

Chimica da biomasse

# Un'eccellenza che fa filiera

**U**n ponte tra ricerca pubblica e privata, tra industria e istituzioni, tra grandi e piccole aziende, tra l'Italia e l'Europa con al centro la chimica da biomasse. Si può sintetizzare così l'obiettivo del cluster Spring (acronimo che sta per Sustainable Processes and Resources for Innovation and National Growth), uno degli otto voluti dal Miur, fondato l'anno scorso da Biochemtex, Versalis, Novamont e Federchimica, ma che conta già 130 adesioni. Il debutto ufficiale è avvenuto il 15 maggio scorso a Milano, in un seminario che ha attirato in Federchimica un forte interesse.

Nel Consorzio Spring ([www.clusterspring.it](http://www.clusterspring.it)) sono presenti industrie, PMI, università e organizzazioni di ricerca (CRA, CNR, Enea). Ad esso si riferiscono inoltre poli regionali di innovazione (Basilicata, Emilia Romagna,

Lombardia, Piemonte, Puglia, Sardegna, Umbria, Veneto), parchi tecnologici, consorzi, associazioni di categoria e territoriali, agenzie di sviluppo, fondazioni. Inoltre è sostenuto da otto regioni italiane

L'Italia, nel contesto della chimica verde, può vantare una leadership europea. Non solo per ciò che è già stato realizzato (con quattro progetti flagship già avviati), ma anche per la mole di investimenti privati già stanziati. Imminente l'avvio a Porto Torres del più grande polo della chimica verde a livello europeo, un investimento di circa 500 milioni di euro. E i progetti di ricerca sono molto promettenti. Novamont ne segue due: uno per lo sviluppo di una bioraffineria di terza generazione integrata nel territorio e l'altro con l'obiettivo di realizzare un impianto pilota per la sintesi di bioplastiche a base di 1,4 BDO,

partendo da biomasse di seconda generazione. Versalis sta lavorando sul progetto si chiama ALBE (Alternative Biomasses for Elastomers) per lo sviluppo di nuovi materiali (elastomeri e gomma naturale) più sostenibili, destinati al segmento dei pneumatici verdi. La ricerca riguarda la sintesi di biobutadiene (in collaborazione con Genomatica), lo sviluppo di oli estensori e additivi (con Matrìca a Porto Torres), nonché l'impiego di gomme naturali ottenute da guayule. Tra i partner del progetto anche il produttore di pneumatici Marangoni. Biochemtex (gruppo M&G) e dal Politecnico di Torino, con il progetto LIDIA, intende sviluppare tecnologie di seconda generazione per la conversione di zuccheri in aci-

di dicarbossilici, building block di origine rinnovabile per la sintesi di polimeri e altri prodotti chimici. Siamo solo all'inizio. La chimica da biomasse di questi anni è davvero un'opportunità importante di crescita e di sviluppo per il nostro Paese. La ripresa economica passa anche da qui. Noi di ICP continuiamo a seguirne gli sviluppi. Sono convinto che questo "anno zero" per la chimica italiana sia l'inizio di risultati e importanti per tutti noi.

A.G.



Termovalorizzazione di rifiuti organici e non

# Da problema a opportunità

Autosufficienza gestionale e possibilità di ricavare energia: per il cliente finale il rifiuto può trasformarsi da problema a risorsa. Il Centro Sviluppo Materiali è in grado di mettere a punto soluzioni innovative per la valorizzazione del rifiuto, fino alla realizzazione del prototipo industriale di trattamento.



Reattore a tamburo rotante

**L**e Direttive Europee, recepite da tempo dalla normativa italiana, impongono trattamenti per sfruttare completamente il contenuto energetico residuo del rifiuto producendo calore e/o energia elettrica. Questo comporta che molti residui industriali a matrice organica non possono essere più posti direttamente in discarica in virtù del loro residuo potere calorifico. Il contesto nel quale si sviluppa il tema della manipolazione di questo tipo di residui, può facilmente essere identificato con i seguenti numeri: una produzione europea complessiva dell'ordine di milioni di t/anno e costi di smaltimento specifico di centinaia di euro/t. Un possibile mercato: stimolante, ma non privo di insidie.

## Il contesto

Rifiuti prodotti nell'ambito delle industrie europee (come ad esempio l'industria agroalimentare, petrolchimica, manifatturiera) con potere calorifico inferiore residuo (PCI > 13.000 kJ/kg) o classificati come pericolosi per il loro contenuto di carica organica eluibile (COD) non possono essere posti direttamente in discarica ma devono essere inertizzati e/o valorizzati per produrre calore e/o elettricità. In Italia ciò è regolato dal punto di vista normativo dall'articolo 6 del Decreto Legislativo n.250 del 2010 che recepisce la Direttiva 2008/98/CE.

Inoltre se il rifiuto prodotto non supera le rigide caratteristiche

poste dai limiti del decreto attuativo del 3 agosto 2005 (Art. 8, tabella 6) questo deve essere trattato, prima del suo conferimento, tramite l'"utilizzo delle migliori tecniche disponibili", possibilmente realizzando l'autosostentamento energetico del trattamento.

Le tecniche più applicate sono i trattamenti meccanici (triturazione/omogeneizzazione) e la stabilizzazione mediante l'aggiunta di idonei reattivi (quali ossido di calcio ed altre particolari tipologie di materiale ad alto potere adsorbente, ecc).

Tuttavia, la stabilizzazione con additivi ed in generale i trattamenti summenzionati necessitano di una sequenza operativa complessa che, alla fine del trattamento, spesso genera quantitativi di rifiuto inertizzato maggiori del quantitativo iniziale; questi trattamenti sono, quindi, costosi (>>500 €/t) e inconciliabili con la politica di minimizzazione del rifiuto finale (Zero Waste) o di recupero del potere calorifico. Una tecnologia che riduce il quantitativo di rifiuto in ingresso è la co-combustione, ovvero lo smaltimento del rifiuto industriale effettuato in un tradizionale impianto di incenerimento. Questo inceneritore deve essere, però, necessariamente, autorizzato al trattamento della particolare tipologia del rifiuto in oggetto. In questo caso l'impianto di incenerimento per la co-combustione deve avere capacità di trattamento tali che il "rifiuto pericoloso" introdotto, sia una piccola

**Across the Universe of Innovation**

**VISION**  
To foster the introduction of competitive and eco-compatible materials and technologies to transform the present into a sustainable future.

**MISSION**  
To fill the gap between base research and industrial innovation. To create value and prosperity for the company and for society.

 **CSM**  
Centro Sviluppo Materiali  
Materials, Technology & Innovation

**CENTROSVILUPPOMATERIALI.COM**

percentuale rispetto alla matrice standard in ingresso, per non perturbare il normale funzionamento dell'impianto.

Sebbene teoricamente possibile, il co-incenerimento, non è ad oggi una tecnologia sviluppata a livello industriale, nemmeno nel caso di inceneritori ad elevato sviluppo tecnologico (es: a ossigeno, ad alta pressione, con bruciatori innovativi), a ragione delle enormi difficoltà tecniche legate all'eterogeneità del rifiuto. Tali difficoltà renderebbero necessari costi di investimento, gestione e

manutenzione più elevati rispetto a quelli dei normali inceneritori. Tutto ciò si tradurrebbe in un incremento di costo che inciderebbe pesantemente sul prezzo finale del prodotto primario industriale.

Occorre, infine, considerare che il produttore, nel caso di conferimento a terzi, non si spoglia della responsabilità dei suoi rifiuti semplicemente consegnandoli al trasportatore, ma conserva l'onere di vigilanza per il buon esito del viaggio dei rifiuti verso il sito finale, il quale



**Un prototipo di gassificatore messo a punto da CSM**



**La torcia al plasma per l'inertizzazione di materiali organici o inorganici pericolosi (PCB, amianto, ceneri da trattamenti termici, fly ash)**



**Torcia al plasma**

deve essere sempre *necessariamente conosciuto e verificato* dal produttore.

## **Il supporto del CSM**

Alla luce di ciò si comprende come potrebbe essere di interesse per il produttore seguire l'intera filiera produttiva (fino allo smaltimento del rifiuto finale) tramite una tecnologia di smaltimento da gestire "in situ", ovvero nello stesso luogo di produzione del rifiuto. Per essere veramente attraente, tale soluzione dovrebbe essere efficiente, flessibile, semplice ed economica.

Risponde a tutti questi requisiti la soluzione sviluppata interamente dal Centro Sviluppo Materiali, dall'idea iniziale fino alla realizzazione del prototipo industriale con diversi vantaggi. Il primo è il rispetto del principio di autosufficienza gestionale, che risponde al criterio di responsabilità nella produzione dei rifiuti. Il secondo è la possibilità di recuperare energia dal rifiuto, da utilizzare ad esempio per il teleriscaldamento. Terzo e non ultimo è quello di potere ottenere, dal rifiuto inertizzato, la materia prima seconda da utilizzare per altre applicazioni industriali (ad es. sottofondo stradale o materiale per l'edilizia).

