

## WP Cristallizzazione

# L'attività riprende

di Angelo Chianese, Università di Roma La Sapienza

**D**opo una pausa delle attività di circa tre anni il Working Party Italiano sulla Cristallizzazione ha ripreso le sue attività con una riunione tenutasi il 28 marzo scorso presso il Politecnico di Milano.

Erano presenti 13 tra ricercatori di università italiane ed esperti del settore appartenenti a società di progettazione e industrie chimiche. All'apertura dei lavori il Presidente del WP prof. Angelo Chianese dell'Università di Roma La Sapienza ha giustificato la lunga inattività con la concomitanza degli impegni assunti con la direzione del Gruppo di Lavoro di Nanotecnologie Chimiche AIDIC-SCI.

I partecipanti alla riunione si sono trovati d'accordo per rivedersi periodicamente per aggiornamenti su tecnologie innovative e progetti di ricerca sviluppati nel mondo accademico. Il prof. Chianese ha ricordato la possibilità di partecipare alle riunioni del WP europeo sulla cristallizzazione che si riunisce

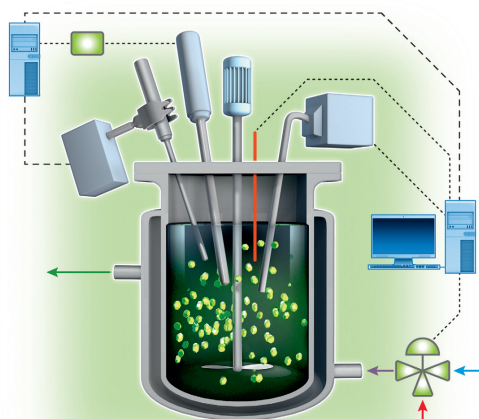
con scadenza annuale, previo specifica richiesta. Quest'anno la riunione del WP europeo si è svolta a Roma presso l'Università La Sapienza il 10 e 11 maggio. I partecipanti provenivano da tutti i maggiori centri di ricerca europei accademici ed industriali. La riunione si è svolta in due fasi: il pomeriggio del 10 maggio è stato dedicato agli aspetti organizzativi, mentre la mattinata dell'11 alla presentazione di argomenti di ricerca e alla visita di un laboratorio di ricerca, quello di produzione di nanoparticelle della Sapienza presso la Labor s.r.l. al Polo Tecnologico Tiburtina.

Nell'occasione, la prof.ssa Beatrice Biscans dell'Università di Tolosa, attuale Chairman del WP, ha fatto il punto sull'International Symposium on Industrial Crystallization - ISIC 18, svoltosi lo scorso settembre presso il Politecnico di Zurigo con la presenza di circa 380 partecipanti. Il prossimo Simposio si terrà a Tolosa nel settembre 2014.

Edited by Angelo Chianese and  
Herman J. M. Kramer

WILEY-VCH

### Industrial Crystallization Process Monitoring and Control



### Le relazioni del WP Italiano

([www.aidic.it/wpc28marzo](http://www.aidic.it/wpc28marzo))

- Studio delle cinetiche di nucleazione ed accrescimento mediante misure ottiche  
*Mariapaola Parisi, Università di Roma La Sapienza*
- Uso di micro-miscelatori per la precipitazione di particelle organiche ed inorganiche  
*Daniele Marchisio, Politecnico di Torino*
- Produzione di nanoparticelle mediante un reattore a disco rotante  
*Angelo Chianese, Università di Roma La Sapienza*
- Progressi sulla cristallizzazione mediante membrane  
*Gianluca Di Profilo, Istituto per la Tecnologia delle Membrane CNR*
- Ottimizzazione, monitoraggio e controllo di cristallizzatori  
*Roberto Baratti, Università di Cagliari*
- Utilizzo di tecnologie di cristallizzazione negli impianti a scarico zero  
*Riccardo Tomassetti, GEA Process Engineering*

## Raffinazione in Europa

# Un passaggio cruciale

Il riproporsi di una nuova crisi nell'industria della raffinazione in Italia e in Europa ha generato una serie di riflessioni e commenti che spesso partono dall'analisi delle grandi crisi degli anni 70 e su come queste siano state superate.

**S**ulla stampa nazionale e internazionale sono apparsi recentemente numerosi interventi che nel descrivere l'attuale condizione del settore della raffinazione europea, hanno impiegato definizioni drammatiche, quali "annus horribilis" o "lenta agonia del settore", oppure hanno prospettato soluzioni ottimistiche per portare la raffinazione europea fuori della palude o proponendo soluzioni pensate per dare respiro a situazioni locali, quali "la ripartenza della raffinazione spagnola (maggiore bilanciamento della capacità produttiva benzina/diesel)". In effetti il settore sta vivendo una grave crisi, che potrà essere transitoria solo

se si avrà la capacità di affrontarne con spirito di appartenenza europea i veri nodi. Il passaggio che si sta attraversando - verso la ripresa o verso l'agonia - è veramente arduo: domanda europea stagnante, pur in un quadro mondiale di crescita dei consumi; competizione internazionale con nuovi "grandi raffinatori" extra-UE; sbilanciamento tra struttura dei consumi europei e della capacità produttiva installata (deficit diesel/ surplus benzine); ridimensionamento o scomparsa dei tradizionali sbocchi all'export delle benzine (principalmente verso gli USA); politiche e normative UE in tema di energia e ambiente a favore di una crescente penetrazione di carbu-

ranti prodotti da fonti rinnovabili, come i biocarburanti, che comportano una progressiva riduzione degli impieghi di carburanti tradizionali.

Le parole d'ordine, oggi come in passato, sono certamente *intervenire* e *razionalizzare*. Ma avendo chiari i termini e le difficoltà del problema.

### **Ristrutturazioni e overcapacity**

In passato, sin dalle crisi degli anni 70 l'industria della raffinazione ha conosciuto molti bassi e pochi alti, per molteplici cause sia politiche che di mercato, che hanno portato nel complesso ad una forte riduzione della capacità di lavorazione e a un profondo riassetto impiantistico, logistico e delle

proprietà. Le crisi vennero affrontate con forti interventi di ristrutturazione che, nel corso degli anni, si tradussero nella chiusura di circa 60 raffinerie europee (EU 15), per una capacità equivalente a oltre 300 milioni di tonnellate. Il sistema europeo si difese riuscendo ad assicurare i fabbisogni interni, potendo anche destinare a mercati extraeuropei una parte cospicua delle sue lavorazioni. Oggi, l'economia mondiale se da un lato sta confermando una crescita dei fabbisogni energetici globali, dall'altro comporta uno spostamento progressivo del loro baricentro, con un peggioramento del posizionamento geografico del sistema produttivo e della logistica europea. Valutazioni





Foto MCCCC

di carattere strategico sia dei nuovi paesi consumatori che dei grandi paesi produttori portano anche alla realizzazione di nuove realtà di raffinazione che, dotandosi delle tecnologie più aggiornate, aumentano ulteriormente le difficoltà di posizionamento competitivo del settore europeo.

Quindi una possibile atrofizzazione degli sbocchi sui mercati extra-europei e una maggior pressione esterna sui mercati interni, per i quali non è prevedibile una ripresa della domanda a causa del carattere strutturale della crisi europea. Il sistema europeo della raffinazione si trova quindi in una fase di forte rischio, se non di certezza, di una nuova overcapacity in presenza sovrappiù di una perdurante congiuntura di logoramento dei margini, che limita la costituzione di risorse da destinare agli investimenti.

