

IMPIANTI.

Acqua dissalata per usi civili o agricoli in Sardegna? Analisi dei costi e dell'impatto ambientale

UNO STUDIO SU DIVERSE SOLUZIONI TECNICHE AVVIATO NEGLI ANNI DELLA GRAVE CRISI IDRICA

Introduzione

Il nostro gruppo di lavoro iniziò ad occuparsi della dissalazione di acqua di mare nel periodo antecedente al 2002, un periodo in cui la Sardegna si trovò ad affrontare una profonda crisi di approvvigionamento idrico che colpì tutti i settori di utilizzo, da quello civile a quello agricolo e industriale. Il decennio precedente era stato caratterizzato da precipitazioni molto basse e ciò - forse in aggiunta a problemi di gestione degli invasi - aveva ridotto le scorte a valori molto bassi.

Questo aspetto era particolarmente evidente nella parte meridionale dell'Isola. Ad esempio, il contenuto dell'invaso Flumendosa rimase al di sotto del 10% della sua potenzialità in tutto il periodo compreso fra agosto 2001 e dicembre 2002, mentre l'invaso Mulargia era sotto il 20% della capienza da dicembre 1998 a gennaio 2003. D'altra parte tutto il sistema Tirso-Flumendosa si trovò in situazione di emergenza o, nel migliore dei casi, di allerta durante l'intero periodo compreso fra settembre 1998 e gennaio 2003. Ricordiamo che a settembre 2002 in tutto il sistema idrico sardo risultavano invasi non più di 40 milioni di m³ d'acqua.

Le conseguenze furono molto pesanti. L'agricoltura fu costretta a ridurre drasticamente i consumi, con effetti molto negativi su alcune colture legnose specializzate. Diverse colture ad evoluzione estiva furono abbandonate. In alcune zone mancò l'acqua per le industrie, tanto che alcuni stabilimenti furono costretti ad approvvigionarsi con più costosi sistemi alternativi, in particolare con navi cisterna. Fu inevitabile anche un drastico razionamento della disponibilità d'acqua per uso civile.

Il prolungarsi di questo razionamento, insieme con le fosche previsioni riguardanti la situazione idrologica, stimolò la discussione sui sistemi che avrebbero potuto incrementare la disponibilità di acqua dolce. Alcuni interventi miravano all'aumento della piovosità, altri ad aumentare le riserve idriche, altri ancora a produrre acqua da fonti alternative a quelle tradizionali. Per la verità, la validità di alcune di queste proposte era ed è ancora tutta da dimostrare. Era altresì evidente che anche le migliori fra queste iniziative non avrebbero avuto un effetto risolutivo nel breve periodo.

A Cagliari in particolare raccolse consensi la proposta di realizzare un impianto di dissalazione ad osmosi inversa (RO), che avrebbe potuto fornire alla città una portata nominale giornaliera di acqua potabile pari a 30.000 metri cubi. È evidente che - anche nella migliore delle ipotesi - questa portata sarebbe stata insufficiente a soddisfare le esigenze di una città delle dimensioni di Cagliari. Tuttavia, si riteneva che essa avrebbe fornito un contributo decisivo alla risoluzione

GLI AUTORI.

L'ingegnere **Gabriele Cali** è laureato in Ingegneria Chimica e lavora attualmente presso la società di ricerca Sotacarbo SpA, con il ruolo di responsabile della gestione e della conduzione degli impianti sperimentali per la gassificazione.
e-mail: g.cali@sotacarbo.it

L'ingegnere **Elisabetta Fois** è laureata in Ingegneria Chimica ed è dottore di ricerca in Ingegneria Industriale. Lavora attualmente presso la società mineraria Carbosulcis SpA, nel reparto Ricerca e Sviluppo.
e-mail: sviluppo@carbosulcis.eu

L'ingegnere **Antonio Lallai** è laureato in Ingegneria Chimica ed è professore associato di Impianti chimici presso la Facoltà di Ingegneria di Cagliari.
e-mail: lallai@dicm.unica.it

L'ingegnere **Giampaolo Mura** è laureato in Ingegneria Chimica ed è professore associato di Teoria dello sviluppo dei processi chimici presso la Facoltà di Ingegneria di Cagliari.
e-mail: mura@dicm.unica.it

della crisi idrica. La realizzazione di un progetto di questo tipo non sembrava porre particolari problemi tecnici, dato che la produzione di acqua dolce a partire da acque salmastre o da acqua marina è un processo ben sperimentato e frequentemente utilizzato nell'industria. Le applicazioni in campo civile sono invece molto meno diffuse per varie ragioni, fra le quali il costo quasi sempre elevato dell'acqua prodotta.

