

IN RICORDO DI UMBERTO MINO

# Consegnati a Roma i premi Tesi AIDIC 2015

DI GIORGIO VERONESI

Il 16 maggio si è tenuto il Consiglio Direttivo AIDIC presso l'ENI Refining & Marketing a Roma, preceduto da un'interessante presentazione delle attività di ENI nel campo della raffinazione e dello sviluppo di tecnologie del bottom of the barrel e dei bio-combustibili.

In questa occasione sono stati presentati ai vincitori i premi AIDIC 2015: un premio per tesi di dottorato di ricerca, del valore di 2500 €, e tre premi per tesi di laurea magistrale in ingegneria, del valore di 2000 € per il primo classificato e di 1500 € ciascuno per il secondo e terzo classificato.

AIDIC ha deciso di dedicare i premi Tesi AIDIC 2015 al ricordo dell'Ing. Umberto Mino (nella foto di pagina 2 in alto), Tesoriere e Membro della Giunta Esecutiva dell'AIDIC, prematuramente scomparso l'anno scorso, che ne promosse l'istituzione.

L'importante contributo di Umberto Mino alle attività dell'AIDIC è stato ricordato con affetto da parte del Presidente AIDIC, Domenico Elefante, in apertura della cerimonia. Il concorso riguardava tesi relative a temi connessi all'ingegneria industriale ed in particolare all'ingegneria chimica, a carattere innovativo ed applicativo, per laureati nel periodo dal 1° luglio 2014 ed il 30 giugno 2015.

Il bando è stato pubblicato sul sito AIDIC, con indicazione della composizione del comitato aggiudicatore (2 rappresentanti delle Università individuati dal GRICU - i proff. R.Rota e L.Tognotti - e 2 rappresentanti dell'industria - Domenico Elefante e Giorgio Veronesi), le condizioni di esclusione, in particolare il fatto che nessuno dei componenti del Comitato fosse relatore di tesi di candidati partecipanti al concorso e/o avere relazione di parentela di primo e secondo grado con gli stessi partecipanti al concorso, i criteri di valutazione ed i loro pesi relativi (innovatività dell'idea: 30, utilità sociale: 20, sostenibilità ambientale: 20, fattibilità: 30).



Sono state presentate nei termini 20 tesi di dottorato, provenienti da 10 università: Cagliari (2), Calabria (1), Genova (1), L'Aquila (2), Napoli (5), Padova (1), Palermo (1), Roma (1), Salerno(2) e Torino (2). Per quanto riguarda il genere, si tratta di 11 donne e 9 uomini.

Per le tesi di laurea magistrale, sono stati presentati nei termini 19 lavori, provenienti da 9 università: Cagliari (1), Calabria (1), Delft (1), Genova (1), Napoli (3), Padova (6), Roma (1), Salerno(4) e Torino (1). Per quanto riguarda il genere si tratta di 8 donne e 11 uomini.

Globalmente quindi c'è stata una partecipazione maschile e femminile molto bilanciata, a dimostrazione di un'evoluzione importante del mondo dell'ingegneria, che fino a qualche anno fa era fortemente orientato al maschile. Alla fine del proprio lavoro, il comitato



ha individuato le tesi più interessanti secondo i criteri sopra citati come segue:

**Dottorato**

Lucia Baldino, Salerno, Green processes based on Supercritical CO<sub>2</sub>: application to materials of biomedical interest, relatori Prof. Ernesto Reverchon e Ing. Iolanda De Marco, voto 33.3 su 40, premio da 2500 €.

**Magistrale**

• Marcello Casa, Salerno, Development and Characterization of Graphene-enhanced Thermal Conductive Adhesives, relatori Proff. Maria Sarno e Paolo Ciambelli, voto 30.9 su 40, premio da 2000€.



- Valentina Galetti, Padova, Sintesi di espansi poliuretanicici da polioli ottenuti mediante processo di liquefazione a microonde, relatore Prof. Alessandra Lorenzetti, voto 30.3 su 40. Il premio è di 1500€.
- Paolo Trucillo, Salerno, Produzione di nanosomi mediante una tecnica assistita da fluidi supercritici, Prof. Ernesto Reverchon, voto 30.2 su 40. Il premio è di 1500€.

Tutti i quattro vincitori saranno iscritti a titolo gratuito all'AIDIC nel 2016 e sono invitati a partecipare alle riunioni del Consiglio Direttivo dell'AIDIC. Giorgio Veronesi ha espresso l'augurio che questo primo incontro con AIDIC possa portare negli anni ad un coinvolgimento diretto alle attività della nostra associazione, di cui stiamo cercando di promuovere rinnovo ed aggiornamento.

I tre figli di Umberto Mino, Chiara, Emanuele e Francesco, che gentilmente hanno accettato il nostro invito ad essere presenti alla cerimonia, hanno consegnato ai premiati le buste con copia del bonifico già effettuato a loro favore e ringraziato l'AIDIC per un'iniziativa in linea con il pensiero ed i desideri del padre, che hanno ricordato con commozione. Il Presidente AIDIC, Domenico Elefante, e il Prof. Leonardo Tognotti hanno espresso le proprie osservazioni come membri del comitato aggiudicatore sulle tesi premiate ed in generale su quelle ricevute e valutate, invitando i giovani premiati a continuare le proprie attività di ricerca e professionali con la stessa attenzione ed entusiasmo mostrati dai loro lavori.

Un particolare apprezzamento è stato espresso per l'Università di Salerno, ed in particolare per il Prof. Paolo Ciambelli, Coordinatore della Sezione AIDIC Sud, che, come dimostrato dal successo dei loro candidati, hanno fornito ispirazione e guida ai propri studenti e ricercatori.



## EVENTI AIDIC DEL 2016

**AIDIC** The Italian Association of Chemical Engineering

19-22 June 2016, Giardini Naxos, Taormina, Sicily, Italy

[www.aidic.it/iconbm2016](http://www.aidic.it/iconbm2016)

25 - 28 settembre 2016

### CISAP-7

7th International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry Ischia (NA) - Italia  
[www.aidic.it/cispa7](http://www.aidic.it/cispa7)

Promoted and organised by **AIDIC** The Italian Association of Chemical Engineering

**CALL FOR PAPERS**

### NOSE2016

"5th International Conference on Environmental Odour Monitoring and Control"  
Ischia, Italy, 28-30 September, 2016

Supported by

<http://www.aidic.it/nose2016>

19 - 22 giugno 2016

### IConBM2016

2nd International Conference on Biomass Giardini Naxos, Messina - Italia  
[www.aidic.it/iconbm2016/index.html](http://www.aidic.it/iconbm2016/index.html)

30 giugno 2016

### Giornata di studio per il 40° anniversario dell'incidente di Seveso

Milano - Italia  
[www.aidic.it/40annidaseveso](http://www.aidic.it/40annidaseveso)

Promoted and organised by **AIDIC** The Italian Association of Chemical Engineering

**CALL FOR PAPERS**

### CISAP-7

7th International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry 25th - 28th September 2016, Ischia, Italy

In collaboration with **CISAP** AIDIC Working Group for Safety and Environment in Process Industry

28 - 30 settembre 2016

### NOSE2016

5th International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control Ischia (NA) - Italia  
[www.aidic.it/nose2016](http://www.aidic.it/nose2016)



FOTO PESA.COM.AU

CAPE-LAB (COMPUTER-AIDED PROCESS ENGINEERING LABORATORY)

# Ricerca applicata per ottimizzare i processi

*Fondato e diretto dai professori Massimiliano Barolo e Fabrizio Bezzo, il CAPE-Lab del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova opera con successo nello sviluppo di modelli matematici con l'obiettivo di migliorare le tecnologie dell'industria di processo, rendendole più efficienti e sostenibili. Vediamo in dettaglio quali sono le sue principali attività.*

DI ALESSANDRO GOBBI

CAPE-Lab (*Computer-Aided Process Engineering Laboratory*) è il nome del laboratorio di ricerca e sviluppo che, all'interno del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova, si occupa di ottimizzazione di processi e prodotti dell'industria chimica e di processo. Coordinato dai professori Massimiliano Barolo e Fabrizio Bezzo, CAPE-LAB si occupa di molteplici attività.

## ANALISI DI "BIG DATA" PER IL CONTROLLO DEI PROCESSI

Oggigiorno, misurare in tempo reale lo "stato" di un processo o di un prodotto non rappresenta più un problema. Infatti, le moderne tecnologie dei sensori di misura (dalle semplici termocoppie agli spettroscopi al vicino infrarosso sino alle fotocamere digitali) rendono disponibili dati di processo a una frequenza molto più elevata e a un costo molto più basso rispetto a quanto accadeva solo pochi anni fa. Neppure la capacità di memorizzare i dati costituisce un fattore limitante. Il vero problema è invece riconoscere l'informazione nascosta all'interno di queste masse di dati, e collegarla alle prestazioni del processo produttivo.

In questo campo, il gruppo CAPE-Lab ha sviluppato particolari competenze nell'analisi dei dati di processo (impiegando per esempio tecniche chemiometriche e tecniche di riconoscimento di pattern) e per la generazione di dati massimamente informativi per lo sviluppo di modelli e la comprensione delle interazioni tra processi e prodotti (impiegando metodologie innovative per la progettazione di esperimenti). Attraverso le tecniche di analisi dei dati, l'informazione "nascosta" all'interno dei database storici può venire estratta, fornendo così – sia in tempo reale che retrospettivamente – informazioni utili per monitorare le prestazioni del processo produttivo e la qualità del prodotto.

## "QUALITY BY DESIGN" NELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA

*Quality by design* (QbD) è un approccio sistematico allo sviluppo e alla produzione dei farmaci. Proposto alcuni anni orsono dalle principali agenzie per il controllo sui medicinali (FDA e EMA, ossia U.S. Food and Drug Administration e European Medicines Agency), l'approccio QbD propugna l'impiego di metodi statistici, di analisi e di valutazione dei rischi sulla qualità per sviluppare processi di produzione in grado di garantire "by design" (invece che "by testing") la qualità del prodotto finale. L'approccio QbD mira quindi allo sviluppo e all'implementazione di metodologie, con base scientifica, per la comprensione dell'intero processo produttivo e per l'individuazione degli



attributi critici di qualità e dei parametri critici del processo stesso, in un'ottica di miglioramento continuo del processo.