### Un settore che rimane strategico

Cosa fare? Certamente da non fare sarebbe il trascurare, per l'Europa, l'aspetto strategico del settore in termini di sicurezza, di bilancia commerciale, di capacità industriale.

E questo chiama in causa le istituzioni comunitarie e nazionali. Certamente sarebbe utile un riassetto del settore, che favorisse o, meglio, consentisse l'uscita dal mercato di alcune capacità produttive europee da individuare tra gli impianti meno competitivi.

Questo genererebbe nel comparto un miglioramento dell'efficienza complessiva e quindi consentirebbe al sistema di meglio reggere il confronto con i nuovi grandi competitors internazionali della raffinazione. Agli attori industriali si richiede la competenza per un'attenta valutazione



Foto Sunoco

dell'adeguatezza e capacità di competere delle proprie raffinerie nel nuovo assetto del mercato internazionale: spostamento della domanda di prodotti verso l'Asia e il Medio Oriente e, nelle stesse aree geografiche, ingresso di nuovi impianti orientati anche alle esportazioni e di più ampia scala e dotati delle migliori tecnologie disponibili.

La valutazione dovrebbe por-

tare ad individuare quegli interventi di ristrutturazione e di razionalizzazione richiesti dal posizionamento competitivo.

È evidente che questi interventi dovrebbero essere condivisi con tutti gli stakeholder a valle della valutazione non solo economica, ma anche delle conseguenze di carattere sociale, strategico e della sicurezza energetica dei paesi europei.





Impianto a tecnologia CCS a Mongstad (Norvegia)



Raffineria in Iraq (AP Photo/Nabil al-Jurani)



Serbatoi di stoccaggio presso la raffineria Erbil

## La mancanza di nuovi investitori

Tuttavia, questa strada, di per sé laboriosa e complessa, pur se condivisibile e auspicabile, da sola potrebbe non essere in grado di condurre il settore fuori della palude. Il mero riassetto del comparto, infatti, se non affiancato da nuovi importanti investimenti volti a incrementare la competitività degli impianti che restano sul mercato, come avvenne durante gli Anni 80, potrebbe non essere sufficiente alla risoluzione dei problemi di competitività del settore e addirittura peggiorare il grado di sicurezza degli approvvigionamenti di prodotti dell'UE 27: la chiusura di parte della capacità produttiva, infatti, comporterebbe strutturalmente una perdita sia di benzine sia di diesel con conseguente peggioramento del deficit UE di quest'ultimo prodotto. In un contesto caratterizzato da domanda regionale decrescente, margini di raffinazione molto ridotti, ridimensionamento del ruolo europeo nel mercato mondiale dei carburanti e quadro normativo esigente e complesso, non è per nulla scontato, anzi sarà molto difficile, che investitori sia europei sia extra-UE siano disposti a scommettere sul futuro del comparto della raffinazione europea effettuando gli ingenti investimenti richiesti.

## Importante intervenire subito

Per agevolare l'ingresso di nuovi capitali all'interno del settore sarebbe auspicabile che l'Unione Europea e i suoi Stati Membri si impegnassero, quanto prima possibile, per la semplificazione delle normative e per la migliore efficienza dell'operato delle istituzioni regionali e locali, sia amministrative che giudiziarie, al fine di creare un ambiente comuni-



tario più favorevole alle produzioni industriali. In un contesto di economia globale in cui i fattori produttivi circolano velocemente per collocarsi lì dove le regole e i costi connessi sono minori, il disallineamento di norme e regolamenti tra aree regionali rischia di portare fuori dall'area UE sempre più produzioni industriali, con la deprecabile conseguenza nel settore dell'energia di tramutare l'Unione Europea da uno dei maggiori trasformatori di risorse energetiche ad uno dei maggiori acquirenti di prodotti energetici. Non intervenire, sia a livello istituzionale sia a livello imprenditoriale e industriale, non è una soluzione intelligente e di prosperità. È, invece, una posizione passiva, per certi aspetti pilatesca, che porterà al lento e conflittuale depauperamento del settore. Se l'Unione Europea non affiancherà alla nuova domanda

di razionalizzazioni una politica industriale più "attraente" nei confronti dei settori produttivi, rischierà di ritrovarsi tra qualche anno con un settore europeo della raffinazione, forse più snello ed efficiente di quel-

lo attuale, ma con un ancor più limitato peso e una minor competitività nei confronti dei concorrenti internazionali del Medio Oriente e dell'Asia. Alla perdita economica e occupazionale, si aggiungerà anche

la perdita di cultura e competenze industriali, in una deriva di declino e marginalizzazione nello scenario mondiale. ■

(Tratto da *Quotidiano Energia* 2-5-2012)

## Un ruolo super partes sui temi dell'energia

WEC Italia è una associazione multi-energy senza fini di lucro con sede a Roma, costituita sotto il Patrocinio del Ministero degli Affari Esteri e del Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato nel 1988. L'Associazione è membro aderente e fondatore del World Energy Council (WEC), la più importante organizzazione internazionale multi-energy oggi al mondo. Il network associativo del WEC Italia raccoglie soggetti industriali, istituzionali e universitari e rappresenta i diversi livelli del settore energetico nazionale: dalla ricerca alla produzione, dalla trasformazione alla distribuzione e commercializzazione di tutte le fonti energetiche, dalle fossili sino al nucleare e alle rinnovabili. Tali caratteristiche hanno conferito all'Associazione un ruolo di soggetto super partes all'interno del settore energetico italiano.

Il WEC Italia promuove la mission e gli obiettivi istituzionali del World Energy Council, partecipa al suo Programma di Studi Internazionali e ne diffonde i risultati in ambito italiano. Partecipa in maniera attiva allo sviluppo del dibattito energetico nazionale e agisce per fornire una informazione qualificata e aggiornata a tutti i livelli e non solo tra gli addetti del settore. Si può richiedere la brochure informativa di WEC Italia inviando una mail a [info@wec-italia.org](mailto:info@wec-italia.org)

## AIDICpedia.it: un portale per scambiarsi informazioni

di Luigi Ciampitti

Dal marzo scorso, AIDICpedia è on line.

Il sito [www.aidicpedia.it](http://www.aidicpedia.it) è un portale web che permette di visionare e rendere interattive le conoscenze di professionisti, docenti e ricercatori universitari, Istituti di Ricerca e membri di Società che sono presenti sul panorama chimico energetico e dell'engineering di processo.

Ora questo sito web risulta essere ancora al suo stato primordiale e si suppone che esso abbia da subito un buon riscontro, proprio per i possibili contenuti di interesse comune a tutti specialisti del settore. Inoltre, sarà possibile in seguito sottoporre le vostre pubblicazioni a un team specialistico che validerà i contenuti.

AIDICpedia offre uno strumento agli operatori del settore per comunicare le loro idee e realizzazioni, per coinvolgere i Soci e i rappresentanti scientifici di AIDIC nell'attività dell'Associazione e per rendere disponibili agli studenti di ingegneria quanto sviluppato dai professionisti senior e dalle aziende.