Di solito gli impianti ad uso civile vengono installati in zone e in condizioni particolarmente favorevoli. È ben noto ad esempio che quasi la metà della potenzialità produttiva è localizzata nei paesi produttori di petrolio della penisola arabica (nel 2002 era il 43% della produzione mondiale, a fronte di una popolazione servita di soli 30 milioni di abitanti). In quelle zone la disponibilità d'acqua è molto scarsa, perché le precipitazioni atmosferiche, oltre ad essere molto ridotte, sono

limitate ad un periodo molto ristretto dell'anno. Questa situazione è inoltre aggravata dal fatto che la modernizzazione ha portato ad un forte incremento dei consumi nella regione. D'altra parte, in quei paesi si registra una grande disponibilità di risorse energetiche a basso costo. Alcune di queste hanno un costo praticamente nullo in quanto - come il gas estratto dai pozzi di petrolio - sono spesso un sottoprodotto destinato allo smaltimento in torcia. I due aspetti (grandi richiesta d'acqua e grande disponibilità di energia a basso costo) concorrono nel favorire la produzione di acqua dissalata ad un costo sostenibile.

Un'altra situazione che favorisce l'uso civile della dissalazione si presenta nelle isole che (caso frequente nel Mediterraneo) hanno bassa disponibilità idrica e la cui distanza dalla terraferma è molto grande per la messa in opera di un'adeguata condotta sottomarina. In questi casi i costi dell'acqua proveniente dalla dissalazione risultano paragonabili o inferiori rispetto al costo dell'acqua trasportata con le navi cisterna. Ad esempio, negli impianti realizzati nelle isole che circondano la Sicilia, il costo dell'acqua dissalata^[1] si colloca per lo più nell'intervallo fra 2 e 5 €/m³ (con valori inferiori a 2, ma anche superiori a 8) mentre quello dell'acqua trasportata mediante bettoline si situa fra i 10 e i 12 €/m³. Ci sono poche altre situazioni, oltre a queste ora indicate, in cui la realizzazione di impianti di dissalazione per uso civile risulti economicamente competitiva con una buona gestione delle risorse idriche naturali.

Segnaliamo, per completezza, che esistono almeno due situazioni in cui la produzione di acqua dissalata è una tecnica molto popolare pur non verificandosi le condizioni citate: alcune regioni della Spagna e, in Italia, la regione siciliana.

La Spagna ha una disponibilità media di acqua più che sufficiente per soddisfare le proprie esigenze. Questa disponibilità è però distribuita in modo disuniforme, dato che nelle zone più umide (un sesto del territorio) il deflusso supera i 700 mm/anno mentre non raggiunge i 250 mm nella parte restante del paese e, in alcuni bacini del sud-est, è costantemente al di sotto dei 50 mm/anno. In pratica, alcune zone della Spagna mostrano caratteristiche idrologiche simili a quelle delle piccole isole del Mediterraneo.

Per ridurre il divario nelle disponibilità, nel passato sono stati progettati e talvolta realizzati diversi interventi basati sull'interconnessione fra bacini più ricchi ed altri più poveri della risorsa. Questa linea di intervento ha sempre creato problemi, originati soprattutto dall'accentuato regionalismo spagnolo, ed è stata infine abbandonata nel 2004, quando è entrato in funzione il programma AGUA che si basa su "una migliore gestione delle risorse disponibili". In questa gestione delle risorse è stata ricompresa anche la dissalazione, per la cui realizzazione sono disponibili progetti che porteranno la capacità produttiva fino a 566 milioni di m³/anno. In realtà, tutto il sistema si regge sulla disponibilità di aiuti comunitari (in via di esaurimento, peraltro) che permette che l'acqua sia pagata dal cittadino a poco più della metà del suo costo reale.