## **Le tecnologie CSM di gassificazione e inertizzazione**

Il Centro Sviluppo Materiali (CSM) SpA è uno dei centri europei di ricerca industriale, tra i più importanti nel settore della chimica fisica delle alte temperature. Nel tempo il CSM ha diversificato

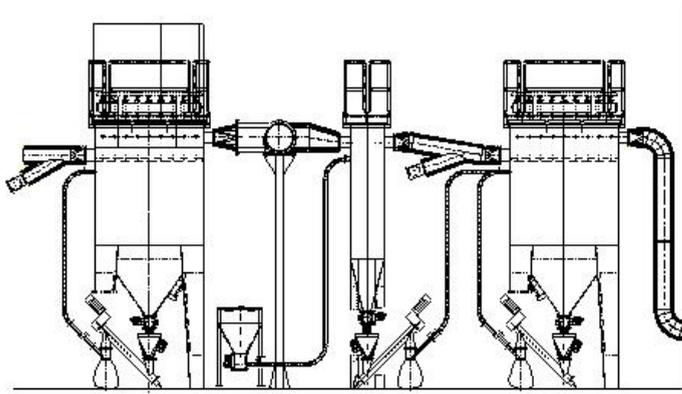
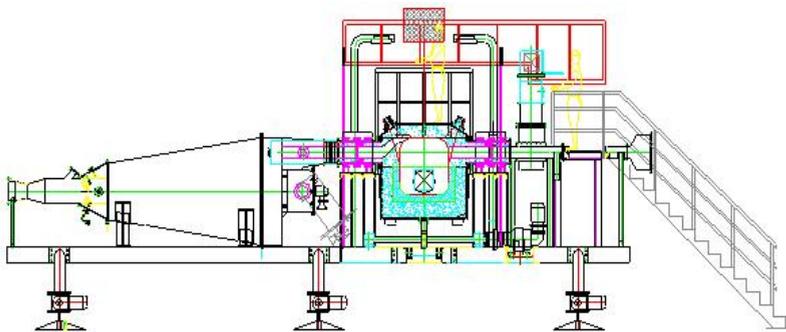
le proprie aree di mercato, sfruttando la competenza maturata nei settori di processo, ingegneria, e scienza dei materiali.

I settori di intervento della società sono destinati ad ampliarsi ulteriormente, grazie al nuovo assetto societario del CSM che a fine 2013 ha visto l'ingresso del RINA, il nuovo azionista di maggioranza, il quale opera a livello internazionale in numerosi settori industriali: navale, ambientale, energia, infrastrutture e trasporti. In particolare, è stato individuato il settore eco-energetico come uno degli ambiti più idonei, per operare nel contesto dell'evoluzione dello scenario energetico internazionale (energia e materie prime alternative e tradizionali).

Specifica attenzione è stata rivolta allo studio di soluzioni innovative per la termovalorizzazione dei rifiuti organici industriali e delle biomasse, per la duplice ragione che il loro trattamento, oltre a poter produrre fluidi energetici, consente anche un'importante riduzione del ricorso alle discariche, tema di rilevante attualità e di urgente soluzione. La strategia adottata dal CSM per l'innovazione applicata al problema specifico segue tre principali linee guida:

- ottenere il minimo impatto ambientale
- raggiungere l'efficienza di conversione termoelettrica maggiore possibile
- essere percepita positivamente dall'opinione pubblica (impianti di piccola taglia).

La scelta della gassificazione,



**Torcia al plasma per inertizzazione amianto - Design e realizzazione**

come processo di termovalorizzazione sul quale concentrare gli sforzi di innovazione, è insita nel processo stesso che, tramite la produzione di syngas, consente di provvedere l'autosostentamento e di ottenere anche "materia prima" combustibile. Questo si verifica ogni qual volta il rifiuto a matrice organica in ingresso alla gassificazione possiede un adeguato Potere Calorifico (contenuto di Carbonio > 30%). Si deve considerare che il syngas prodotto può essere sfruttato in un processo a valle in modo più efficiente (cicli combinati gas/vapore) e che il syngas può essere stoccato e consumato anche lontano dal sito di produzione.

## Superamento di alcune criticità

Rispetto a quanto esistente sul mercato ad oggi, la piro gassifi-

cazione proposta dal CSM consente di superare alcune criticità attualmente in essere, quali: processo difficilmente controllabile, syngas a basso valore energetico, effluenti con alto contenuto di polveri, presenza di inquinanti ed alta concentrazione di carbonio nelle ceneri residue. Queste criticità sono state superate mediante lo sviluppo progettuale di un unico concetto chiave: massimizzare l'area di contatto tra la fase gassosa comburente e il combustibile all'interno del reattore. L'autosostentamento dell'intero processo è ottenuto dal design particolare del sistema di riscaldamento; vale a dire che parte del syngas sviluppato viene bruciato e i fumi caldi della combustione vengono convogliati internamente alla prima sezione del reattore (pirolizzatore), seguendo particolari percorsi



(tecnologia proprietaria). La struttura dell'impianto è quindi tale da consentire un efficiente riscaldamento del materiale in ingresso, disidratandolo (rifiuti molto umidi) e pirolizzando (eliminazione degli organici più volatili).

Il materiale (char) in uscita dalla sezione di pirolisi entra nella seconda sezione del reattore (il gassificatore vero e proprio),

nel quale viene immesso comburente (aria arricchita e/o miscela aria/vapore) preriscaldato e in quantità tale da poter reagire "stechiometricamente" con il carbonio presente. Il flusso gassoso del comburente, differenziato e distribuito lungo il gassificatore, è tale da ottenere un'elevata miscelazione (oggetto di brevetto) e, quindi, il massimo della superficie reattiva, tra

## CSM: da 50 anni un'eccellenza italiana

Il Centro Sviluppo Materiali ha sede a Castel Romano (Roma) con unità di ricerca diffuse sul territorio nazionale (Pula, Terni, Dalmine, Pomigliano d'Arco e Lamezia Terme). È soggetto protagonista della rete R&D nazionale e gestisce progetti di ricerca e innovazione della Comunità Europea, con un ruolo importante nel programma europeo Horizon 2020. L'attività del Centro Sviluppo Materiali copre l'intera filiera dell'innovazione nel settore dei materiali e delle tecnologie correlate.

I settori di intervento della società sono destinati ad ampliarsi ulteriormente, grazie al nuovo assetto societario del CSM che a fine 2013 ha visto l'ingresso del RINA, il nuovo azionista di maggioranza, il quale opera a livello internazionale in numerosi settori industriali.

[www.c-s-m.it](http://www.c-s-m.it)



la fase gassosa (il comburente) e fase solida (char).

La tecnologia di gassificazione sviluppata al CSM raccoglie i vantaggi dei reattori a tamburo rotante, in grado di trattare materiali in ingresso estremamente variegati e quelli dei reattori a letto fluido, nei quali la velocità di reazione è molto elevata, anche a basse temperature (< 600°C).

Il CSM ha realizzato nel tempo diversi impianti di gassificazione prototipali in scala pilota (fino a 100 kg/h). Ogni applicazione si diversifica sia nel "core" (pirolizzatore/gassificatore) sia nei sistemi ausiliari (pretrattamento e trattamento fumi).

La flessibilità della tecnologia CSM è tale da adattare la configurazione finale di ogni impianto alle caratteristiche del rifiuto (quantità e qualità) ed all'uso desiderato (destinazione) del syngas. La messa in opera del primo gassificatore industriale (2t/h) è prevista a breve.

## Inertizzazione con torce al plasma

Altra tecnologia di punta del CSM è quella delle torce al plasma, utilizzata per l'inertizzazione di materiali organici o inorganici pericolosi (PCB, amianto, ceneri da trattamenti termici, fly ash). Il reattore sviluppato dal CSM si basa sul principio della "Twin torch" (anodo e catodo a flusso plasmagenico di Argon). Questa tipologia di reattore (temperatura media del nucleo plasmatico intorno ai 10000 K, temperatura media del forno

1870 K) a ragione delle basse quantità di gas plasmagenico utilizzato, presenta minime perdite termiche legate appunto alla ridottissima (< 0,1 Nm<sup>3</sup>/h kg) emissione gassosa oltre che una trasmissione dell'energia termica, dalla fonte (plasma) verso il rifiuto da trattare, per irraggiamento e quindi con elevato rendimento. Inoltre, l'alta densità energetica del plasma consente di ottenere note-

vole velocità di processo e una elevata compattezza di impianto. Tramite successive ottimizzazioni del prototipo originale (riprogettazione del sistema di raffreddamento degli elettrodi), l'attuale configurazione (tecnologia proprietaria) permette un notevole allungamento del tempo di vita del sistema plasmagenico, tale da renderlo compatibile con una normale manutenzione industriale.

L'impianto al plasma del CSM dà la certezza di avere una inertizzazione permanente e definitiva (contrariamente a certe inertizzazioni a freddo), in quanto consente di modificare completamente la struttura originale. Un'applicazione è ad esempio quella sull'amianto in cui si riesce ad ottenere la completa trasformazione della struttura, da fibrosa a vetrosa, rendendola completamente amorfa. Tecniche di raffreddamento a valle del processo di fusione consentono di ottenere il residuo inerte e con la granulometria desiderata, adatto per nuove utilizzazioni.

Sono stati costruiti diversi prototipi di torce al plasma, adattando l'intera struttura di impianto alla tipologia e quantità di rifiuto e alle richieste del cliente finale. I primi reattori industriali (potenzialità di 0,5 MW), sulla base del brevetto CSM, sono stati realizzati per grandi aziende italiane (municipalizzate e non), dimostrando, con l'esercizio, la fattibilità sia tecnica sia economica della tecnologia.



**Gli autori dell'articolo**

# A L'Aquila per parlare di orientamento al lavoro

Il 31 marzo scorso, su incarico dell'AIDIC la Dott.ssa Laura Strazzullo, esperta di Risorse Umane e Partner di MultiOlistica S.r.l., ha incontrato i neo-laureati e laureandi della Facoltà di Ingegneria Chimica dell'Aquila proponendo un seminario sul tema "Informazioni, metodi e strumenti per affrontare con efficacia il nuovo mondo del lavoro". L'intervento, che fa seguito al successo di precedenti analoghe iniziative effettuate nelle Università di Roma e Cagliari, si è articolato in tre parti. La prima parte aveva lo scopo di far capire l'importanza delle scelte in funzione degli obiettivi personali e dei conseguenti percorsi professionali da seguire, mostrando al contempo l'assetto attuale del mercato del lavoro in termini di riforme legislative e dati occupazionali. La seconda parte ha sottolineato i cambiamenti relativi sia alla ricerca del lavoro da parte dei laureati, sia a quella dei talenti da parte delle aziende, focalizzandosi sui principali canali da utilizzare; si sono dati inoltre consigli sui due strumenti principali a disposizione del candidato: la lettera di presentazione e il curriculum vitae. La terza e ultima parte ha trattato il processo di selezione utilizzato dalle medie e grandi aziende: sono stati dati suggerimenti utili per superare brillantemente il colloquio di selezione in azienda e, grazie



Alcuni momenti dell'incontro "Informazioni, metodi e strumenti per affrontare con efficacia il nuovo mondo del lavoro" alla Facoltà di Ingegneria Chimica dell'Aquila

alle esperienze di colloqui di lavoro dei partecipanti presenti, c'è stato un interessante scambio di impressioni che ha permesso di ampliare la trattazione. A valle del seminario, come già accaduto nelle precedenti edizioni, diversi studenti hanno richiesto e ottenuto approfondimenti sui temi trattati, confermando l'interesse e l'utilità dell'iniziativa che AIDIC conta di ripetere in futuro presso altre Università italiane.

