**فصل اول: مقدمه**

در اکتبر 2004، انجمن زمین شناسی یک کنفرانس دو روزه در مرکز کنفرانس ابردین به نام "توسعه و نیاز‌های آینده ذخیره‌سازی گاز زیرزمینی در انگلستان و اروپا" برگزار کرد. این کنفرانس در زمانی برگزار شد که وابستگی شدید انگلستان به واردات عیان بود و با حضور نه تنها نمایندگان صنعتی و دانشگاهی بلکه دولتی‌هایی که بر روی برنامه‌های کاربردی به منظور توسعه تاسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز (UGS) در انگلستان کار می‌کردند نیز حضور داشتند. این کنفرانس در فاصله کمی پس از حادثه ماس بولف[[1]](#footnote-1) در تگزاس برگزار شد. همچنین با در نظر داشتن حادثه مشهور هیوتچی سون[[2]](#footnote-2) در کانزاس[[3]](#footnote-3) این نگرانی یعنی ایمنی را که یکی از نگرانی‌های اصلی ساکنین منطقه در زمینه تأسیسات ذخیره‌سازی بود برجسته‌تر کرد [1].

مطالب این کتاب از کنفرانس 2004 ابردین جمع آوری شده است. در شرایط فعلی عرضه گاز و انرژی، این ارزیابی تکنولوژی ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز که انجام شد و براورد نیازهای آینده انگلستان بسیار به جا و به موقع بود.

***1-1 نیاز‌های انگلستان برای ذخیره‌سازی زیرزمینی و دیدگاه‌ها و نیازهای دولت***

در سال 2004 پیش بینی‌های دولت انگلستان این بود که انگلستان با وجود ثروت‌های تاریخی دریای شمال در سال 2006 تبدیل به یک وارد کننده گاز طبیعی می‌شود [2]. در حالی که شرایط وخیم‌‌تر از پیشبینی‌ها از آب در آمد و انگلستان زودتر از آن یعنی در سال 2004 وارد کننده شد. پیش بینی‌های جاری این است که انگلستان تا سال 2020 بیش از 80 درصد گاز خود را وارد خواهد کرد که این خود وابستگی بیش از پیش به منابع گاز وارداتی، احتمال افزایش هزینه‌های گاز و انرژی و اختلال در عرضه را به همراه خواهد داشت[3-5].

شروع این کنفرانس توسط جان‌هاورد بود؛ وی سابقا در وزارت تجارت و صنعت (DTI) بوده و در حال حاضر در وزارت انرژی و تغییرات اقلیمی‌(DECC) مشغول به خدمت است، او همچنین در گذشته از اعضای تشکل‌های اقتصادی و اصلاحات نظارتی (BERR) بوده است. در این کنفرانس او دیدگاه دولت درباره منابع گاز انگلستان و نیاز به افزایش ذخیره‌سازی را بیان می‌کرد. مقاله آغازین[[4]](#footnote-4) خلاصه‌ای از نظرات دولت در مورد نیاز به افزایش زیرساخت‌های منابع گاز و تصویب یک بستر قانونی برای چنین زیربنایی بود تا عرضه به موقع به بازار حاصل شود. نیازهای انگلستان و نقطه نظرات فنی عملیات ذخیره‌سازی از دیدگاه یک اپراتور ذخیره‌سازی زیرزمینی ( شرکت ستاره انرژی) نیز ارائه شد. شرکت ستاره انرژی پروژه احداث یک واحد ذخیره‌سازی گاز زیرزمینی را با تبدیل میدان نفتی تقریبا تخلیه شده (Humbly Grove) به محلی برای ذخیره‌سازی در فوریه سال 2004 به بهره‌برداری رساند و در حال حاضر در حال ارزیابی چندین مکان دیگر در جنوب انگلستان و میدلند[[5]](#footnote-5) شرقی برای انجام پروژه‌های مشابه دیگر است.

مصرف گاز سالیانه انگلستان حدود 103 میلیارد متر مکعب است، این در حالی است ظرفیت مخازن حال حاضر انگلستان تنها حدود 4 میلیارد متر مکعب گاز است که تقریبا 4 درصد مصرف سالیانه و تقریبا معادل عرضه 14 روز گاز به مردم است (جدول1-1).

**جدول1-1:** مقایسه مصرف سالانه گاز، حجم ذخیره‌سازی گاز و تعداد روزهایی که عرضه کل ذخیره‌سازی پاسخگوی نیاز کشور می‌باشد در انگلستان، سایر کشورهای اروپایی و ایالات متحده آمریکا[6].

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| کشور | مصرف سالیانه (میلیارد متر مکعب) | ظرفیت ذخیره‌سازی (میلیارد متر مکعب) | درصد ظرفیت ذخیره‌سازی به مصرف نسبی سالیانه | تعداد روزهای پاسخگویی به نیاز کشور |
| انگلستان | 103 | 4 | 4 | 14 |
| آلمان | 101 | 19 | 19 | 69 |
| ایتالیا | 81 | 13 | 16 | 59 |
| فرانسه | 46 | 11 | 24 | 87 |
| آیالات متحده آمریکا | 631 | 114 | 18 | 66 |

این مقدار ذخیره‌سازی انگلستان نسبت به بسیاری از کشورهای اروپایی و ایالات متحده بسیار کم است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد افزایش تقاضا گاز در تمام بخش‌ها وجود خواهد داشت به حدی که تقاضای گاز تا سال 2020 حدودا 135-140 میلیارد متر مکعب خواهد بود [3, 4]. اگر نیروگاه‌های هسته‌ای و زغال سنگی قدیمی با واحدهای مشابه جدید جایگزین نشوند، به ناچار با افزایش تقاضا احتمالا اکثر آن‌ها را با نیروگاه‌های گازسوز جایگزین می‌کنند. در سال 1990 که نیروگاه‌های برق گازسوز عملا وجود نداشتند بخش داخلی 50 درصد مصرف گاز انگلستان را به خود اختصاص می‌داد [7]. قیمت پایین گاز و به نحوی حرکت لیبرال بازار در دهه 1990 منجر به "استفاده بهینه از گاز[[6]](#footnote-6)" شد چرا که تولید برق توسط نیروگاه‌های گازی به طور چشمگیری افزایش یافت. در طول پانزده سال بعد یک تقسیم بندی بین بخش‌هایی از بازار به وجود آمد به طوری که تا سال 2004 میزان برق تولید شده 33 درصد مصرف گاز انگلستان را به خود اختصاص می‌داد و تقاضای داخلی 36 درصد و صنعت ساخت و تولید 13 درصد افزایش یافت [7]. برآورد‌ها نشان می‌دهد که سهم مصرف گاز در تولید برق توسط نیروگاه‌های گازسوز تا سال 2012 حداقل به 46 درصد افزایش خواهد یافت و برخی از تحلیل گران می‌گویند که این رقم می‌تواند به بیش از 60 درصد هم برسد [8].

ذخیره‌سازی گاز در ساحل و فراساحل تنها در ساختارهای زمین شناسی یا سازه‌های مناسب امکان پذیر است که که داشتن این شرایط در برخی نقاط محدود وجود دارد. سنگ‌ها برای داشتن پتانسیل مخزنی بودن باید یک عمق حداقلی داشته باشند و همچنین یک ساختار تله مانند به نام پوش‌سنگ نیاز است[[7]](#footnote-7). به همین شکل به طور مشابه، لایه‌های‌ هالایتی مناسب برای توسعه مخازن[[8]](#footnote-8) ذخیره‌سازی گاز باید دارای یک ضخامت و عمق خاص و مشخصی باشد. با این حال، در حال حاضر برنامه‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی انگلستان بر‌اساس فرایندهای رضایت بخش و برنامه‌ریزی‌های بلند مدت اجرا می‌شود. هم کنترل‌های برنامه‌ریزی پروژه‌های داخلی، در حال حاضر تحت نظارت اداره جوامع و دولت محلی (CLG) است و هم رژیم رضایت بخش توسعه تخصصی توسط DECC اداره می‌شود. علاوه بر این، و همانطور که توسط دولت اشاره شده است، مردم محلی که زمین محل سکونتشان تا حدودی دارای پتانسیل توسعه این فناوردی است به شدت مخالف توسعه ذخیره‌سازی زیرزمینی هستند[4, 9]. این مخالفت عمدتا برای جلوگیری از تکرار حوادث مشابهی که در تاسیسات UFS در ایالات متحده آمریکا که با مرگ و میر فراوان همراه بوده است می‌باشد. در نتیجه هر برنامه ذخیره‌سازی زیرزمینی نیازمند صرف زمان طولانی و یک نظرسنجی عمومی از مردم است.