La Sicilia rappresenta un caso molto particolare, in quanto vi è installata la più grande potenzialità produttiva di acqua dissalata per uso civile d'Italia. Con l'inaugurazione dell'impianto ad osmosi inversa di Porto Empedocle, nella regione si

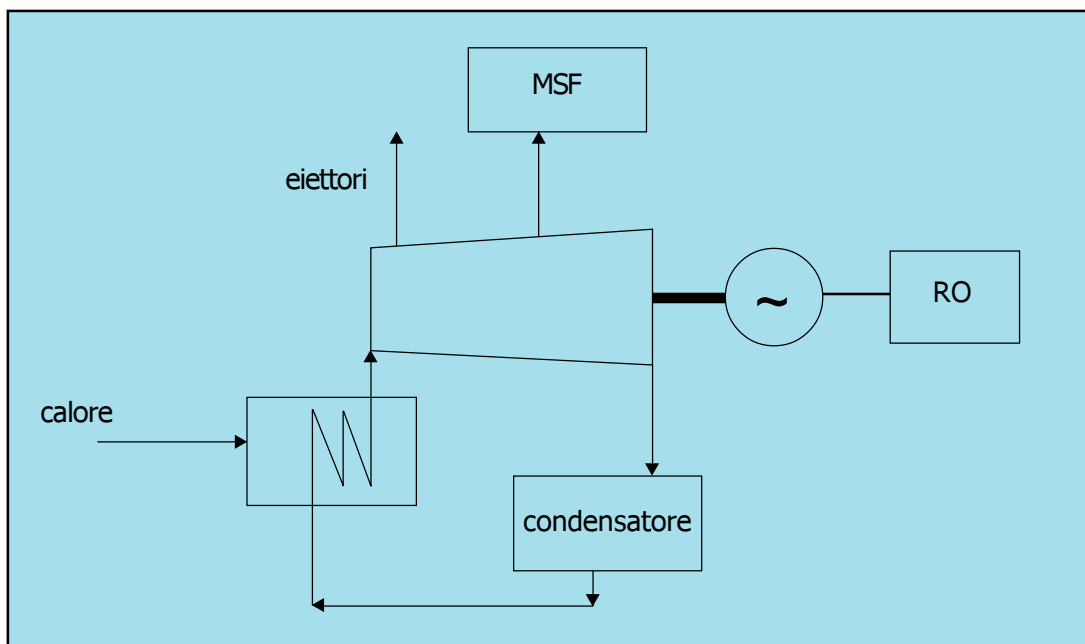
possono produrre annualmente circa 43 milioni di m³ di acqua dissalata, circa 26 milioni dei quali sono destinati all'uso civile (contro circa 430 milioni immessi in rete in totale). Gli impianti più grandi si trovano a Porto Empedocle (4 milioni di m³ di producibilità annua), a Gela (5,6 milioni) e a Trapani (11,5 milioni). Non è facile capire se questa forte attività sia effettivamente necessaria. Visto dall'esterno, il quadro è quello di una regione in cui la piovosità media è simile oppure - come nella costa orientale - molto superiore a quella della Sardegna, e nella quale esistono invasi che non si è mai riusciti ad utilizzare completamente. Inoltre, gran parte di questi impianti mostra fattori di utilizzo molto bassi.

Riprendendo il discorso sul progetto da 30.000 m³/giorno, si deve rilevare che furono avanzate solo poche e timide obiezioni, quasi tutte provenienti da tecnici di area industriale. La prima obiezione riguardava i tempi di realizzazione, che sembravano troppo lunghi per poter ottenere dei benefici prima della fine di una crisi idrica già molto lunga. Un'altra obiezione riguardava i costi. Il costo di produzione calcolato dai tecnici che si erano occupati della progettazione di massima risultava estremamente basso rispetto a quelli che si potevano trovare nella letteratura di settore, una volta attualizzati. Inoltre, questi dati di costo erano spesso confrontati con il prezzo di vendita dell'acqua all'utente finale, senza tener conto dei costi dovuti sia al trattamento che alle perdite nella rete. Venivano inoltre sottovalutate le problematiche poste dalla gestione di un impianto continuo.

Come ingegneri industriali (di area chimica), condividiamo molte di queste obiezioni, anche se non avevamo nessuna possibilità di intervenire sulle scelte. Decidemmo tuttavia di dare il nostro contributo scientifico riprendendo gli studi già in corso sull'analisi dei processi di dissalazione. Tali studi riguardavano la modellazione di alcuni impianti di dissalazione e l'analisi del costo dell'acqua prodotta. La modellazione veniva condotta, seguendo i criteri usualmente adottati nell'ingegneria chimica, a partire dai bilanci di materia e di energia e utilizzando equazioni cinetiche o di equilibrio.