## Premiati tre neolaureati

Nel corso della giornata si è proceduto alla premiazione del concorso per le migliori tesi di ingegneria chimica svolte da neolaureati della Facoltà di Ingegneria Chimica dell'Università dell'Aquila. I premi erano stati previsti nel programma AIDIC Centro di promozione e valorizzazione dei neolaureati di Ingegneria Chimica delle Università della Sapienza di Roma e dell'Aquila. La commissione tesi di laurea, rappresentata dagli ingegneri Raffaele Avella, Luigi Mazzara,



Oreste Mastrantonio per AIDIC Centro e dai professori Giovanni Del Re e Alberto Gallifuoco per la Facoltà di Ingegneria Chimica della Università dell'Aquila, ha premiato i seguenti neolaureati in Ingegneria Chimica: 1° Premio ad Andrea Di Giuliano per la Tesi "Validation of Mixed Alcohols Synthesis"; 2° Premio ex aequo a Grazia Leonzio per la Tesi "Impianto di recupero di acque di scarico di decapaggio integrato con

sistemi a pompa di calore: analisi di processo e fattibilità tecnico – economica" e a Riccardo Rosati per la Tesi "Processi idrometallurgici per il recupero di metalli base, metalli preziosi e terre rare da rifiuti EEE: analisi di processo e progettazione di un impianto mobile multi-scopo". Ciascun neolaureato, dopo la premiazione, ha esposto in forma sintetica il contenuto della tesi.

## Key Enabling Technologies

# Innovare per competere

Umberto Quadrino, Alberto Quadrio Curzio, e Renato Ugo hanno presentato alla Fondazione Edison, il volume “Le Key Enabling Technologies”, un’occasione per la competitività del sistema Italiano, scritto da Sesto Viticoli e Luigi Ambrosio.

**C**NR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) e AIRI (Associazione Italiana per la Ricerca Industriale) hanno condotto un’analisi sul tema dell’impatto di alcune tecnologie più innovative e più diffusive, dette Key Enabling Technologies (KET), sulla competitività dell’industria nazionale e il volume, presentato a Milano presso la Fondazione Edison, porta anche le testimonianze di come

alcuni soci AIRI stanno ottenendo risultati tecnologici di successo e quindi una crescita competitiva con progetti di ricerca e di sviluppo tecnologico, con una significativa componente di queste tecnologie d’avanguardia. Si possono così trovare interventi di aziende come Pirelli Tyre, Biochemtex, Centro Ricerche Fiat, Bracco Imaging, Mapei, STMicroelectronics, Ericsson Telecomunicazioni, Parco Scientifico Tecnologico

Kilometro Rosso, oltre che di importanti Enti pubblici, come CNR, ENEA, ASI.

### **Gli interventi**

Umberto Quadrino, che ha ricoperto importanti incarichi in FIAT e Edison, ha aperto la seduta. Ha poi evidenziato la mancanza in Italia di un’importante modello di “ponte” tra la ricerca di base e l’industria, come gli istituti Fraunhofer in Germania, un complesso



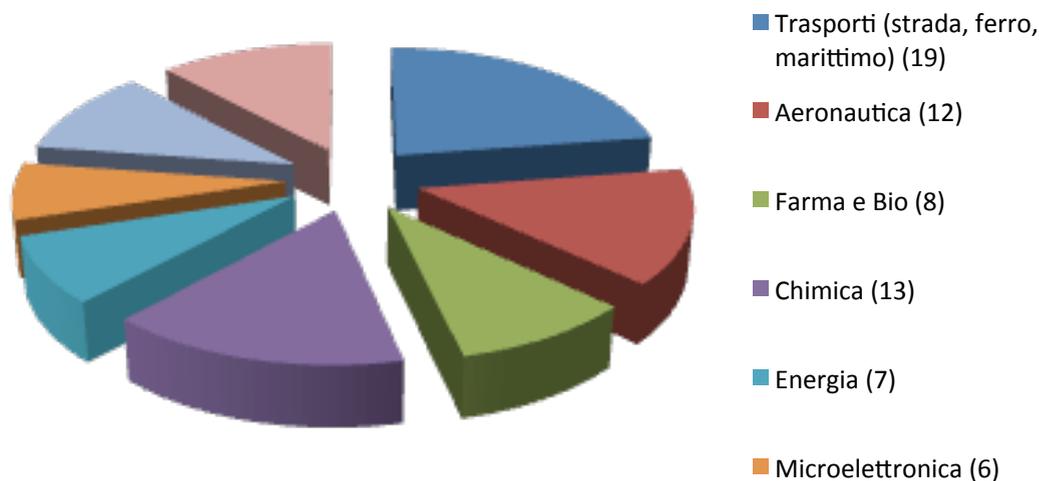
di 60 centri di ricerca applicata in cui lavorano circa 18.000 tra ricercatori e ingegneri, che godono di un budget di € 1,65 miliardi. Il Presidente di AIRI, professor Renato Ugo, ha ricordato che nel 2014 ricorre il 40° anniversario della fondazione di AIRI, che ha acquisito una posizione importante come “opinion leader” per l’industria italiana. Ha poi affermato che, con il lancio da parte dell’Unione Europea (UE) del

programma Horizon 2020, si sta delineando la volontà di riconoscere finalmente che la competitività dell’industria manifatturiera e dei servizi avanzati, oltre che lo sviluppo del benessere dei cittadini e della qualità della vita, devono coniugare la ricerca fondamentale d’eccellenza con lo sviluppo della ricerca industriale e quindi dell’innovazione tecnologica. Invece in Italia vi è ancora una trascurabile atten-

zione per la ricerca industriale, e in particolare per il ruolo dello sviluppo tecnologico, non solo a livello di politiche nazionali, ma sfortunatamente anche presso la gran parte dell’opinione pubblica. Eppure, l’attuale crisi economica ha evidenziato un crescente gap di crescita economica fra quei Paesi che, malgrado la crisi, stanno ancora significativamente investendo sul ruolo chiave della tecno-scienza e quel-



**La pubblicazione è disponibile in libreria o si può acquistare direttamente sul sito di AIRI ([www.airi.it](http://www.airi.it)) o dell'editore Guerini e Associati**



**Distribuzione per settore produttivo delle 84 tecnologie prioritarie identificate da AIRI e CNR**



**Il sito de L'Aquila di Dompé Farmaceutici**

li che invece, come il nostro, si limitano a blande politiche della ricerca e dello sviluppo tecnologico, quasi vivendo alla giornata. Eppure l'Italia al riguardo si distingue da anni ai più alti livelli politici e istituzionali per un continuo, ma del tutto "formale", richiamo all'importanza della ricerca, cui però poi non segue una coerente e continua linea politica di indirizzo e di sostegno, sovente anzi avviene tutto il contrario. Di fatto a livello governativo non è considerata prioritaria, per lo meno da un decennio, l'allocazione di un adeguato e continuo sostegno della ricerca, inclusa quella industriale, ma il Paese nel suo insieme non tiene nel dovuto conto la tecno-scienza come fattore di crescita della competitività dell'industria manifatturiera e dei servizi avanzati e quindi dell'economia. Come facile conferma, a differenza degli Stati Uniti, del Giappone, della Cina e della stessa Corea, dove la parola tecnologia è citata ogni poca riga nei documenti governativi ufficiali e nei discorsi dei leader politici e governativi, risulta veramente difficile trovarla citata con la stessa intensità in Italia. Le poche

volte in cui in Italia l'opinione pubblica sembra essere veramente interessata a temi che coinvolgono la ricerca, appare evidente una visione della ricerca, sostenuta anche dai media, come una attività che coinvolge gruppi di "eroi solitari" che operano su temi di base e di lungo periodo, in genere collegati, per ovvie ragioni, alla cura di gravi malattie. Non viene considerato del tutto un approccio sistemico serio, che veda la ricerca, sia quella pubblica sia quella industriale, come un insieme di strutture e gruppi interagenti e coordinati a livello nazionale su linee programmatiche e obiettivi di crescita ben definiti, impostando così le priorità ed evidenziando le necessarie risorse.

Come messo in risalto da Alberto Quadrio Curzio Prof. Emerito di Economia Politica, manca -la consapevolezza che l'innovazione sostenuta dalla tecno-scienza ha un ruolo chiave nell'economia e quindi nella crescita del Paese. Essa presuppone uno stretto e operativo collegamento tra ricerca fondamentale, che è compito dello Stato sostenere, e sviluppo tecnologico, che è svolto principalmente in ambito industriale, ma che richiede, considerando il crescente rischio finanziario dei relativi investimenti, l'attenzione e quindi il sostegno pubblico, in particolare con mezzi molto diretti come quelli del credito d'imposta, largamente utilizzate nei Paesi industrializzati, nostri concorrenti sul mercato globale.