CAPE-Lab sviluppa tecnologie per l'implementazione pratica di paradigmi QbD. Tipicamente, le competenze di CAPE-Lab riguardano lo sviluppo di modelli statistici multivariati che possano fornire al processista un supporto per diverse attività: migliorare la comprensione del processo (*process understanding*), assistere lo sviluppo di nuovi prodotti (*product design*), fare il passaggio di scala (*scale-up*) di un prodotto, assistere il passaggio dalla produzione batch a una continua, sviluppare sensori virtuali per la predizione della qualità del prodotto, gestire la conoscenza associata a database storici (*knowledge management*). In quest'ambito, il CAPE-Lab ha collaborato con diverse grandi aziende farmaceutiche, sia in Italia che all'estero.

## DIAGNOSTICA MEDICA E MEDICINA PERSONALIZZATA

CAPE-Lab, anche grazie a collaborazioni con gruppi di ricerca in ambito medico, ha acquisito negli anni un'esperienza specifica nello sviluppo di modelli matematici per descrivere determinati meccanismi fisiologici. Il primo obiettivo è sviluppare modelli affidabili per testare "in-silico" terapie che solo successivamente, se dimostrate efficaci, potranno essere implementate "in-vivo" su pazienti reali. Applicazioni tipiche riguardano il dosaggio dell'insulina in pazienti diabetici, di chemioterapici in soggetti affetti da cancro, o di farmaci in soggetti affetti da disturbi della coagulazione. Lo scopo è definire terapie che siano specifiche per il singolo paziente in modo da massimizzarne l'efficacia, minimizzando al tempo stesso il rischio di effetti collaterali. Il secondo obiettivo è lo sviluppo di metodi diagnostici efficaci attraverso la progettazione ottimale di test clinici. In quest'ambito, insieme a un gruppo di ricerca della scuola medica dell'Università di Padova, si stanno mettendo a punto dei nuovi protocolli per la diagnosi della malattia di van Willebrand, un particolare disturbo della coagulazione del sangue.

**ENERGIA E PRODOTTI CHIMICI  
DA FONTI RINNOVABILI**

In questo settore, la ricerca di CAPE-Lab da un lato si focalizza sull'analisi, progettazione e ottimizzazione dell'intera filiera produzione di energia e prodotti chimici, con particolare interesse per le bioraffinerie. Sono presi in considerazione sia la redditività del sistema produttivo che il suo impatto ambientale (in termini di carbon e water footprints). Un aspetto di interesse riguarda l'analisi dell'effetto dell'incertezza (in termini di costi della materie prime, domanda di prodotti, efficienza delle tecnologie) sulla performance generale e sulle scelte strategiche degli investitori.

Dall'altro lato, CAPE-Lab si occupa di modellazione e ottimizzazione dei fenomeni chiave nei processi di trasformazione biologica. Ad esempio, un'area di ricerca molto importante riguarda la coltivazione delle microalghe a scopo energetico o per componenti di interesse per l'industria chimica, alimentare e farmaceutica. L'obiettivo è quello di sviluppare modelli matematici che rappresentino in modo affidabile e riproducibile le dinamiche di crescita, e che possano quindi essere impiegati progettare e gestire in modo ottimale i sistemi di produzione industriale, come i fotobioreattori.

Per capire meglio quali sono le attività di CAPE-Lab, abbiamo rivolto alcune domande al professor Massimiliano Barolo.

**Quali sono i motivi che hanno portato alla nascita di CAPE-Lab?**

Il gruppo di ricerca CAPE-Lab è nato nel 2005 per creare un centro di competenza sui temi dell'analisi, della modellazione, dell'ottimiz-

zazione e del controllo di processo. Fin dalla propria istituzione, il gruppo opera con due principali obiettivi: competere con le più prestigiose università internazionali nel campo della ricerca scientifica, e trasferire al mondo industriale l'innovazione tecnologica generata dalle proprie ricerche.

**In che modo l'individuazione di un corretto modello chemiometrico può portare vantaggi significativi alle aziende che detengono un business process-oriented?**

Il vantaggio principale risulta nella possibilità di rendere immediatamente utilizzabile l'informazione che è contenuta all'interno di serie storiche di dati di marcia. Queste serie storiche sono spesso disponibili presso le aziende, ma non sono di facile analisi. I modelli chemiometrici sono in grado di estrarre automaticamente l'informazione, rendendola utile – per esempio – per migliorare la comprensione del processo e per monitorarne in tempo reale le prestazioni. Va però detto che un approccio di questo genere non è utile solo per i business *process-oriented*, ma anche per quelli *product-oriented*, perché un'analisi chemiometrica può essere un validissimo supporto anche al *product design*, al *process design*, al controllo di qualità, e alla individuazione e contenimento delle fonti di variabilità della qualità in un certo prodotto.

**Come è strutturato il laboratorio all'interno della attività del Dipartimento di Ingegneria Industriale di Padova?**

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova è un polo tecnologico di riferimento per il nord-est del Paese, con attività di studio, ricerca e innovazione che vanno "dalla molecola al satellite". CAPE-Lab opera all'interno di questo polo multidisciplinare, e la propria risorsa principale è il capitale umano.

I membri di CAPE-Lab sono dottori di ricerca, studenti di dottorato e assegnisti di ricerca: persone giovani, brillanti e motivate, orientate all'innovazione, abituate al confronto con la realtà industriale. Io e il collega Bezzo orientiamo e coordiniamo le attività del gruppo, ma i veri artefici dei nostri progetti sono questi giovani. E a noi fa estremo piacere quando, dopo essere stati formati nel gruppo e aver restituito al gruppo la loro passione e competenza, ci lasciano per intraprendere permanentemente la propria attività nel mondo industriale (e, talvolta, anche in quello accademico): siamo parte di una istituzione accademica, e dunque il nostro ruolo è pur sempre quello di formare dei professionisti di alto profilo in grado di operare nel mondo d'impresa.

Al professor Fabrizio Bezzo abbiamo rivolto altre domande.



FOTO ALCHEMY TRADING CO.

**Quali sono i principali filoni di ricerca sui quali CAPE-Lab sta operando con successo?**

Tre dei fronti di ricerca attivi ci stanno dando particolare soddisfazione. Uno è nel campo dello sviluppo di metodi chemiometrici per la determinazione del *design space* (secondo la definizione delle agenzie FDA e EMA) di nuovi prodotti farmaceutici; in questo momento, stiamo collaborando con un'azienda "big pharma" allo sviluppo di una metodologia che permetta di ridurre il carico di esperimenti necessari per individuare il *design space*. I risultati sono molto promettenti. Un secondo filone è quello dell'impiego di modelli matematici in supporto allo sviluppo di terapie personalizzate per alcune particolari patologie umane. Il progetto, condotto in collaborazione con un team del policlinico universitario di Padova, ha recentemente conseguito un prestigioso premio internazionale sull'innovazione scientifica, e mira a sviluppare tecniche innovative per la diagnosi e la cura della malattia di von Willebrand.

Un terzo fronte di particolare successo è quello legato all'energia. CAPE-Lab ha collaborato in diversi progetti industriali che hanno avuto come obiettivo lo sviluppo di nuove tecnologie per la produzione di biocombustibili. Siamo anche molto soddisfatti dei risultati che stiamo ottenendo nella modellazione dei fenomeni fondamentali della fotosintesi nelle microalghe. Grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Biologia a Padova e con alcuni gruppi di ricerca internazionale, abbiamo sviluppato alcuni modelli particolarmente efficaci nella descrizione quantitativa di alcuni dei fenomeni chiave che influenzano la crescita delle alghe. Siamo convinti che potranno presto essere sfruttati sia per la progettazione dei sistemi di produzione, sia anche per selezionare ceppi di alghe più efficienti, inclusi possibili mutanti.

**Ci può raccontare di alcuni temi di ricerca nei quali il contributo degli studi di CAPE-Lab si è rivelato fondamentale?**

Le faccio un paio di esempi di casi di successo di ricerca, che non solo hanno trovato riscontro su importanti riviste scientifiche internazionali, ma che hanno anche avuto una significativa ricaduta industriale. Recentemente, abbiamo messo a punto una metodologia per analizzare in modo automatico serie storiche molto estese di dati relativi alla produzione di prodotti farmaceutici. La metodologia permette di estrarre in modo automatico informazioni sul numero di batch condotti in una certa campagna produttiva, sulla durata effettiva dei batch, sulla presenza di eventuali derive nella produzione, sul numero di anomalie riscontrate durante la campagna. Si tratta, in sostanza, di una metodologia per l'analisi di "big data", che è ora in uso presso una importante azienda farmaceutica per condurre la revisione semestrale delle proprie campagne produttive.

In un altro caso, abbiamo lavorato su un processo industriale per la produzione di vaccini aviari, mostrando come una opportuna analisi dei dati di marcia di un bioreattore poteva portare alla previsione in tempo reale della qualità del prodotto, rendendo possibile un monitoraggio più stringente delle fonti di variabilità della qualità del prodotto stesso, e ponendo le basi per una significativa riduzione dei tempi di lavorazione. Anche in questo caso, i risultati della ricerca sono stati trasferiti a livello industriale.

**Quali sono gli obiettivi strategici di CAPE-Lab nel medio e nel lungo termine?**

L'obiettivo principale è quello di rendere CAPE-Lab un punto di riferimento sia per il mondo industriale che per quello accademico



FOTO MUU E&C

## HANNO COLLABORATO CON CAPE-LAB

- Agroenergia IZ
- ARPA Veneto
- Bayer AG
- Bühler AG
- FasTech
- Fresenius HemoCare Italia
- Grandi Molini Italiani
- GlaxoSmithKline
- Merial Italia
- Moretto Plastics Automation
- Novamont
- Pfizer Worldwide R&D
- Process Systems Enterprise
- Procter & Gamble
- Sipa Plastic Packaging Systems
- Siliconature
- Sirca Industria Resine e Vernici

nell'ambito di alcuni filoni di ricerca e sviluppo. Le nostre competenze nell'ambito "big data" e nella progettazione di esperimenti per lo sviluppo di nuovi modelli sono ormai riconosciute, specie nel settore farmaceutico. Proprio recentemente una importante multinazionale statunitense ci ha contattato proponendoci un progetto di ricerca in cui sono fondamentali le competenze specifiche del gruppo.

Vorremmo, tuttavia, riuscire a trasferire anche ad altri settori industriali le metodologie chemiometriche. Per esempio, il comparto alimentare potrebbe beneficiare enormemente dall'analisi di "big data", tenendo anche conto che alle misure provenienti da sensori tradizionali si possono affiancare quelle che derivano da "sensori" meno convenzionali, come spettroscopi ed anche immagini digitali. Qualche esperienza in questo senso l'abbiamo già avuta, in particolare per la rilevazione automatica delle sofisticazioni alimentari, e riteniamo che ci sia un grande potenziale di sviluppo.