Descrizione dell'impianto studiato.

Nella nostra ricerca ci siamo occupati prevalentemente degli impianti *multiflash* (MSF) e ad osmosi inversa. Di questi due tipi di impianto abbiamo costruito il modello matematico di progettazione in stato stazionario ed effettuato l'analisi dei costi di produzione. Nel caso in esame facciamo riferimento ad un impianto di dissalazione ibrido costituito da una sezione MSF e da una seconda sezione RO. Si è assunto che gli impianti siano posti a valle di un sistema autonomo di generazione di potenza. Questo sistema è costituito essenzialmente da un generatore che produce vapore alla pressione di 38 bar e alla temperatura di 470 °C. Il vapore viene fatto espandere in una turbina che è collegata ad un alternatore per produrre energia elettrica. Una parte del vapore viene però spillata dalla turbina in due diverse posizioni (alla pressione di 6 e di 3 bar). Ambedue le correnti di spillamento sono utilizzate nell'impianto MSF. La prima alimenta gli eiettori, mentre la seconda è utilizzata per il riscaldatore dell'acqua di mare. Parte dell'energia elettrica prodotta dall'alternatore viene utilizzata per gli usi interni dell'impianto MSF, mentre



Lo schema semplificato di un sistema di dissalazione ibrido.

la parte eccedente alimenta l'impianto di dissalazione RO.

Per ciascuna delle tre sezioni indicate è stato formulato un modello matematico di progettazione in stato stazionario costituito da un numero elevato di equazioni algebriche non lineari. Per esempio, le equazioni relative ad un impianto MSF con N stadi sono pari a $(3N + 6)$. Il sistema di equazioni è stato risolto con un procedimento iterativo. I particolari del modello matematico così come quelli del metodo di risoluzione adottato sono illustrati ampiamente in [3, 4]. Il modello è stato scritto in linguaggio Fortran.

Le caratteristiche della corrente in ingresso al sistema sono quelle medie dell'acqua del mare circostante la Sardegna per quanto riguarda la concentrazione salina (32 g/l) mentre per la temperatura è stato assunto il valore di 30 °C. La base di calcolo è costituita dalla portata di acqua dissalata prodotta. Il programma di calcolo è in grado di fissare autonomamente come questa produzione si distribuisce fra le due sezioni MSF e RO.

Il passo successivo è stato la stima del costo di produzione dell'acqua dissalata. La stima è stata condotta con una metodologia ampiamente utilizzata nell'ingegneria chimica, che si basa sulla semplice conoscenza dello schema di processo generale dell'impianto. Questa metodologia non richiede quindi la conoscenza del progetto definitivo e nemmeno dello schema di marcia. Anche questi aspetti particolari possono essere trovati in [3, 4].

L'analisi dei risultati ottenuti ha permesso di individuare quali siano i parametri che hanno maggiore influenza sul costo finale dell'acqua dissalata. Questi parametri sono stati assunti come variabili di un problema di ottimizzazione dei costi. Per quanto riguarda l'impianto MSF abbiamo utilizzato come parametri di ottimizzazione il rapporto di riciclo, la superficie del singolo stadio, la superficie dello scambiatore di calore e il numero degli stadi. Per l'impianto RO soltanto la salinità residua.

Abbiamo preso in esame cinque scenari. Nel primo si è ipotizzato di produrre una portata di acqua dissalata molto

piccola (10.000 m³/giorno) utilizzando come fonte di energia il calore recuperato da un impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani [3]. Negli altri quattro casi [4] si ipotizza di dover produrre una portata di 30.000 oppure 100.000 m³/giorno di acqua dissalata. Per ciascuna di queste portate si sono esaminati due casi, relativi rispettivamente allo scenario di un paese produttore di petrolio e a quello, come il nostro, di un paese energeticamente dipendente. L'energia è messa a disposizione in ogni caso mediante un olio combustibile (OC) denso a basso tenore di zolfo (BTZ). I valori di costo dell'OC da noi utilizzati per l'Italia (0,2 €/kg) erano valori abbastanza credibili e stabili nel periodo in cui furono svolti i calcoli, ma adesso sono da considerare, nonostante le notevoli oscillazioni mensili, estremamente sottostimati.