## Le eccellenze esistono

Alla presentazione sono intervenuti come testimoni Sergio Dompè per Dompè Farmaceutica, Petro Palella per ST Microelectronics e Marco Fortis per la Fondazione Edison, che hanno posto l'accento su alcune realtà di eccellenza tecnologica che può ancora vantare il Paese.

Dompè ha citato il caso del Gruppo CO-ESIA, produttore di macchine per il con-



Da sinistra: Alberto Quadrio Curzio, Professore Emerito di Economia politica all'Università Cattolica di Milano, Sergio Dompè, presidente di Dompè, e Renato Ugo, presidente di AIRI



fezionamento automatico. La presenza a Bologna di una società del Gruppo, la GD, azienda leader a livello mondiale nel comparto della produzione di sigarette, ha convinto la società USA di effettuare

in tale sede un rilevante investimento per un innovativo sistema di sigarette senza tabacco. Altro comparto tecnologico con notevole potenzialità di sviluppo futuro, secondo Dompè, è quello delle “stampanti

3D”, macchine in grado di produrre manufatti di qualunque forma complessa con materiali polimerici.

Palella ha sostenuto innanzitutto l'importanza del lavoro di gruppo, per coagulare

## Puntare all'innovazione: alcuni casi di successo

### *Pirelli Tyre: l'invenzione della ruota intelligente*

Il progetto Cyber Tyre, iniziato presso l'università di Berkeley, nel 2001, ha prodotto in circa 10 anni di sviluppo, un dispositivo che, inserito all'interno di uno pneumatico, durante il movimento trasmette direttamente ai sistemi di controllo elettronico del veicolo dati relativi al comportamento dinamico dello pneumatico, fondamentali per la realizzazione di nuove funzionalità del veicolo stesso. Questo dispositivo è frutto di una stretta collaborazione (diretta completamente da ingegneri della R&S della Pirelli) tra azienda, università USA e italiane e partner tecnologici, leader mondiali nel loro settore.

Attualmente, la sfida Cyber Tyre è ancora in fase di sviluppo e l'attività di ricerca si avvale dell'apporto di conoscenze specialistiche sia di matrice accademica che industriale. Pirelli, in accordo con il Politecnico di Torino, ha costituito un laboratorio di ricerche Tyre System, inizialmente presso un'area a disposizione dall'Università piemontese. In seguito, esso è stato situato presso la sede del Polo Tecnologico aziendale di Settimo Torinese (TO).



### *Biochemtex: eccellenza verde*

Biochemtex è leader a livello globale nello sviluppo di tecnologie per la chimica verde basare unicamente sull'utilizzo di biomasse non alimentari, destinate a creare un'alternativa alle risorse fossili. Con un investimento di oltre € 150 milioni, è stata messa a punto la tecnologia di seconda generazione PROESA, che utilizza gli zuccheri presenti nelle biomasse lignocellulosiche per ottenere alcol per autotrazione. Biochemtex sta portando avanti altre attività di ricerca collaterali, quali:

- la produzione di biochemicals, tramite l'estrazione di zuccheri C5 e C6 e loro conversione via fermentativa in intermedi chimici;
- la tecnologia MOGHI, che depolimerizza la lignina (che costituisce circa 30% della biomassa) e la trasforma in un mix di aromatici, come fenolo, cresolo, benzene, toluene e xylene, precursori di una vasta gamma di prodotti chimici, e in composti alifatici, utilizzabili per jet fuel;
- sviluppo di tecnologie innovative per la produzione di glicoli da fonti rinnovabili.

le varie competenze che in Italia sono disperse tra differenti istituzioni. Restando nell'ambito della propria società, ha citato lo sviluppo della tecnologia micromeccanica del silicio, nata sulla base delle conoscenze

acquisite nel campo della microelettronica. Fortis ha confermato l'eccellenza italiana nel campo del macchinario automatico per l'imballaggio, in cui il Paese ha acquisito un livello tecnologico di assoluto rilievo,

superando perfino i colossi dell'industria tedesca, e inoltre il settore della produzione di farmaci, nel quale la nostra industria ha superato Paesi storicamente leader, come Svizzera e Irlanda.

*Centro Ricerche FIAT: un futuro ecologico, leggero, elettrico e integrato*

Nell'ambito del trasporto su gomma, le tematiche prioritarie riguardano: decarbonizzazione, alleggerimento strutture, elettrificazione, sicurezza globale. Le KET coinvolte sono: materiali avanzati, per l'alleggerimento, micro e nanotecnologie per i sistemi elettronici di bordo e la connettività veicolo-infrastrutture, fotonica per la generazione di energia elettrica, sistemi di produzione avanzati. La decarbonizzazione impone la necessità di fare ricorso a vettori energetici di origine non fossile, e può essere attuata o con l'uso di combustibili liquidi di origine non fossile o con l'elettrificazione. L'alleggerimento delle strutture passa prevalentemente attraverso la sostituzione dell'acciaio con strutture multimateriale leggere ed efficienti (sandwich, honeycomb, etc.); qui l'uso di materiali avanzati sarà fondamentale.

L'energia elettrica è il vettore energetico più efficiente. L'unico problema è il suo immagazzinamento; neanche le batterie al litio sono sufficienti l'adeguatezza alle abitudini dell'utenza. Soluzioni adeguate potranno scaturire solo da ricerche nell'ambito dell'elettronica e dei sistemi elettrici di potenza. La microelettronica gioca un ruolo di primo piano nell'ambito della sicurezza globale. In questo campo il futuro dipende dalla capacità d'integrazione del veicolo con l'intero sistema di mobilità. L'avvento del Sistema Satellitare Galileo potrà garantire una gestione migliore dei flussi di traffico.



*Bracco Imaging: discontinuità e sviluppo*

Il ruolo delle KET induce un fattore di discontinuità particolarmente rilevante nel settore della cura della salute, non solo per il farmaco e il biomedicale, ma anche nella diagnostica e nell'imaging. Basti ricordare l'impatto devastante delle biotecnologie che nel giro di tre decenni ha spostato il baricentro dell'eccellenza dell'innovazione dall'Europa agli USA. La KET micro o nanoelettronica ha assunto un ruolo chiave nell'ambito dei kit diagnostici o di devices miniaturizzati, per esempio per il rilascio controllato nel tempo dei farmaci.

La KET Materiali, in particolare quelli nanostrutturati e i nuovi materiali biocompatibili, sta aprendo nuove opportunità per incrementare la tollerabilità e la biodistribuzione dei farmaci, per indirizzare il farmaco in modo opportuno. I nuovi materiali stanno anche producendo una vera rivoluzione nel settore delle protesi. La KET biotecnologie sta producendo una nuova tendenza nella produzione delle materie prime per l'industria farmaceutica attraverso la sostituzione di sintesi chimiche con la chimica enzimatica. È in questo scenario di discontinuità tecnologica che Bracco Imaging sta sviluppando la sua strategia di innovazione di prodotto e di processo. In particolare, l'attività è volta verso l'imaging molecolare, in cui i prodotti sono costruiti per via biotecnologica per arrivare a uno specifico target molecolare. Ad esempio, l'imaging fluorescente in cui un particolare fluorofosforo viene fatto interagire selettivamente su uno specifico target molecolare, trova applicazione nell'identificazione del tessuto tumorale durante un intervento chirurgico, favorendone quindi l'asportazione completa e selettiva.



## Carbon Capture and Storage (CCS)

# Flow Assurance nel trasporto di CO<sub>2</sub>

Catturare e stoccare CO<sub>2</sub> è una delle opzioni più promettenti per la riduzione delle emissioni. Nel centro di progettazione Saipem di Fano, dove esiste una consolidata esperienza di ingegneria e costruzione di condotte, sono stati svolti studi di fattibilità ai fini CCS.

**L**a cattura e lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Storage*, CCS) è considerata una delle opzioni più promettenti per la riduzione delle emissioni nei settori della produzione di energia e altre industrie che usano estensivamente la combustione di carbone o idrocarburi.

L'operatività consiste nella cattura della CO<sub>2</sub> all'origine, il suo trasporto attraverso condotte dedicate e il suo stoccaggio in aree geologiche opportune, come campi petroliferi o saline esausti in modo da isolarla in modo definitivo dall'atmosfera. Lo sviluppo di tecnologie CCS ha identificato le condotte

come il mezzo migliore per il trasporto di grandi volumi di CO<sub>2</sub> senza la necessità di impianti intermedi.

Nel centro di progettazione Saipem di Fano, dove esiste una consolidata esperienza d'ingegneria e costruzione di condotte, sono stati svolti studi di fattibilità ai fini CCS.

### Esperienza su condotte di CO<sub>2</sub>

Il trasporto di CO<sub>2</sub> è già praticato da più di 30 anni per operazioni di EOR (*Enhanced Oil Recovery*) in USA, dove esiste una rete di condotte di lunghezza superiore a 2.500 km. A livello mondiale si superano i 3.100 km,

con una capacità di trasporto di 44 milioni di tonnellate l'anno. In Europa l'esperienza è limitata a un campo petrolifero nel Mare del Nord (160 km di condotta) e in Olanda (80 Km di condotta per portare CO<sub>2</sub> da Rotterdam a serre ad Amsterdam).

La trasmissione di fluidi per mezzo di condotte è una tecnologia consolidata e grandi volumi di gas naturale, greggio, acqua e altri condensati sono trasportati su distanze di migliaia di km, attraverso tutti i possibili ambienti, in terra o in mare. Però, per il trasporto di CO<sub>2</sub> c'è assai meno esperienza che per gli idrocarburi. In tabella 1 sono indicate le caratteristiche delle condotte esistenti per



Foto Syntropolis

trasporto di CO<sub>2</sub> da sorgenti naturali o antropogeniche.

Sono stati identificati molti siti adatti per lo stoccaggio di CO<sub>2</sub> in mare, per cui si prevede che future applicazioni saranno sviluppate soprattutto tramite condotte sottomarine, per le quali l'esperienza attuale è piuttosto limitata. Ad oggi, l'unica condotta sottomarina è quella di 153 km da Hammerfest al campo di Snøhvit, in Norvegia, attiva da maggio 2008.