Un altro settore di grande interesse riguarda tutto quell'ambito delle energie rinnovabili e più generalmente della chimica verde, in cui la nostra esperienza nello sviluppo di modelli biologici (ad esempio, nel settore delle microalghe) e di ottimizzazione dei sistemi di produzione potrebbe avere un notevole impatto.

Sul lungo termine, ci piacerebbe che questo approccio diventasse un

patrimonio maggiormente diffuso anche nelle imprese nazionali. Fa infatti pensare il fatto che molte delle nostre collaborazioni industriali in questo campo siano soprattutto con sedi estere di aziende internazionali. È evidente che esistono barriere culturali, alla cui creazione l'Università non è estranea; siamo tuttavia convinti, e il successo delle nostre collaborazioni industriali lo dimostra, che una maggiore integrazione tra ricerca universitaria e strategie aziendali non potrebbe che portare benefici e risultati per entrambe le parti.



Massimiliano Barolo è Professore ordinario di Impianti chimici, e Presidente della Scuola di Ingegneria dell'Università di Padova. Dopo la laurea con lode in Ingegneria chimica, ha lavorato come ingegnere di processo al petrolchimico di Porto Marghera. Ha successivamente (1994) conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria chimica.

I suoi principali interessi di ricerca sono nel campo della chemiometria di processo, dello sviluppo di metodologie "quality-by-design" per l'industria farmaceutica, e della dinamica, modellazione, monitoraggio e controllo di processi chimici e di sistemi biomedici.



Fabrizio Bezzo è Professore associato di Impianti Chimici, e Presidente del Corso di Laurea magistrale in Ingegneria chimica e dei processi industriali presso l'Università di Padova. Ha ottenuto la laurea con lode in Ingegneria chimica e quindi il Ph.D. in Process systems engineering presso l'Imperial College London. Ha lavorato come consulente presso Silicon Graphics (Minneapolis, U.S.A.) e Process

Systems Enterprise (Londra, Regno Unito).

I suoi principali interessi di ricerca riguardano la progettazione di processo e l'ottimizzazione di supply chain nell'ambito delle energie rinnovabili e della chimica verde, la modellazione di processi biotecnologici e farmaceutici, lo sviluppo di metodologie diagnostiche in ambito biomedico.

[max.barolo@unipd.it](mailto:max.barolo@unipd.it)

[fabrizio.bezzo@unipd.it](mailto:fabrizio.bezzo@unipd.it)

[capelab@dii.unipd.it](mailto:capelab@dii.unipd.it)

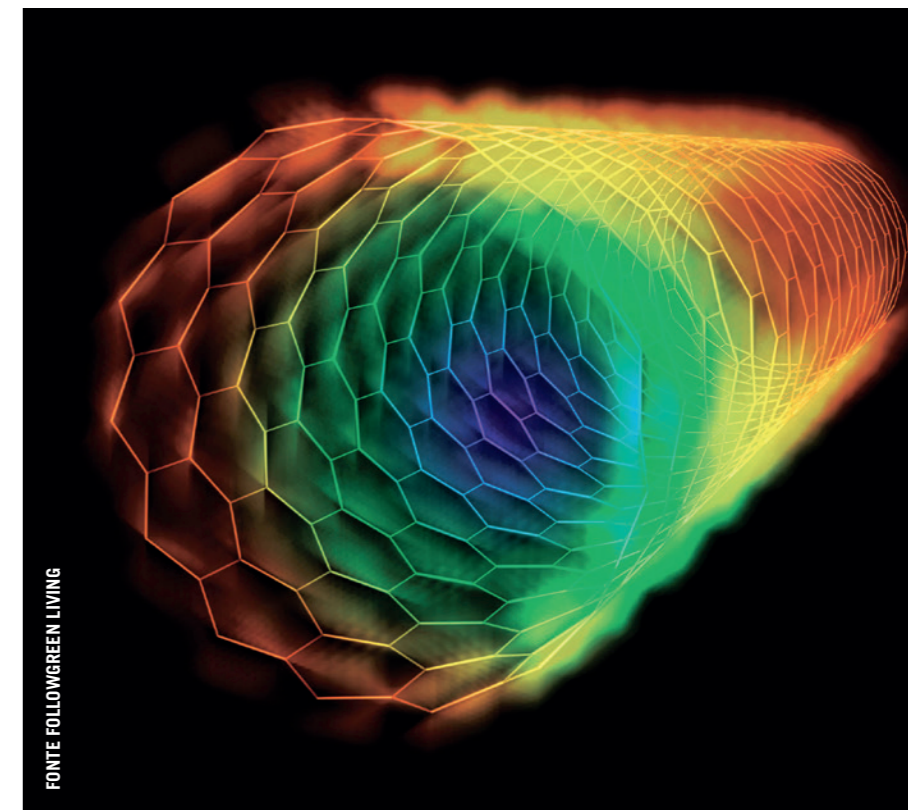
## APPLICAZIONI AMBIENTALI DELLE NANOTECNOLOGIE, UN CONVEGNO A ROMA

Dal 21 al 23 marzo scorsi si è tenuto presso l'Hotel Radisson Blue di Roma la prima edizione della Conferenza Internazionale **NINE – Nanotechnology based Innovative Applications for the Environment** ([www.aidic.it/nine/](http://www.aidic.it/nine/)).

La Conferenza è stata organizzata dal Gruppo di Lavoro Nanotecnologie dell'AIDIC e dal Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'Università di Roma La Sapienza e ha visto la partecipazione di circa 90 iscritti provenienti da 23 nazioni di quattro continenti. Successivamente all'apertura della conferenza da parte dei relativi Chair del comitato organizzatore (Ing. Raffaele Avella) e del comitato internazionale scientifico (Prof. Luca Di Palma e Prof. Angelo Chianese) e la Plenary Lecture tenuta dal dott. Renzo Tomellini della direzione generale Research & Innovation della Commissione Europea, sono stati presentati lavori orali nelle seguenti sessioni tematiche:

- Technologies for the production of Nanomaterials for environment,
- Nanosensors and materials,
- Membrane processes for the environment,
- Nano-based water and wastewater treatment processes,
- Nanostructured materials for advanced remediation processes.

All'inizio delle sessioni principali un invited speaker straniero ha tenuto una presentazione (keynote) riguardante lo scenario del tema di ricerca unico o prevalente che veniva trattato, in particolare il Prof. W. Peukert (Università di Erlangen, Germania) per la sessione delle tecnologie di produzione, il Prof. M. Wessling (Università di Aachen, Germania) per la sessione membrane e il Prof. D. Dermatas (Università tecnica nazionale di Atene, Grecia) per la sessione dei



FONTE FOLLOWGREEN LIVING

materiali nanostrutturati per la bonifica. Le presentazioni orali sono state 39 ed i poster 42.

La pubblicazione dei lavori su Chemical Engineering Transaction è stata curata da Angelo Chianese, Luca Di Palma, Elisabetta Petrucci e Marco Stoller. L'organizzazione della Conferenza è stata curata con efficacia da AIDIC Servizi srl.

### Un'ampia gamma di materiali nanostrutturati

L'impostazione della Conferenza è stata quella di mostrare le applicazioni di materiali nanostrutturati per la depurazione dell'aria, delle acque e dei solidi contaminati, con un approccio rivolto alla soluzione dei problemi ambientali tipico dell'area dell'ingegneria chimica e della chimica industriale.

La formula adottata, senza sessioni parallele, con invited lectures prestigiosi e un selezionato numero di lavori orali si è rivelata efficace sia per la qualità delle esposizioni, sia per la ricchezza del dibattito. Il successo dell'iniziativa ha convinto organizzatori e partecipanti ad organizzare a breve una seconda edizione della Conferenza, a partire già dal 2017.

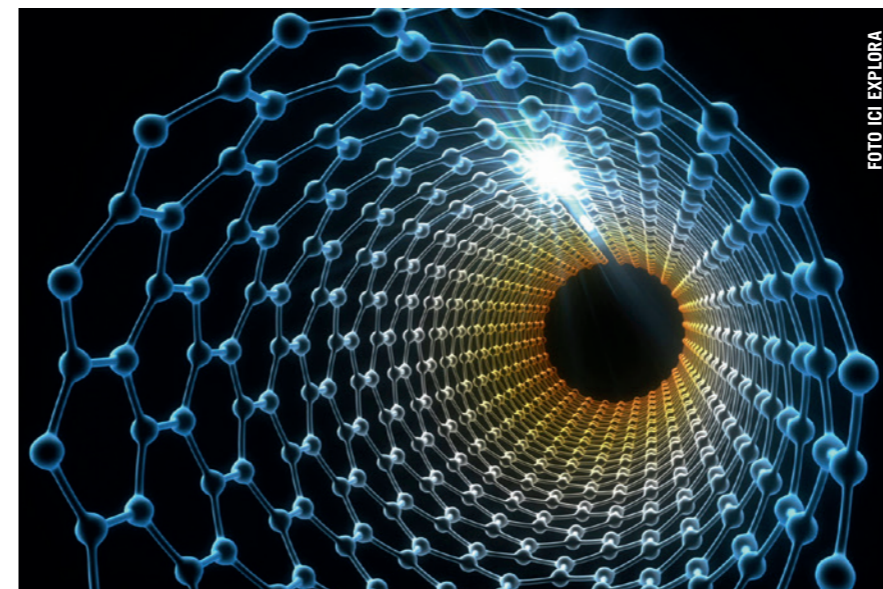


FOTO ICI EXPLORA



## SICUREZZA IN IMPIANTO

# Prevenire le esplosioni delle pompe centrifughe

*Le pompe centrifughe utilizzate negli ambienti di processo, in determinate condizioni, possono esplodere. Si propone un metodo per valutare, in condizioni “dead-headed”, i valori di temperatura e pressione che possono provocare un evento così grave. Si propongono inoltre vari interventi per evitare l’esplosione.*

DI LUIGI GRIPPA, ELENA RONZI

Le pompe centrifughe, quando lavorano per un certo tempo a mandata chiusa, possono esplodere in modo catastrofico, anche quando pompano acqua: è una esplosione fisica <sup>2) 6)</sup>. Internet è ricco di report e fotografie di pompe esplose negli ultimi due decenni; vi si trovano anche spiegazioni sul perché, ma qualitative e a volte approssimate. <sup>3) 5) 8)</sup>

Si propone un metodo per valutare, in condizioni “dead-headed”, le massime temperature e pressioni raggiungibili dal fluido contenuto nella pompa, il tempo necessario per raggiungere le condizioni di esplosione (pressione superiore alla “failure pressure” della pompa), e la potenza dell’esplosione stessa. E si propongono vari interventi per evitare l’esplosione.