Per quanto riguarda il primo scenario, alle condizioni operative calcolate come ottimali, si ottiene un costo dell'acqua dissalata compreso fra 3,2 e 3,5 €/m³. La portata totale prodotta in queste condizioni viene ottenuta per il 18% dall'impianto MSF e per la parte restante dall'impianto RO. È opportuno evidenziare che i costi di installazione stimati comprendono il recuperatore di calore, ma non l'impianto di incenerimento dei rifiuti.

Costo di produzione dell'acqua marina dissalata (€/m³)

scenario	portata d'acqua prodotta (m ³ /g)	
	30.000	100.000
Italia	1,62	1,16
Paese OPEC	1,17	0,83

I risultati ottenuti per gli altri quattro scenari, in corrispondenza dei valori ottimali assunti dai parametri di progetto già citati, sono riportati nella tabella qui sopra. I valori mostrano l'effetto positivo che hanno - sul costo di produzione - sia l'aumento della potenzialità dell'impianto che il basso costo del combustibile utilizzato. In tutti i quattro casi presi in esame il contributo dei costi variabili (energia, manodopera, etc.) è sempre inferiore a quello dei costi fissi. La sua inciden-



Vista generale di un impianto di dissalazione MSF.

za è comunque sensibilmente più ampia per gli impianti di potenzialità più elevata. Risulta meno rilevante invece la variazione della sua incidenza passando dallo *scenario Italia* rispetto a quello di un paese produttore di petrolio. Ad esempio, per un impianto da 30.000 m³/giorno l'incidenza dei costi variabili è di circa il 23% sul totale nel caso di paese produttore e del 25% nel caso Italia, mentre diventa del 33 e del 35%, rispettivamente, quando la potenzialità è pari a 100.000 m³/giorno.

I risultati ottenuti e l'elevata incidenza dei costi di installazione ci portano a ritenere che il costo dell'acqua dissalata debba decrescere ulteriormente se si aumenta la potenzialità dell'impianto installato. Non abbiamo eseguito calcoli di progettazione ottimale per potenzialità più alte di 100.000 m³/giorno, tuttavia i risultati dei calcoli effettuati, che sono qui riportati solo parzialmente, permettono di stimare che il costo di produzione in un impianto che produce 200.000 m³/giorno di acqua dissalata possa scendere appena sotto 1 €/m³ nello scenario Italia e sotto 0,7 €/m³ in un paese produttore di petrolio.

Possiamo confrontare i costi da noi calcolati con quelli riportati in letteratura, riferendoci in tutti i casi ai soli impianti MSF e RO. Il costo di dissalazione dell'impianto RO di Gela [1] varia fra 0,7 e 1,7 €/m³, ma ha superato anche i 13 €/m³ in un'annata di basso utilizzo. Il costo dell'acqua proveniente dagli impianti MSF siciliani varia invece fra 0,5 e 1,36 €/m³ con fattori di utilizzo sempre superiori al 90%. Si deve però considerare che in questi valori di costo non è mai compreso un vero termine di ammortamento del capitale utilizzato. Ciò non stupisce se si considera che in diverse dichiarazioni pubbliche (in Sicilia, ma anche in Spagna) si è sostenuto che questo costo "deve" restare a carico dell'ente finanziatore (Regione, Stato, CEE).

I costi riportati da El Dessouki [2] sono relativi a impianti installati in diverse parti del mondo e a periodi di

operatività che vanno dal 1987 al 2000. Per gli impianti RO sono riportati costi di produzione compresi fra 0,55 e 2,37 €/m³ mentre per un impianto MSF si registrano valori compresi fra 0,77 e 1,6 €/m³. Ovviamente questi costi devono essere valutati con giudizio. Essi dovrebbero essere aggiornati in aumento per tener conto dell'effetto dell'inflazione e nello stesso tempo si dovrebbe tener conto dei miglioramenti tecnici intervenuti nel frattempo, che li spingerebbero al ribasso. È difficile sostenere che queste due spinte si equivalgano.

Considerazioni finali.