پیشنهادات برجسته‌ای برای ایجاد تاسیسات ذخیره‌سازی در حوضه‌های نفتی چشایر در بایلی، پریسال و تبدیل میدان نفتی ولتون به محل ذخیره‌سازی گاز بیان شده است. نهایتا دستور ایجاد تاسیسات در چشایر در توسط وزیر امور خارجه در ماه مه 2004، دو سال پس از درخواست اولیه، به تایید رسید و تصویب شد. برای پریسال، درخواست اصلی در نوامبر 2003 ارائه شد و در دادگاه تجدید نظر، به یک نظرسنجی عمومی رفت (اکتبر 2005 - مه 2006). در نهایت وزیر امور خارجه در 16 اکتبر 2007، تقریبا 18 ماه پس از پایان تحقیقات عمومی با صدور مجوز برنامه‌ریزی برای شروع کار و مجوز رضایت استفاده از مواد خطرناک مخالفت کرد. علت رد آن بخاطر جنبه‌های ایمنی از جمله خطر مهاجرت گاز و انفجار بود. به همین شکل نیز، درخواستی که ستاره انرژی در نوامبر 2003 برای تبدیل و توسعه میدان نفتی ولتون در لینکول شایر[[9]](#footnote-9) به عنوان یک تأسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی ارائه کرد، با مشکل مواجه شد. با وجود مخالفت گسترده ساکنان محلی و شوراهای محلات با این طرح، مقامات و برنامه ریزان شورای شهر لینکول شایر از آن حمایت کردند و خاطر نشان کردند که این امر با سیاست ملی انرژی مطابقت دارد؛ سیاست‌هایی که قانون گذاران انرژی و DTI آن را به تصویب رسانده بودند و قویا از آن حمایت می‌کردند. هیچ گزارشی از وجود نگرانی در مورد پروژه اجرایی توسط آژانس محیط زیست و طبیعت و یا بهداشت و ایمنی بیان نشده است. با این حال، در یک نشست عمومی در اوایل سال 2006، اعضای شورا در برابر توصیه‌های مقامات خود با اشاره به نگرانی‌هایی که در مورد سلامت و ایمنی مردم محلی داشتند ایستادند و آن را دلیلی محکم برای مخالفت با صدور مجوز این طرح دانستند. مشاجرات برای تصمیم نهایی با داشتن نیم نگاهی به خطرات حوادث مشابه اتفاق افتاده در دو منبع ذخیره‌سازی گاز آمریکا انجام گرفت [10]. این حوادث در تاسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی با مخزن گنبد نمکی در آمریکا در شرایط عملیاتی کاملا متفاوت با ولتون رخ داد، ولتون یک میدان نفتی تولیدی با تله ثابت و توانایی نگهداری بالا می‌باشد. اگر چه در ابتدا برنامه بر این شد که کار با انجام یک نظرسنجی عمومی ادامه پیدا کند ولی اپراتورهای این میدان تمایل داشتند که پروژه را با همان قانون قبلی گاز مصوب 1965 پیش ببرند؛ لذا این تصمیم را رد کردند [11].

با این حال دو پیشنهاد برای پیشرفت پروژه ذخیره‌سازی زیرزمینی قابل توجه است. در دسامبر 2005 یک درخواست برای ایجاد تاسیسات ذخیره‌سازی در مخزن گنبد نمکی استابلش میدان چشایر همزمان با انجام نظرسنجی پریسال ارائه شد. این کار نشان از تغییرات دیدگاه‌های دولت محلی داشت چرا که این درخواست توانست تا ژوئن 2006 هر دو مجوز برنامه‌ریزی و مجوز رضایت‌مندی برای استفاده از مواد خطرناک را به طور کامل کسب کند: هر دو مجوز بر‌اساس نیاز ملی انگلستان داده شده بودند [12]. به طور مشابه، درخواست دیگری که برای تبدیل میدان گاز کی تورب[[10]](#footnote-10) که در دسامبر 2005 ارائه شده بود و توسط شورای شهر شرق یورک شیر[[11]](#footnote-11) رد شد. این درخواست در ماه آوریل تا می‌2007 در یک فرآیند نظرسنجی عمومی قرار گرفت و در فوریه 2008 توسط وزیران دولت (در آن زمان BERR) برای انجام پروژه CLG به تصویب رسید که نسبتا مطابق نیاز ملی بود. حتی قبل از تصمیم کان تکس، دولت انگلیس نگران این واقعیت شده بود که توسعه دهندگان و شرکت‌های مجری ایجاد زیرساخت تامین منابع گاز با خطرات رو به افزایشی از جمله تاخیر در تصمیم‌گیری نهایی برای ادامه کار رو به رو شوند و اینکه هیچ تضمینی برای ادامه پروژه وجود ندارد. به همین خاطر دولت اظهار داشت:

"می‌شود به آسانی همه بحث‌ها را تمام کرد و گفت بسیار خوب این نیازمان را از یک طریق دیگر حل می‌کنیم و یا اینکه این پروژه را در جای دیگری انجام می‌دهیم. همه نقاط کشور نقش مهمی‌ در سیاست انرژی ملی بازی می‌کنند، همانطور که بعضی از نقاط کشور به دلیل عواملی چون سرعت باد برای احداث مزارع آسیاب بادی مناسب‌تر هستند، نقاط دیگر نیز می‌توانند برای ذخیره‌سازی گاز مناسب باشند"[4].

از نظرسنجی کی تورب نتیجه می‌شود که اجرای قانون (قانون نیوپورت) و آگاهی مردم ‌از خطرات انجام پروژه نقش مهمی در تصمیم‌گیری و تعیین برنامه‌ریزی انجام پروژه بازی می‌کند و می‌تواند تعیین‌کننده باشد [13]. برخی از عوامل نشان دادند که ترس مردم برای حصول کامل ایمنی بی پایه و اساس نیست. در درجه اول باید گفت که مکان انجام پروژه مطابق با قوانین ایمنی COMAH نبوده و دوم اینکه شورای شهر شرق یورک شیر در حرکتی صورت جلسه‌ای از حوادث مرتبط با ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز را ارائه کرد [13]. با این حال وزیران دولتی (CLG / BERR) به عنوان بازرس برای گرفتن تصمیم نهایی پریسال به نتیجه‌ای متفاوت رسیدند و اظهار داشتند "بله خطرات این پروژه را به طور کامل نمی‌توان از بین برد اما باید توجه داشت که برای ذخیره‌سازی گاز در خشکی صرفا امکان وجود چنین مخاطراتی برای سلامتی و ایمنی انسان نمی تواند دلیل و تضمین خوبی برای رد و کنار گذاشتن این مکان پیشنهادی باشد" [14].

در صورت بروز اختلال در عرضه، عدم ذخیره‌سازی و افزایش مصرف، انگلستان در موقعیت آسیب پذیر بزرگی قرار می‌گیرد. اهمیت این اوضاع ناخوشایند با داشتن نگاهی به مشکلات پیش آمده در زمستان 2005 – 2006 که حاصل مجموعه‌ای از حوادث و عوامل بود برجسته‌تر و قابل توجه‌تر می‌شود [15]. اول اینکه مثلا در ژانویه 2006 یک اختلاف گازی بین روسیه و اوکراین منجر به بروز مشکلاتی در عرضه به برخی از کشورهای اروپایی و نوسان قیمت‌ها شد. در عرض چند ساعت، اتریش، فرانسه، آلمان، مجارستان، ایتالیا، لهستان و اسلواکی 30 تا 40 درصد افت فشار را در خطوط لوله خود گزارش کردند. در مرحله دوم بلافاصله پس از آتش سوزی و انفجار در میدان ذخیره‌سازی فراساحلی راف[[12]](#footnote-12) (بزرگترین تأسیسات ذخیره‌سازی گاز انگستان) در فوریه 2006 قیمت عمده فروشی 40٪ افزایش یافت؛ هرچند کمی بعد تر وقتی میزان مشکلات سکو کمی روشن شد این قیمت به حالت قبل خود بازگشت.

در روز دوشنبه 13 مارس 2006 بعد از تصمیم شبکه ملی، به منظور اعلام خطر برای ایجاد تعادل در عرضه و مصرف گاز، نیاز به ذخیره‌سازی اضافی بیشتر به چشم آمد[15]. این کمبود گاز از این نشأت می‌گرفت که یک عدم اطمینان نسبت به واردات از نروژ به دلیل تعمیرات غیر برنامه‌ریزی شده و از قبل اعلام نشده در سکوها و خطوط لوله این کشور به وجود آمد و همچنین دیگر حوادث در فلات قاره نروژ و اختلالات عرضه در فرانسه به علت اقدامات صنعتی همگی به تشدید این اوضاع کمک کرده بود. افزایش تقاضا و وابستگی بیشتر به گاز وارداتی وقتی که با حجم ذخیره‌سازی محدود گاز همراه می‌شود، مشکلی دیگر به مشکلات انگلستان می‌افزاید. کمبود حجم کافی برای ذخیره‌سازی گاز به این معنی است که حتی وقتی که تاسیسات ذخیره‌سازی در هنگام اوج مصرف در ماه‌های تابستان (زمانی که قیمت گاز پایین‌تر است) پر باشند که معمولا هستند باز هم نمی‌توانند نیاز کشور را برطرف کنند و حجم مناسبی از گاز را برای مصرف عرضه کنند. بنابراين انگلستان در طول ماه‌هاي زمستان که تقاضا برای گاز زیاد است و قيمت‌ها بالاتر است مجبور به خريد گاز در بازارهای کوتاه مدت می‌شود. در حال حاضر عموم مردم از افزایش صورت حساب‌های انرژی به دلیل کمبود ظرفیت ذخیره‌سازی رنج می‌برند و وقتی مردم مجبور می‌شوند بیش از 10 درصد از درآمد خود را برای انرژی بدهند تا خانه‌های خود را به طور کامل گرم نگه دارند بیشتر آن‌ها در گروهی قرار می‌گیرند که دولت اصطلاحا به آنها فقرای سوختی میگوید [2, 16]. اگر انگلستان با زمستان‌های سخت روبرو شود شرایط حتی خیلی بدتر هم می‌شود.