In questo senso si pensa che AIDICpedia possa rendere disponibili le esperienze del passato coprendo in modo utile per il futuro un eventuale gap generazionale. In via sperimentale è stato costituito un gruppo di lavoro che ha operato in modo autonomo con il contributo di alcuni pro-

fessionisti volenterosi e con il titolo di Process Engineering Manual (PEM).

Per ulteriori informazioni su AIDICpedia si veda nel sito [www.aidicpedia.it](http://www.aidicpedia.it) la sezione *mission*, oppure si contattino i responsabili del progetto (sezione contatti).

## Progettazione ed engineering

# La sicurezza intrinseca in quattro punti

Un impianto a sicurezza intrinseca è un impianto che, per prevenire incidenti, si basa su metodi e processi chimici e fisici piuttosto che su sistemi strumentali o dettagliate procedure di avviamento o esercizio. La sicurezza intrinseca si basa su quattro principi fondamentali (**minimizzazione, sostituzione, attenuazione, semplificazione**), che possono essere implementate in diverse fasi della progettazione dell'impianto.

**N**el ciclo di vita di un impianto di processo possiamo distinguere diversi aspetti della sicurezza in relazione alle diverse fasi di realizzazione e di esercizio dell'impianto stesso. In particolare, è possibile distinguere tre diversi aspetti:

- la sicurezza cosiddetta *intrinseca*, ovvero di progetto, caratterizzata

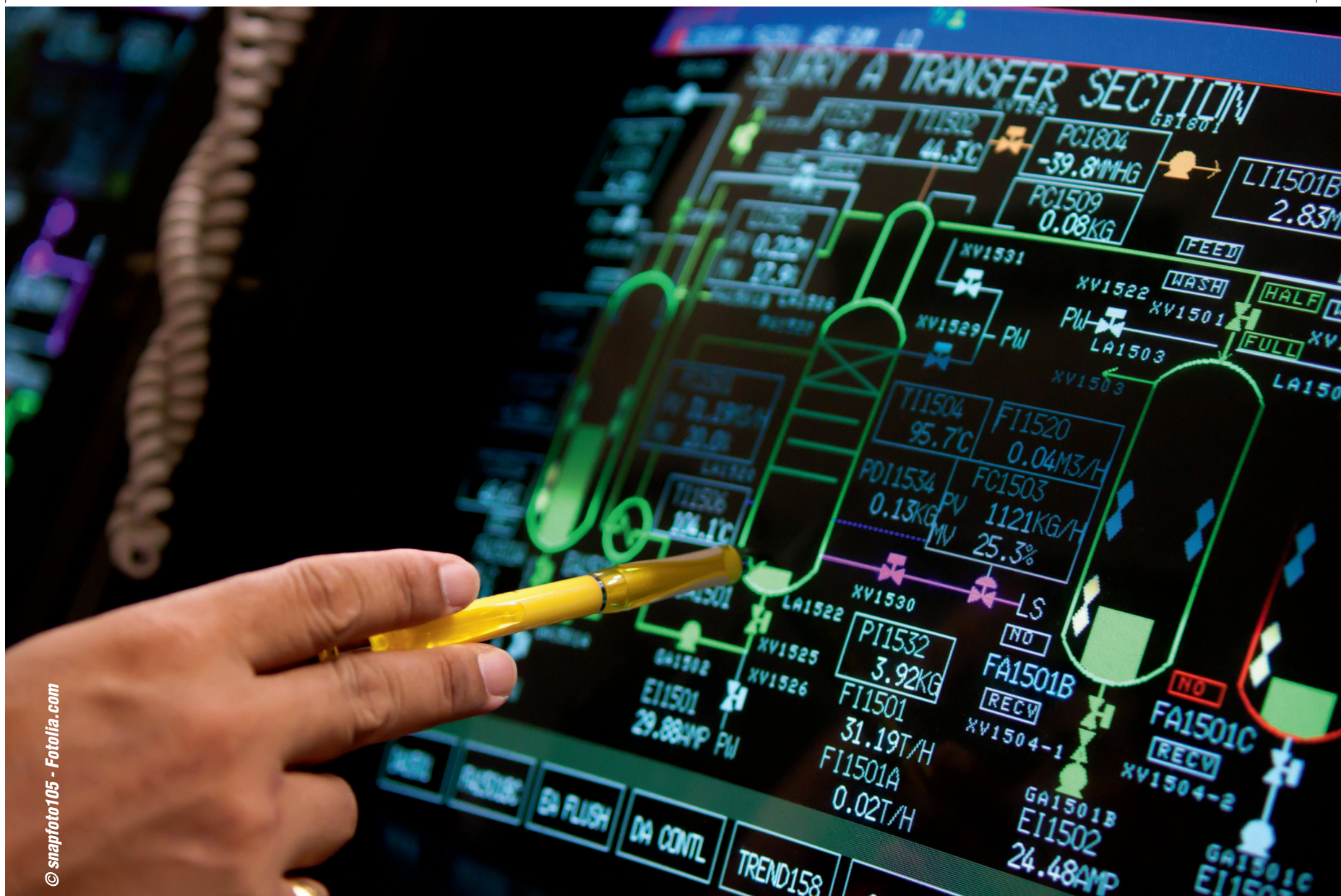
dall'applicazione di tutti gli accorgimenti e le norme, essenzialmente di natura tecnica, che devono essere rispettate fin dalla fase di progettazione di processo, per garantire la sicurezza sia dell'intero impianto che di ogni singolo componente elementare che costituisce l'impianto stesso, ivi inclusi i sistemi di controllo e misura, e gli stessi sistemi di sicurezza;

- la sicurezza *operativa*, ovvero quella in fase realizzativa, che dovrà caratterizzare e contraddistinguere sia la fase di fabbricazione delle apparecchiature che l'attività di cantiere;
- la sicurezza *gestionale*, ovvero quella in fase di esercizio e di manutenzione, che è quella chiamata a garantire che l'impianto possa funzionare correttamente nel tem-

po e a permettere di controllare efficacemente le situazioni di rischio che si potrebbero configurare.

A sua volta, nella progettazione di un impianto si possono distinguere due fasi, la progettazione di processo e la progettazione esecutiva. Si tratta di due fasi diverse tra di loro sia dal punto di vista concettuale (la prima riguarda essenzialmente l'ingegneria chimica, la seconda tutte le altre





© snapfoto105 - Fotolia.com

discipline dell'ingegneria) che pratico (la prima è realizzata generalmente da un process licensor, la seconda da una società di ingegneria).

Nella progettazione di processo, l'obiettivo della prevenzione di incidenti si basa essenzialmente su metodi e processi chimici e fisici piuttosto che su sistemi meccanici e strumentali o su procedure di esercizio (inherent safety design).

La progettazione esecutiva interviene invece laddove la sicurezza intrinseca non può arrivare, utilizzando le diverse discipline dell'ingegneria e una opportuna componentistica per evitare o limitare gli effetti dei possibili eventi incidentali. La sicurezza in fase di progettazione esecutiva consiste dunque nella realizzazione di un insieme di attività, operazioni od interventi sia di prevenzione e di mitigazione<sup>1</sup>.

In questa analisi ci interesseremo della sicurezza in fase di progettazione di processo, per riassumerne

principi, caratteristiche, vantaggi e relativi, inevitabili, limiti.

Cercheremo inoltre di fare un'opportuna distinzione tra i diversi approcci al problema della sicurezza nelle due fasi della progettazione.