Sui risultati che abbiamo appena riportato è necessario fare alcune considerazioni. La prima riguarda il fatto che in una configurazione in cui l'acqua dissalata sia inviata ad una rete di distribuzione di acqua potabile, il costo di produzione è sempre inferiore al prezzo equo che si può richiedere all'utente. Le ragioni sono numerose. La prima è che l'acqua dissalata deve essere trattata prima dell'immissione in rete. L'acqua prodotta ha una salinità troppo bassa e sbilanciata per poter essere bevuta senza problemi. Nella maggior parte degli impianti viene effettuata una miscelazione con sali per correggere la composizione e il pH, ma possono essere utilizzate tecniche alternative. Qualunque sia il sistema adottato, queste operazioni hanno un costo non trascurabile. Un altro importante incremento di costo deriva dalla sterilità dell'acqua. Per il modo in cui abbiamo supposto di produrla, l'acqua dissalata è (o dovrebbe essere) sterile. Perché essa possa rimanere tale fino all'utilizzatore finale è necessario sottoporla ad un trattamento ulteriore, analogo a quello a cui è stata sottoposta l'acqua potabilizzata di altra provenienza.

Un secondo aspetto riguarda il fatto ben noto che l'acqua viene fatturata all'utenza finale in quantità sostanzialmente inferiore a quella immessa in rete. Ciò deriva in parte dal

Bibliografia.

- [1] G. Curto, L. Rizzuti, E. Napoli – *Acqua dolce dal mare. L'esperienza di un trentennio di dissalazione in Sicilia*. Ed. Bios, Cosenza, 2004
- [2] H.T. El-Dessouky and H.M. Ettouney – *Fundamentals of Salt Water Desalination*. Elsevier, Amsterdam, 2002.
- [3] E. Fois, A. Lallai, G. Mura – *Desalted water from a hybrid RO/MSF plant with RDF combustion: modelling and economics*. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Solar Desalination for the 21st Century, held in Hammamet, Tunisia, 23-25 February 2006.
- [4] G. Cali, E. Fois, A. Lallai, G. Mura – *Optimal design of a hybrid RO/MSF desalination system in a non-OPEC country*. *Desalination*, 228 (2008) 114–127.

fatto che una quota del consumo sfugge alla fatturazione, anche se di solito non si tratta di alte percentuali. Risulta invece più consistente la quota di acqua che viene perduta durante il trasporto dal potabilizzatore all'utente finale. Nei casi più favorevoli si tratta di poche unità percentuali, ma nella maggior parte dei casi la perdita si situa su valori del 30 -50%. È evidente che in un sistema economicamente corretto, nel quale le spese siano ripartite sui singoli utenti, il costo dell'acqua non fatturata e quello delle perdite nella rete di distribuzione finisce col ricadere sugli utenti finali. Non siamo quindi lontani dal vero se affermiamo che l'acqua dissalata che al momento dell'immissione in rete ha un costo pari a circa 1 €/m³ debba essere fatturata all'utente ad un prezzo compreso fra 1,5 e 2 €/m³.

Un altro aspetto di cui si deve tenere assolutamente conto è che un impianto di dissalazione ha tutte le caratteristiche di un impianto industriale e quindi deve essere trattato come tale. Non si può cioè considerarlo come un sistema di produzione ausiliario, da utilizzare quando la disponibilità di acqua è bassa e da fermare quando le riserve idriche sono sufficienti. Un simile comportamento non è accettabile né in termini gestionali né in termini economici. È necessario ricordare che la fermata e il riavviamento di un impianto (anche di quelli più semplici di quelli qui illustrati) è un'operazione più complessa del funzionamento in continuo e può condizionare la vita stessa dell'impianto. Solo come esempio, segnaliamo che la fermata di un impianto RO può compromettere in modo definitivo la vita delle membrane.

Una gestione discontinua influenza inoltre il costo di produzione, che viene valutato per le condizioni operative di progetto, mantenute durante un esercizio continuo per un tempo prestabilito. Variare queste condizioni modifica il costo globale di produzione. Mettiamo in particolare evidenza che alcune componenti di quel costo continuano ad incidere anche quando l'impianto è fermo o funziona ad una potenzialità ridotta. Ad esempio, il costo di ammortamento dell'impianto costituisce la componente di costo più significativa in tutti gli esempi da noi studiati, con un'incidenza che è compresa fra 65 e 80%. Se l'impianto producesse in un anno una quantità di acqua pari alla metà di quella di progetto, l'incidenza del costo fisso sull'unità prodotta raddoppierebbe e quindi il costo totale di produzione aumenterebbe di un fattore compreso fra 1,6 e 1,8.

Purtroppo nella letteratura corrente sono presenti numerosi dati riguardanti situazioni di ridotto utilizzo degli impianti. Spesso i costi riportati appaiono accettabili, ma si deve tener presente che nella maggior parte dei casi lo sono perché nel calcolo è stata trascurata la componente di costo fisso, oppure questa componente è stata sostituita con un parametro analogo che però non corrisponde ad un accantonamento sufficiente per restituire il capitale impegnato.