مسائل ایمنی مهمی ‌نیز وجود دارد. کمبود گاز اگر به درستی مدیریت نشود می‌تواند موجب یک بحران در عرضه گاز شود. با توجه به مسائل ایمنی باید یک حداقل فشار در سیستم خطوط انتقال ملی (NTS) گاز حفظ شود که این خود نیاز به تعادل بین عرضه و تقاضا گاز دارد. به زبان ساده است که بگوییم گاز مصرفی مردم و دیگر مصرف کنندگان چه صنعتی و چه غیره باید با گاز دریافتی از شبکه تولید کنندگان گاز، تاسیسات فراورش گاز، تاسیسات ذخیره‌سازی، خطوط اتصالات و تاسیسات وارداتیLNG برابر باشد اما در عمل کاری بس مشکل است [17]. اگر فشار در شبکه خیلی پایین باشد بسیار خطرناک است چرا که دستگاه‌ها ممکن است گاز را به درستی نسوزانند و باعث احتراق ناقص و ایجاد گازهای سمی شوند. باز هم باید توجه داشت که اگر دستگاه‌ها یک وسیله محافظتی مؤثر نداشته باشند ممکن است شعله‌های آتش باعث شود گاز دوباره بسوزد و فشار سیستم را بالا ببرد و در انتها منجر به آتش سوزی یا انفجار شود [17]. علاوه بر این هوا می‌تواند وارد سیستم شود؛ در صورتی که اختلال در عرضه و کاهش فشار در NTS داشته باشیم گاز رسانی به شرکت‌ها قبل از مصرف کنندگان داخلی قطع یا مختل خواهد شد. در بدترین حالت گاز کل شهرها و روستاها به تدریج قطع می‌شود و مشکلات بیشتری را به وجود می‌آورد زیرا وقتی هوا وارد سیستم شود و با گاز مخلوط شود می‌تواند بالقوه باعث انفجارهای[[13]](#footnote-13) مرگبار شود [17, 18]. جلوگیری از این امر نیاز به فرآیندهای فشرده و وقت گیر نیروی انسانی دارد، زیرا هر نقطه از شبکه باید از کنتور آن بسته شود و در هنگام باز کردن دوباره و اتصال به سیستم، زمانی که گاز به اندازه کافی برای به جریان افتادن در دسترس است باید توجه بسیار زیادی به تک تک زیر شبکه‌های پخش و تک تک کنتورها داشته باشیم. علاوه بر این هنگامی‌که یک جریان دوباره برقرار شود وضعیت دستگاه‌ها نیز باید مورد بررسی قرار گیرد [18]. این منجر به این می‌شود که اتصال مجدد به آهستگی و کند صورت گیرد چرا که تمام نقاط و زیر شبکه‌ها قبل از بازگشت به سیستم نیاز به بازرسی دقیق دارند.

دولت انگلستان همچنان که از مشکلات بالقوه تامین و عرضه اگاه و باخبر است و این که می‌داند که شرکت‌ها و خانه‌ها نیاز به یک منبع گاز قابل اتکا و در عین حال ایمن دارند، همواره نگران تاخیر در اجرای زیرساخت‌های تامین گاز است. دولت همچنین در حال حاضر اقداماتی را جهت افزایش ظرفیت واردات و عرضه مطمئن انجام داده است. این اقدامات عبارت اند از: بهبود در کمپرسورهای خطوط اتصال لوله‌های انتقال موجود در زیب روگ[[14]](#footnote-14)، ساختن خط لوله جنوبی نروژ (میدان ارمن لانگ[[15]](#footnote-15)) و یک خط لوله که باکتون[[16]](#footnote-16) را به بلاگ زند[[17]](#footnote-17) متصل می‌کند در جنوب دریای شمال. با این وجود دولت بر این عقیده است که برنامه‌های انگلستان برای توسعه تأسیسات ذخیره‌سازی و واردات در مناطق مناسب با تاخیر زیاد در توسعه زیرساخت‌های عرضه گاز مواجه است [2, 4, 5, 19]. از مواردی که پروژه‌های زیرساختی را در حال حاضر همچنان در گیر و دار بررسی نگه داشته است می‌توان به کنترل برنامه‌ریزی‌های محلی که توسط CLG نظارت می‌شود و رژیم‌های رضایت بخش توسعه تخصصی که توسط DECC اداره می‌شود اشاره کرد. دولت نیاز به زیرساخت و قانون‌گذاری صحیح برای عرضه بیشتر گاز و در عین حال به موقع به بازار را کاملا حس کرده است و آن را در دستور کار قرار داده است و شواهد آن در مقاله انرژی پاک در فوریه 2003 بیان شده است: "*آینده انرژی ما – ایجاد اقتصادی با کمترین میزان تولید کربن*" [2]. توجه دولت به این موضوع در دو مقالۀ دولتی دیگر به نام‌های "*چالش انرژی: گزارش بررسی انرژی*" در ژوئیه 2006 [4] و "*نشست چالش انرژی: مقاله‌ای بر انرژی*" در ماه مه 2007 قابل مشاهده است [9].

در سال 2006، وزیر امور خارجه اعلام کرد که قصد دارد چارچوب نظارتی زیرساخت‌های عرضه گاز انگلستان چه در ساحل چه در فراساحل را بازبینی کند [4, 5]. در نوامبر 2006، دولت همچنین یک مقاله مشورتی به نام "تاسیسات ذخیره‌سازی گاز طبیعی در دریا و واردات گاز طبیعی مایع: بهبود چارچوب نظارتی و قانون‌گذاری برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی در دریا و تخلیه LNG وارداتی" [5] منتشر کرد که هدف آن یافتن راه حل‌های نظارتی و مسائل مربوط به صدور مجوز برای ساخت و ساز تاسیسات واردات گاز و ذخیره‌سازی فراساحلی بود. با نگاهی به بازخوردی که از این مقالات مشورتی گرفته شد و علاقه‌مندی تشکلات و احزاب به توسعه فراساحلی و نیاز انگلستان به زیرساخت جدید، DECC بر این شد که پیش نویس قانونی را آماده کند تا در اسرع وقت در پارلمان مورد بررسی قرار گیرد [19].

در مناطق ساحلی، دولت اهمیت دموکراسی را در روند تصمیم‌گیری به رسمیت می‌شناسد و دیدگاه‌های کسانی که از این تصمیمات متاثر می‌شوند را نیز مورد توجه قرار می‌دهد و دخیل می‌داند. هر چند باید یک سیستم برنامه‌ریزی دقیق و سخت‌گیرانه وجود داشته باشد تا بتوان در یک زمان کم و معقول تصمیم‌گیری کرد. همچنین باید موازنه‌ای بین نگرانی‌های مقامات محلی، مجریان طرح و نیاز ملی به ایجاد زیرساخت‌ها برقرار کرد تا عرضه انرژی قابل اتکا برای همه ما به ارمغان بیاید. در واقع، دفتر معاون نخست وزیر (ODPM و در حال حاضر CLG) بر‌اساس اعلامیه سیاست برنامه‌ریزی 1 توصیه می‌کند که مسئولان برنامه‌ریزی باید ابتدا مزایای محلی، منطقه ای یا ملی این توسعه اقتصادی را تعیین کنند و سپس در کنار آن هر گونه تاثیرات ناخوشایند برای مردم محلی را نیز در نظر بگیرند[20]. دولت اظهار می‌دارد: "پروژه‌های جدید توسعه زیربنای انرژی همیشه قرار نیست صرفا مزایای محلی خاصی داشته باشد بلکه می‌تواند دلیل توسعه پروژه منافع ملی باشد که پروژه با خود به همراه می‌آورد و همه مردم کشور از آن بهره‌مند می‌شوند. به طور خاص، این چنین پروژه‌ها به قابلیت عرضه مطمئن انرژی در کشور می‌افزایند، که همه مصرف کنندگان گاز از آن سود می‌برد " [21]. با این حال، در هر گونه تغییری که در سیستم برای سرعت بخشیدن به فرآیند ایجاد می‌شود باید این اطمینان حاصل شود که ایمنی عملیات در هر لحظه برقرار است. این عملیات‌ها تحت پوشش و نظارت مقررات موجود HSE و قوانین COMAH انجام می‌گیرند [22, 23].

بنابراين، دولت انگلستان در حال بررسی و مشورت بر روی ایده‌ها و پیشنهاداتی است که به ساده كردن ساختار و رژیم برنامه ريزي گاز می‌پردازد نمونه آن بخشی از مقاله سفارشی 2007 است که با هدف طرح‌ريزی آينده پايدار انگلستان به رشته تحریر در آمد [24] . این پیشنهادات برای سیستم برنامه‌ریزی جدید و برای اصلاح پروژه‌های زیربنایی تأمین گاز در انگلستان ارائه می‌شود. دولت در تاریخ 25 ژوئن 2008، هنگامی‌که اعضای پارلمان به بالا بردن سرعت فرآیند طرح‌ریزی با ایجاد یک کمیسیون جدید به منظور برنامه‌ریزی برای ایجاد زیرساخت (IPC)، رای دادند، گام بسیار بزرگی در کمک به انجام کار برداشت. این کمیسیون نقش و قدرت کلیدی را در پروژه‌های بزرگ مانند تاسیسات هسته‌ای یا تاسیس فرودگاه‌ها دارد [25]. باید دانست که این بیانیه‌های سیاست ملی است که بر اساس نیاز کشور مقررات را برای پروژه‌های زیربنایی و کلیدی تعیین می‌کند و با تبدیل شدن موضوع بحث و مناظره ملی با مشارکت عموم و پارلمان چارچوب تصمیم‌گیری این کمیسیون برای پروژه‌ها را به صورت موردی فراهم می‌کند. بنابراين برای وضع قوانین بر روی تاسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز نیز نیازمند تصمیمات این کمیسیون هستیم.