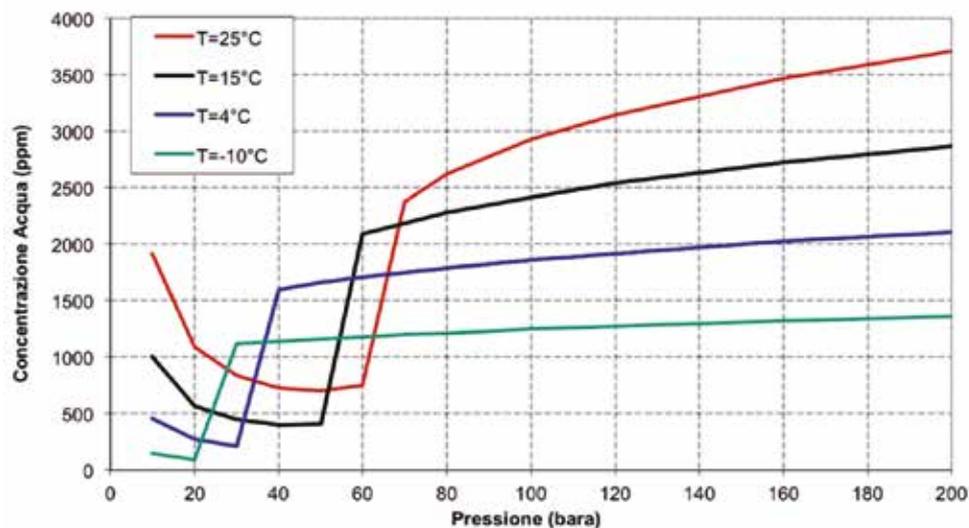
Tutte le condotte USA attraversano aree poco popolate e trattano CO<sub>2</sub> di origine naturale; manca quindi esperienza di trasporto attraverso aree densamente popolate e

di CO<sub>2</sub> da sorgenti antropogeniche (la cui composizione varia in funzione del tipo d'industria che l'ha generata e dalla tecnologia di sequestrazione). Tale CO<sub>2</sub> può contenere impurezze, come vapor d'acqua, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e idrocarburi.

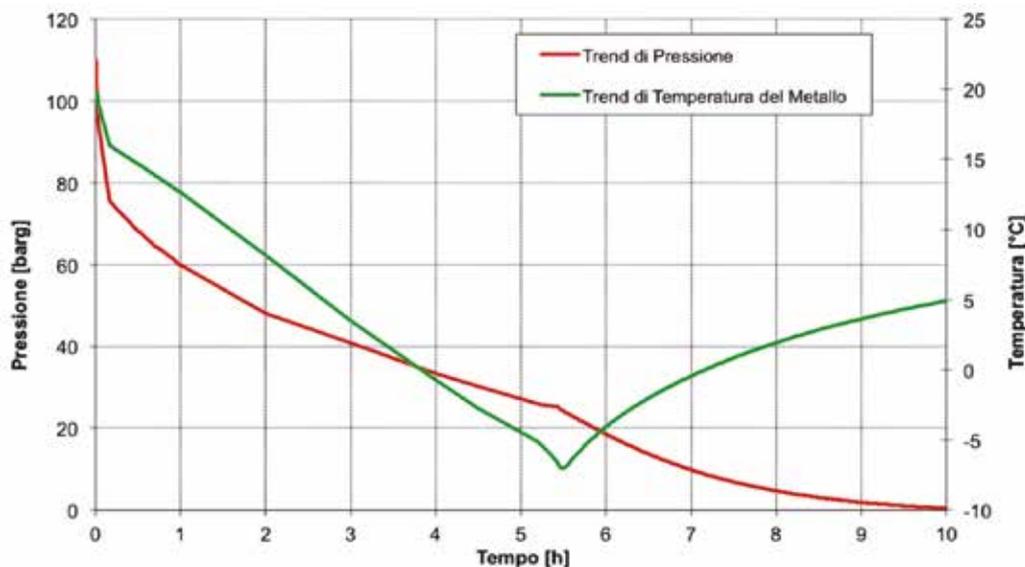
Composizioni indicative di CO<sub>2</sub> da centrali termoelettriche a gas e carbone sono riportate in tabella 2. La presenza di impurezze ha un forte impatto sulle proprietà fisiche della CO<sub>2</sub> trasportata, il che influenza la progettazione delle condotte, la potenza dei compressori, la distanza di ricompressione, e potrebbe anche avere implicazioni sulla prevenzione della propagazione della frattura.

Le caratteristiche principali del trasporto a lunga distanza di CO<sub>2</sub> possono essere così sintetizzate:

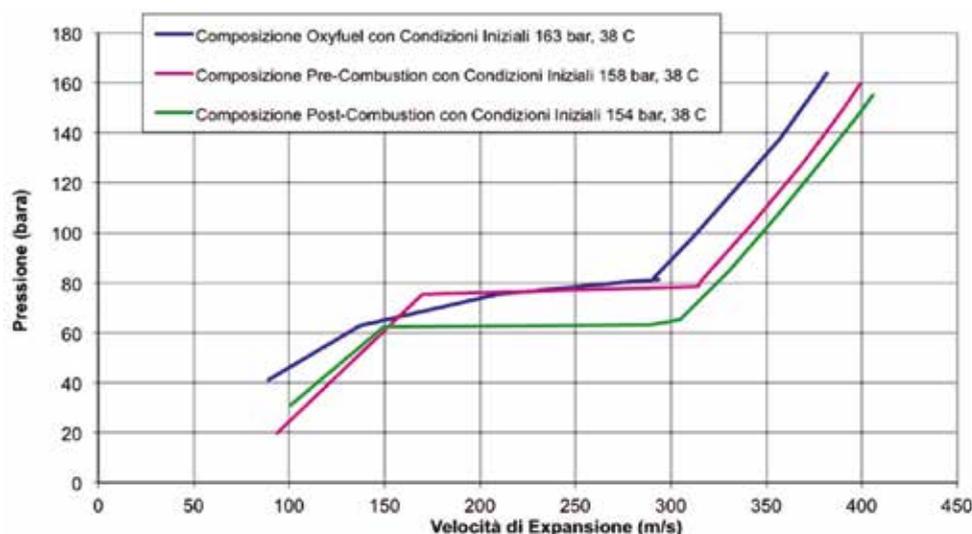
- la CO<sub>2</sub> è normalmente trasportata in fase densa (i.e. fluido supercritico o liquido sottoraffreddato). È stato dimostrato che le condotte a bassa pressione in fase gas sono circa 20 volte più costose di quelle ad alta pressione in fase condensata;
- pressione e temperature devono essere tali da mantenere la fase liquida, eventualmente con l'uso di stazioni supplementari;
- il tipico intervallo operativo di pressione va da 86 a 150 bar, quello di temperatura da 4 a 38 °C;



**Figura 1: Solubilità dell'acqua in CO2 pura in funzione della pressione, a diversi valori di temperatura**



**Figura 2: Trend temporale di pressione e temperatura di parete nel punto più critico della condotta, durante la depressurizzazione**



**Figura 3: Curve di espansione calcolate per le 3 composizioni di riferimento, a diverse condizioni iniziali**

- la velocità media di trasporto è 1,4 m/s;
- il rapporto di compressione medio nelle stazioni intermedie (Booster Stations) è 1,4;
- l'intervallo d'iniezione tipico è 70 - 100 bar.
- grado di acciaio: X65 - X70,
- dispositivi di arresto della frattura duttile: installati a 300 m d'intervallo,
- valvole di linea installate ogni 32 km; tutte dotate di blowdown e dimensionate per depressurizzare 32 km di condotta in 6-8 ore per evitare formazione di ghiaccio secco,
- specifici elastomeri servono per le tenute delle valvole per evitare rischi di decompressione esplosiva.

### Fattori critici

La presenza di impurezze ha negativi effetti sulla capacità di trasporto. Essa è ridotta dalla presenza di gas incondensabili e resa critica dalla presenza di sostanze tossiche (e.g. SO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S). La presenza di H<sub>2</sub>O deve essere tenuta sotto stretto controllo (200-500 ppm) poiché può dare problemi di corrosione dell'acciaio.

Anche la presenza di H<sub>2</sub>S e H<sub>2</sub> può generare stress cracking della condotta. Durante l'operatività occorre evitare la formazione di due fasi; è necessario tenere in considerazione la presenza di variazioni altimetriche e di scambi termici.

Per tener conto di condizioni critiche di flusso, devono essere effettuati calcoli dettagliati. Vediamo quali sono le principali variabili in gioco.

**Blowdown:** durante le operazioni di depressurizzazione si possono generare temperature molto basse all'interno della linea; è necessaria una modellazione accurata per predire i parametri operativi. Progettando strutture specifiche di blowdown per la fase di transizione della CO<sub>2</sub> da liquido a gas; in particolare, l'utilizzo di valvole sacrificali, a causa dei possibili danneggiamenti provocati dalla velocità elevata del gas in uscita e dalla formazione di ghiaccio solido.

**Essiccamento nel il pre-commissioning:** l'operazione deve tener conto delle problematiche di corrosione associate alla CO<sub>2</sub> umida; sono necessari calcoli preventivi per ottenere la massima efficienza.

**Commissioning:** il riempimento iniziale deve essere fatto con cura, in modo da evitare un rapido raffreddamento del fluido a valle della valvola d'ingresso.