### Sicurezza intrinseca: principi fondamentali

Un impianto a sicurezza intrinseca è un impianto che, per prevenire incidenti, si basa su metodi e processi chimici e fisici piuttosto che su sistemi strumentali o dettagliate procedure di avviamento o di esercizio. Un impianto a sicurezza intrinseca dovrebbe, negli obiettivi degli specialisti del settore, essere perfino in grado di tollerare malfunzionamenti dei sistemi di controllo o errori in fase operativa senza che questi abbiano delle conseguenze sulla sicurezza delle persone, sulle attrezzature dell'impianto o un impatto sull'ambiente.

In effetti, un impianto che non richieda complessi sistemi di controllo e procedure operative elaborate è certamente più facile da costruire e più semplice da gestire. Inoltre, apparecchiature di dimensioni più ridotte, operanti a pressioni limitate possono ridurre notevolmente l'indice di gravità di eventi incidentali. Esamineremo quindi in questo lavoro i principi sui quali si basa l'obiettivo della sicurezza intrinseca, in quale fase della progettazione di un impianto essi possono essere implementati, e i limiti che si incontrano nell'applicazione di detti principi e quindi nel raggiungimento dell'obiettivo. L'obiettivo della sicurezza intrinseca viene perseguito operando su di una serie di fattori, che di seguito esaminiamo.

#### Minimizzazione

Per "minimizzazione" (o "intensificazione") si intende la riduzione delle quantità di materie prime, in-

termedi o prodotti finiti in gioco in ogni attività di processo e quindi nei reattori chimici, negli stoccaggi (anche locali, come separatori di fase, accumulatori di riflusso ecc), nelle tubazioni o nelle operazioni di trasferimento di energia, di trasporto di prodotti ecc. Può considerarsi una minimizzazione anche la scelta di realizzare una reazione chimica in diversi stadi di reazione mediante dei reattori in serie, evitando l'uso di un reattore unico.

La riduzione del volume di un reattore è comunque il parametro chiave del fattore minimizzazione. È però evidente che una modifica in questo senso implica generalmente una riduzione della potenzialità dell'impianto, o la necessità di raddoppiare le linee di produzione, incidendo così sulla fattibilità economica dell'investimento. Tuttavia, la riduzione del volume di un reattore può essere ricercata anche mediante modifica del tipo del reattore: ad



es., i reattori di tipo tubolare sono quelli che, aumentando la velocità spaziale, comportano minori quantità in gioco e permettono anche un migliore controllo della temperatura; nel caso invece, molto frequente, di reazioni che richiedono un riciclo dei reagenti, le quantità in circolazione possono essere talvolta meglio gestite realizzando la ricircolazione mediante un eiettore.

D'altra parte, in una reazione continua, le quantità in gioco sono inferiori rispetto a quelle che si hanno lavorando in maniera discontinua, modalità questa tuttora molto in uso negli impianti di chimica fine e di prodotti organici intermedi (impianti che peraltro presentano un indice di frequenza di incidenti tra i più elevati). Pertanto la reazione continua è dunque preferibile, dal punto di vista della sicurezza, anche negli impianti di limitata potenzialità.

Il concetto di minimizzazione non riguarda solo le quantità in gioco, ma anche altri aspetti della progettazione di processo quali la riduzione di spurghi e drenaggi, la riduzione delle quantità di effluenti liquidi e gassosi, il ripetere il minor numero di volte possibile una procedura operativa pericolosa che, comunque, non possa essere evitata. Dal punto di vista impiantistico, infine, rientrano nella minimizzazione la riduzione del numero dei collegamenti flessibili, dei soffietti, delle spie visive ecc.

### *Sostituzione*

Per "sostituzione" si intende il cambio di reagenti, solventi e catalizzatori con altri meno pericolosi, vale a dire con caratteristiche di infiammabilità, esplosività, tossicità e indici di corrosione inferiori a quelli originali. L'esempio tipico, in questo campo, è la sostituzione, nelle unità di alchilazione per la produzione di benzine o di alchilbenzene lineare, reazione che richiede come catalizzatore un acido forte, del pericolosissimo acido fluoridrico con acido solforico







**Control room di un impianto Tata Steel  
Impianto Combined Cycle Gas Turbine  
Foto Emerson Process Management**

### Applicazione dei fattori della sicurezza intrinseca in fase di processo

	R&D e impianti pilota	Sviluppo del processo	Sviluppo del Basic Design
<b>Intensificazione</b>	X	X	–
<b>Sostituzione</b>	X	X	–
<b>Attenuazione</b>	–	–	–
- nella scelta delle condizioni di reazione	X	–	–
- nel progetto delle apparecchiature	–	X	X
<b>Semplificazione</b>	–	–	–
- nella riduzione della complessità dei processi	–	X	–
- nella semplificazione dei sistemi di controllo	–	X	X
<b>Mitigazione</b>	–	–	X

(e non è che quest'ultimo sia facile da gestire...). L'uso di catalizzatori meno attivi o "passivati" rientra comunque, in generale, nel fattore "sostituzione".

Altri esempi di sostituzione riguardano l'uso di solventi acquosi al posto di quelli organici, la sostituzione del freon e di altri CFC con gas più rispettosi dell'ambiente, l'uso, ancora come solvente, di cicloesano al posto di benzene, ecc.

Inoltre, a parità di pericolosità di materie prime, la modifica di una sequenza di reazione con una che non preveda la formazione di prodotti intermedi pericolosi, o con tendenza a polimerizzare o a decomporsi, rientra nel fattore "sostituzione". Analogamente, una elevata reattività di alcuni reagenti, o prodotti intermedi, con l'O<sub>2</sub> dell'aria, è un buon motivo per valutarne la sostituzione con prodotti a minore interazione chimica.

In questo contesto, va anche considerato che, in un processo di produzione, oltre alla pericolosità di reagenti, solventi e catalizzatori, hanno una incidenza, sulla frequenza e sulla gravità di eventi incidentali, anche parametri termodinamici quali calore di reazione, velocità di reazione, possibilità di reazioni secondarie e rese per passaggio. In particolare, va tenuto presente che una elevata esotermicità di una reazione costituisce sempre un elemento di pericolo, soprattutto se associato ad un malfunzionamento o ad un sottodimensionamento del sistema di rimozione del calore. Limitare questi parametri all'origine mediante procedimenti alternativi è dunque un fattore di sicurezza intrinseca. Ciò però si accompagna inevitabilmente ad un aumento dei ricicli e dunque dei volumi in gioco, aspetti di segno opposto a quelli perseguiti col fattore "sostituzione".

Anche l'uso di tenute meccaniche semplici o doppie, di pompe sommerse o a trascinamento magnetico, o di connessioni saldate al posto di quelle flangiate o filettate, o di materiali che possano lavorare anche al di là delle normali condizioni operative, possono considerarsi delle sostituzioni, ma si tratta, in questi casi, di interventi che riguardano scelte di impiantistica, da valutare in fase di progettazione esecutiva.

Si noti infine che l'adozione della migliore tecnologia disponibile (Best Available Technique) tra quelle economicamente realizzabili, è richiesta anche come condizione di rilascio dell'AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale), cioè del provvedimento che autorizza l'esercizio di un impianto.