Questo articolo espone le basi teoriche, alcuni esempi e le conclusioni. Il “testo completo”, che verrà inviato in omaggio ai richiedenti, include lo sviluppo analitico delle correlazioni, con maggior livello di dettaglio, e 4 fogli di calcolo.

L’esplosione della pompa “dead-headed”, sempre provocata dalla pressione interna, può avvenire secondo diversi meccanismi:

- A. Aumento della temperatura, quindi aumento della pressione causato dalla tensione di vapore del fluido contenuto.
- B. Aumento della temperatura, che innesca una reazione chimica esotermica del fluido contenuto, con conseguente ulteriore aumento di temperatura e pressione.
- C. Aumento della temperatura, diminuzione della densità e quindi aumento di volume del fluido contenuto fino al riempimento totale dello spazio disponibile, e conseguente aumento della pressione idrostatica.

## LA TEORIA, CASO A

Quando una pompa centrifuga lavora con la valvola di mandata chiusa, o con la linea di mandata completamente ostruita, l’energia fornita dal motore provoca il riscaldamento del fluido contenuto nella



FOTO INDUSCO ENVIRONMENTAL

equazione che descrive l'andamento della temperatura in funzione del tempo, ma non è facilmente integrabile. Si procede per incrementi finiti di temperatura o di tempo.

Nel caso l'esplosione avvenga nella situazione di equilibrio, l'energia rilasciata è la massima, e vale

$$E_{espl,max} = VF\rho c_{pf}(T_{eq} - T_{eb}) \quad (12)$$

Se il fluido contenuto nella pompa è un combustibile, è molto probabile che durante l'esplosione fisica, quando i vapori infiammabili vengono rilasciati violentemente all'atmosfera, questi si accendano provocando l'esplosione chimica secondaria da combustione; l'energia rilasciata dall'esplosione chimica è pari a:

$$E_{espl,chim} = \frac{E_{espl} \Delta H_{comb}}{\lambda} \quad (13)$$

**Primo esempio di calcolo.**

Si considera una pompa centrifuga con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale del motore: 3 HP
- Massa della pompa, la parte bagnata: 30 kg, acciaio inox
- Volume interno: 3,28 litri
- Riempimento: 80%
- Superficie esterna della parte bagnata: 0,4 m<sup>2</sup>, nessuna coibentazione
- Fluido pompato: **acqua**, a 25 °C
- Temperatura ambiente: 20 °C

Non avendo a disposizione la curva caratteristica, accetto il valore di default  $P_d = 50\%$  della potenza del motore  $P_d = 50\%$  di 3 HP = 946 kcal/h

Dalla (9),  $T_{eq} = 20 + \left(\frac{946}{2 \cdot 0,4}\right)^{0,7} = 160,8 \text{ °C}$

Per l'acqua i coefficienti di Antoine, con la pressione in atmosfere, sono A=5,16 B=1722,14 C=233,24

Dalla (5),  $\log P_{eq} = 0,78953$   $P_{eq} = 6,16 \text{ bar ass.}$

Valuto l'andamento del fenomeno per 20 step, con incrementi di temperatura di 7 °C.

Dalla (2)  $C_p = 0,00328 \cdot 0,8 \cdot 1000 \cdot 1 + 30 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,12 = 5,03 \text{ kcal/°C}$

Il primo step: calcolo del tempo occorrente perché la temperatura passi da 25 °C a 32 °C.

Dalla (11)  $\Delta t = \frac{5,03 \cdot 7}{946 - 2 \cdot 0,4 \cdot (32 - 3,5 - 20)^{1,43}} = 0,0378 \text{ h}$

Dalla (5)  $5,16 - \frac{1722,14}{32 + 233,24} = -1,33$   $P = 0,046 \text{ bar}$

Ho così ricavato il primo punto delle curve temperatura e pressione in funzione del tempo.

pompa e della pompa stessa. Di seguito le equazioni che permettono di simulare il fenomeno.

Energia entrante nella pompa:  $E_{in} = P_d t$  (1)

Capacità termica della pompa e del fluido contenuto:

$$C_p = VF\rho c_{pf} + m_p c_{pp} \quad (2)$$

Energia dispersa nell'ambiente:  $E_{loss} = hS(T - T_r)^{1,43} t$  (3)

Energia accumulata nella pompa:  $E_{acc} = C_p(T - T_0)$  (4)

Tensione di vapore del fluido contenuto (Antoine):  $\log P = A - \frac{B}{T+C}$  (5)

Bilancio di energia:  $E_{in} = E_{loss} + E_{acc}$  (6)

Energia rilasciata nell'esplosione fisica della pompa:

$$E_{espl} = VF\rho c_{pf}(T - T_{eb}) \quad (7)$$

Dopo un tempo sufficientemente lungo si raggiungerà uno stato di equilibrio, nel quale

$$E_{in} = E_{loss} \quad (8)$$

Dalle (1) e (3) si ricava:

$$T_{eq} = T_r + \left(\frac{P_d t}{hS}\right)^{0,7} \quad (9)$$

Dalla (5) si ricava la  $P_{eq}$ ; i valori  $T_{eq}$  e  $P_{eq}$  sono la temperatura e la pressione massima che la pompa può raggiungere, da confrontare con MAWT e MAWP.

Durante il fenomeno, quando la temperatura vale T, considerando un tempuscolo dt, dalla (6) ricavo:

$$P_d dt = hS(T - T_r)^{1,43} dt + C_p dT \quad (11)$$

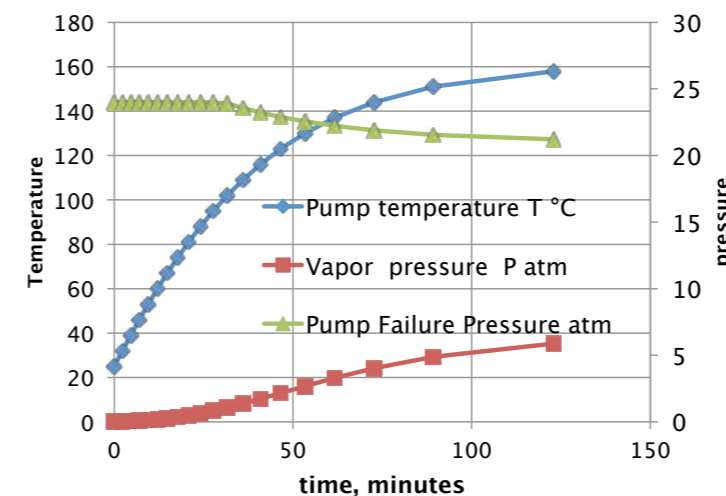


FIG. 3 E 4, GRAFICI DI UNA POMPA DA 3HP CON ACQUA

Per procedere oltre, meglio utilizzare il foglio di calcolo 5.g.2; vedi figura 3.

Dalla (7) si ricava la potenza dell'eventuale esplosione; ad es. dopo due ore, quando la temperatura è pari a 158°C,

$$E_{espl} = 0,00328 \cdot 0,8 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot (158 - 100) = 150 \text{ kcal} = 150 \text{ gTNT}$$

(Vd. Fig. 4)

La temperatura e la pressione massima sono valori tollerati da una pompa industriale di buona qualità e normale stato di usura, e dalle tubazioni connesse alla pompa; inoltre vengono raggiunte dopo un tempo di circa due ore.

**Secondo esempio.**

Diversa è la situazione se la stessa pompa opera con un solvente più volatile, quale il **n-esano**: la  $T_{eq}$  è la stessa, ma è raggiunta in un tempo più breve.

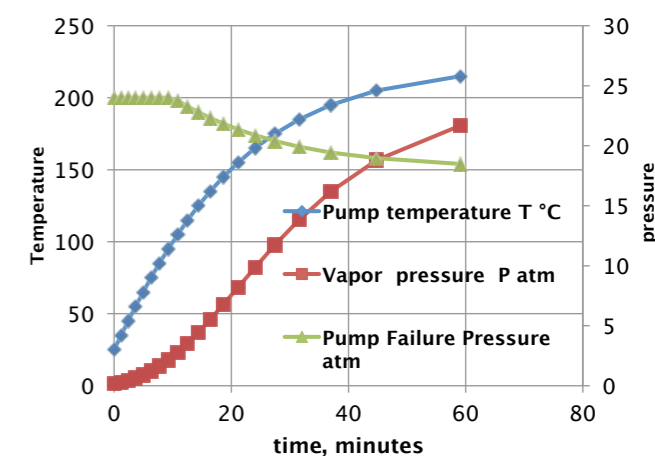


FIG. 5 E 6, GRAFICI DI UNA POMPA DA 5HP CON ESANO

La pressione  $P_{eq}$  risulta 9,1 bar; valore che potrebbe causare la rottura di una parte debole della pompa, ma non l'esplosione della pompa stessa.

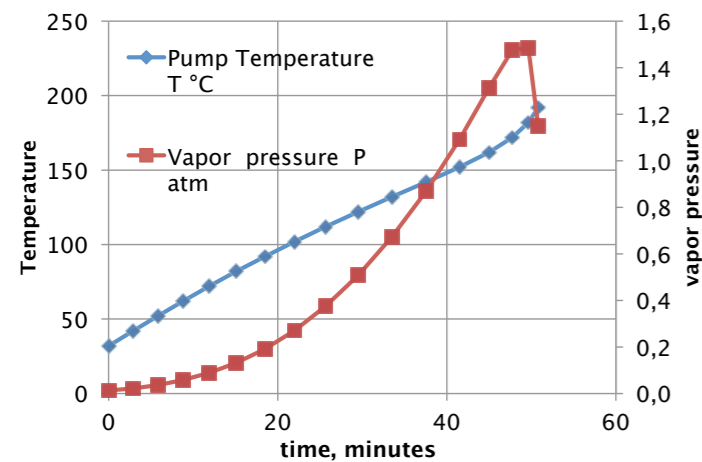
**Terzo esempio.**

Se però sulla stessa pompa metto un motore da **5HP**, la situazione diviene critica, la temperatura può salire a 221°C e la pressione fino a 23,6 bar: potrebbe esplodere. Vedi figura 5.