**Rischio di lunghe rotture da infragilimento:** le caratteristiche di decompressione della CO<sub>2</sub> sono tali che le relative condotte sono più suscettibili a tale fenomeno che non quelle per idrocarburi. Può essere prevenuto specificando un acciaio tale da garantire che la "pressione di arresto" sia maggiore della "pressione di saturazione", o usando dispositivi meccanici di arresto della frattura. La pressione di saturazione dipende da temperatura e pressione operativa e dalla composizione del fluido. La CO<sub>2</sub> "catturata" può contenere differenti tipi e quantità di impurezze, come H<sub>2</sub> o CH<sub>4</sub> che hanno un significativo effetto sulle caratteristiche di decompressione della CO<sub>2</sub>, incrementando la pressione di saturazione. Ciò rende necessaria una tenacità più elevata rispetto a quella richiesta per la pura CO<sub>2</sub>.

**Corrosione:** può essere controllata mediante la scelta dei materiali, e/o evitando la presenza di acqua. Non c'è conoscenza completa sulla velocità di corrosione dell'acciaio in presenza di acqua e impurezze. Tutti i materiali (elastomeri, grassi, lubrificanti, etc.) che entrano in contatto con la CO<sub>2</sub> condensata devono essere compatibili.

**Aspetti di sicurezza:** le due considerazioni primarie per i siti di lavorazione di CO<sub>2</sub> sono: evitare pericoli di soffocamento nelle aree dove può avvenire blowdown o perdita di CO<sub>2</sub>, mettendo a disposizione ossigeno a distanza di sicurezza. Inoltre, usare estrema cautela durante l'operatività, a causa di potenziale violenta espansione della CO<sub>2</sub> durante il cambio di fase.



## Il Centro progettazione Saipem di Fano (AN)

### Un hub per engineering e sistemi di trasporto

Fin dalla sua fondazione nel 1970, il centro di progettazione di Fano (nelle foto) è stato il riferimento Snamprogetti per la progettazione e la costruzione di sistemi di trasporto in condotta. In questo centro sono stati realizzati molti progetti di tipo EPC, come anche di sola ingegneria, per clienti nazionali e internazionali.

Dopo l'integrazione di Snamprogetti in Saipem, il centro di Fano ha continuato ad essere il principale hub d'ingegneria e costruzione di sistemi di trasporto, oltre ad essere anche coinvolto in attività R&D. L'attività d'ingegneria e costruzione viene anche sviluppata per i sistemi di produzione upstream, inclusi gli impianti di trattamento di olio e gas dai pozzi. Il centro impiega attualmente circa 1200 persone, in maggioranza tecnici specializzati nelle varie discipline dell'ingegneria petrolifera. Ad oggi, il centro di Fano ha progettato e avviato alla fase operativa:

- oltre 52.000 km di condotte gas,
- 86 stazioni di compressione (di capacità totale oltre i 3,000 MW),
- oltre 22.000 km di condotte olio e prodotti petroliferi,
- 40 stazioni di pompaggio olio (di capacità totale oltre i 2,100 MW),
- oltre 1,400 km di condotte acqua,
- 11 stazioni di pompaggio acqua (di capacità totale oltre i 130 MW).



**Evoluzione pressione/temperatura nel punto più critico della condotta, durante la depressurizzazione**

## Studio delle criticità

Saipem ha sviluppato alcuni studi di prefattibilità di condotte di CO<sub>2</sub>, con riferimento ad alcuni potenziali siti di applicazione della tecnologia in Italia. Gli studi sono stati svolti considerando tre composizioni tipiche dai principali processi di cattura, cioè pre-combustion, post-combustion e oxyfuel, e due possibili scenari di trasporto, a lunga distanza (200 km) e a breve distanza (30 km) tra il sito di cattura e quello di stoccaggio.

Nei grafici di pagina 66 vengono riportati alcuni risultati di analisi di flow assurance, riferiti a due degli aspetti più critici dell'ingegneria e gestione del sistema di trasporto, cioè la depressurizzazione e l'analisi di propagazione della frattura duttile. Per quanto riguarda la depressurizzazione, vengono riportati i risultati di alcune simulazioni idrauliche relative alla condotta più breve, lunga circa 30 km e di diametro nominale pari a 20".

La Figura 2 riporta gli andamenti temporali della pressione e della temperatura interna di parete nella sezione più critica della condotta, dove vengono raggiunte le temperature più basse, relativamente alla depressurizzazione con una composizione di tipo post-combustion e considerando lo scarico simultaneo dai due lati della sezione.

La Figura 3 riporta le curve di espansione calcolate per la condotta più lunga, lunga circa 200 km e di diametro nominale pari a 24"; esse definiscono l'andamento delle onde di rarefazione che si propagano all'interno di una condotta a seguito di una rottura. Tali curve vengono utilizzate nel diagramma BTCM (*Battelle Two Curve Method*, ved. [10]), per confronto con la curva di propagazione della frattura duttile, caratteristica del materiale prescelto per la condotta; in seguito a tale confronto si può valutare se il materiale resiste alla propagazione della frattura (che quindi si arresta entro una breve distanza dalla posizione della rottura), oppure si può potenzialmente propagare per una distanza significativa (in questo caso occorre modificare il design, o cambiando materiale o installando crack arrestors).

Le curve di espansione, che sono state calcolate per tutte le possibili composizioni della CO<sub>2</sub> dai diversi processi di cattura, sono espresse dall'andamento della pressione in funzione della velocità di espansione, che è la velocità di propagazione dell'onda di rarefazione calcolata in ogni punto dell'onda come differenza tra il valore locale della velocità del suono e della velocità di uscita del fluido, ved. [11].

## Conclusioni

La tecnologia delle diverse componenti di un sistema integrato per CCS è tuttora in fase di sviluppo. La tecnologia di prima generazione per la cattura di CO<sub>2</sub> è altamente energivora ed è costosa da implementare. Per rendere il processo CCS valido sotto l'aspetto econo-

## Tabella 1: condotte esistenti per trasporto di CO<sub>2</sub> su lunghe distanze da sorgenti naturali e antropogeniche

Condotta	Paese	Operatore	Capacità di trasporto (Mt/a)	Lunghezza (km)	Diametro (mm)	Pressione di progetto (bar)	Sorgente di CO <sub>2</sub>	Anno di costruzione
Cortez	USA	Kinder Morgan	19.3	803	762 (30")	186	McElmo Dome	1984
Sheep Mountain	USA	BP AMOCO	6.3	296	508 (20")	132	Sheep Mountain	1983
Sheep Mountain North	USA	BP AMOCO	9.2	360	610 (24")	132	Sheep Mountain	1983
Bravo	USA	BP AMOCO	7.3	350	508 (20")	165	Bravo Dome	1984
Central Basin	USA	Kinder Morgan	20	278	400-650 (16-26")	170	Denver City Hub	1985
Bati Raman	Turchia	Turkish Petroleum	1.1	90	250 (10")	170	Dodan Field	1983
Canyon Reef	USA	Kinder Morgan	5.2	225	400 (16")	140	Impianto di Gasificazione	1972
Val Verde	USA	Petro Source	2.5	130	250 (10")	140	Impianto Gas	1998
Bairoil	USA		8.3	180	324 (12"3/4)	178	Impianto Gas	1986
Weyburn	USA/Canada	North Dakota Gasification Co.	5	328	305-356 (12-14")	152	Impianto di Gasificazione	2000

mico, è imprescindibile sviluppare tecnologie di seconda e terza generazione, allo scopo di ridurre i costi e la richiesta energetica, mantenendo la flessibilità operativa. È necessario acquisire esperienza con progetti in grande scala nel campo della produzione di energia, integrando la cattura della CO<sub>2</sub> e controllando che sia mantenuta la flessibilità operativa. Inoltre, è necessario identificare e implementare la cattura della CO<sub>2</sub> in altre attività industriali, in modo particolare in acciaierie e cementifici.

Il trasporto di CO<sub>2</sub> è una tecnologia consolidata e le relative condotte sono frequentemente utilizzate per il recupero ulteriore del greggio (CO<sub>2</sub>-EOR, *Enhanced Oil Recovery*). Tuttavia, è necessario acquisire ulteriori sviluppi, allo scopo di:

- migliorare la conoscenza della termodinamica del processo, della corrosione e dell'effetto delle impurezze.
- affrontare le problematiche delle avarie delle tubazioni.
- programmare il network della raccolta CO<sub>2</sub>.
- superare la diffidenza della pubblica opinione

## Tabella 2 : Composizioni tipiche di CO<sub>2</sub> da vari processi di cattura

Componente	Post-combustione	Pre-combustione	Oxyfuel
CO <sub>2</sub>	≥ 99 % vol	≥ 95.6 % vol	≥ 90 % vol
CH <sub>4</sub>	≤ 100 ppmv	≤ 350 ppmv	-
N <sub>2</sub>	≤ 0.17 % vol	≤ 0.6 % vol	≤ 7 % vol
H <sub>2</sub> S	Tracce	≤ 3.4 % vol	tracce
C <sub>2</sub> +	≤ 100 ppmv	≤ 0.01 % vol	-
CO	≤ 10 ppmv	≤ 0.4 % vol	tracce
O <sub>2</sub>	≤ 0.01 % vol	tracce	≤ 3 % vol
NO <sub>x</sub>	≤ 50 ppmv	-	≤ 0.25 % vol
SO <sub>x</sub>	≤ 10 ppmv	-	≤ 2.5 % vol
H <sub>2</sub>	tracce	≤ 3 % vol	tracce
Ar	tracce	≤ 0.05 % vol	≤ 5 % vol

sui rischi del trasporto e stoccaggio di CO<sub>2</sub>, dimostrando che la sua conservazione è sicura se è stata effettuata un'adeguata pianificazione e successiva attuazione, comprese le procedure di chiusura e post-chiusura. Comunque, le condizioni geologiche dei siti proposti sono assai varie, per cui è necessaria una loro completa caratterizzazione.