#### Attenuazione

Per "attenuazione" si intende ogni misura volta a ridurre l'energia im-

magazzinata in un sistema: detta misura comprende quindi la riduzione dei livelli di temperatura e pressione (incluso l'eventuale uso del vuoto per ridurre la temperatura di ebollizione), l'uso della gravità o la pressione di gas inerti per il trasporto di liquidi instabili, l'uso di stoccaggi refrigerati anziché sotto pressione per liquidi ad elevata tensione di vapore, l'uso di composti pericolosi solo in condizioni o concentrazioni lontane dalla soglia di pericolo ecc. È chiaro che, nel caso di reazioni chimiche, un'attenuazione della temperatura operativa influisce negativamente sulla cinetica (oltre che, per reazioni endotermiche, sull'equilibrio di reazione), mentre la riduzione della pressione comporta, nel caso di reazioni in fase gassosa, un aumento dei volumi delle apparecchiature. Si tratta dunque generalmente di modifiche che, dal punto di vista economico hanno un ritorno solo se si inserisce in un bilancio globale costibenefici anche la valorizzazione della riduzione della gravità dei rischi derivante dalla riduzione della energia immagazzinata.

Il fattore attenuazione è invece particolarmente significativo dal punto di vista impiantistico, dato che comprende, ad esempio, l'isolamento di sistemi ad alto rischio, la creazione di aree confinate per lo stoccaggio di liquidi pericolosi, l'uso di isolanti acustici e di misure atte a prevenire i gravissimi "effetti domino". Peraltro, anche il sistema di raccolta degli sfiati e di convogliamento in torcia può essere considerato un elemento di attenuazione, in quanto permette di evitare la



dispersione di gas infiammabili in atmosfera.

## Semplificazione

La "semplificazione" ha l'obiettivo di ridurre la complessità dei sistemi come mezzo per la riduzione dei rischi di errori operativi, di malfunzionamento di sistemi strumentali o, in generale, di sistemi complessi. La semplificazione riguarda i processi, le apparecchiature, i sistemi di controllo e comprende, ad esempio, di:

- l'adozione di sistemi più facili da realizzare e da gestire,
- la scelta di apparecchiature ad elevata affidabilità, cioè con bassi indici di malfunzionamento,
- evitare di fissare livelli di allarme troppo vicini alle normali condizioni di esercizio (allarmi che suonano troppo frequentemente creano assuefazione negli operatori),
- contraddistinguere apparecchiature, valvole e linee con modalità e colori facilmente visibili e comprensibili,
- preparare istruzioni semplici e chiare atte ad evitare l'errore umano,
- aumentare le tolleranze per errori di costruzione o di operazione.

Da notare che "semplificare" per un impianto già in esercizio può significare anche rimuovere eventuali apparecchiature e tubazioni non più inseriti nel processo. La caratteristica principale del fattore "semplificazione" è che, a differenza della maggior parte delle misure proposte con gli altri fattori, non ha di solito controindicazioni di natura economica, ed è quindi un fattore sempre positivo nell'ottica della sicurezza di un impianto.

## Mitigazione degli effetti

La mitigazione, o "limitazione" degli effetti, comprende un numero molto elevato di possibili interventi mirati ad eliminare o, quanto meno, a ridurre le conseguenze di un evento incidentale. Alcuni esempi di interventi mirati alla limitazione degli effetti sono:

- realizzare i bacini dei serbatoi di



stoccaggio in pendenza per allontanare le eventuali perdite dai rispettivi serbatoi;

- evitare sollecitazioni dovute a dilatazioni impedito nelle tubazioni mediante l'adozione di percorsi flessibili (stress analysis);
  - l'ottimizzazione della planimetria dell'impianto in relazione alla direzione dei venti prevalenti e nel rispetto delle distanze minime e dei criteri di sicurezza di natura impiantistica;
  - protezione della sala controllo principale e di serbatoi critici con mura antiesplosione (blast resistant) ecc.
- È chiaro che detti interventi sono tipici delle attività di progettazione da realizzare essenzialmente in fase di progettazione esecutiva, riducendo gli effetti sui ricettori dei possibili eventi incidentali e intervenendo quindi laddove la sicurezza intrinseca non può arrivare.

## Applicazione in fase di processo

Anche all'interno della progettazione di processo, possiamo distinguere delle diverse fasi, nelle quali i principi di sicurezza intrinseca

sopra esaminati trovano diversa applicazione.

La tabella 1 mostra, in riferimento alle fasi di R&D, di sviluppo funzionale del processo e di preparazione del basic design (e quindi dei bilanci di materia e di energia, degli schemi di processo e delle specifiche di processo delle apparecchiature), come detti fattori possano trovare la loro applicazione specifica.

## Conclusioni

Abbiamo esaminato i fattori di possibile intervento su quella chimica e sulla fisica del processo di produzione. L'applicazione di detti fattori in fase di sviluppo di un nuovo processo o di modifica di un processo esistente, è comunemente nota come "sicurezza intrinseca" (inherent safety design). Si è rilevato che si tratta di interventi in grado di incidere in maniera significativa sull'incremento della sicurezza di esercizio, ma che, nella maggior parte dei casi, comportano delle controindicazioni in termini di conversione per passaggio e di potenzialità, e che quindi vanno valutati globalmente nell'ottica della realizzazione dell'impianto.

Detti fattori di sicurezza intrinseca vanno integrati con le attività, anch'esse di prevenzione ma, prevalentemente, di mitigazione degli effetti, da operare in fase di progettazione esecutiva: possiamo quindi definire l'insieme di tutte le suddette attività con il termine più generale di "sicurezza nella progettazione" (safety by design). È solo la sinergia tra le due fasi della progettazione, diverse da un punto di vista sia concettuale sia tecnologico ed eseguite in tempi distinti, che può garantire la massima efficacia nella riduzione della frequenza e della gravità dei rischi del futuro impianto. ■

*L'ing. Giorgio Zerboni è incaricato del Corso di "Sicurezza nella progettazione, costruzione e avviamento degli impianti di processo" presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università La Sapienza di Roma.*

## Riferimenti bibliografici

[1] G. Zerboni *La sicurezza nella realizzazione degli impianti di processo*, Edizioni Ingegneria 2000, gennaio 2012



## Appuntamento con la sicurezza

Dal 3 al 6 giugno 2012 si è svolta a Milano, presso l'ATA Hotel, la 5ª Conferenza Internazionale sulla Sicurezza e l'Ambiente nell'Industria di Processo (CISAP 5). La quinta edizione della Conferenza, organizzata dall'AIDIC, conferma l'evento CISAP quale importante "forum" biennale sulla

sicurezza e la sostenibilità, contribuendo al consolidamento della cultura della sicurezza che è fondamentale per una crescita sostenibile delle imprese. Tale crescita, infatti, non può che basarsi sulla salvaguardia della salute dei lavoratori e della popolazione, sulla sicurezza delle opera-

zioni e sulla protezione dell'ambiente. Come nelle edizioni passate, la Conferenza ha dato l'opportunità di condividere esperienze fra gli esperti italiani e stranieri che trasferiranno le conoscenze e gli ultimi sviluppi nei vari temi che saranno affrontati. In particolare, CISAP5 ha previsto, oltre a plenary lectures e specifici workshop, i seguenti temi in cui saranno suddivisi i contributi (paper o poster) dei partecipanti:

- 1) sicurezza nei processi di combustione
- 2) pericoli nei processi e nelle sostanze chimiche
- 3) analisi delle conseguenze degli scenari incidentali
- 4) analisi dei rischi e dei pericoli
- 5) fattore umano e cultura della sicurezza
- 6) norme e leggi per la gestione del rischio
- 7) analisi degli incidenti e relativi aspetti legali
- 8) Process Development per la sicurezza e la sostenibilità
- 9) sicurezza nei sistemi energetici
- 10) sicurezza nei sistemi di trasporto.

