

Attualità

LE ALTERNATIVE AL METANO CHE ARRIVA CON I GASDOTTI DALL'ESTERO.

Nota 3 - Lo stoccaggio del gas naturale

Carlo Giavarini*, **Ferruccio Trifirò**

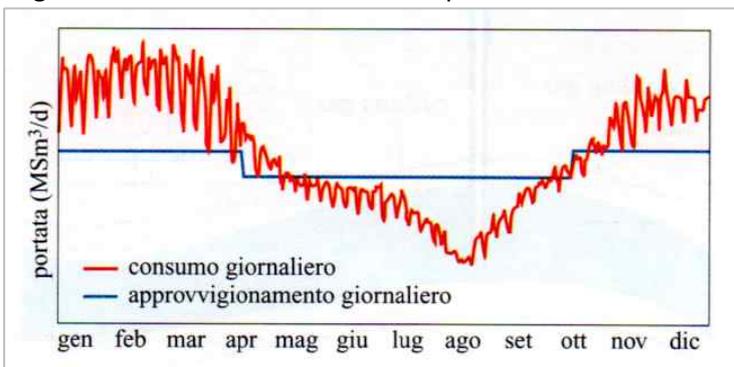
**Esperto del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (LLPP)
per il gas naturale e gli idrocarburi*

Lo stoccaggio del gas naturale rappresenta la fase più complessa del ciclo economico del gas. La sua valenza strategica ed economica è molto importante. L'accumulo in sotterraneo è il più usato in Italia e viene realizzato utilizzando giacimenti di gas esauriti.

Il conflitto Russo-Ucraino ha portato alla ribalta i problemi connessi all'utilizzo del gas naturale, già noti agli addetti ai lavori, ma ignorati dalla politica. L'Italia possiede riserve di metano di una certa importanza, che però non vengono sfruttate come si dovrebbe. Il gas quindi viene importato via tubo o, in minor misura, sotto forma liquida (LNG) via nave. Un recente articolo [1] ha considerato questi problemi e, in particolare, il problema dei rigassificatori non realizzati. Nella presente nota consideriamo un aspetto di rilevante importanza strategica e di cui poco si parla e si sa: lo stoccaggio delle riserve di gas naturale, con particolare riferimento alla situazione italiana.

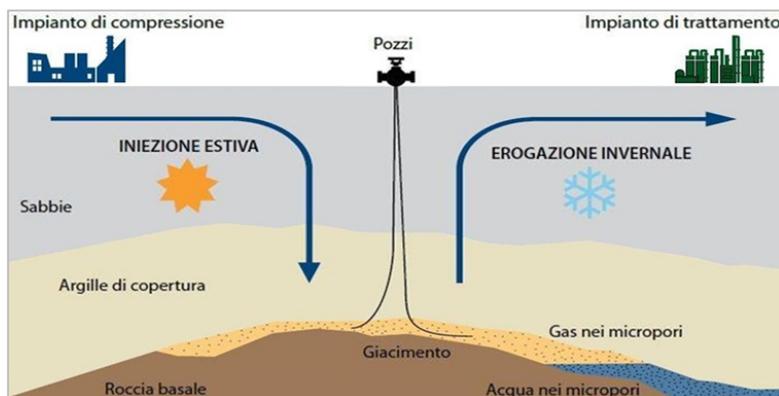
Scopo dello stoccaggio

Lo stoccaggio di grandi quantità di gas naturale rappresenta probabilmente la fase più complessa del ciclo economico del gas. L'accumulo in sotterraneo è il più usato, soprattutto in Italia, e viene realizzato in strutture geologiche che hanno caratteristiche tali da consentire l'immagazzinamento e il prelievo del gas; viene spesso fatto utilizzando giacimenti di gas esauriti o semi-esauriti. Lo stoccaggio ha un ruolo determinante per assicurare alla filiera di gestione del gas una adeguata flessibilità, in quanto i sistemi di produzione e trasporto necessitano di un regime sostanzialmente stazionario per massimizzarne l'utilizzo e ridurre i costi. I contratti, in



genere del tipo *take or pay*, prevedono una erogazione pressoché costante da parte del fornitore estero. I consumi, invece, sono molto variabili e dipendono dalle stagioni dell'anno (estate e inverno) e dai valori di temperatura giornalieri (Fig. 1).

Fig. 1 - Tipico andamento dell'approvvigionamento del gas naturale e (in rosso) del consumo giornaliero [2]



Lo stoccaggio consente sia di accumulare adeguati quantitativi di gas nella stagione estiva per renderli disponibili durante l'inverno, sia di fornire le portate massime richieste nei momenti di punta di consumo; in altre parole, rende il sistema più flessibile (Fig. 2).