***1-2 گزینه‌های ذخیره‌سازی از لحاظ زمین شناسی***

برای ذخیره‌سازی هیدروکربن‌ها (شامل گاز طبیعی) و دیگر حامل‌های انرژی همانند هیدروژن یا هوای فشرده چندین راه وجود دارد. شکل‌های اصلی ذخیره‌سازی گاز طبیعی در انگلستان ذخیره‌سازی منفذی درون سنگ مخزن (میدان‌های گازی یا نفتی تخلیه شده یا آبده‌ها) و ذخیره‌سازی توده ای در گنبدهای دست‌ساز و مصنوعی است، البته که در درجه اول سعی در استفاده از گنبدهای نمکی طبیعی، می‌باشد هر چند که در دیگر سنگ‌ها نیز ذخیره‌سازی به صورت موفقیت آمیز انجام گرفته است. پلات[[18]](#footnote-18) نوع ذخیره‌سازی انواع مختلف مخازن زیرزمینی را توصیف و بررسی می‌نماید. علاوه بر آنهایی که برمبنای پلات طرح‌ریزی شده بودند، موارد کمتر استفاده شده دیگری نیز شامل ذخیره‌سازی در معادن رها شده وجود دارد که وجود دارد. برای مثال در آمریکا (معدن متروکه زغال سنگ) و در فرانسه ( معدن سنگ آهن رها شده) که هیدروکربن‌ها اگرچه در آخرین لایه مخزن ذخیره شده بودند، اما به خاطر نشت سیال ذخیره شده از پوش‌سنگ، ذخیره‌سازی را ادامه پیدا نکرد [26, 27]. یک مخزن کوچک برای ذخیره‌سازی در عمق حدود 180 متر زیر زمین در چالک[[19]](#footnote-19) واقع در کیلینگ هولم[[20]](#footnote-20) در شمال لینکول شایر ساخته شد و در 1985 افتتاح گردید که نفت و گاز مایع (LPG) با استفاده از فشار هیدرواستاتیک خودشان در گنبدهای مصنوعی ذخیره و نگهداری می‌شدند [28, 29].

به دلایل گوناگون، این طور به نظر می‌رسد که سنگ نمک ( هالایت) ماده منحصر به فردی است که برای تسعه مخازن به صورت گنبدهای عظیم دست ساز در اعماق 300 تا 2000 متری بسیار مناسب است. این گنبد‌ها می‌توانند فضای ذخیره‌سازی بسیار مهمی‌ برای موادی باشند که خودشان حلال نمک نباشند. در سطح جهان معادن نمک و هزاران گنبد را برای ذخیره‌سازی محصولات مختلف به کار گرفته‌اند. استاندارد‌ اروپایی و انگلیسی BS EN1918-3:1998 اثربخشی ذخیره‌سازی گاز در مخازن نمکی را [30] به خاطر ناتراوا بودن و خواص ویسکوپلاستیکی[[21]](#footnote-21) آن بیشتر می‌داند. گنبدهایی که به صورت خاص در هالایت مهندسی و ساخته شدند حجم مهم و قابل توجهی را برای ذخیره‌سازی ارائه می‌کنند که می‌توان از آن‌ها در ذخیره‌سازی مایعات هیدروکربنی (مانند نفت، گاز طبیعی مایع (LNG) و LPG) یا هیدروکربن‌های گازی، هیدروژن و هوای فشرده استفاده کرد [31-33]. هزاران گنبد در سراسر جهان وجود دارند که از آن‌ها برای ذخیره‌سازی هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود که فرانسه به تنهایی فقط حدود 100 مورد از آن‌ها را در خود جای داده است [34]. در مجموع 66 مورد تاسیسات صنعتی با حدود 396 گنبد برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی به بهره‌برداری رسیده‌اند و در حال استفاده می‌باشند [6]. این تاسیسات سهم مهمی ‌را در ذخیره‌سازی کوتاه مدت تا متوسط، قابلیت نقل و انتقال سریع و قابلیت ذخیره‌سازی بلند مدت فصلی در مخازن ذخیره‌سازی منفذی (فلات) ایفا می‌کنند.

گنبد‌های نمکی همچنین می‌توانند برای دفع مواد پسماند (عموما جامد) و پسماند‌های رادیواکتیو استفاده شوند [35]. در ایالات متحده و روسیه گنبدها برای آزمایشات زیرزمینی دفاعی و سلاح‌های هسته‌ای مورد آزمایش و استفاده قرار گرفته‌اند [32, 36]. گنبدهای نمکی را می‌توان همچنین برای ذخیره‌سازی کربن دی اکسید نیز استفاده کرد، هرچند که استفاده از ساختار هالیتی برای این کار چندان پرکاربرد نیست. [1, 37]

انگلستان دارای میدان‌های نفتی مهم و کانسار‌های نمکی ساحلی و فراساحلی می‌باشد. در ساحل به صورت عملیاتی، دو تاسیسات ذخیره‌سازی گاز توسعه داده شده است، یکی در میدان گازی تخلیه شده ‌هات‌فیلد‌مورس[[22]](#footnote-22) که از سال 2000 به محل ذخیره‌سازی گازی تبدیل شده است [38] و دیگری میدان نفتی هومبلی[[23]](#footnote-23) که در نوامبر 2005 شروع به آغاز عملیات نمود. انواع مختلف هیدروکربن نیز در گنبدهای نمکی که به صورت عملیاتی در حوضه چشایر[[24]](#footnote-24) و در شمال شرق انگلستان در حال فعالیت هستند ذخیره می‌شوند. سازمان زمین شناسی انگلستان اجازه ذخیره‌سازی زیرزمینی حجم مشخصی از گاز طبیعی در تاسیسات زیرسطحی مختلف را داده است به طوری که در شرایط مختلف ذخیره‌سازی بلند مدت یا کوتاه مدت برای رویارویی با شرایط و میزان تقاضاهای مختلف فراهم باشد. توسعه و نحوه پراکندگی بسترهای‌ هالایتی در خشکی و موقعیت‌های فعلی مکان‌های تاسیسات ذخیره‌سازی عملیاتی گاز در گنبدهای نمکی انگلستان توسط آقاین ایوان و هول وی طرح ریزی شده اند.

***1-3 مسائل محیط زیستی***

در کنار مسائل ایمنی، داشتن یک گوشه چشمی به محیط زیست در ابتدای کار می تواند به مقبولیت عمومی پروژه بیافزاید. تجربه ذخیره‌سازی زیرزمینی در انگلستان بسیار کم بوده و همچنین کتاب‌ها و مقالات انتشار یافته مرتبط با مسائل زیست محیطی در این حوزه محدود می‌باشد. مزایای بررسی عمیق زیست محیطی یک پروژه را می توان در میدان ذخیره‌سازی گازی وایلد گوس در کالیفرنیا مشاهده کرد. اجرای چنین طرح‌های مطالعاتی که به محیط زیست توجه ویژه‌ای دارند مثل مورد ذکر شده به گرفتن مجوزهای پروژه بدون مخالفتی از سوی مسؤلین کمک شایانی می‌کند. عوامل کلیدی موفقیت این پروژه را توضیح می‌دهیم چرا که رویکرد ما در در پیشبرد نمونه خود می‌تواند مدلی باشد برای انجام فرآیند صدور مجوزهای دیگر میدان‌ها باشد که با جلوگیری از اتلاف انرژی در برنامه ریزی دوباره و کاهش هزینه‌ها و خطرات به ما کمک می‌کند.

همچنین یک مورد مطالعاتی را بررسی می‌کنیم که در آن نظارت بر ایمنی و مسائل زیست محیطی تاسیسات ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی در استن لیله دانمارک آورده شده است ]32[. برای ایمنی و حفاظت محیط زیست لازم است تا بر روی عملیات ذخیره سازی نظارت دقیق صورت پذیرد. در چاه‌های مشاهده‌ای کم عمق گاها به غلظت‌های بیشتری از متان محلول بر می‌خوریم که آنالیزهای ایزوتوپ پایدار و رادیوکربن نشان می‌دهند که گاز اضافی، حاصل ذخیره‌سازی نیست و از فعالیت میکروبی موضعی نشأت می‌گیرد. چنین نظارت دقیقی نشان از مزایا و منافع پایش گاز حاصله از خاک بالای یک سایت ذخیره‌سازی و اعمال ملاحظات ایمنی دارد.

***1-4 سختی گاز، ایمنی و نظارت بر عملیات ذخیره‌سازی زیرزمینی***

همانطور که قبلا بیان گردید، بسیاری از ساکنین محلی نزدیک به مکان‌های ذخیره‌سازی گاز زیرزمینی مقومت‌هایی را پیرامون ایمنی عملیات ذخیره‌سازی زیرزمینی داشتند. بعنوان بخشی از این مقاومت‌ها، یک یا دو حادثه رخ داد که منجر به مرگ و میر شده و بیشتر به صورت ناشناس در‌ هاتچین سون[[25]](#footnote-25) بود ذکر گردید. گاز با عبور از گنبد نمکی درون چاهی آسیب دیده و به میزان 14 کیلومتر مهاجرت می‌کند و خود را به شهر ‌هات‌چین‌سون رسانید و در سطح از طریق چاه‌های آب شور که موجب چشمه‌های آب گرم گازی اطراف شهر شد، ظاهر گردید. یک آتش سوزی در پارک‌کاراوان[[26]](#footnote-26) موجب مرگ دو نفر گردید[39-42].‌هات‌چین‌سون و دیگر حوادث عملیاتی در مکان‌های ذخیره‌سازی گنبدهای نمکی، عموما در ایالات متحده، با مخالفت گروه‌های فعال جهت توسعه مکان‌های ذخیره‌سازی ذکر شده بودند (شامل ذخیره‌سازی منفذی)، و دلیلی کافی برای رد مجوز ذخیره‌سازی سطحی می‌باشند. هر چند که دو نمونه از گزینه‌های ذخیره‌سازی ،ذخیره‌سازی زیست محیطی بسیار متفاوتی را به همراه عملیات‌ها نشان می‌دهند و نباید به چنین روشی قضاوت شوند.

