۵- سراجیه

از سال ۱۳۸۶ مطالعاتی به‌منظور شناسایی مخازنی که در منطقه ایران مرکزی (به‌وسعت تقریبی ۱۷۰ هزار کیلومتر) پتانسیل ذخیره‌سازی گاز طبیعی دارند انجام شده است. تاقدیس سراجیه با عمق متوسط سنگ مخزن ۲۵۰۰ متر در این منطقه قرار گرفته است. در فاز نخست باید با حفر

۵ حلقه چاه جدید و تعمیر ۴ حلقه چاه قدیمی، عملیات تزریق و برداشت گاز انجام شود. در فاز دوم با اضافه شدن ۹ حلقه چاه دیگر در فصول گرما روزانه ۲۰ میلیون مترمکعب گاز در مخزن تزریق شده و در ماه‌های سرد سال ۳۰ میلیون مترمکعب گاز برداشت می‌شود. مخزن سراجیه که با حجم ذخیره‌سازی ۳/۳ میلیارد مترمکعب در سال، قابلیت برداشت مقطعی حداکثر ۴۹ میلیون مترمکعب گاز طبیعی در روز را دارد تنها پروژه عملیاتی کشور است [۳]. طرح ذخیره‌سازی گاز طبیعی در مخزن سراجیه مشتمل بر تأسیسات تزریق و فرآورش است که در فصول گرما روزانه ۷/۳ میلیون مترمکعب گاز ذخیره کرده و در ماه‌های سرد سال روزانه ۹/۷ میلیون مترمکعب گاز از آن برداشت می‌شود [۱۴].

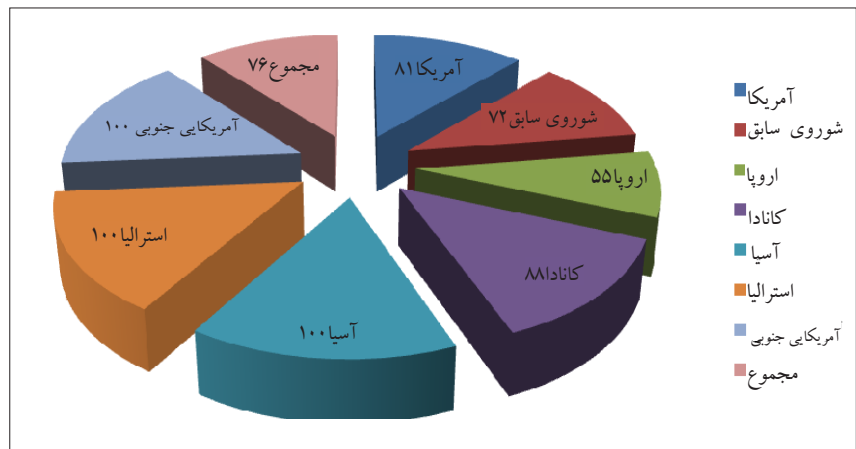
۲-۵- قزل‌تپه

مخزن قزل‌تپه که در محدوده گنبد کاووس در شمال شرق کشور قرار دارد نیز توسط شرکت نفت خزر برای ذخیره‌سازی معرفی شده است [۳]. مطالعات اولیه پیش‌امکان‌سنجی ذخیره‌سازی گاز طبیعی در این مخزن توسط شرکت ذخیره‌سازی گاز و طرح ملی ذخیره‌سازی زیرزمینی نفت و گاز از طریق شورای عالی علوم، تحقیقات و فن‌آوری (عتف) در حال انجام و پیگیری است.

۵ ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی از نوع مخازن تخلیه‌شده هیدروکربنی در آسیا، اقیانوسیه، استرالیا تا سال ۲۰۱۰ [۱۳]		
کشور	تعداد تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی (میلیارد مترمکعب)
استرالیا	۴	۱/۲۹۲
ایران	۱	۳/۳

نتیجه‌گیری

بررسی‌های آماری، کاربرد فراوان مخازن تخلیه‌شده را در ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در سطح بین‌المللی نشان می‌دهد (شکل ۵-). مطالعه وضعیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز با استفاده از این روش در کشورهای مختلف جهان و ایران، بیانگر نیاز کشور ما به مطالعات و انجام پروژه‌های بیشتر در این خصوص است. خلاصه‌ای از بررسی‌های آماری انجام شده در مناطق مختلف جهان از جمله آمریکای شمالی، اروپای غربی و شرقی، آسیا، اقیانوسیه و استرالیا،



۵ | درصد مخازن تخلیه‌شده در همه تأسیسات ذخیره‌سازی هر ناحیه تا سال ۲۰۱۰ [۱۳]