Fig. 2 - Funzionamento invernale-estate di un tipico giacimento di stoccaggio gas (Stogit)

Tale flessibilità riduce i costi dell'approvvigionamento (soprattutto dall'estero) in quanto i contratti di fornitura hanno un costo che è proporzionale alla richiesta di variabilità della fornitura stessa. Un contratto con possibilità di ritiro relativamente piatta ha costi inferiori rispetto a un contratto con ritiri modulati. Esiste dunque un vantaggio economico quando si trasferisce la flessibilità dalle modalità di approvvigionamento allo stoccaggio.

Lo stoccaggio fornisce un servizio basilare, che consiste nell'immagazzinare durante il periodo primavera-estate il gas messo a disposizione dal contratto di approvvigionamento (e non utilizzato per il riscaldamento) permettendo poi l'erogazione in autunno e inverno, così da bilanciare le maggiori richieste di quel periodo. Inoltre, la riserva strategica di gas mantenuta nei sistemi di stoccaggio deve essere in grado di fornire il mercato anche nel caso di riduzione degli approvvigionamenti nazionali o del perseverare di condizioni meteo particolarmente severe.

Caratteristiche delle infrastrutture di stoccaggio

Gli stoccaggi più diffusi vengono fatti in giacimenti di gas esauriti, seguiti da quelli realizzati in acquiferi o in cavità saline. Nel seguito si farà cenno solo ai primi in quanto sono i più utilizzati in Italia.

La selezione dei giacimenti esauriti da convertire a stoccaggio si basa sull'analisi dei loro dati geologici e parametri fisici; tra i primi, importanti sono: la forma e la dimensione della struttura geologica, l'ampiezza e le caratteristiche dell'acquifero (e cioè l'acqua che è generalmente presente nei giacimenti di idrocarburi), il contatto gas-acqua, le caratteristiche delle rocce serbatoio e di copertura. Va infatti precisato che il gas (come il petrolio) non si trova normalmente libero in grandi cavità sotterranee, ma è imprigionato nelle porosità della roccia (roccia madre) che costituisce il giacimento stesso. Tale roccia è permeabile, mentre la roccia di copertura deve essere impermeabile.

I parametri fisici di maggior interesse sono la porosità (che conviene sia molto elevata, per permettere una maggior capacità di stoccaggio), la permeabilità (che esprime la facilità con cui il gas è in grado di attraversare la roccia), la saturazione in acqua, che è bene sia bassa per non ridurre il volume utile del giacimento.

Il meccanismo di produzione dipende dall'attitudine dell'acquifero, ovvero della falda idrica, a spostarsi nella roccia madre del serbatoio di stoccaggio, durante il suo riempimento e svuotamento.

Non tutti i giacimenti di gas esauriti si prestano allo stoccaggio di gas: è infatti necessario che il gas iniettato venga recuperato senza perdite e che il giacimento possa rispondere con prontezza alla richiesta durante la fase di fornitura alla rete.

Il gas immesso nel giacimento va in genere compresso; quello estratto è sottoposto a trattamenti per conferirgli di nuovo le richieste specifiche di qualità, prima di rimetterlo in rete.

La pressione di un giacimento di stoccaggio varia in un ampio campo in funzione del grado di riempimento (diminuisce a mano a mano che esso si svuota) e risulta mediamente superiore ai valori di esercizio (40-75 bar) della rete primaria dei gasdotti.

La centrale di compressione serve soprattutto ad innalzare la pressione del gas proveniente dalla rete di trasporto, fino ai valori necessari per permettere l'iniezione nel giacimento, durante la fase di riempimento. Durante l'erogazione, la compressione potrebbe essere necessaria solo verso la fase finale del ciclo, in quanto la pressione del giacimento si mantiene solitamente al di sopra di quella di rete.

Il processo di trattamento del gas comprende generalmente una serie di separatori (e assorbitori) dell'acqua e degli eventuali idrocarburi liquidi trascinati, oltre a sistemi per l'iniezione di inibitori contro la formazione degli idrati (composti solidi di acqua e metano, simili a ghiaccio) (3); allo scopo si usano anche riscaldatori, in quanto gli idrati tendono a formarsi ad alta pressione e basse temperature.

Si può fare una distinzione tra strutture di stoccaggio di base, che possono erogare per lunghi periodi quantità di gas vicine ai massimi tecnicamente possibili, con curve di erogazione (o svaso) che diminuiscono lentamente nel tempo (Fig. 3), e stoccaggi di punta con elevate prestazioni in erogazione, ma limitate nel tempo (Fig. 4).