سختی گاز، ایمنی و نظارت بر زیرساخت‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی مخصوصا چاه‌ها، از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند. اگر بسیاری از سازندهای سنگی مجاور چاه ناتراوا باشند، شرایط مطلوب خواهد بود. سازندهای نرم ناتراوا می‌توانند دارای منافذ بسیاری باشند بطوریکه در آنها با خیزش طبیعی و تنگ شدن اطراف چاه باعث ارتقا پیوند میان سیمان و لوله جداری می‌گردند. بعنوان مثال، لایه‌های نمکی که درآنها مکان‌های ذخیره‌سازی گاز طبیعی ترسانه[[27]](#footnote-27) در فرانسه توسعه یافته است 600 متر توسط لایه‌های گلی (رسی) برجسته شده کشیده شده است. نمودار‌های زمین شناسی ارتقا در شرایط چاه با گذر زمان را بیان نموده که به خیزش گل (رس) نسبت دارد [43].

در میدان‌های نفتی یا گازی تخلیه شده، چاه‌های اکتشافی یا توسعه‌ای شکاف‌های اصلی سنگ پوشش را شکل می‌دهند و مسیر عبوری اصلی را برای برداشت دوباره گاز ذخیره شده به سطح را فراهم می‌آورند. این مسئله به عنوان یک مشکل در کالیفرنیا، جایی که بسیاری چاه‌ها در سال‌های اخیر برای اکتشاف در پایان قرن 19 و شروع قرن بیستم حفاری شدند، اثبات شده است. موقعیت اغلب چاه‌ها مشخص نشده و بعضی از آنها نیز حتی با استاندارد‌های قبلی تکمیل نشده اند. شرایط آنها ضعیف است و می‌تواند اجازه نشت گاز را نیز بدهد. حادثه موت بلویو[[28]](#footnote-28) در سال 1980 مربوط به چاهی بود که در سال 1958 حفاری شد و نگرانی طول عمر چاه‌ها را توضیح می‌دهد. این چاه بطور رضایت بخشی برای 22 سال به تولید انجامید و پس از آن با یک نشتی ادامه پیدا نمود [43]. میزاکی[[29]](#footnote-29) مشکلات چاه‌ها را بررسی نموده توضیح می‌دهد که حتی تکمیل چاه‌های مدرن نیز از این قضیه رنج می‌برند چه بسا بسیار سریع تر از آنچه انتظار می‌رود.

در انگلستان، اکتشاف نفت و گاز ساحلی دارای تاریخچه فعالیت زیادی نسبت به ایالات متحده نمی‌باشد. در اکتبر 1918 تحقیقات لرزه نگاری نفت در‌هارد استوو[[30]](#footnote-30) انگلستان آغاز گردید و اولین چاه‌های اکتشافی حفاری شده توسط دارسی (بنیان‌گذار BP) در بازه زمانی 1918-1920 ارائه شد. در گذشته، حفاری برای آب و اکتشاف مواد معدنی (زغال سنگ، آهن و ...) انجام می‌گرفت. دومین فاز حفاری ساحلی در اواسط دهه 1930 وقتی بسیاری از میادین نفتی شرق کشف گردید صورت پذیرفت. از آن زمان به بعد، اکتشاف به صورت پراکنده صورت گرفت و موقعیت‌های چاه‌های اکتشافی و تولیدی بخوبی شناخته شده است. بسیاری از میادین هیدروکربنی ساحلی اخیر تراکم چاه‌های اکتشافی آغازین را ندارد. تکنیک‌های مدرن حفاری به چاه‌های چندگانه اجازه حفاری به صورت انحرافی از روی یک یا دو سکو را داده است که از آن میدان‌ها تولید می‌شوند. قبل از عمیلات ذخیره‌سازی، ترمیم چاه‌های قدیمی‌می‌تواند موجب بی نقص بودن آنها شود.

گنبدهای نمکی حفراتی هستند که توسط چاه دارای لوله جداری و سیمان شده به سطح متصل است. ممکن است چندین شاخه لوله جداری در چاه گذاشته شود تا به تزریق یا پس کشیدن سیالات به درون گنبد شود. چاه ذکر شده عامل اصلی در فرار هیدروکربن‌ها به هنگام تزریق و تولید از حفره می‌باشد [43]. سختی گاز شرط اصلی و بنیادی برای این حفرات و چاه‌های ذخیره ایی می‌باشد که عموما با استاندارد‌های بالاتری از عملیات معمول صنعت نفت تکمیل شده اند. این امر به هنگام طراحی با دقت برنامه‌های حفاری و عملیات‌های مشبک کاری و تزریق خوب دوغاب سیمان و تعمیر لوله جداری و سیمان‌ها مخصوصا درسقف نمکی آسیب پذیر در بالای گنبد، بدست می‌آید.

بسیاری از چاه‌های آب شور قدیمی ‌و گنبدهای ایجاد شده حین استخراج آب شور برای صنایع شیمیایی با هدف ذخیره‌سازی گاز طراحی و ساخته نشده اند و طراحی‌های گنبدهای ذخیره‌سازی گاز بحرانی خشک امروزه مورد بحث نمی‌باشند. این گنبد‌ها را می‌توان با خطاهای مجاز بسیار دقیق با اندازه‌ها و شکل‌های مانیتور شده صحیح توسط تکنیک‌های صوتی ساخت. Lux پیشرفت‌های اخیر در طراحی حفرات نمکی را با ویژگی‌های ژئومکانیک حفرات ذخیره‌سازی، نیازمندی‌های ایمنی و اصولی برای طراحی اخیر را بررسی نموده است. و همچنین روش‌های ژئوتکنیک برای ارزیابی ایمنی گنبدها را پوشش می‌دهد که شامل محتوایی برای تعیین محدوده‌های فشاری عملیات و حاشیه اعتبار ایمنی و پروسه ای رها سازی می‌باشد.

بسترهای‌ هالیتی یا گنبد‌های نمکی دارای محیطی خورنده برای جداره‌ها و سیمان‌ها هستند که باعث بروز مشکل حین حفاری یا تکمیل چاه‌های گازی می‌شوند. مخصوصا اگر آب نیز وجود داشته باشد. بسترهای‌ هالیتی کم عمق ممکن است توسط گردش آب‌های زیرزمینی حل شوند که منجر ریزش ناحیه سنگ به همراه کنگلومرا می‌شود. گنبد‌های نمکی در ایالات متحده اغلب توسط ناحیه بسیار تراوا (سنگ پوشش) کنگلومرا محلول، کشیده شده است که درون آن آب شور جریان داشته و این امر ممکن است موجب بروز مشکل در هر چاهی شود. این مشکلات می‌توانند بخاطر ناپایداری زمین و توسط سیمان کاری و تکمیل چاه‌های خوب رفع شوند. رسوب‌های بستر‌ هالیتی مهم در خشکی‌های انگلستان وجود دارد اما گنبد‌های نمکی شناخته نشده اند این بستر‌های به دریا‌ها (offshore) محدود شده اند برای مثال جنوب دریای شمال. اگر از چنین بسترهایی بهره برداری صورت گیرد باید هرگونه مشکل ارزیابی شود. عمق و گسترش سنگ تر در رسوبات نمکی ساحلی توسط ایوان و هول وی[[31]](#footnote-31) با تهیه راهنمای موقعیت‌هایی که بسترهای‌ هالیتی بسیار کم عمق بوده و برای هدف‌های ذخیره‌سازی گاز مناسب هستند، بررسی شده است.

از این رو ذخیره‌سازی در گنبدهای نمکی یک پیش مرحله ذخیره‌سازی گازی یا آزمایش یکپارچکی مکانیکی (MIT) می‌باشد. طی این مرحله توسعه سازی، سختی گاز گنبد جدید ساخته شده توسط بالا بردن فشار در گنبد و بستن چاه به منظور مشاهده هرگونه تغییرات در فشار بر حسب زمان تست می‌گردد. مسیر گردش فشار نیز برای در معرض قرار دادن چاه، شرایط ذخیره‌سازی و تست برای آسیب به چاه‌های گنبد مورد نیاز است. انتخاب ماکزیمم فشار بر مبنای آزمایشات مکانیک سنگ بروی‌ هالیت‌ها، عمق گنبد (ضخامت و مواد رویی) و دما می‌باشد. نرخ افت فشار حین بازگشت نیز باید به دقت به منظور جلوگیری از تنش‌های کششی بزرگ که می‌تواند به سازند یا چاه‌های سیمانی آسیب بزند محاسبه گردد.

آزمایش‌های مختلف یکپارچگی، با گسترده ترین روش استفاده شده جهانی در متد تعادلی (ISB) در دسترس قرار دارند. هرچند این روش نیز با خطاهایی همراه است. تریلر, [[32]](#footnote-32)ریتزه[[33]](#footnote-33) , کروتوجینو[[34]](#footnote-34) روش سو میت[[35]](#footnote-35) ارائه دادند که بر مبنای تکنیک‌های فراصوتی می‌باشد که در آن، عمق سطح مشترک، دما و فشار دیفرانسیلی در عمق میانجی را می‌توان به صورت پیوسته حین تست سختی اندازه گیری نمود که بدین وسیله سطوح بالاتری برای تایید سختی گاز بدست می‌آید.