Un'ultima considerazione deve essere fatta sull'impatto ambientale degli impianti di dissalazione. Gli effetti sull'ambiente non sono esattamente gli stessi per qualunque tipo di impianto. A solo titolo di esempio evidenziamo che da un impianto di tipo MSF viene immessa in mare una corrente di acqua di rifiuto a salinità e temperatura superiori rispetto a quelle presenti in mare nel punto di presa, mentre la tempe-



I moduli di un impianto di dissalazione RO.

ratura della corrente immessa da un impianto RO è praticamente la stessa della corrente di presa. Un altro aspetto differenzia l'impatto di un impianto RO (e dei sistemi a membrana in genere) da quello degli altri sistemi di tipo termico. Per poter funzionare bene senza deteriorare prematuramente le membrane dell'impianto, l'acqua da utilizzare in un impianto RO deve subire un adeguato trattamento fisico e chimico e gran parte dei prodotti utilizzati e dei sottoprodotti del processo finiscono nella corrente di rifiuto.

Infine, un aspetto accomuna - seppure in diversa misura - tutti gli impianti che utilizzano energia non rinnovabile. Essi hanno sull'aria lo stesso tipo di impatto riguardo SO₂, polveri, calore, etc. perché questo dipende dal tipo di combustibile primario utilizzato. Questo impatto potrà essere localizzato nell'ambiente circostante l'impianto di dissalazione se questo utilizza energia termica oppure sarà localizzato presso la centrale elettrica se il dissalatore utilizza energia elettrica. Per i quattro scenari da noi studiati si possono calcolare diversi valori del consumo di OC che si situano fra 2,5 e 4,5 kg/m³ di acqua dolce prodotta. La variazione dipende dal diverso contributo delle due sezioni RO e MSF sulla produzione finale. Il consumo specifico di un impianto RO è nell'ordine di 1,5 kg OC/m³, mentre quello dell'impianto MSF può essere anche superiore a 10 kg. Ciò comporta che anche le emissioni di CO₂ variano in relazione al sistema con cui l'acqua dissalata è stata prodotta. Nei casi da noi studiati si ottengono valori compresi nell'intervallo fra 8 e 14 kg CO₂ per ogni m³ di acqua dolce prodotta. In altre parole, per ottenere un metro cubo di acqua dissalata si produce la stessa quantità di CO₂ emessa da un'automobile che percorre una distanza compresa fra 50 e 90 km con un consumo di 6,5 litri di benzina per 100 km.

Riassumendo tutte le considerazioni fatte finora, possiamo evidenziare due grosse differenze fra la produzione di

acqua per dissalazione e la captazione di acqua grezza naturale: i costi e l'impatto ambientale. I calcoli descritti evidenziano chiaramente il maggior costo dell'acqua dissalata rispetto a quello dell'acqua dolce naturale (sorgenti, pozzi, serbatoi). Inoltre, l'impatto ambientale di un dissalatore è sicuramente più elevato rispetto a quello legato all'uso di pozzi o serbatoi, anche tenendo conto che in questi casi è spesso necessario trasportare l'acqua a grandi distanze.

Per queste ragioni, la scelta di costruire un impianto di dissalazione dovrebbe essere valutata attentamente, tenendo ben conto dell'uso che dell'acqua dolce si deve fare e ponendola strettamente in relazione all'effettiva situazione locale. Crediamo che pochi vedano negativamente l'installazione di un dissalatore all'interno di un processo industriale. Anzi, riteniamo che la sua installazione dovrebbe essere incoraggiata per tutti gli impianti industriali (non sono pochi) che dispongono di energia recuperabile. Più problematica ci sembra la scelta di mettere in opera impianti che producono acqua dolce ad uso civile. Niente da obiettare nel caso in cui il sistema utilizzatore sia isolato, come accade nelle piccole isole lontane dalla terraferma. È difficile invece giustificare questa scelta facendo riferimento a un'isola come la Sardegna nella quale le precipitazioni sono ancora sufficienti a sod-

disfarne il fabbisogno, anche tenendo conto delle fluttuazioni annuali. È inutile dire che l'effetto di queste fluttuazioni può essere agevolmente smussato ricorrendo alla solida professionalità degli esperti nel settore della gestione delle acque. Relativamente all'utilizzo dei dissalatori per la produzione di acqua dissalata per uso agricolo, la scelta ci pare improponibile nella nostra regione. Un risultato migliore e a minor costo può essere ottenuto con il semplice ricupero dell'acqua proveniente dagli impianti di depurazione, sempre che tutto il sistema (rete fognaria, impianti di depurazione, raccolta dell'acqua depurata) sia messo in grado di funzionare correttamente.