Informazioni più specifiche si possono trovare al link [www.aidic.it/cisap5](http://www.aidic.it/cisap5)



Foto TÜV



Foto TÜV

## Una presenza importante a IPACK-IMA 2012

Dal 28 febbraio al 3 marzo scorso AIDIC ha partecipato alla fiera del packaging IPACK-IMA 2012 con uno stand dedicato e con l'organizzazione di un workshop sul tema "Gli imballaggi in plastica in una prospettiva di sostenibilità - Opportunità e sfide per l'industria del riciclo", in collaborazione con il Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero dei Rifiuti di Imballaggi in Plastica (Co.Re.Pla). In quest'occasione AIDIC ha avuto l'opportunità di farsi conoscere ad aziende, associazioni e privati che intendono rimanere informati e aggiornati sull'evoluzione dell'industria chimica in Italia e in Europa e che desiderano partecipare a un network che mantiene attiva la collaborazione tra i soci, come aziende e università, e permette loro una continua formazione, tramite l'organizzazione di workshop e di congressi internazionali.

In particolare, AIDIC è venuta a contatto con professionisti in ambito industriale (Com.Pack., Valpolymer, Sandvik, Chevron Phillips Chemicals, MERSEN, P&R Holding, Italchimes) e universitario (CNR, Università di Bari, Università di Parma), interessati a conoscere l'associazione, con alcune esigenze specifiche: essere continua-



mente aggiornati sulla direzione dell'innovazione nell'ambito chimico-industriale; avere una possibilità per collaborare con professionisti su temi d'avanguardia nel campo della ricerca e sviluppo. L'ultimo giorno AIDIC ha promosso e organizzato in collaborazione con Co.Re.Pla. un incontro sul tema del packaging sostenibile. Il workshop, inserito nell'ambito tematico "Progettare il futuro. Packaging è qualità di vita", ha avuto l'obiettivo di sviluppare una riflessione sulla crescita applicativa e prestazionale dell'imballaggio in plastica in una

prospettiva globale di sostenibilità ambientale. In pratica si è dibattuto del criterio di una progettazione compatibile con i processi di selezione e riciclo, delle opportunità di utilizzo del materiale riciclato a contatto con gli alimenti, dell'evoluzione della ricerca sulle applicazioni delle plastiche miste, del sistema industriale del riciclo in Italia e in Europa. All'evento hanno partecipato anche esponenti di aziende, quali Piaggio e Ilip, che hanno collaborato con Co.Re.Pla. per produrre soluzioni innovative e sostenibili nel campo dei veicoli e del food contact.



## Centrali nucleari di III Generazione

# Un know-how tutto italiano

L'energia nucleare ha dimostrato ottime prestazioni tecniche ed economiche in molti Paesi, anche se, come per ogni tecnologia in via di sviluppo, continua ad apportare miglioramenti. L'esperienza di molte aziende italiane viene ora utilizzata per lo sviluppo di centrali elettronucleari di nuova generazione.





## III Generazione. tre impianti sviluppati in Italia

Più di 30 aziende italiane sono attualmente impegnate nella costruzione di impianti di III Generazione. Descriviamo più in dettaglio tre impianti significativi.

### [1] La centrale AP1000 (Westinghouse)

La Westinghouse AP1000 è un reattore nucleare ad acqua pressurizzata a due loop con una potenza netta elettrica di 1117 MWe. Si è evoluto dal più piccolo AP600, e fu il primo reattore di III + Generazione design approvato dalla US Nuclear Regulatory Commission (NRC) nel 2005. L'obiettivo principale di questo progetto è stata la semplificazione al fine di migliorare la costruzione, il funzionamento, la manutenzione e la sicurezza dell'impianto. L'impianto AP1000 utilizza sistemi di sicurezza passiva per migliorare ulteriormente la sicurezza degli impianti e per soddisfare i requisiti delle aziende.

### [2] La centrale EPR (Areva NP)

Areva NP (ex Framatome ANP) ha sviluppato un grande (4590 MWt - tipicamente 1750 MWe lordi e 1630 MWe netti) reattore nucleare ad acqua pressurizzata europeo (EPR), che è stato confermato nella metà del 1995

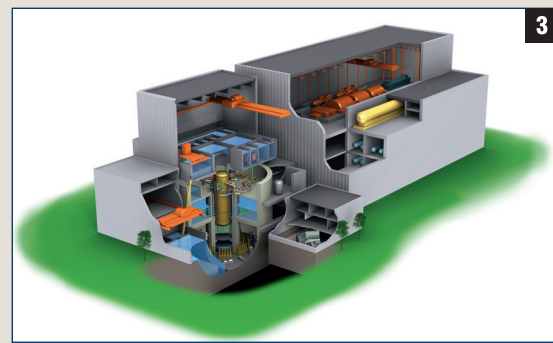
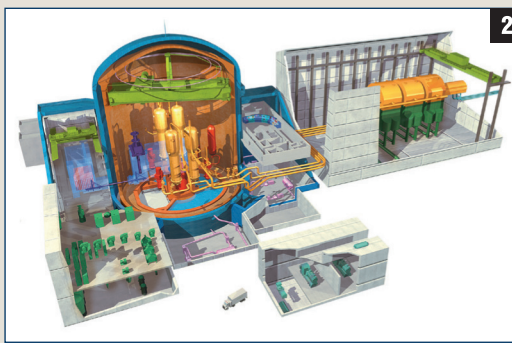
come il nuovo progetto standard per la Francia e ricevette l'approvazione per il progetto francese nel 2004. Si tratta di un progetto a 4-loop derivato dal modello tedesco Konvoi con le caratteristiche del francese N4. I sistemi di sicurezza principali sono organizzati in quattro sotto-sistemi o "treni". Ognuno è in grado di garantire il 100% delle funzioni di sicurezza. Ciascun treno è installato in uno dei quattro edifici di emergenza, separati dall'edificio che ospita il reattore.

Si evita in tal modo il guasto simultaneo dei treni.

### [3] La centrale ESBWR (GE-Hitachi Nuclear Energy)

La ESBWR (Economic Simplified BWR) è una tecnologia di III + Generazione che utilizza le caratteristiche di sicurezza passiva e dei principi a circolazione naturale ed è fondamentalmente l'evoluzione di un progetto precedente, il 670 MWe SBWR [figura 3]. Il sistema di emergenza per il raffreddamento del nocciolo ha eliminato la necessità di pompe utilizzando energia passiva e residua.

Uno dei sistemi di sicurezza passiva ESBWR, il condensatore di isolamento, è stato progettato da Ansaldo, che ha prodotto il primo prototipo.