Nella figura 6 vediamo che la potenza dell'esplosione è inferiore al caso acqua; infatti, dalla (12)

$$E_{espl,max} = 0,00328 \cdot 0,8 \cdot 659 \cdot 0,39(221 - 68,3) = 103 \text{ kcal} = 103 \text{ gTNT}$$

Se, come molto probabile, l'esano emesso come vapore si incendia, l'esplosione chimica da combustione aumenterà il volume dell'esano e dell'aria di combustione di circa 7,5 volte. La stechiometria della combustione mostra che ogni mole di esano richiede 45,2 moli



anche se inibito, attorno ai 100°C, e a 140°C la polimerizzazione diviene veloce, tipo runaway.

Si deve inserire nel bilancio termico l'entalpia di polimerizzazione:

$$E_{pol} = V F \rho R_{pol} \Delta H_{pol} t \quad (14)$$

Nel caso dello **stirene** la velocità di polimerizzazione è valutabile con l'espressione, ricavata dalla elaborazione di dati sperimentali,

$$\log R_{pol} = 0,028 T - 2,33 \quad (15)$$

Il bilancio di energia diviene:

$$E_{in} + E_{pol} = E_{loss} + E_{acc} \quad (16)$$

L'equazione risultante viene elaborata per piccoli incrementi di temperatura. Nel calcolo della tensione di vapore, occorre tenere presente che, con il procedere della polimerizzazione, diminuisce la frazione molare del monomero nel quale è disciolto il polimero.

Il foglio di calcolo 5.g.3 riprende quello del caso A, con aggiunta l'equazione (16). Nel seguito è riportato un esempio con una pompa Gould, 3"x4"-10, motore 20 HP, riempimento iniziale 80%.

In fig. 7 è riportato l'andamento della temperatura: all'inizio è uguale al caso senza reazione, poi accelera quando la polimerizzazione diviene veloce. La pressione cresce, ma alla fine diminuisce, essendo scesa la frazione molare del monomero. Nella fig. 8 c'è il confronto diretto dei due andamenti di temperatura.

In fig. 9 è il dettaglio dei vari contributi energetici: l'entalpia di reazione cresce esponenzialmente quando la temperatura supera i 140°C, l'energia dispersa nell'ambiente cresce lentamente, l'energia accumulata dapprima diminuisce, poi sale rapidamente con l'accelerazione della reazione chimica.

Nell'esempio sviluppato la pressione massima raggiunta è modesta, non vi è rischio di esplosione.

### Caso C

Quando l'aumento della temperatura è elevato, diminuisce molto la densità del fluido contenuto nella pompa e quindi aumenta il riempimento fino eventualmente ad arrivare al 100% del volume disponibile. A tal punto un ulteriore aumento di temperatura provoca un altissimo aumento della pressione, dovuto alla scarsa comprimibilità dei liquidi, e quindi la rottura o l'esplosione della pompa, in tempi più rapidi rispetto a quando l'esplosione avviene per l'aumento della tensione di vapore.

Ad esempio per l'acqua il passaggio da 20 a 100°C comporta un aumento di volume del 4% e, nel caso il riempimento fosse fin dall'inizio il 100%, aumento della pressione idrostatica a 900 atmosfere!

Una pompa centrifuga viene avviata con le valvole di aspirazione



ALCUNE IMMAGINI DI POMPE CENTRIFUGHE CHE HANNO SUBITO FENOMENI ESPLOSIVI

e di mandata chiuse. È noto il riempimento iniziale di liquido, assunto uguale per la pompa e per le tubazioni adiacenti; la fase gas contiene vapori del liquido all'equilibrio ed aria ad una pressione parziale nota.

Le correlazioni e i parametri utilizzati per descrivere il fenomeno, al crescere della temperatura, sono :

- Densità e tensione di vapore del liquido contenuto nella pompa: Perry's, 7<sup>th</sup> ed., tab. 2-30 e tab. 2-6
- Equazione dei gas perfetti per la densità dei vapori e dell'aria
- Coefficiente di dilatazione termica dell'acciaio, per valutare l'aumento del volume interno della pompa
- Coefficiente di comprimibilità del liquido

Durante il funzionamento a mandata chiusa, si considera che il liquido all'interno della pompa si riscaldi, la densità diminuisca e quindi il volume "caldo" aumenti; mentre si assume che il liquido nel piping rimanga alla temperatura iniziale. Per il dettaglio delle assunzioni e dei calcoli, si rimanda al "testo completo".

Il calcolo viene effettuato per incrementi finiti della temperatura, a partire dalla temperatura iniziale fino a quella critica. Il foglio di calcolo 5.g.4 simula il comportamento dei volumi, delle masse, delle densità e della pressione totale, ma non da alcuna informazione sui tempi; tale informazione può essere ricavata, almeno come ordine di grandezza, dal foglio 5.g.2

Quando la somma dei volumi liquidi eguaglia il volume totale di-

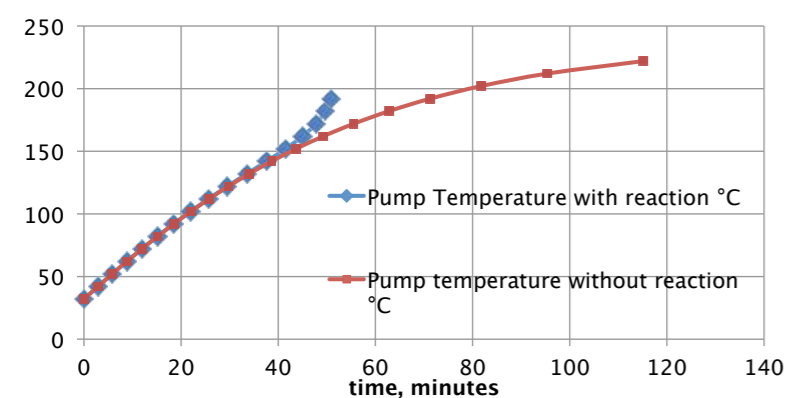


FIG. 7 E 8, POMPA GOULD, 3"x4"-10, MOTORE 20 HP, RIEMPIIMENTO INIZIALE 80%

di aria e produce 8,5 m<sup>3</sup> di fumi, per cui il volume dopo la combustione diviene 117 m<sup>3</sup>! La potenza massima dell'esplosione chimica risulta dalla (13)

$$E_{espl, chim} = \frac{103 \cdot 10684}{86,54} = 12700 \text{ kcal} = 12,7 \text{ kgTNT}$$

quindi 120 volte superiore alla potenza che ha provocato l'esplosione della pompa.

L'esplosione fisica ha distrutto la pompa, ma l'esplosione chimica potrebbe, se la pompa è in un ambiente chiuso, distruggere l'edificio.

### Caso B

Quando la pompa contiene una sostanza chimica che ad alta temperatura può reagire, la situazione è più complessa. Un caso frequente è il trasporto di monomeri, ad esempio stirene: inizia a polimerizzare,