Fig. 3 - Stoccaggio di base: andamento qualitativo della portata di punta in erogazione in funzione del progressivo prelievo

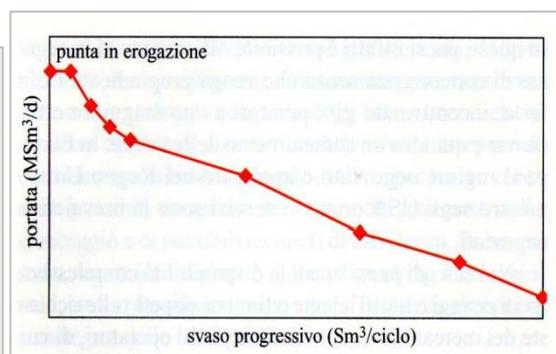
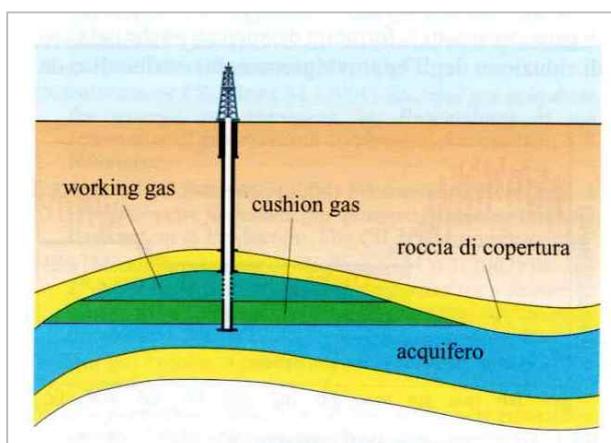


Fig. 4 - Stoccaggio di punta: andamento qualitativo della portata di punta in erogazione in funzione del progressivo prelievo

I campi di base vengono utilizzati per tutta la stagione invernale, quelli di punta vengono invece usati per brevi periodi (15-50 gg.).



Gestione degli stoccaggi

Per illustrare il funzionamento di uno stoccaggio facciamo riferimento alla Fig. 5, che riporta la tipica sezione di uno stoccaggio sotterraneo, premettendo alcune definizioni (che spesso si rifanno a una terminologia anglosassone).

Fig. 5 - Tipica sezione di uno stoccaggio gas, con evidenziati sia il working gas che il gas cuscino [2]

Il parametro più importante è il *working gas* (WG), ovvero la quantità di gas che viene ciclicamente iniettato e poi erogato. Si distingue in WG effettivamente erogabile (WG operativo) e WG a disposizione come riserva strategica (pseudo WG). Non tutto il WG è quindi immediatamente disponibile.

Il gas cuscino (*cushion gas*, CG) è il volume di gas immobilizzato per consentire il funzionamento dello stoccaggio. La quantità di gas cuscino è variabile da giacimento a giacimento e rappresenta un consistente immobilizzo di capitale. Il rapporto tra il *working gas* e tutto il gas contenuto nel giacimento (WG + CG) definisce l'efficienza del giacimento usato come stoccaggio.

Nel processo di trasformazione di un giacimento esaurito, si cerca di riutilizzare i pozzi esistenti, sia per le operazioni di iniezione che di produzione. Quando l'utilizzo di pozzi esistenti, pur modificati, non permette di ottenere la richiesta produttività, si devono perforare pozzi aggiuntivi, progettati ad hoc e quindi più adeguati. I pozzi non adatti possono essere utilizzati come pozzi spia per fornire utili informazioni, come andamento delle pressioni, movimento della tavola d'acqua, ecc. Le attrezzature di testa pozzo devono essere compatibili con le condizioni di iniezione, in quanto durante la iniezione la pressione di testa pozzo è più alta di quella stabilita durante la precedente produzione del gas.

Ad alte portate e velocità di erogazione sono possibili trascinalamenti di sabbia; per evitare pericoli di intasamento, abrasioni e rotture, si ricorre all'uso di appositi filtri installati sul fondo pozzo.

Punte di erogazione

La punta di erogazione è la variabile più significativa nel ciclo annuale di funzionamento dello stoccaggio; essa è definita come la massima portata di gas che un determinato giacimento è in grado di erogare nell'unità di tempo; generalmente ci si riferisce ad un giorno e si esprime la portata in termini di metri cubi in condizioni standard. Le punte definiscono, insieme al WG, le **prestazioni** di un giacimento.

Ogni giacimento ha la sua curva di erogazione, la curva cioè che definisce l'andamento delle massime portate erogabili in funzione della quantità di gas contenuto nello stoccaggio; due curve tipiche sono state riportate in Fig. 3 e 4.

Se si considera un impianto di stoccaggio inizialmente pieno, la portata di punta che quell'impianto è in grado di erogare il primo giorno dipende in generale sia dalle caratteristiche della struttura geologica che costituisce il giacimento, sia dalle caratteristiche e potenzialità degli impianti in dotazione al sito di stoccaggio.