## Riferimenti

- [1] Aspelund, A., Jordal, K., "Gas conditioning - the interface between CO<sub>2</sub> capture and transport", *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Vol.1 (3), pp. 343-354 (2007)
- [2] Gale, J., Davidson, J., "Transmission of CO<sub>2</sub> - Safety and economic considerations", *Energy* 29, pp. 1319-1328 (2004)

# PROPRIETÀ TERMODINAMICHE E DI TRASPORTO DELLA CO<sub>2</sub>

La CO<sub>2</sub> pura a pressione e temperatura ambiente è un gas inodore e incolore; è presente nell'atmosfera per circa il 0,038% in volume. A bassa temperatura è solida; a temperature intermedie (tra -56,5 e 31,1 °C) può essere portata da vapore a liquida per compressione alla corrispondente pressione di liquefazione. Il diagramma di fase, che evidenzia due stati particolari: il punto triplo (5,2 bar,

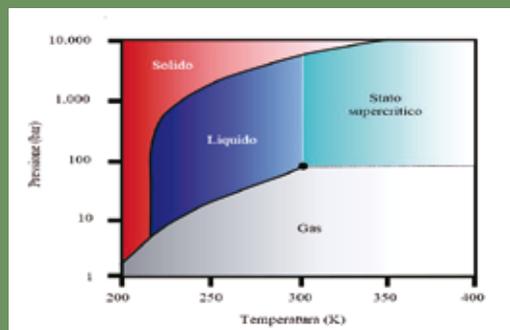


Diagramma di stato della CO<sub>2</sub> pura

-56,5 °C) e il punto critico (73,8 bar, 31,1 °C), è riportato in alto. A pressioni e temperature al di sopra del punto critico, la CO<sub>2</sub> non esiste in fasi distinte gassosa e liquida, ma come fase condensata o supercritica, con la densità di un liquido, ma con la viscosità di un gas. Questo è lo stato più efficiente per il trasporto in condotta. Per averla in tale stato supercritico, la CO<sub>2</sub> catturata deve essere compressa a una pressione superiore alla pressione critica prima del trasporto, che avviene a pressione superiore a 73.8 bar e temperatura superiore a 31.1°C. È importante sia mantenuta la fase singola durante il flusso, per evitare improvvisi cali di pressione, soprattutto se la condotta richiede stazioni di pompaggio intermedie.

In un flusso bifasico si creano problemi per i compressori e altri dispositivi di trasporto, e aumentano le probabilità di avaria della condotta. La presenza di impurezze può comportare la necessità di pressioni operative superiori.

La figura sottostante mostra diagrammi di fase di tipiche composizioni di CO<sub>2</sub> da differenti tecnologie di cattura. Si può osservare un potenziale accadimento di indesiderato flusso a due fasi. La presenza di acqua è dannosa perché induce formazione di acido carbonico, che è assai corrosivo per l'acciaio al carbonio. Prima del trasporto, la CO<sub>2</sub> deve essere anidrificata al di sotto 50 ppm di acqua. Deve anche essere priva di H<sub>2</sub>S, corrosivo per gli acciai carbonio-manganese, generalmente usati per le tubazioni.

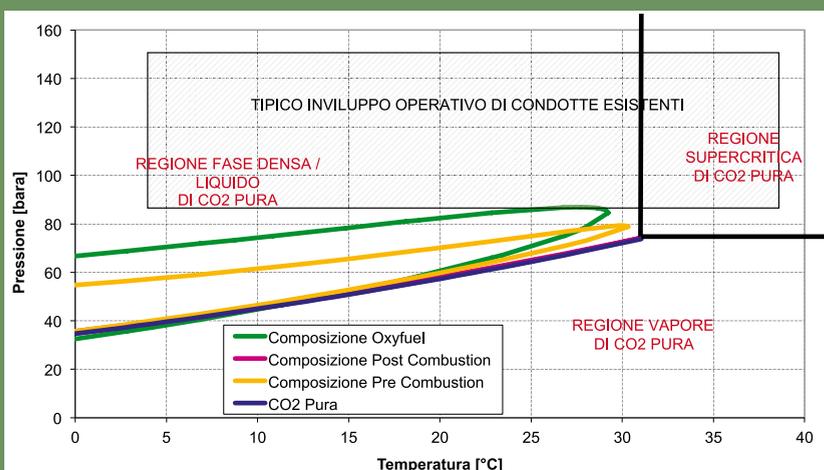


Diagramma di fase di tipiche composizioni CO<sub>2</sub> da processi di cattura, confrontato con tipico involucro operativo di condotte esistenti

[3] Zhang, Z.X., Wang, G.X., Massarotto, P., Rudolph, V., "Optimization of pipeline transport for CO<sub>2</sub> sequestration", Energy Conversion and Management, 47, pp. 702-715 (2006)

[4] IEA GHG, "CO<sub>2</sub> storage in depleted gas fields", Report Number 2009/01, International Energy Agency R&D Programme (2009)

[5] Oosterkamp, A., Ramsen, J. , "State-of-the-Art Overview of CO<sub>2</sub> Pipeline Transport with relevance to offshore pipelines", Polytec Report No. POL-O-2007-138-A (2008)

[6] Mohitpour, M., Golshan, H., Murray, A., PIPELINE DESIGN AND CONSTRUCTION – A PRACTICAL APPROACH 3RD EDITION, ASME Press, New York (2007)

[7] McCoy, S.T., "The Economics of CO<sub>2</sub> Transport by Pipeline and Storage in Saline Aquifers and Oil Reservoirs", Carnegie Mellon University Thesis (2008)

[8] Desideri, U., et al., "Feasibility study for a carbon capture and storage project in northern Italy", Int. Journal of Energy Research 32, pp. 1175-1183 (2008)

[9] Martinez, R., et al., "The EU Geocapacity Project - Saline aquifers storage capacity in Group South countries", Energy Procedia 1, pp. 2733-2740 (2009)

[10] Eiber, R.J., et al., "Fracture Control Technology for Natural gas Pipelines", Battelle Memorial Institute Report No. PR-3-9113, L51691 (1993)

[11] Terenzi, A., "Influence of Real-Fluid Properties in Modeling Decompression Wave Interacting with Ductile Fracture Propagation," Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, 60, No.4, pp. 711-719 (2005)

[12] Wallis, G.B., "One-Dimensional Two-phase Flow", Mc Graw- Hill, New York, USA, (1969)

[13] Carbon Sequestration Leadership Forum Publication, "CSLF Technology Roadmap 2013", (2013)

In collaborazione con IPACK-IMA

# ICheaP-12: l'edizione dell'EXPO 2015

ICheaP-12, International Conference on Chemical & Process Engineering, si terrà presso fieramilano (Rho Pero) dal 19 al 22 maggio 2015.

**S**i tratta della dodicesima edizione di eventi biennali dedicati all'ingegneria chimica e di processo, che è diventato nel tempo un evento importante per il modo accademico e industriale per informarsi sugli sviluppi recenti dell'ingegneria chimica in tutte le sue forme. L'evento è un'opportunità significativa per proficui scambio

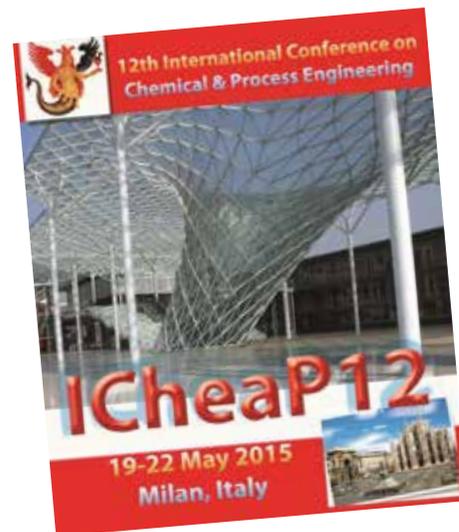
di informazioni "state-of-the-art" sull'industria di processo.

## Un respiro internazionale

La novità importante di questa dodicesima edizione di ICheaP è che si terrà in occasione di EXPO 2015, il che ne amplificherà il respiro internazionale. L'evento si svolgerà durante IPACK-IMA, fiera internazio-

nale di richiamo per i fornitori di tecnologie e materiali per il packaging e il processing ([www.ipack-ima.com](http://www.ipack-ima.com)).

L'International Scientific Committee di ICheaP-12 è formato da Sauro Pierucci (Dipartimento di Chimica, Materiali ed Ingegneria Chimica "G. Natta" del Politecnico di Milano) e da Jiri J. Klemes (Università della Pannonia, Ungheria). Ci racconta Pierucci: "Vent'anni fa AIDIC si prese come incarico di organizzare un Conferenza che ogni due anni offrissi un aggiornamento sullo state dell'arte dell'ingegneria chimica. Nel tempo ICheaP è diventato l'appuntamento più importante in Italia. AIDIC si è sempre presa questo impegno, e devo dire che il successo crescente della manifestazione, edizione dopo edizione, ci ha dato ragione".



La lingua ufficiale della conferenza è l'inglese. Gli autori che desiderano presentare un contributo sono invitati a preparare di abstract di una pagina (che sarà inserita come pagina web) alla Segreteria della Conferenza [www.aidic.it/icheap12](http://www.aidic.it/icheap12) entro il **30 agosto 2014**.

## Le 12 aree tematiche di ICheaP-12

- Food
- Biotechnology
- Biomass
- Nanotechnology
- Environment, Safety, Energy, Quality
- Particle Technology
- Reaction Engineering
- Process System Engineering
- Separation Technology and Transfer
- Fluid Mechanics and Transport Phenomena
- Production and Properties of Materials
- Thermodynamics and Interfacial Phenomena

# Le convenzioni di AIDIC

AIDIC ha recentemente rinnovato gli accordi di Convenzione con alcune importanti Associazioni, con l'obiettivo di scambiarsi informazioni utili per entrambe le parti, condividere progetti, organizzare eventi in comune. Vediamo quali sono e di che cosa si occupano.