Ci sembra infine di poter dire che, nel caso si optasse per l'installazione di un impianto di dissalazione ad uso civile, sarebbe sbagliato ragionare in termini localistici, pensando ad impianti di bassa o media potenzialità da destinare ad una piccola o media comunità. Si dovrebbe invece optare per la messa in opera di impianti di taglia comparabile a quella degli impianti MSF di ultima generazione (da 200.000 a 400.000 m³/giorno o più) in modo da abbattere sia i costi di installazione che quelli di gestione industriale.

**Gabriele Cali, Elisabetta Fois,
Antonio Lallai, Giampaolo Mura**

L'AICC e il ruolo dell'ingegnere chimico in Sardegna

Costituita il 23 dicembre del 2008, AICC è un'associazione culturale senza fini di lucro, nata con lo scopo di promuovere la cultura dell'ingegnere chimico in ambito sia regionale che nazionale. L'obiettivo dell'associazione è quello di collaborare con le realtà istituzionali, universitarie e industriali del territorio e fornire un supporto agli studenti, ai laureandi e ai laureati dell'Università di Cagliari.

In modo particolare si propone di fornire un punto di contatto per i laureati in Ingegneria chimica a Cagliari, di cooperare con le autorità accademiche nella definizione dell'ordinamento degli studi e di contribuire all'inserimento dei laureati nel mondo del lavoro, con l'attivazione e lo sviluppo di contatti di cooperazione con le realtà industriali e istituzionali della Regione Sardegna.

Il Consiglio direttivo per il triennio 2009-2011 è stato eletto nel corso dell'assemblea generale tenutasi presso l'Università di Cagliari il 7 marzo 2009 ed è composto dal presidente prof. Giuseppe Tola, dal segretario-tesoriere Massimiliano Errico, dai

consiglieri Andrea Binetti, Lucia Caddeo, Fortunato Capra, Paola Carta, Alessandro Lelli, Bruno Mascia, Michele Mascia, Simonetta Palmas, Antonio Pasquinucci, Laura Pilia.

L'attività dell'associazione è ancora agli inizi ma a fine 2009 è stato organizzato un convegno a Cagliari (aula magna della facoltà di Ingegneria) su "Il ruolo dell'ingegnere chimico per lo sviluppo culturale e economico della Sardegna". In quell'occasione si sono messe in risalto le peculiarità dell'ingegnere chimico come professionista che fonda le sue competenze sui principi di trasferimento di materia, energia e quantità di moto, che applica alle unità fondamentali di processo. Infatti qualunque tipo di processo di produzione o trasformazione di prodotti non potrebbe esistere senza quelle unità fondamentali quali reattori chimici, scambiatori di calore, apparecchiature per estrazione, miscelazione o separazione che costituiscono il "motore" per lo sviluppo della produzione in tutti i campi come quello farmaceutico, alimentare e agroalimentare, della petrolchimica,

delle biotecnologie, delle energie rinnovabili, della compatibilità ambientale, della sicurezza industriale e così via.

Ecco quindi spiegato perché la figura dell'ingegnere chimico sia estremamente versatile e polivalente e come egli abbia un ruolo chiave anche nella riconversione e miglioramento continuo di qualsiasi processo produttivo.

Nell'ultima assemblea generale dell'associazione, tenutasi all'Università di Cagliari l'8 maggio 2010, si sono discussi altri temi: premi di studio da assegnare agli studenti più meritevoli iscritti in Ingegneria chimica all'Università di Cagliari, collaborazioni tra ingegneri chimici e industrie sarde. Inoltre durante l'assemblea si è annunciato che il consiglio di corso di laurea in ingegneria chimica ha ricevuto dal Rettore dell'Università di Cagliari un premio per la qualità del corso di studi. Il sito web dell'associazione (<http://stud.dicm.unica.it/ccl/ex/>) è attivo da tempo e presto sarà possibile interagire con l'associazione ponendo quesiti o fornendo suggerimenti attraverso un forum. (p.c.)