توجه به اهمیت موضوع ذخیره‌سازی گاز، توجه و پیشرفت جهانی در زمینه ذخیره‌سازی در مخازن تخلیه‌شده، حجم زیاد گاز تولیدی، پتانسیل فراوان ساختارهای زمین‌شناسی در داخل و تعداد قابل توجه مخازن در حال تخلیه در مناطق مختلف کشور، علاوه بر پروژه ذخیره‌سازی گاز در سراجه قم (که نخستین پروژه ذخیره‌سازی خاورمیانه است) انجام مطالعات و پروژه‌های بیشتر در این زمینه در داخل کشور ضروری است. مطالعات بیشتر در این زمینه نیازمند روش مطالعاتی مناسب، صحیح، دقیق و علمی است. مهم‌ترین قسمت یک روش مطالعاتی مناسب را شیه‌سازی تشکیل می‌دهد. با ساخت مدل استاتیکی و دینامیک دقیق و منطبق با تاریخچه مخزن با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب، گامی اساسی و مهم در مطالعات ذخیره‌سازی زیرزمینی برداشته می‌شود. ■

۶ | کشورهایی که بیشترین ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی از نوع مخازن تخلیه‌شده هیدروکربنی در مناطق مورد بررسی را دارند [۱۳]

کشور	تعداد تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی	ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی (میلیارد مترمکعب)
روسیه	۲۳	۹۵/۵۶۱
ایران	۱	۳/۳
ایالات متحده آمریکا	۳۲۶	۱۰۵/۵۶۹
ایتالیا	۲۸	۱۹/۶۶۳

میزان ظرفیت ذخیره‌سازی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده را دارند. با وجود اینکه ایران در روش ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در ناحیه آسیا، اقیانوسیه و استرالیا بیشترین ظرفیت را دارد؛ اما نیازمند ارتقاء وضعیت خود در سطح جهان است. با

در جدول ۶ ارائه شده است. کشورهایی که در این مناطق بیشترین ظرفیت ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده را دارند شامل روسیه، ایران، ایالات متحده آمریکا و انگلستان هستند. در بین این چهار کشور، ایالات متحده آمریکا و ایران به ترتیب بیشترین و کمترین

پانویس‌ها

^۱underground gas storage

منابع

- [1]. Chabreliè, Marie-Françoise, Cedigaz, France ,Dussaud; Michel, Sofregaz Us,Usa,Bourjas; Daniel And Hugout, Bruno, Gaz De France; " France Underground Gas Storage:Technologicalimno Vations For Increased Efficiency"
- [2]. Wallbrecht, Joachim;(2009)Germany;24th World Gas Conference, Buenos Aires, Argentina5-9 October
- [۳]. کوچکی، احسان؛(۱۳۹۰)؛ "آشنایی با پروژه‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در ایران"، اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری، دانشگاه صنعتی شاهرود
- [۴]. اسماعیل‌نژاد، احسان؛ حجتی‌آبادی، سید حسن؛(۱۳۹۰)؛ "انتخاب روش مناسب به منظور ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در استان خراسان رضوی"، اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری، دانشگاه صنعتی شاهرود
- [۵]. آذین، رضا؛(۱۳۸۸)؛ "ذخیره‌سازی گاز طبیعی در مخازن تخلیه‌شده نفت و گاز زیرزمینی"، مجله مهندسی شیمی ایران، شماره چهارم
- [۶]. سلسبیلی، محمد؛ بحرودی، عباس؛ شکرکتی، شهرام؛(۱۳۹۰)؛ "امکان‌سنجی روش‌های ذخیره‌سازی گاز طبیعی در محدوده شمالی ایران مرکزی"، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۷۸
- [۷]. یوسفی، سید حمیدرضا؛ صناعی، علیرضا؛ خامه‌چی، احسان؛(۱۳۹۰)؛ "ارزیابی روش‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی و سطحی گاز طبیعی با استفاده از تابع ارزش حال حاضر"، اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری، دانشگاه صنعتی شاهرود
- [8].Committee on Sustainable Energy;(2010);"Study on Underground Gas Storage in Europe And Central Asia"; Geneva
- [9].Petrel 2009; "Petrel>I Introduction Course"; Schlumberger company
- [۱۰].حسنوند، طاهر؛(۱۳۹۰)؛ "شبه‌سازی مخزن جهت توسعه میدان: مطالعه مورد میدان "، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۸۴
- [۱۱].خواجوی، علی؛ طهماسبی، مهدیار؛ "شبه‌سازی مخازن با استفاده از نرم‌افزار اکلیپس"، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۳۵
- [۱۲].داودآبادی، ملیحه؛ رمضان‌زاده، احمد؛ جلالی، سید محمد اسماعیل؛(۱۳۹۰)؛ "مقایسه مفاهیم ذخیره‌سازی در ساختارها و سازه‌های زیرزمینی"، اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری، دانشگاه صنعتی شاهرود
- [13].<http://www.energydelta.org/mainmenu/energy-knowledge/country-gas-profiles>
- [14]. <http://aftabnews.ir/fa/news/1831797>