Con il procedere della erogazione, si osserva in genere un periodo di plateau iniziale in cui la portata erogata non varia sensibilmente nel tempo, mantenendosi praticamente pari al massimo valore iniziale. Con il passare del tempo, la quantità di gas contenuta nel giacimento si riduce e, conseguentemente, anche la pressione diminuisce. Al decrescere della pressione la portata erogata inizia a calare; le modalità di questa diminuzione dipendono prevalentemente dalle caratteristiche geologiche del giacimento e dalle sue dimensioni.

Ai fini pratici, la portata che un determinato impianto è in grado di erogare per un solo giorno non ha particolare rilevanza; è invece importante sapere come la capacità di erogare determinate portate varia con nel tempo (e quindi con il procedere del volume erogato):

- una curva di svaso mostra, in generale, che le portate di punta erogabili tendono a valori bassi al crescere dello svaso; le portate sono cioè basse quando lo stoccaggio ha erogato la gran parte del *working gas* in esso inizialmente contenuto. Nella gestione di uno stoccaggio questa condizione rappresenta una fase molto delicata: se le pressioni nel giacimento sono basse, il livello dell'acquifero raggiunge i massimi valori e l'erogazione di eccessivi quantitativi di gas potrebbe compromettere il funzionamento del giacimento stesso. In queste condizioni, la determinazione dei valori di portata di punta è dunque assai incerta. Peraltro, tali condizioni sono di fatto rare nella pratica, in quanto nei giacimenti di stoccaggio il *working*

- gas non viene, in genere, erogato completamente, dovendosi mantenere in condizioni ordinarie almeno il quantitativo di riserva strategica;
- in ogni caso, la curva di svasso rappresenta l'elemento fondamentale per comprendere se le portate di punta di erogazione siano o meno sufficienti a coprire la domanda; se cioè, con un certo livello di svasso (determinato dal progredire dell'erogazione del gas richiesto dagli utenti) lo stoccaggio può ancora garantire l'erogazione di una sufficiente portata di punta.

Le infrastrutture di stoccaggio gas presenti in Italia

La relazione annuale 2014 dell'Autorità Garante per la Concorrenza e il Mercato e Autorità per Energia Elettrica e Gas riportava l'esistenza di 15 concessioni, delle quali 10 in siti attivi, con WG pari a circa 16,43 Gm³, di cui 4,6 destinati a stoccaggio strategico, e una punta nominale massima di 277,8 Mm³/giorno (ARERA 2014, pag. 140-141, All. 8). Erano in corso i procedimenti per il rilascio di ulteriori 6 concessioni. La relazione dell'Autorità del marzo 2017 (ARERA 2017, pag. 141, All.16) riportava le medesime 15 concessioni del 2014, con 12 siti attivi di cui 9 Stogit e 3 Edison; tre siti non erano ancora attivati. La situazione attuale non sembra essere sostanzialmente mutata, salvo la entrata in funzione di alcuni dei siti prima non attivati. Grazie alla disponibilità di giacimenti esauriti (soprattutto al Nord e sempre *on-shore*) l'Italia può considerarsi all'avanguardia in materia di stoccaggio gas. La situazione che si è creata a seguito della guerra Russo-Ucraina ha però mostrato le criticità di questi sistemi: con un consumo annuo italiano di circa 76 miliardi di m³ di gas, la disponibilità di 15-20 miliardi di m³ di stoccaggi (in termini di *working gas*) non può lasciarci tranquilli.

Conclusioni

Da quanto detto, si arguisce che la gestione di uno stoccaggio, anche dal punto delle movimentazioni del gas (in entrata e in uscita) e delle relative compensazioni economiche, è una cosa relativamente complessa. La prestazione di erogazione declina con il progredire dello svasso; la massima prestazione di erogazione è disponibile in condizioni di massimo riempimento, all'inizio della fase di erogazione, quando per contro le esigenze del mercato sono notevolmente inferiori rispetto a quelle del periodo centrale dell'inverno. In ogni caso, la curva di svasso rappresenta l'elemento fondamentale per comprendere se le portate di punta di erogazione siano o meno sufficienti a coprire la domanda. In materia di stoccaggio gas, l'Italia è all'avanguardia e però i recenti eventi bellici hanno evidenziato la insufficienza delle riserve disponibili.

BIBLIOGRAFIA

- [1] C. Giavarini, F. Trifirò, *La Chimica e l'Industria Newsletter*, 2022, 9(2), 4.
- [2] Eni-Treccani, *Enciclopedia degli Idrocarburi*, 2005, Vol. 1, Cap. 7.4, pag. 879.
- [3] C. Giavarini, K. Hester, *Gas Hydrates*, Springer, London, 2011.
- [4] O. Flanigan, *Underground gas storage facilities*, Gulf Publ., Houston, 1995.
- [5] H. Platt, *Underground gas storage: why and how*, in *Underground gas storage*, D.J. Evans, R.A. Chadwick (Eds.), Geological Society, London, 2009, 25.