## GRICU

Il Gruppo di Ingegneria Chimica dell'Università (GR.I.C.U.) ha lo scopo di promuovere e coordinare gli studi nel campo dell'Ingegneria Chimica e di Processo relativamente ai suoi aspetti teorici, sperimentali, applicativi e didattici nella prospettiva di sviluppo sociale ed economico del Paese. Presidente di GRICU è il Prof. Giuseppe Maschio (Dipartimento di Ingegneria Industriale, DII – Università di Padova (giuseppe.maschio@unipd.it). [www.gricu.it](http://www.gricu.it)



## ANIPLA

Costituita il 20 febbraio 1956, ANIPLA si propone, senza finalità di lucro, di favorire e divulgare in

Italia la conoscenza, lo studio e l'applicazione dell'automazione, considerandola nei suoi diversi aspetti tecnologici, economici e sociali. La sua dinamica attività di promozione, rivolta non solo ai propri Soci, ma anche a mantenere i legami con gli ambienti esterni interessati ai vari aspetti dell'Automazione, ha fatto in modo che l'ANIPLA possa oggi annoverarsi tra le più valide associazioni tecniche e scientifiche operanti in Italia, contribuendo alla progressiva maturazione della cultura tecnica nel Paese. [www.anipla.it](http://www.anipla.it)



## Società Chimica Italiana

Fondata nel 1909 ed eretta in Ente Morale con R.D. n. 480/1926, la Società Chimica Italiana ha lo scopo di promuovere lo studio ed il progresso della Chimica e delle sue applicazioni ed in particolare: favorire e incrementare la ricerca scientifica in tutti i campi della Chimica; divulgare la conoscenza della Chimica e l'importanza delle sue applicazioni nel quadro del progresso e del benessere dell'umanità;

promuovere e favorire lo studio della Chimica nelle Università e nelle Scuole; promuovere in ogni campo lo sviluppo delle Scienze. Per raggiungere questi scopi, e con esclusione del fine di lucro, promuove, anche mediante i suoi Organi Periferici, (Sezioni, Divisioni, Gruppi Interdivisionali), pubblicazioni, studi, indagini, manifestazioni. [www.soc.chim.it](http://www.soc.chim.it)



## Rome Italy Chapter

Il Rome Italy Chapter rappresenta il punto d'incontro di realtà aziendali e accademiche a sostegno della disciplina del Project Management. Si costituisce nel settembre del 1997 dall'idea di 35 appassionati provenienti da diverse imprese e università italiane presso lafe (ora Eni Corporate University). L'appartenenza al Chapter costituisce occasione d'incontro e scambio d'esperienze tra i soci ovvero tra coloro che sono i protagonisti del Project Management in Italia. Obiettivi primari sono il riconoscimento, la promozione e la tutela della professione del Project Manager; lo sviluppo delle professionalità attraverso la divulgazione di programmi di supporto alle certificazioni professionali; la diffusione

della cultura del Project Management tramite la condivisione di conoscenze ed esperienze lavorative. [pmi-rome.org/about/](http://pmi-rome.org/about/)



## Federchimica

Federchimica è la Federazione Nazionale dell'Industria Chimica. Attualmente aderiscono a Federchimica circa 1400 imprese, per un totale di 90.000 addetti, raggruppate in 17 Associazioni di settore, a loro volta suddivise in 40 Gruppi merceologici. Fa parte di Confindustria e, in Europa, del CEFIC, European Chemical Industry Council e dell'ECEG (European Chemical Employers Group). [www.federchimica.it](http://www.federchimica.it)



## ANIMP

ANIMP nasce come luogo d'incontro tra aziende del mondo dell'impiantistica e università e costituisce il punto di riferimento per la filiera. Tra gli associati figurano Società di Engineering&Contracting, PMI fornitrici di materiali e servizi, installazioni e montaggi, end-user, docenti

universitari, professionisti e studiosi, tutti accomunati dal mestiere di progettare e costruire sistemi industriali, grandi opere e infrastrutture. Mission di ANIMP è quella di costruire una rete capace di connettere persone, competenze, realtà imprenditoriali e di studio nel campo dell'ingegneria industriale per elaborare una visione strategica di sviluppo del settore.

[www.animp.it](http://www.animp.it)



**IBIOCAT**

Italian Biocatalysis Center (IBC) è un consorzio di ricerca e sviluppo a carattere misto pubblico-privato avente per oggetto l'avanzamento tecnologico finalizzato a nuovi prodotti o nuovi processi produttivi o al miglioramento di prodotti o processi produttivi esistenti. IBC si propone, riunendo

le competenze e il know-how di alcune realtà industriali e accademiche del settore biotech, di studiare e sviluppare a livello precompetitivo, per conto di aziende di chimica fine, farmaceutiche, alimentari e agrochimiche, la tecnologia necessaria per produrre intermedi e principi attivi mediante l'impiego di processi biocatalizzati a basso impatto ambientale ed energetico. Altri settori di

interesse sono l'individuazione di biocatalizzatori ad alta efficienza da utilizzare in svariati settori industriali e l'applicazione della "biotecnologia bianca" per la produzione di vettori energetici innovativi.

Il consorzio IBC è anche in grado di supportare lo sviluppo di nuovi Farmaci e Dispositivi Medici grazie a diverse attività R&D, Project Management e regolatorie.

[www.italianbiocatalysis.eu](http://www.italianbiocatalysis.eu)

# I prossimi eventi



**14 - 17 settembre 2014**  
Venezia – Italia

**NOSE2014**

4<sup>th</sup> International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control  
[www.aidic.it/nose2014](http://www.aidic.it/nose2014)



**15 - 19 settembre 2014**  
Ferrara - Italia

**Scuola di Dottorato GRICU 2014**

“Risk Analysis: Fundamentals and Applications”  
[www.gricu.it](http://www.gricu.it)



**28 settembre / 2 ottobre**  
Chia (CA) - Italia

**10<sup>th</sup> ESEE**

European Symposium on Electrochemical Engineering  
[www.10thesee.it](http://www.10thesee.it)

## Sede centrale di AIDIC

Via Giuseppe Colombo 81/A  
20133 Milano  
Tel. 02 70608276  
Fax 02 70639402  
E-mail: aidic@aidic.it

## Sezioni regionali AIDIC

### AIDIC Triveneto

Coordinatore:  
Prof. Alberto Bertucco Università di Padova  
DIPIC - Dipartimento di Principi e Impianti  
di Ingegneria Chimica "I. Sorgato"  
via Marzolo, 9  
35131 Padova  
Tel. diretto: 049.8275457  
Segreteria di dipartimento: 049.8275460  
Fax 049.8275461  
E-mail: alberto.bertucco@unipd.it

### AIDIC Centro

Coordinatore:  
Ing. Antonio Razionale c/o QMS srl  
Via Brembate 2  
00188 Roma  
Tel. 06 33630041  
Fax. 06 33611386  
E-mail: aidic@qmsroma.com

### AIDIC Sardegna

Coordinatore: Prof. Giacomo Cao  
Università di Cagliari Dipartimento di Ingegneria  
Chimica e Materiali  
Piazza D'Armi  
09123 Cagliari  
Tel. 070.6755058  
Fax 070.6755057  
E-mail: cao@visnu.dicm.unica.it

### AIDIC Sicilia

Coordinatore: Prof. Alberto Brucato  
Università di Palermo Dipartimento di Ingegneria  
Chimica dei Processi e dei Materiali  
Viale delle Scienze  
90128 Palermo  
Tel. 091.6567216  
Fax 091.6567280  
E-mail: brucato@unipa.it

### AIDIC sud

Coordinatore: Prof. Paolo Ciambelli  
Università di Salerno  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Via Ponte don Melillo  
84084 Fisciano (SA)  
Tel. 089 964185  
Fax 089 964057  
E-mail: pciambelli@unisa.it

## Gruppi di lavoro di AIDIC

<b>Biotechnologie tradizionali ed avanzate</b>	Ing. Enrico Bardone	enricobardone@yahoo.com
<b>Bonifiche dei siti industriali</b>	Ing. Oreste Mastrantonio	o.mastro@libero.it
<b>Carbon Capture and Storage (CCS)</b>	Ing. Ezio Nicola D'Addario	ezio.daddario@libero.it
<b>CISAP</b>	Ing. Simberto Senni Buratti	simbertosenniburatti@ymail.com
<b>Energia sostenibile</b>	Ing. Egidio Zanin	e.zanin@c-s-m.it
<b>Liquid Handling &amp; Filling</b>	Prof. Luciano Piergiovanni	luciano.piergiovanni@unimi.it
<b>Nanotecnologie Chimiche</b>	Prof. Ing. Angelo Chianese	angelo.chianese@uniroma.it
<b>Odori</b>	Prof. Selena Sironi	glodori@aidic.it
<b>Process Engineers Manual e AIDICPedia</b>	Ing. Luigi Ciampitti	luigi.Ciampitti@fastwebnet.it
<b>Recupero e valorizzazione dei residui industriali</b>	Prof. Paolo Centola	paolo.centola@polimi.it

Trimestrale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Chimica

## AIDIC news

e una pubblicazione di:

**AIDICservizi s.r.l.**  
Via G.Colombo, 81/A  
20133 Milano  
Tel.: +39 02 70608276  
Fax. +39 02 70639402

Registrazione presso il Tribunale  
di Milano n.300 del 4 maggio 1996

### DIRETTORE RESPONSABILE

Sauro Pierucci

### COMITATO DI REDAZIONE

Alessandro Gobbi  
(coordinamento editoriale)  
Raffaella Damerio  
Renato Del Rosso  
Manuela Licciardello

### STAMPA

Tipolitografia Trabella S.a.s.  
Via Liberazione, 65/7  
20068 Peschiera Borromeo (MI)

Gli indirizzi di AIDIC sono:  
aidic@aidic.it e www.aidic.it

È consentita la riproduzione di parte  
o di tutti gli articoli di AIDICnews a  
condizione che ne venga citata la fonte.