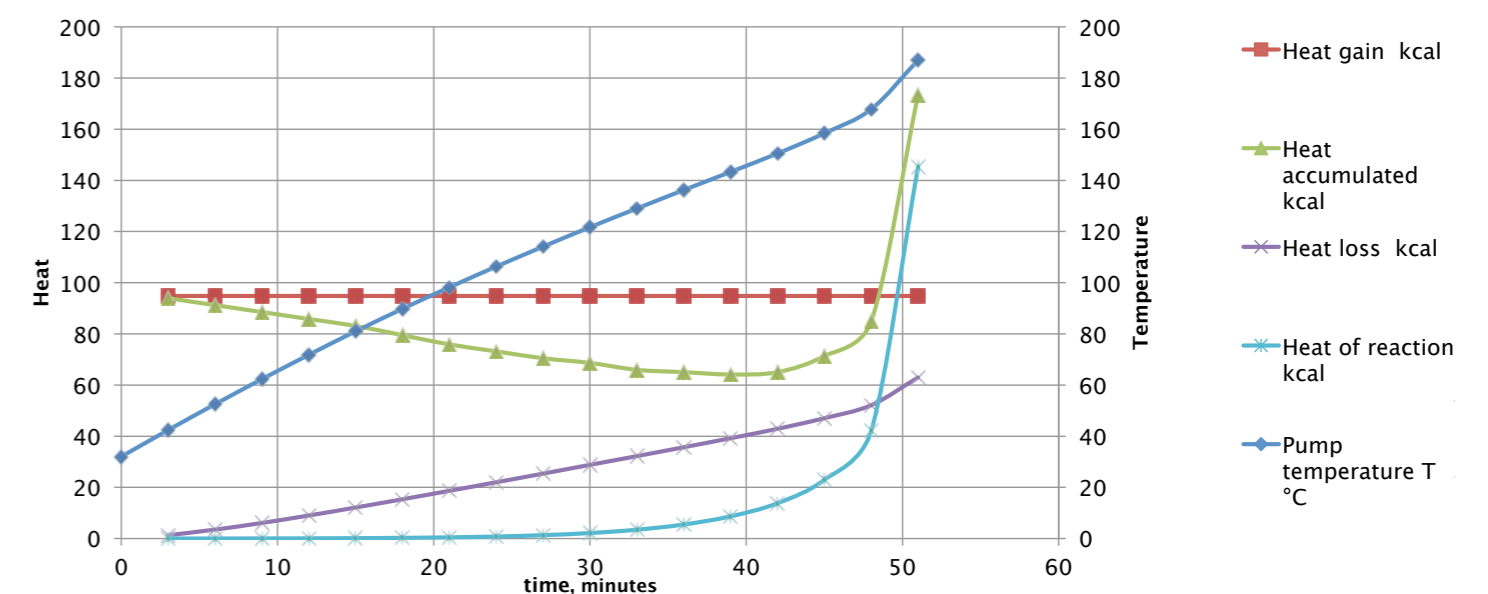


FIG. 9, DETTAGLIO DEI VARI CONTRIBUTI ENERGETICI



## NOMENCLATURA E NOTE

Simbolo	Unità di misura	Descrizione, assunzioni, valori di default, note
<b>A, B, C</b>		Coefficienti dell'equazione di Antoine
<b>C<sub>p</sub></b>	kcal/°C	Capacità termica del sistema pompa e fluido contenuto (la parte che si riscalda rapidamente)
<b>C<sub>pf</sub></b>	kcal/kg °C	Capacità termica iniziale del fluido contenuto nella pompa, assunta costante
<b>C<sub>pp</sub></b>	kcal/kg °C	Capacità termica del materiale della pompa, assunta costante
<b>E<sub>acc</sub></b>	kcal	Energia accumulata nella parte della pompa che si riscalda
<b>E<sub>espl</sub></b>	kcal = g TNT	Energia rilasciata in caso di esplosione. Per convenzione si è assunto che 1g TNT (trinitrotoluene) sviluppi 4186 J cioè 1 kcal.
<b>E<sub>espl. chim</sub></b>	kcal = g TNT	Valore massimo dell'energia rilasciata in caso di accensione del fluido emesso come vapore
<b>E<sub>in</sub></b>	kcal	Energia entrante nel corpo della pompa
<b>E<sub>loss</sub></b>	kcal	Energia dispersa nell'ambiente. Deve essere un numero positivo; si assume che la temperatura iniziale del fluido contenuto nella pompa sia superiore alla temperatura ambiente. Se $T_0 < T_r$ , si calcola a mano il tempo necessario per riscaldare fluido e pompa da $T_0$ a $T_r$
<b>E<sub>pol</sub></b>	kcal	Energia della polimerizzazione
<b>F</b>	%	Riempimento iniziale del volume interno della pompa. Nei casi A e B si assume che il riempimento iniziale non sia totale, in modo da poter assorbire l'aumento di volume dovuto alla dilatazione del liquido al crescere della temperatura.
<b>FP</b>	atm	Pump Failure Pressure. È la pressione alla quale la pompa può rompersi o esplodere. Come default si è assunto il triplo della MAWP, ridotto man mano che la temperatura sale.
<b>h</b>	kcal/m <sup>2</sup> h °C	Coefficiente di scambio termico con l'ambiente, per convezione naturale e per irraggiamento; assunto costante. Valore di <b>default</b> : 2 kcal/m <sup>2</sup> h °C
<b>MAWP</b>	atm	Maximum Allowable Working Pressure, funzione della tipologia della pompa.
<b>MAWT</b>	°C	Maximum Allowable Working Temperature
<b>m<sub>p</sub></b>	kg	Massa della parte della pompa che si riscalda rapidamente, quella bagnata. Nella realtà non tutto il corpo della pompa si riscalda rapidamente, come <b>default</b> si propone che un terzo della massa non si riscaldi rapidamente.
<b>P</b>	bar	Tensione di vapore del fluido contenuto nella pompa. Oppure pressione totale.
<b>P<sub>d</sub></b>	kcal/h	Potenza consumata dal motore quando la portata è zero. Valore di <b>default</b> : 50% della potenza nominale del motore.
<b>P<sub>eq</sub></b>	bar ass	Pressione massima raggiunta all'equilibrio
<b>Q</b>	m <sup>3</sup> /h	Portata (nel caso pompa con riciclo esterno)
<b>R<sub>pol</sub></b>	% / h	Velocità iniziale di polimerizzazione
<b>S</b>	m <sup>2</sup>	Superficie esterna del corpo della pompa, la parte bagnata all'interno e non coibentata. Si assume che la parte coibentata non disperda nulla.
<b>t</b>	ore	Tempo
<b>T</b>	°C	Temperatura del fluido contenuto nella pompa
<b>T<sub>0</sub></b>	°C	Temperatura iniziale del contenuto della pompa
<b>T<sub>eb</sub></b>	°C	Temperatura di ebollizione del fluido contenuto nella pompa, a pressione atmosferica.
<b>T<sub>eq</sub></b>	°C	Temperatura massima raggiunta all'equilibrio
<b>TNT</b>	g / kg	Tri Nitro Toluene
<b>T<sub>r</sub></b>	°C	Temperatura dell'ambiente attorno alla pompa
<b>V</b>	m <sup>3</sup>	Volume libero della pompa, compreso fra la flangia di aspirazione e quella di mandata.
<b>β</b>	1/atm	Comprimibilità del liquido
<b>ΔH<sub>comb</sub></b>	kcal/kmole	Potere calorifico inferiore del fluido contenuto nella pompa
<b>ΔH<sub>ev.</sub></b>	kcal/kmole	Entalpia di evaporazione del fluido contenuto nella pompa, alla temperatura di ebollizione
<b>ΔH<sub>pol</sub></b>	kcal/kmole	Entalpia della polimerizzazione
<b>ρ</b>	kg/m <sup>3</sup>	Densità iniziale del fluido contenuto nella pompa, assunta costante nei casi A e B.

sponibile, e quindi il volume disponibile per la fase gas scompare, la pressione sale rapidamente grazie alla quasi incomprimibilità del liquido, e la rottura o l'esplosione diviene prossima (Vd. fig. 10 e 11).

### Considerazioni generali

- 1) La rottura catastrofica della pompa, chiamata esplosione, avviene, per frattura del corpo pompa oppure, in rari casi, per rottura dei tiranti di assemblaggio, quando la pressione interna supera la "Pump Failure Pressure". Più frequentemente, quando la temperatura e la pressione raggiungono valori elevati, può avvenire il cedimento di un **punto debole**, che scarica la pressione ed impedisce l'esplosione. Tipici punti deboli possono essere la tenuta sull'albero rotante, le guarnizioni del corpo pompa, le guarnizioni sulle linee di aspirazione e mandata, il rivestimento interno della pompa, le valvole, il filtro, le connessioni strumentali.
- 2) **Conseguenze** della rottura del corpo della pompa:
  - Quando la temperatura è inferiore a quella di ebollizione del

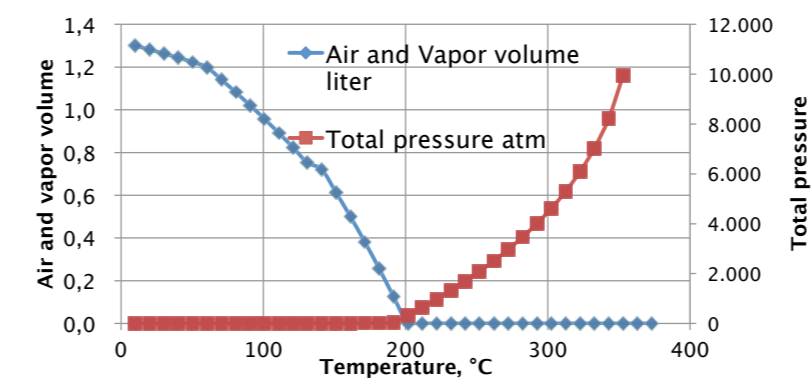
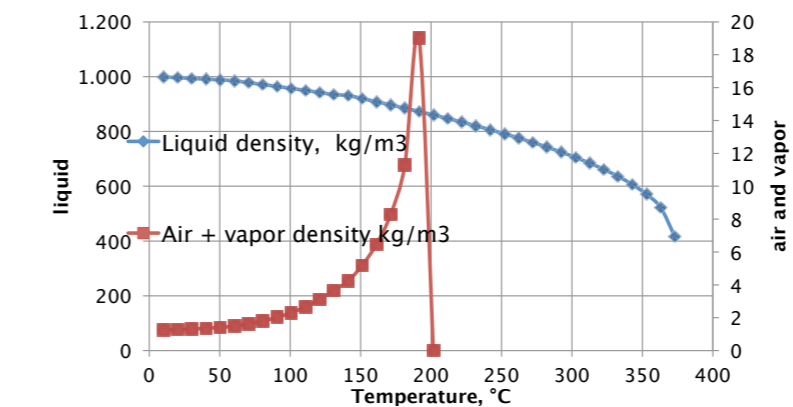


FIG. 10 E 11, ACQUA, RIEMPIMENTO 90%



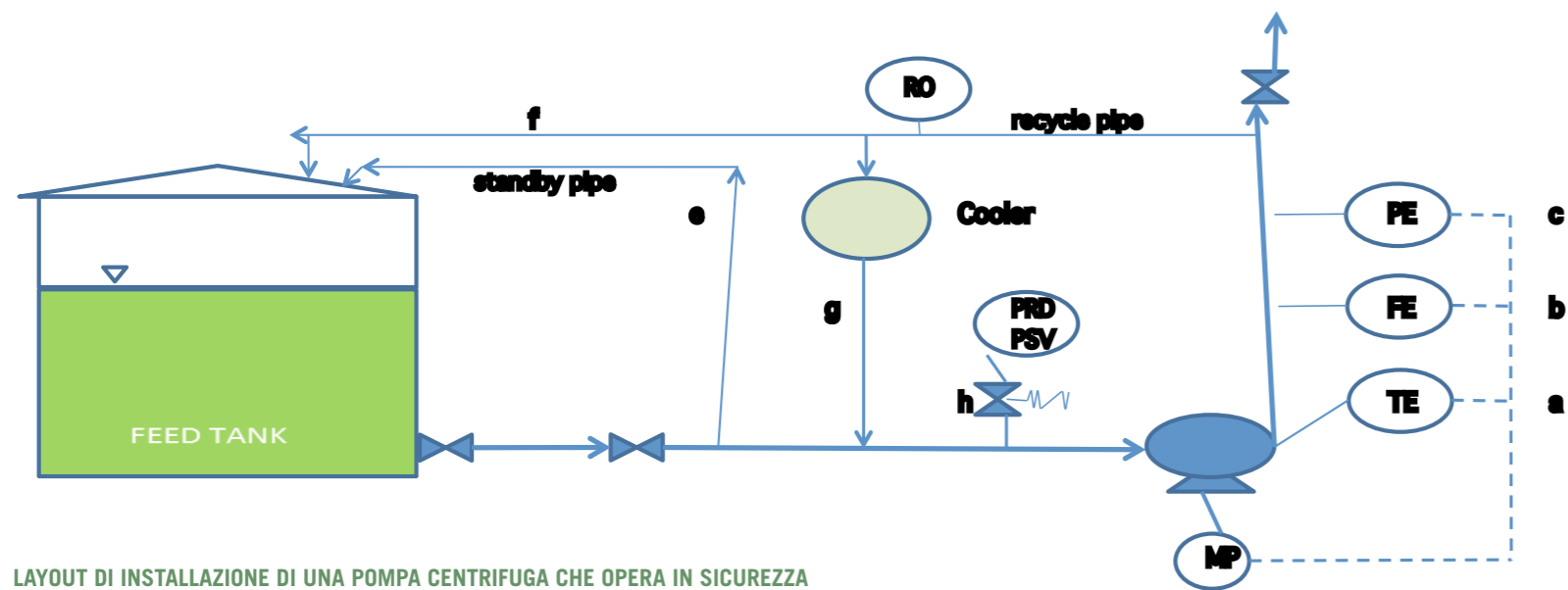
contenuto, emissione totale del liquido, che può essere caldo, tossico ed infiammabile

- Quando la temperatura è superiore a quella di ebollizione del contenuto, emissione totale di vapore e di liquido surriscaldato con immediata evaporazione parziale dello stesso (esplosione fisica primaria): proiezione di frammenti della pompa, emissione di vapori caldi, che possono essere tossici ed infiammabili.
  - Nel caso di contenuto infiammabile, se in ambiente chiuso, elevata probabilità di accensione ed esplosione secondaria, chimica per combustione, di potenza molto superiore a quella primaria.
- 3) **Conseguenze** del cedimento di un punto debole: simili qualitativamente al punto precedente, ma di impatto inferiore e con tempi di emissione più lunghi.
  - 4) La teoria dei tre casi è valida quando il fluido contenuto nella pompa è isolato nella pompa stessa, fra la valvola di aspirazione e quella di mandata entrambe chiuse, oppure equivalenti ostruzioni. Quando la valvola di aspirazione è aperta, occorre verificare il piping e le apparecchiature a monte: se queste permettono il libero sfogo della sovra-pressione, la pompa non esplosione.