**D**ato che la maggior parte dei reattori di I Generazione sviluppati negli Anni 50 e 60 sono ormai in disuso i reattori di II Generazione rappresentano la maggior parte delle flotte operative a livello globale. I reattori di III Generazione (e 3+) sono reattori avanzati in costruzione in diversi Paesi, ma non sono ancora operativi, mentre quelli di IV Generazione sono ancora in fase di progettazione e non saranno operativi prima del 2030. Gli obiettivi che questi progetti avanzati hanno in comune sono la maggiore sicurezza e il miglioramento della competitività economica. Gli insegnamenti tratti dagli incidenti nucleari di Chernobyl e

di Three Mile Island (Stati Uniti) sono stati applicati già alle prime fasi di progettazione della centrale di III Generazione con l'obiettivo principale, al riguardo della sicurezza, di ridurre la possibilità di incidenti e di attenuarne le conseguenze nel caso che essi si verificano.

In passato, i requisiti in materia di progettazione e di licenza erano sviluppati su specifiche basi nazionali e anche all'interno dello stesso Paese le diverse società di servizi definivano le proprie esigenze. A partire dagli Anni 80 e dopo la liberalizzazione del mercato dell'energia che ha aperto i confini nazionali per diverse società di servizi, una tendenza verso la standardiz-

zazione globale si è sviluppata tra i fornitori e le aziende fornitrici e di conseguenza i progetti sono adatti per la distribuzione in diversi Paesi. In questo contesto, il documento Utility Requirements (URD), elaborato dalla Electric Power Research Institute (EPRI) negli Stati Uniti e il documento European Utility Requirements (EUR), elaborato dalle più importanti aziende fornitrici europee offrono una direttiva di base e una guida per lo sviluppo di centrali nucleari di nuova generazione. Entrambi permettono di attuare progetti di impianti standardizzati che possono essere offerti in diversi Paesi senza troppe modifiche progettuali.

### Notevole attenzione alla sicurezza

Per la prima volta i requisiti sono direttamente rivolti, non solo agli incidenti dovuti alla progettazione, ma anche a incidenti gravi - vale a dire una serie di eventi improbabili al di là degli incidenti dovuti alla progettazione che comportano gravi danni al nocciolo. Le caratteristiche riguardanti la costruzione sono integrate nella progettazione di impianti avanzati con il duplice scopo di migliorare la prevenzione di incidenti gravi che comportano danni al nocciolo e di limitarne le conseguenze. Alcuni esempi di tali misure preventive sono i seguenti:

- maggiori scorte di acqua (pressurizzatori e generatori di



vapore di grandi dimensioni), densità di potenza inferiori, coefficienti di reattività negative per aumentare i margini e periodi di reazione per gli operatori, riducendo così ulteriori minacce al sistema;

- sistemi di sicurezza ridondanti e diversificati con comprovata affidabilità e una migliore separazione fisica tra i sistemi. Ciascuno dei sistemi di sicurezza principali è suddiviso in sotto-sistemi identici (quattro nella centrale EPR), ciascuno in grado di effettuare l'intera funzione di sicurezza da sé e collocato in un edificio separato con alimentazione elettrica e sistemi di supporto. Questo è al fine di minimizzare il rischio di guasti simultanei di tutti i sistemi di sicurezza a causa di eventi interni (inondazioni, incendi, ecc.) o esterni (terremoto);

raffreddamento passivo e sistemi di condensazione. I sistemi passivi si affidamento

soltanto sulle forze naturali (gravità, circolazione naturale, evaporazione) per realizzare la loro funzione di sicurezza senza l'uso di macchinari attivi (pompe, scambiatori di calore, ecc.). Tali sistemi stabiliscono e mantengono automaticamente le condizioni di arresto sicuro nella centrale, senza l'intervento dell'operatore, a seguito di eventi causati dalla progettazione, incluso il caso di una prolungata perdita di entrambi i fonti di alimentazione AC sia on-site che off-site. Questo riduce al minimo la possibilità che un blackout della centrale causi la fusione del nocciolo;

- una migliore interfaccia uomo-macchina per ridurre l'onere dell'operatore in caso di un incidente.

### Affrontare gli incidenti gravi

La riduzione dei fenomeni di gravi incidenti viene anche presa in considerazione nella pro-

gettazione di nuove centrali:

- eiezione del nocciolo fuso in pressione (HPME) e riscaldamento diretto della struttura di contenimento (DCH): un precoce fallimento causato dall'eiezione del nocciolo fuso in pressione viene impedito da mezzi incorporati per una sicura depressurizzazione del sistema primario prima che si manifesti una fusione totale del contenitore. Il riscaldamento diretto della struttura di contenimento è ridotto al minimo da sistemi di raccolta e isolamento delle scorie a seguito della fusione del nocciolo.

- combustione a idrogeno: grandi strutture di contenimento al fine di ridurre al minimo la concentrazione di idrogeno insieme con l'installazione di accenditori e/o ricombinatori autocatalitici per ridurre il rischio di esplosione dell'idrogeno.

- interazione nocciolo fuso/calcestruzzo: ci sono diverse strategie utili per assicu-

rare il raffreddamento del corium e prevenire l'interazione nocciolo fuso/calcestruzzo. Uno dei concetti prevede un "core-catcher" (salva nocciolo) per raccogliere il nocciolo fuso all'esterno del recipiente a pressione del reattore e raffreddare il materiale fuso. Un altro si basa sul concetto di ritenzione nel contenitore di reazione (e prevede la ritenzione delle scorie del nocciolo fuso nel contenitore di reazione attraverso raffreddamento ad acqua della superficie esterna del reattore) al fine di evitare l'interazione nocciolo fuso/calcestruzzo.