از نشتی گاز ذخیره شده همیشه نمی‌توان جلوگیری کرد و اپراتورها می‌دانند که امکان هدر روی از مخزن همواره به همراه عملیات‌ها و بودجه محاسبه شده وجود دارد. از نقطه نظر اقتصادی، ماندگاری یک مخزن به سرعت گردش ذخایر و طبیعت محصولات ذخیره شده وابسته می‌باشد. به هنگام ذخیره‌سازی هوای فشرده برای جذب توان الکتریکی روزمره، بعنوان مثال، هدر روی 1% به ازای یک روز منطقی است. اما به هنگام ذخیره‌سازی نفت به دلایل استراتژیک، هدر روی 1% به ازای یک سال را می‌توان به عنوان حداکثر مقدار قابل قبول، تایید نمود [43]. از نقطه نظر ایمنی، نشان داده شود که هرگونه از محصولات هیدروکربنی مهاجرت کرده از مخزن نباید در سطوح خطرناک دیگری در کنگلومرا تجمع پیدا نموده و یا نباید به سطحی که ساختمان سازی وجود دارد نشت کند.

از این رو، داشتن تجهیزات تشخیص دهنده و پروسه‌هایی در محل برای نشت محصول ذخیره شده بسیار مهم است. همانطور که در بالا توضیح داده شد، نظارت و مانیتور مکان‌های ذخیره‌سازی سفره‌های زیرزمینی و گاز طبیعی در استین لیله ,دانمارک تنها اهمیت نظارت مربوط به ایمنی را توضیح نمی‌دهد بلکه مسائل زیست محیطی را نیز بیان می‌نماید ]32[. وسیله عملیاتی از 1989، نمونه مهم از نقش مطالعات پایه و نظارت پیوسته برای گاز‌ها در آغاز عملیات ذخیره‌سازی می‌باشد. برنامه نظارت گازی زیرزمینی در میدان نفتی ری بورن[[36]](#footnote-36) جایی که CO2 هم برای ذخیره‌سازی و هم برای ازدیاد برداشت تزریق شده است، خط مبنا (در پروژه نشان دهنده نحوه انجام پروژه طبق برنامه ريزي انجام شده مي باشد) و داده‌های نقشه برداری زمینی تزریق ستونی را بدست آورده است. این داده‌ها اشاره بر منشا بیولوژیکال کم عمقی برای CO2 اندازه گیری شده در گازهای زمینی دارند و هیچ شواهدی برای نشت CO2 تزریق شده به سطوح زمین وجود نداشته است. از این گذشته، ایمنی بلند مدت و عملکرد ذخیره‌سازی CO2 توسط ساخت پایگاه داده خطر (ویژگی‌ها، رویدادها، فرایندها) FEP ارزیابی می‌شود که دانشی جامع را برای ذخیره‌سازی زمین شناسی CO2 مهیا می‌نماید.

برخی از حوادث در مکان‌های ذخیره‌سازی سوخت زیرزمینی (UFS) منجر به مرگ و میر، تلفات و خسارات به دارائی‌ها متصل به مکان‌های ذخیره‌سازی و یا حتی اطراف آن شده است ]32[. حوادثی توسط معترضین به گسترش مکان‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی یا استفاده شده برای پاسخگویی به ایمنی تمامی ‌تسهیلات ذخیره‌سازی زیرزمینی ساحلی انگلستان مشخص گردیده اند. این تحقیق حامل مقاله ای از عضو شورای محلی داوید سون[[37]](#footnote-37) می‌باشد. او کسی است که درگیر فرایند ارزیابی یک طرح پیشنهادی برای ذخیره‌سازی زیرزمینی در میدان نفتی تخلیه شده ولتون بوده است. داوید سون نه تنها قادر به هدایت اولین تجربه‌ها و فقط برنامه‌ریزی و پروسه‌های عملیاتی است بلکه احساسات و ترس‌های بیان شده ساکنین محلی درک کرده و مخالف با چنین توسعه‌هایی در نزدیکی آنها می‌باشد.

با در نظر گرفتن ایمنی نسبی UFS و UGS، Evans نوشته‌های زیاد و بررسی‌های اینترنتی از حوادث ثبت شده و مشکل‌هایی که با مکان‌های UFS رویاروی شده اند را تهیه نموده است. تعداد حوادث، مرگ و میرها و خسارات گزارش شده در مکان‌های UFS با مکان‌هایی که در مناطق دیگری از شبکه تأمین انرژی مقایسه شده اند، به خصوص مرتبط با زیرساخت‌های بالای زمین است. ارقام خسارات وارده برای ذخیره‌سازی زیرزمینی دامنه کوچکتری نسبت به دیگر مناطق شبکه تأمین انرژی دارد. شاید این امر، حمایتی به ادعا‌هایی که می‌گویند گنبدهای نمکی ایمن ترین شکل ذخیره‌سازی برای ظرفیت‌های عظیمی‌از هیدروکربن‌ها هستند به ارمغان آورد [34, 43] و اینکه ذخیره‌سازی گاز زیرزمینی همانند تولید نفت و گاز می‌تواند به صورت ایمن صورت پذیرد اگراز پروسه‌های درستی پیروی گردد[44]. کشته‌های بدست آمده زیاد و نرخ فوت بالا مرتبط با این حوادث مثلا بالای تانک ذخیره‌سازی سوخت سطحی [45] یا جایی دیگر در شبکه تأمین انرژی مرتبط بوده اند ]32[. این ارقام ممکن است از برخی از ترس‌های بیان شده توسط ساکنین محلی مخالف با مکان‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی بکاهد.

***1-5 دیگر دیدگاه‌های ذخیره‌سازی گاز***

مکان‌های ذخیره‌سازی منفذی و گنبدهای نمکی پتانسیلی را برای ذخیره‌سازی تعدادی دیگر از گازها شامل ذخیره‌سازی انرژی هوای فشرده (CAES)، مرتبط با منابع تجدید پذیر مانند آب و هوا عرضه می‌نمایند. طرح تخصصی CAES بیشتر از 30 سال قدمت برای ذخیره‌سازی با اولین مکان‌های CAES بکارگرفته شده در آلمان در سال 1978 در گنبدهای ایجاد شده در گنبد نمکی‌هانتورف[[38]](#footnote-38) نزدیکی‌هامبورگ[[39]](#footnote-39) استفاده شده است[31, 33, 36, 46]. واحد‌های توان هیدروالکتریکی سال‌ها برای ذخیره‌سازی نیرو Off-Peak ( شبها و آخرهفته‌ها) استفاده شده و زمان اوج مصرف خروجی را افزایش می‌دهد. مکان‌های CAES همچنین پتانسیل ذخیره‌سازی انرژی و امکان استفاده در کنار آن را فراهم می‌سازد به عنوان مثال توربین‌های بادی. با این وجود نمونه‌های این تکنولوژی زیاد نمی‌باشد، از این رو CAES اهمیت بیشتری در بازار انرژی دارد. اگر انرژی تجدیدپذیر به صورت گسترده به واقعیت تبدیل شود آنگاه صنعت باید گزینه‌های بیشتری برای ذخیره‌سازی انرژی شامل هوای فشرده در نظر بگیرد[47]. نسل‌های توزیع شده و شبکه بندی شده که در آنها واحد‌های CAES نقش مهمی‌ایفا می‌کنند برای آسان نمودن چنین سیستمی‌بکار می‌روند.

اگرچه یک مولکول بسیار پرتحرک هیدروژن را نیز می‌تواند زیر زمین توسط حفرات آب شور که در حال حاضر در تساید[[40]](#footnote-40) استفاده می‌گردد ،ذخیره گردد. استون[[41]](#footnote-41) و همکارانش پتانسیلی را برای ذخیره‌سازی زیرزمینی هیدروژن در مقیاس‌های عظیم در رسوبات‌ هالیت (سنگ نمک) ساحلی در انگلستان را ارزیابی نمودند. آنها مسائل فنی، زمین شناسی ، فیزیکی ذخیره‌سازی، موقعیت رسوبات نمکی و منظر‌های اقتصادی و قانونی را در نظر گرفتند. گنبدهای نمکی انعطاف پذیری بیشتری برای تزریق و نرخ‌های تخلیه از راه هوا را برای ذخیره‌سازی هوای فشرده و هیدروژن فراهم می‌آورد. هرچند که در انگلستان ذخیره‌سازی در سنگ‌های متخلخل و تراوا نیز وجود داشته و انجام می‌پذیرد.

دولت انگلستان برای ده سال پیش رو، هدف‌هایی را برای کاهش دقیق در نشر گازهای گلخانه ایی انگلستان اعلام نموده است. علاوه بر این، تمرکز جدید اخیر بر روی امنیت تأمین انرژی بالا رفته و احتمال ساخت نسلی جدید از نیروگاه‌های زغال سوز وجود دارد. برای چنین اقدامی‌که بطور محیط زیستی قابل دوام است، تکنولوژی‌های پاک زغالی با نشر گاز‌های گلخانه ایی نزدیک به صفر مورد نیاز است. عضو کلیدی این استراتژی توسعه ذخیره‌سازی زیرزمینی CO2 در مقیاس بسیار بزرگ است.