### COME PROTEGGERE LA POMPA

**Protezioni attive**, che fermano la pompa:

- a) Misura della temperatura nella pompa o nell'immediata prossimità, in genere sulla mandata, e intervento per alta temperatura (è la protezione più utilizzata). Intervento ritardato dal tempo di riscaldamento.
- b) Misura di portata e intervento per bassa portata. L'intervento può essere immediato.
- c) Misura di pressione sulla mandata della pompa, ed intervento per



LAYOUT DI INSTALLAZIONE DI UNA POMPA CENTRIFUGA CHE OPERA IN SICUREZZA

alta pressione, molto superiore a quella di shut-off. Intervento con ritardo maggiore rispetto alla misura della temperatura.

d) Misura dell'ampereaggio del motore? È sconsigliata, essendo spesso non significativa <sup>3)</sup>

**Protezioni passive**, che evitano l'esplosione:

- e) "Standby pipe" sull'aspirazione. È la protezione più semplice, quando applicabile.
- f) Linea di ricircolo al feed tank, che assicuri sempre un minimo di portata. Vd. calcolo della portata minima nel "testo completo".
- g) Linea di ricircolo all'aspirazione, con refrigerante dedicato
- h) Valvola di sicurezza o disco di rottura sull'aspirazione
- i) Fusibile, "Thermal fusible plug", sulla mandata
- j) "Pressure relief failure ring mounted at the back of the shaft seal chamber"

**ALCUNI SUGGERIMENTI**

1. Sempre preferibili le protezioni che non comportano emissioni.
2. Tutte le volte che è possibile e ragionevole, lasciare la linea e la valvola di aspirazione sempre aperte.
3. Quando il punto precedente non è possibile o conveniente, studiare una procedura di fermata della pompa tale da non lasciare la pompa completamente piena, per non trovarsi nel caso C, più gravoso dei casi A e B. Ad esempio prima chiudere la valvola di aspirazione, e poco dopo fermare la pompa e chiudere la valvola di mandata.
4. Quando una pompa ha la riserva installata, drenare la pompa di riserva e mantenerla vuota.

5. Quando si avvia una pompa dopo un periodo di inattività, farlo con un operatore in loco.
6. Lasciare abbondante spazio fra la pompa e le sue valvole di intercettazione (si aumenta la capacità termica del sistema, e quindi si riduce la velocità di crescita della temperatura).

**BIBLIOGRAFIA**

- 1) Tennessee Eastman Division, "Case Histories of Pump Explosions While Running Isolated", Douglas S. Giles, Peter N. Lodal, Process Safety Progress 20, no. 2, June 2001
- 2) AIChE, Process Safety Beacon, October 2002 [1 incident]
- 3) AngloGold Metallurgical, Centrifugal Pump Explosions, Brian P. O'Connor, 16 March 2006 [13 incidents]
- 4) Technical Bulletin #30, August 2009, Weir Minerals Division
- 5) Centrifugal Pump Explosions, Green Paper, www.ketopumps.com, 2013 [19 incidents]
- 6) AIChE, Process Safety Beacon, August 2013
- 7) Trevor Kletz, 2003, "Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided" Gulf Professional Publishing, [page 10, 3 incidents]
- 8) T. Sofronas, "Problems with a blocked-in centrifugal pump", Hydrocarbon Processing, September 2009.

I 4 fogli di calcolo verranno inviati in omaggio a chi ne fa richiesta all'autore, assieme al testo completo che sviluppa la teoria e gli esempi con un livello di maggior dettaglio: [luigig.1942@gmail.com](mailto:luigig.1942@gmail.com)

**PROMOZIONE PER I GIOVANI**

La promozione prevede la possibilità per i giovani di iscriversi per la prima volta o rinnovare la propria adesione ANNUALE ad AIDIC per l'anno 2016 nel periodo maggio 2016 – 30.09.16 ad una quota associativa scontata a 25,00 Euro anziché 50,00.

Si tratta di **un'ottima opportunità per coloro i quali vogliono seguire gli eventi AIDIC**, come le visite tecniche nelle aziende di settore o le conferenze.

La promozione è rivolta ai giovani studenti universitari o neo-laureati da un massimo di 3 anni di un corso di Laurea o Laurea magistrale in Ingegneria Chimica o affine, oppure dottorandi o neodottorati. L'offerta comprende tutti i vantaggi dell'iscrizione ordinaria, ad eccezione dei testi omaggio, e in particolare:

- la tessera annuale AIDIC valida come EFCE-passport, che dà la possibilità di essere equiparati a tutti i soci delle altre associazioni europee federate nell'EFCE per gli sconti e le facilitazioni nella partecipazione a manifestazioni organizzate in Europa e nel mondo;
- l'accesso alle visite presso aziende del settore organizzate da AIDIC e ai corsi, seminari, workshop e convegni,
- l'accesso alla piattaforma AIDICJob,
- la ricezione della newsletter mensile e delle riviste ICP e AIDICNews.

Segnaliamo che sul sito di AIDIC Centro è attiva una nuova piattaforma dedicata a mettere in contatto i laureandi e neolaureati in Ingegneria Chimica con le aziende di settore. Questo il link: [www.aidiccentro.it/pag.php?PagID=7](http://www.aidiccentro.it/pag.php?PagID=7)



**Come iscriversi**

Per iscriversi in qualità di Socio AIDIC, si consiglia di utilizzare la procedura via pagina web (<http://www.aidic.it/italiano/iscrizioni/iscrizioneweb.htm>)

In alternativa, è possibile:

1. scegliere dove depositare la domanda di iscrizione: presso la Sede di Milano (fax 02 70639402, email [aidicassociati@aidic.it](mailto:aidicassociati@aidic.it)), oppure presso le Sezioni Regionali
2. compilare la scheda di iscrizione ad AIDIC (modulo da compilare sia dai nuovi iscritti, sia da chi rinnova l'iscrizione, scaricabile dal sito di AIDIC dalla pagina [www.aidic.it/italiano/iscrizioni/iscrizioneweb.htm](http://www.aidic.it/italiano/iscrizioni/iscrizioneweb.htm))
3. versare la quota:
  - tramite bonifico bancario a favore di AIDIC, Banca Popolare di Sondrio, Ag. 21 Politecnico, Via Bonardi 4, 20133 Milano, Italia, IBAN **IT41U0569601620000010370X12**
  - Si prega di indicare nella causale del bonifico il nome dell'Associato:
  - tramite carta di credito (VISA, Euro/MasterCard),
  - in contanti direttamente presso la Segreteria della sede AIDIC prescelta,
  - tramite assegno bancario intestato ad AIDIC,
  - tramite c/c Postale n. 53228201 intestato ad AIDIC.



BANDO STARTUP ECONOMIA CIRCOLARE

# Un bando per progetti virtuosi

*Al Positive Economy Forum, Fondazione Bracco ha lanciato un bando per start-up impegnate nell'economia circolare. Il bando, rivolto ad aspiranti imprenditori, è aperto fino al 15 settembre 2016.*

DI IACOPO DOLCI

Promuovere la transizione verso un'economia circolare a favore di una crescita sostenibile attraverso iniziative imprenditoriali innovative, incoraggiare l'imprenditorialità tra i giovani e diffondere i valori dell'economia positiva. Sono questi gli obiettivi con cui Fondazione Bracco, in collaborazione con Positive Economy Forum San Patrignano, l'incubatore Speed MI Up e il fondo di investimento Oltre Venture, ha lanciato la prima edizione del



DIANA BRACCO, PRESIDENTE DI FONDAZIONE BRACCO

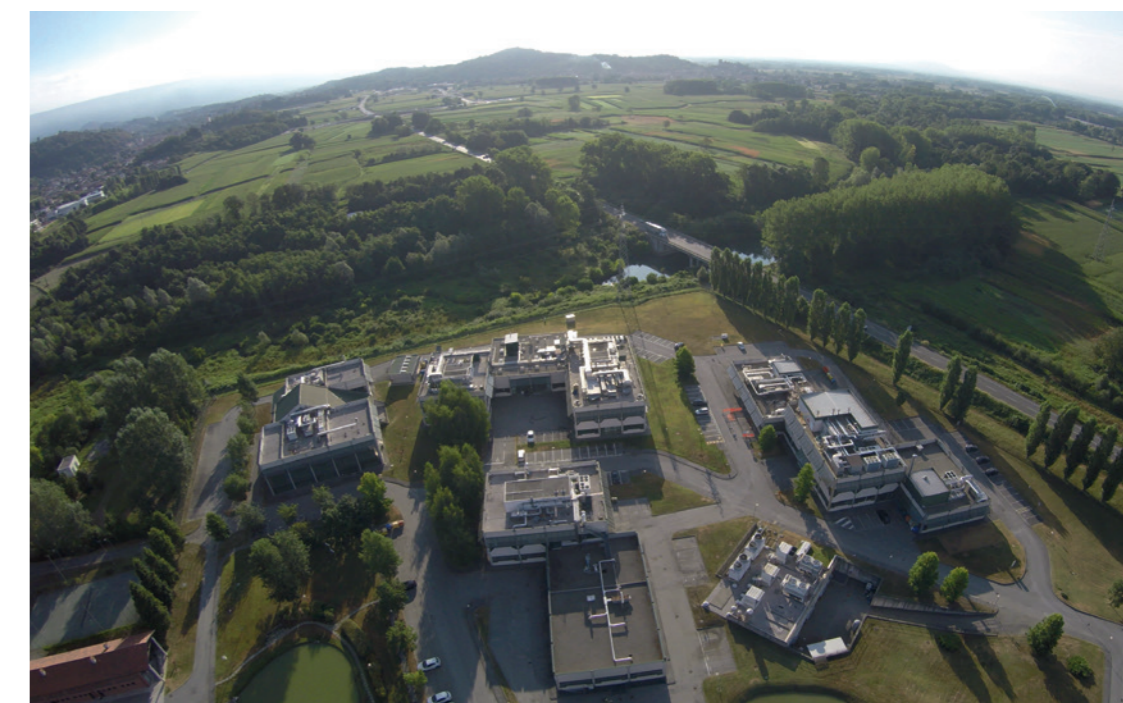
bando per startup impegnate nell'economia circolare. Abbiamo chiesto a Diana Bracco di illustrare l'iniziativa che Fondazione Bracco ha presentato al Positive Economy Forum tenutosi a San Patrignano il 7 e 8 aprile scorsi. "Sia come Fondazione Bracco sia come azienda guardiamo con grande interesse al tema dell'economia circolare, un modello in cui il business e l'ambiente vanno di pari passo. Abbiamo bisogno di un'economia in grado di potersi rigenerare da sola, un sistema in cui tutte le attività, a partire dall'estrazione e dalla produzione, siano organizzate in modo che tutto possa trasformarsi in risorsa per qualcun'altro. Un'economia che punti sull'innovazione e su prodotti che durino nel tempo e che siano realizzati nel modo più efficiente possibile. Insomma, credo che l'economia circolare si candidi a diventare la risposta "positiva" alla decrescita: anziché produrre e consumare meno, produrre e consumare meglio, facendo in modo che la crescita non sia più nemica o alternativa alla salvaguardia del pianeta. Produrre sul modello di un'economia circolare offre tra l'altro un doppio vantaggio: un risparmio sui costi di produzione e l'acquisizione di un asset competitivo nei confronti dei consumatori che preferiscono acquistare un prodotto di consumo etico e circolare piuttosto che lineare. Per tutti questi motivi credo che la proposta di Fondazione Bracco di lanciare questo bando per start up sul tema dell'economia circolare sia di grande attualità".