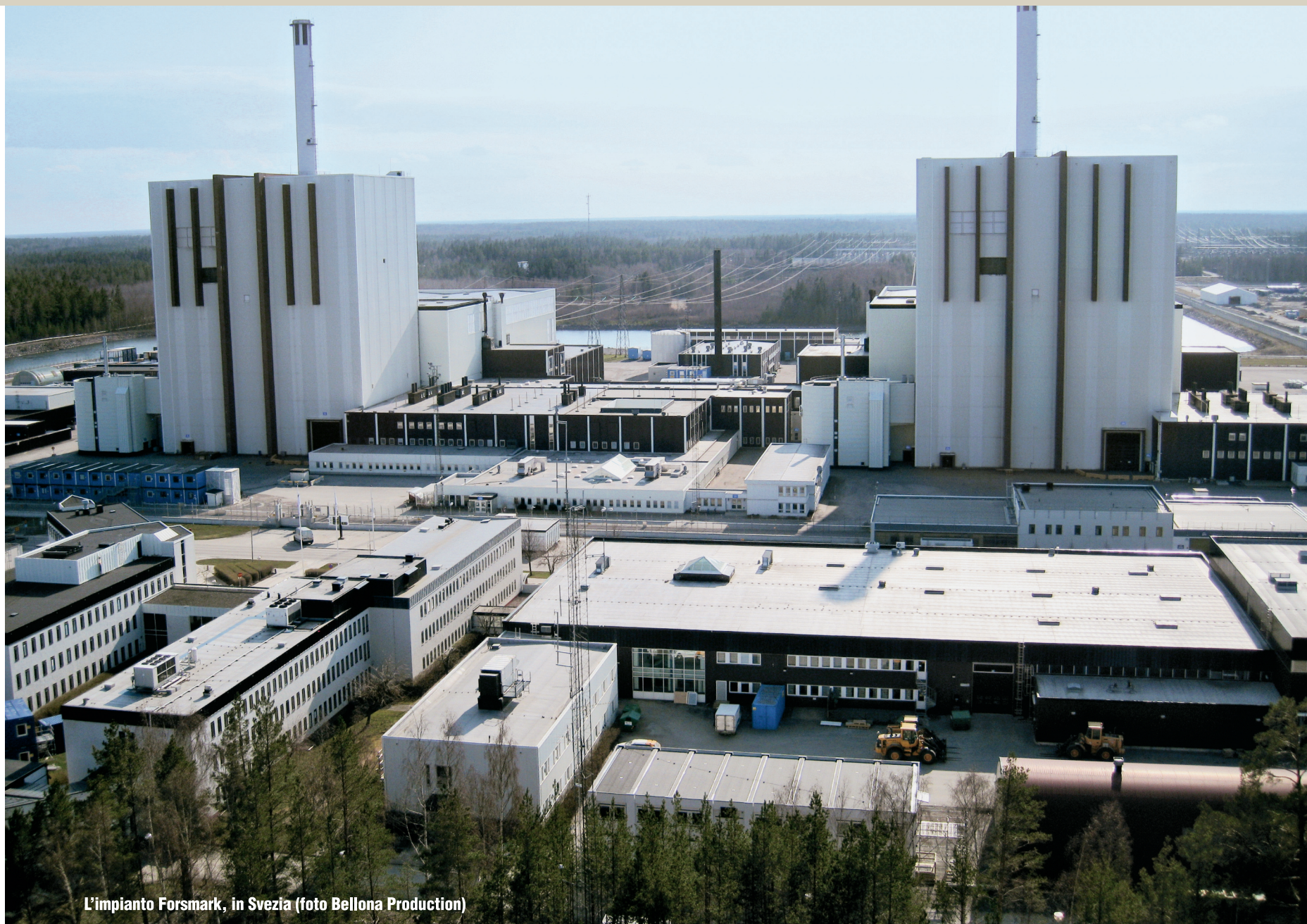
La struttura di contenimento è l'ultima barriera volta a prevenire un'elevata fuoriuscita di materiali radioattivi nell'ambiente. Ciò significa che la struttura esterna di contenimento deve rimanere intatta e a tenuta ermetica in caso di una fusione totale del nocciolo. Alcune tecnologie accettabili per il contenimento primario sono metalliche, cemento armato con rivestimento o calcestruzzo pre-tensionato con o senza rivestimento. Il miglioramento nella progettazione del sistema di contenimento include fattori relativi a una pressione superiore e una bassa dispersione oltre che provvedimenti mirati a proteggere la struttura di contenimento, incluso un sistema di allagamento della cavità del reattore, sistemi di controllo dell'idrogeno e i mezzi per diffondere e raffreddare un nucleo fuso.

I sistemi di contenimento per impianti di III Generazione sono caratterizzati da una struttura di contenimento secondaria che raccoglie eventuali perdite dalla struttura primaria. Inoltre, il contenimento primario è protetto da eventi esterni (compresi esplosione di nubi di gas, incidenti aerei, ecc) da un edificio che agisce da scudo.



Upgrading di turbine presso l'impianto nucleare di Ringhale, in Svezia (foto Siemens)





L'impianto Forsmark, in Svezia (foto Bellona Production)

Dopo l'incidente nucleare di Fukushima, sarà necessario rivalutare criticamente le cause ed i punti deboli individuati dalla sequenza di eventi che hanno portato all'incidente, al fine di accertarsi che le caratteristiche di sicurezza attuate nelle centrali di III Generazione siano adeguate e sufficienti a prevenire incidenti simili e le loro conseguenze su centrali future.

### **L'industria nucleare italiana pronta a competere**

L'Italia è stata pioniera del nucleare civile e già a partire dalla metà degli anni '60 era al terzo posto nel mondo, dopo gli Stati Uniti e il Regno Unito, con il suo avanzato programma di produzione di energia nucleare. Dopo l'incidente di Cher-

nobyl nel 1986, tuttavia, il popolo italiano ha votato a favore di un referendum, che inizialmente chiedeva la limitazione e la sospensione del programma nucleare ma che alla fine fece cessare tutte le attività nel settore nucleare. Tuttavia, anche in assenza di un mercato interno, l'industria nucleare italiana ha mantenuto le sue capacità di progettazione e produzione e dagli anni '90 il nucleo dell'industria nucleare italiana è coinvolto in progetti al di fuori dell'Italia.

Dopo i recenti avvenimenti a Fukushima e le decisioni prese dal governo italiano - vale a dire la recente legge relativa alla concessione di licenze delle centrali nucleari in Italia in fase di abrogazione - il futuro del nucleare in Italia è di nuovo in di-

scussione. Dato che l'industria nucleare italiana ha mantenuto le sue capacità di progettazione e produzione, è pronta a competere nel mercato dell'energia nucleare odierno, che per i prossimi anni si troverà ancora una volta, oltre i confini nazionali italiani. In Cina, Ansaldo Nucleare - in una joint venture con Mangiarotti Nuclear - è stato incaricato di svolgere varie attività di progettazione legate alla struttura di contenimento in acciaio (CV) per la centrale di Sanmen 1 e di assistere alla produzione presso la fabbrica di Haiyang SNPEMC e alla costruzione presso la sede di Sanmen.

Inoltre, la Joint Venture ha progettato e fabbricato il Passive Residual Heat Removal Heat Exchanger (Sistema Passivo

per l'asportazione e la diffusione del calore residuo) installato nella prima centrale AP1000. Nel frattempo, negli Stati Uniti, i lavori di scavo sono già iniziati in due siti, V Summer nella Carolina del Sud e Vögtle nella Georgia, dove le attività di approvvigionamento per entrambi hanno coinvolto aziende italiane. In particolare, IBF si è aggiudicata la fornitura di tubazioni RCL, mentre Mangiarotti si è aggiudicata la fornitura di accumulatori, serbatoi di rifornimento del nocciolo, il Sistema Passivo per l'asportazione e la diffusione del calore residuo e il pressurizzatore.

*Monica Frogheri è stata la vincitrice del Best Paper Awards 2011 alla scorsa edizione di Nuclear Power Europe.*



## AIDIC: indirizzi utili

### Sede centrale di AIDIC

Via Giuseppe Colombo 81°  
20133 Milano  
Tel. 02-70608276  
Fax 02-59610042  
E-mail: aidic@aidic.it

### Sezioni regionali AIDIC

#### AIDIC Triveneto

Coordinatore:  
Prof. Alberto Bertucco Università di Padova  
DIPIIC - 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. Gaetano Iaquaniello 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	enicobardone@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>Nanotecnologie Chimiche</b>	Prof. Ing. Angelo Chianese	angelo.chianese@uniroma.it
<b>Process Engineers Manual e AIDICpedia</b>	Ing Luigi Ciampitti	Luigi.Ciampitti@fastwebnet.it
<b>Pubblicazione "Collocazione ingegneri chimici sul mercato del lavoro"</b>	Ing. Angelo Chianese	angelo.chianese@uniroma1.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

è una pubblicazione di

**AIDICservizi s.r.l.**  
via G. Colombo, 81/A  
20133 Milano  
tel. +39 02 70608276  
fax. +39 02 59610042

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.r.l.**  
via Liberazione, 65/7  
20068 Peschiera Borromeo (MI)

Gli indirizzi di AIDIC sono  
[aidic@aidic.it](mailto:aidic@aidic.it) e [www.aidic.it](http://www.aidic.it)

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