شماری از تحقیقات اخیر و پروژه‌های تجربی به صورت جهانی در حال تحقیق بروی تزریق ذخیره‌سازی بلند مدت CO2 می‌باشند. اکثر تحقیقات اخیر و برنامه‌های عملیاتی بروی ذخیره‌سازی منفذی شامل میادین نفتی تخلیه شده (جایی‌که CO2 برای یک دوره ازدیاد برداشت استفاده می‌گردد)، میادین گازی و آکیفرهای نمکی متمرکز شده اند.

جنبه‌های دو پروژه تزریق CO2 در مقیاس صنعتی در عملیات و استفاده از فضای منفذی مخزن با تاکید بر آن که چه میزان از نقاط‌های ذخیره‌سازی برای اطمینان از امنیت و ایمنی ذخیره‌سازی توضیح داده شده است. هر دوی این مطالعات امکان اجرای ذخیره‌سازی زیرزمینی و اینکه چگونه فضاهای تزریق شده مانیتور گردیده و با برنامه‌های پیچیده ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی تایید شوند، را توضیح داده اند. CO2 به عنوان بخشی از عملیات ازدیاد برداشت تجاری (EOR) به درون یک مخزن کربناته در ری بورن واقع در کانادا تزریق شده است. ریدینگ و روچله[[42]](#footnote-42) جنبه‌های مختلفی از عملیات ذخیره‌سازی مربوط به محدود سازی یکپارچه: ویژگی‌های زمین شناسی، عملکرد بلند مدت ژئوشیمیایی بروی سنگ پوشش و نتایج آنها را از برآورد‌های نظارتی سلسله ایی را توضیح داده اند. دارائی‌های گوناگونی از ابزارهای نظارتی برای مانیتورینگ نقاط ذخیره‌سازی CO2 در دسترس می‌باشند که بعضی از آنها در صنعت نفت تست و امتحان شده و بعضی دیگر دست نخورده می‌باشند. چادویک و همکارانش، نوعی از برنامه مانیتورینگ را توضیح داده اند که ممکن است توسط رژیم‌های تنظیم کننده آینده برای اثبات بازدهی در کاهش دفع شدگی (نشت) و برای اطمینان از ایمنی و یکپارچگی نقاط مورد نیاز واقع شود. مرجع به خصوصی برای مانیتورینگ تزریق CO2 و عملیات‌های ذخیره‌سازی در میدان سلیپنر[[43]](#footnote-43) واقع در دریای شمال ساخته شده است. در اینجا لرزه نگار سه بعدی با عبور زمان و وزن سنجی و ویژگی‌های CO2 در مخزن ذخیره را اثبات نمودند. نتیجه می‌شود که طبیعت فنی و مدت زمان برنامه‌های نظارت مکانی مخزن شدیدا از ویژگی‌های منطقه بوده اما برای تهیه پایه ایی قابل قبول برای بسته بودن نقاط ضروری می‌باشند.

***1-6 نتیجه گیری***

این کتاب در جو انرژی حال حاضر، با بالارفتن نگرانی‌ها درموردتأمین امنیت، مسائل زیست محیطی و افزایش در هزینه‌ها، بسیار به موقع بوده است. توسعه‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی، ذخیره‌سازی زیرزمینی CO2 و ذخیره‌سازی دیگر گاز‌های شامل هوای فشرده و‌ هالوژن نقشی کلیدی به عنوان فناوری انرژی در دهه‌های پیش را ایفا می‌کنند. بسیاری از مسائلی که حین برنامه‌ریزی و فاز ساخت مکان‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی پدیدار می‌شوند شامل جنبه‌های مهم و مرتبط ایمنی و اعتماد عمومی‌ پوشش داده شده است. درس‌های آموخته شده از تحقیقات انجام شده بر روی ذخیره‌سازی CO2 ممکن است ورودی‌های ارزشمندی را به برنامه‌ریزی، توسعه و پروسه‌های رها سازی مکان‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی فراهم آورد که تنها در انگلستان توسعه یافته شده باشد. این کتاب از این جهت باید، اشتیاق توسعه دهندگان، برنامه‌ریز‌ها و اجتماعات محلی را هنگامی‌که ما با مسائل جدیدی در زمینه انرژی در قرن 20 رویاروی می‌شویم، اثبات کند. ما قدردان ایوان برای نظرات مفید و سازنده آنها و بررسی نسخه‌های خطی آنها هستیم. این کتاب با اجازه تهیه کننده اجرائی، سازمان نقشه برداری زمین شناسی انگلستان و انجمن تحقیقاتی محیط زیست طبیعی منتشر گردیده است.

1. *TAYLOR, B. J., PRICE, R. H. & TROTTER, F. M. 1963. Geology of the country around Stockport and Knutsford. Geological Survey of Great Britain Memoir, England and Wales, Sheet 98.*

2. DTI. 2003. Our Energy Future — Creating a Low Carbon Economy. Department of Trade and Industry (DTI), F.W.W.W.A. and <http://www.berr.gov.uk/files/file10719.pdf>.

3. (DTI), January 2006. World Wide Web Address:, D.a.U.G.S.t.W.A.P.t.H.I.U.o.t.K.I.a.W.t.F.O.M.D.o.T.a.I. and <http://www.berr.gov.uk/files/file27821.pdf>.

4. DTI. 2006b. The Energy Challenge: Energy Review Report. Department of Trade and Industry (DTI), J.W.W.W.A. and <http://www.berr.gov.uk/files/file31890.pdf>.

5. Department, D.c.O.n.g.s.a.l.n.g.i.f.I.t.r.f.f.o.n.g.s.a.o.L.u.a.c.

6. *JACKSON, D. I., MULHOLLAND, P., JONES, S. M. & WARRINGTON, G. 1987. The geological framework of the East Irish Sea Basin. In: BROOKS, J. & GLENNIE, K. W. (eds) Petroleum Geology of North West Europe. Graham & Trotman, London, 191–203.*

7. *WILSON, A. A. 1993. The Mercia Mudstone Group (Trias) of the Cheshire Basin. Proceedings of the Yorkshire Geological Society, 49, 171–188.*

8. POST. 2004. The future of UK gas supplies. The Parliamentary Office of Science and Technology (POST) Postnote, O., Number 30. World Wide WebAddress: <http://www.parliament.uk/documents/upload/POSTpn230.pdf>.

9. DTI. 2007a. Meeting the Energy Challenge: A White Paper on Energy. Department of Trade and Industry (DTI), M.W.W.W.A. and <http://www.berr.gov.uk/files/file39387.pdf>.

10. <http://www.planningportal.gov.uk/england/professionals/en/1115313894518.html>., L.D.o.W.G.S.A.b.L.s.R.C.o.F.L.C.C.L.W.W.W.A.

11. STAR ENERGY. 2006. Gas Storage Update. Star Energy plc Press Release, O.W.W.W.A. and <http://www.starenergy.co.uk/fileadmin/pdfs/Gas_Storage_Press_Release_18_10_06.pdf>.

12. INEOS. 2006. INEOS Enterprises secures planning permission for new strategic UK gas storage facility in Cheshire. INEOS press release, J.W.W.W.A.h.w.

13. NEWMAN, A.S.T.a.C.P.A., Planning (Hazardous Substances) Act 1990,Acquisition of Land Act 1981, Gas Acts 1965 and 1986, East Riding of Yorkshire Council, Appeals and Applications by Caythorpe Gas Storage Ltd. Report to the Secretary of State for Communities and Local Government and the Secretary of State for Trade and Industry, 6 July 2007. World Wide Web Address: <http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/685826.pdf>.

14. Planning Act 1990, Sections 78 & 266 Appeals by Caythorpe Gas Storage Ltd.Caythorpe Well Site, Rudston, YO25 4JD. Appeal Refs: APP/E2001/A/06/2024097 & APP/E2001/A/07/2037845. World Wide Web Address: <http://www.communities.gov.uk/documents/planningcallins/pdf/686469.pdf>, D.L.d.F.t.K.E.f.d.o.C.a.L.G.D.a.B.a.R.R.D.r.T.a.C.

15. LOWERY, C.T.G.s.E.R.I.d.o.g.i.E.L.t.t.E.R.T., Department of Trade and Industry, 31 March 2006. Energy Information Centre Ltd. World Wide Web Address: <http://www.berr.gov.uk/files/file30786.pdf>.

16. DEFRA. 2004. Fuel Poverty in England: The Government’s Plan for Action. Department for Environment, F.a.R.A.D.W.W.W.A.h.w.

17. Address:, H.G.S.E.T.H.S.E.s.H.R.i.G.S.E.W.W. and <http://www.hse.gov.uk/gas/supply/emergencies.htm>.

18. HOUSE OF LORDS. 2004. Gas: Liberalised Markets and Security of Supply. House of Lords, E.U.C.t.R.o.S.W.W.W.A.h.

19. DTI. 2007b. Government response to public consultation:Offshore natural gas storage and liquefied natural gas import facilities. Department of Trade and Industry (DTI), M.W.W.W.

20. ODPM, P.P.S.D.S.D.O.o.t.D.P.M., HMSO. World Wide Web Address: and <http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/planningpolicystatement1>.

21. DTI. 2006d. Energy statement of need for additional gas supply infrastructure: Ministerial Written Statement, M.S.o.S.f.T.a.I.D.W.W.

22. HSE. 2006a. Salt cavity and natural gas storage – consent and operational issues. Health and Safety Executive Gas and Pipelines Unit Paper, F.W.W.W.A.

23. Review, 2006. Health and Safety Executive (HSE) report, 28 June 2006.World Wide Web Address:, H.b.T.h.a.s.r.a.r.s.r.t.e.d.A.e.r.b.t.H.a.S.E.c.t.t.G.s.E. and <http://www.hse.gov.uk/consult/condocs/energyreviews/energyreport.pdf>.