LA SEDE MILANESE DI FONDAZIONE BRACCO

**Su quali ambiti possono operare i progetti di Startup che si candidano alla selezione?**

"Il bando intende premiare quelle iniziative che permettono di conciliare green economy, sostenibilità e nuova imprenditorialità con un accento particolare all'innovazione nelle sue diverse forme, tecnologica, gestionale-organizzativa e sistemica. Dalla riprogettazione dei prodotti e dei servizi allo sviluppo di soluzioni per il recupero, il riutilizzo, il riciclo dei materiali, fino alla creazione di nuove filiere produttive.



VEDUTA AEREA DEL CENTRO RICERCHE BRACCO A COLLERETTO GIACOSA (TO)



GAELA BERNINI DI FONDAZIONE BRACCO PRESENTA IL BANDO AL POSITIVE ECONOMY FORUM

mondo accademico e quello del lavoro. Un progetto con cui Fondazione Bracco sostiene un *unicum* di iniziative dedicate ai giovani che, attraverso borse di studio, premi di laurea e percorsi formativi, possono arricchire la propria formazione coniugando esperienza pratica e formazione teorica. Dal 2010 il nostro progetto ha coinvolto complessivamente più di 800 candidati, di questi circa 150 sono stati i premiati e i borsisti e quasi il 90% degli alumni di Fondazione Bracco è impegnato in un percorso di formazione o lavoro. Si tratta di risultati importanti che hanno concretamente aiutato molti giovani talenti che, anche tramite tirocini formativi o esperienze di studio all'estero, hanno potuto accrescere significativamente le loro competenze e la loro occupabilità.

#### UN PREMIO PER TRE START-UP

Il Bando Startup Economia Circolare premierà tre startup con un finanziamento a fondo perduto per le spese di costituzione della società e un anno di incubazione per ciascuna startup presso Speed MI Up, l'incubatore dell'Università Bocconi e di Camera di Commercio di Milano comprensivo dei servizi di formazione, tutoring e consulenza. Possono partecipare al bando, aperto fino al 15 settembre 2016, aspiranti imprenditori in possesso di un diploma di laurea che, indipendentemente dalla provenienza territoriale, costituiscano entro tre mesi dall'ingresso in Speed MI Up una società di capitali operante in qualsiasi settore di attività, ma legata al tema dell'economia circolare,

Insomma, mi pare un contributo piccolo ma significativo per aiutare a costruire il nostro futuro, rivolto soprattutto ai giovani che devono tornare a guardare al domani con fiducia”.

#### Il Bando si inserisce nell'ambito del “progettoDiventerò”. Di che cosa si tratta? Quali sono stati i primi risultati di questo progetto?

“Il *progettoDiventerò* è un'iniziativa pluriennale di Fondazione Bracco per accompagnare i giovani di talento nel loro iter formativo e professionale, promuovendo percorsi innovativi di consolidamento del legame tra il

## FONDAZIONE BRACCO, LA CULTURA DEI VALORI E DELL'IMPEGNO RESPONSABILE

La Fondazione Bracco nasce nel 2010 dal patrimonio di valori maturati in oltre 80 anni di storia della Famiglia e dell'Azienda Bracco, specialmente dalla responsabilità sociale d'impresa con l'intento di promuovere la cultura, l'arte e la scienza come mezzi per migliorare la qualità della vita e la coesione sociale. La Fondazione sviluppa e realizza progetti, anche internazionali, all'interno delle tre macroaree “arti e cultura”, “scienza e cultura”, “società e sociale”, privilegiando ricerca e innovazione. Particolare attenzione viene riservata all'universo femminile e al mondo giovanile nei vari ambiti della vita. La multidisciplinarietà di ambiti e l'integrazione tra diversi saperi sono criteri qualitativi importanti sia nella progettazione, sia nella selezione delle attività. I principali filoni sviluppati nel campo delle arti e della cultura vengono scelti con specifici contenuti scientifico – tecnologici e formativi: per esempio nelle arti figurative la diagnostica applicata allo studio e al recupero delle opere d'arte, i rapporti



tra cultura e benessere, ecc. Particolare attenzione è riservata alla cultura musicale, attraverso il sostegno a primarie istituzioni musicali in Italia e all'estero. La Fondazione è impegnata anche nella promozione della cultura d'impresa tramite la partecipazione ad associazioni nazionali e internazionali di fondazioni d'impresa. Il legame fra la Fondazione Bracco e Milano è molto stretto, sia in considerazione del ruolo che la metropoli svolge nel Paese e in Europa, sia per il carattere di città aperta e internazionale che Milano tradizionalmente ha e che l'Expo 2015 ha rilanciato con forza.

## ECONOMIA CIRCOLARE: QUALCHE DEFINIZIONE

Dopo lo “sviluppo sostenibile” e la “green economy”, al centro delle politiche ambientali europee c'è da qualche tempo la cosiddetta “economia circolare”. La transizione verso un'economia più circolare, infatti, è al centro dell'agenda per l'efficienza delle risorse stabilita nell'ambito della strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva[1]. Utilizzare le risorse in modo più efficiente e garantire la continuità di tale efficienza non solo è possibile, ma può apportare importanti benefici economici. Janez Potočnik, commissario per l'Ambiente, presentando gli obiettivi UE sul riciclaggio aveva spiegato: “Nel Ventunesimo secolo, caratterizzato da economie emergenti, milioni di consumatori appartenenti alla nuova classe media e mercati interconnessi utilizzano ancora sistemi economici lineari ereditati dal Diciannovesimo secolo. Se vogliamo essere competitivi dobbiamo trarre il massimo dalle nostre risorse, reimmettendole nel ciclo produttivo invece di collocarle in discarica come rifiuti». Anche diverse multinazionali nel mondo hanno avviato progetti in direzione di un'economia circolare (Cisco, Kingfisher, Philips) e molte altre (come Coca Cola e Ikea) partecipano attivamente al lavoro di un'importante fondazione britannica, la Ellen MacArthur Foundation, nata proprio con questo obiettivo. L'economia circolare, secondo la definizione che ne dà la Ellen MacArthur Foundation, “è un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera”.



Si tratta dunque un sistema in cui tutte le attività, a partire dall'estrazione e dalla produzione, sono organizzate in modo che i rifiuti di qualcuno diventino risorse per qualcun'altro. Nell'economia lineare, invece, terminato il consumo termina anche il ciclo del prodotto che diventa rifiuto, costringendo la catena economica a riprendere continuamente lo stesso schema: estrazione, produzione, consumo, smaltimento.

con sede legale e/o operativa in Italia oppure startup già costituite da meno di 20 mesi dalla data di pubblicazione del bando. L'età media del team di ciascuna startup non dovrà essere superiore a 39 anni. Le candidature, al fine di individuare le tre startup più meritevoli, saranno valutate da un Comitato Scientifico composto da **Jacques Attali**, Presidente Planet Finance Group Movement for a Positive Economy, **Letizia Moratti**, Co-fondatore Fondazione San Patrignano, **Diana Bracco**, Presidente Fondazione Bracco, **Luciano Balbo**, Presidente Oltre Venture, **Roberto Calugi**, membro del Board SpeedMiUp, **Guido Feller**, Presidente Associazione Alumni Accenture, **Marco Frey**, Professore Scuola Superiore Sant'Anna e Presidente Fondazione Global Compact Italia e **Stefano Pogutz**, Professore Università Bocconi Milano. Per maggiori informazioni e per scaricare il bando:

[www.fondazionebracco.com](http://www.fondazionebracco.com)



FOTO BIHANI CHEMICAL

### 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 Gemona del Friuli 20  
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

Biotechnologie tradizionali ed avanzate	Ing. Enrico Bardone	enicobardone@yahoo.com
Bonifiche dei siti industriali	Ing. Oreste Mastrantonio	o.mastro@libero.it
Carbon Capture and Storage (CCS)	Ing. Ezio Nicola D'Addario	ezio.daddario@libero.it
CISAP	Ing. Simberto Senni Buratti	simbertosenniburatti@ymail.com
Energia sostenibile	Ing. Egidio Zanin	e.zanin@c-s-m.it
Liquid Handling & Filling	Prof. Luciano Piergiovanni	luciano.piergiovanni@unimi.it
Nanotecnologie Chimiche	Prof. Ing. Angelo Chianese	angelo.chianese@uniroma.it
Odori	Prof. Selena Sironi	glodori@aidic.it
Process Engineers Manual	Ing. Marco Fontana	mfontana44@gmail.com
Recupero e valorizzazione dei residui industriali	Prof. Paolo Centola	paolo.centola@polimi.it
Tecnologie ambientali sostenibili	Ing. Carlo Gustavo Lombardi	cglombardi@stpitaly.eu
AIDIC Giovani	Ing. Marco Stoller	marco.stoller@uniroma1.it

### Publicazione dell'Associazione Italiana di Ingegneria Chimica

## AIDICNEWS

e una pubblicazioni di:

**AIDIC Servizi Srl**  
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.