24. DCLG. 2007. Planning for a Sustainable Future. White Paper Presented to Parliament by The Secretary of State for Communities and Local Government (DCLG), T.S.o.S.f.E.

25. WEBSTER, P.E., F. 2008. Planning rebels pacified but there’s trouble ahead over road duty. F r o m T h e T i m e s, June 26, 2008. World Wide Web Address:<http://www.timesonline.co.uk/tol/news/politics/article> 4215035.ece.

26. RAVEN RIDGE RESOURCES, G.s.a.t.a.L.C.n.D., Colorado. Report prepared under work assignment 3-1 of the US Environmental Protection Act Contract 68-W5-0018 by Raven Ridge Resources, Incorporated and Penn, Stuart and Eskridge. World Wide Web Address: <http://www.cmpdi.co.in/cbm/CBM%20papers/Mine%20Studies/stu001.pdf>.

27. PIESSENS, K.D., M. 2003. CO2 sequestration in abandoned coalmines. Proceedings of the International Coal Bed Methane Symposium, May 5–9, Tuscaloosa, Alabama. Paper No. 346.

28. TROTTER, J.T., THOMPSON, D. M. T. & PATERSON, T. J. M. 1985. First Mined Underground Storage in Great Britain. Tunnelling 85. Institution of Mining and Metallurgy, London.

29. GEOLOGICAL SOCIETY 1985. Photographic feature: Liquified petroleum gas caverns at South Killingholme. Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology, ii-iv.

30. BS. 1998. BS EN 1918-3: Gas Supply Systems — Underground Gas Storage — Part 3: Functional Recommendations for Storage in Solution-Mined Caverns. British Standards Institution, L.

31. CROTOGINO, F., MOHMEYER, K.-U.& SCHARF, R. 2001. Huntorf CAES: More than 20 years of successful operation. Paper presented at Spring 2001 Meeting,Orlando, Florida, USA, 15–18 April 2001. World Wide Web Address: and AKE2003H03c\_Crotogino\_ea\_HuntorfCAES\_CompressedAirEnergyStorage.pdf.

32. LEITH, W. 2001. Geologic and Engineering Constraints on the Feasibility of Clandestine Nuclear Testing by Decoupling in Large Underground Caverns. U.S. Geological Survey Open File Report 01-28 (this report can be downloaded from the USGS Eastern Region Publications World Wide Web Address: <http://geology.usgs.gov/open-file/2001.html> or the USGS Eastern Region Earth Surface Processes Publications World Wide Web Address: <http://geology.er.usgs.gov/eespteam/EESPT_PUB.html>.

33. CHEUNG, K.Y.C., CHEUNG, S. T. H., NAVIN DE SILVA,R. G., JUVONEN, M. P. T., SINGH, R. & WOO, J. J.2003. Large-scale Energy Storage Systems. Imperial College Research Report, ISE2 2002/2003. World Wide Web Address: and <http://www.doc.ic.ac.uk/~mpj01/ise2grp/energystorage_report/storage.html>.

34. BE ´ REST, P.B., B. 2003. Safety of salt caverns used for underground gas storage. Oil & Gas Science and Technology, 58, 361–384.

35. VEIL, J.A., SMITH, K. P., TOMASKO, D., ELCOCK, D., BLUNT, D. L. & WILLIAMS, G. P. 1998. Disposal of NORM – contaminated oilfield wastes in salt caverns. Report prepared for the US Department of Energy, Office of Fossil Energy, contract W-31-109- Eng-38. Argonne National Laboratory.

36. THOMS, R.L.G., R. M. 2000.A brief history of salt cavern use (keynote paper). In: GEERTMAN, R. M. (ed.) Proceedings of 8th World Salt Symposium, part 1, Elsevier B.V. 207–214.

37. DUSSEAULT, M.B., BACHU, S. & DAVIDSON, B. C. 2001. Carbon Dioxide Sequestration Potential in Salt Solution Caverns in Alberta, Canada. Solution Mining Research Institute, Fall 2001 Technical Meeting Albuquerque, New Mexico, USA, October 7–10. .

38. WARD, J., CHAN, A. & RAMSAY, B. 2003. The Hatfield Moors and Hatfield West Gas (Storage) Fields, South Yorkshire. In: GLUYAS, J. G. & HITCHENS, H. M. (eds) United Kingdom Oil and Gas Fields, Commemorative Millennium Volume. Geological Society, London, Memoir, 20, 905–910.

39. DTI. 2006b. Our EnergyChallenge: Securing clean, a., e.f.t.l.t.D.o.T. and, and C.D. Industry, January 2006.

40. *HARVEY, M. J. & STEWART, S. A. 1998. Influence of salt on the structural evolution of the Channel Basin. In: UNDERHILL, J. R. (ed.) Development, Evolution and Petroleum Geology of the Wessex Basin. Geological Society, London, Special Publication, 133, 241–266.*

41. WATNEY, W.L., NISSEN, S. E., BHATTACHARYA, S. & YOUNG, D. 2003. Evaluation of the role of evaporite karst in the Hutchinson, Kansas Gas Explosions, January 17 and 18, 2001. In: JOHNSON, K. S. & NEAL, J. T. (eds) Evaporite Karst and Engineering/ Environmental Problems in the United States. Oklahoma Geological Survey Circular, 109, 119–147.

42. NISSEN, S.E., WATNEY, W. L., BHATTACHARYA, S.BYRNES, A. P. & YOUNG, D. 2004. Geologic Factors Controlling Natural Gas distribution related to the January 2001 gas explosions in Hutchinson, Kansas. Poster display, American Association Petroleum Geologists 2004 — 3 posters.World Wide Web Address: and <http://www.kgs.ku.edu/PRS/publication/2004/AAPG/NG_Migration/index.html>.

43. BE ´ REST, P., BROUARD, B. & DURUP, J. G. 2001. Tightness tests in salt cavern wells. Oil & Gas Science and Technology, 56, 451–469.

44. *BS. 1998. BS EN 1918-3: gas supply systems — underground gas storage — Part 3: Functional recommendations for storage in salt cavities. British Standards Institution (BSI), London.*

45. *WHITEHEAD, T. H., DIXON, E. E. L., POCOCK, R. W., ROBERTSON, T. & CANTRILL, T. C. 1927. The Country between Stafford and Market Drayton. Memoirs of the Geological Survey of England and Wales, Sheet 139, HMSO, London.*

46. *HOWELL, F. T. 1984. Salt karst of the Cheshire Basin, England. In: CASTANY, G., GROBA, E. & ROMIJN, E. (eds) Hydrogeology of karstic terranes. International Association Hydrogeologists, International Contributions to Hydrogeology, 1, 252–254.*

47. SCHABER, C., MAZZA, P. & HAMMERSCHLAG, R. 2004. Utility-scale storage of renewable energy. Electricity Journal, 17, 21–29.

1. - Moss Bluff [↑](#footnote-ref-1)
2. - Hutchinson [↑](#footnote-ref-2)
3. - Kansas [↑](#footnote-ref-3)
4. - Havard & French [↑](#footnote-ref-4)
5. - Midlands [↑](#footnote-ref-5)
6. - dash-for-gas [↑](#footnote-ref-6)
7. - caprock [↑](#footnote-ref-7)
8. -در بیشتر منابع از کلمه گنبد استفاده می شود که به معنی غار است و ما در این مبحث تا آخر از کلمه گنبد استفاده می کنیم. [↑](#footnote-ref-8)
9. - Lincolnshire [↑](#footnote-ref-9)
10. - Caythorpe [↑](#footnote-ref-10)
11. - Yorkshire ERYC [↑](#footnote-ref-11)
12. - Rough [↑](#footnote-ref-12)
13. - potentially explosive [↑](#footnote-ref-13)
14. - Zeebrugge [↑](#footnote-ref-14)
15. - Ormen Lange [↑](#footnote-ref-15)
16. - Bacton [↑](#footnote-ref-16)
17. - Balgzand [↑](#footnote-ref-17)
18. - Plaat [↑](#footnote-ref-18)
19. - Chalk [↑](#footnote-ref-19)
20. - Killingholme [↑](#footnote-ref-20)
21. - visco-plastic [↑](#footnote-ref-21)
22. - Hatfield Moors [↑](#footnote-ref-22)
23. - Humbly [↑](#footnote-ref-23)
24. - Chelshire [↑](#footnote-ref-24)
25. - Hutchinson [↑](#footnote-ref-25)
26. - Caravan [↑](#footnote-ref-26)
27. - Tersanne [↑](#footnote-ref-27)
28. - Mont Belvieu [↑](#footnote-ref-28)
29. - Miyazaki [↑](#footnote-ref-29)
30. - Hardstoft [↑](#footnote-ref-30)
31. - Evan & Holloway [↑](#footnote-ref-31)
32. - Tryller [↑](#footnote-ref-32)
33. - Reitze [↑](#footnote-ref-33)
34. - Crotogino [↑](#footnote-ref-34)
35. - SoMIT [↑](#footnote-ref-35)
36. - Weyburn [↑](#footnote-ref-36)
37. - Davidson [↑](#footnote-ref-37)
38. - Huntorf [↑](#footnote-ref-38)
39. - Humburg [↑](#footnote-ref-39)
40. - Teesside [↑](#footnote-ref-40)
41. - Stone [↑](#footnote-ref-41)
42. - Riding & Rochelle [↑](#footnote-ref-42)
43. - Sleipner [↑](#footnote-ref-43)